

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**TAFONOMIA DA ASSEMBLÉIA DE QUELÔNIOS DA FORMAÇÃO  
PRESIDENTE PRUDENTE (MAASTRICHTIANO), BACIA BAURU,  
REGIÃO DE PIRAPOZINHO, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL.**  
(TF- 2006/46)

**Ricardo Angelim Pires Domingues**

Luiz Eduardo Anelli  
Orientador

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

SÃO PAULO  
(2006)

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Tafonomia da assembléia de quelônios da Formação  
Presidente Prudente (Maastrichtiano), Bacia Bauru,  
região de Pirapozinho, Estado de São Paulo, Brasil**

**Ricardo Angelim Pires Domingues**

Monografia de Trabalho de Formatura



**Banca Examinadora**

Prof. Dr. Luiz Eduardo Anelli

Prof. Dr. Thomas Rich Fairchild

Prof. Dr. Marcelo Monteiro da Rocha

São Paulo

2006



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**TAFONOMIA DA ASSEMBLÉIA DE QUELÔNIOS DA FORMAÇÃO  
PRESIDENTE PRUDENTE (MAASTRICHTIANO), BACIA BAURU,  
REGIÃO DE PIRAPOZINHO, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL.**  
(TF- 2006/46)

**Ricardo Angelim Pires Domingues**

Luiz Eduardo Anelli  
Orientador



MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

SÃO PAULO  
(2006)

DEDALUS - Acervo - IGC



30900024297

TF  
P667  
RA.1 -

INSTITUTO DE GEOLOGIA  
SÃO PAULO

INSTITUTO DE GEOLOGIA  
SÃO PAULO  
DEPARTAMENTO DE GEOMORFOLOGIA  
SÃO PAULO

INSTITUTO DE GEOLOGIA  
SÃO PAULO



INSTITUTO DE GEOLOGIA  
SÃO PAULO

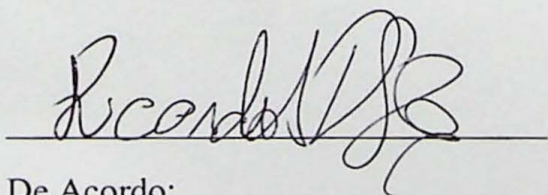
INSTITUTO DE GEOLOGIA  
SÃO PAULO

SÃO PAULO  
(2002)

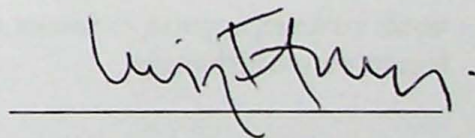


**TAFONOMIA DA ASSEMBLÉIA DE QUELÔNIOS DA FORMAÇÃO  
PRESIDENTE PRUDENTE (MAASTRICHTIANO), BACIA BAURU,  
REGIÃO DE PIRAPOZINHO, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL.**  
(TF- 2006/46)

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA  
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA



De Acordo:  
Ricardo Angelim Pires Domingues



De Acordo:  
Luiz Eduardo Anelli  
Orientador

*Si el río suena es porque piedras lleva*  
(proverbio mexicano)



## **ÍNDICE**

<b>1 AGRADECIMENTOS</b>	<b>5</b>
<b>2 RESUMO</b>	<b>7</b>
<b>3 ABSTRACT</b>	<b>8</b>
<b>4 INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
4.1 APRESENTAÇÃO	9
4.2 A BACIA BAURU E A FORMAÇÃO PRESIDENTE PRUDENTE	10
4.3 PALEONTOLOGIA	11
4.4 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA	12
<b>5 METODOLOGIA E BASES TEÓRICAS</b>	<b>12</b>
5.1 FEIÇÕES TAFONÔMICAS DA ASSEMBLÉIA	13
5.2 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	15
5.3 COLETA DE DADOS	16
<b>6 DADOS DO AFLORAMENTO</b>	<b>18</b>
<b>7 DADOS DA ASSEMBLÉIA</b>	<b>19</b>
7.1 TAMANHO DA AMOSTRAGEM	19
7.2 NÚMERO DE INDIVÍDUOS	20
7.3 NÚMERO DE ESPÉCIES E ABUNDÂNCIA RELATIVA	21
7.4 TAMANHO DOS INDIVÍDUOS E ESPECTRO DE IDADE	22
7.5 ARTICULAÇÃO ÓSSEA	24
7.6 PARTES ESQUELETAIS	27
7.7 POTENCIAL HIDRÁULICO DA AMOSTRAGEM (VOORHIES GROUP)	29
<b>8 DADOS DA BIOFÁBRICA</b>	<b>31</b>
8.1 TAMANHO DA ACUMULAÇÃO	32
8.2 DENSIDADE ESPACIAL	33
8.3 UNIFORMIDADE DA ACUMULAÇÃO	33
8.4 EMPACOTAMENTO	34
<b>9 MODIFICAÇÃO ÓSSEA</b>	<b>35</b>
9.1 QUEBRA	36
9.2 INTEMPERISMO	36
9.3 ABRASÃO, FISSURAS E OUTRAS MARCAS SUPERFICIAIS	37
<b>10 ALTERAÇÕES QUÍMICAS</b>	<b>38</b>
10.1 DIAGÊNESE	39

<b>11 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>40</b>
<b>12 MISTURA TEMPORAL (TIME AVERAGING)</b>	<b>43</b>
<b>13 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>47</b>
<b>14 REFERÊNCIAS</b>	<b>49</b>
<b>15 ANEXO 1 – TABELA DE DADOS.</b>	<b>57</b>
<b>16 ANEXO 2 – ETAPAS DOS TRABALHOS DE COLETA</b>	<b>59</b>
<b>17 ANEXO 3    PERFIL DO ALFORAMENTO</b>	<b>60</b>
17.1    ANEXO 3            CROQUIS DA CAMADA 1	61
17.2    ANEXO 3            CROQUIS DA CAMADA 2	62
17.3    ANEXO 3            CROQUIS DA CAMADA 3	63
<b>18 PRANCHA 1 – FOTOS DOS ESPÉCIMES</b>	<b>64</b>
<b>19 PRANCHA 2 – MICROFOTOGRAFIAS</b>	<b>66</b>



## Índice de Figuras e Tabelas:

Figura 1: A. Área de cobertura dos sedimentos mesozóicos da Bacia do Bauru (Modificado de Fernandes, 1998). B. Localização do afloramento estudado.....	10
Figura 2: Ilustração da convenção geológica para a extração dos dados espaciais adotada para os fósseis do sítio de Pirapozinho.....	14
Figura 3: Seção estratigráfica levantada no ponto 1 de amostragem do sítio de Pirapozinho.....	19
Figura 4: Resumo dos resultados dos diferentes tipos de métodos de contagem de indivíduos e a abundância relativa entre espécies obtidas a partir dos exemplares coletados. Abreviações: não ident. = táxon não identificado, croc. = crocodiloformes, B. elegans = <i>Bauriemys elegans</i> .....	22
Figura 5: A: Curva de regressão da amostragem com os limites de confiança para o tamanho de <i>B. elegans</i> na camada 2. B: Histograma da frequência de exemplares nas classes de tamanho de <i>B. elegans</i> dentro da camada 2. Valores nulos representam espécimes onde o valor não pôde ser inferido.....	23
Figura 6: A: Curva de regressão da amostragem com os limites de confiança para o tamanho de <i>B. elegans</i> na camada 3. B: Histograma da frequência de exemplares nas classes de tamanho de <i>B. elegans</i> dentro da camada 3. Valores nulos representam espécimes onde o valor não pôde ser inferido.....	24
Figura 7: A. Classificação do modo de articulação atribuído aos espécimes encontrados em Pirapozinho, diferenciando os atributos utilizados para os quelônios e para os demais vertebrados. B. Esquema ilustrativo dos estágios de articulação observados em quelônios.....	26
Figura 8: A: Histograma dos estágios de desarticulação nos exemplares coletados. B: Gráficos em caixa (Boxplot) dos estágios de articulação em cada camada fossilífera. C: Distribuição dos estágios de desarticulação nos exemplares coletados por camada fossilífera. D: Exemplares de crocodilomorfos distribuídos segundo o grau de articulação.....	27
Figura 9: A) Distribuição dos espécimes segundo a parte esquelética mais representativa, por camada fossilífera. B) Distribuição das partes esqueléticas entre os táxons.....	29
Figura 10: A) Histogramas em linha das classes de potencial hidráulico por camada. B) Gráficos de densidade ( <i>boxplot</i> ) das classes de potencial ao longo das camadas. C) Modelos de superfície de tendência para as classes de potencial ao longo da área explorada na camada 3.....	31
Figura 11: Diagramas estereográficos polares (projeção Schmidt em hemisfério superior) para a camada 1 (A, n= 38), camada 2 (C, n= 139) e camada 3 (E, n= 170). Diagramas em roseta dos espécimes coletados em Pirapozinho separados em carapaças, plastrões e fragmentos (inclui partes esqueléticas desarticuladas) para a camada 1 (B),	



camada 2 (D) e camada 3 (F). O índice dentro das rosetas refere-se ao valor k de Woodcock para forma da biofábrica. ....	35
Figura 12: A) histograma das classes de fragmentação (em números absolutos) por camada fossilífera. B) Gráficos em caixa das classes de fragmentação para cada camada fossilífera. ....	36
Figura 13: Gráficos da análise de abrasão, fissuras e marcas superficiais em porcentagem de área presente. A) Gráfico de barras das classes de abrasão por camada fossilífera. B) Gráfico em caixa das classes de abrasão por camada fossilífera. C) Gráfico de barras das classes de fissuras por camada fossilífera. D) Gráfico em caixa das classes de fissuras por camada fossilífera. E) Gráfico de barras das classes de marcas superficiais por camada fossilífera.....	38
Figura 14: Diagrama apresentando os resultados da análise tafonômica do sítio Pirapozinho. ....	41
Figura 15: Análise de Componentes Principais P1XP2 das feições analisadas e agrupamentos interpretados. ....	44
Figura 16: Dendograma das feições tafonômicas estudadas mostrando as relações de proximidade de comportamento para as feições analisadas. Os quadros coloridos referem-se aos agrupamentos obtidos na (PCA). ....	45
Figura 17: Diagrama de taxa de soterramento (DFB/ $\beta$ ) versus permanência na zona tafonomicamente ativa TAZ/ $\beta$ e as trajetórias de cada um dos grupos faunísticos que compõem a Assembléia de Pirapozinho. Linha contínua = trajetória inferida. Linha pontilhada = trajetória interpretada. ....	47



# 1 Agradecimentos

Decidi reservar este espaço para lembrar aqueles que me acompanharam durante toda a Graduação em Geologia que se encerra com a apresentação deste Trabalho de Formatura.

Em primeiro lugar, agradeço aos amigos do Alto, das Matas e da Rua, pela paciência e inspiração nos momentos decisivos ao longo dos anos. Sara eiwá Kaô bê ciê.

Sem evitar o clichê, aos meus pais Julieta e José, pelo apoio incondicional que ofereceram desde o momento da decisão em cursar um curso integral e da opção de carreira.

Aos meus irmãos, Renato e Karina, pelo convívio diário, mesmo sendo aquela simples "boa noite" no fim do dia.

Impossível mencionar o convívio diário sem passar pelos colegas de jornada geológica: Turma 2000: Miltonpéias, Penélope, Mamute, Xubaca, Lampião, Manolo (Gressimdapramil), Ritinha (Rita Cadillac), Martão, Fofão, Amanda (Fadinha), Badalhoca, etc...Foi a galera que ingressou comigo com os quais descobri o que é viajar num ônibus lotado de marmanjos por alguns dias pelo Brasil.

Turma 2001: Rasgadeira, Kacilda, Xaxá, Satã-Gos, Pavão, Banheirão. E por quê não, a esquadrilha da fumaça também: Mikulm, Perereka, Xurumi, Pururuca, etc.. Meus primeiros alunos como monitor de Paleonto e também colegas de mapeamento geológico e GB, com os quais descobri que não é apenas de Ogros que vive a Geologia, mas também há espaço para um mundo mais "cor-de-rosa".

À galera do Ggeo, pelos PY (Programa de Yndio), nas aventuras cavernícolas e nos projetos. Ainda não citados: Tacinha, Xita, Docinho, Parkinson, Bota-Fora, Xoquito, Kuberto, Entupido, Dengoço, Rejeito, Pânico, Cenorynha, Poly. Com vocês descobri como liderança e espírito de equipe são tópicos para desenvolver ao longo de uma vida.

Mas uma equipe de viagem que marcou estes anos, definitivamente foi a equipe de Paleonto: Hussam, Beto, Tatí, Lu, Will, Pirula e o melhor motorista do MZ, "Seu" Argeu (o melhor motorista do MZ!). Vocês não me ajudaram somente nos trabalhos de campo, mas sempre pude contar com vocês para encontrar "aquela" solução que faltava.

Mas tudo isto começou bem antes, com as atividades no Vale do Ribeira e o Geoprocessamento, com o Arlei me orientando. Esta vivência marcou tanto que até hoje não saí do LIG e continuo dando trabalho para o Antônio e o Marcelo.

A todos os demais professores: Poderia cita-los, todos os quase 70, mas seria muito prolixo e prefiro fazê-lo em forma de citação nos trabalhos vindouros. Por conta das experiências como monitor de disciplinas fica um agradecimento especial para o Teco (Sensoriamento Remoto), Thomas e Rock Fields (Paleonto). Pela ajuda nos projetos do Ggeo: Ivo (Maluco Merlim), Corió e Jontex (exemplo de trogloditas para as futuras gerações).

Apesar do tempo de IGc-USP, não pude entrar em contato com todos os funcionários, mas ainda assim agradeço a todos, pois todos foram importantes na formação desta geração de geólogos. É impossível não deixar de citar o Marquinhos e toda a galera da Manutenção, a turma da Biblioteca, Pedrão e Ericson da Informática, Zé Paulo no LPA e Isac e seus pupilos no comando do MEV e LabPetro.

Por fim, e não menos importante, à galera dos corredores e labs. Em ordem cronológica: sala 106 – informática geológica (Urina, Perdido, etc.); Bloco G – Ivone (altos papos na coleção científica), Vânia na Micropaleonto (exemplo de profissional e pessoa!) e suas pupilas (as melhores vizinhas de corredor). Bloco C -: amigos do Mocó: Português, Rafa, Malufão; galera do corredor: Fôda-se, Frutinha, Cigano, Atabake; Botucatu: Sabrina, Guanu, Juliana, Simões, Gillard.

Com as forças da Terra, eu os abençôo.



Ich will mal diese Platz vorbestellen um erinnern alle die mir begleitet haben während alle meine Gradeinteilung in Geologie . Das wird mit die Vorstellung diese „Studiumarbeit“ beendet.

Zuerst bedanke ich die Freunde der Himmel, von der Wald und von die Strasse für das Geduld , für die Eingebung in entscheidenden Momenten während diese Jahren. „, Sara eiwá Kaô bê ciê .

Ohne das Klischee zu vermeiden, zu meine Eltern Julieta und José , für den anbietender bedingungslosen Stütze , obwohl einer integraler Kurs wäre .

Zu meine Geschwister, Renato und Karina , für die tägliche Zusammenleben, obwohl nur eine einfache „, Guten Nacht“ am Ende des Tages wäre.

Unmöglich ist über Zusammenleben sagen ohne an die Kologen denken. Klasse des Schuljahr 2000: Miltonpéias, Penélope, Mamute, Xubaca, Lampião, Manolo (Gressindapramil), Ritinha (Rita Cadillac), Martão, Fofão, Amanda (Fadinha), Badalhoca, etc...Diese Leute sind mit mir angefangen . Ich konnte also entdecken was eigentlich bedeutet in ein Bus voll mit Bubben reisen für ein paar Tagen durch Brasilien.

Schuljahr 2001: Rasgadeira, Kacilda, Xaxá, Satã-Gos, Pavão, Banheirão. Mikuim, Perereka, Xurumi, Pururuca, etc.. Als ich Ausbilder von Paleontologie war, zeigten meine ersten Schülern, dass in der Geologie nicht nur hässliche Leute gibt, aber auch schöne Leute.

Es gibt auch die Leute die von die Abenteuern in der Höhle teilgenommen haben: Tacinha, Xita, Docinho, Parkinson, Bota-Fora, Xoquito, Kuberto, Entupido, Dengozo, Rejeito, Pânico, Lester, Cenorynha, Poly.Ich konnte also entdecken, dass Führung und Teamgeist werden während ein Leben gebaut.

Die Reisengemeinschaft von Paleontologie war definitiv markant. Hussam, Beto, Tati, Lu, Will, Pirula und die beste Busführer “Seu” Argeu. Ihr habt mir nicht nur bei Feldarbeit geholfen , aber immer die fehlende Lösung gefunden.

In unseren Forschungen in der Ribeira Tal und anderen Erfahrungen, waren so wichtig für mich, dass bis heute bin ich noch in der LIG und gebe noch Arbeit zu Antônio und Marcelo.

Ich konnte über alle die 70 andere Lehrern sprechen, aber es wäre langatmig und ich finde besser in die weiteren Arbeiten darüber sprechen. Auf Erfahrungen als Ausbilder will ich besonders Teco (Sensoriamento Remoto), Thomas e Rock Fields (Paleontologie) bedanken.Und für die Hilfe in Projekten von Geologie Ivo (Maluco Merlim), Corió und Jontex ( Beispiel von Höhlenbewohner für die nächsten Generationen.

Ich will alle Angestellten bedanken, weil alle wichtig waren in der Bildung von die neue generation von Geologen. Unmöglich nicht über Marquinhos und alle der Aufrechterhaltung, der Bibliothek Pedrão und Ericson aus der Informatik, Zé Paulo in der LPA und Isac und seine Schülern auf Befehl der MEV und LabPetro sprechen.

Schliesslich, nicht weniger wichtig, die Leute von die Korridoren und Laboratorium. In chronologischer Reinform: Raum 106: geologischer Informatik (Urina, Perdido, usw.); Block

G : Ivone (tolle Gespräche in der wissenschaftliche Sammlung), Vânia in der Mikropaleontologie (Beispiel von Profisionell und Person!) und seine Schülerinnen (die besten Nachbarn von Korridor). Block C: Freunde von Mocó : Português, Rafa, Malufão, Leute der Korridor: Fôda-se, Frutinha, Cigano, Atabake; Botucatu: Sabrina, Guanu, Juliana, Simões, Gillard.

Mit die Kräfte der Erde, ich segne euch.



## 2. Resumo

A bacia sedimentar Bauru está distribuída ao longo dos estados de Mato Grosso, Minas Gerais e São Paulo. Sua história deposicional está restrita ao Neocretáceo e relacionada ao processo de subsidência térmica do embasamento e a um ambiente árido de sedimentação que evoluiu para um sistema fluvial meandrante. Fósseis de vertebrados são comuns nas exposições próximas as bordas Norte e Oeste, principalmente na fácies de meandros abandonados. Estudos tafonômicos no sítio de Pirapozinho trazem informações dos eventos que preservaram esta fauna. Cada feição tafonômica foi analisada sob protocolo de base-de-dados e métodos quantitativos. Os bioclastos concentram-se no contato brusco entre condições sedimentológicas decantativas e tratativas. Feições tafonômicas mostram ampla variação de padrão e superposição de variáveis. As melhores correlações e ordenação de feições foram obtidas nas análises de: regressão múltipla, componentes principais e agrupamentos. O resultados mostram uma assembléia composta por 3 grupos com histórias tafonômicas distintas: G1, compondo-se de espécimes articulados e completos que permaneceram menos tempo expostos à TAZ; G2, que inclui tartarugas retrabalhadas e restos de peixes que sofreram períodos de soterramento e exposição antes de inserir-se na assembléia final e; G3, que consiste em fragmentos de tartarugas que passaram maior tempo expostas à TAZ (comparado aos outros grupos). Enquanto G1 trata-se de uma assembléia autóctone gerada por fatores ecológicos num evento de mortalidade por seca, o aporte de G2 e G3 levou estes bioclastos para tanatocenose. O evento de soterramento final instantâneo concentrou novamente e orientou a assembléia segundo o fluxo para sua posição de tafocenose.

Palavras-chave: tafonomia, vertebrados, répteis, Bacia Bauru, Cretáceo, Maastrichtiano.



### 3. Abstract

The Bauru sedimentary basin is distributed along the Mato Grosso, Minas Gerais and São Paulo States. Its depositional history is restricted to Neocretaceous and related to thermo-tectonic subsidence process of the basement and arid environment sedimentation that evolved to a meandering fluvial system. Vertebrate fossils are common in outcrops next to the west and north borders, mainly meander systems facies. Taphonomic studies at Pirapozinho site provide new information on the events that preserved this fauna. Each feature has analysed over than a quantitative methods and extensive protocol data base. The sedimentological conditions change, from decantation to tractional deposition, as marked by a bioclasts occurrence. Taphonomic features show wide variation and superimposed variables. This characteristic hindering a direct correlation between features and taphonomic agents. The best correlations were found with multiple regression, principal components and cluster analyses. The results showed that the assemblage is composed of the three groups with different biostratigraphic histories: G1 comprises the fully articulated turtle specimens, with no or minor time of exposure in the TAZ; G2 includes reworked turtle and fish remains, affected by burrowing and exhumation periods before the arrestment in the final assemblage; G3 consists of fragmented turtle remains with the greatest time of exposition in the TAZ. While G1 is an autochthonous assemblage and concentrated by ecological factors in die by dryup, the transport of G2 and G3 add this bioclasts to thanatocenosis. The instantaneous final burial event concentrated again and oriented the assemblage, creating the taphocenosis.

Key-words: taphonomy, vertebrates, reptiles, Bauru Basin, Cretaceous, Maastrichtian.



## 4 Introdução

### 4.1 Apresentação

Tafonomia é um termo criado por Efremov (1940) para designar as “leis do soterramento” nas acumulações fossilíferas, ou de forma mais atual: a todos os processos que levam a partes da biosfera a se incorporarem e se preservarem na litosfera. Em linhas gerais é o ramo da paleontologia voltado para os processos de geração, soterramento e preservação de bioclastos no substrato.

Uma vez que a tafonomia cuida do estudo dos fenômenos que acontecem entre a morte do ser vivo até a coleta de seus restos fossilizados, ela é imprescindível para o estudo da compreensão dos ecossistemas passados.

Antes mesmo do trabalho de Efremov, observações de cunho tafonômico já eram realizados nas ciências paleontológicas. Destaca-se os trabalhos do início do século XX pela escola alemã no exemplo do clássico de Weigelt (1927).

Porém uma abordagem sistematizada e quantitativa aparece pela primeira vez em Voorhies, 1969 ao criar classes de transportabilidade hidráulica através de testes empíricos, e mais tarde, com Munthe e Mcleod (1975) com uma tentativa de sistematizar a coletas de informações de campo com a criação de um protocolo mínimo de dados.

O próximo marco na compreensão da tafonomia é 1986 com uma série de publicações no volume do periódico *Palaios* onde surgem as bases do estado de arte da tafonomia com características mais quantitativas.

Para o estudo de assembléias de vertebrados, Behrensmeyer (1991) propôs as bases de um protocolo de informações necessárias para o levantamento do estudo tafonômico e consequente interpretação paleo-ecológica.

Contudo, ao contrário do que ocorre com o estudo de invertebrados onde vários estudos quantitativos fornecem bases para elaboração de modelos matemáticos e avaliação de ferramentas de análise (Kowalewski, 1997), Behrensmeyer *et al* (2000) concluíram que o estudo com vertebrados ainda é carente neste aspecto.

No Brasil a tafonomia de vertebrados ainda é incipiente. Apenas no Permo-triássico da Bacia do Paraná (Formações Caturrita e Santa Maria) existe um histórico de pesquisas com destaque para os trabalhos de Holz (1988), Holz e Barberena (1989) e (1994), Holz (1994), Holz e Soares (1995) e Souto-Ribeiro e Holz (2000). Adicionalmente, existem trabalhos isolados sobre mesosaurídeos da Formação Irati (Soares, 2003) e sobre depósitos pleistocênicos costeiros da megafauna no Arroio Chuí (Lopes *et al.* 2001).

É neste contexto que o estudo tafonômico de vertebrados é tratado nesta Monografia de Trabalho de Formatura para um dos sítios fossilíferos mais conhecidos em sedimentos do Cretáceo no Estado de São Paulo.



## 4.2 A Bacia Bauru e a Formação Presidente Prudente

A ocorrência de sedimentos cretáceos sobrepostos à Formação Serra Geral foi inicialmente identificado por Campos nos relatórios de expedições promovidas pela Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo. Nesta época, final do século XIX, atribuía-se o nome de “Grês de Bauru” aos depósitos supra-basálticos de idade cretácea (Campos, 1889).

Apesar dos intensos trabalhos desenvolvidos desde àquela data, ainda não há consenso no status nomenclatural das unidades supra-cretáceas (Suguio et al. 1977, Soares 1980, Fernandes e Coimbra 1996, Fulfaro et al. 1999, Arai 2006). Esta dificuldade está diretamente ligada à ampla variação lateral das fácies sedimentares e seu reconhecimento em campo.

A Bacia Bauru (*sensu* Fernandes e Coimbra 1996) formou-se no Cretáceo Superior (Coniaciano-Maestrichtiano), na parte centro sul da Plataforma Sul-Americana, tendo seus limites em uma área com cerca de 370.000 km<sup>2</sup>. Ocorre entre os paralelos 18°S e 25°S, meridianos 47°W e 55°W, nos estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Goiás. Esta bacia continental contém uma seqüência sedimentar essencialmente arenosa, tendo por substrato rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, sobretudo basaltos, da qual é separada por uma superfície erosiva regional (Soares, 1980; Fernandes, 1992, 1998; Riccomini, 1997; Fernandes e Coimbra, 1994, 1996, 2000).

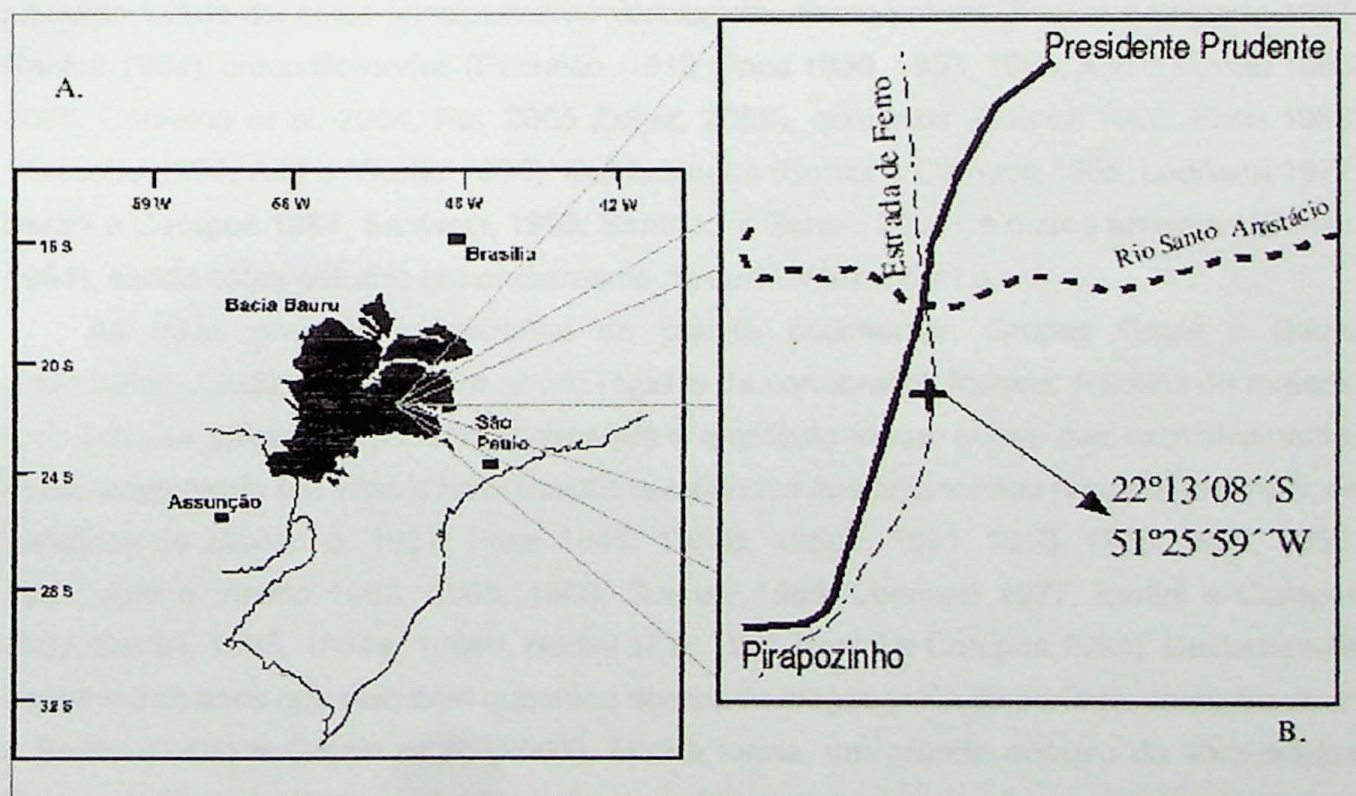


Figura 1: A. Área de cobertura dos sedimentos mesozóicos da Bacia do Bauru (Modificado de Fernandes, 1998). B. Localização do afloramento estudado.

A seqüência sedimentar é composta por arenitos, siltitos e siltitos argilosos subordinados de origem fluvial ou eólica. Sua coluna sedimentar está subdividida em dois



grupos: o Grupo Caiuá, que possui depósitos relacionados a dunas de grande porte, planícies marginais de deserto e planícies de lençóis de areia periféricas; e o Grupo Bauru, subdividido nas formações Vale do rio do Peixe, Araçatuba, Uberaba, Marília, São José do Rio Preto e Presidente Prudente, que de uma forma geral, é constituído por depósitos arenosos associados a ambientes fluviais, pantanosos e dunas eólicas (Fernandes, 1998). Para Fúlfaro et al. (1999) entre estes dois Grupos ocorre uma discodância temporal evidenciada através de um geosolo decorrente do hiato deposicional.

Sedimentos da Formação Presidente Prudente ocorrem na parte superior dos interflúvios dos rios do Peixe e Paranapanema, assim como dos rios Aguapeí e do Peixe, em exposições próximas às cidades de Presidente Prudente e Adamantina, possuindo espessura máxima de algumas dezenas de metros. Compõe-se principalmente por arenitos muito finos a finos de cores marrom-avermelhado claro a bege, de seleção moderada a má, matriz lamítica, e lamitos argilosos de cor marrom escuros. Os arenitos apresentam-se em boa parte, cimentados por carbonato de cálcio, apresentando aspecto maciço. Estes sedimentos acumularam-se em meio a um sistema fluvial meandrante, em canais rasos, de sinuosidade relativamente baixa. (Fernandes, 1998).

### **4.3 Paleontologia**

A paleontologia de vertebrados do Grupo Bauru é estudada desde o começo do século passado sendo descritos principalmente vertebrados como peixes (Santos e Salgado 1967, Santos 1984), crocodilomorfos (Pacheco, 1913; Price 1950, 1953, 1959, Arid e Vizotto 1963, 1965, Carvalho et al. 2004, Pol, 2005 Zaher, 2006), quelônios (Suarez 1969; Price 1953; Staesche 1937; Arid e Vizotto 1966), titanossauros (Bertini e Campos 1995; Leonardi 1977, Bertini e Campos 1987, Santucci, 1999; Santucci e Bertini, 2006), e outros amniotas (Bertini, 1994), sendo estes estudos essencialmente de caráter taxonômico.

As duas grandes subdivisões do pacote sedimentar, Grupos Caiuá e Bauru (Fernandes, 1998), guardam um amplo registro de vertebrados fósseis. A coleta de material e os estudos paleontológicos realizados até o momento foram, quase que exclusivamente, executados tendo em vista a identificação taxonômica dos organismos (ver, por exemplo, os trabalhos de Staesche, 1937; Price 1945, 1950a, 1950b, 1951, 1953, 1955, 1957, 1959, 1961; Arid e Vizotto 1963, 1965, 1966; Suarez, 1969; Leonardi 1977; Bertini e Campos 1987, Bertini, 1993, 1994a, 1994b, Bertini et al. 1993 Bertini e Campos 1995). Destacam-se também trabalhos que discutem questões acerca da biogeografia do período, como Santucci e Bertini (2001) e Garcia et al. (2005). Dessa forma, um grande número de vertebrados fósseis do Período Cretáceo foi descrito. No entanto, aspectos da gênese das acumulações e portanto estudos paleoecológicos tendo como base dados tafonômicos, são ainda inexistentes.



#### **4.4 Objetivos e Justificativa**

Esta monografia apresenta como principais objetivos:

1. Estruturar uma metodologia adequada para o levantamento de feições tafonômicas de forma quantitativa adequada para a acumulação fossilífera de quelônios fósseis da região de Pirapozinho.
2. Organizar os dados tafonômicos em forma de banco de dados.
3. Avaliar os resultados da amostragem em cada uma das feições tafonômicas
4. Interpretar os resultados tendo em vista a obtenção de informações paleoecológicas.

Este trabalho justifica-se por:

1. Contribuir para o entendimento da fauna de vertebrados no Neocretáceo do Sudeste brasileiro, sua diversidade e ambiente de vida.
2. Fornecer uma metodologia de coleta e análise de dados a ser utilizada em estudos tafonômicos futuros na região.
3. Estar inserido dentro do projeto temático intitulado “A fauna de micro vertebrados tetrápodes do Cretáceo Superior nas regiões de Marília e Presidente Prudente (SP): biodiversidade, filogenia e tafonomia” coordenado pelo professor doutor Hussam Zaher (Museu de Zoologia – USP). Projeto financiado pela FAPESP e finalizado em 2004.

### **5 Metodologia e Bases Teóricas**

Antes de iniciar a descrição qualitativa e quantitativa da assembléia torna-se necessário definir a terminologia adotada na descrição da assembléia fóssil com o fim de esclarecer e facilitar a comparação desta análise com outros trabalhos tafonômicos. Esta terminologia está baseada no trabalho de Holzman (1979), por melhor enquadrar-se ao modo no qual as informações foram coletadas e analisadas.

Durante os trabalhos de campo a unidade mínima de fonte de dados da assembléia fóssil foi denominado de amostra ou espécime. O espécime fóssil individualiza-se pelo relativo isolamento espacial de um fragmento, parte ou conjunto de partes que compõe o esqueleto de um animal. O espécime é considerado identificável quando é possível associá-lo a um grupo biológico distinto, preferencialmente a uma espécie. Aqui é mais importante a distinção entre grupos que a classificação taxonômica, pois a finalidade principal é estimar a diversidade relativa de grupos dentro da acumulação fóssil.

Cada parte esquelética de um animal que ainda preserva características que possam associá-lo ao todo (indivíduo) pode ser definida como elemento identificável ou apenas elemento.



## 5.1 Feições tafonômicas da Assembléia

As partes esqueléticas do depósito são sempre maiores que 10 mm. Abaixo desta dimensão, os restos presentes são fragmentos de ossos sem possibilidade de associação taxonômica.

### Contagem

Para quantificar o número de indivíduos foram utilizados os parâmetros sugeridos nos trabalhos de Holzman (1979), Shipman (1981), Badgley (1986) e Gilinsky & Bennington (1993) para estimativas de quantificação de indivíduos em assembléias fósseis de depósitos fluviais. Estes índices têm como finalidade auxiliar na busca do número de indivíduos que geraram a acumulação fóssil a partir dos restos de partes esqueléticas desarticuladas. A determinação do número de partes esqueléticas por indivíduo ( $m_i$ ), de Holzman (1979), foi possível através da comparação com exemplares dos podocnemídeos (*Podocnemis elegans*, Neocretáceo), e comparações osteológicas com crocodilomorfos (e. g. *Caiman latirostris*, Recente) e outros podocnemídeos (e.g. *Podocnemis expansa*, Recente) depositados no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, dada a pouca variação na quantidade de partes esqueléticas que compõem a estrutura esquelética entre as espécies dos referidos grupos, exetando-se os osteodermas (Starck, 1982).

### Tamanho

Devido à grande quantidade de exemplares completos ou que possuíam uma fração mensurável, foi possível a obtenção do tamanho dos cascos. Para outros exemplares da assembléia fóssil pôde-se extrair este parâmetro através de comparações de tamanho entre partes esqueléticas homólogas. Ainda assim, partes esqueléticas e exemplares muito fragmentados não puderam ter o tamanho do indivíduo da qual originaram recuperados.

### Potencial hidráulico

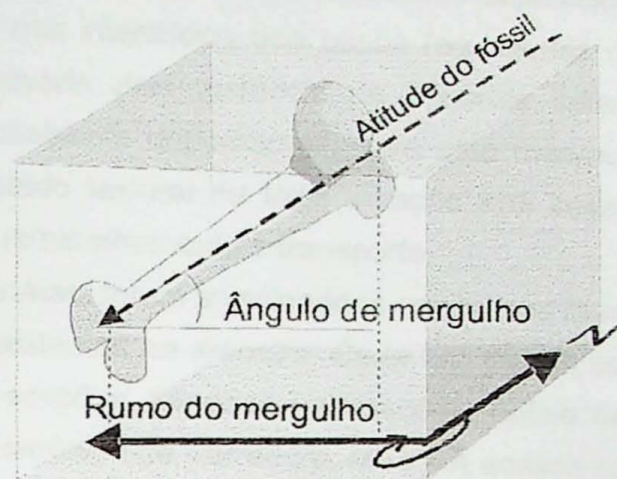
Para classificação do potencial hidráulico de transporte utilizou-se a classificação de Voorhies (1969) adaptado segundo as variáveis utilizadas por Hanson (1980). O estudo desta feição também foi baseado nos trabalhos de Dodson (1973), para aplicar os Grupos de Voorhies em microvertebrados, e Bob (1997) para elementos esqueléticos de tartarugas, uma vez que a espécie utilizada, *Apalone spinifera*, possui dimensões semelhantes a *Bauriemys elegans*. Todas as partes esqueléticas individualizadas, ou seja, com estágio de articulação presente entre sete e cinco, receberam um valor correspondente a cada categoria dos Grupos de Voorhies. Todavia, uma primeira ressalva torna-se necessária: as placas periferais e o epiplastrão não fazem parte do agrupamento pela ausência de paralelo anatômico testado na literatura.

Para os restos de crocodilomorfos, adotou-se o agrupamento de Voorhies (1969), dada as dimensões das partes esqueléticas, e conseqüentemente do porte do animal a qual pertenciam.

### Orientação e biofábrica



A informação acerca da orientação e biofábrica da acumulação foi coletada durante os trabalhos de campo segundo a orientação descrita em Munthe & Macleod (1975) e posteriormente em Rogers (1994). Então obteve-se para cada espécime a atitude, isto é, um rumo e grau de mergulho corrigidos para o Norte geográfico. A figura 2 ilustra este tipo de convenção. Para os cascos de tartaruga, devido ao seu formato quadrangular, foi extraída a atitude do plano que divide simetricamente a carapaça do plastrão. Para os casos em que este plano era sub-horizontal, escolheu-se como sentido a parte anterior do animal.



**Figura 2:** Ilustração da convenção geológica para a extração dos dados espaciais adotada para os fósseis do sítio de Pirapozinho.

Para analisar este tipo de informação, lançou-se mão o uso de gráficos específicos para análise espacial como o diagrama em roseta e o diagrama estereográfico. O diagrama em roseta é semelhante a um histograma de classes de tamanho. Os intervalos são pré-definidos dentro dos quadrantes e o tamanho de cada barra é proporcional à frequência de ocorrências dentro do intervalo. Pelos diagramas estereográficos é possível representar a orientação e a inclinação de um objeto em relação ao plano horizontal, seja um plano de acamamento, uma lineação, clasto ou bioclasto. Isto é possível uma vez que o diagrama circular consiste em uma representação de uma superfície semi-esférica. Em Marshak & Mitra (1998) foi feita uma descrição do uso do diagrama e do modo de plotagem dos dados. Para quantificação da biofábrica foi adotado o índice de distribuição de dados espaciais conhecido como *k* de Woodcock (1977).

#### Modificações ósseas e diagênese

Quando finalmente os restos orgânicos são definitivamente soterrados, inicia-se uma nova série de transformações físico-químicas que levam aos processos de fossilização. Muito mais que preservar os restos, a diagênese consiste em um conjunto de processos que agem agregados aos processos de litificação da rocha e podem imprimir uma série de feições características tais como substituição química, deformação ou ainda a permineralização. Identificar estes processos na assembléia significa levantar a seqüência de eventos de soterramento e em quais condições físico-químicas (= ambientais), elas ocorreram.



Segundo Shipman (1981), é possível identificar os padrões de quebra provocados quando o animal ainda encontrava-se vivo sendo esta a causa da morte ou não, quando a carcaça estava sujeita à exposição subaérea e por fim a quebra quando o osso está fossilizado na coluna sedimentar. O trabalho de Reif (1971) mostrou como reconhecer a quebra provocada entre processos bioestratinômicos e diagenéticos.

Wings (2004), analisando a mineralogia dos restos de vertebrados do mesozóico da Inglaterra coletados em diferentes ambientes deposicionais mostrou que as mineralizações que ocorrem nos interstícios dos ossos (eg. canais de Volksman) apresentam pequena correlação provada pela ausência de minerais característicos ou exclusivos para um determinado ambiente deposicional. Para este mesmo autor, nos estudos tafonômicos é mais útil o estudo textural da mineralização nos interstícios pois estes podem revelar a ocorrência de retrabalhamento e transporte.

Para a análise, foram selecionados espécimes representativos das diversas condições tafonômicas existentes na amostra. Cada um destes espécimes foi sub-amostrado para a confecção de secções delgadas (microscópio óptico de luz polarizada) e para granulado (Microscópio Eletrônico de Varredura, MEV). A análise em MEV incluiu varredura por Retro-espalhamento de Elétrons (RE) tanto quanto por Elétrons Secundários (ES). Em RE foi observado a existência de variação catiônica dentro dos minerais (e.g. evidências de reação química de troca de cátions entre minerais). Em SE observou-se a textura da trama mineral.

Microfotografias das secções delgadas foram geradas no Laboratório de Petrografia Sedimentar e Imagens de MEV obtidas no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura, ambos do Igc-USP.

## **5.2 Interpretação dos resultados**

Um dos conceitos mais importantes a serem abordados em uma caracterização tafonômica é a mistura temporal de exemplares dentro da assembléia. Sem avaliar a mistura temporal existente é impossível saber a duração completa dos eventos de acumulação dentro da assembléia fóssil. Para Holz e Simões (2001) este intervalo de tempo inicia-se com a morte do primeiro indivíduo a participar da acumulação até o evento de soterramento final. Walker e Bambach (1971) definiram o conceito de mistura temporal (*time – averaging*), como o processo onde restos orgânicos de diferentes intervalos de tempo são preservados lado-a-lado no registro geológico do ambiente de vida desta comunidade. Isto se torna possível devido a diferença entre a taxa de desenvolvimento da comunidade biótica e a taxa de sedimentação capaz de soterrar estes restos orgânicos.

Graham (1993) classificou os mecanismos de processo de mistura temporal no registro de vertebrados terrestres em cinco categorias:

- Mistura pré - soterramento; (taxa de sedimentação versus taxa de mortalidade mais intemperismo).
- Bioturbação; causada por invertebrados ou vertebrados.



- Mistura de fósseis antigos em sedimentos jovens; (exumação e re-soterramento).
- Mistura de restos jovens inseridos em sedimentos antigos; (depósito de tálus e cavernas).
- Mistura por fluxo sedimentar subsuperficial. (movimentação do sedimento ainda inconsolidado).

Rogers (1993) utilizou uma associação de padrões existentes em parâmetros tafonômicos para avaliar a mistura temporal existente nas concentrações de vertebrados presentes nas formações *Two Medicine* e *Judith River* do Cretáceo de Montana, Estados Unidos. A obtenção desta idade relativa entre os exemplares só pôde ser extraída quando a informação paleoambiental do registro geológico é interpolada aos padrões dos dados tafonômicos.

### 5.3 Coleta de dados

Os dados coletados foram sistematizados de acordo com: Behrensmeyer (1991) para caracterização tafonômica da assembléia fossilífera; Rogers (1994) para a coleta de informações em campo; e Munthe e Mcleod (1975) para obtenção de informações úteis para interpretações paleoecológicas e paleoambientais.

A utilização de uma tabela sintetizando todas as informações auxiliou na coleta de dados qualitativos e quantitativos.

A coleta de informações foi realizada durante os trabalhos de exposição dos pavimentos fossilíferos. Posteriormente, um banco de dados foi elaborado para organização da análise quantitativa da amostragem. O protocolo de variáveis coletadas por espécime é apresentado na tabela 1 e seu protocolo de codificação (para uso em campo e computacional) no Anexo 1.

Uma vez que algumas informações podem ser extraídas uma única vez, coleta de dados tafonômicos, principalmente os de campo, exige extremo cuidado e discernimento a fim de evitar erros ou a insuficiência de dados para a análise, como advertiram Weigelt (1927), Efremov (1940), Voohries (1969), Munthe e Mcleod (1975), Holz e Barberena (1989), Behrensmeyer (1991) e Holz e Simões (2001).

Sendo assim, tornou-se pertinente a confecção de uma tabela (Tabela 1) para a coleta de todos os dados tafonômicos possíveis para cada amostra coletada ou observada. Esta “tabela tafonômica” consiste numa série de dados quantitativos ou qualitativos relevantes ao estudo presente a serem extraídos das amostras.

A seguir é apresentada a seqüência de informações que compõe a tabela tafonômica.



Informação	Descrição	Tipo de dado	Unidade
Jazido	Contém a descrição do afloramento além da marcação do ponto de coleta e nível/ camada sedimentar	Texto codificado	-
Latitude / Longitude	Posição geográfica global em UTM para o espécime	Variável discreta	metros
Identificação	Código de controle de coleta da amostra	Texto codificado	-
Dimensões	Comprimento e largura aferidos no espécime	Variável discreta	centímetros
Comprimento real/ Largura real	Dimensões do indivíduo aferidas a partir do espécime	Variável contínua	centímetros
Espécie	Táxon o qual pertence amostra	Variável qualitativa	-
Peso	Peso estimado do indivíduo o qual pertence a amostra	Variável discreta	Quilogramas
Idade	Idade atribuída no momento de morte do animal	Variável qualitativa	-
Amostra associada	Identificação do espécime mais próximo	Texto codificado	-
Articulação óssea	Grau de articulação do espécime (Behrensmeyer, 1991)	Variável qualitativa	-
Estágio de articulação	Padrão de articulação observado em campo	Variável qualitativa	-
$m_i$	Quantidade de partes presentes no espécime (Holzman, 1979)	Variável quantitativa	-
Atitude	Rumo e mergulho da amostra em notação Clark.	Variável discreta	Graus
Posição espacial	Relação da amostra com o acamamento	Variável qualitativa	-
Datum	Distância horizontal da amostra em relação ao ponto de referência na camada	Variável contínua	Centímetros
Parte esquelética	Tipo de elemento ósseo identificável	Variável qualitativa	-
Grupo de Voorhies	Classe de transportabilidade (Voorhies, 1969, e Blob, 1997)	Variável qualitativa	-
Tipo de partição	Parte do osso identificada	Variável qualitativa	-
Fragmentação	Grau de fragmentação em que se encontra o espécime	Variável discreta	Porcentagem
Fissuras	Porcentagem da área superficial coberta por fissuras	Variável discreta	Porcentagem
Marcas Superficiais	Porcentagem em área coberta por outras modificações ósseas	Variável discreta	Porcentagem

**Tabela 1: Listagem das informações básicas para análise tafonômica da assembléia fóssil de Pirapozinho.**

A proposta original de trabalho previa a retirada de blocos orientados em pontos aleatórios do afloramento de modo que a coleta não causasse um tendenciamento na amostragem espacial dos fósseis. Porém, as tentativas de retirada de blocos não foram possibilitadas por dois fatores principais: a alta densidade da assembléia e a reologia do pacote matriz litotípica/ bioclastos. A alta densidade dos fósseis impedia a retirada de blocos sem que algum exemplar fosse prejudicado. Também não foi possível coletar pavimentos dentro do tamanho mínimo, de cinco à 10 vezes o tamanho do bioclasto maior, recomendado por Woodcock (1977) para análise da biofábrica. Quanto ao segundo fator, a reologia entre a matriz e os bioclastos, durante o desmonte do afloramento mostrou que as partes esqueléticas estavam mais aderidas à camada de argila que a ela mesma, dada a fragilidade em que o material se encontrava. Desta forma, o seguinte procedimento de coleta foi aplicado:

Identificar o nível fossilífero em toda a extensão do afloramento;

Retirar todo o material estéril sobre os pavimentos a serem amostrados até uma altura de um metro do nível fossilífero. Nesta etapa foi utilizado equipamento pesado (retro-escavadeira).



Expor os pavimentos em duas etapas: desagregando o patamar estéril com percussoras à gasolina e retirada manual do material;

Definição de pontos de amarração espacial (datuns) em cada ponto de amostragem;

Coleta individual dos espécimes ou blocos.

O Anexo 2 ilustra algumas etapas deste procedimento de coleta.

Desta forma tornou-se necessária a coleta de todos os dados tafonômicos possíveis durante os trabalhos de campo. Posteriormente, quando os espécimes foram preparados em laboratório, estas informações foram amostradas novamente ou amostradas em maior detalhe a fim de apurar a acuidade da coleta de campo.

## 6 Dados do Afloramento

Os afloramentos da Formação Presidente Prudente, contendo restos de quelônios, localizam-se entre os km 736,1 e km 734,0 da antiga Estrada de Ferro Sorocabana, entre as cidades de Presidente Prudente e Pirapozinho (figura 1b), coordenadas 22°13'08''S; 51°25'59''W, altitude de 402,96 metros (Suárez, 1969, 1973).

Dentre as espécies de quelônios encontradas nos afloramentos estão *Bauriemys elegans* Kischlat, *Podocnemis brasiliensis* Suárez, *Podocnemis harris* Pacheco e *Podocnemis vilavilensis* (Mezzalira 1966). Além deste autor, também Dias -Brito *et al.* (1998 e 1973), Suárez (1968 e 1973) e Suárez e Campos (1995), relataram que as rochas nas quais os fósseis ocorrem foram encontradas, em sua maioria, intercaladas a arenito e siltito finos, bem compactados, freqüentemente apresentando cimentadas com carbonato de cálcio.

O afloramento apresenta camadas de ossos de extensão lateral métrica, com espessura média variando entre 40-50 cm. Estas lentes apresentam-se como conglomerados bioclásticos com matriz argilosa ocupando os interstícios. A figura 3 apresenta a seção estratigráfica levantada no ponto de amostragem 1 (um). A seção apresenta na base unidades argilosas que se iniciam finamente estratificadas, afossilíferas e contínuas que evoluem gradativamente para camadas espessas maciças descontínuas e impuras de uma fração argilosa. As camadas de ossos (camadas 1, 2 e 3) encontram-se nestas unidades argilosas descontínuas. Sotoposta a isto estão as unidades fortemente cimentadas por carbonatos. Constituem-se de camadas métricas de arenito mal selecionado entre granulometria média a fina sem estruturas de deposição aparentes. A base destas camadas é marcada por estruturas em chama (*flame marks*) muito freqüentes que para o topo erosivo da camada são substituídos por fragmentos ovalizados da unidade inferior. Icnofósseis tubulares verticais também são freqüentes nestas camadas. O afloramento encerra-se no topo com lentes de argila finamente estratificada de cor esverdeada cujo registro se perde na zona de alteração de solo.



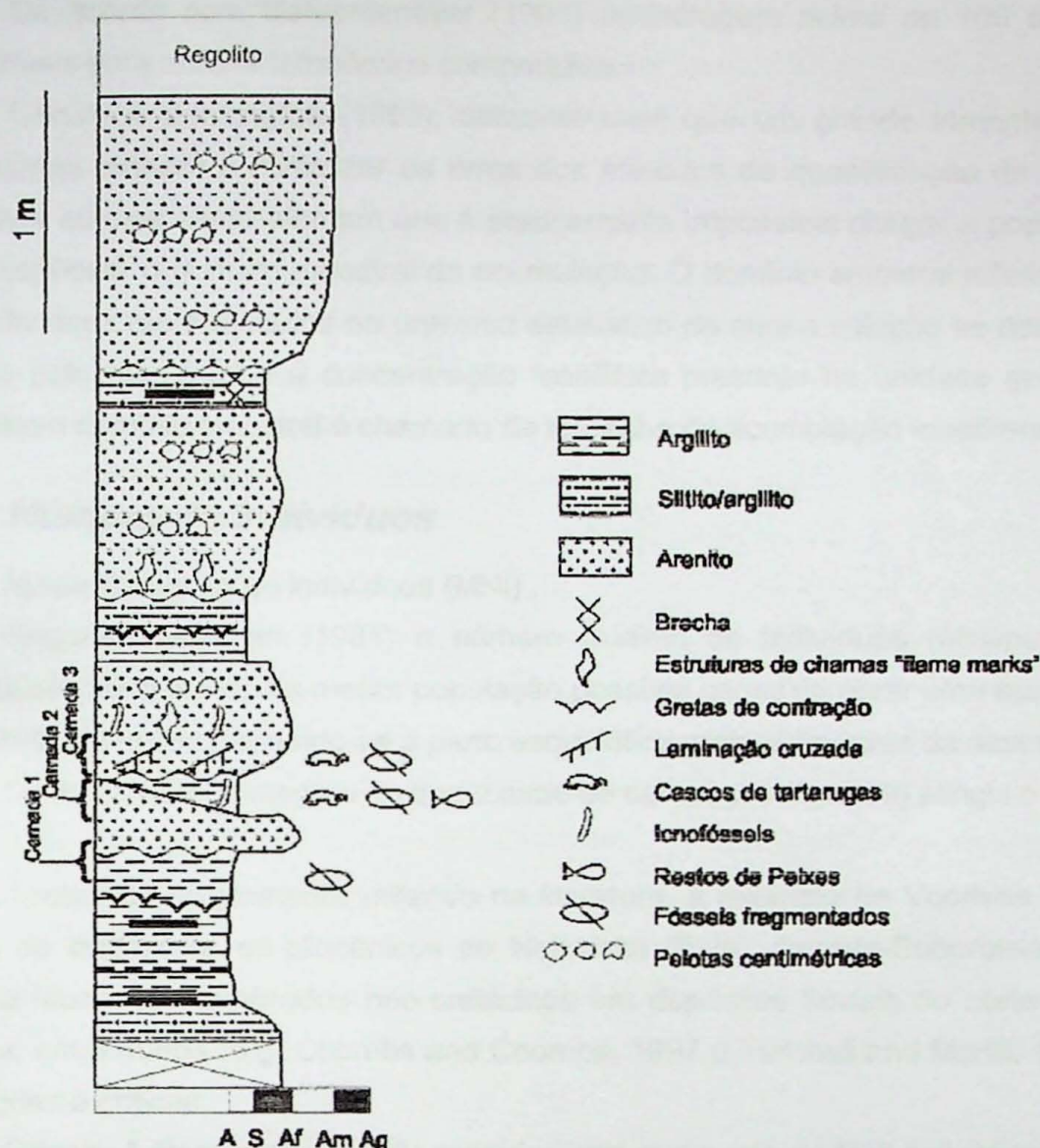


Figura 3: Seção estratigráfica levantada no ponto 1 de amostragem do sítio de Pirapozinho.

## 7 Dados da Assembléia

Os espécimes relativos a esqueletos completos foram analisados à parte dos restantes. Os diferentes métodos de estimativa de quantificação de indivíduos são aplicados apenas em exemplares desarticulados ou simplesmente incompletos. Com isto, o censo da população de indivíduos que alcançaram a preservação é obtido com a contagem direta dos indivíduos que se apresentam completos adicionando-se as estimativas calculadas.

### 7.1 Tamanho da amostragem

Dentre os trabalhos de campo e de laboratório realizados ao longo dos anos de 2002 e 2003 foram contados 293 espécimes, incluindo 22 indivíduos articulados e completos e 271 de incompletos. Somam-se 9346 partes esqueléticas (e), no total do volume da concentração.



De acordo com Behrensmeyer (1991) amostragem acima de 100 espécimes são preferíveis para análise tafonômica comparativa.

Gilinski e Bennington (1993), demonstraram que um grande tamanho amostral de espécimes tendem a minimizar os erros dos métodos de quantificação de indivíduos. Os mesmos autores ainda afirmam que é praticamente impossível chegar a população original sem conhecer o domínio amostral da acumulação. O domínio amostral referido é o número de indivíduos representados no universo estatístico da qual a coleção se desenvolveu. Em outras palavras, é toda a concentração fossilífera presente na unidade geológica. Neste trabalho o domínio amostral é chamado de tamanho da acumulação fossilífera.

## 7.2 Número de Indivíduos

Número mínimo de indivíduos (MNI)

Segundo Shipman (1981) o número mínimo de indivíduos (*Minimum Number of Individuals*, MNI) fornece a menor população possível capaz de gerar uma assembléia fóssil. Este índice é obtido contando-se a parte esquelética mais abundante da assembléia.

Desta forma a contagem da quantidade de carapaças (figura 9) atingiu o número de 98 indivíduos.

Apesar de amplamente utilizado na literatura, a exemplo de Voorhies (1969) para a fauna de mamíferos eo-pliocênicos do Nebraska (EUA), Pereda-Suberbiola et al (2000), para a fauna de vertebrados neo-cretácicos em depósitos fluviais do norte da Península Ibérica, entre outros (e.g. Coombs and Coombs, 1997 e Turnbull and Martill, 1988), existem limitações e críticas.

Gilinsky & Bennington (1993) consideraram que o uso de MNI subestima o número de representantes da população original. Isto significa que no caso da estimativa do MNI para a acumulação de quelônios aqui estudada, o índice 98 indivíduos seria muito inferior ao esperado. Estes autores sugerem como correção ao índice, a adição do número de indivíduos capaz de gerar a acumulação sem o elemento utilizado na contagem principal (para este trabalho seria o MNI da acumulação sem os cascos).

Porém não pôde ser realizada a adição de 56 indivíduos com base na segunda parte esquelética mais abundante. Isto se deve ao modo de fragmentação das placas que impede sua melhor caracterização morfológica. Assim, o valor do fator de correção a ser extraído delas perde a sua utilidade, devido à falta de exatidão.

Número máximo de indivíduos (XNI)

O número máximo de indivíduos (*maximum number of individuals*, XNI), segundo Gilinsky & Bennington (1993), é um método que associa para cada exemplar, um indivíduo. Este método tem como finalidade, estipular um limite superior de indivíduos capazes de contribuir para acumulação. Logicamente um indivíduo contribuiu com mais de uma parte esquelética dentro da amostragem coletada e o valor obtido de 226 indivíduos apenas torna-se útil para comparações com outros parâmetros.



### Abundância ponderada de elementos (WAE)

A Abundância Ponderada de Elementos (*Weighted Abundance of Elements*, WAE) de Holzman (1979) é um método mais apurado de quantificação de indivíduos através dos espécimes. Por este método a contagem, os diferentes elementos identificáveis são divididos pelo número de partes preserváveis de um indivíduo em determinado táxon.

A grande vantagem deste método é amenizar o tendenciamento (*bias*) criado pelos estados de fragmentação e articulação dos espécimes. Este método também associa um valor de representatividade para cada parte esquelética de um indivíduo, e assim permite uma contagem mais apurada a partir dos fragmentos identificáveis. No entanto, este índice possui um limitante por exigir o número de partes preserváveis que compõe o esqueleto da espécie (ou pelo menos do grupo), o que muitas vezes não é possível para espécies paleontológicas.

Dentro deste contexto, para a concentração aqui estudada, foi extraído o WAE apenas dos espécimes identificados dentro de Crocodilia ou de Chelonia, como exibido na Figura 4 (página 23). O número de partes esqueléticas por indivíduo ( $m_i$ ) foi possível através de exemplares de podocnemídeos (completos presentes), crocodiliformes (recentes) e outros podocnemídeos (recentes), dada a pouca variação na quantidade de peças que compõe a estrutura esquelética entre as espécies dos referidos grupos (Kardong, 1998).

Fragmentos de outros taxa ou de taxa não identificados impedem a aplicação deste parâmetro, uma vez que o total de partes que compõem os indivíduos não é conhecido e os fragmentos identificados não podem por si representar um único exemplar dentro desta metodologia.

## 7.3 Número de espécies e abundância relativa

Ao se trabalhar com investigações paleoecológicas, uma das primeiras respostas que se pretende obter são os táxons existentes, se a proporção de cada táxon responde na população vivente e se estes táxons interagem entre si em um ambiente de vida.

Apesar de alguns trabalhos sugerirem reconstruções bióticas utilizando apenas dados taxonômicos e algumas informações de modificação óssea presentes, este tipo de trabalho pode carregar um grande número de tendenciamentos tafonômicos tais como a preservação diferenciada de restos orgânicos e a mistura temporal (Efremov 1940, Walker e Bambach 1971, entre outros).

Como um parâmetro fundamental para resolver problemas paleoecológicos (Behrensmeyer, 1991), a quantidade relativa entre espécies dentro de um mesmo depósito sedimentar tem de ser obtida de forma criteriosa. Shipman (1981) lembrou que fatores como a preservação diferenciada de partes esqueléticas, diferenças anatômicas entre os grupos biológicos e padrões da estrutura populacional entre as espécies, são alguns dos fatores que controlam a tanatocenose (assembléia de morte) da acumulação.



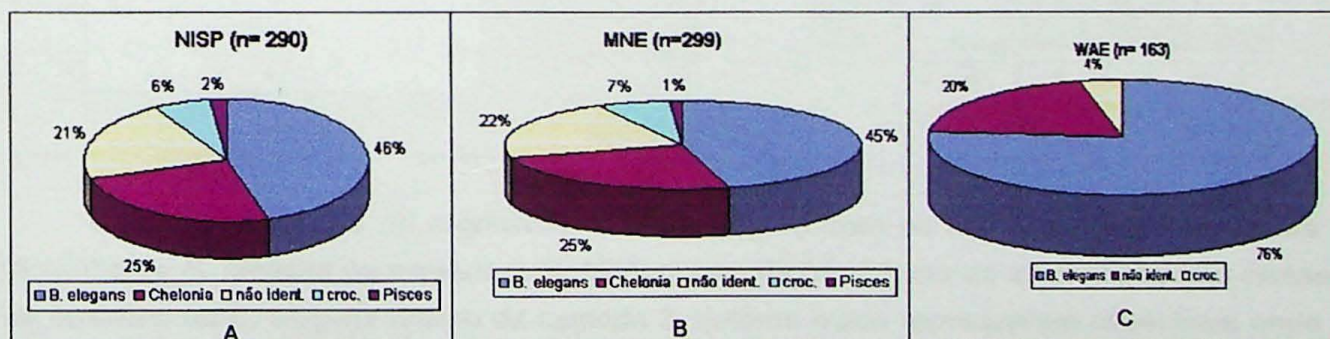
O número de espécimes identificados por táxon (*number of individuals by species*, NISP, Shotwell, 1955). Neste índice são considerados todos os espécimes, mesmo aqueles representados por uma única parte esquelética, e agrupados por táxon (Badgley, 1986). A abundância relativa é então estimada tomando-se a proporção existente entre os táxons.

Este índice é comumente utilizado para resolver o problema da abundância relativa (Arribas & Palmqvist, 1998; Pereda-Superbiola *et al*, 2000; entre outros), porém foi criticado por Badgley (1986) ao observar que um dos maiores problemas do NISP é a imprecisão de valores por não se considerar o grau de desarticulação imposto aos exemplares e por tratar os espécimes associados e não associados da mesma forma.

Número mínimo de partes esqueléticas por táxon (*minimum number of skeletal elements per taxon*, MNE) proposta por Badgley, 1986, é uma variação do NISP onde é levado em conta o grau de fragmentação da amostragem a ser contada. Na contagem, diferenças no tipo de fragmentação e no tipo de associação com outros elementos são utilizadas para a frequência entre espécies.

Dentro da amostragem houve um amplo domínio da espécie *Bauriemys elegans*, sendo subordinados outros quelônios, pontualmente crocodilomorfos e muito raramente dipnóicos.

A figura 4 exhibe gráficos para cada um dos índices de diversidade da assembléia. Existe uma proximidade dos valores obtidos entre o NISP (290) e o MNE (299). Esta proximidade dos valores de diversidade relativa denota claramente que estes resultados estão tendenciados pela preservação diferenciada entre os restos de quelônios presentes e os outros táxons representados.



**Figura 4: Resumo dos resultados dos diferentes tipos de métodos de contagem de indivíduos e a abundância relativa entre espécies obtidas a partir dos exemplares coletados. Abreviações: não ident. = táxon não identificado, croc. = crocodiloformes, B. elegans = *Bauriemys elegans***

#### 7.4 Tamanho dos indivíduos e espectro de idade

Estes dois parâmetros foram unidos neste trabalho por estarem diretamente associados. Starck (1982) e Kardong (1998) observam que (em espécies recentes) o desenvolvimento ontogenético está em função das condições ambientais, principalmente do regime de temperatura. A técnica para determinação de idade de Graham (1979), com base na contagem dos anéis de crescimento anual dos escudos dérmicos não pôde ser utilizada,



uma vez que ocorre sempre uma sucessão homogênea de anéis impressos sobre as placas ósseas. Wilson e Tracy (2003) apontaram esta condição morfológica como indicativa de que o ambiente onde esta fauna se desenvolveu era de baixa sazonalidade ou não passavam por períodos de hibernação.

A solução adotada neste trabalho foi a utilização o tamanho dos indivíduos para estabelecer uma idade relativa dos indivíduos incluídos na tafocenose (assembléia preservada). Deste modo, a idade dos indivíduos torna-se implícita dentro da distribuição de tamanhos, não havendo uma distribuição por classes.

Desta forma, foram construídos gráficos de regressão para o comprimento versus a largura de indivíduos encontrados nas diferentes camadas fossilíferas (gráfico A das Figuras 5 e 6). Sobre a plotagem destes pontos foram obtidas as curvas de regressão da população amostrada. Adicionalmente a área do índice de confiança (CI), de 95%, também foi representado a fim de identificar as áreas onde a curva de regressão melhor se ajusta ao pontos. Também foram montados histogramas para os valores de comprimento dos indivíduos em cada camada (gráfico B das figuras 5 e 6), de modo que também se possa observar a distribuição da concentração dos dados obtidos.

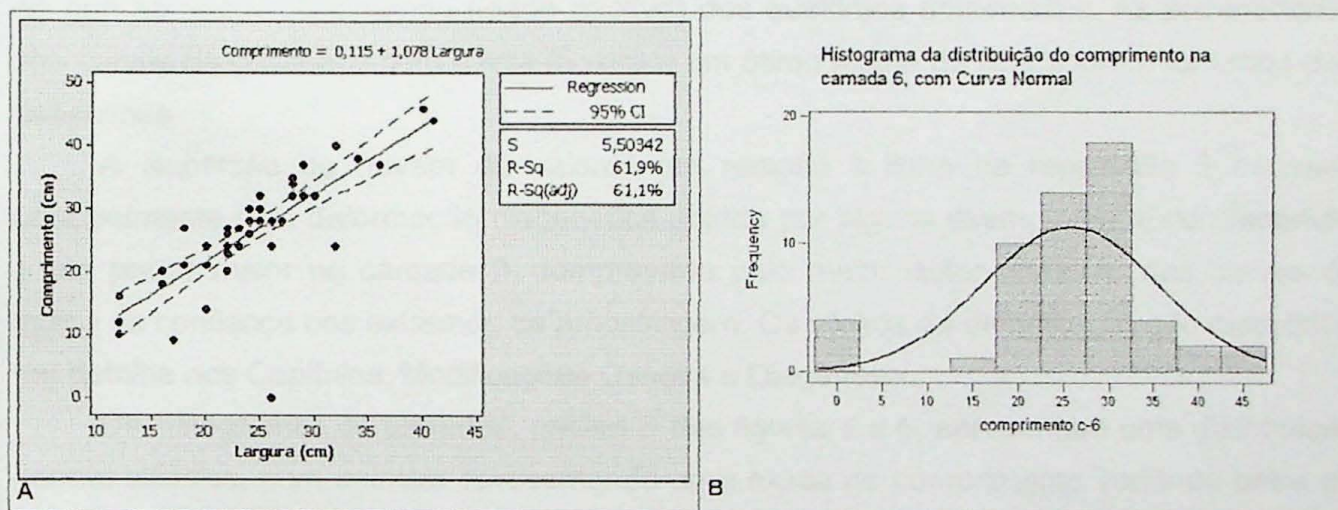
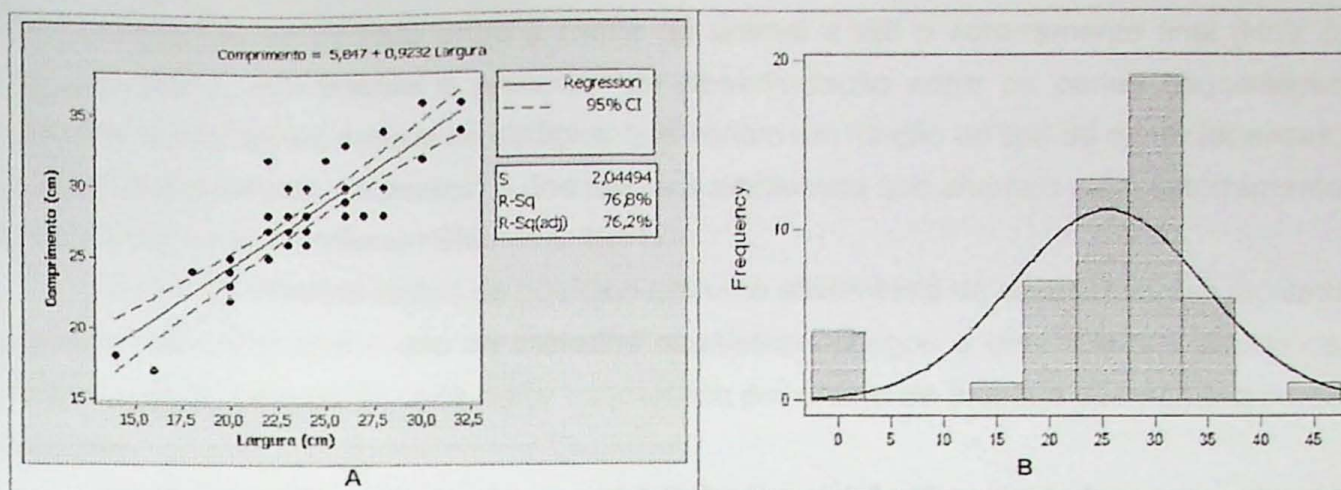


Figura 5: A: Curva de regressão da amostragem com os limites de confiança para o tamanho de *B. elegans* na camada 2. B: Histograma da frequência de exemplares nas classes de tamanho de *B. elegans* dentro da camada 2. Valores nulos representam espécimes onde o valor não pôde ser inferido.





**Figura 6:** A: Curva de regressão da amostragem com os limites de confiança para o tamanho de *B. elegans* na camada 3. B: Histograma da frequência de exemplares nas classes de tamanho de *B. elegans* dentro da camada 3. Valores nulos representam espécimes onde o valor não pôde ser inferido.

Como mostram os gráficos A das figuras 5 e 6 ocorre uma distribuição contínua de exemplares ao longo do gráfico denunciando o caráter generalista e gradual da acumulação no que se refere ao tamanho (idade relativa) dos quelônios amostrados. As proximidades das curvas de confiança com a reta mostram um ótimo ajuste da reta sobre o tamanho dos espécimes.

A dispersão da nuvem de valores em relação à linha de regressão é causada principalmente pela deformação diagenética sofrida por alguns exemplares. Esta dispersão é um pouco maior na camada 2, comprovada pelo maior distanciamento das curvas do índice de confiança nos extremos da amostragem. Os efeitos da deformação são discutidos em detalhe nos Capítulos, Modificações Ósseas e Diagênese.

Os histogramas de tamanho, gráfico B das figuras 5 e 6, apresentam uma distribuição normal clássica, com animais apresentando uma moda de comprimento variando entre os 25 e 30 centímetros em ambas as camadas. Porém, a camada 2 apresenta a moda mais acentuada na classe de 30 cm. Os valores nulos existentes representam espécimes que apesar de identificáveis não permitiram uma estipulação confiável de tamanho.

Estes resultados apontam para uma seleção de tamanho/idade de indivíduos que pode ter como causa tanto fatores bioestratigráficos como fatores ecológico/ambientais, dada a distribuição de tamanho/idade segundo uma curva gaussiana.

A existência de uma única nuvem indica a presença de uma única população. Porém esta população representa 62% da amostra. A parte não analisada para esta feição apresenta uma condição diversa de preservação que impede a recuperação desta informação.

## 7.5 Articulação Óssea

Outra característica importante na acumulação fóssilífera, os padrões de articulação óssea presentes nos indivíduos na assembléia, são de grande utilidade para a recuperação



das informações do período entre a morte do animal e até o soterramento final (Holz & Simões, 2001). Isto porque o processo de desarticulação entre as partes esqueléticas obedece a uma ordem natural de estágios que variam em função do tipo de morte (doenças, ataque de predadores, acidentes) e dos agentes ambientais que atuaram até o soterramento final dos restos preserváveis (Shipman, 1981).

Hill (1979), estudou restos de bovídeos em uma assembléia de ossos recentes próximo ao lago Turkana e com o uso de métodos estatísticos chegou a uma refinada escala de desarticulação, ordenando cada parte esquelética por ordem de primeiro desmembramento corporal.

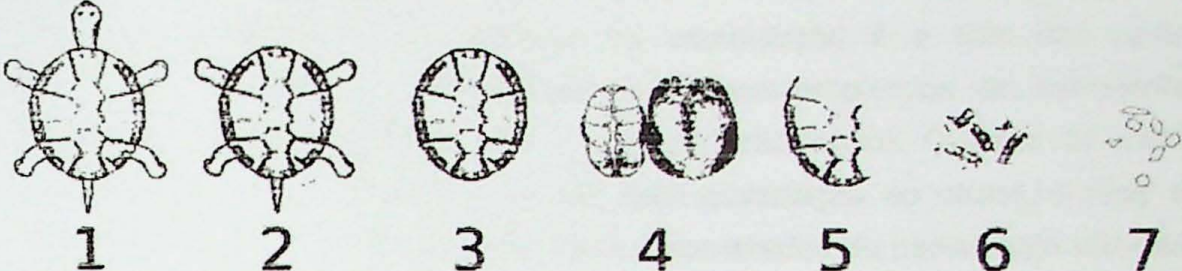
Holzman (1979) sugeriu o uso do grau de fragmentação ( $f_i$ ) como índice a ser utilizado sobre cada táxon presente na coleção em estudo. Sobre este índice pode-se quantificar a semelhança deste caráter entre os táxons presentes.

Behrensmeyer (1991) sugeriu o uso de estágios qualitativos para avaliação deste caráter em acumulações genéricas usando assim termos como: *articulado*, *desarticulado mas associado*, *associado mas disperso* e *isolado e disperso* formando uma escala gradativa a fim de facilitar comparações entre diferentes acumulações ou processos de acumulação. É a forma mais popular de observar esta feição onde vale o destaque para os trabalhos de Varricchio (1995), Coombs e Coombs (1997), Arribas e Plamqvist (1998), Turnbull e Martill (1998) e Pereda-Subertiola *et al.* (2000).

Durante os trabalhos de campo verificou-se que os espécimes coletados apresentavam uma série de etapas de desarticulação. Estes estágios foram utilizados para os estudos de caracterização e para fundamentar o perfil do agente de acumulação do material fóssilífero. A ordenação destes estágios de articulação coincide com as observações encontradas nos experimentos descritos em Brand (2003).

Os sete estágios de articulação são descritos na figura 7 abaixo:



A	Estágio	Descrição				
		Quelônios	Outros Vertebrados			
	1	Esqueleto completo e articulado.	Esqueleto completo e articulado.			
	2	Ausência de crânio.	Ausência de crânio.			
	3	Ausência parcial dos membros.	Ausência parcial dos membros.			
	4	Individualização de carapaça e plastrão.	Ausência total do esqueleto apendicular (membros, vértebras caudais).			
	5	Fragmentação da carapaça e plastrão em conjuntos de placas firmemente suturadas entre si.	Conjunto de partes em articulação ou com algum tipo de associação.			
	6	Isolamento das placas ósseas ou demais partes esqueléticas.	Partes esqueléticas francamente isoladas.			
	7	Fragmentos de partes esqueléticas.	Fragmentos de partes esqueléticas			
B						
	1	2	3	4	5	6

**Figura 7: A. Classificação do modo de articulação atribuído aos espécimes encontrados em Pirapozinho, diferenciando os atributos utilizados para os quelônios e para os demais vertebrados. B. Esquema ilustrativo dos estágios de articulação observados em quelônios.**

A distribuição de valores crescente em direção ao grau de desarticulação mostra o domínio na proporção de espécimes desarticulados em relação aos animais inteiros (figura 8A). Cabe aqui ressaltar esta feição devido à forma de distribuição dos exemplares nas lentes argilosas que dispõem os exemplares inteiros lado a lado com elementos desarticulados dando a falsa impressão, ainda no afloramento, de tratar-se de uma acumulação predominantemente de animais articulados (Anexo 3 – Croquis)

No gráfico de caixa (figura 8B, página 28), observa-se a maior frequência dos elementos desarticulados na amostra onde a densidade de amostras concentra-se entre os estágios 5 e 4. Isto significa que na maior parte dos quelônios as placas ósseas encontram-se em pequenos conjuntos de placas suturadas representando até 30 por cento do casco. A camada mais inferior (camada 1) é destituída de espécimes completos ao passo que a camada 2 apresenta a mediana do volume amostrado no estágio 3, ou seja, metade dos espécimes desta camada estão completos, semi-completos ou constam apenas de casco.

Ao distribuir os valores do histograma pelas camadas (Figura 8C), evidencia-se como as camadas 5 e 7 possuem predominantemente espécimes altamente desarticulados com uma distribuição gaussiana de valores. É possível também identificar uma tendência bimodal para a distribuição dos estágios de articulação na camada 2 (bone-bed) devido ao menor número de espécimes no estágio de articulação quatro.

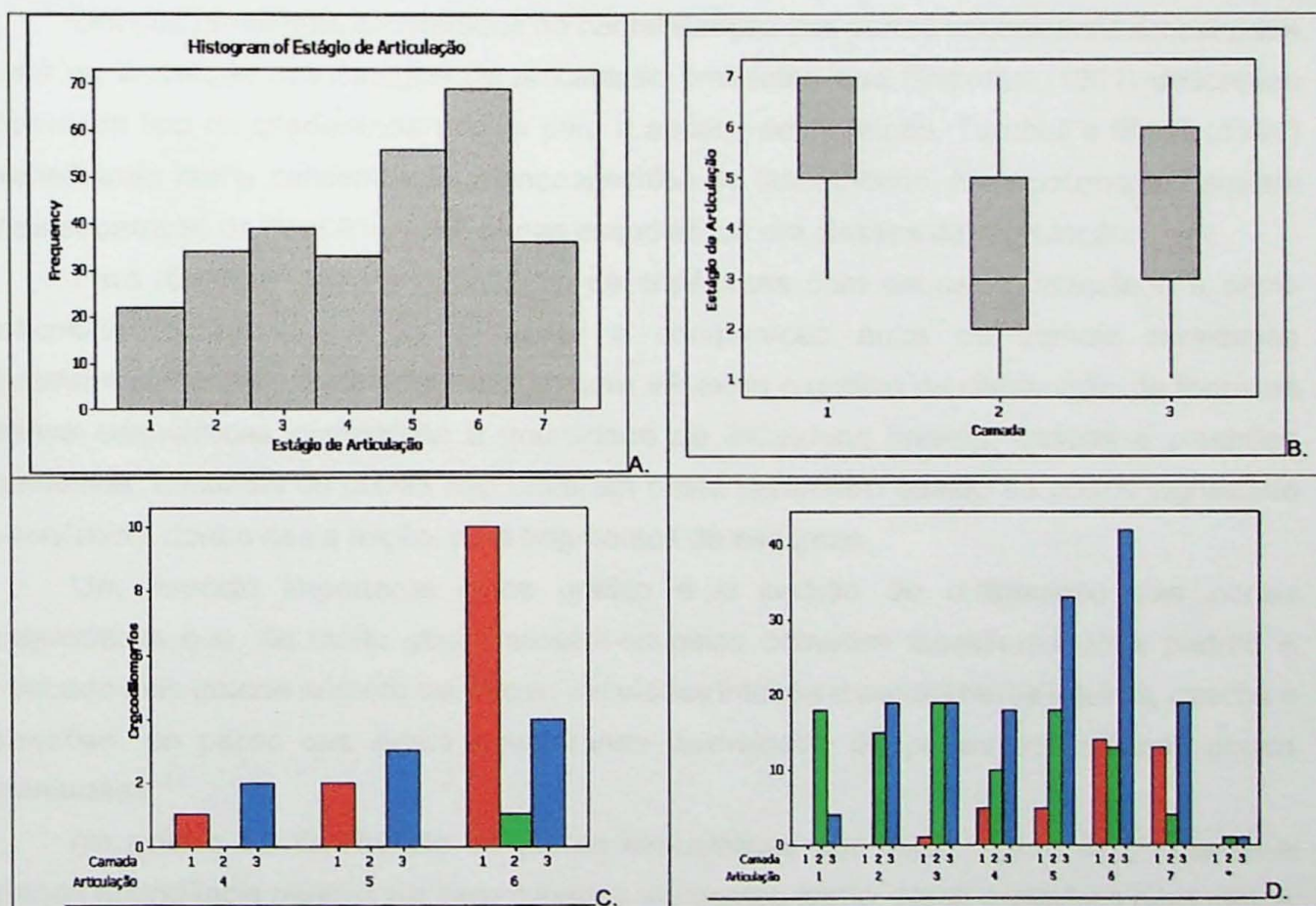
Os poucos exemplares de crocodiliformes encontrados ocorreram sempre em partes esqueléticas desarticuladas (da figura 8D), porém com uma distribuição que remete à organização do indivíduo. Os restos de crocodilomorfos encontrados possuíam sempre a escápula coracóide articulada e próxima às vértebras torácica ou cervical. Estas vértebras,



por sua vez, encontravam-se fortemente alinhadas e ordenadas segundo a disposição na qual se encontra num exemplar articulado.

Uma importante característica notada nos exemplares parcialmente inteiros é a presença parcial das falanges distais na maioria dos exemplares, e notadamente 75 por cento dos crânios apresentam a mandíbula aberta ou desarticulada ao crânio, porém com o arco hióide ainda presente (Prancha I foto 1). Existe um padrão de disposição do esqueleto nos indivíduos completos determinado pela postura recolhida dos membros e pescoço, de forma que o crânio apenas se projeta levemente para fora nunca com as vértebras à mostra.

Outra característica que chama atenção na acumulação é o fato das partes esqueléticas relativas a membros apendiculares só estarem articulados em exemplares completos ou semicompletos (estágios um ou dois de articulação). Quando as partes esqueléticas de membros apendiculares ocorrem sem associação ao casco, o nível de articulação é mínimo e normalmente pertencendo a aglomerados de partes sem afinidade anatômica.



**Figura 8:** A: Histograma dos estágios de desarticulação nos exemplares coletados. B: Gráficos em caixa (Boxplot) dos estágios de articulação em cada camada fossilífera. C: Distribuição dos estágios de desarticulação nos exemplares coletados por camada fossilífera. D: Exemplares de crocodilomorfos distribuídos segundo o grau de articulação.

## 7.6 Partes Esqueléticas

O estudo das partes esqueléticas presentes na amostragem é de grande importância tanto para a reconstrução paleoecológica quanto para o estudo dos processos atuantes na



acumulação e deposição da camada fossilífera (Behrensmeyer, 1991). A ocorrência de acúmulos de partes esqueléticas pode ocorrer por atividade biológica, como demonstrado por Arribas & Palmqvist (1998) para o sítio pleistocênico de mamíferos ungulados da bacia Guadix-Baza, Espanha, onde a atividade predatória de hienas contribui para o acúmulo de partes que compõem o esqueleto apendicular, tais como metacarpos, úmero e tíbia. Hill (1979) também relatou que o pisoteio (*trampling*) de outros animais contribui tanto para a dispersão e seleção de tamanho das partes esqueléticas quanto a predação ou a ação de carnicheiros. Wiegelt (1927) fez menção ao modo de morte como determinante para a existência de uma preservação preferencial de determinadas partes esqueléticas. A caracterização do elemento ósseo como partícula sedimentar dentro dos processos geológicos foi feita pela primeira vez por Voorhies (1969), que agrupou todas as partes esqueléticas em três classes segundo a facilidade de serem transportados por um fluxo d'água. Behrensmeyer (1975), aplicou o conceito de equivalência hidráulica, isto é, relacionar cada osso a uma granulometria sedimentar de mesma energia de transporte.

Um dos problemas encontrados na contabilização das partes esqueléticas amostradas está na amplitude dos estágios de articulação presentes que Shipman (1981) descreveu como um tipo de interferência nociva para a análise desta feição. Turnbull e Martill (1988) trabalharam numa concentração monoespecífica de titanothérios, Neo-Eoceno, e optaram pela separação da frequência das partes esqueléticas em classes de articulação.

Para distinguir entre a quantidade de espécimes com esqueleto articulado a semi-articulado (estágios 1 e 2), e facilitar a comparação entre os demais espécimes (predominantemente desarticulados), a figura 9A exibe o gráfico de distribuição de todas as partes esqueléticas comparada à quantidade de indivíduos inteiros, cascos e plastrões presentes. Escamas de peixes não entraram neste parâmetro devido ao pouco significado tafonômico, dentro desta feição, para fragmentos de escamas.

Um aspecto importante neste gráfico é o padrão de distribuição das partes esqueléticas que, de modo geral, mantém-se pelas camadas fossilíferas. Este padrão é marcado pelo grande número de placas, indivíduos inteiros a parcialmente inteiros, cascos e plastrões, ao passo que existe uma grande diversidade de partes esqueléticas pouco numerosas.

No gráfico de distribuição de partes esqueléticas por táxon (figura 9B), nota-se a grande abundância relativa por determinados elementos como: placa e plastrão para restos de quelônios, vértebras para crocodiliformes e carapaça para *B. elegans*.

A camada superior (camada 3) apresenta a maior diversidade de partes esqueléticas e a camada basal (camada 1) apresenta a menor diversidade limitada em placas, cascos e osteodermas.

A estrutura de distribuição de partes esqueléticas não apresenta correlação com a proporção natural de partes esqueléticas presentes por indivíduo em cada espécie.



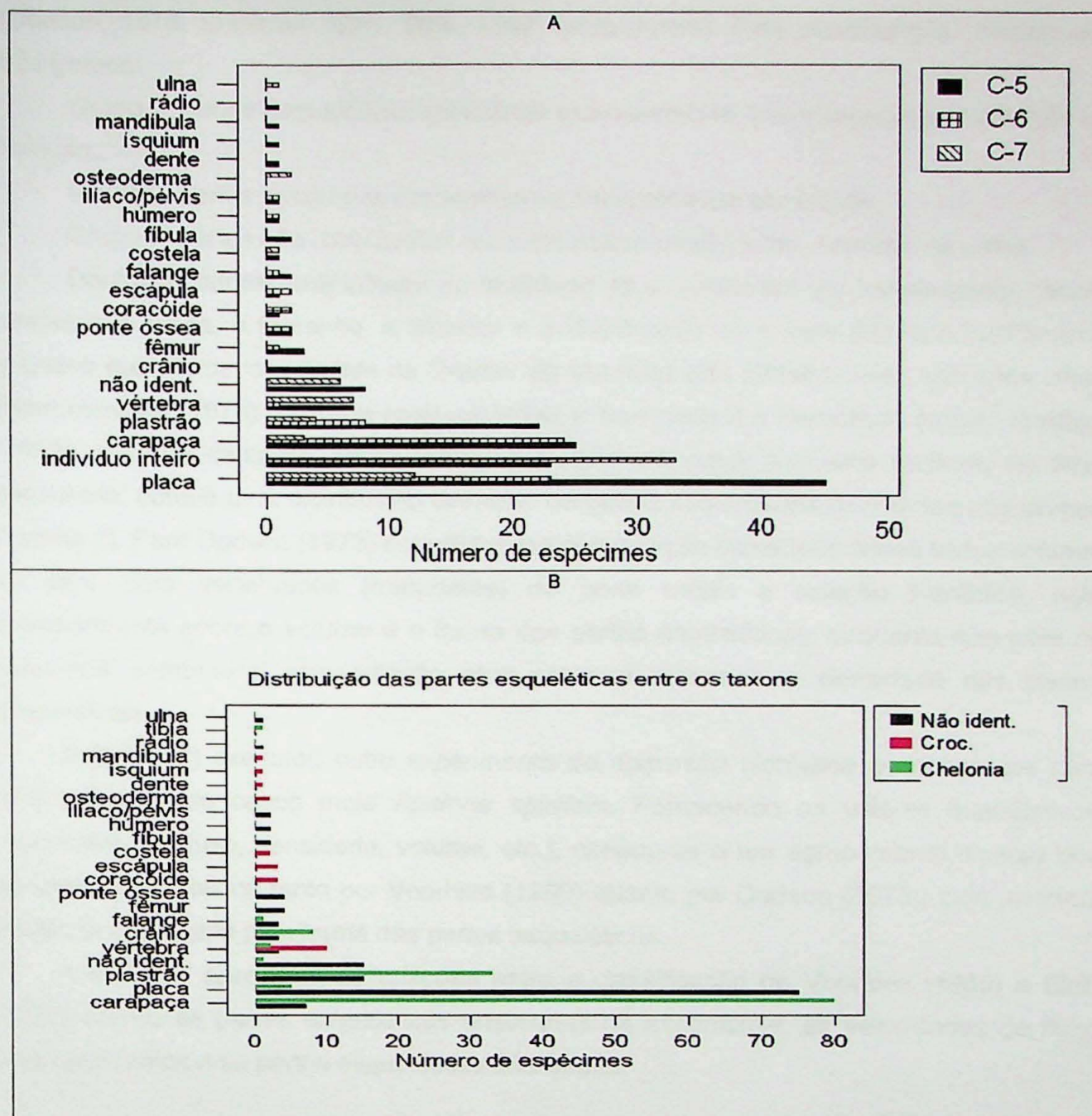


Figura 9: A) Distribuição dos espécimes segundo a parte esquelética mais representativa, por camada fossilífera. B) Distribuição das partes esqueléticas entre os táxons.

### 7.7 Potencial hidráulico da amostragem (Voorhies Group)

Após a morte do indivíduo os restos biológicos passam a sofrer os efeitos da ação do meio ao qual se encontra até a entrada no registro geológico com o soterramento final (Shipman, 1980). Um dos agentes físicos mais comuns responsáveis pela deposição de camadas fossilíferas é a água e considerando as acumulações de vertebrados terrestres, os ambientes fluviais são predominantemente os sistemas de deposição mais atuantes (Behrensmeyer, 1988). Com o fim de caracterizar os processos físicos atuantes na deposição e do soterramento da acumulação, pode-se classificar as partes esqueléticas segundo o potencial hidráulico de transporte (Holz e Simões, 2001). Voorhies (1969), realizando experimentos de dispersão e transporte de partes esqueléticas de mamíferos de grande porte, chegou ao que ficou conhecido na literatura como os “Grupos de Voorhies”



(Dodson, 1973, Shipman, 1981, Blob, 1997, entre outros). Esta classificação consiste em três grupos:

Grupo 1: partes esqueléticas removidas imediatamente, transportadas por saltação ou flotação.

Grupo 2: partes removidas gradualmente, transportadas por tração.

Grupo 3: partes não mobilizadas ou muito pouco mobilizadas, depósito de calha.

Dentre os fatores que influem na facilidade de um osso em ser transportado, cabem destacar, a forma, o tamanho, a simetria e a distribuição de massa (Hanson, 1980) para grandes mamíferos, caso onde os Grupos de Voorhies são perfeitamente aplicados. Para Behrensmeyer (1975) fator que mais influencia o transporte é a densidade óssea. Dodson (1973), submergiu carcaças de um rato, uma rã e um sapo, sob uma corrente de fluxo controlada, obteve uma distribuição diferente de partes esqueléticas dentro dos três grupos (Tabela 2). Para Dodson (1973) esta diferença pela relação densidade óssea *versus* volume, ou seja, para vertebrados (mamíferos) de porte médio a seleção hidráulica, agiu principalmente sobre o volume e a forma das partes esqueléticas, enquanto que para os pequenos vertebrados esta seleção atua sobre a massa e a densidade das partes esqueléticas.

Bob (1997) executou outro experimento de dispersão hidráulica de elementos com uma tartaruga de casco mole *Apalone spinifera*. Fornecendo os valores quantitativos (velocidade do fluxo, densidade, volume, etc.), chegou-se a um agrupamento diverso dos agrupamentos obtidos tanto por Voorhies (1969) quanto por Dodson (1973), cuja principal influência é causada pela forma das partes esqueléticas.

A tabela 2 apresenta as relações entre a classificação de Voorhies (1969) e Blob (1997) quanto às partes esqueléticas analisadas na assembléia, as velocidades de fluxo correspondentes e as partes esqueléticas analisadas.

Classificação para o potencial hidráulico das partes esqueléticas.					
Potencial hidráulico	1	2	3	4	5
Velocidade de Fluxo (cm/s)	10-30	-	30-90	-	90-120
Classificação de Voorhies (1969)	1	-	2	-	3
Descrição	Facilmente transportado	Dispersão variável entre 1 e 2	Capacidade de dispersão intermediária	Dispersão variável entre 2 e 3	Pouco suscetível a transporte
Partes esqueléticas (Blob, 1997)	-	Húmero, mandíbula, rádio, ulna, tibia	Crânio	Escápula-coracóide, fêmur	fíbula
Partes esqueléticas (Voorhies, 1969)	Vértebras, costelas	escápula	Húmero	escápula	mandíbula

**Tabela 2: Características da classificação do potencial hidráulico aplicado para o sítio de Pirapozinho. Somente as partes esqueléticas utilizadas na amostragem foram inseridas na tabela.**

Para auxiliar a avaliação do comportamento do potencial hidráulico registrado no sítio de Pirapozinho utilizou-se histogramas em linha (figura 10A) e gráficos em caixa (*boxplot*, figura 10B) para todas as camadas.



Behrensmeyer (1988), observou que as características que diferenciam os depósitos de canais quanto ao acúmulo de restos de vertebrados está diretamente associado ao modo com que os restos se distribuem na fácies sedimentar (fábrica), e à concordância do depósito fossilífero com a camada litoestratigráfica.

Seguindo a proposta de Behrensmeyer (1991) estão agrupados neste capítulo as feições tafonômicas obtidas com o estudo minucioso do registro das interações do jazido, ou seja, dos litotipos e estruturas de deposição associados, com os espécimes fósseis encontrados. Isto se traduz na análise (caracterização) da distribuição do material fossilífero no volume de rocha. Holz e Barberena (1989) e Holz e Simões (2001) lembram da importância das informações espaciais para a caracterização da origem da acumulação fóssil e sua relação com o evento de deposição sedimentar. Tais feições tafonômicas como orientação preferencial, geometria, dimensão do corpo fossilífero e densidade espacial da acumulação são expostas a seguir para a análise dos dados de afloramento do sítio de Pirapozinho.

## **8.1 Tamanho da Acumulação**

Efremov (1940), foi um dos primeiros a mostrar a utilidade de dados espaciais de fósseis em afloramento e a distribuição dos fósseis na estratigrafia como forma de evidenciar os processos que concentraram e preservaram a assembléia fóssil. Para Holtzman (1979), o tamanho da acumulação também deve ser conhecido para haver uma maior aproximação entre a análise quantitativa da tafocenose amostrada e as estimativas sobre a biocenose de origem.

A necessidade de se conhecer ou pelo menos estimar o tamanho da área por onde se estende o depósito fossilífero é uma evidência que auxilia na interpretação da história tafonômica da assembléia, uma vez que há uma relação entre o tempo de duração dos processos tafonômicos e os processos sedimentares que preservaram o depósito (Behrensmeyer, 1991). Todavia, o levantamento da extensão original do depósito pode ser dificultado devido aos fatores intrínsecos à fácies sedimentares associadas, como a irregularidade geométrica, e extrínsecos como erosão, escavações anteriores ou área de exposição da fácies sedimentar de interesse (Behrensmeyer, 1991).

O tamanho da acumulação (Behrensmeyer, 1991), não pôde ser extraído diretamente, bem como a exploração total das unidades fossilíferas. A informação disponível está no levantamento da seção (figura 3) e do perfil da área amostrada (Anexo 3) e na presença das concentrações em ambos os lados do corte de ferrovia. Dadas as características da fácies sedimentar que controla a acumulação, pode-se afirmar que as extensões dos níveis fossilíferos não ultrapassam a ordem de grandeza de dezenas de metros.



## 8.2 Densidade Espacial

Behrensmeyer (1991) destacou a densidade espacial como uma das mais importantes para o reconhecimento do evento de morte da população e sua relação com o evento de soterramento final. Existe uma distinção entre:

- Eventos catastróficos de mortalidade: onde o ambiente deposicional recebe um aporte maior de restos orgânicos e aumenta a probabilidade da ocorrência de níveis sedimentares mais ricos em bioclastos.
- Regimes de sedimentação onde houve uma taxa de mortalidade esperada (natural) para a população biológica ali existente: uma vez que a entrada de material bioclástico é esporádica e o material passa muito mais tempo exposto antes do soterramento.

Porém, quando a dinâmica deposicional provoca a concentração de bioclastos, a observação de outras feições como baixo número de exemplares identificáveis (devido ao alto arredondamento), e a grande mistura temporal presente denunciam sua origem nas taxas de mortalidade naturais (Behrensmeyer, 1991).

A densidade espacial dos fósseis (Behrensmeyer, 1991) para o sítio de Pirapozinho apresenta um valor médio total como resultante da soma de exemplares e da área total de extensão da amostragem e um segundo quando observadas apenas as áreas das lentes de acumulação.

A densidade espacial dos fósseis (Behrensmeyer, 1991) para o sítio de Pirapozinho apresenta um valor da densidade espacial média de 8,6 espécimes por metro quadrado. Dentro das lentes a camada 1 apresenta uma densidade de até 3,05 e<sub>i</sub>/m<sup>2</sup>, a camada 2 com 84,7 e<sub>i</sub>/m<sup>2</sup> e a camada 3 um valor máximo de 89,8 e<sub>i</sub>/m<sup>2</sup>.

Mesmo com altos valores de densidade, a assembléia não caracteriza uma das acumulações altamente concentrada (*Fossil Lagerstätten*) como descrito por Morgan (1989) e Bell et al. (1989), mas em alguns pontos a concentração de fragmentos atingiu os 300 fragmentos por metro cúbico.

## 8.3 Uniformidade da Acumulação

Esta feição foi proposta por Behrensmeyer (1991) como um dos padrões de arranjo espacial a serem analisados na caracterização tafonômica. Do termo original do inglês, *Patchiness*, para o contexto apresentado, refere-se à uniformidade espacial apresentada pela camada, isto é, a quantidade de hiatos presentes lateralmente ao longo da acumulação. Qualitativamente pode variar de totalmente descontínuo a francamente uniforme. A autora ainda sugeriu que uma análise quantitativa pode ser expressa pelo coeficiente de variação do número de ossos presentes por unidade de área.

Shotwell (1981), observou que os agentes de concentração de bioclastos geram formas de distribuição características que podem ser recuperadas com o mapeamento da distribuição dos fósseis no sedimento.



As concentrações dispõem-se em corpos lenticulares dentro das camadas de argila maciça (Anexo 3). Estas lentes distribuem-se regularmente em intervalo médio de vinte e cinco metros. Cada lente apresenta um comprimento médio de sete metros ao longo do corte explorado (direção Norte – Sul), lateralmente esta medida varia até quinze metros nas cinco amostragens.

## 8.4 Empacotamento

Nesta seção será abordada uma caracterização do modo de disposição dos bioclastos na matriz sedimentar. Foi chamado aqui de empacotamento o conjunto de características que definem o modo como os espécimes fósseis se dispõem em relação às camadas, em sedimentologia isto é chamado de fábrica, biofábrica ou ainda, em outras palavras, do modo de arranjo espacial dos bioclastos (Mial, 1990). Estas feições foram abordadas seguindo os conceitos utilizados por Efremov (1940) e Shotwell (1955). Também foi um caráter de classificação da acumulação, como proposto por Seilacher (1970).

Munthe & Macleod (1975) citaram a orientação de crânios e ossos longos como item essencial para uma caracterização tafonômica de uma acumulação de vertebrados fósseis. E com o mesmo objetivo, Kidwell *et al.* (1986) utilizaram a orientação espacial dos bioclastos como feição de descrição de biofábrica na classificação das concentrações fossilíferas.

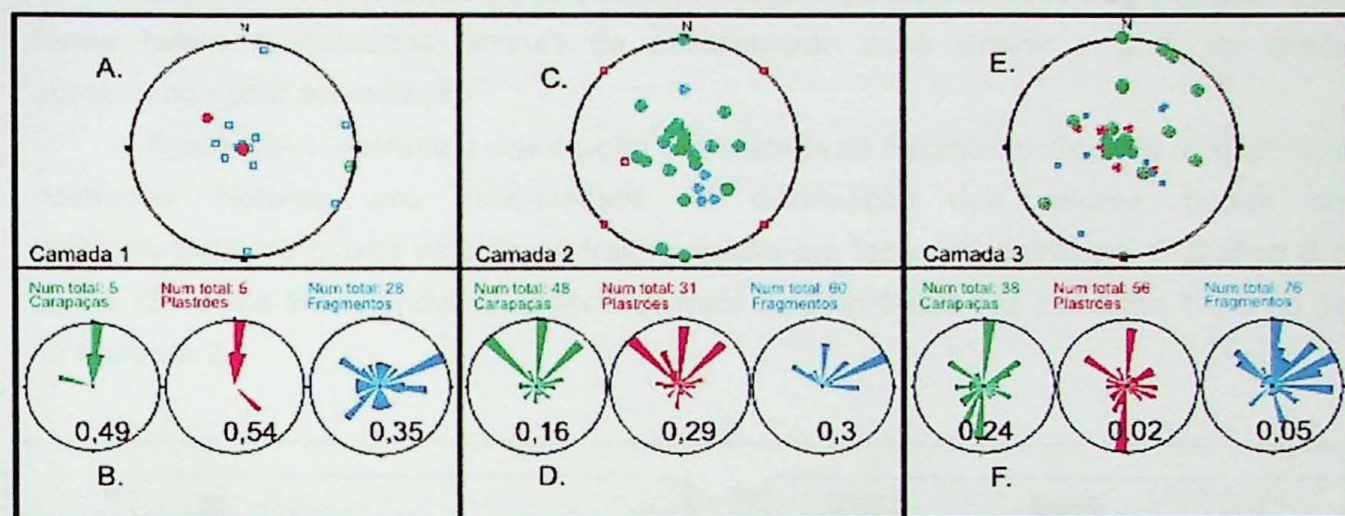
Trabalhos como de Voorhies (1969), Fiorillo (1988) e Brand *et al.* (2000) utilizaram o diagrama estereográfico polar como elemento gráfico de auxílio à análise do volume dos dados de orientação espacial.

O principal resultado da análise desta feição é quantificar e qualificar a influência do transporte sedimentar sobre a acumulação fóssil. Como fora visto na seção 6.7 *Potencial hidráulico da amostragem*, determinadas intensidades de regime de fluxo podem levar a seleção por transporte de partes esqueléticas e a conseqüente desarticulação da carcaça depositada no ambiente. Após o transporte, os bioclastos são depositados de forma orientada segundo a condição hidrodinâmica de menor área de atrito com a água e os materiais em suspensão. Weigelt (1927) observou que carcaças inteiras de crocodilos e peixes possuíam uma tendência de serem depositados ortogonalmente ao sentido do fluxo que promoveu o transporte.

Em todos os estereogramas polares observou-se um amplo domínio de espécimes concordantes com o acamamento (pontos próximo do centro nos diagramas A, C e E da figura 11). Os espécimes inclinados (em torno dos 45 graus) apresentam uma disposição segundo o rumo do mergulho NE - SW, muito bem marcado na camada 3 (diagrama E da Figura 11). A camada 2 (diagrama C da Figura 11) apresenta uma disposição menos marcante para os espécimes inclinados, porém também é possível notar uma tendência de orientação também para NE. Em todas as camadas os espécimes verticalizados apresentam-se segundo Norte ou Sul. A alta densidade de bioclastos em contato é marcada pela ampla distribuição de direções de baixa freqüência (rosetas D e F da figura 11). As



rosetas D e F da figura 11 mostram uma coicidência entre as direções dos plastrões e carapaças devido ao embricamento de bioclastos presente na camada 2, distribuído em NW, N e NE, e na camada 3 preferencialmente em N-S. Em todas as camadas os demais bioclastos estão orientados segundo NE. A camada 1 apresentou um baixo número amostral (diagramas A e B da Figura 11) mas apresentam maior semelhança aos da camada 3. Todos os índices  $k$  (diagramas B, D, E da figura 11) mostraram-se abaixo de 0.5, que demonstra que a assembléia está orientada segundo planos de distribuição, ou girlandas. A queda dos valores de  $k$  em direção à camada superior também demonstram o aumento da tendência numa distribuição unidirecional ascendente na estratigrafia.



**Figura 11: Diagramas estereográficos polares (projeção Schmidt em hemisfério superior) para a camada 1 (A, n= 38), camada 2 (C, n= 139) e camada 3 (E, n= 170). Diagramas em roseta d os espécimes coletados em Pirapozinho separados em carapaças, plastrões e fragmentos (inclui partes esqueléticas desarticuladas) para a camada 1 (B), camada 2 (D) e camda 3 (F). O índice dentro das rosetas refere-se ao valor  $k$  de Woodcock para forma da biofábrica.**

## 9 Modificação óssea

Quando os restos biológicos ficam entregues ao meio físico diversos agentes de processos geológicos ou biológicos passam a interagir com a carcaça a partir da morte do indivíduo. Estes agentes biológicos podem ser desde de predadores (que também podem ser os agentes da causa de morte), necrófagos e até manadas em trânsito quando a carcaça está em exposição subaérea. Ainda nesta categoria entram os decompositores que promovem a dissolução bioquímica dos restos quando soterrados. Os agentes geológicos se resumem aos atuantes nos elementos arquitetônicos do ambiente de sedimentação no qual a carcaça foi exposta durante o transporte e perdura até o evento de soterramento final.

A cada um desses agentes pode-se associar um padrão de novas características impressas nos restos esqueléticos, seja na forma de entalhes, em alterações na textura da superfície ou ainda na forma e local de quebra de determinadas partes esqueléticas.

Neste capítulo serão examinados os diferentes padrões existentes na modificação óssea da assembléia fóssil do sítio de Pirapozinho.



## 9.1 Quebra

Na quelônio-fauna de Pirapozinho podem ser observados dois padrões de quebra distintos. Reif (1971) discutiu esta distinção de padrões e como identificá-los. O padrão de quebra diagenético é uma delas e será abordada adequadamente no capítulo 11.1 - *Diagênese*. O segundo padrão é típico produto de ação do ambiente sobre a carcaça. Os ossos longos apresentam superfícies de quebra angulosas e irregulares, placas quebraram-se na sutura óssea em sua maioria. As ocorrências de quebra na região mediana da placa são retilíneas de superfície serrilhada (foto 2 Prancha 1)

Quantifica-se esta feição a partir da porcentagem da área de osso fragmentado. Desta forma foram classificadas classes de porcentagem para avaliar o grau de quebra apresentado pela acumulação.

A figura 12A apresenta a distribuição das classes de fragmentação para os espécimes coletados. Nota-se uma bimodalidade na distribuição dos valores, porém com predominância de baixos valores de fragmentação em todas as camadas. O gráfico B da figura 12, revela a existência de espécimes mais fragmentados nas camadas 1 e 3 do que na camada 2.

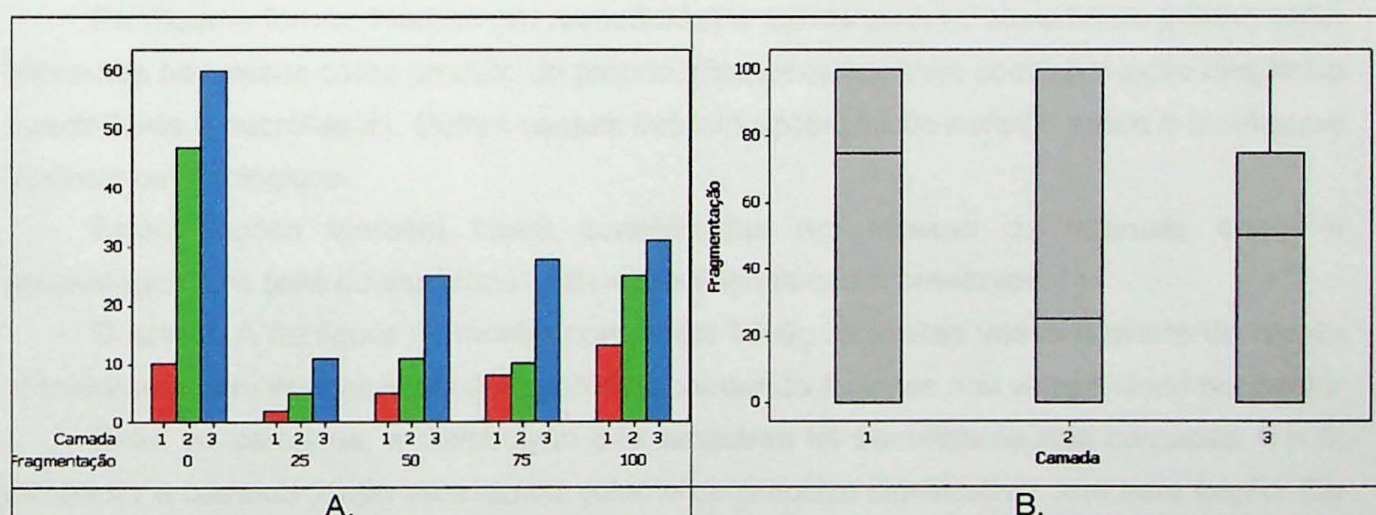


Figura 12: A) histograma das classes de fragmentação (em números absolutos) por camada fossilífera. B) Gráficos em caixa das classes de fragmentação para cada camada fossilífera.

## 9.2 Intemperismo

Quando a carcaça animal encontra-se em exposição subaérea, seus ossos passam a sofrer alterações químicas e físicas devido aos processos pedológicos e superficiais próprio do ambiente local. A estes processos de ação do tempo sobre o material biogênico, chamamos de intemperismo, e suas feições registradas no material fóssil, de marcas de intemperismo.

Behrensmeyer (1978) descreveu um estudo sistemático das alterações provocadas pelo intemperismo sobre ossos para fins paleontológicos em restos de mamíferos recentes



na região da bacia Amboseli, Kenia. A autora classificou os efeitos do intemperismo ao longo do tempo em seis estágios arbitrários distintos.

São quase ausentes as marcas de intemperismo de tal maneira que utilizando a classificação proposta por Behrensmeyer (1978), a assembléia pode ser toda agrupada no estágio 1, o que equivale à fase incipiente ou ausente de efeitos do intemperismo. A exceção está nos fósseis que apresentam o estágio três de intemperismo provocado pela exposição atual do afloramento.

### **9.3 Abrasão, fissuras e outras marcas superficiais**

A abrasão é o desgaste do bioclasto sofrido por meios mecânicos. Frequentemente associado como produto de transporte e retrabalhamento, esta feição pode ainda evidenciar efeitos intempéricos, biogênicos (e. g. pisoteio), antropogênicos, e ainda pós-deposicionais (Behrensmeyer, 1991). São observadas as alterações na textura da superfície do osso, como perda de brilho, polimento ou ainda padrões de riscos. Num estágio mais avançado de abrasão, ou seja, sujeito a movimento em meios de maior coeficiente de atrito, observa-se o desgaste e conseqüente perda de processos ou estruturas puntiformes (Behrensmeyer, 1991).

Da mesma forma, fissuras (ou rachaduras) e outras marcas superficiais podem estar presentes nos ossos como produto do próprio intemperismo, bem como por ação biogênica (predadores e necrófagos). Outras causas incluem aplicação de esforço sobre o bioclasto e fenômenos patológicos.

Estas feições também foram quantificadas em classes de intervalo sobre a porcentagem em área do espécime onde estas feições estão presentes.

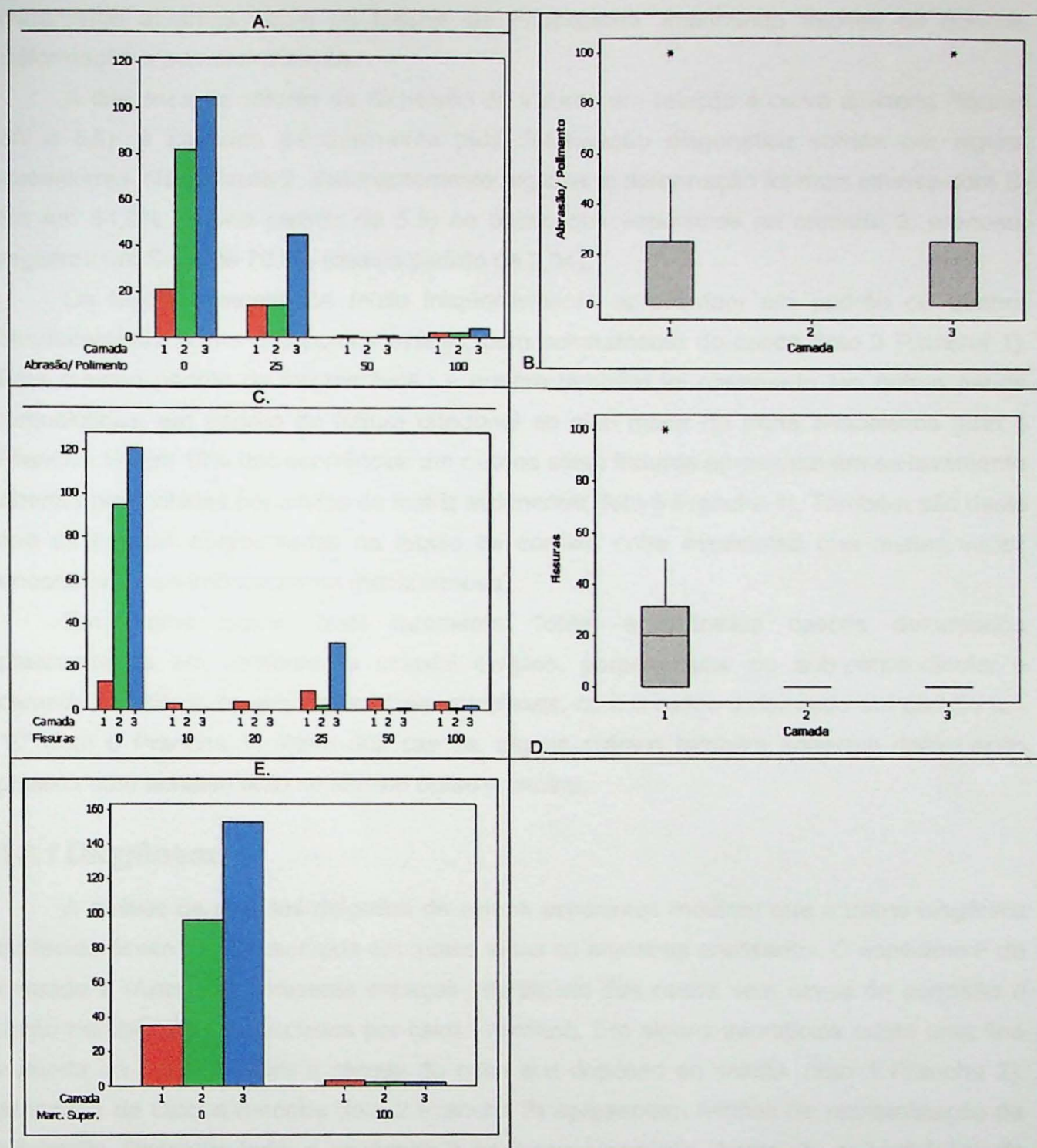
O gráfico A da figura 13 mostra como esta feição foi muitas vezes ausente dentro da amostragem com apenas parte das amostras chegando à classe dos vinte e cinco por cento.

Entre as camadas, a distribuição das amostras foi semelhante nas camadas 1 e 3, enquanto a camada 2 não apresentou volume de amostra significativo com esta feição. Os espécimes que apresentaram alto grau de abrasão destacam-se na análise como pontos discrepantes da amostragem (figura 13B).

A figura 13C mostra como a presença de fissuras é pouco freqüente na amostragem total e sua intensidade é baixa. A feição é ausente na camada 2 e mais da metade das ocorrências nas outras camadas estudadas concentram-se abaixo dos 25 por cento de área ocupada por fissuras (figura 13D).

Quase não houve marcas superficiais na amostragem (gráfico E da figura 13), porém foram registradas em todas as camadas a ocorrência de poucos espécimes com a superfície totalmente alterada.





**Figura 13:** Gráficos da análise de abrasão, fissuras e marcas superficiais em porcentagem de área presente. A) Gráfico de barras das classes de abrasão por camada fossilífera. B) Gráfico em caixa das classes de abrasão por camada fossilífera. C) Gráfico de barras das classes de fissuras por camada fossilífera. D) Gráfico em caixa das classes de fissuras por camada fossilífera. E) Gráfico de barras das classes de marcas superficiais por camada fossilífera.

## 10 Alterações Químicas

Macroscopicamente, os espécimes não apresentaram feições de corrosão, dissolução ou outro tipo de alteração química expressiva. Porém processos diagenéticos foram



claramente atuantes sobre os fósseis de Pirapozinho, imprimindo feições de quebra, deformação e permineralização.

A diferença de valores de dispersão de valores em relação à curva ajustada (figuras 5A e 6A), é causada principalmente pela deformação diagenética sofrida por alguns exemplares. Na camada 2, predominantemente argilosa, a deformação foi mais intensa com S-Rq em 61,9% (desvio padrão de 5,5) ao passo que espécimes na camada 3, arenosa, registrou um S-Rq de 76,8% (desvio padrão de 2,04).

Os fósseis amostrados muito freqüentemente apresentam um padrão de quebra imediatamente acima das pontes ósseas, com achatamento do casco (foto 3 Prancha 1). Este mesmo padrão de fragmentação e quebra também foi observado em outras partes esqueléticas, em padrão de fratura ortogonal ao eixo maior da parte esquelética (foto 4 Prancha 1). Em 18% das ocorrências em cascos estas fraturas apresentavam-se levemente abertas preenchidas por argilas da matriz sedimentar (foto 5 Prancha 1). Também são deste tipo as fraturas apresentadas na região de contato entre espécimes que muitas vezes encontravam-se imbricados na matriz lamosa.

Em outros casos, mais raramente, foram encontrados cascos deformados plasticamente em compressão uniaxial simples, perpendicular ou sub-perpendicular a camada fossilífera, ou em formas mais complexas, com o casco deformado em padrão em “S” (foto 6 Prancha 1). Além dos cascos, alguns crânios também sofreram deformação plástica com achatamento no sentido dorso – ventral.

### **10.1 Diagênese**

A análise de secções delgadas de alguns espécimes mostrou que a trama biogênica do tecido ósseo está preservada em quase todas as amostras analisadas. O espécime F da camada 2 (Anexo 3) apresenta espaços intersticiais dos ossos sem sinais de corrosão e estão parcialmente preenchidos por calcita micrítica. Em alguns interstícios existe uma fina camada de goethita entre a parede do osso e o depósito de calcita. (foto 1 Prancha 2). Amostras de crocodilomorfos (foto 2 Prancha 2) apresentam feições de recristalização da bioapatita. Por outro lado, o espécime 2 da mesma camada (Anexo 3), exibe feições de corrosão e, adicionalmente, fragmentos da parede óssea espalhados no preenchimento calcítico (foto 3 Prancha 2).

Em imagens geradas em MEV por RE, foi observada a presença do fosfato de terras raras, Gorceixita, descrito no trabalho de Coutinho et al (1999), como mineral de alteração da apatita biogênica (foto 4 Prancha 2). Apenas o grupo de amostras fragmentadas e desarticuladas apresentou esta fase de alteração.

Todas as amostras analisadas em MEV por ES não apresentaram bordas corroídas ou irregulares, variação na composição catiônica nos contatos ou outros indícios de trocas químicas entre a apatita biogênica e a calcita presente nos interstícios (foto 5 Prancha 2).



## 11 Discussão dos Resultados

Sinteticamente, pode-se resumir os resultados da análise tafonômica através do tafograma de Behrensmeyer (1991) apresentado na figura 14.

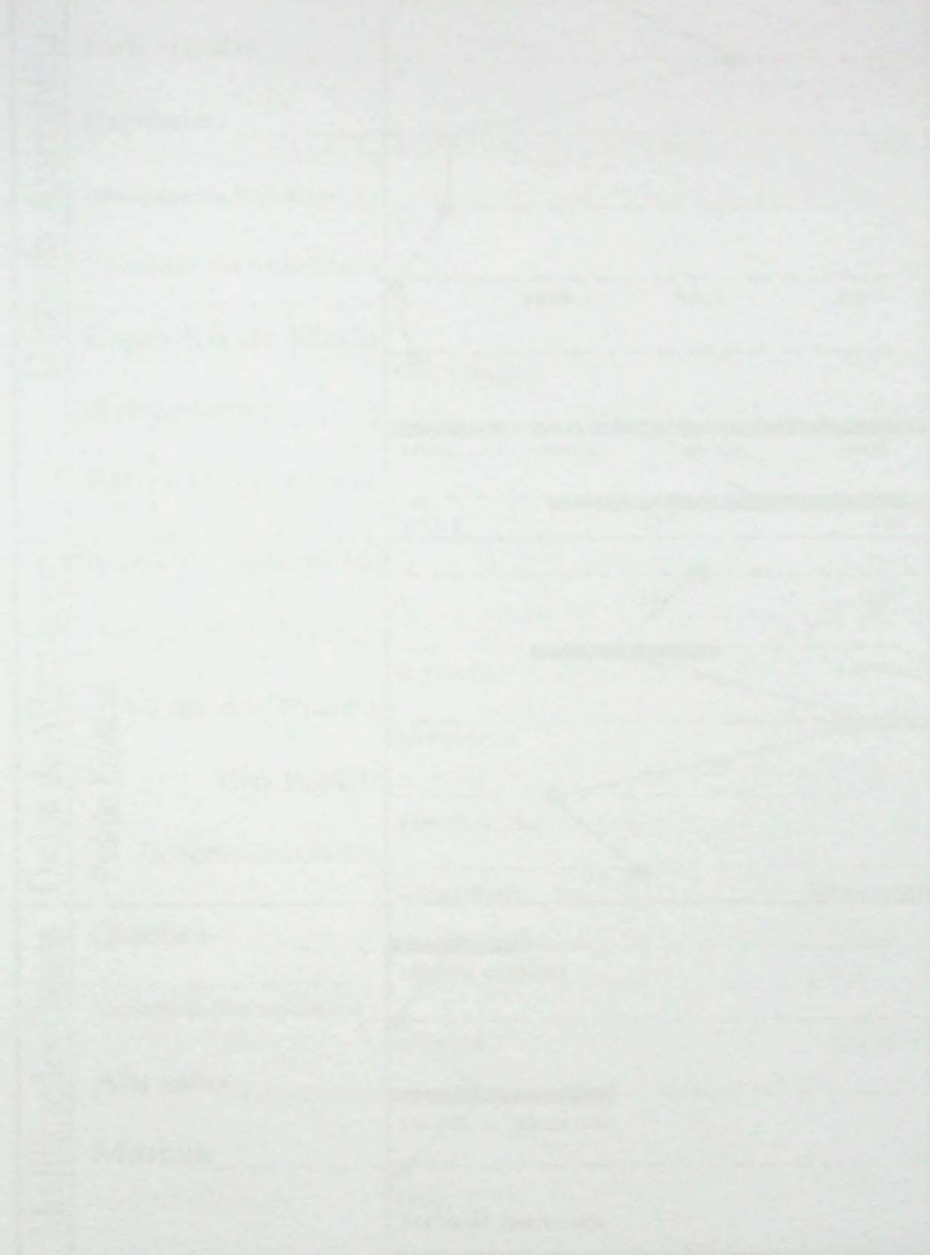


Figura 14. Diagrama tafonômico de Behrensmeyer (1991) para a análise da fauna de Pirapozinho.

### Introdução

O trabalho apresenta resultados de uma pesquisa tafonômica realizada em Pirapozinho, SP, com o objetivo de avaliar a preservação das espécies da fauna de Pirapozinho.

Os dados da pesquisa foram analisados por meio do Índice de preservação (IP) e do Índice de preservação em fragmentos (IPF). Os resultados mostram que a maioria das espécies da fauna de Pirapozinho está preservada em fragmentos, o que indica uma baixa taxa de preservação.

### Tafonomia da fauna de Pirapozinho

Resultados da análise tafonômica por meio do Índice de preservação.



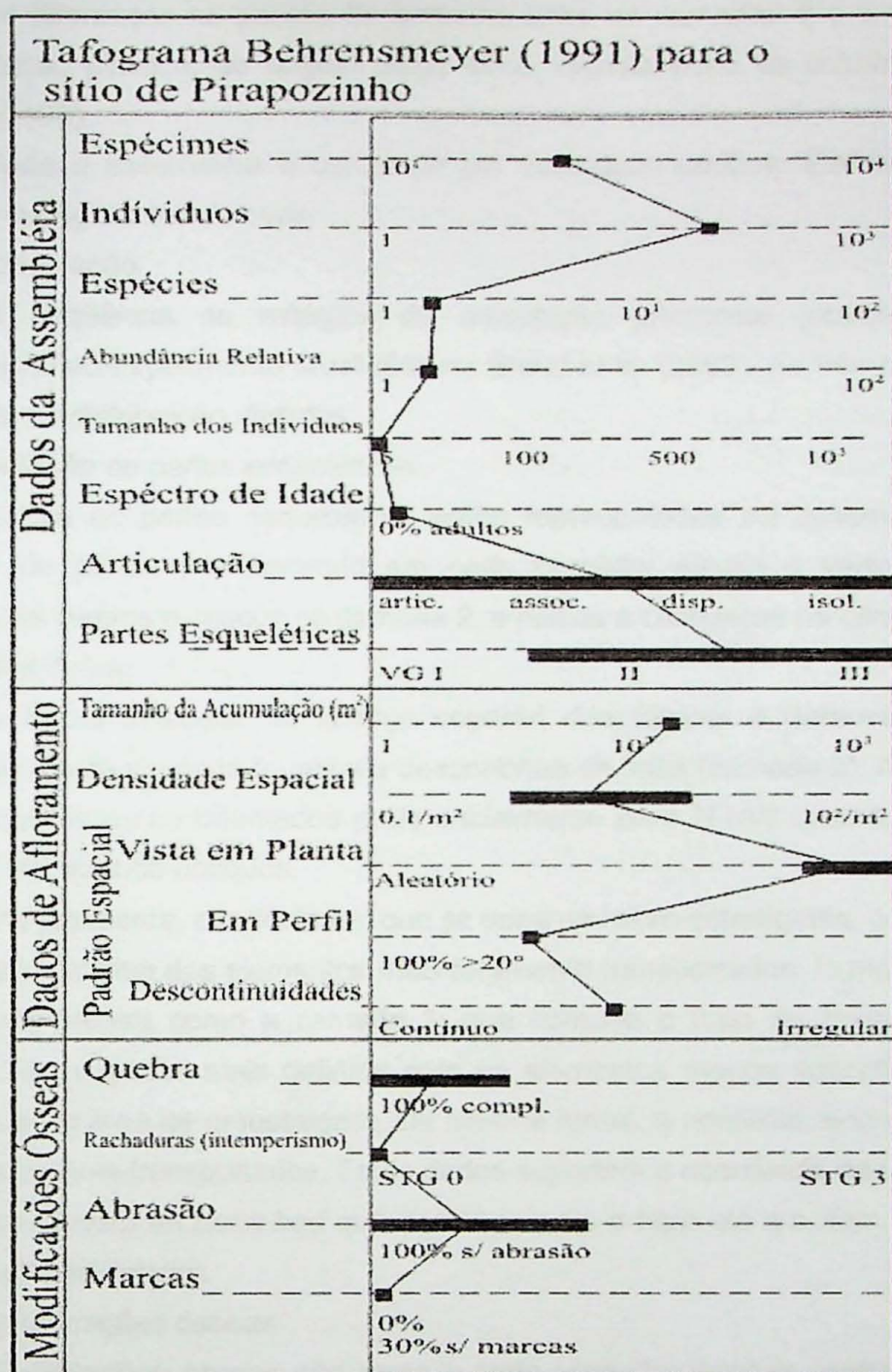


Figura 14: Diagrama apresentando os resultados da análise tafonômica do sítio Pirapozinho.

#### Diversidade

O sítio de Pirapozinho compõe-se de uma assembléia predominantemente monoespecífica de tartarugas de água doce e um reduzido número de táxons subordinados.

Os índices de contagem enviesados (NISP, MNI, XNI) demonstram como outras feições (e.g. grau de articulação) presentes inserem um efeito nocivo sobre os resultados. O uso do WAE revelou uma quantidade de espécimes próximos da quantidade de amostras coletadas.

#### Tamanho dos bioclastos

A seleção de tamanho é ausente em todas as camadas.



As diferenças no padrão de tamanho entre as camadas 2 e 3 estão relacionadas à deformação plástica, de origem diagenética, distinta entre os substratos argiloso (C2) e arenoso (C3).

Toda a assembléia é composta por indivíduos adultos. Excetua-se duas formas juvenis e fragmentos de ovos.

#### Articulação

A sequência de estágios de articulação presentes (observação empírica) se assemelha ao experimento atualístico de Brand et al. (2003). As três camadas apresentam padrões de distribuição distintos.

#### Seleção de partes esqueléticas

Todas as partes esqueléticas estão representadas na assembléia com diferentes grupos de partes prevalecendo em cada camada: placas e vértebras na camada 1, indivíduos inteiros e cascos na camada 2, e placas e carapaças na camada 3.

#### Biofábrica

A forma lenticular do arranjo espacial dos fósseis é determinante da densidade espacial e está ajustada à unidade descontínua de finos (camada 2). Adicionalmente, todos os bioclastos estão orientados preferencialmente para N-NW quando horizontalizados ou para N-NE quando oblíquos.

Verticalmente, a medida em que se sobe na micro-estratigrafia, ocorre um aumento na proporção relativa dos elementos mais facilmente transportados. O modelo de superfície de tendência mostra como a camada 3, que compõe o topo do *bone-bed* apresenta uma distribuição espacial mais definida com os elementos menos suscetíveis ao transporte a sudoeste da área de amostragem. Da mesma forma, a nordeste, encontra-se os elementos mais facilmente transportados. Estes dados suportam a ocorrência de uma variação no fluxo hidráulico dentro do *bone-bed* que decresce para o topo até a ordem de 30 cm/s (classe 2 de transportabilidade).

#### Modificações ósseas

Modificações ósseas são raras e cada uma das feições está relacionada a grupos diferentes de espécimes.

Microscopicamente, alguns fósseis apresentaram evidências de corrosão e fragmentação interna.

#### Diagênese

Apenas uma fração dos espécimes apresentaram feições de recristalização da bioapatita. Os minerais secundários presentes apresentam-se como produto da circulação de águas superficiais, e apenas a cristalização de goethita é produto de alteração direta dos bioclastos.

#### Outras observações

Weiglt (1929) relatou que a presença do arco hióide articulado ao esqueleto é uma evidência de existência de tecido mole (ligamentos) durante o soterramento final. Existe um



padrão de disposição do esqueleto nos indivíduos completos determinado pela postura recolhida dos membros e pescoço (foto 7 Prancha 1) de forma que o crânio apenas se projeta levemente para fora, muito raramente com as vértebras à mostra.

Os restos de crocodilomorfos encontrados possuíam sempre a escápula coracóide articulada e próxima às vértebras torácica ou cervical. Estas vértebras, por sua vez, encontravam-se fortemente alinhadas e ordenadas segundo a disposição na qual se encontra num exemplar articulado. Esta disposição sugere uma pequena movimentação dos elementos esqueléticos da posição de morte do indivíduo.

Elementos ósseos da ordem de milímetros foram encontrados na parte distal da fácies argilosa (camada 1), notadamente dentes e espinhas fragmentadas de peixes dipnóicos.

A diversidade de atributos presentes em algumas feições, como na articulação, no potencial hidráulico e nas modificações ósseas apontam para mais de uma fonte de origem dos bioclastos e de processos tafonômicos atuando de forma heterogênea.

As sobreposições de feições (palimpsestos) indicam a existência de diferentes agentes atuando na formação do depósito fossilífero. Este fenômeno também indica a existência de misturas temporal e espacial dentro no sítio de Pirapozinho.

## 12 Mistura temporal (*time averaging*)

Neste capítulo serão abordadas as principais evidências para a proveniência do depósito fossilífero com base nos principais modelos de acumulação fossilífera, mistura temporal e regime sedimentar em ambientes continentais.

Apoiando-se nas soluções apresentadas em Rogers, 1993 e Varrichio, 1995, optou-se na análise das feições tafonômicas para a determinação relativa da mistura temporal envolvida na assembléia fossilífera.

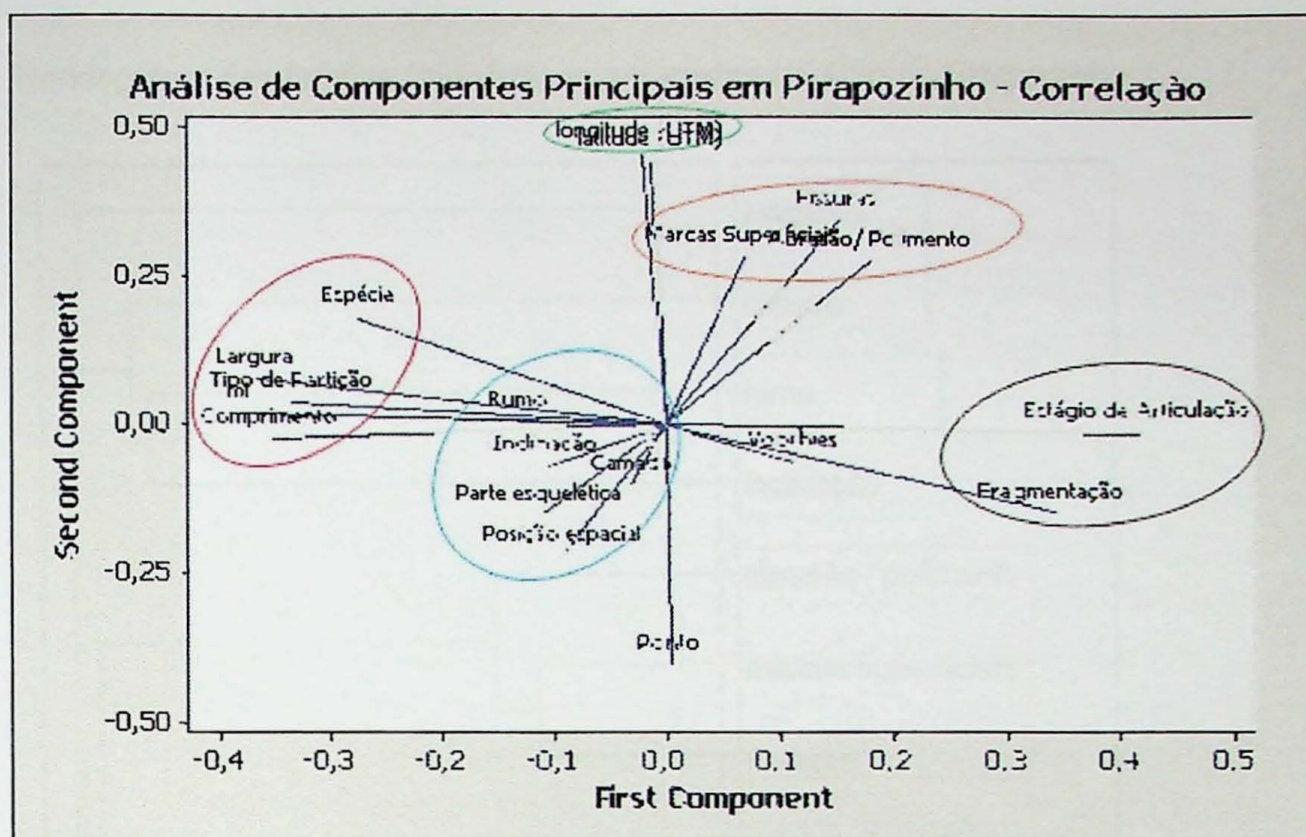
Dentro destas premissas, foram escolhidas algumas ferramentas estatísticas que auxiliaram o entendimento global dos dados. Primeiramente foi realizada a análise de regressão múltipla envolvendo todas as feições de modo a explicar a variável resposta, a porcentagem de partes esqueléticas presentes em cada indivíduo (mi).

O resultado desta parametrização foi uma equação, envolvendo todas as variáveis, que foi capaz de explicar 82,8 por cento da assembléia.

Este resultado mostra a existência de alta correlação entre todas as feições tafonômicas.

Através da correlação de variáveis, é possível agrupar as feições por comportamento semelhante utilizando a análise de componentes principais (ACP). A figura 15 traz a distribuição das feições segundo a 1ª e 2ª componentes em um nível de significância (a partir dos autovalores) acima de 95 por cento sobre a amostra.



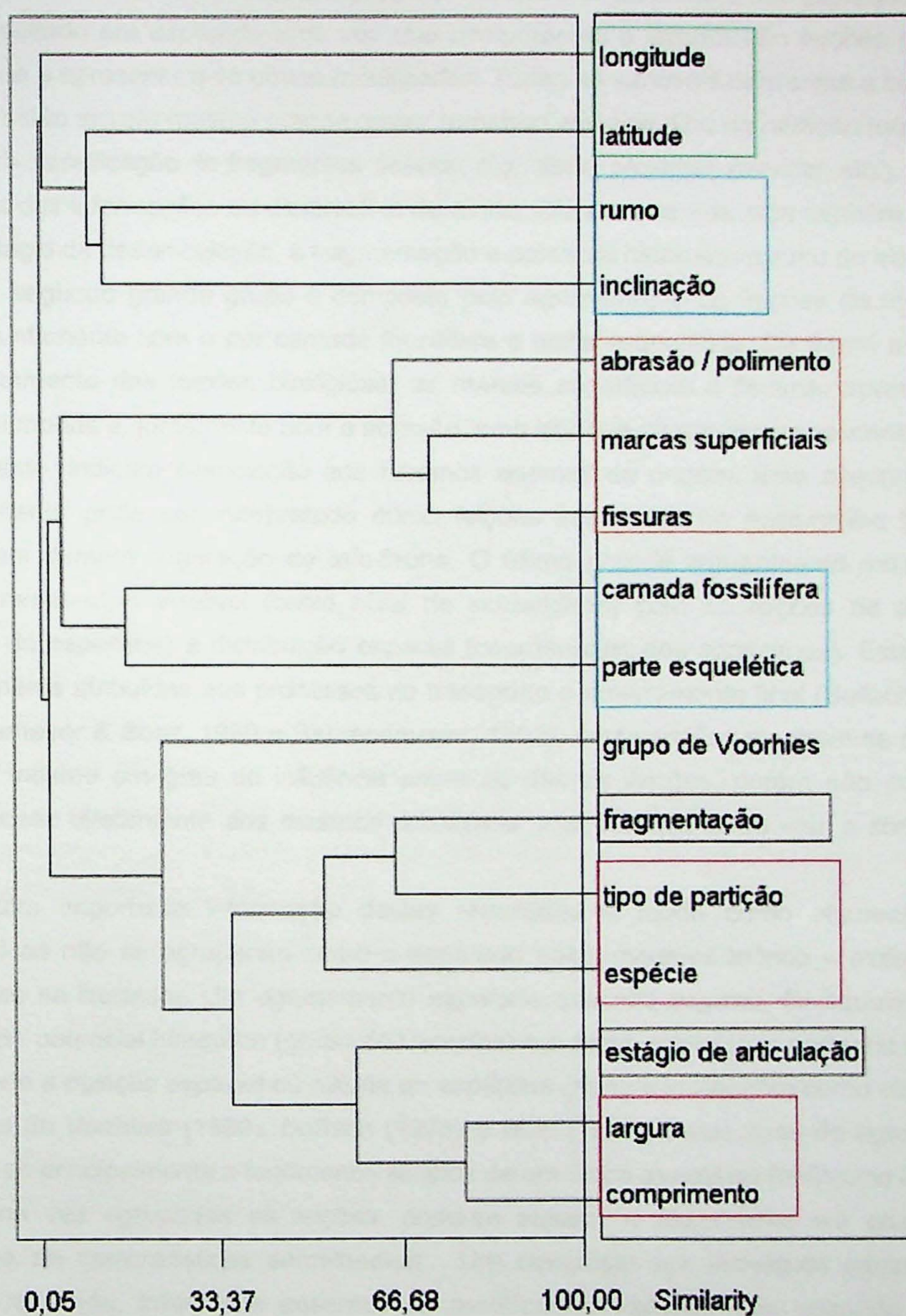


**Figura 15: Análise de Componentes Principais P1XP2 das feições analisadas e agrupamentos interpretados.**

Esta forma de agrupamento foi complementada pela análise de agrupamento hierárquico de variáveis (AHV) a partir de um nível de similaridade de 50 por cento. O dendograma foi construído utilizando-se as correlações absolutas a fim de evitar distorções. Optou-se também em conectar os agrupamentos pelo método do vizinho mais distante (*furthest neighbor*). A figura 16 exhibe o resultado gráfico da análise de agrupamentos.



## Dendograma das feições tafonômicas estudadas no sítio de Pirapozinho



**Figura 16:** Dendograma das feições tafonômicas estudadas mostrando as relações de proximidade de comportamento para as feições analisadas. Os quadros coloridos referem-se aos agrupamentos obtidos na (PCA).



A primeira observação a ser feita é a forma como as variáveis distribuem-se em 3 grandes grupos. A segunda observação deve ser feita a partir dos agrupamentos menores pareados com alta similaridade. É o caso das medidas de tamanho e das alterações ósseas. Este resultado era esperado uma vez que comprimento e largura são feições puramente biológicas e apresentam-se pouco modificados. Todas as variáveis referentes a biologia dos fósseis estão em um mesmo grande grupo: tamanho, espécie, tipo de partição (aqui definido para sub-classificação de fragmentos ósseos, e.g. distal, proximal, cervical, etc.). Indicando tratar-se das informações da assembléia de morte. Observa-se que nela também agrupam-se o estágio de desarticulação, a fragmentação e potencial hidráulico (grupo de Voorhies).

O segundo grande grupo é composto pelo agrupamento de feições de modificação óssea juntamente com o par camada fossilífera e parte esquelética. De forma análoga ao comportamento das feições biológicas, as marcas superficiais e fissuras apresentam-se correlacionadas e, juntamente com a abrasão, uma vez que atuam nos espécimes de forma semelhante, indicam associação aos mesmos agentes de origem. Este segundo grande agrupamento pode ser interpretado como feições impressas na assembléia fóssil que ocorreram durante a geração da tafo-fauna. O último grande agrupamento mostrou-se o relativamente mais instável (baixo nível de similaridade) com as feições de orientação (atitude do espécime) e distribuição espacial (coordenadas dos espécimes). Estas feições normalmente atribuídas aos processos de transporte e soterramento final (Seilacher, 1970, Behrensmeyer & Boaz, 1980 e Behrensmeyer, 1992), nesta análise mostram-se realmente em um mesmo grau de influência sobre as demais feições, porém não podem ser relacionadas diretamente aos mesmos processos uma vez que entre elas a correlação é baixa.

Outra importante informação destes resultados é modo como algumas feições tafonômicas não se agruparam como o esperado pelos modelos teórico – experimentais existentes na literatura. Um agrupamento esperado que não ocorreu, foi aquele entre as feições de potencial hidráulico (grupo de Voorhies) e a parte esquelética podendo ainda ser adicionado a posição espacial ou atitude do espécime (rumo e inclinação) como obtidos nos trabalhos de Voorhies (1969), Dodson (1973) e Blob (1997). Estes tipos de agrupamento referem-se principalmente a fenômenos simples de um único agente ou fenômeno estudado.

Uma vez agrupadas as feições, pode-se separar a assembléia em grupos com conjuntos de características semelhantes. Um composto por indivíduos inteiros numa postura recolhida, totalmente ausentes de modificações ósseas. Um segundo grupo é representado por cascos vazios inteiros a parcialmente fragmentados onde a abrasão é totalmente ausente. O terceiro grupo é formado de espécimes com níveis altos a intermediários de abrasão que por sua vez são encontrados quase que exclusivamente francamente desarticulados.

Diante destes dados, houve a mistura temporal (Graham, 1993) de pré-soterramento de três populações bioestatisticamente distintas. Estes três grupos são totalmente



anácronos com o primeiro grupo (G1) representando indivíduos mortos a poucas semanas do evento de soterramento final. Antagonicamente, o grupo três (G3) é tipicamente produzido em depósitos de planície de inundação, onde premaneceram por mais tempo na zona tafonômica ativa (TAZ), como observado nos espécimes dos trabalhos de Price (1956), Langer e Bertini, 1995 e Brand, 2000. Sobre o grupo dois (G2) pouco pode-se falar quanto ao tempo pois podem ter origem em sedimentos retrabalhados de barras.

Em termos de taxa de sedimentação e tempo de permanência na TAZ, cada um dos grupos seguiu uma trajetória distinta do diagrama DFB/  $\beta$  versus TAZ/  $\beta$  de Olszewski (2004) como ilustrado na figura 17.

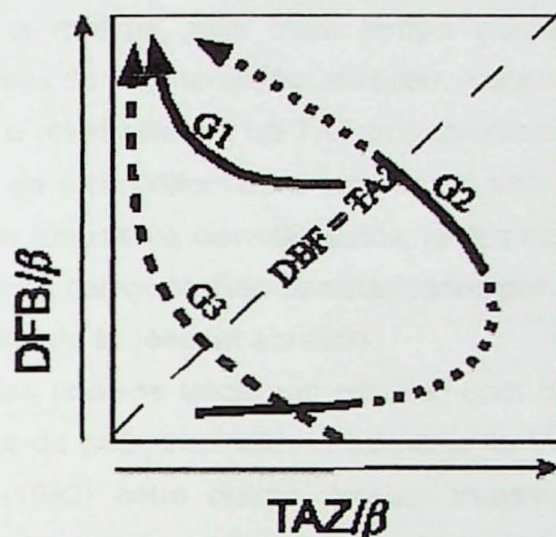


Figura 17: Diagrama de taxa de soterramento (DFB/  $\beta$ ) versus permanência na zona tafonômica ativa TAZ/  $\beta$  e as trajetórias de cada um dos grupos faunísticos que compõem a Assembléia de Pirapozinho. Linha contínua = trajetória inferida. Linha pontilhada = trajetória interpretada.

Na figura 17 tem-se o G1 como a parte da assembléia de morte incorporada ao substrato diretamente do ambiente de vida. G2 sofreu uma ação preliminar de processos na TAZ, e num segundo momento foi incorporado à zona de soterramento final através de novos processos de transporte. G3 passou por um processo contínuo de exposição que terminou na mesma fase de soterramento que os outros grupos.

### 13 Considerações Finais

O sítio paleontológico de Pirapozinho constitui-se de uma assembléia de vertebrados de baixa diversidade faunística. A concentração anômala encontrada pode ser explicada através de uma série de eventos climáticos e ambientais que inicialmente trabalharam os bioclastos de maneira distinta ao mesmo tempo que espécimes ainda vivos eram concentrados ecologicamente e posteriormente aglutinaram estes restos animais durante o evento de soterramento.

Desta forma foram encontrados as seguintes populações com história tafonômica distinta:



Carcaças de tartarugas completas ou semi-completas expostas a um período de seca concentradas em leitos lamosos. Após o soterramento final, os animais necrólicos ali existentes foram os responsáveis pela construção dos icnofósseis de escape observados. Compõem os bioclastos menos transportados. As evidências que suportam esta interpretação estão nos exemplares em estágio de articulação 1 ou 2 que apresentam baixa seleção hidráulica, formam a base dos icnofósseis e apresentam feições de dessecação de partes moles como postura recolhida dos membros apendiculares e perda de mandíbula antes do arco hióide Weigelt (1927).

Depósitos de canais fluviais (*channel lag*) apresentados pelos restos de peixes e tartarugas preservados. É o material que mais tempo permaneceu na TAZ sendo caracterizado pelos altos índices de fragmentação, abrasão, e desarticulação.

Espécimes exumados e retrabalhados na TAZ nos eventos associados à deposição final da assembléia. Restos de crocolidiformes e cascos de tartarugas vazios são típicos desta categoria, porém restos totalmente desarticulados, restos de ovos e tartarugas semi-completas também entram nesta categoria. São caracterizados por apresentarem baixo grau de fragmentação, e ocorrências de feições de abrasão.

Observando estes dados pode-se traçar um paralelo com os estudos ecológicos da fauna recente, principalmente de podocnemídeos e caimans da Venezuela, estudados por Marcellini (1979), Iverson (1982) entre outros. Nestes trabalhos são relatados como tartarugas e crocodilos tentem a se concentrar durante épocas de estiagem, aumentando assim sua densidade populacional em até um indivíduo por metro quadrado. Outro fator importante é a capacidade de resistência a este tipo de estresse. Em períodos de estiagem prolongada têm-se, em ordem crescente, peixes, crocodilos e tartarugas como os mais resistentes a longos períodos de estiagem.

O processamento das informações ainda permite dizer que houve pelo menos três agentes que atuaram na gênese da acumulação:

- O evento de seca que concentrou uma população de tartarugas que culminou em uma morte em massa. A desidratação das partes moles posicionou o esqueleto apendicular numa postura recolhida dentro do casco.
- O evento de transporte que depositou lado a lado as populações de história tafonômica distintas em uma camada de argila. As carcaças do evento anterior foram reunidas com restos de crocodilos e outros restos de tartarugas exumadas.
- Por fim tem-se um evento final que soterrou a tafocenose e perturbou a disposição anterior, orientando os bioclastos e remodelando a acumulação em formas lenticulares. Bioclastos diversos retrabalhados, de peixes e tartarugas, foram inseridos na assembléia final.



## 14 Referências

- Allison P.A. 1988. *Konservat-Lagerstätten: cause and classification*. *Paleobiology*, **14**(4):331-344.
- Arribas A.& Palmqvist P. 1998. Taphonomy and palaeoecology of an assemblage of large mammals: Hyaenid activity in the Lower Pleistocene site at Venta Micena (Orce, Guadix-Baza Basin, Granada, Spain). *Geobios*, **31**(3):3-47.
- Arid F.M.& Vizotto L.D. 1963. Sobre vertebrados fósseis no município de Ibirá, São Paulo. *Ciência e Cultura*, **15**(3):181-182.
- Arid F.M.& Vizotto L.D. 1965. Crocodílios fósseis nas proximidades de Santa Adélia, SP. *Ciência e Cultura*, **17**(2):138-139.
- Arid F.M.& Vizotto L.D. 1966. Um quelônio fóssil de São José do Rio Preto, SP. *Ciência e Cultura*, **18**(4):422-428.
- Badgley C. (1986). Counting Individuals in Mammalian Fossil Assemblages from Fluvial Environments. *Palaios*, **1**:328-338.
- Behrensmeyer A.K.& Hill A. 1976. *Taphonomy in East Africa; an approach to palaeoecology*. Palaeoecology of Africa and of the Surrounding Islands and Antarctica. 9 (covering the years 1972-1974) Cape Town, pp.123-127.
- Behrensmeyer A.K. (1978) Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, **4**(2):150-162.
- Behrensmeyer A.K., Western D., Boaz D.D. 1979. New perspectives in vertebrate paleoecology from a Recent bone assemblage. *Paleobiology*, **5**(1):12-21.
- Behrensmeyer A.K. & Boaz D.D. 1980. The Recent bones of Amboseli National Park, Kenya, in relation to East African paleoecology. In: A.K. Behrensmeyer & A.P. Hill (eds.) *Fossils in the making; vertebrate taphonomy and paleoecology*. Univ. Chicago Press. Chicago, pp.:72-92.
- Behrensmeyer A.K.& Hill A.P. (Eds.)1980. *Fossils in the making; vertebrate taphonomy and paleoecology*. Archeology/Paleoecology. University of Chicago Press. Chicago, 338pp.
- Behrensmeyer A.K. & Boaz D.D. 1981. Late Pleistocene geology and paleontology of Amboseli National Park, Kenya. In: J.A. Coetze & E.M. Van Zinderen Bakker (eds.) *Palaeoecology of Africa and of the Surrounding Islands and Antarctica*. 13, pp.:175-188.
- Behrensmeyer A.K.& Kidwell S.M. 1985. Taphonomy's contributions to paleobiology. *Paleobiology* **11**:105-107
- Behrensmeyer A.K. 1988. Vertebrate preservation in fluvial channels. *Paleo., Paleo., Paleo.*, **63**:183-199.
- Behrensmeyer A.K. 1990. Transport/hydrodynamics of bones. In: D.E.G Briggs & P.R. Crowther (eds.) *Paleobiology, a synthesis*. Blackwell, Oxford, pp.: 232-235



- Behrensmeyer A.K. 1991. Terrestrial vertebrate accumulations. In: P.A. Allison & D.E.G Briggs (eds.), *Taphonomy: releasing the data Locked in the fossil record*. Plenum Press, New York, pp.: 291-327
- Behrensmeyer A.K. & Hook R.W. 1992. Paleoenvironmental contexts and taphonomic modes in the terrestrial fossil record. In: A.K. Behrensmeyer, J.D. Damuth, W.A. DiMichele, R. Potts, H.D. Sues, S.L. Wing (eds.) *The evolutionary paleoecology of terrestrial plants and animals*. University of Chicago Press, Chicago, pp.: 15-136
- Behrensmeyer A.K., Kidwell S.M., Gastaldo R.A. 2000. Taphonomy and Paleobiology. *Paleobiology*, Supl. **26**(4): 101-147.
- Bertini R.J. 1993. Vertebrate faunas from the Adamantina and Marília Formation (Upper Bauru Group, late Cretaceous, Brazil) in their stratigraphic and paleobiogeographic context. *N. Jb. Geol. Paläont.*, **188**: 71-101.
- Bertini R.J. 1994a. Comments on the fossil amniotes from Adamantina and Marília formations, continental Upper Cretaceous of the Paraná Basin, Southern Brazil (Part 1: Introduction, testudines, Lacertilia, Crocodylomorpha). In: UNESP, Simp. Cret. Brasil, 3, *Boletim*, pp. 97-100.
- Bertini R.J. 1994b. Comments on the fossil amniotes from Adamantina and Marília formations, continental Upper Cretaceous of the Paraná Basin, Southern Brazil (Part 2: Saurischia, Ornithischia, Mammalia, Conclusions and Final Considerations). In: UNESP, Simp. Cret. Brasil, 3, *Boletim*, pp. 101-104.
- Bertini R.J., Campos D.A. 1987. Restos de um grande Saurópode em Monte Alto, Estado de São Paulo. In: SBP, Cong. Bras. Paleo., 10, *Resumo das Comunicações*, p. 10.
- Bertini R.J., Marshall L.G., Muizon C., Brito P.M., Gayet M. 1993. Contribuições ao conhecimento das faunas de vertebrados das formações Adamantina e Marília, Cretáceo Superior, Bacia do Paraná. In: SBP, Cong. Bras. Paleo., 13, *Resumo das Comunicações*, p. 24.
- Bertini R.J., Campos D.A. 1995. Estado atual dos conhecimentos sobre os dinossauros cretáceos da Bacia do Paraná. In: SBP, Cong. Bras. Paleo., 14, *Atas*, p. 22-23
- Blob R.W. 1997. Relative Hydrodynamic Dispersal Potentials of Soft-Shelled Turtle Elements: Implications for Interpreting Skeletal Sorting in Assemblages of Non-Mammalian Terrestrial Vertebrates. *Palaos*, **12**: 151-164.
- Boy J.A. 1977. Typen und Genese Jungpaläozoischer Tetrapoden - Lagerstätten. *Paleontog., Abh A*, **156**: 111-167.
- Bury, B. R. 1979. *Population Ecology of Freshwater Turtles*, in: *Turtles: Perspectives and Research*. Wiley and Sons, Inc. New York. 695pp.
- Brain C.K. 1980. Some criteria for the recognition of bone-collecting agencies in African caves. In: A.K. Behrensmeyer & A.P. Hill (eds.) *Fossil in the Making*. The University of Chicago Press, Chicago, pp.: 107-130.



- Brand L.R., Goodwin H.T., Ambrose P.D., Buchheim H.P. 2000. Taphonomy of turtles in the Middle Eocene Bridger Formation, SW Wyoming. *Paleo, Paleo, Paleo*, **16**:171-189.
- Campos L. F. G. 1889. De Secção Geológica. In: O.A. Derby *Comissão Geographica e Geológica da Província de São Paulo*. São Paulo, Jorge Secker, Relatório do ano de 1889, pp. 21-34.
- Carvalho I.S., Campos A.C.A., Nobre P.H. 2004. *Baurusuchus salgadoensis*, a New Crocodylomorpha from the Bauru Basin (Cretaceous), Brazil. *Gond. Res.*, **8**(1):11-30.
- Coutinho J.M.V., Atencio D., Coimbra A.M., Fernandes L.A. 1999. Gorceixite, a singular product of replacement in fossil bones from the Bauru Basin, Brazil. *Can.-Miner.*, **37**(4):945-950.
- Da Costa JR. M.I., Holz M., Schultz C.L. 1993. Moessbauer effect study of the diagenesis of the Southern Brazilian Triassic paleoherpetofauna. *Hype. Inter.*, **83**:433-436.
- Damuth J.D. 1981. Population density and body size in mammals. *Nature*, **290**:699-700.
- Damuth J.D. 1982. Analysis of the preservation of community structure in assemblages of fossil mammals. *Paleobiology*, **8**:434-446.
- Dias-Brito D. 1998. Cretaceous non marine calcaereous microfósseis from Adamantina Formation, Western São Paulo, Brasil. Comodoro Rivadavia (Argentina). In: Assoc. Paleo. del Golfo San Jorge, *Boletim* **2**:8-10.
- 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. *Rev. de Paléob.*, **20**(1):245-304
- Dodson. P. 1973. The Significance of Small Bones in Paleoecological Interpretation. *Cont. Geo.*, **12**(1):15-19.
- Efremov J.A. 1940. Taphonomy: A new branch of paleontology. *Pan-Am. Geol.*, **74**(2):82-93.
- Fernandes L.A. 1992. *A cobertura Cretácea Suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os Grupos Baurú e Caiuá*. São Paulo., Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 91 p.
- Fernandes L.A. 1998. *Estratigrafia e evolução Geológica da parte oriental da Bacia Bauru*. São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 216 p.
- Fernandes L.A. & Coimbra A.M. 1994. O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional. *Rev. Bras. Geoc.*, **24**(3):164-176.
- Fernandes L.A. & Coimbra, A.M. 1996. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **68**(2): 195-205.
- Fernandes, L.A. & Coimbra, A.M. (2000). Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). *Rev. Bras. Geoc.*, **30**(4):145-158



- Fiorillo A. R. 1988. *Taphonomy of Hazard Homestead Quarry (Ogallala Group), Hitchcock Country, Nebraska*. Wyoming, University of Wyoming, Contributions to Geology 26 (2), pp. 57-97.
- Fulfaro V.J., Etchebehere M.I.C., Perinotto J.A.J., Saad A.R. 1999a. Bacia Caiuá: uma nova bacia cretácica na Bacia do Paraná. In: UNESP, Simp. Cret. Brasil, 5, *Boletim*, p. 439-442.
- Fulfaro V.J., Etchebehere M.I.C., Perinotto J.A.J., Saad A.R. 1999b. Santo Anastácio: um geossolo cretácico na Bacia Caiuá. In: UNESP, Simp. Cret. Brasil, 5, *Boletim*, p. 125-130.
- Garcia, A.J.V., da Rosa A.A.S., Goldberg K. 2005. Paleoenvironmental and paleoclimatic control on early diagenetic processes and fossil record in Cretaceous continental sandstones of Brazil *Jour. South Amer. Earth Scie.*, **19**:243-258
- Gilinski N.L., Bennington J.B. 1994. Estimating numbers of whole individuals from collections of body parts: a taphonomic limitation of the paleontological record. *Paleob.*, **20**(2):245-258.
- Graham T.E. 1979. Life History Techniques, In: M. Harless & H. Morlock. (eds.) *Turtles: Perspectives and Research*. Wiley and Sons, Inc. New York, pp.: 695
- Graham R.W. 1993. Processes of Time-Averaging in the Terrestrial Vertebrate Record. In: S.M. Kidwell & A.K. Behrensmeyer. *Taphonomic Approaches to Time Resolution in Fossil Assemblages*. Paleontological Society, Short courses in paleontology, 6, pp. 102-124.
- Hanson C.B. 1980. Fluvial Taphonomic Process: Models and Experiments. In: A.K. Behrensmeyer & A.P. Hill *Fossil in the Making. Vertebrate Taphonomy and Paleoecology*. The University of Chicago Press. Chicago pp.: 156 -181
- Hill A. 1979. Disarticulation and scattering of mammal skeletons. *Paleob.*, **5**(3):261-274.
- Holz M. & Barberena M.C. 1994. Taphonomy of south Brazilian Triassic paleoherpetofauna: pattern of death, transport and burial. *Paleo., Paleo., Paleo.*, **107**:179-197.
- Holz M. 1998. Taphonomy of the south Brazilian Triassic herpetofauna: fossilization mode and implications for morphological studies. *Lethaia*, **31**:335-345.
- Holz M. & Barberena M.C. 1989. A importância da tafonomia no estudo de vertebrados fósseis. In: SBG/Núcleo RS/SC/PR, Simp. Sul-Bras. Geol., 4, *Acta Geológica Leopoldensia, publicação especial* 5, 29(12):77-92.
- Holz M. & Soares M.B. 1995. *Tafonomia de vertebrados: estado da arte e perspectivas para a paleontologia sul-rio-grandense*. Porto Alegre, UFRGS, Série Ciências da Terra, pp. 85-94.
- Holz M. 1994. Tafonomia de Vertebrados - estado da arte e perspectivas para a paleontologia sul-rio-grandense. In: UFRGS, Works. Integ. Geol. Paleo Vert RS, 1, *Resumo das Comunicações*, p.15-16.



- Holz M., Simões M. 2001. *Elementos Fundamentais de Tafonomia*. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 231pp.
- Holzman R.C. 1979. Maximum likelihood estimation of fossil assemblage composition. *Paleob.*, **5**:77-89.
- Hutchison H.J. 1984. Determinate growth in the baenidae (testudines): taxonomic, ecologic, and stratigraphic significance. *Jour Vert. Paleo.*, **3**(3):148-151.
- Iverson J.B. 1982. Biomass in turtle populations: a neglected subject. *Oecol.*, **55**:69-76.
- Kardong, K. V. 1998. *Vertebrates: comparative anatomy, function, evolution*. MacGraw Hill. New York, 747pp.
- Kidwell S.M., Behrensmeyer A.K. 1993. *Taphonomic approaches to time resolution in fossil assemblages*. Paleontological Society, Short Courses in Paleontology 6, 302 p.
- Klein, R.G. & Cruz-Urbe, K. 1984. *The analysis of animal bones from archaeological sites*. The University of Chicago Press, Chicago, 266pp.
- Kowalewski M. 1996. Time averaging, overcompleteness, and the geological record. *Jour. Geol.*, **104**:317-326.
- Kowalewski M. 1997. The reciprocal taphonomic model. *Lethaia*, **30**:86-88.
- Langer M.C., Bertini, R.J. 1995. Comentários sobre os materiais de Testudinos (Podocnemidinae) fósseis de Peirópolis, município de Uberaba-MG In: SBP, Cong. Bras. Paleo., 14., *Anais*, p.80-81
- Leonardi G. 1977. On a new occurrence of tetrapod in the Botucatu Formation in State of São Paulo, Brazil. *Dusenja*, **10**(3):181-183.
- Lopes R.P, Buchmann F.S.C, Caron F., Itusarry M.E. 2001. Tafonomia dos fósseis de vertebrados (megafauna extinta) encontrados ao longo das barrancas do arroio Chuí e linha de costa, RS, Brasil. *Rev. Pesq. Geoc.*, **28**(2):67-73.
- Marcellini D.L. 1979. Activity patterns and densities of Venezuelan caiman (*Caiman crocodilus*) and pond turtles (*Podocnemis vogli*). In: J.F. Einsenberg (ed.) *Vertebrate Ecology in the Northern Neotropics*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC., pp.: 263 - 271
- Marshak, S.; Mitra, G. (Eds.) 1998. *Basic methods of structural geology. Part 1, Elementary techniques*. Prentice Hall, 446 pp.
- Mezzalira S. 1966. Considerações sobre novas ocorrências fossilíferas no Estado de São Paulo. *Anais Acad. Bras. Ciênc.*, **38**(1):65-72.
- Mial A. 1990. *Principles of sedimentary basins analysis*. 2nd ed. Springer Verlag. New York. 668pp.
- Munthe K. & Mcleod S.A. 1975. Collection of taphonomic information from fossil and recent vertebrate specimens with a selected bibliography. *Paleobios*, **19**.
- Olszewski T.D. 2004. Modeling the Influence of Taphonomic Destruction, Reworking, and Burial on Time-Averaging in Fossil Accumulations. *Palaos*, **19**:39-50



- Pacheco J.A. 1913. Notas sobre a geologia do valle do Rio Grande a partir da foz do Rio Pardo até sua confluência com o Rio Parayba. In: J. Dourados (Ed.). *Exploração do Rio Grande e de seus afluentes*. São Paulo, Comissão Geográfica e Geológica, pp. 33-38.
- Pol D. 2005. Restos postcraneanos de *Notosuchus terrestris* Woodward (Archosauria: Crocodyliformes) del Cretácico superior de Patagonia, Argentina. *Amegh.*, **42**(1):21-38.
- Price L.I. 1945. *A new reptile from the Cretaceous of Brazil*. Rio de Janeiro, SGM/DNPM, Notas Preliminares e Estudos 25, pp. 1-8.
- Price L.I. 1950a. On a new crocodilian, *Sphagesaurus*, from the Cretaceous of the state of São Paulo, Brazil. *Acad. Bras. Ciên.*, **22**(1):77-85.
- Price L.I. 1950b. Os crocodilídeos da fauna da formação Baurú, do Cretáceo terrestre do Brasil meridional. *Anais Acad. Bras. Ciên.*, **22** (4):473-90.
- Price L.I. 1951. *Um ovo de dinossauro na Formação Bauru do Cretáceo do Estado de Minas Gerais*. Rio de Janeiro, SGM/DNPM, Notas Preliminares e Estudos 53, pp. 1-7.
- Price L.I. 1953. *Os quelônios da formação Bauru, Cretáceo terrestre do Brasil meridional*. Rio de Janeiro, Divisão de Geologia e Mineralogia, Notas Preliminares e Estudos 147, pp. 1-34.
- Price L.I. 1955. Novos crocodilídeos dos arenitos da série Baurú, Cretáceo do Estado de Minas Gerais. *Anais Acad. Bras. Ciên.*, **27**(4):487-98.
- Price L.I. 1957. *A presença de Globidens no Cretáceo Superior do Brasil*. Rio de Janeiro, Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim 169, pp. 1-24.
- Price L.I. 1959. *Sobre um crocodilídeo notossúquio do Cretáceo brasileiro*. Rio de Janeiro, Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim 188, pp. 1-55.
- Price L.I. 1961. Sobre os dinossáurios do Brasil. *Anais Acad. Bras. Ciên.*, **33**(3-4):28-29.
- Reif W.E. 1971. Zur Genese des Muschelkalk - Keuper - Grenzbonebeds in Südwestdeutschland. *Neues Jahr. Geol. Paläo. Abh.*, **139**(3):369-404.
- Reyment, R. A. 1971 *Introduction to Quantitative Paleoecology*. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 226 pp.
- Riccomini C. 1997. Arcabouço estrutural e aspectos do tectonismo gerador e deformador da Bacia Bauru no Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.*, **27**:153-162.
- Rogers R.R. 1993. Systematic patterns of time-averaging in the terrestrial vertebrate record. A Cretaceous case study. In: S.M. Kidwell & A.K. Behrensmeyer. *Taphonomic Approaches to Time Resolution in Fossil Assemblages*. Paleontological Society, Short courses in paleontology, 6, pp. 228-249.
- Rogers R.R. 1994. Collecting taphonomic data from vertebrate localities. In: P. Leggi (ed.) *Techniques. Vol. 1. Cambridge University Press, London*, pp.: 47-58.
- Santos R.S., Salgado M.S. 1967. Restos de peixes do Grupo Bauru. *Anais Acad. Bras. Ciên., Resumo das Comunicações*, **40**(2):253



- Santos R S. 1984. *Lepisosteus cominatoi* n. sp. da Formação Bauru, Estado de São Paulo, Brasil. *Anais Acad. Bras. Ciên.*, **52**(2): 197-202.
- Santucci R.M. 1999. *Titanossauros Neocretáceos do Grupo Bauru: Avaliação de ocorrências e de seu potencial Paleobiogeográfico e Biocronológico*. Monografia de Formatura, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 57 p.
- Santucci R.M., Bertini R.J. 2001. DISTRIBUIÇÃO PALEOGEOGRÁFICA E BIOCRONOLÓGICA DOS TITANOSSAUROS (SAURISCHIA, SAUROPODA) DO GRUPO BAURU, CRETÁCEO SUPERIOR DO SUDESTE BRASILEIRO. *Rev. Bras. Geoc.*, **31**(3):307-314.
- Santucci R.M., Bertini R.J. 2006. A NEW TITANOSAUR FROM WESTERN SÃO PAULO STATE, UPPER CRETACEOUS BAURU GROUP, SOUTH-EAST BRAZIL. *Palaeo.*, **49**(1):59-66
- Seilacher A. 1970. Begriff und Bedeutung der Fossil-Lagerstätten. *Neues Jah. Geol. Paläo. Mon.*, **1**:34-39.
- Shipman, P. 1981. *Life History of a Fossil. An Introduction to Taphonomy and Paleoecology*. Harvard University Press, 222 pp.
- Shotwell J.A. 1955. An approach to the paleoecology of mammals. *Ecol.*, **36**(2):327-337.
- Soares P.C. 1980. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no estado de São Paulo: Grupo Bauru. *Rev. Bras. Geoc.*, **10**(3):177-185.
- Soares M.B. 2003. A taphonomic model for the Mesosauridae assemblage of the Irati Formation (Paraná Basin, Brasil). *Geol. Acta*, **1**(4):349-361.
- Souto-Ribeiro A. & Holz M. 2000. Taphonomy of the South-Brazilian Triassic Vertebrates. *Bras. Geoc.*, **30**(3):491-494.
- Suárez J.M. 1969. Um quelônio de Formação Bauru. In: SBG, Cong. Bras. Geol., 23, *Anais*, p. 168-176.
- Suárez J. M. 1973. *Contribuição à Geologia do Extremo Oeste do Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado, Faculdade de Ciências e Letras, Presidente Prudente.
- Staesche K. 1937. *Podocnemis brasiliensis* n. sp. aus der oberen Kreide brasiliens. *Neues Jahrbuch. Min., Geol. Paleo. Abt B. Geol. Paleo.*, **77**:291-309.
- Staesche K. 1944. Uma tataruga do Cretáceo Superior do Brasil. Tradução de Gerson Faria Alvim. Rio de Janeiro, 23 p., 16 a 20 (Brasil. DNPM-DGM. B. 114).
- Starck D. 1982. *Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. Band 2 - Das Skeletsystem: Allgemeines, Skeletsubstanzen Skelet der Wirbeltiere einschließlich Lokomotionstypen*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1110 pp.
- Turnbull W. D. & Martill D.M. 1988. Taphonomy and preservation of a monospecific titanotheres assemblage from the Washakie Formation (late Eocene), Southeastern Wyoming. An ecological accident in fossil record. *Paleo., Paleo., Paleo.*, **63**:91-108.



- Varricchio J.D. 1995. Taphonomy of Jack's Birthday Site, a diverse dinosaur bonebed from the Upper Cretaceous Two Medicine Formation of Montana. *Paleo., Paleo., Paleo.*,**114**:297-323.
- Voorhies M. R. 1969. *Taphonomy and Population Dynamics of an Early Pliocene Vertebrate Fauna, Knox Country, Nebraska*. Wyoming, University of Wyoming, Contributions to Geology - Special paper 1, 69p.
- Weigelt, J. 1927. *Rezente Wirbeltierleichen und ihre paläobiologische Bedeutung*. Max Weg, Leipzig, 227pp.
- Wings O. 2004. Authigenic minerals in fossil bone from the Mesozoic of England: poor correlation with depositional environments. *Paleo., Paleo., Paleo.*,**204**:15-32.
- Wilson D.S.& Tracy C.R. 2003. Estimating age of turtles from growth rings: A critical evolution of the technique. *Herpet.*,**59**:178-194.
- Wood J.M., Thomas R.G., Visser J. 1988. Fluvial processes and vertebrate taphonomy: The Upper Cretaceous Judith River Formation, south-central Dinosaur Provincial Park, Alberta, Canada. *Paleo., Paleo., Paleo.*,**66**:127-143.
- Woodcock N.H. 1977. Specification fo fabric shapes using na eigenvalue method. *Geol. Soc. Amer. Bulletin*,**8**:1231-1232.
- Zaher H., Pol D., Carvalho A.B., Ricomini C., Campos D., Nava W. 2006. Redescription of the cranial morphology of *Mariliasuchus amarali*, and its phylogenetic affinities (Crocodyliformes, Notosuchia). *Amer. Mus. Novit.*,**3512**:1-40.



## 14 Anexo 1 – tabela de dados.

## FORMULÁRIO DE DADOS TAFONÔMICOS DO TARTARUGUITO

Glossário das Abreviaturas

CAMPO	DESCRIÇÃO
JAZIDO	Local da extração
pt	ponto horizontal
cd	camada vertical
DADOS DA AMOSTRA	
IDENT	identificação na amostra
(mm.)	Tamanho em milímetros
C	Comprimento
L	Largura
SP	Espécie atribuída
(Kg.)	peso estimado para o animal vivo
IDADE	Idade aferida no momento da morte
INF	infantil
MAT	maturo
SEM	senil
PARTE ESQUELÉTICA	
N	Não Identificado
CS	Costela
VR	Vértebra
SC	Escápula
IP	Iliaco/ Pelvis
FE	Fêmur
HU	Húmero
RA	Rádio
UL	Ulna
TI	Tíbia
FI	Fíbula
FA	Falange
PL	Plastrão
CA	Carapaça
PL	Placa
CR	Crânio
AT	Atlas
Est. de Articulação	Modo de articulação óssea encontrada
1	Espécime completo
2	Espécime sem apêndices
3	Casco completo
4	Carapaça ou Plastrão isolado
5	Placas suturadas
6	Placas individualizadas
7	Fragmentos de Placas
ATITUDE	Mergulho e direção da amostra
DIR	direção
RUM	rumo
datum	Distância do marco zero do Ponto de amostragem
POS.ESP.	Posição do esqueleto no espaço
⊙	Casco para cima
⊙	Plastrão para cima
↗	Inclinado à direita
↖	Inclinado à esquerda
⊥	Verticalizado
TP DE PARTIÇÃO	Tipo de partição sobre o inteiro ou complemento
DIS	distal
PRO	proximal
DIA	diáfase
CER	cervical
TOR	torácica



	LOM →	lombar	
	CAU →	caudal	
	PLE →	pleural	
	NEU →	neural	
	PER →	periferal	
	EPI →	epi	
	ENT →	ento	
	HIO →	hio	
	HIP →	hipo	
	MES. →	meso	
	XIF →	xifo	
	Ñ →	não identificado	
MODIFICAÇÕES ÓSSEAS		Aterações pelo ambiente de deposição	
ABR	→	abrasão	seg. Brand, 2000 (0,1, 2, 3 ou 4)
MC SUP	→	marcas superficiais	Porcentagem (0, 25, 50, 75 ou 100%)
INT	→	Intemperismo	Estágios (1, 2, 3, 4, 5)
FRAG	→	fragmentação	Porcentagem (0, 25, 50, 75 ou 100%)
FISS	→	fissuras	Porcentagem (0, 25, 50, 75 ou 100%)
	↓		



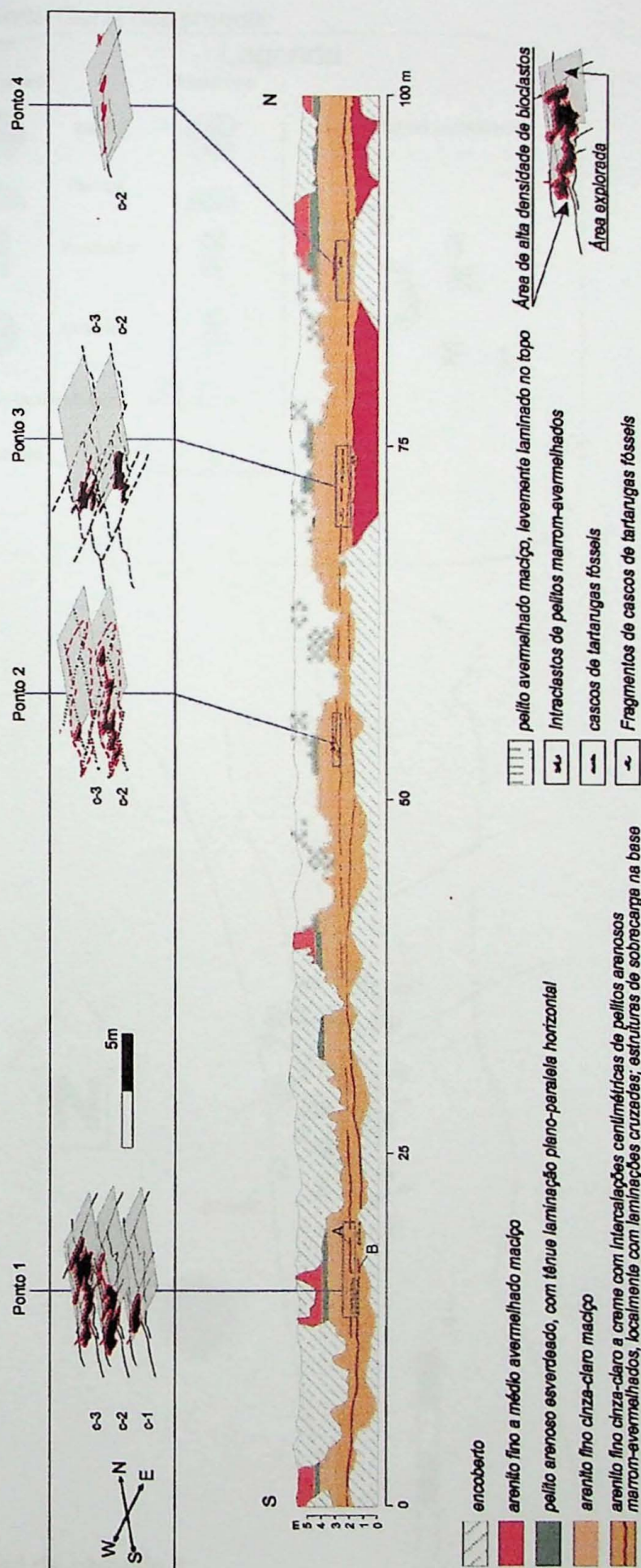
## 15 Anexo 2 – Etapas dos trabalhos de coleta

	<p><b>1° Passo:</b> Identificar o nível fossilífero em toda a extensão do afloramento. Definição dos pontos de amostragem.</p>	 <p><b>2° Passo:</b> retirar todo o material estéril sobre os pavimentos a serem amostrados até uma altura de um metro do nível fossilífero.</p>
	<p><b>3° Passo:</b> Expor os pavimentos em duas etapas: desagregando o patamar estéril com britadeiras à gasolina..</p>	 <p>...e retirando o material manualmente;</p>
	<p><b>4° Passo:</b> Simultaneamente e ao 3° Passo, define-se pontos de amarração espacial (datuns) em cada ponto de amostragem;</p>	 <p><b>5° Passo:</b> Coleta individual dos espécimes e das informações tafonômicas.</p>



## 16 Anexo 3 Perfil do alforamento

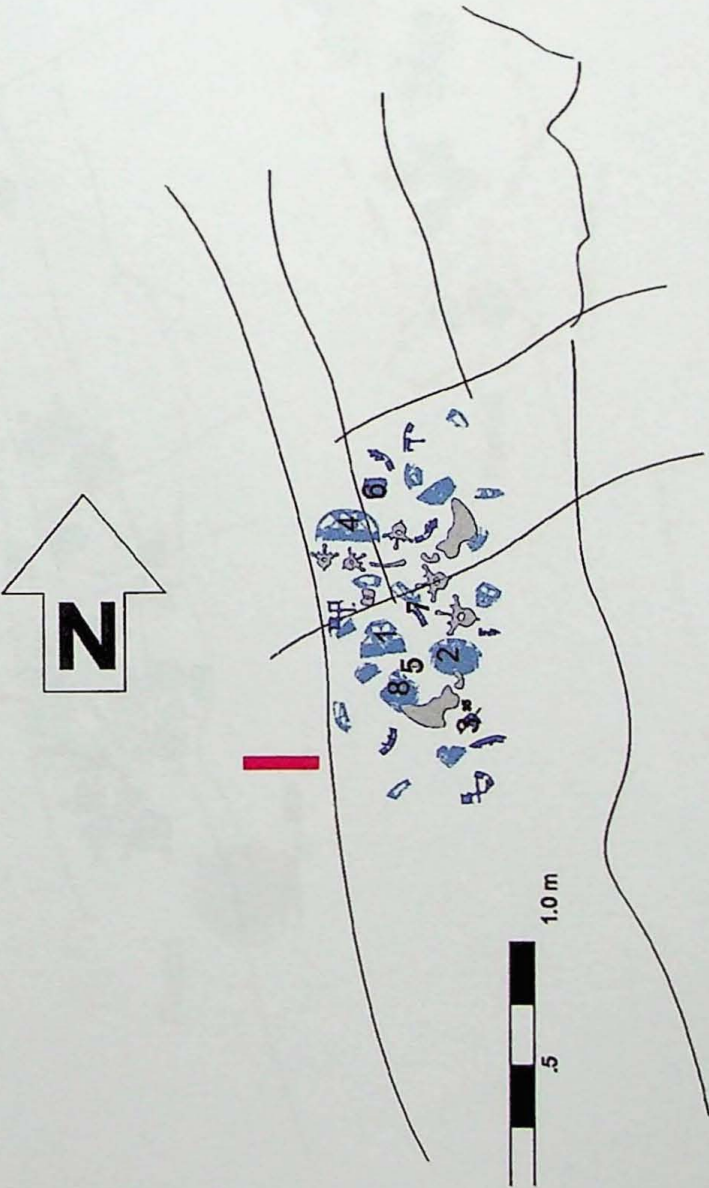
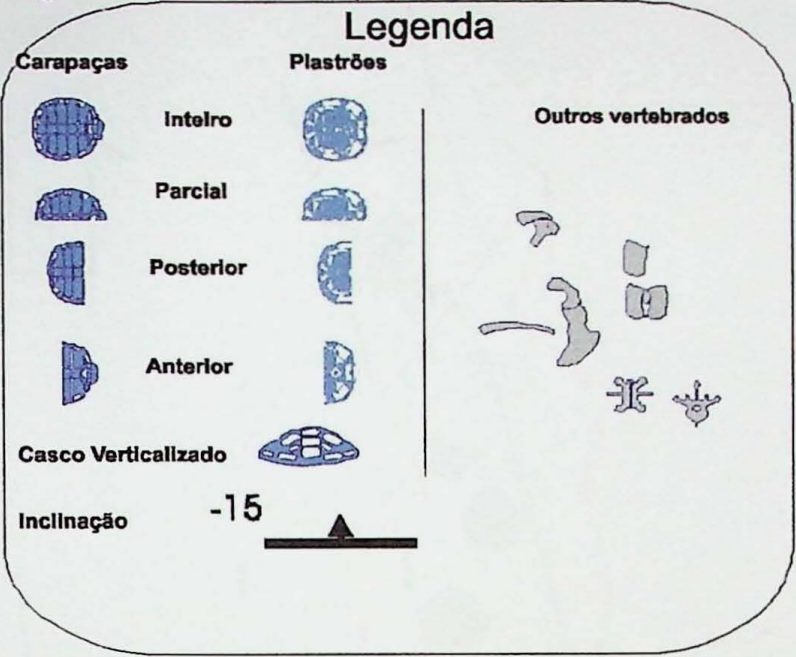
Perfil do afloramento e posição dos pontos de coleta  
 Autoria do Perfil: Cláudio Riccomini





16.1 Anexo 3 Croquis da Camada 1

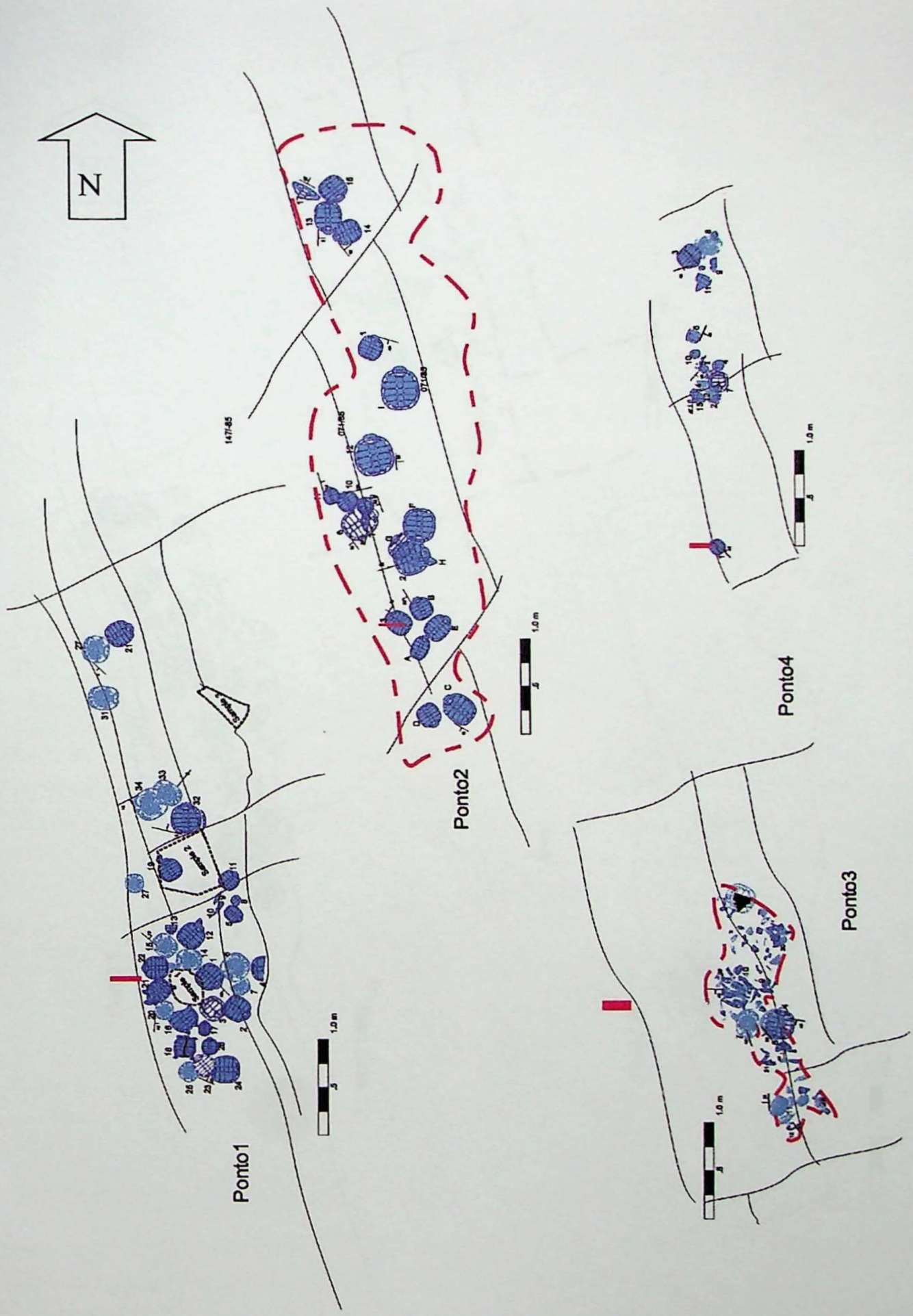
Legenda Geral dos croquis:



Croqui da camada 1



16.2 Anexo 3    Croquis da Camada 2





Anexo 3 Croquis da Camada 3





## 17 Prancha 1 – Fotos dos espécimes

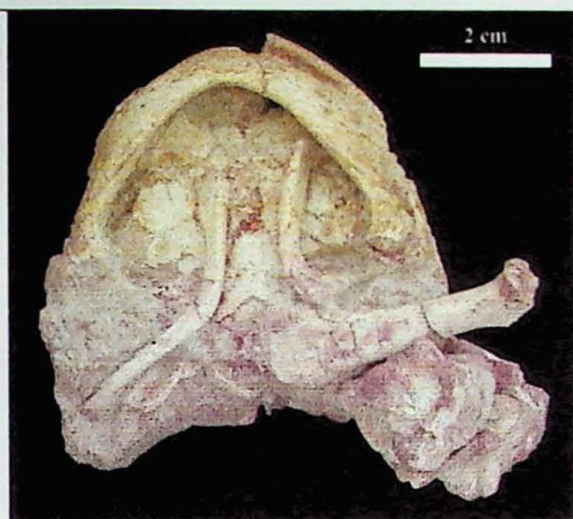


Foto 1: Espécime articulado apresentando arco hióide em sua posição anatômica.



Foto 2: Presença de quebra diferenciada na região interior das placas. Largura da base: 5cm.



Foto 3: Detalhe do casco apresentando achatamento e proeminência das pontes ósseas. Largura da base da foto: 18cm



Foto 4: Coracóide de crocodilomorfo exibindo padrão de quebra ortogonal ao eixo maior. Escala: base da foto = 4,2 cm.

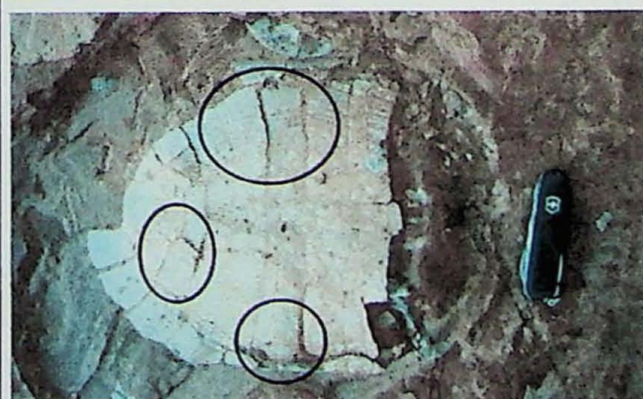


Foto 5: Fraturas preenchidas por argila nas áreas destacadas do casco.

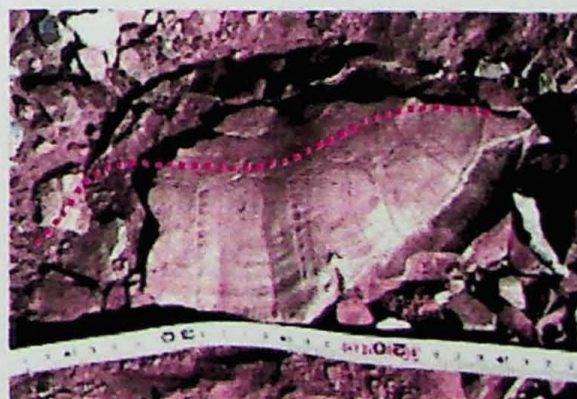
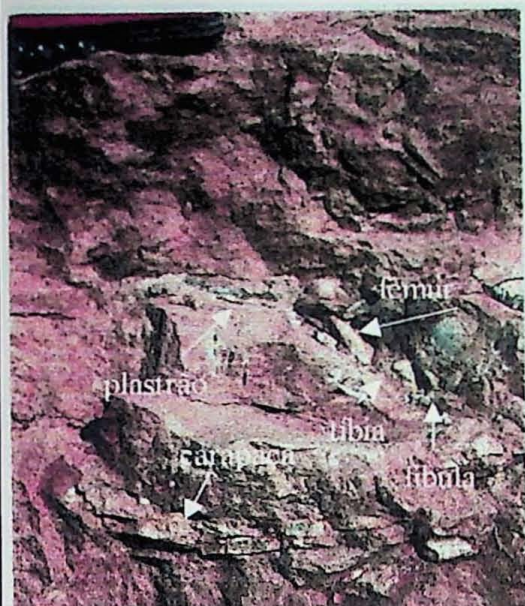


Foto 6: Casco deformado em "S". Escala da fita em centímetros.





**Foto 7: Tartaruga em postura recolhida dos membros. Escala da foto: canivete no topo esquerdo.**



## 18 Prancha 2 – Microfotografias



Foto 1: Microfotografia exibindo vazios (poros) do tecido ósseo preenchidos por goethita e calcita micrítica. Microscópio óptico em Objetiva 10X.



Foto 2: Secção delgada de osteoderma de crocodilomorfo apresentando recristalização da bioapatita. Microscópio óptico em Objetiva 10X.



Foto 3: Tecido ósseo com indícios de corrosão e microfragmentação. Microscópio óptico em Objetiva 5X.

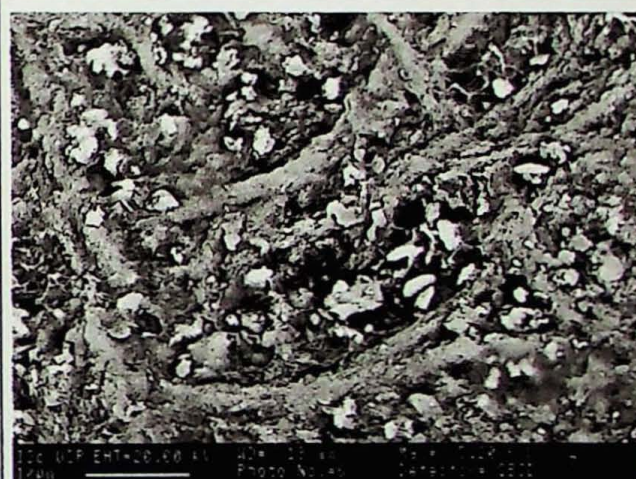


Foto 4: Imagem de MEV em RE exibindo o mineral Gorceixita (fosfato de terras raras) preenchendo parcialmente o canal reliquiar do tecido ósseo do fêmur do espécime 16 (estágio de articulação 2, fragmentado).

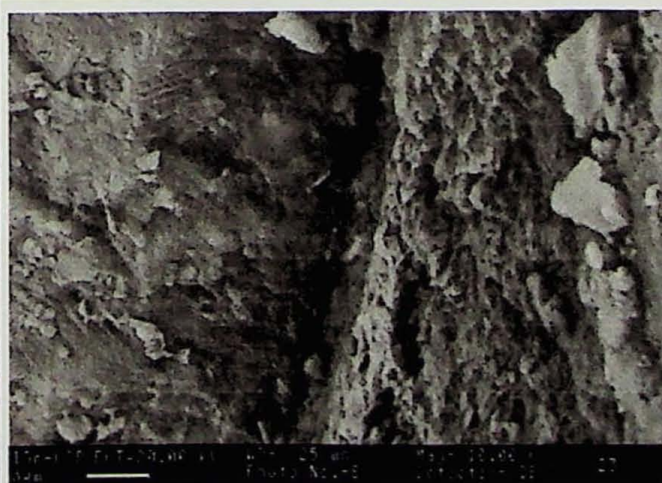
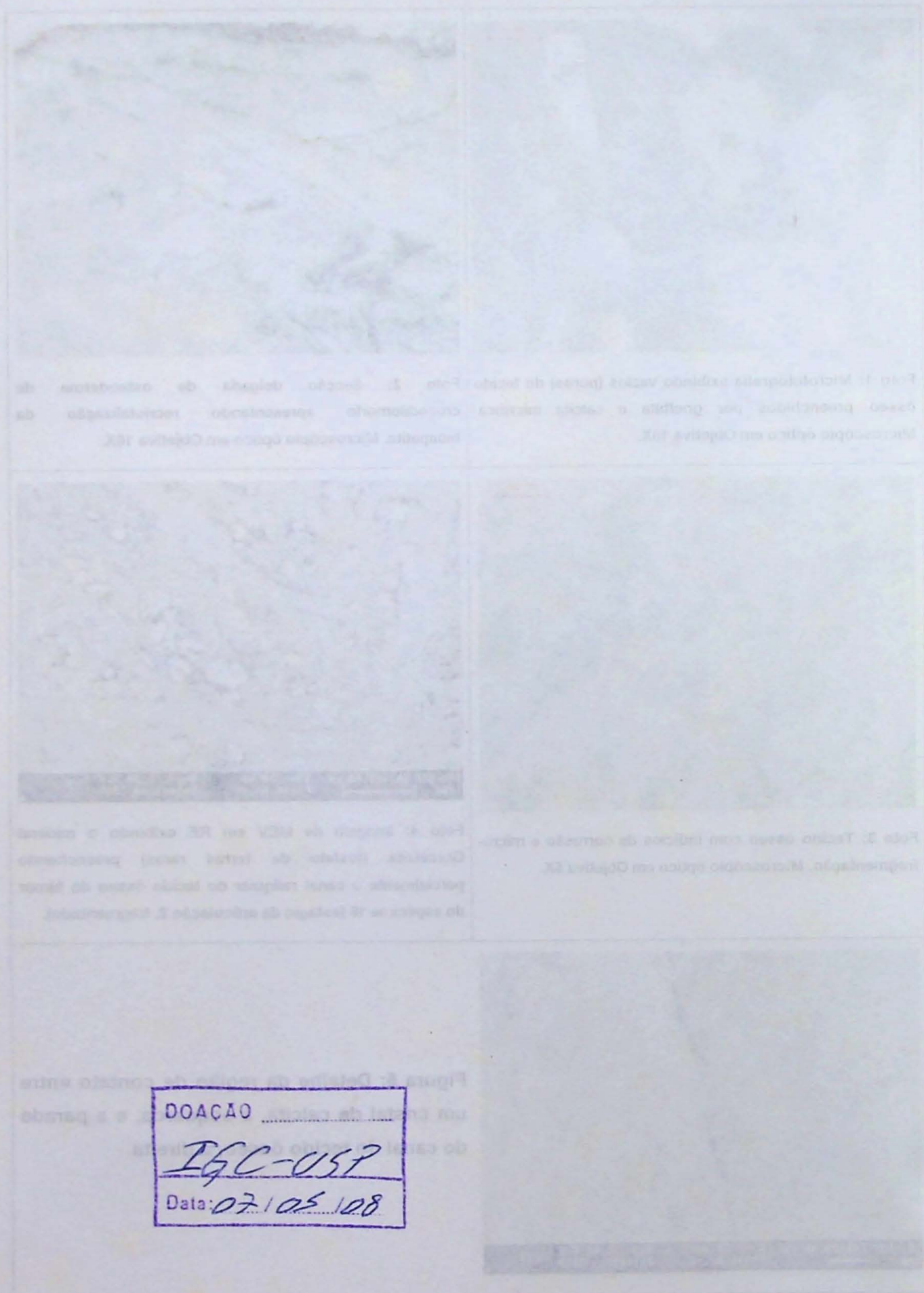


Figura 5: Detalhe da região de contato entre um cristal de calcita, à esquerda, e a parede do canal do tecido ósseo, à direita.



## 18 Plancha 2 - Microfotografias



DOAÇÃO

IHC-USP

Data: 07/05/08



