

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**PALEOICTIOLOGIA DO TOPO DA FORMAÇÃO
TATUÍ E BASE DA FORMAÇÃO TAQUARAL
(SUBGRUPO IRATI), PERMIANO,
ALTO ESTRUTURAL DE PITANGA,
REGIÃO DE RIO CLARO, SP**

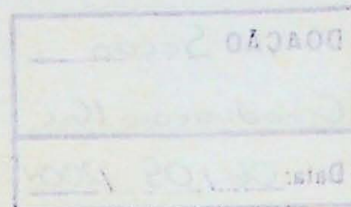
Artur Chahud

Orientador: Prof. Dr. Thomas R. Fairchild

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2003/13)

SÃO PAULO
2003

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



**Paleoictiologia do topo da Formação Tatuí e base da Formação
Taquaral (Subgrupo Irati), Permiano, Alto Estrutural de Pitanga,
região de Rio Claro, SP**



Artur Chahud

Orientador: Prof. Dr. Thomas R. Fairchild

Monografia de Trabalho de Formatura

TF-2003/13

São Paulo

2003

TF
C 433
A.P

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE BIOLOGIA

DOAÇÃO	Seção _____
Graduação - ICic	
Data: 06/05/2004	



Recebido em 06/05/2004

Recebido em 06/05/2004

Recebido em 06/05/2004

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900014483

**PALEOICTIOLOGIA DO TOPO DA FORMAÇÃO
TATUÍ E BASE DA FORMAÇÃO TAQUARAL
(SUBGRUPO IRATI), PERMIANO, ALTO
ESTRUTURAL DE PITANGA, REGIÃO DE RIO
CLARO, SP**

ARTUR CHAHUD



Monografia de Trabalho de Formatura

Banca Examinadora

Prof. Dr. Thomas Rich Fairchild

Thomas R. Fairchild

Prof. Dr. Luiz Eduardo Anelli

Luiz Eduardo Anelli

Pro. Dr. Paulo Roberto dos Santos

Paulo Roberto dos Santos

São Paulo

2003

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Thomas pela dedicação, amizade, entusiasmo e paciência, durante a realização deste trabalho.

A Felipe Van Enck Meira e Rachel Pochroff pela amizade e ajuda nos trabalhos de campo realizados.

Aos colegas do Laboratório de Petrologia Sedimentar, Isaac, Bruna e Gabriela que me ajudaram na confecção de imagens.

Aos professores doutores, Martha Richter, John Maisey e Joel de Castro e ao doutorando Carlos Eduardo Vieira Toledo pelas sugestões e dicas para o melhor desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores e grupos de alunos da disciplina Mapeamento Sedimentar dos anos de 2001, 2002 e 2003 pela ajuda e coleta de amostras.

ÍNDICE

1. IDENTIFICAÇÃO	1
2. RESUMO	1
3. <i>ABSTRACT</i>	2
4. INTRODUÇÃO	2
5. METAS E OBJETIVOS	3
6. SÍNTESE BIBLIOGRÁFICA E GEOLOGIA REGIONAL	3
7. MATERIAL E MÉTODOS	6
7.1. Características do afloramento	7
7.2. Metodologia para o estudo taxonômico	9
7.2.1. Classe Chondrichthyes	10
7.2.1.1. Subclasse Elasmobranchii	10
7.2.1.1.1. Ordem Petalodontiformes	10
7.2.1.1.2. Ordem Xenacanthiformes	12
7.2.1.1.3. Ordem Ctenacanthiformes	12
7.2.1.1.4. Ordem Hybodontiformes	13
7.2.2. Classe Osteichthyes	14
7.2.2.1. Subclasse Actinopterygii	14
7.2.2.1.1. Ordem Paleonisciformes	15
7.2.2.2. Subclasse Sarcopterygii	16
7.2.2.2.1. Infraclasse Actinistia	16
7.2.2.2.2. Infraclasse Rhipidistia e Tetrápodes basais	17
7.3. Metodologia para a caracterização tafonômica	18
7.3.1. Tamanho da amostragem	19
7.3.2. Abundância Relativa	19
7.3.3. Articulação de partes esqueléticas	20
7.3.4. Dados do Sítio	20
7.3.5. Modificação Óssea	21
7.3.5.1. Quebra de partes ósseas e escamas	21
7.3.5.2. Determinação da abrasão ou polimento	21
8. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	22
9. RESULTADOS OBTIDOS	23
9.1. Descrição e identificação dos fósseis encontrados	23
9.2. Material ósseo de difícil identificação	30
9.3. Material Indeterminado	32

9. 4. Caracterização tafonômica	32
9. 4. 1. Dados da assembléia	33
9. 4. 1. 1. Tamanho da Amostragem	33
9. 4. 1. 2. Articulação e seleção de partes corporais	33
9. 4. 1. 3. Abundância Relativa	33
9. 4. 2. Dados de Sítio	34
9. 4. 2. 1. Tamanho da acumulação	35
9. 4. 2. 2. Densidade espacial	35
9. 4. 2. 3. Arranjo Espacial	36
9. 4. 2. 4. Modificação de partes ósseas	36
10. INTERPRETAÇÕES SEDIMENTARES E PALEONTOLÓGICAS	41
11. CONCLUSÕES	42
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – A) Mapa geológico do Estado de São Paulo, destacando a Formação Tatuí o Grupo Passa Dois (Formações Taquaral, Assistência e Corumbataí). B) Mapa da região de Rio Claro e Ipeúna, destacando o Sítio Santa Maria (Modificado de Toledo, 2001).	6
Figura 2 - Contato entre as Formações Tatuí e Taquaral, Sítio Santa Maria, Rio Claro, SP.	7
Figura 3 - Seção colunar. O 0 marca a base da camada fossilífera do topo da Formação Tatuí.	9
Figura 4 – A) Dente maciço triturante de <i>Janassa</i> sp (Vencevich, 2002), Carbonífero da América do Norte. B) Dente de <i>Petalodus</i> sp. mostrando forma parecida com uma “pétala” (Vencevich, 2002), Carbonífero da América do Norte. C) dente de petalodonte descrito por Ragonha (1978), Permiano da bacia do Paraná. (Escala 0,5cm).	11
Figura 5 - Reconstituição esquematizada da parte ventral de um peixe petalodonte, <i>Janassa bituminosa</i> (Moy-Thomas, 1971) do Carbonífero da Alemanha.	11
Figura 6 - Dentes de Xenacanthiformes da Formação Corumbataí em São Paulo, vistos em diferentes posições. Escala 5 mm (Adaptado de Ragonha, 1984).	12
Figura 7 – A) reconstituição de <i>Ctenacanthus</i> sp. (Murphy, 2002). B) espinho de <i>Ctenacanthus maranhensis</i> , do Eopermiano da Formação Pedra do Fogo, onde é possível observar as costelas compostas por fileiras de tubérculos. Escala 1 cm. (Ragonha, 1978).	13
Figura 8 - Desenho feito em câmara clara de espinho de nadadeira dorsal de Hybodontiforme da Formação Corumbataí (Ragonha & Silva Santos, 1987). Escala 10cm.	14
Figura 9 - Dente de Hybodontiforme (Clark, 2002) Permiano da Inglaterra. Escala 5mm	14
Figura 10 – Esquema de dente e escama de Paleonisciformes (Richter et. al., 2000)	15
Figura 11 – À esquerda, escama cosmóide de Actinistia (Bryant, 1929) Permiano do Subgrupo Irati em São Paulo. À direita, escama de celacantídeo descrita por Richter (1985) Permiano do Subgrupo Irati em São Paulo.	17
Figura 12 - Reconstituição esquemática da morfologia externa de um dente labirintodonte (Richter et. al. 2000).	17
Figura 13 - Ilustrações esquemáticas de empacotamento de assembléias conchíferas. A) Alta densidade com os bioclastos em grande quantidade se tocando; B) Baixa densidade com fósseis em grande quantidade mas não se tocando; C) Bioclastos dispersos, concentração de fósseis, com fósseis boiando na matriz (Kidwell e Holland, 1991).	20
Figura 14 - Fases de abrasão em um dente de Chondrichthyes do tipo “cladodonte”.	22
Figura 15 - Placa dentária de Petalodontiforme encontrada na Formação Tatuí. Amostra 1-IF-4a. Escala 2mm.	24
Figura 16 - Fragmento de dente Petalodontiformes encontrado na Formação Taquaral. Amostra 1 – TB – 1. Escala 2mm.	24
Figura 17 – A) dente de Petalodontiformes encontrado no topo da Formação Tatuí. Amostra 1-IA-17 (escala 2mm). B) dente de <i>Petalodus ohioensis</i> do Pennsylvaniano e Eopermiano de Lake Brownwood (McKinzie, 1999).	25
Figura 18 - Dente de Xenacanthiforme incompleto da Formação Tatuí. Amostra 1-IA-15. Escala 2mm.	25

Figura 19 - Dente de <i>Hybodontiformes</i> da Formação Tatuí. Amostra 1-IF-4b. Escala 2mm.	26
Figura 20 – Vista superior de dente de <i>Hybodontiformes</i> , com a cúspide principal desgastada e as secundárias ausentes. Amostra 1-II-2. Escala 2mm.	27
Figura 21 - Espinho incompleto de <i>Ctenacanthiformes</i> . Amostra 1-II-4. Escala 6mm.	27
Figura 22 - Escama completa de <i>Paleonisciforme</i> da Formação Taquaral. Amostra 1-TM-1. Escala 2mm.	28
Figura 23 - Dente curvo costelado de <i>Paleonisciforme</i> . Amostra 1-IA-17a. Escala 300 µm.	29
Figura 24 - Dente labirintodonte da Formação Tatuí. Amostra 1-IF-28. Escala 2mm	29
Figura 25 - Escama cosmóide da Formação Taquaral. Amostra 1-TM -2. Escala 1mm.	30
Figura 26 – Corte longitudinal de escama desgastada de <i>Chondrichthyes</i> indeterminado. Escala 1mm. Amostra 1-IA-14a.	31
Figura 27 - À esquerda, Parte óssea de <i>Osteichthyes</i> indeterminado da Formação Taquaral. À direita parte óssea de <i>Osteichthyes</i> Indeterminado da Formação Tatuí. Escala 0,3 mm.	31
Figura 28 - Parte óssea desconhecida sem afinidade. Amostra 1-IA-22. Escala 2mm.	32
Figura 29 - Gráficos de seleção de partes corporais. A) seleção de partes corporais da Formação Tatuí. B) Seleção de partes corporais da Formação Taquaral.	33
Figura 30 - Gráficos de abundância relativa. A) Abundância relativa da Formação Tatuí. B) Abundância relativa da Formação Taquaral.	34
Figura 31 - Vista em planta (à esquerda) e vista em perfil (à direita) dde amostras na fácies conglomerática do topo da Formação Tatuí. Barra 1mm	35
Figura 32 – A) Rede utilizada na confecção dos dados de arranjo espacial em campo. B) Levantamento de dados dessa análise.	36
Figura 33 - Dente de <i>Petalodontiforme</i> que sofreu abrasão extensa. Escala 1cm. Ao lado detalhe da dentina trabecular exposta. Amostra 1-II-1. Escala 1mm.	37
Figura 34 – A) Dente de <i>Xenacanthiformes</i> com quebra natural na ponta da cúspide. Escala 1mm. B) O mesmo tipo de dente descrito por Ragonha (1984) na Formação Corumbataí. Escala 5mm.	37
Figura 35 - Detalhe do espinho de <i>Ctenacanthiformes</i> destacando os tubérculos da Formação Tatuí. Escala 2mm.	38
Figura 36 - Dente de <i>Hybodontiforme</i> com Estágio 1 de abrasão ainda apresentando as cúspides secundárias. Amostra 1-IA-37. Escala 2mm.	38
Figura 37 - Escamas desgastadas de <i>paleonisciformes</i> . Amostras 1 -II - 4a,4b,4c. Escala 1mm.	39
Figura 38 - Dente muito desgastado de <i>paleonisciforme</i> . Amostra 1-IA-5. Escala 1mm.	39
Figura 39 – Imagem de uma escama fragmentada de <i>Actnistia</i> encontrada na Formação Tatuí. 1-IF-26. Escala 0,3mm.	39
Figura 40 – A) Dente labirintodonte sem abrasão (Davis, 2003). B) Espécime coletada com abrasão extensa. Amostra 1-II-5.	40

- Figura 41** - Escamas cosmóides de *Actinistias* da Formação Taquaral. A) escama fragmentada com a estrutura interna preservada encontrada na camada D. Amostra 1-TB-3. B) escama completa com os canais tubulares preservados da camada E. Amostra 1-TM-4. Escalas 0,5 mm. 40
- Figura 42** - Parte óssea não identificada de *Osteichthyes* encontrada na camada D. Amostra 1-TB-4. Escala 0,5 mm. 41
- Figura 43** - Dente de *Paleonisciformes* com a parte externa da fuste dissolvida pelo intemperismo. Escala 0,5mm. Amostra 1-TB-2. 41

1. IDENTIFICAÇÃO

Número: 2003/13

Título do Projeto: Paleoictiologia do topo da Formação Tatuí e base da Formação Taquaral (Subgrupo Irati), Permiano, Alto Estrutural de Pitanga, região de Rio Claro, SP

Nome do Aluno: Artur Chahud

Nome do Orientador: Thomas Rich Fairchild

2. RESUMO

A passagem das formações Tatuí e Taquaral (Permiano) nos municípios de Ipeúna e Rio Claro, SP, é comumente marcada pelo contato entre arenitos conglomeráticos, ricamente fossilíferos, do topo da Formação Tatuí com os folhelhos da Formação Taquaral, também fossilíferos. O conteúdo fóssil dessas litologias compreende escamas, dentes e espinhos de vários tipos de peixes e dentes de labirintodontes, sempre desarticulados e dispersos. A variedade de Chondrichthyes no arenito conglomerático já foi assunto de trabalhos anteriores, mas os Osteichthyes não. O presente trabalho apresenta um apanhado descritivo e tafonômico dos fósseis desta transição. Na Formação Tatuí, os Chondrichthyes são representados por dentes maciços de Petalodontiformes (de ambiente marinho costeiro) com indícios de abrasão significativa; por dentes quebrados, desgastados ou não, de Xenacanthiformes (fluvial); por três dentes isolados de Hybodontoides (marinho e fluvial); e por um único espinho de Ctenacantoidea (marinho e fluvial). Na Formação Taquaral, os Chondrichthyes são representados por apenas um dente fragmentado de Petalodontiformes. A paleoictiofauna de Osteichthyes é semelhante nas duas formações, sendo composta de dentes e escamas ganóides de Paleonisciformes e escamas cosmóides de Actinistia. A preservação dos elementos ósseos é melhor na Formação Taquaral do que na Formação Tatuí, revelando pouca abrasão e processos articulares em escamas. Na Formação Tatuí, o material apresenta-se fragmentado e desgastado, embora muito mais abundante. Também são encontrados dentes labirintodontes (tetrápodes primitivos e peixes Rhipidistia) na Formação Tatuí com diferentes tipos de preservação. Para a fácies conglomerática, a mistura de elementos marinhos e continentais sugere um caráter marinho costeiro com forte influência continental para a transição entre as unidades.

3. ABSTRACT

The transition between the Tatuí and Taquaral Formations (Permian) in the municipal districts of Ipeúna and Rio Claro, SP, is commonly marked by the contact between richly fossiliferous conglomeratic sandstones of the Tatuí Formation with fossiliferous shales of the Taquaral Formation. The fossil content of these units includes scales, teeth and spines of several types of fish as well as labyrinthodont teeth, all of which are always disarticulated and dispersed. The variety of Chondrichthyes in the conglomeratic sandstone has been studied previously, but not the Osteichthyes. The present study focusses upon the description and taphonomy of the fossils of this transition. In the Tatuí Formation, Chondrichthyes are represented by massive teeth of Petalodontiformes (of a coastal marine habitat) with significant abrasion; by broken teeth, abraded or not, of Xenacanthiformes (fluvial habitat); by three isolated teeth of Hybodontoides (marine and fluvial habitats); and by a single spine of Ctenacantoidea (marine and fluvial habitats). In the Taquaral Formation, Chondrichthyes are represented by just one fragmented petalodontiform tooth. The osteichthyan paleoictiofauna is similar in the two formations, consisting of teeth and paleonisciform ganoid scales of and actinistian cosmoid scales. The preservation of skeletal elements in the Taquaral Formation, characterized by articular processes in scales and little evidence of abrasion, is better than in the Tatuí Formation. In the Tatuí Formation, the material is fragmented and abraded, although much more abundant. Labyrinthodont teeth (representing primitive tetrapods or rhipidistian fish) are also found in varied stages of preservation within the Tatuí Formation. The fossiliferous conglomeratic bed transition among the units thus contains a mixture of marine and continental elements. It may have been deposited in a coastal marine setting having a strong continental influence.

4. INTRODUÇÃO

O Alto Estrutural de Pitanga, a W e SW de Rio Claro, SP, expõe diversas unidades estratigráficas neopaleozóicas e mesozóicas da margem leste da Bacia do Paraná, várias das quais fossilíferas. Tanto no Grupo Tubarão como no Grupo Passa Dois, por exemplo, são conhecidos restos fósseis de peixes nessa região. O limite entre esses dois grupos é marcado, regionalmente, pelo contato entre arenitos conglomeráticos da Formação Tatuí, comumente ricos em dentes e escamas de condríctes e paleonisciformes, e os folhelhos cinza esverdeados da Formação Taquaral, com conteúdo paleoictiológico semelhante. Embora parte da variedade de

condrictes dessas formações permianas tenha sido estudada anteriormente por Ragonha, 1978, em sua dissertação de mestrado, Chondrichthyes do Membro Taquaral, os outros peixes receberam pouca atenção e as concentrações paleoictiológicas nunca foram abordadas do ponto de vista tafonômica.

A pesquisa realizada tratou da identificação e análise tafonômica de restos de peixes na transição da Formação Tatuí (Petri, 1964; Soares & Landim, 1973) para a Formação Taquaral (Barbosa & Almeida, 1948; Hachiro, 1991), ambas de idade permiana, justamente no limite entre os grupos Tubarão e Passa Dois.

O projeto se justifica pelos esclarecimentos que são esperados em relação à diversidade, paleoecologia e, potencialmente, evolução da ictiofauna nessas formações e pelas inferências sobre paleoambiente (marinho vs. continental), modos de deposição e natureza do contato (concordante vs. discordante) entre as formações que a abordagem tafonômica deve fornecer.

5. METAS E OBJETIVOS

O Trabalho de Formatura aqui apresentado teve como objetivos caracterizar, morfologicamente, os restos de peixes (dentes, escamas, ossos, espinhos) presentes no topo da Formação Tatuí e base da Formação Taquaral, buscar possíveis afinidades biológicas deste material e identificar assinaturas tafonômicas (bioestratinômicas e diagenéticas) para poder elaborar hipóteses paleoecológicas, sedimentológicas e paleobiológicas de uma concentração.

6. SÍNTESE BIBLIOGRÁFICA E GEOLOGIA REGIONAL

O Alto Estrutural de Pitanga, entre Piracicaba e Rio Claro, SP, expõe praticamente toda a seção neopaleozóica-mesozóica da borda leste da Bacia do Paraná, começando com o Grupo Tubarão (Subgrupo Itararé e Formação Tatuí), passando pelo Grupo Passa Dois (formações Taquaral, Assistência, Serra Alta e Corumbataí) e terminando com o Grupo São Bento (formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral). Esta sucessão é recoberta por depósitos cenozóicos da Formação Rio Claro e coberturas de colúvio e aluvião (Soares & Landim, 1973; Souza-Filho, 1983; Sousa, 1997).

A Formação Tatuí ("Tatuhy") foi criada por Washburne (1930) para rochas de idade permo-carbonífera de deposição pós-glacial. Esta unidade geológica era marcada por um conglomerado no topo na região de Pitanga, SP, marcando uma transição de água doce para marinha. Almeida e Barbosa (1953) e Barbosa e Gomes

(1958) identificaram as rochas descritas por Washburne (1930) como o Membro Tatuí na Formação Itapetininga.

Almeida e Barbosa (1953) e Barbosa e Gomes (1958) classificaram essas rochas descritas por Washburne (1930) como pertencentes a Formação Itapetininga, cujo Membro Tatuí foi descrito por conter rochas de deposição em ambiente marinho de águas rasas e mornas com deposição lenta em fundo lodoso, apresentam caráter arenoso de coloração esverdeada. Foram observadas camadas de calcário e lentes de sílex no topo e no oeste da quadricula de Piracicaba encontra-se um fino conglomerado sílexítico, observados também por Ragonha (1978). Poucos fósseis foram descritos, apenas prováveis espículas de espongiários e restos vegetais na região de Anhembi.

Petri (1964) sugere uma classificação antiga se referindo as rochas esverdeadas de deposição posterior ao evento de glaciação como pertencentes à Formação Tatuí, termo usado atualmente, e descreveu como tendo origem continental e não marinha como Almeida e Barbosa (1953) e Barbosa & Gomes (1958) sugeriram.

Soares (1972), Soares & Landim (1973) e Landim & Fúlfaro (1972) consideram a Formação Tatuí como formada por dois membros: o membro inferior constituído de rochas vermelho amarronzadas e o membro superior constituído de siltitos amarelados e esverdeados na parte inferior, acinzentadas na superior e, localmente ocorrem siltitos pretos carbonosos. Soares (1972) ainda menciona um conglomerado que se localiza no topo da Formação Tatuí, como Conglomerado Imbicatu.

Recentemente Riccomini et al. (1997) caracterizaram o topo da Formação Tatuí constituída de arenitos conglomeráticos e arenitos siltosos maciços com precipitação de carbonatos e silificação hidrotermal. Este evento hidrotermal no topo da formação teve uma origem no magmatismo cretáceo da Formação Serra Geral.

Rochas equivalentes à Formação Taquaral foram registradas, primeiramente, por White (1908), que descreveu-as como parte de um pacote espesso de “schisto” preto que se estendia de São Paulo ao Paraná. Este pacote possuía, contudo, nódulos de sílex, calcários impuros e dolomitos. Este fato mais a obsolescência do termo “schisto” para rochas sedimentares levaram Oliveira (1940) a denominar esta unidade à Formação Irati. No Estado de São Paulo, Almeida & Barbosa (1953) reconheceu dois membros, o Taquaral, basal, composto de folhelhos cinza esverdeado escuro, e o Assistência, superior, de calcários dolomíticos e pelitos subordinados. Em 1991, Hachiro elevou esses dois membros à categoria de formação e a Formação Irati à categoria de subgrupo.

As características litológicas do Membro Taquaral apresentam-se muito uniformes e constantes, em toda a sua ocorrência: folhelhos siltosos cinza escuros,

por vezes físeis ou com laminação plano-paralela, sobrepondo as formações Tatuí no Estado de São Paulo e Palermo no Sul.

Segundo Hachiro (1991), o contato entre as formações Tatuí e Taquaral é gradacional, com o início da Formação Taquaral colocado no nível onde folhelhos cinza escuros predominam sobre os arenitos típicos da Formação Tatuí. Na região do alto estrutural de Pitanga, no entanto, rochas relativamente grossas, ora mais conglomeráticas, ora mais arenosas, comumente ricas em restos dispersos de peixes, interpretados por Hachiro (1991) como tempestitos proximais da base da Formação Taquaral, servem como marco estratigráfico regional para o limite entre as duas formações. Essa hipótese encontra ressonância no trabalho de Riccomini *et. al.* (1997), que descreveram, no topo da Formação Tatuí, arenitos conglomeráticos, arenitos siltosos maciços e até rochas carbonáticas (calcarenitos e microbialitos), localmente silicificados por hidrotermalismo cretácico associado ao vulcanismo Serra Geral, na parte centro-norte da região.

O termo Formação Taquaral foi utilizado primeiramente por Hachiro *et al.* (1993) como unidade basal do Sub-Grupo Irati dentro do grupo Passa Dois. Nesse sentido este termo foi utilizado neste trabalho.

O conteúdo fóssil das formações Tatuí e Taquaral tem recebido muito menos atenção do que o da Formação Assistência, sobreposta à Taquaral, famoso por seus mesossaurídeos. Como resumido em Mezzalana (1989, 2000), o conteúdo fóssil, formalmente descrito, da Formação Tatuí *inteira* no Estado de São Paulo restringe-se a pouquíssimas ocorrências e a poucos grupos: restos vegetais carbonizados, espículas de esponja poliaxiais, três espécies de foraminíferos, cinco espécies de artrópodes (um conchostráceo, quatro isópodes) e uma espécie de peixe paleonisciforme (Ragonha, 1985).

A Formação Taquaral é portadora de palinórfos (acritarcas marinhos e grãos de pólen), espículas silicosas de esponja, o crustáceo *Clarkecaris brazilicus*, e escamas, dentes, espinhos de vários grupos de condríctes e de paleonisciformes. É mister observar que esses palinórfos e restos de peixes provêm de uma lente areno-conglomerática descritos da base da Formação Taquaral (que no presente estudo se entende como o topo da Formação Tatuí) próximo a Itapetininga (Ragonha, 1978; Marasco *et. al.*, 1993).

7. MATERIAL E MÉTODOS

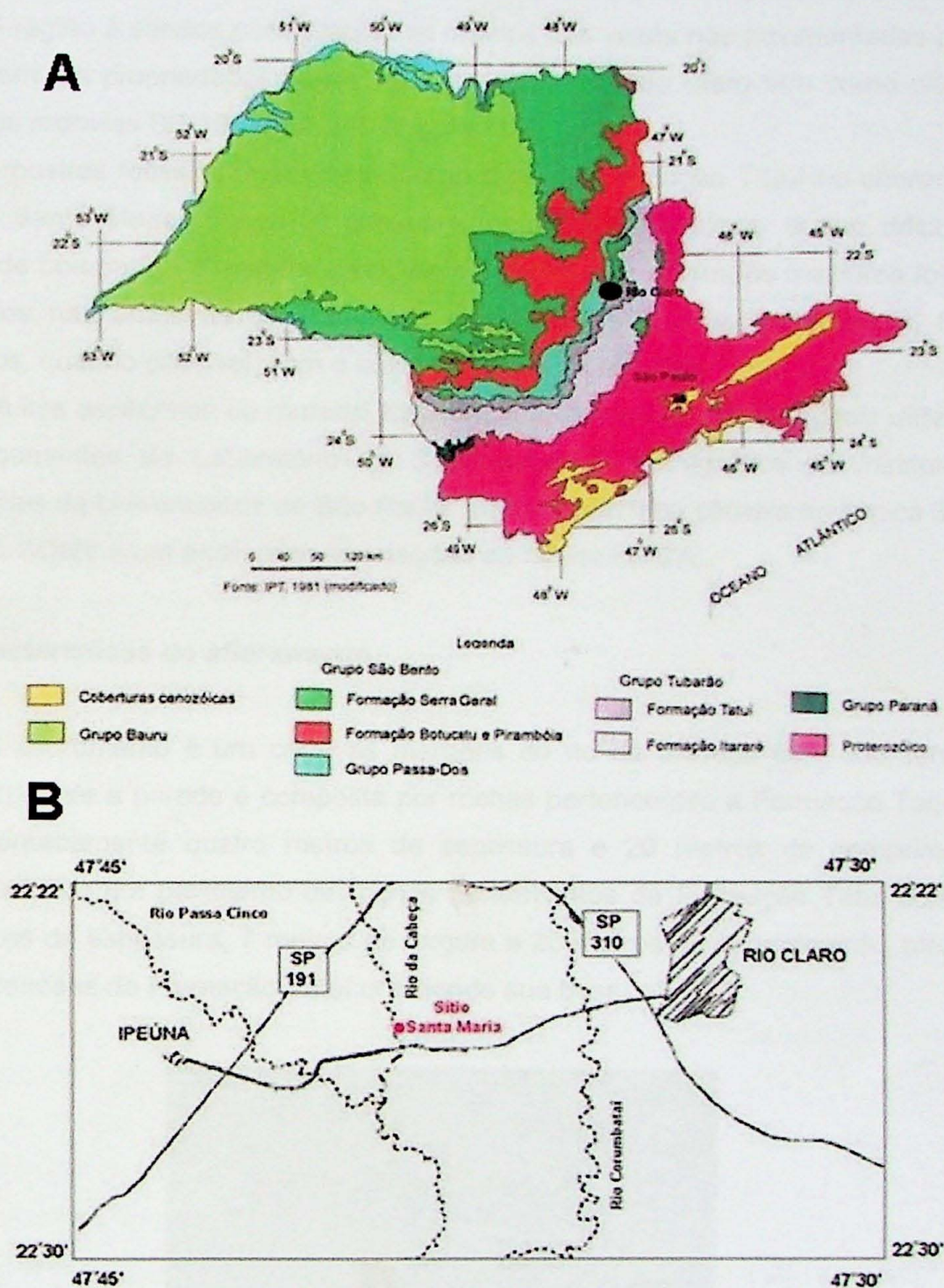


Figura 1 – A) Mapa geológico do Estado de São Paulo, destacando a Formação Tatui e o Grupo Passa Dois (Formações Taquaral, Assistência e Corumbataí). B) Mapa da região de Rio Claro e Ipeúna, destacando o Sítio Santa Maria (Modificado de Toledo, 2001).

A pesquisa foi realizada em um afloramento no Sítio Santa Maria, a 7 km a leste de Ipeúna na antiga estrada Ipeúna – Rio Claro (Figura 1a e 1b), com

coordenadas UTM: 0227055/7517325 na parte superior da Formação Tatuí e nos primeiros metros da Formação Taquaral, que se encontra bem exposta no local.

A região é servida por estradas na maioria das vezes não pavimentadas por se localizarem em propriedades rurais. Já o município de Rio Claro tem como principal acesso as rodovias SP-191 e SP-310 (Figura 1b).

Amostras fossilíferas já coletadas do topo da Formação Tatuí no afloramento do Sítio Santa Maria (Figura 2) possuem matriz siltico-argilosa, o que dificulta a retirada de boa parte do material fóssil, sem danificá-los. Assim, os melhores fósseis, localizados nas amostras com lupa binocular (microscópio estereoscópico), foram removidos, quando possível, com o auxílio de pinças e agulhas.

Muitos espécimes do material foram registrados em imagens digitais utilizando os equipamentos do Laboratório de Sedimentologia Petrográfica do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, que incluem uma câmera analógica 3CCD da marca SONY e um analisador de imagens da marca LEICA.

7.1. Características do afloramento

O afloramento é um corte as margens do rio da Cabeça com coordenadas (Figura 2), onde a parede é composta por rochas pertencentes a Formação Taquaral de aproximadamente quatro metros de espessura e 20 metros de comprimento. Ocorre também um pavimento de rochas pertencentes da Formação Tatuí com 7,5 centímetros de espessura, 7 metros de largura e 20 metros de comprimento, além de rochas arenosas da Formação Tatuí compondo sua base.



Figura 2 - Contato entre as Formações Tatuí e Taquaral, Sítio Santa Maria, Rio Claro, SP.

Foram observadas cinco unidades litológicas (Figura 3) definidas com as seguintes características observadas em campo:

Camada A: *Formação Tatuí* – É representada por um arenito fino, amarelado a esbranquiçado com uma seleção boa com apenas alguns grãos maiores. Esta unidade é totalmente afossilífera. Suspeita-se de haver “hummocky cross stratification”, uma vez que esta fácies apresenta esta estrutura em afloramentos próximos. O topo dessa apresenta marcas onduladas paralelas, aparentemente simétricas observadas no topo com cristas orientadas N20E, amplitude menor que 0,5 cm. É observada uma extensa nodulação incipiente dando um aspecto de pequenas “pintas” e de “pele de onça” quando os núcleos são maiores. No afloramento essa camada possui 25 centímetros de espessura, podendo ser maior pois esta ocorrência aparece junto ao rio da Cabeça possuindo uma parte submersa.

Camada B: *Formação Tatuí* – Representada por um arenito muito fino esbranquiçado; localmente amarelo claro (provável alteração de nódulos de pirita?). Possui aproximadamente 8 cm de espessura. Apresenta estrutura maciça e seleção granulométrica excelente. Apresentam icnofósseis tubulares (excavações) localizados no topo e preenchidos por sedimentos grossos cinza, com bioclastos, da unidade C. O contato entre as unidades C e B é interpretado como discordante erosivo.

Camada C: *Formação Tatuí* – Arenito médio a grosso conglomerático; Os grânulos são muito comuns, mas também podem ser encontrados até pequenos calhaus. Espessura média é de 8 cm. Sua cor varia de cinza clara a média com porções mais escuras. Apresenta uma estratificação cruzada irregular por todo afloramento. É abundantemente fossilífero com uma grande diversidade de escamas, dentes, espinhos e ossos. São observados nódulos de pirita, alguns com vários centímetros em sua dimensão maior.

Camada D: *Formação Taquaral* — caracteriza-se por uma rocha siltica-arenosa para um arenito fino. Sua coloração é cinza claro a médio. Sua espessura é irregular variando em média de 1,5 cm. Possui uma laminação plano-paralela horizontalizada (sub-milimétrica em amostra de mão). É pobremente fossilífera. Aparentemente representa uma fase transicional entre as unidades C e E

Camada E: *Formação Taquaral* -- caracterizada por uma rocha siltica-argilosa pobremente fossilífera de coloração cinza-escura (quando fresco e não alterado). A estrutura apresentada representa uma estratificação plano-paralela horizontalizada. Ocorrem pequenos nódulos de pirita dispersos no sedimento; Possui 3,5-4 m de espessura no mínimo; Empastilhamento intempérico; Seleção textural excelente.

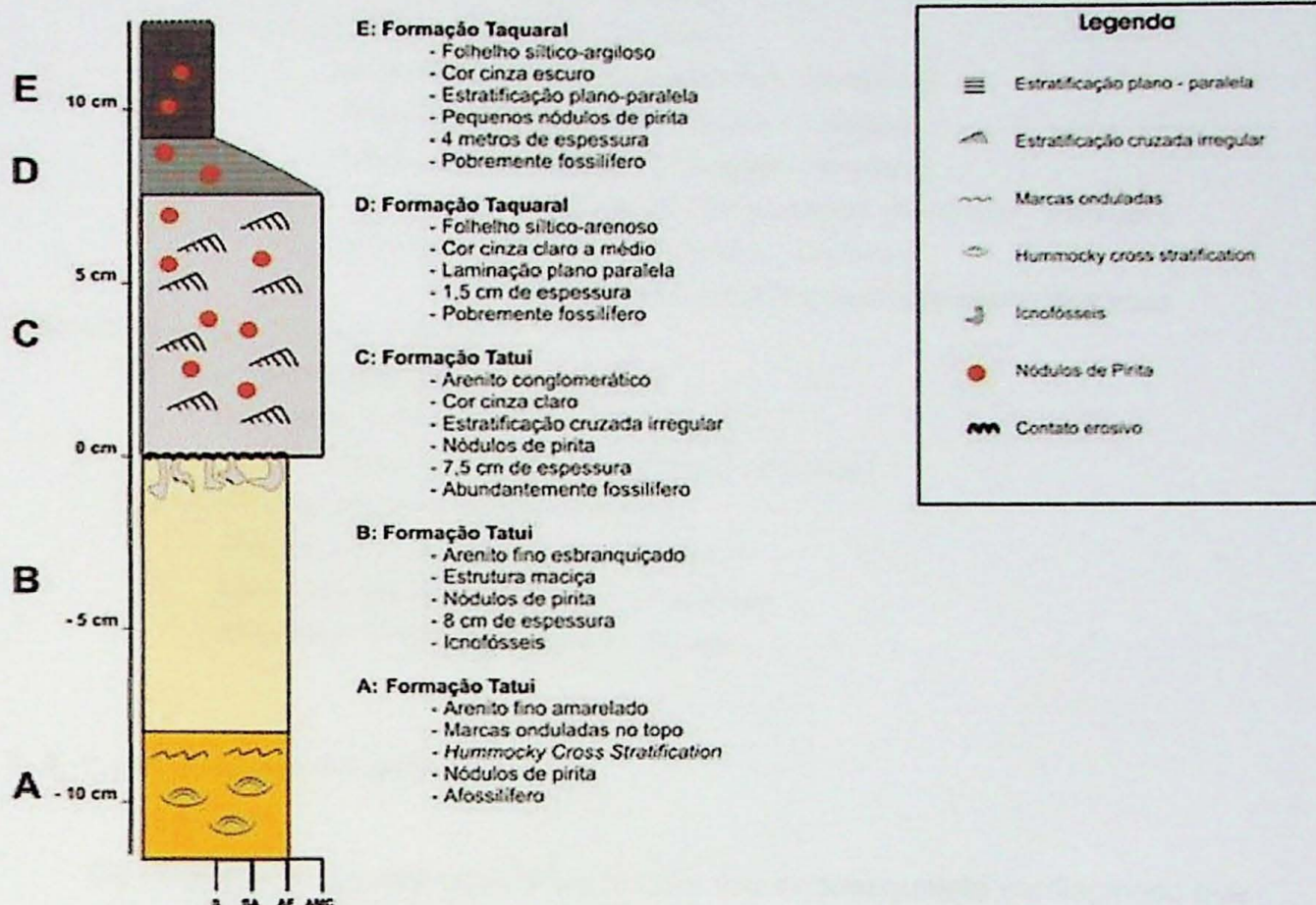


Figura 3 - Seção colunar. O 0 marca a base da camada fossilífera do topo da Formação Tatui.

7.2. Metodologia para o estudo taxonômico

O estudo da morfologia externa e da histologia de restos de peixes, tais como escamas, espinhos, vértebras e dentes, pode levar à identificação taxonômica em nível de gêneros e espécies. Em alguns casos, se tratando dos peixes ósseos primitivos, os Paleonisciformes, a classificação genérica ou específica exige conhecimento de elementos estruturais adicionais, como articulação do esqueleto ou/e forma do corpo (Würdig-Maciel, 1975). No presente trabalho, restos de peixes foram caracterizados taxonomicamente no nível de ordem quando os caracteres preservados e seu estado altamente desarticulado permitiram. Dessa forma, no afloramento estudado, foram identificados os membros dos grupos de peixes listados abaixo, de acordo com a classificação baseada em Ragonha (1978), Carroll (1988), Long (1995), Nelson (1994) e Richter et. al. (2000).

Classe Chondrichthyes (Siluriano – Recente)

Subclasse Elasmobranchii (Devoniano – Recente)

Coorte Euselachii (Devoniano – Cretáceo)

Ordem Petalodontiformes (Carbonífero – Permiano)

Ordem Xenacanthiformes (Devoniano – Triássico)

Ordem Ctenacanthiformes (Devoniano – Permiano)

Superfamília Ctenacantoidea (Devoniano – Permiano)

Ordem Hybodontiformes (Carbonífero – Cretáceo)

Superfamília Hybodontidea (Carbonífero – Cretáceo)

Classe Osteichthyes (Siluriano – Recente)

Subclasse Actinopterygii (Siluriano – Recente)

Infraclasse Actinopteri (Siluriano – Recente)

Ordem Paleonisciformes (Siluriano – Cretáceo)

Subclasse Sarcopterygii (Devoniano – Recente)

Infraclasse Actinistia (Devoniano – Recente)

Infraclasse Rhipidistia (Devoniano – Permiano)

Infraclasse Tetrapoda (Devoniano – Recente)

7. 2. 1. Classe Chondrichthyes

Os Chondrichthyes são caracterizados por seu endoesqueleto cartilaginoso que pode ser calcificado superficialmente. Esta classe é dividida nas subclasses Holocephali e Elasmobranchii (Long, 1995), das quais somente esta última foi identificada no presente estudo.

7. 2. 1. 1. Subclasse Elasmobranchii

A Subclasse Elasmobranchii diversificou-se no Neopaleozóico, com destaque para a ordem primitiva Cladoselachiformes, exemplificada por *Cladoselache* do Neodevoniano da América do Norte (Long, 1995). No Permiano os Elasmobranchii ocuparam os mais diversos ambientes, invadindo, inclusive, águas continentais. Atualmente o grupo é representado pelos tubarões e raias.

7. 2. 1. 1. 1. Ordem Petalodontiformes

Os petalodontes (Ordem Petalodontiformes) foram um grupo primitivo de Elasmobranchii que viveu exclusivamente no Carbonífero e Permiano. Receberam este nome por apresentar uma dentição composta de placas dentárias em formato de “pétala” (Figuras 4A, B e C). Os dentes formavam um pavimento de trituração na boca

do animal (Ragonha, 1978). Apresentavam dentes sinfisiais que davam à boca do peixe o aspecto de “bico de papagaio” (Toledo, 2001). Eram semelhantes às raias atuais, com corpo achatado dorso-ventralmente (Figura 5) e se locomoveram lentamente no fundo do mar próximo à costa (Lund, 1977a,1977b,1983; Nelson, 1994; Ragonha, 1978; Toledo, 2001). Por essa razão os petalodontes são bons indicadores de paleoambiente marinho (Ragonha, 1978).

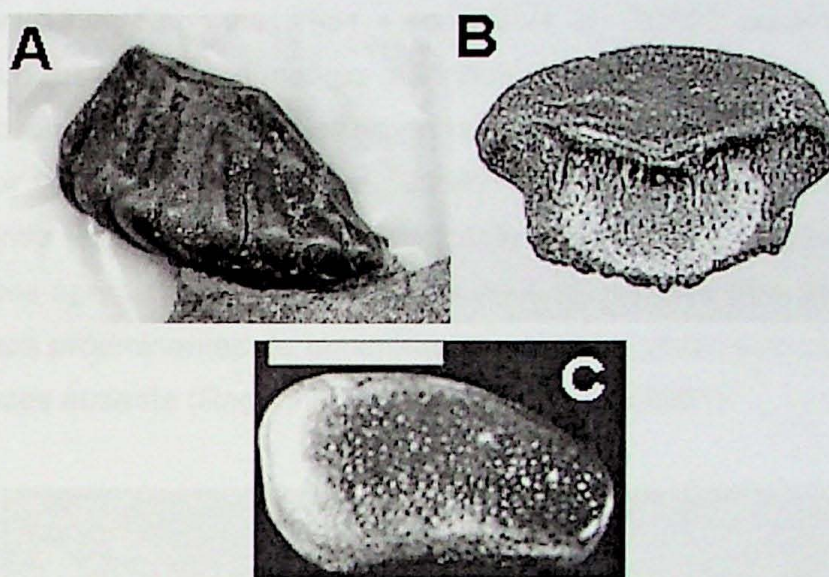


Figura 4 – A) Dente maciço triturante de *Janassa sp* (Vencevich, 2002), Carbonífero da América do Norte. B) Dente de *Petalodus sp.* mostrando forma parecida com uma “pétala” (Vencevich, 2002), Carbonífero da América do Norte. C) dente de petalodonte descrito por Ragonha (1978), Permiano da bacia do Paraná. (Escala 0,5cm).

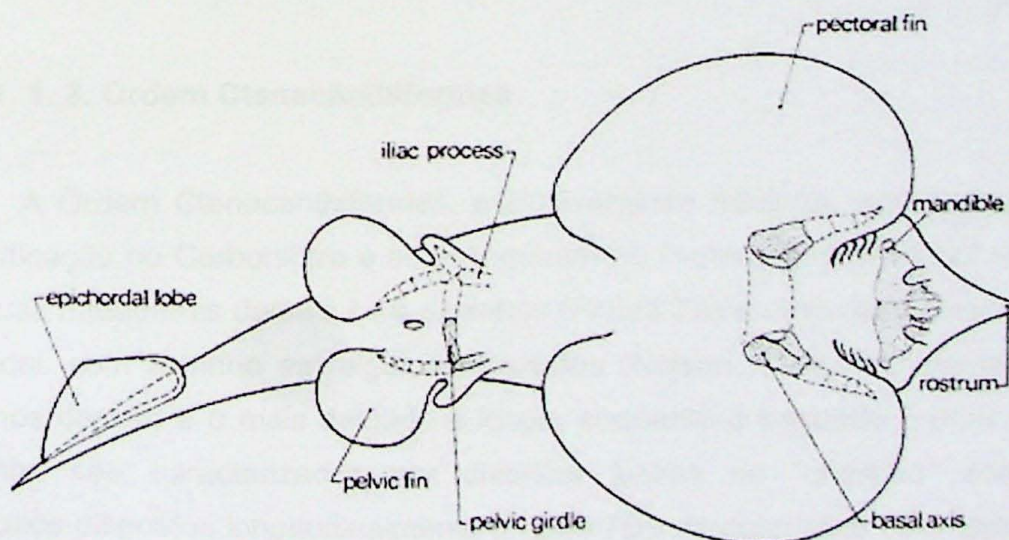


Figura 5 - Reconstituição esquematizada da parte ventral de um peixe petalodonte, *Janassa bituminosa* (Moy-Thomas, 1971) do Carbonífero da Alemanha.

7. 2. 1. 1. 2. Ordem Xenacanthiformes

Os Xenacanthiformes foram um grupo de Elasmobranchii que viveu do Carbonífero ao Triássico. A característica principal dos Xenacanthiformes é a presença de nadadeira dorsal alongada e nadadeira caudal dificerca. Possuíam duas barbatanas anais, além de um espinho cefálico que se afina até terminar em uma pequena fileira de farpas em sua extremidade (Richter et. al. 2000). Habitavam rios e lagos (Nelson, 1994, Ragonha, 1984 e Richter et. al., 2000), porém não é incomum encontrar seus restos em sedimentos marinhos costeiros. Por isso, Long (1995) não descarta a possibilidade de espécies marinhas ou de águas salobras.

Apesar da anatomia dos Xenacanthiformes ser conhecida, raramente esta se preserva, sendo mais comum sua identificação através dos dentes (Figura 6). Em geral os dentes apresentam uma base larga prolongada para trás com duas cúspides laterais cônicas proeminentes de tamanhos diferentes e uma cúspide mediana central menor, às vezes ausente (Ragonha, 1978, 1984; Toledo 2001).

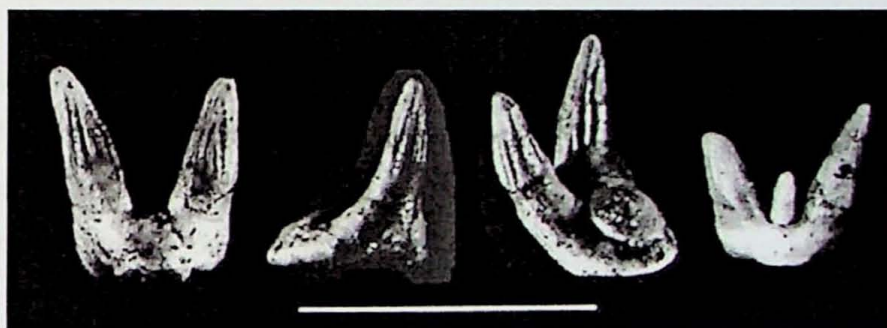


Figura 6 - Dentes de Xenacanthiformes da Formação Corumbataí em São Paulo, vistos em diferentes posições. Escala 5 mm (Adaptado de Ragonha, 1984).

7. 2. 1. 1. 3. Ordem Ctenacanthiformes

A Ordem Ctenacanthiformes, exclusivamente marinha, apresentou sua maior diversificação no Carbonífero e se extinguiram no Permiano. A principal característica são duas nadadeiras dorsais com espinhos (Figura 7A) e uma nadadeira anal próximo a caudal, com espinho em algumas espécies (Nelson, 1994). O primeiro dos dois espinhos dorsais é o mais delgado e longo, enquanto o segundo é mais robusto. Os espinhos são caracterizados por diversas fileiras de “costelas” compostas de tubérculos dispostos longitudinalmente (Figura 7B), característica esta que foi utilizada para a identificação destes animais por Ragonha (1978) e no presente estudo.

Também podem ser identificados a partir de suas escamas, como fez Díaz-Saravia (2001) em estudo de Ctenacanthiformes do Neocarbonífero da Argentina.

A dentição era composta de fileiras de dentes, cada um composto de uma base e três cúspides proeminentes de tamanho similar.

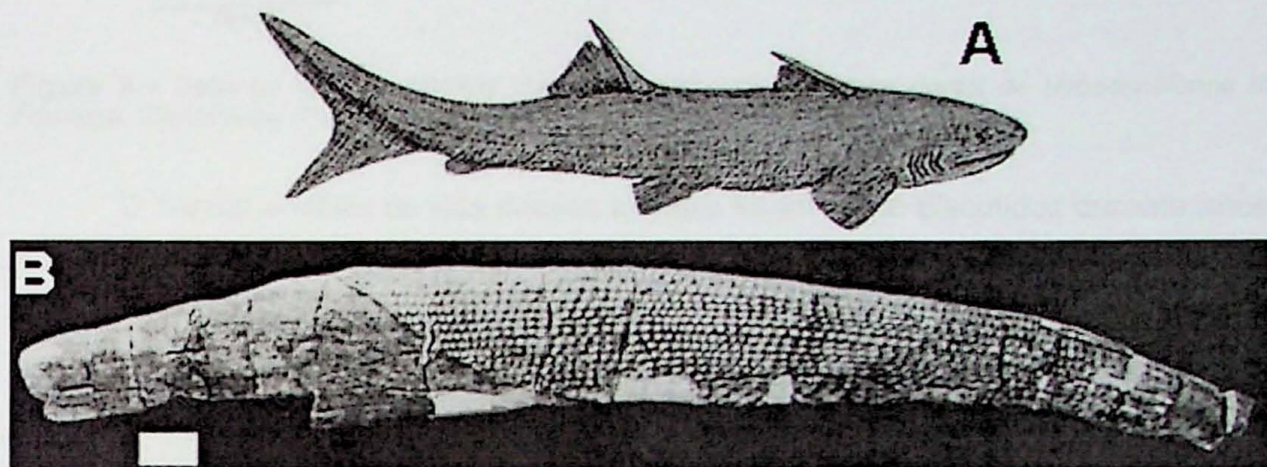


Figura 7 – A) Reconstituição de *Ctenacanthus* sp. (Murphy, 2002). B) Espinho de *Ctenacanthus maranhensis*, do Eopermiano da Formação Pedra do Fogo, onde é possível observar as costelas compostas por fileiras de tubérculos. Escala 1 cm. (Ragonha, 1978)

O habitat desses peixes é incerto. Segundo Ragonha (1978), os Ctenacanthiformes eram peixes típicos de ambiente marinho, porém estudos realizados por Baird (1978) indicam que ocasionalmente são encontrados como fósseis em meio lacustre ou fluvial.

7. 2. 1. 1. 4. Ordem Hybodontiformes

Os Hybodontiformes foram um grupo de tubarões primitivos que viveram do Neopaleozóico até o Mesojurássico. A forma do corpo era similar ao dos Ctenacanthiformes, porém o que os diferenciava eram a estrutura dos espinhos e os dentes.

Os espinhos dos Hybodontiformes não possuem costelas compostas de fileiras de tubérculos e sim fileiras de costelas simples separadas por sulcos intercostais (Figura 8) (Ragonha & Silva Santos, 1987).



Figura 8 - Desenho feito em câmara clara de espinho de nadadeira dorsal de Hybodontiforme da Formação Corumbataí (Ragonha & Silva Santos, 1987). Escala 10cm.

O habitat e modo de vida desses animais foram muito discutidos durante anos. A teoria mais aceita atualmente é que os Hybodontiformes eram peixes que viveram tanto em ambiente marinho como continental.

Os Hybodontiformes possuíam uma fileira de dentes, cada um caracterizado por uma base grande com cúspide central proeminente e cúspides laterais bem menores (Figura 9).

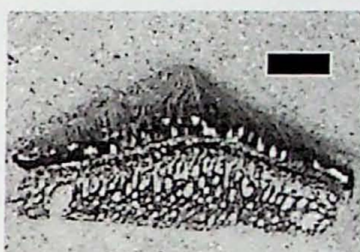


Figura 9 - Dente de Hybodontiforme (Clark, 2002) Permiano da Inglaterra. Escala 5mm

Segundo Richter et. al. (2000), os Hybodontiformes teriam substituído os Ctenacanthiformes no Mesozóico, quando alcançaram seu clímax evolutivo.

7. 2. 2. Classe Osteichthyes

Esta classe caracteriza-se por possuir esqueleto ósseo verdadeiro, ao contrário dos peixes cartilaginosos, e uma pele coberta por escamas mesodérmicas (ciclóides, ctenóides, ganóides, etc.). A respiração é feita por pares de brânquias, em arcos branquiais ósseos dentro de uma câmara recoberta por um opérculo (Nelson, 1994; Long, 1995).

7. 2. 2. 1. Subclasse Actinopterygii

Os Actinopterygii são peixes ósseos de nadadeiras radiadas formadas por vários raios dérmicos. Tiveram sua origem no Neossiluriano com registros de algumas

escamas isoladas (Nelson, 1994; Richter *et. al.*, 2000). Atualmente esta variedade representa a maior parte dos peixes conhecidos.

7. 2. 2. 1. 1. Ordem Paleonisciformes

Os primeiros Actinopterygii são chamados de Paleonisciformes (Poplin & Lund, 2002). É um grupo parafilético muito comum no Paleozóico que inclui diversas formas primitivas. Foram, porém extintos no Eocretáceo. A classificação dos Paleonisciformes é complexa, baseada nas nadadeiras ou em sua morfologia externa, quando preservada (Dunkle & Schaeffer, 1956 e Ragonha, 1985). Por esse motivo, quando os restos fósseis se tratam apenas de escamas ou dentes (Figura 10A e B) desarticulados, não é possível uma classificação mais detalhada que ordem.

Apresentam escamas ganóides com forma rômbrica e um mecanismo articular conhecido como *peg-and-socket* (Figura 10B). Nessa variedade a escama ganóide apresenta uma camada de osso lamelar, uma camada de ortodentina e uma cobertura de esmalte ectodérmico (ganoína) (Richter *et al.*, 2000). Isto proporcionou aos Paleonisciformes uma escama grossa e resistente que pode ser bem preservada em diversos ambientes.

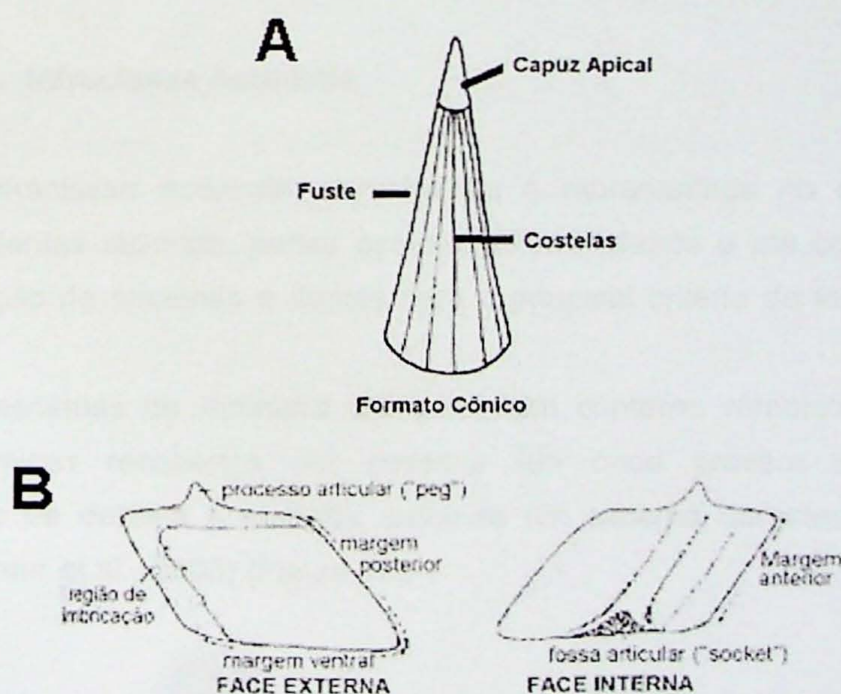


Figura 10 – Esquema de dente e escama de Paleonisciformes (Richter *et. al.*, 2000)

O dente paleonisciforme tem formato cônico reto, curvo ou sigmoidal (Würdig-Maciel, 1975; Richter, 1985; Richter *et al.*, 1985; Schultze, & Bardack, 1987; Richter, 2002) e é constituído de uma fuste basal e um capuz apical de formato cônico a

ovóide (Figura 10A). Muitos dentes de paleonisciformes possuem costelas longitudinais na fuste ou no capuz apical.

7. 2. 2. 2. Subclasse Sarcopterygii

A subclasse Sarcopterygii compreende quatro grupos de peixes que foram muito comuns no passado: Dipnoiformes, Onychodontia, Actinistia e Rhipidistia. Desta linhagem de peixes ósseos surgiram todos os Tetrápodes. Hoje existem apenas dipnóicos e Actinistia.

Todos os Sarcopterygii possuem escamas cosmóides (Bryant, 1929, Schultze, 1977; Meinke, 1984; Richter et al. 2000).

As características principais dos sarcopterígeos são a presença de nadadeiras com um único elemento de articulação com as cinturas (úmero ou fêmur). Possuem nadadeiras lobadas em pares, que podem ser carnosas ou musculares, e duas nadadeiras dorsais. A nadadeira caudal pode ser heterocerca ou dificerca. Aparentemente, esses peixes eram adaptados à locomoção nos fundos de rios, lagos e oceanos, como os atuais celacantos (Actinistias atuais) (Richter et al. 2000). Em alguns casos (como nos dipnóicos) ocorreu o desenvolvimento de pulmões.

7. 2. 2. 2. 1. Infraclasse Actinistia

A infraclasse Actinistia normalmente é representada no registro fóssil por escamas, dentes isolados, partes ósseas, peixes inteiros e até coprólitos. Porém a caracterização de escamas e dentes será o principal critério de identificação destes animais.

As escamas de Actinistia em geral têm contorno rômboico e compreendem ossos dérmicos recobertos por cosmina (de onde provém seu nome), uma combinação de dentina e esmalte, exibindo um sistema característico de poros e canais (Richter et al., 2000) (Figura 10).

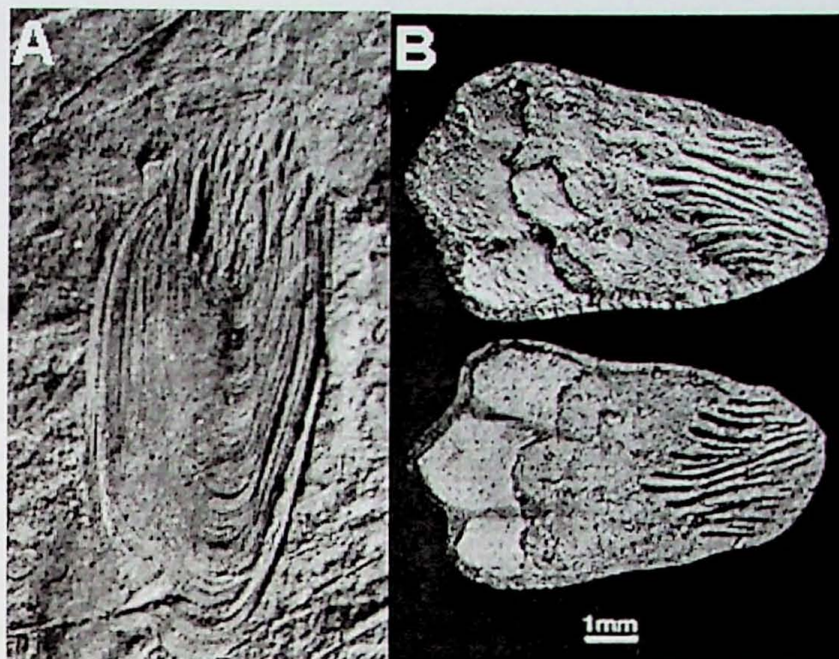


Figura 11 – À esquerda, escama cosmóide de *Actinistia* (Bryant, 1929) Permiano do Subgrupo Irati em São Paulo . À direita, escama de celacantídeo descrita por Richter (1985) Permiano do Subgrupo Irati em São Paulo.

7. 2. 2. 2. 2. Infraclasse Rhipidistia e Tetrápodes basais (Labirintodontes)

Os Rhipidistia foram um grupo de peixes que se desenvolveu exclusivamente no paleozóico. Tinha como característica principal uma dentição labirintodonte (Figura 12) que persistiu ainda nos primeiros tetrápodes, como *Ichthyostegalia* e *Temnospondyli* paleozóicos. Essa dentição é caracterizada por grandes dentes palatais com um complexo dobramento da dentina.

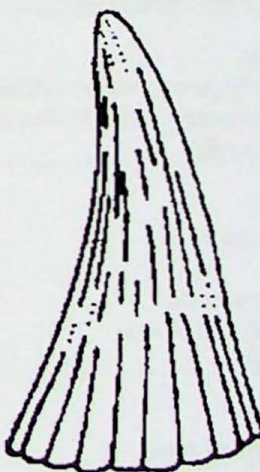


Figura 12 - Reconstituição esquemática da morfologia externa de um dente labirintodonte (Richter et. al. 2000).

Segundo Richter et al. (2000), os dentes *Rhipidistia* ainda possuem uma cobertura completa de esmalte e não apresentam enamelóide.

Nesse trabalho não será possível a distinção de *Rhipidistia* e tetrápodes basais, pois apenas foram encontrados dentes e nenhuma outra parte óssea significativa.

7. 3. Metodologia para a caracterização tafonômica

A tafonomia é uma ferramenta muito útil na interpretação dos processos atuantes na formação de concentrações fósseis. Além disso, tornou-se uma ciência obrigatória para a reconstrução paleoecológica de qualquer comunidade fóssil (Behrensmeyer & Kidwell, 1985; Chahud & Anelli, 2001). A caracterização tafonômica das concentrações fossilíferas permite reconstituir a história bioestratigráfica e diagenética dos fósseis e auxilia na interpretação de questões sedimentológicas e paleobiológicas. A origem de concentrações esqueléticas de vertebrados recentes e fósseis, tanto terrestres como aquáticas, tem sido objeto de estudo de diversos autores (Behrensmeyer, 1982; Behrensmeyer & Kidwell, 1985; Martill & Harper, 1990; Lyman, 1994; Benton, 1997) com vistas ao entendimento e reconstrução paleoecológica de faunas extintas da Europa, África e Ásia.

Behrensmeyer (1991) sistematizou a coleta das evidências tafonômicas em que podem ser observadas e consideradas na análise de concentrações esqueléticas de vertebrados (Tabela 1).

Tabela 1. Evidências tafonômicas que podem ser observadas e comparadas nas acumulações de vertebrados (Modificado de Behrensmeyer, 1991).

Variáveis	Possíveis manifestações no sítio paleontológico
Dados da Assembléia Tamanho da amostragem Abundância relativa Articulação Seleção de partes corporais	10, 100, 1000, 10.000 tamanho da amostragem/espécie ou número de indivíduos/espécies partes articuladas; desarticulada, mas associada; isoladas ou dispersas não selecionado; selecionado
Dados do sítio Área da acumulação Densidade espacial dos fósseis Arranjo espacial Em planta Em perfil Agregados	1m ² ; 100m ² ; 1000m ² 0,1/cm ² ; 1/cm ² ; 10/cm ² ; 100/cm ² ao acaso; orientação preferencial paralelas ao acamamento; discordantes dispersos; agregados
Modificação dos ossos Quebra Abrasão/polimento	osso inteiro; quebrado sem desgaste; com desgaste; polido

A caracterização tafonômica dos restos de peixes nos sedimentos grossos do topo da Formação Tatuí e nos folhelhos da Formação Taquaral precisa levar em conta

a desarticulação, dispersão e estado de preservação dos elementos esqueléticos em questão.

Análises tafonômicas devem se basear no tratamento qualitativo e quantitativo de variáveis tais como dados de sítio, normalmente coletados em campo, e a modificação de partes ósseas (Behrensmeyer & Kidwell, 1985; Behrensmeyer, 1991; Holz, 1998).

7. 3. 1. Tamanho da amostragem

O tamanho da amostragem diz respeito ao número de espécimes que servem como base para a análise tafonômica. É de grande importância para todos os outros aspectos da análise.

O tamanho de amostragem pode parecer óbvio ou de fácil definição em uma assembléia óssea, mas complicações podem surgir quando da definição do que será contabilizado e de como estabelecer comparações entre números obtidos em assembléias diferentes. Por exemplo, todas as partes ósseas podem ser contadas, não importa se identificáveis ou então apenas considerar partes conhecidas do corpo de um determinado táxon em assembléias cujo material ósseo encontra-se muito fragmentado (Behrensmeyer, 1991).

7. 3. 2. Abundância Relativa

A abundância relativa de espécies, ou diversidade ecológica, é comumente usada para descrever comunidades de vertebrados modernos (McArthur, 1957). Partindo deste conceito, paleoecologistas utilizam esse critério para a determinação de ecossistemas antigos (Coombs & Coombs, 1997). A abundância relativa de cada táxon no presente trabalho será calculada com base no seguinte critério proposto por Behrensmeyer (1991):

$$(A \div T) \times 100 = C \%$$

A = Número de espécimes ósseos de um determinado táxon.

T = Número de todos os espécimes ósseos da comunidade.

C = Proporção da abundância relativa de cada táxon em relação ao meio em que habita.

7. 3. 3. Articulação de partes esqueléticas

A presença de partes articuladas é de extrema importância em qualquer trabalho tafonômico, pois permite a caracterização e a interpretação do:

Tipo de deposição: animais encontrados articulados e completos são indicadores de eventos de deposição rápida enquanto animais desarticulados são representativos de deposição em ambientes “destrutivos” de alta energia (Behrensmeyer, 1991).

Tempo de exposição: animais encontrados articulados e completos são indicadores de eventos de pouca exposição não tendo indicadores de atividades predatórias ou de carniceiros (mordidas e ossos roídos) ou rachaduras e abrasão presente causada por intempéries. Porém partes ósseas desarticuladas podem apresentar arredondamento de suas pontas, desgaste de sua superfície ou quebras significativas, que são evidências de exposição antes do seu soterramento final (Badgley, 1986a; 1986b; Behrensmeyer, 1978; Behrensmeyer, 1991; Benton, 1997; Behrensmeyer e Kidwell, 1985).

7. 3. 4. Dados do Sítio

Tamanho da acumulação: É o cálculo da área total efetivamente estudada no afloramento, expresso em m^2 .

Densidade espacial: É o número de fósseis em relação à área da acumulação estudada (N/m^2). A densidade espacial poderá ser baixa ou alta dependendo de como os bioclastos se apresentam em relação a matriz (se em grande quantidade ou não) e a outros fósseis (se estes se tocam ou não). Kidwell e Holland (1991) apresentam um padrão de densidade e dispersão de fósseis baseados em acumulações conchíferas, que será utilizado neste trabalho (Figuras 13A, B e C).

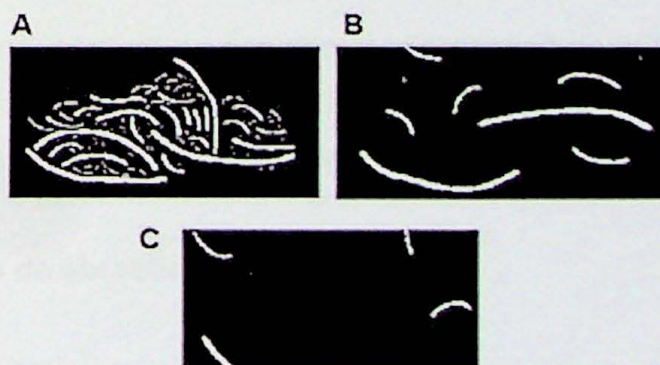


Figura 13 - Ilustrações esquemáticas de empacotamento de assembléias conchíferas. A) Alta densidade com os bioclastos em grande quantidade se tocando; B) Baixa densidade com fósseis em grande

quantidade mas não se tocando; C) Bioclastos dispersos, concentração de fósseis, com fósseis boiando na matriz (Kidwell e Holland, 1991).

Arranjo espacial: O arranjo espacial expressa como a assembléia fóssil esta disposta no afloramento. Behrensmeyer, (1991), sugere os seguintes critérios para definir o arranjo espacial:

- Orientação em planta.
- Orientação em perfil (paralela ou discordante em relação ao acamamento).
- Natureza da acumulação do material fóssil (agregado ou disperso).

7. 3. 5. Modificação Óssea

A análise tafonômica baseou-se no tratamento qualitativo de variáveis tafonômicas relativos a modificação óssea tais como: abrasão, transporte, quebras, articulação e disposição dos fósseis no afloramento (Behrensmeyer, 1991; Behrensmeyer & Kidwell, 1985; Holz, 1998).

O corpo vertebrado é composto de um número grande de ossos que podem se desprender uma vez que o animal está morto, sofrendo em seguida transporte por água ou/e por carniceiros. Até o seu soterramento final, que pode demorar consideravelmente, os ossos podem sofrer grandes modificações e alterações.

7. 3. 5. 1. Quebra de partes ósseas e escamas

As quebras dos elementos esqueléticos auxiliam na identificação de elementos transportados, que sofreram esmagamento, atividades predatórias ou tiveram exposição subaérea (Badgley, 1986a; Behrensmeyer, 1978; Behrensmeyer, 1991 e Chahud & Anelli; 2001). Os critérios utilizados para a determinação da quebra de fósseis foram:

- Sem quebra: Dente, escama ou espinho com presença de 95% ou mais de sua composição, é considerado como completo.
- Quebrado: Ossos escamas e dentes com menos de 95% de sua totalidade.

7. 3. 5. 2. Determinação da abrasão ou polimento

No presente trabalho foram observados dentes, espinhos, escamas e partes ósseas menores de difícil identificação. Para caracterizar o grau de desgaste destas

partes foi utilizado o esquema de Benton, (1997) para discriminar abrasão em dentes de peixe do tipo “cladodonte” (Figura 14);

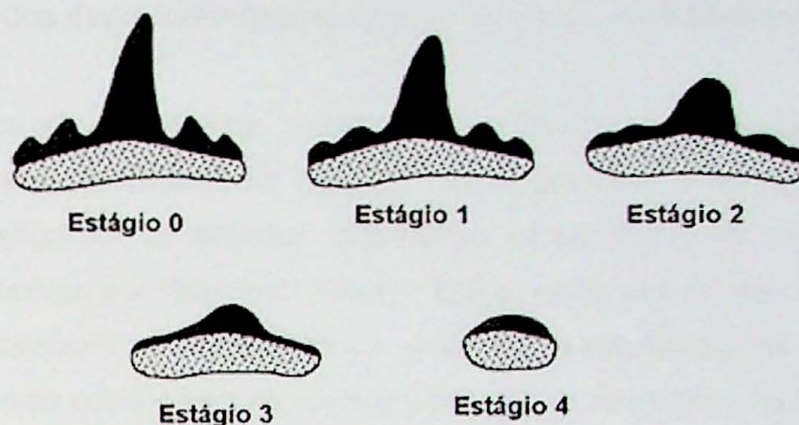


Figura 14 - Fases de abrasão em um dente de *Chondrichthyes* do tipo “cladodonte”.

No Estágio 0 de desgaste, o dente fóssil está inteiro sem alteração aparente, desgaste ou arredondamento de sua cúspide ou de sua superfície. Sua modificação por desgaste e seu arredondamento são graduais, sendo mais facilmente observados nas cúspides (estágios 1 e 2). As cúspides secundárias são as primeiras a desaparecer, no Estágio 3. O desaparecimento total das cúspides caracteriza Estágio 4.

O método citado por Benton (1997) é aplicável a *Chondrichthyes* como os *Hybodontiformes*, *Ctenacanthiformes* e *Xenacanthiformes*. Para *Petalodontiformes* e escamas de *Paleonisciformes* o critério utilizado para a presença ou não de abrasão será indicado pelo desgaste da superfície e arredondamento do fóssil.

8. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O projeto não apresentou maiores problemas para seu desenvolvimento, pois, há tempos, já vinha sendo desenvolvido com intensa pesquisa bibliográfica, o que permitiu adquirir bom conhecimento de identificação de peixes fósseis e trabalhar com o material com antecedência.

O trabalho iniciou com um extenso levantamento bibliográfico de trabalhos específicos sobre técnicas taxonômicas e tafonômicas.

Foram feitas a caracterização e identificação dos restos de peixes das Formações Tatuí e Taquaral a partir do material coletado nos anos 2001 e 2002. Durante o período do trabalho de formatura foram realizados dois trabalho de campo.

O cronograma proposto para o ano foi cumprido (Tabela 2) com a identificação do material fóssilífero e a caracterização de diversas assinaturas tafonômicas. Foi também realizada a confecção de imagens digitalizadas dos fósseis e a sistematização dos dados tafonômicos a partir de dados coletados em laboratório e no campo.

Foi possível caracterizar melhor a diversidade morfológica, taxonômica e tafonômica da paleoicnofauna do topo da Formação Tatuí e da base da Formação Taquaral, investigando localidades fóssilíferas correlacionáveis com as primeiras ocorrências descritas por Ragonha (1978). Essas informações permitiram esclarecer questões paleoambientais (continental vs. marinho), paleobiológicas e estratigráficas. Determinou-se se as concentrações representam peixes marinhos, continentais ou uma mistura e propor alguns mecanismos para sua formação a partir das assinaturas tafonômicas encontradas.

Além de apresentações em painel versando sobre os resultados preliminares do projeto no XVIII Congresso Brasileiro de Paleontologia, com resumo publicado no *Boletim de Resumos* (Chahud & Fairchild, 2003).

Tabela 2. Cronograma realizado durante a realização do Trabalho de Formatura

Fase	2003 (mês)									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pesquisa bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Campo: coleta de dados e amostras tafonômicas (CL); verificação final (VF).			CL			VF				
Preparação e exame do material	X	X	X	X		X	X			
Descrição sistemática dos fósseis	X		X			X				
Documentação gráfica (imagens digitais)	X	X	X	X	X	X	X			
Levantamento sistemático de dados tafonômicos			X	X			X	X		
Análise e interpretação dos dados					X	X	X	X		
Obrigações formais: Projeto Inicial (PI); Relatório Parcial (RP); Documento Final (DF), Apresentação do Trabalho de Formatura (AP)	PI					RP			DF	AP

9. RESULTADOS OBTIDOS

9.1. Descrição e identificação dos fósseis encontrados

Classe Chondrichthyes
 Subclasse Elasmobranchii
 Ordem Petalodontiformes
 (Figuras 15, 16, 17, 33A e B)

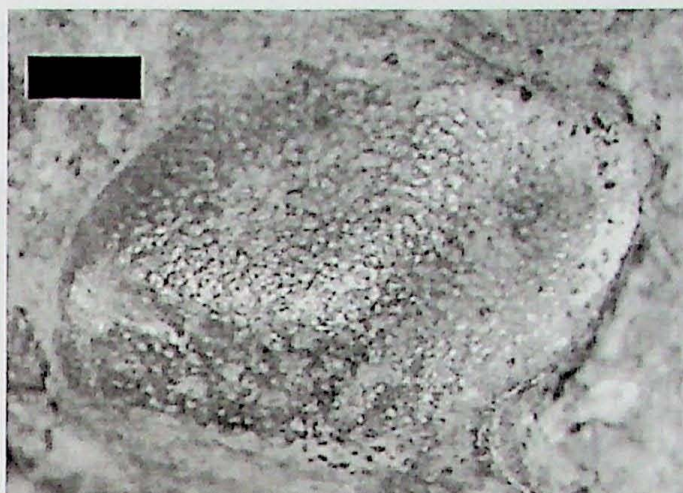


Figura 15 - Placa dentária de *Petalodontiforme* encontrada na Formação Tatuí. Amostra 1-IF-4a. Escala 2mm.

Material: Nove placas dentárias com sinais de abrasão.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Taquaral e Formação Tatuí

Descrição: Placas dentárias de formato romboédrico a ligeiramente ovóides. Observam-se em todos os exemplares pequenos orifícios superficiais que representam a estrutura trabecular interna da dentina (Figura 15 e 16) e em alguns casos pequenos traços superficiais que representam a dentina tubular. Os dentes encontrados são de caráter triturante maciço. Sua dimensão maior varia de menos de 0,2 cm até mais de 2 cm. O exemplar da Formação Taquaral é um fragmento de dente triturante encontrado na camada D, que manteve parte da base preservada e sua dentina trabecular, o que auxiliou na identificação.

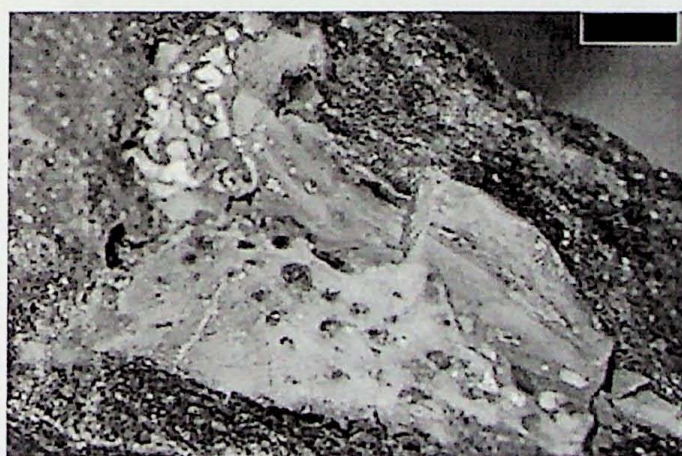


Figura 16 - Fragmento de dente *Petalodontiformes* encontrado na Formação Taquaral. Amostra 1 – TB – 1. Escala 2mm.

Bases de placas dentárias de *Petalodontiformes* foram encontradas também na Formação Tatuí seu formato para a base de uma placa dentária pode ser

associada a espécimes encontradas nos Estados Unidos, como o *Petalodus ohioensis* do Pennsylvaniano e Eopermiano de Lake Brownwood (Mc Kinzie, 1999).

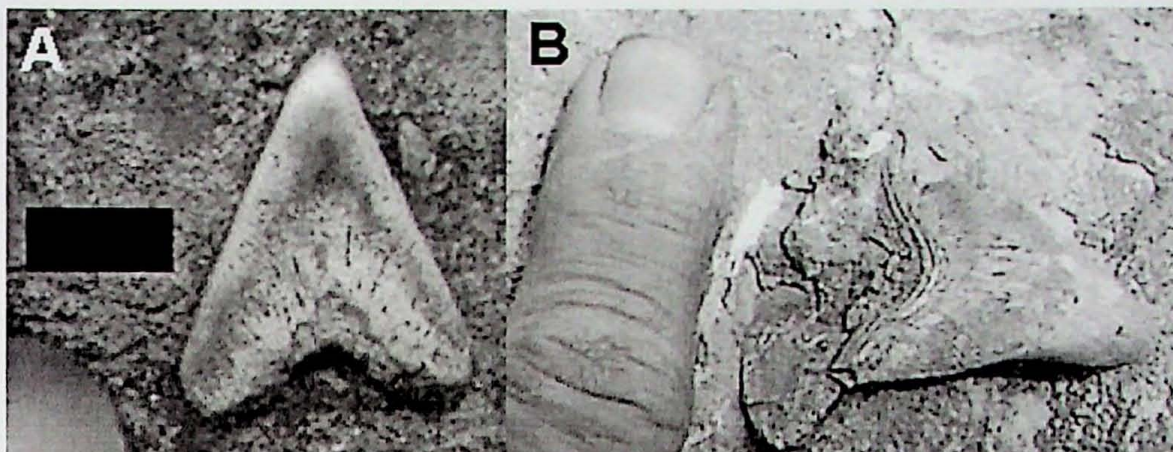


Figura 17 – A) dente de *Petalodontiformes* encontrado no topo da Formação Tatuí. Amostra 1-IA-17 (escala 2mm). B) dente de *Petalodus ohioensis* do Pennsylvaniano e Eopermiano de Lake Brownwood (McKinzie, 1999).

Classe Chondrichthyes
 Subclasse Elasmobranchii
 Coorte Euselachii
 Ordem Xenacanthiformes
 (Figuras 18 e 32)

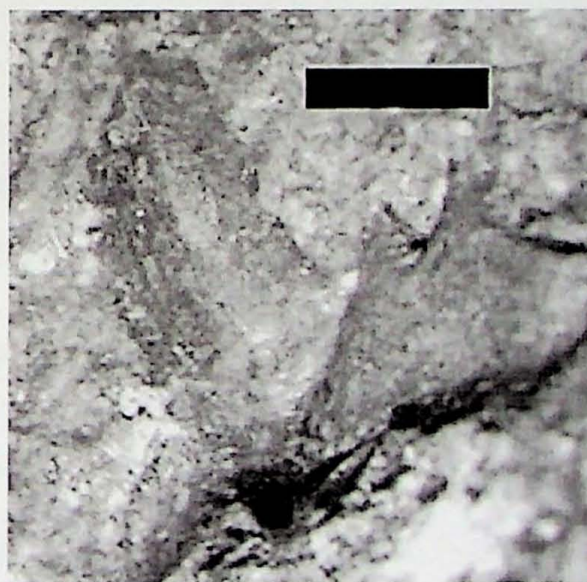


Figura 18 - Dente de *Xenacanthiforme* incompleto da Formação Tatuí . Amostra 1-IA-15. Escala 2mm.

Material: Cinco dentes isolados e incompletos, exibindo as cúspides laterais e a parte basal.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Taquaral e Formação Tatuí

Descrição: Os dentes de Xenacanthiformes normalmente apresentam-se incompletos, mostrando apenas as cúspides principais e parte de sua base. As cúspides se apresentam ligeiramente curvas e voltadas para trás. A dimensão maior varia de 0,5 cm a 1,5 cm.

Classe Chondrichthyes
Subclasse Elasmobranchii
Ordem Hybodontiformes
(Figuras 19, 20 e 36)

Material: três dentes completos isolados.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Tatuí.

Descrição: Os dentes apresentam-se completos, mostrando a cúspide proeminente em dois deles, porém seu desgaste é diferenciado. Seu comprimento está ao redor de 2 cm.

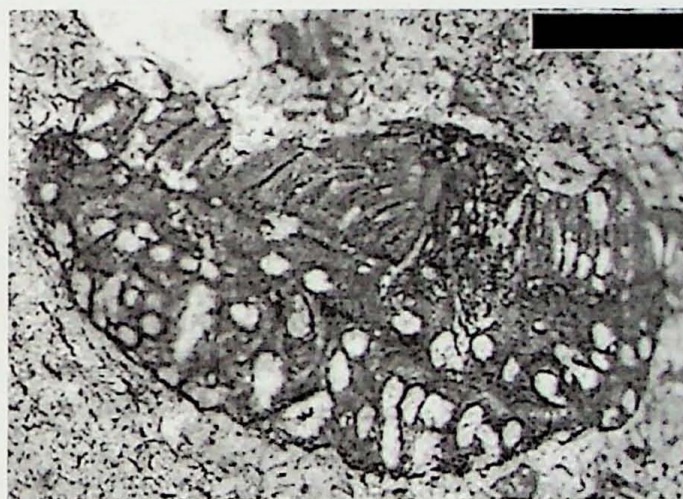


Figura 19 - Dente de Hybodontiformes da Formação Tatuí. Amostra 1-IF-4b. Escala 2mm.

A dentina na base é comum em todos os espécimes mostrando as diferentes estruturas em canais ou em simples orifícios, mesmo quando os dentes apresentam um estágio alto de abrasão (Figura 20).



Figura 20 – Vista superior de dente de *Hybodontiformes*, com a cúspide principal desgastada e as secundárias ausentes. Amostra 1-II-2. Escala 2mm

Classe Chondrichthyes
 Subclasse Elasmobranchii
 Coorte Euselachii
 Ordem Ctenacanthiformes
 (Figuras 21 e 35)



Figura 21 - Espinho incompleto de *Ctenacanthiformes*. Amostra 1-II-4. Escala 6mm.

Material: Um espinho incompleto.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Taquaral e Formação Tatuí.

Descrição: O espinho encontrado representa parte da primeira nadadeira dorsal de um indivíduo adulto (Figura 21), segundo comparação com espinhos descritos por Ragonha (1978) (Figura 7). Mede pelo menos 5 cm de comprimento

(pois continua para dentro da rocha), 1,5 cm de largura máxima e 0,4 cm de espessura máxima. A forma dos tubérculos é cilíndrica com tamanho entre 0,5 mm a 1 mm

Classe Osteichthyes
Subclasse Actinopterygii
Ordem Paleonisciformes
(Figuras 22, 23, 37 e 38)

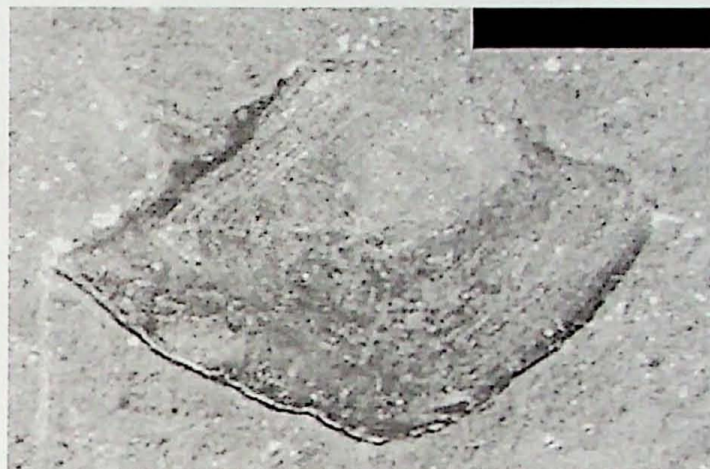


Figura 22 - Escama completa de Paleonisciforme da Formação Taquaral. Amostra 1-TM-1. Escala 2mm.

Material. Diversos tipos de escamas e dentes isolados e desarticulados em grande quantidade.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Taquaral e Formação Tatuí

Descrição das escamas: Possuem forma romboédrica e ornamentação interna e externa de forma similar a da escama (Figura 22), além de uma camada lamelar provavelmente composta originalmente de ganoína. O tamanho varia de alguns décimos de milímetro até 1 cm.

Descrição dos dentes: Os dentes dos paleonisciformes encontrados na Formação Tatuí apresentam formato geralmente cônico curvo ou reto, fuste lisa ou com costelas longitudinais e capuz apical liso (Figura 23). A base destes dentes é reta sem ornamentação ou espessamento. Os dentes variam de 0,5 milímetro a pouco mais de 1 milímetro.



Figura 23 - Dente curvo costelado de *Paleonisciforme*. Amostra 1-IA-17a. Escala 300 μ m.

Classe Osteichthyes
 Subclasse Sarcopterygii
 Infraclasse Rhipidistia/Tetrapoda
 (Figuras 24 e 40)



Figura 24 - Dente labirintodonte da Formação Tatuí. Amostra 1-IF-28. Escala 2mm

Material: Representados por diversos tipos de dentes isolados.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Tatuí.

Descrição: Os dentes encontrados são de formato cônico curvo (Figura 24). São os maiores entre os peixes ósseos estudados, em média com 2 cm de comprimento. Não possuem capuz apical e apresentam número maior de costelas relativamente pequenas e irregulares longitudinalmente.

Classe Osteichthyes

Subclasse Sarcopterygii
 Infraclasse Actinistia
 (Figuras 25 e 39)



Figura 25 - Escama cosmóide da Formação Taquaral. Amostra 1-TM-2. Escala 1mm.

Material: Representados por três escamas isoladas.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Taquaral e Formação Tatuí.

Descrição: As escamas cosmóides encontradas na Formação Taquaral apresentam boa parte da sua estruturação interna e da articulação (Figura 25). Comparações com espécimes estudados por Bryant, (1929) e Richter (1985) (Figura 11) permitem atribuir essas escamas a celacantídeos.

Apenas duas escamas de Actinistia foram observadas na Formação Tatuí, com boa parte de sua superfície desgastada e modificada apenas preservando parte de sua estrutura interna concêntrica e alongada de seu formato original.

9. 2. Material ósseo de difícil identificação

Classe Chondrichthyes
 Subclasse Elasmobranchii
 Ordem indeterminada
 (Figura 26)



Figura 26 – Corte longitudinal de escama desgastada de *Chondrichthyes* indeterminado. Escala 1mm.
Amostra 1-IA-14a.

Material: é constituído de 10 escamas e fragmentos de placa dentária indiferenciáveis.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Tatuí

Descrição: O material indeterminado de *Chondrichthyes* são pequenas escamas normalmente fragmentadas que são comuns a vários tipos de *Elasmobranchii*. Também são consideradas indeterminadas partes de placas dentárias fragmentadas.

Classe Osteichthyes

Infraclasse Indeterminada

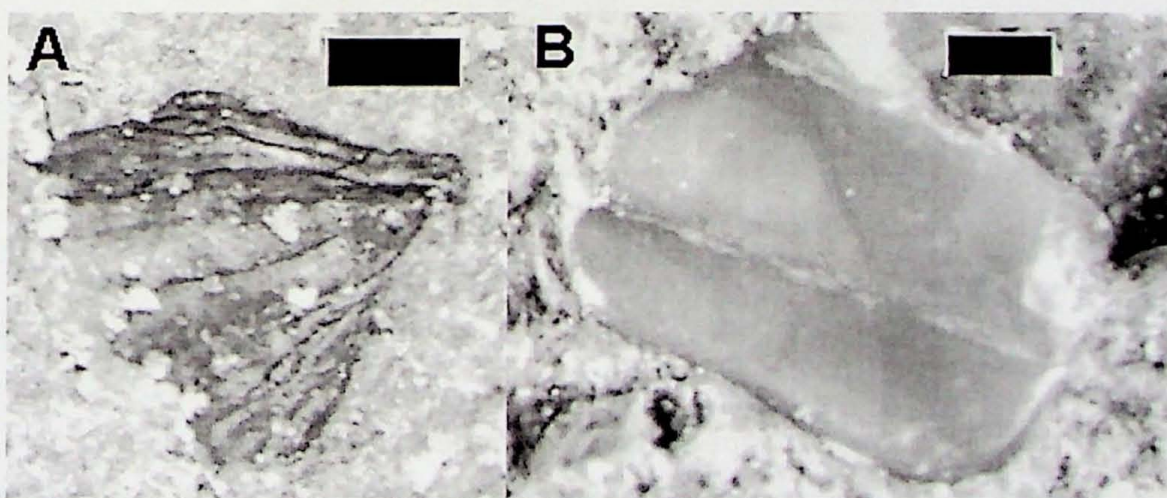


Figura 27 - À esquerda, Parte óssea de *Osteichthyes* indeterminado da Formação Taquaral. À direita parte óssea de *Osteichthyes* Indeterminado da Formação Tatuí. Escala 0,3 mm.

Material: Diversas escamas e partes ósseas indiferenciáveis isoladas.

Unidade Litoestratigráfica: Formação Taquaral e Formação Tatuí.

Descrição: O material indeterminado encontrado de Osteichthyes normalmente representa escamas muito fragmentadas ou partes ósseas comuns a paleonisciformes e a Sarcopterygii como a apresentada na Figura 27 A e B que representam partes ósseas comuns as duas subclasses de Osteichthyes.

9. 3. Material Indeterminado

Dos 317 espécimes analisados do Topo da Formação Tatuí 80 não puderam ser associado a nenhuma classe dado principalmente ao seu formato ou preservação precária. Normalmente representam partes ósseas quebradas ou indiferenciáveis, escamas incompletas ou alguma parte esquelética desconhecida.

Partes desconhecidas completas são raras, porém uma única peça de tamanho milimétrico (1-IA-22) foi encontrada (Figura 28).



Figura 28 - Parte óssea desconhecida sem afinidade. Amostra 1-IA-22. Escala 2mm.

9. 4. Caracterização tafonômica

Para os dados de sítio foram levantados em campo, com auxílio de lupa de mão de 10x e em laboratório utilizando o critério de identificação do material maior que 500µm de tamanho, uma vez que a partir daí a identificação do material pode ser melhor realizada com lupa binocular de até 160x. Foram avaliadas as camadas fossilíferas C (Formação Tatuí), D (Formação Taquaral) e E (Formação Taquaral).

9. 4. 1. Dados da assembléia

9. 4. 1. 1. Tamanho da Amostragem

O tamanho da amostragem das três camadas fossilíferas é desigual, sendo maior no topo da Formação Tatuí.

Tabela 3 – Amostragem utilizada no estudo tafonômico.

Unidade Litoestratigráfica	Camada	Tamanho da amostragem
Formação Taquaral	D e E	114
Formação Tatuí	C	237

9. 4. 1. 2. Articulação e seleção de partes corporais

Restos articulados não existem nas duas formações. O material se encontra disperso e aparentemente sem associação entre suas partes.

A seleção de partes ósseas identificáveis é similar em ambas as formações, onde escamas e dentes são os elementos mais comuns, mas na Formação Taquaral a quantidade de escamas é muito maior do que na Formação Tatuí (Figura 29).

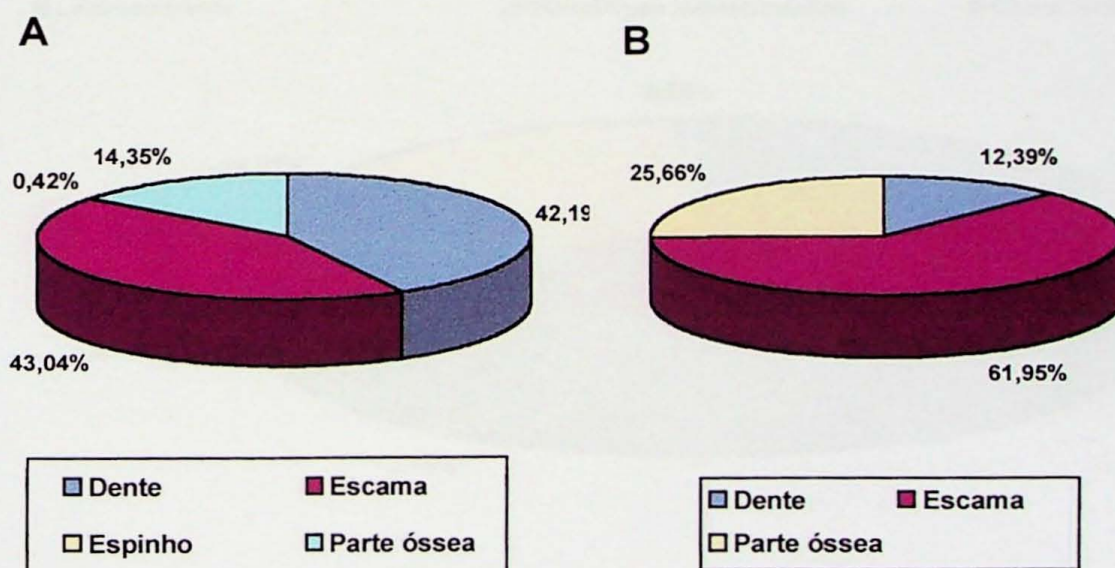


Figura 29 - Gráficos de seleção de partes corporais. A) seleção de partes corporais da Formação Tatuí. B) Seleção de partes corporais da Formação Taquaral.

9. 4. 1. 3. Abundância Relativa

A análise revelou que Formação Tatuí possui maior diversidade, além de maior quantidade de material do que Formação Taquaral (Figura 30A e B)

Uma característica paleoecológica da Formação Taquaral indica uma quase total falta de Chondrichthyes (apenas um dente fragmentado de Petalodonte) e um aumento na população de Actinistia, que é desprezível na Formação Tatuí.

A Formação Tatuí apresenta animais tipicamente continentais, como os Labirintodontes e os Xenacanthiformes.

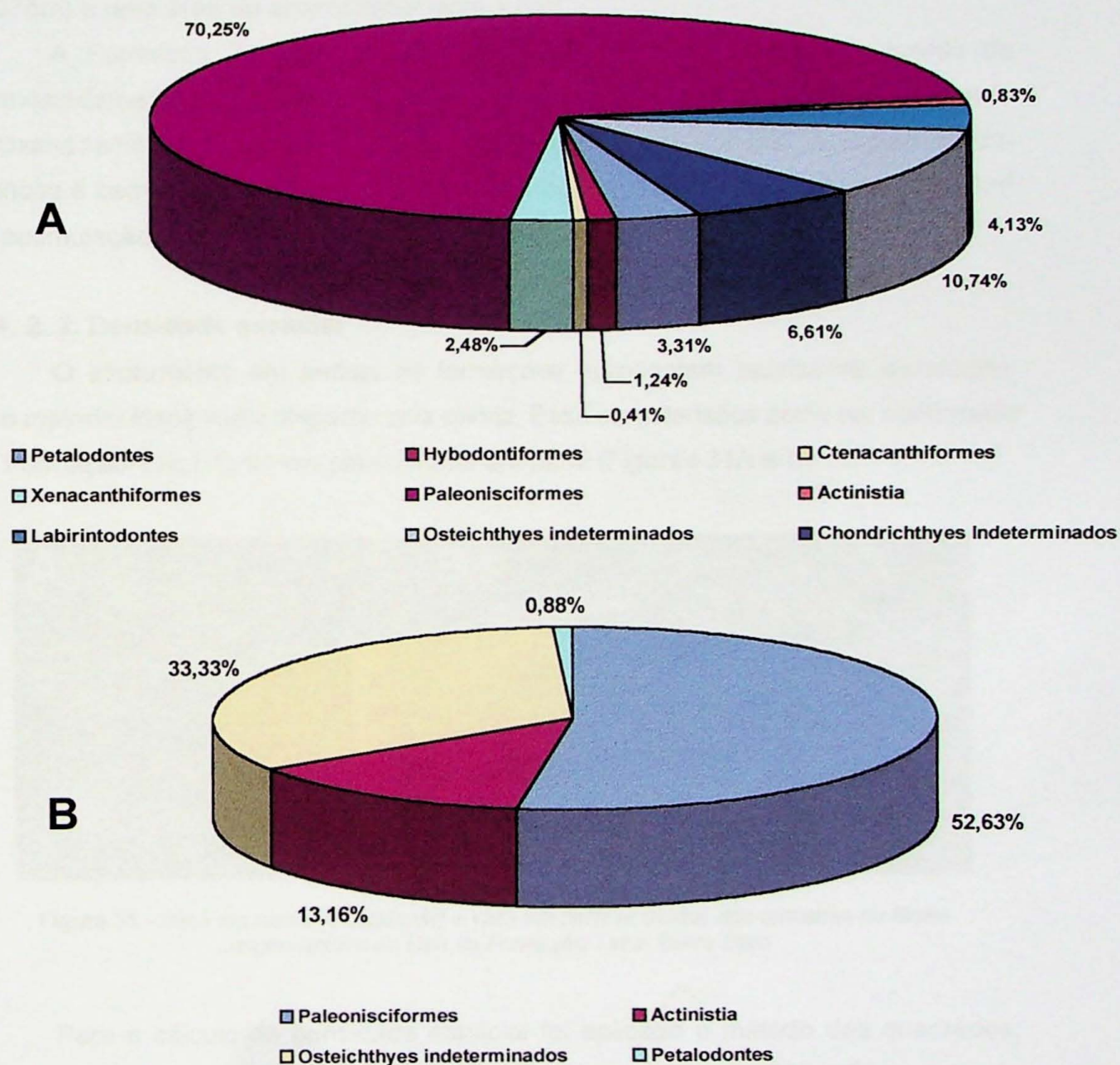


Figura 30 - Gráficos de abundância relativa. A) Abundância relativa da Formação Tatuí. B) Abundância relativa da Formação Taquaral.

9. 4. 2. Dados de Sítio

9. 4. 2. 1. Tamanho da acumulação

A Formação Tatuí em sua fácies conglomerática é representada por um pavimento de 20m de comprimento por 7m de largura, ocupando uma área de 140m² de área total em planta. Em perfil a camada é pouco espessa, possui apenas 7,5cm (0,075m) e uma área de aproximadamente 1,6m².

A Formação Taquaral no sítio representa um afloramento em parede de aproximadamente 3,5 – 4 metros de espessura por 20m de comprimento, ocupando aproximadamente 80m² de área em sua porção siltica-argilosa. A região siltica-arenosa é bem menos espessa, com apenas 1,5cm (0,015m) ocupando apenas 0,3m² da acumulação.

9. 4. 2. 2. Densidade espacial

O afloramento em ambas as formações apresentam baixíssima densidade, com material fóssil muito disperso pela matriz. Essa característica pode ser confirmada na Formação Tatuí, tanto em planta como em perfil (Figuras 31A e B).



Figura 31 - Vista em planta (à esquerda) e vista em perfil (à direita) dde amostras na fácies conglomerática do topo da Formação Tatuí. Barra 1mm

Para o cálculo da densidade espacial foi aplicado o método dos quadrados, onde utilizando uma rede de 16 quadrados de 4 X 4 cm (Figuras 32A e B) e contando o número de fósseis em cada quadrado na superfície da camada de diversos pontos do afloramento e em blocos coletados de campo. A partir daí foi possível fazer a relação de fósseis por centímetro quadrado no topo da Formação Tatuí. O resultado obtido foi de 0,16 fóssil por centímetro quadrado.

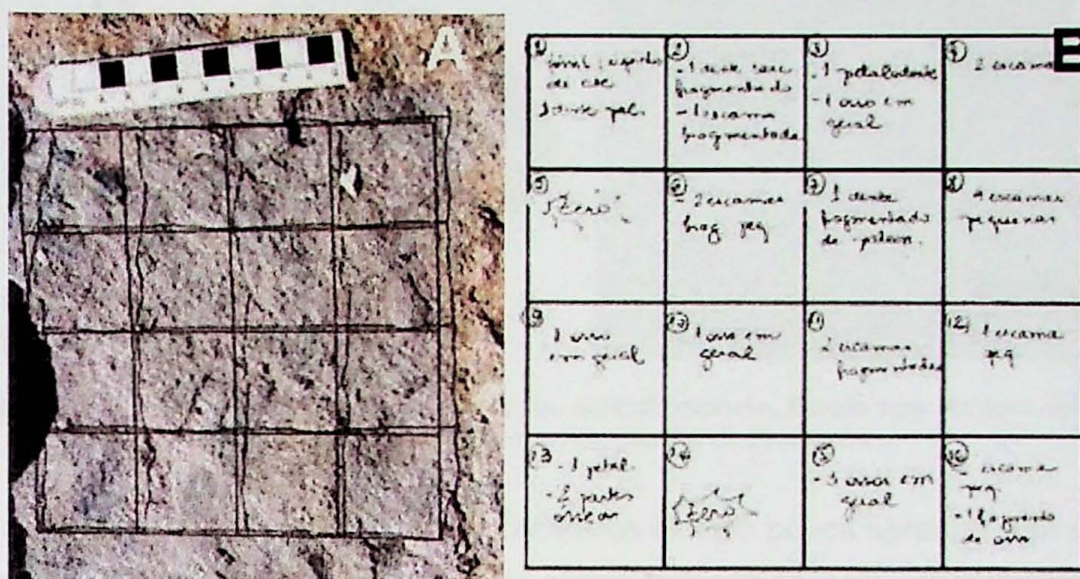


Figura 32 – A) Rede utilizada na confecção dos dados de arranjo espacial em campo. B) Levantamento de dados dessa análise.

9. 4. 2. 3. Arranjo Espacial

O arranjo espacial medido em campo e em laboratório realizado que tanto em planta como em perfil os fósseis seguem, quase invariavelmente, a orientação do acamamento sem inclinação em relação a camada estudada.

Esta análise também demonstrou a ausência de agregados ou acumulações de fósseis de qualquer tipo nas duas formações. O material apresenta-se disperso tanto em planta como em perfil.

9. 4. 2. 4. Modificação de partes ósseas

A Formação Tatuí é mais uniforme em sua preservação. Porém, cada táxon apresenta um estilo de desgaste:

Petalodontiformes: Nas oito placas dentárias triturantes foi observado os mesmo tipo de desgaste (Figuras 15 e 33a). Em todos eles a superfície foi desgastada, expondo parte interna da dentina (Figura 33B). Em alguns casos a placa sofreu considerável arredondamento que a deixou ligeiramente oval.



Figura 33 - Dente de *Petalodontiforme* que sofreu abrasão extensa. Escala 1cm. Ao lado detalhe da dentina trabecular exposta. Amostra 1-II-1. Escala 1mm.

Xenacanthiformes: Os dentes encontrados exibem pouca abrasão com cúspides preservadas em quatro placas dentárias e dois extensa abrasão, com desgaste total da cúspide e arredondamento incipiente. As quebras em dentes *Xenacanthiformes* foram encontradas em apenas um exemplar.

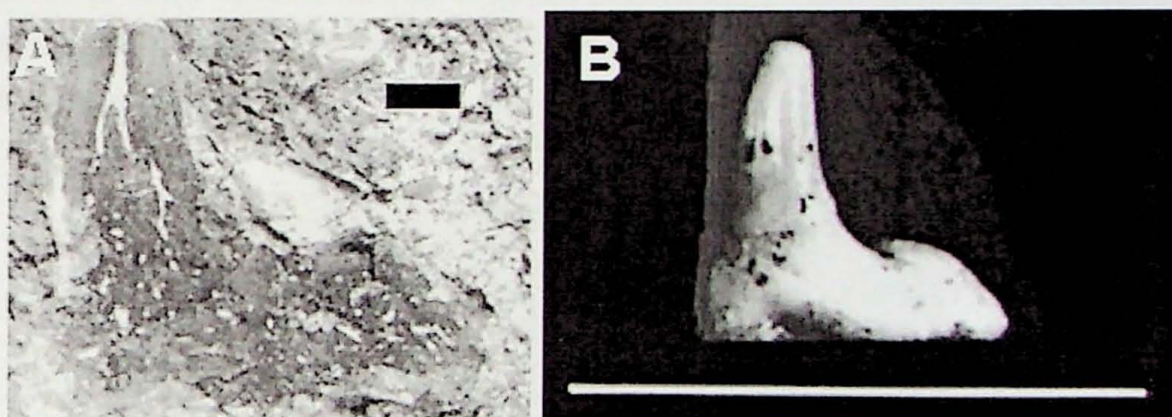


Figura 34 – A) Dente de *Xenacanthiformes* com quebra natural na ponta da cúspide. Escala 1mm. B) O mesmo tipo de dente descrito por Ragonha (1984) na Formação Corumbataí. Escala 5mm.

Ctenacanthiformes: Este grupo é representado por apenas um espinho fragmentado de um animal adulto. Não foram observados indícios de abrasão, uma vez que a superfície do espinho ainda apresenta os tubérculos proeminentes, sem alteração, característicos desta variedade de *Chondrichthyes* (Figura 35).

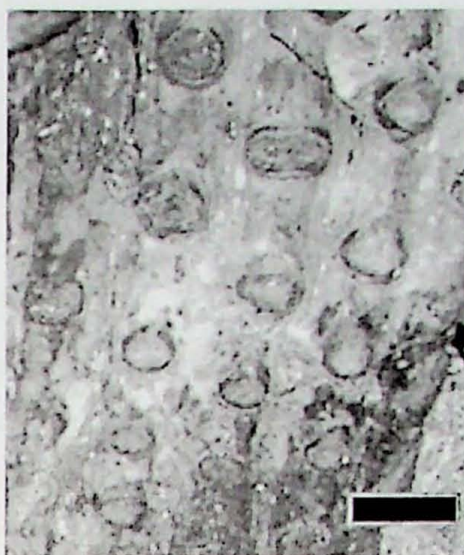


Figura 35 - Detalhe do espinho de *Ctenacanthiformes* destacando os tubérculos da Formação Tatuí. Escala 2mm.

Hybodontiformes: Os três dentes de *Hybodontiformes* possuem desgaste variado. Dois deles apresentam as cúspides preservadas, representando o Estágio 1 de Benton (1997) (Figuras 19 e 36), e um com extensa abrasão com desgaste total da cúspide (Figura 20).

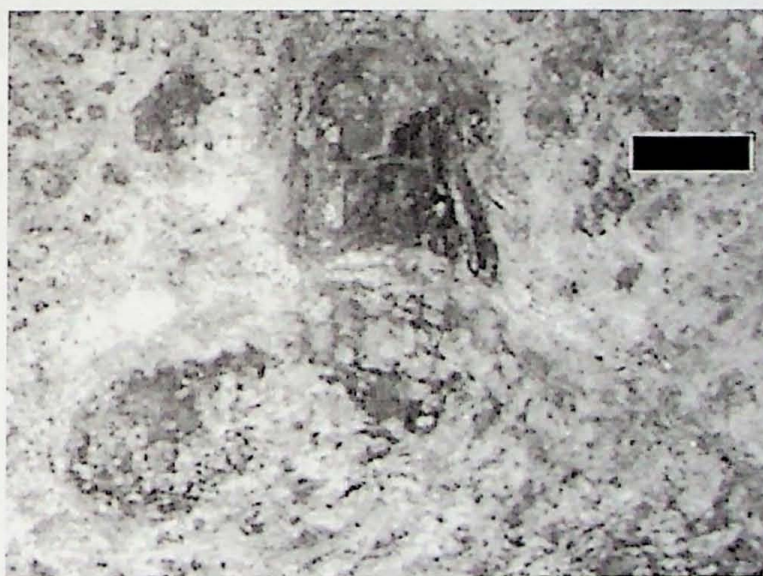


Figura 36 - Dente de *Hybodontiforme* com Estágio 1 de abrasão ainda apresentando as cúspides secundárias. Amostra 1-IA-37. Escala 2mm.

Paleonisciformes: O material representado por paleonisciformes na Formação Tatuí constitui em 71% de toda a acumulação e sua preservação é bem homogênea no sentido de desgaste.

As escamas perderam seus processos articulares e tiveram desgaste de sua superfície (Figura 37).



Figura 37 - Escamas desgastadas de paleonisciformes. Amostras 1 -II - 4a,4b,4c. Escala 1mm.

Os dentes de Paleonisciformes apresentam também desgaste ou na base ou em sua superfície, porém estes apresentam bem menos abrasão do que as escamas. Os dentes desgastados aparentemente perdem as costelas da fuste e o capuz apical apresenta-se desgastado (Figura 38).



Figura 38 - Dente muito desgastado de paleonisciforme. Amostra 1-IA-5. Escala 1mm

Actinistia: Apenas foram encontradas duas escamas de *Actinistia* e estas se apresentam muito fragmentadas (Figura 39).

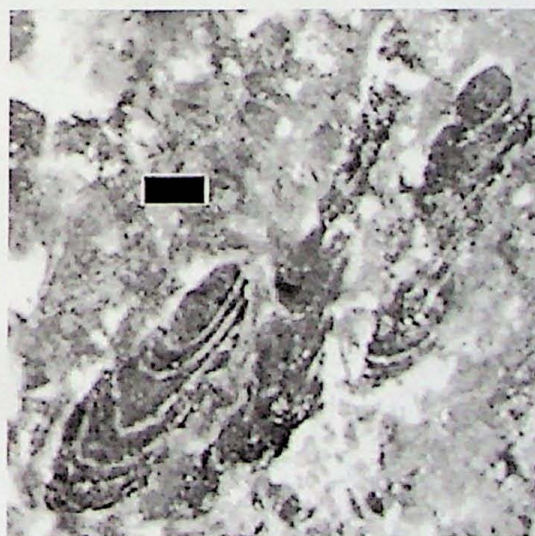


Figura 39 – Imagem de uma escama fragmentada de *Actinistia* encontrada na Formação Tatuí. 1-IF-26. Escala 0,3mm.

Labirintodontes: Foram pesquisados dez dentes labirintodontes. Seu estado de preservação está relacionado ao tamanho do exemplar. Os dentes menores com

tamanho médio ao redor de 1 cm apresentam pouco desgaste e boa preservação de sua estrutura interna e externa. Contudo um dente de 3 centímetros foi encontrado e seu estado de preservação revelou uma abrasão extensa com boa parte de sua superfície desgastada e a ponta de sua cúspide arredondada (Figura 40).

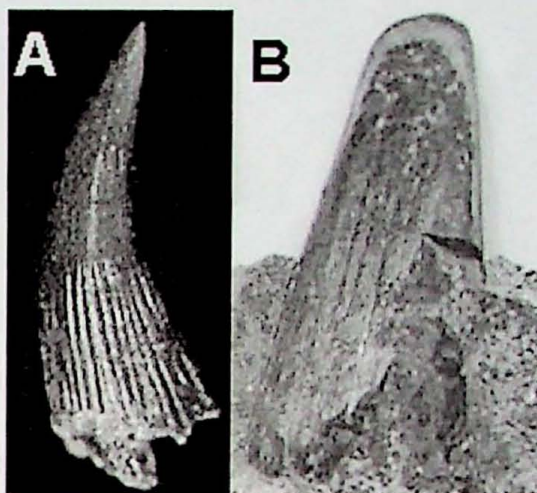


Figura 40 – A) Dente labirintodonte sem abrasão (Davis, 2003). B) Espécime coletada com abrasão extensa. Amostra 1-II-5.

A Formação Taquaral é bastante diversificada em relação à modificação de partes ósseas, com muitos espécimes quebrados ou incompletos mas também contendo espécimes em ótimo estado de preservação que mantêm sua estrutura interna intacta e processos articulares (processo “peg” de escamas de paleonisciformes) (Figura 22) e canais tubulares da base ou a estrutura interna em escamas cosmóides de Actinistias (Figuras 41A e B). A contabilidade do material é muito difícil uma vez que o material fragmentado representa partes ósseas indeterminadas de Osteichthyes (Figura 42).

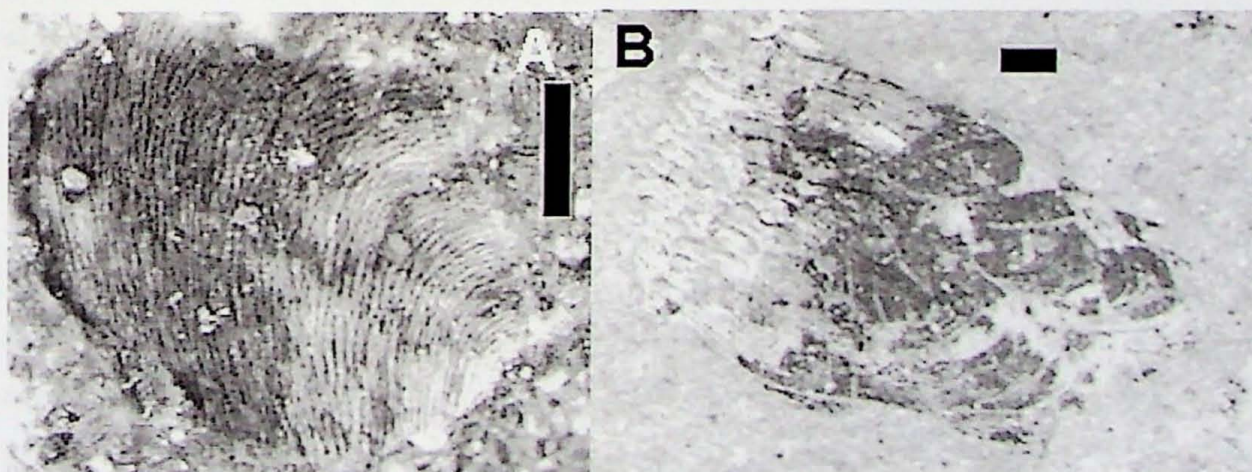


Figura 41 - Escamas cosmóides de Actinistias da Formação Taquaral. A) escama fragmentada com a estrutura interna preservada encontrada na camada D. Amostra 1-TB-3. B) escama completa com os canais tubulares preservados da camada E. Amostra 1-TM-4. Escalas 0,5 mm.



Figura 42 - Parte óssea não identificada de *Osteichthyes* encontrada na camada D. Amostra 1-TB-4. Escala 0,5 mm.

A Formação Taquaral no afloramento estudado apresenta-se bastante intemperizado e isso afetou boa parte dos fósseis. Na camada D o dente de paleonisciforme presente na amostra 1-TB-2 sofreu dissolução parcial da fuste (Figura 43) deixando o capuz apical mais resistente inalterado e um vazio entre a fuste e a rocha presente.



Figura 43 - Dente de *Paleonisciformes* com a parte externa da fuste dissolvida pelo intemperismo. Escala 0,5mm. Amostra 1-TB-2.

10. INTERPRETAÇÕES SEDIMENTARES E PALEONTOLÓGICAS

O afloramento estudado apresenta uma evolução sedimentar bem distinta da camada A para a camada E. A camada A representa um ambiente de maior agitação, onde se desenvolveram estruturas do tipo *hummocky cross stratification* de grande porte em afloramentos correlatos. Porém no topo dessa camada foram observadas marcas onduladas, possivelmente caracterizando o fim de um evento de tempestade e de um possível evento regressivo.

A camada B de 8 cm de espessura é um arenito fino praticamente maciço, com estruturas de icnofósseis no seu topo. Provavelmente esta camada representa a parte final do evento que deu origem as estruturas encontradas na camada A, sugerindo possivelmente um momento de menor agitação. O contato com a camada C (acima) é erosivo com o preenchimento das estruturas tubulares de icnofósseis com o material da camada C.

A camada C é a presença de um conglomerado com uma estratificação cruzada irregular, possivelmente acanalada, de 7,5 cm de espessura. Aparentemente representa um ambiente de maior energia deposicional, mas com a presença de ictiofósseis, que é a sua característica principal. A presença de fósseis característicos de meio fluvial como dentes labirintodontes e Xenacanthiformes, sem desgaste, sugerem um caráter fluvial para a acumulação. Contudo, a presença de petalodontes, fósseis de ambiente marinho costeiro, sugere a provável mistura de fósseis de ambientes diferentes bem próxima a linha de costa.

A camada D é caracterizada pela presença de um folhelho siltico-arenoso, a sua composição fóssil é inferior a encontrada na camada C, no entanto a sua composição apenas sugere um aumento na profundidade e não uma mudança paleoecológica, pois sua fauna é similar aquela encontrada na camada C. Uma interpretação é que esta camada represente uma faixa transicional entre as camadas C e E. Outra interpretação fala que a concentração de areia no folhelho, represente um problema diagenético, que fez com que houvesse um fornecimento de grãos mais arenosos para a camada mais siltica.

A camada E é caracterizada por folhelhos siltico-argilosos com pouquíssimos fósseis que não são indicadores paleoambientais. O ambiente marca um período de estabilidade, pela deposição de argilas, em águas aparentemente mais profundas do que em outras camadas encontradas no afloramento.

11. CONCLUSÕES

O trabalho realizado caracterizou pela primeira vez toda a paleoictiofauna presente da transição das Formações Tatuí e Taquaral no estado de São Paulo, completando o trabalho realizado por Ragonha (1978) que apenas descreveu os Chondrichthyes da Formação Taquaral.

Foi constatada a primeira evidência de placas dentárias de Hybodontiformes na Formação Tatuí, sendo portanto o mais antigo registro desse Chondrichthyes no Estado de São Paulo, uma vez que todos os outros exemplares foram descritos na Formação Corumbataí (Toledo, 2001).

O afloramento do sítio Santa Maria forneceu o primeiro espinho de um exemplar adulto de Ctenacanthiformes no estado de São Paulo, este que foi coletado na Formação Tatuí.

A Formação Taquaral apresentou pela primeira vez um exemplar de Chondrichthyes em sua camada siltica-arenosa.

Este trabalho realizou o primeiro trabalho tafonômico de peixes paleozóicos nas Formações Tatuí e Taquaral no estado de São Paulo

A assembléia apresenta baixa densidade de fósseis e baixa diversidade paleoecológica. Os paleonisciformes são a grande maioria (71% do material identificado na Formação Tatuí e 53% na Formação Taquaral).

O afloramento estudado demonstrou que ocorre maior quantidade de ictiofósseis na fácies conglomerática do topo da Formação Tatuí, do que na Formação Taquaral sobrejacente.

A variedade de espécies na Formação Tatuí é maior do que na Formação Taquaral, possivelmente por causa do ambiente, uma vez que os Chondrichthyes encontrados não são característicos de águas mais profundas e a energia do ambiente permitiria maior concentração de partes ósseas.

Os espécimes presentes na Formação Tatuí demonstram grande desgaste da sua superfície e quebras.

Os Paleonisciformes e Actinistias são presentes nas duas unidades, sendo que os últimos ocorrem mais abundantes na Formação Taquaral do que na Formação Tatuí. Isso pode estar ligado a diferenças tafonômicas entre as duas pois a Formação Taquaral exhibe melhor a presença de escamas frágeis, como as escamas cosmóides.

A Formação Taquaral apresenta os espécimes melhor preservados, provavelmente por causa da baixa energia deposicional.

Dentes labirintodontes são encontrados apenas na Formação Tatuí, em diferentes tamanhos e graus de preservação. O maior Labirintodonte encontrado apresenta abrasão extensa, o que pode indicar um caráter alóctone do espécime.

Os peixes Xenacanthiformes, de meio fluvial, em média apresentam pouca ou nenhuma abrasão, ao contrário dos petalodontes totalmente marinhos, que apresentam desgaste e arredondamento da placa dentária.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. & BARBOSA, O. 1953. Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro. Estado de São Paulo. Rio de Janeiro. *Boletim do DNPM/DGM*, (143), 96p.

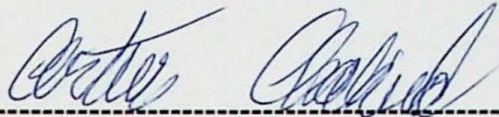
- BADGLEY, C. 1986a. Counting individuals in mammalian fossil assemblages from fluvial environments. *Palaio*. 12(3). p.328-338.
- BADGLEY, C. 1986b. Taphonomy of mammalian fossil remains from Siwalik rocks of Pakistan. *Paleobiology*. 12(2). p.119-142.
- BAIRD, D. 1978. Studies in Carboniferous freshwater fishes. *American Museum Novitates*. New York, 1641. p.1-22.
- BARBOSA, O. & ALMEIDA, F.F.M. 1948. Nota sobre a estratigrafia da Série Tubarão no Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 21 (1). p.65-68.
- BARBOSA, O. & GOMES, F.A. 1958. Pesquisa de petróleo na bacia do rio corumbataí. Rio de Janeiro, *Boletim do DNPM/DGM*. (171).40p.
- BEHRENSMEYER, A.K. 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology* 4(2). p.150-162.
- BEHRENSMEYER, A.K. 1982. Time resolution in fluvial vertebrate assemblages. *Paleobiology* 8(3). p.211-227.
- BEHRENSMEYER, A.K. 1991. Terrestrial vertebrate accumulations. In: ALLISON, P.A. & BRIGGS, D.E.G. (eds.), *Taphonomy: Releasing the Data Locked in the Fossil Record*. Plenum Press, New York, p. 291-327.
- BEHRENSMEYER, A.K. & KIDWELL, S.M. 1985. Taphonomy's contributions to paleobiology, *Paleobiology* 11. p.105-107.
- BENTON, M. J. 1997. *Vertebrate palaeontology*. 2^a ed. London: Chapman and Hall. 452p.
- BRYANT, W. L. 1929. Fossil fish remains from the Permian tillite of Brazil. *Bull. Geol. Soc. Amer.* New York. 40. p. 424-426.
- CARROLL, R. L. 1988. *Vertebrate Paleontology and Evolution*. W. H. Freeman and Company, New York. 698p.
- CHAHUD, A. & ANELLI, L.E. 2001. Caracterização tafonômica da assembléia de vertebrados fósseis (Pleistoceno-Holoceno) do Abismo Ponta de Flecha, Iporanga, SP. *Projeto PIBIC – CNPq*. (Projeto de iniciação científica inédito). 45p.
- CHAHUD, A. & FAIRCHILD, T. R. 2003. Paleoictiologia da transição das Formações Tatuí e Taquaral (Permiano), no Alto Estrutural do Pitanga. In: *XVIII Congresso Brasileiro de Paleontologia*. Brasília, *Boletim de Resumos*. p. 321.

- CLARK, N. 2002. Sharks Teeth. Palaeontological Collection of the Hunterian Museum. (<http://www.hmag.gla.ac.uk/Neil/collections/sharks/V7224.jpg>)
- COOMBS, M.C. & COOMBS W. P. 1997. Analysis of the geology, fauna, and taphonomy of Morava Ranch quarry, Early Miocene of northwest Nebraska. *Palaios* 12(1).p.165-187.
- DAVIS, K. 2003. Site D&D Fossils & Meteorites. (<http://www.ddfossils.com/index.html>)
- DÍAZ-SARAVIA, P. 2001. Upper Carboniferous fish micro-remains from western Argentina. *Revista Española de Micropaleontología*. 33(2). p.125 -133.
- DUNKLE, D. H. & SCHAEFFER, B. 1956. Preliminary description of a paleoniscoid fish from the Late Paleozoic of Brazil. *Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, USP*. 193 (13). p.1 -19.
- HACHIRO, J. 1991. Litotipos, associações faciológicas e sistemas deposicionais da Formação Irati no estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado Inédita IGC-USP. São Paulo, 175p.
- HACHIRO, J.; COIMBRA, A.; MATOS, S.L.F. 1993. O caráter cronoestratigráfico da unidade Irati. In: Simpósio de cronoestratigrafia da bacia do Paraná. I. Rio Claro, Boletim de resumos. FUNDUNESP. p. 62-63.
- HOLZ, M. 1998. Tafonomia de vertebrados: a arte de decifrar a origem do registro de paleotetrápodes. *Ciência & Ambiente*, 16. p.106-117.
- KIDWELL, S. M, & HOLLAND, S. M. 1991. Field description of coarse bioclastic fabrics. *Palaios*. 6. p. 426-434.
- LONG, J. A. 1995. *The Rise of Fishes: 500 Million Years of Evolution*. University of New South Wales Press, Sydney. 223p.
- LUND, R. 1977a. A new petalodont (Chondrichthyes, Bradyodonti) from Upper Mississippian of Montana. *Annals of Carnegie Museum of Natural History*. 46. p. 129-155.
- LUND, R., 1977b. New information on the evolution of the Bradyodont Chondrichthyes. *Fieldiana Geology*. (33)28. p.521-539.
- LUND, R., 1983, On a dentition of *Polyrhizodus* (Chondrichthyes, Petalodontiformes) from the Bear Gulch Limestone. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 3. p.1-6.
- LYMAN, R.L. 1994. *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge University Press, Cambridge. Abstract.

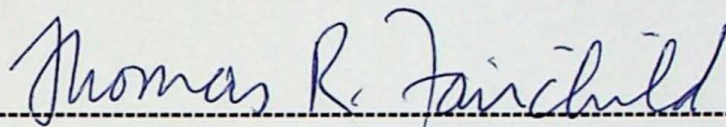
- MARASCO, S.A.; SOUZA, P.A.; PIRES, F.A. 1993. Ocorrência de paleomicroplâncton marinho (Acritarcha) associado a ictiofósseis na base do Membro Taquaral, Formação Iratí (Permiano Superior da bacia do Paraná), região de Itapetininga, Estado de São Paulo. *In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 13., Simpósio paleontológico do Cone Sul, 1.,* São Leopoldo, RS. Sociedade Brasileira de Paleontologia, UNISINOS, *Boletim de Resumos*, p.60.
- MARTILL D.M. & HARPER L. 1990. An application of critical point drying to the comparison of modern and fossilized soft tissue of fishes. *Palaeontology*. 33(2). p. 423-428.
- McARTHUR, R. H. 1957. On the relative abundance of bird species, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 43. p. 283-295.
- McKINZIE, M. 1999. Brownwood collecting trip. In site: *Field Trip Stories*. The Dallas paleontological Society. <http://www.dallaspaleo.org/>.
- MEINKE, D.K. 1984. A review of cosmine: Its structure, development, and relationship to other forms of the dermal skeleton in osteichthyans. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 4(3). p. 457-470.
- MEZZALIRA, S. 1989. Os fósseis do Estado de São Paulo. 2 ed. ver. atual. São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, *Boletim do Instituto Geológico*. 14. 142 p., 13 est. (Série Pesquisa).
- MEZZALIRA, S. 2000. Os fósseis do Estado de São Paulo. Parte II. Período 1987 (parcial) – 1996. São Paulo, Instituto Geológico. *Boletim do Instituto Geológico*, 15, 70 p.
- MOY-THOMAS. J.A., 1971. *Paleozoic Fishes*. 2ª edition. Revised by MILES, R.S. Toronto. W.B. Saunders Co. 259p.
- MURPHY, D. C. 2002. Site Devonian Times, Who's Who at Red Hill. *Ctenacanthus*. (<http://www.mdgekko.com/devonian/who/pages/ctenacanthus.html>).
- NELSON, J. 1994. *Fishes of the World*. 3rd edition. John Wiley & Sons. p.38-45.
- OLIVEIRA, E. P. 1940. História da pesquisa do petróleo no Brasil. *Min. Agric.*15. p. 1-208.
- PETRI, S. 1964. Grupo Tubarão. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*. 41. p. 56-63.

- POPLIN, C.M. & LUND, R. 2002. Two Carboniferous fine-eyed palaeoniscoids (Pisces, Actinopterygii) from Bear Gulch (USA). *Journal of Paleontology*. 76(6).p. 1014-1028.
- RAGONHA, E.W. 1978. Chondrichthyes do Membro Taquaral (Formação Irati) no Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado (inédita). São Paulo. IGc-USP, 65p.
- RAGONHA, E. W. 1984. Taxionomia de dentes e espinhos isolados de Xenacanthodii (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da Formação Corumbataí. Considerações cronológicas e paleoambientais. Tese de Doutorado (inédita). IGc-USP. 166p.
- RAGONHA, E. W. 1985. Um Palaeonisciforme da Formação Irati, Estado de São Paulo. Rio de Janeiro. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 57(1): 118p.
- RAGONHA, E.W. & SILVA SANTOS, R. 1987. Nova classificação de *Dentalium florencei* Moraes Rego, 1936 (Mollusca, Scaphopoda) para *Hybodus* (Chondrichthyes, Elasmobranchii). *Anais do X Congresso Brasileiro de Paleontologia*. 1. 1-4.
- RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L.G.; COIMBRA, A.M. 1997. Sílica microcristalina (trípoli) em rochas sedimentares permianas do flanco leste da bacia do Paraná, Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*. 27(4). p. 395-402.
- RICHTER, M. 1985. Situação da Pesquisa Paleoiictiológica no Paleozóico Brasileiro. Coletânea de Trabalhos Paleontológicos. DNPM, Série Geologia. Seção de Paleontologia e Estratigrafia. Brasília. 2(27). p. 105-110.
- RICHTER, M. 2002. A ray-finned fish (Osteichthyes) from the Late Permian of the State of Santa Catarina (Paraná Basin), Southern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*. (3) p. 56-61.
- RICHTER, M.; PICCOLI, A.M.M.; LIMA, M.C.S. 1985. Variação morfológica de restos de paleoniscídeos (Pisces) no Permiano da Bacia do Paraná. Coletânea de Trabalhos Paleontológicos. DNPM, Série Geologia. Seção de Paleontologia e Estratigrafia. Brasília. 2(27). p. 111-122.
- RICHTER, M., VIANA, M.S.S. & MALABARBA, M.C.S.L. 2000. Agnatos e Peixes. In: CARVALHO, I. S. (eds). *Paleontologia*. Editora Interciência. Rio de Janeiro. p. 497-524.

- SCHULTZE, H.P. 1977. Ausgangsform und Entwicklung der Rhombischen Schuppen der Osteichthyes (Pisces). *Paläont. Z.* 51. (¾). P. 152-168.
- SCHULTZE, H.P. & BARDACK, D. 1987. Diversity and size changes in palaeonisciform fishes (Actinopterygii, Pisces) from the Pennsylvanian Mazon Creek Fauna, Illinois, USA. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 7(1). p. 1-23.
- SOARES, P.C. & LANDIM, P.M.B. 1973. Aspectos regionais da estratigrafia da bacia do Paraná no seu flanco nordeste. In: *Congresso Brasileiro de Geologia, 27.*, Aracaju (SE). *Anais*, 1. p. 243-256.
- SOUSA, M.O.L., 1997. Caracterização estrutural do Domo de Pitanga. Dissertação de Mestrado (inédita). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP. Rio Claro. 121 p.
- SOUZA-FILHO, E.E. 1983. Tectônica da região de Rio Claro e Piracicaba – Domo de Pitanga. In: *Simpósio Regional de Geologia, 4.*, São Paulo. Sociedade Brasileira de Geologia. *Boletim*, p. 191-196.
- TOLEDO, C. E. V. 2001. Análise paleontológica da Formação Corumbataí na Região de Rio Claro, Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado (inédita). Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP, Rio Claro. 146p.
- VENCEVICH, C. 2002. *Janassa*. Site Fossil Photos. Dallas Paleontological Society. (<http://www.dallaspaleo.org/gallery/images/imgs/vert/marine/shark/paleozoic/janassa02.jpg>).
- WASHBURNE, C. W. 1930. Petroleum geology of the State of São Paulo – Brazil. São Paulo, *Boletim da Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo*, (22), 282p.
- WHITE, D. 1908. Report on the Flora of Coal Measures of Brazil. *Relatório Comissão Estadual Das Minas de Carvão de Pedra do Brasil*. (3). p. 337-617.
- WÜRDIG-MACIEL, N.L. 1975. Ichtiodontes e Ichtiodorulitos (Pisces) da Formação Estrada Nova e sua aplicação na estratigrafia do Grupo Passa Dois. *Pesquisas. UFRGS*. 5. 165p.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Artur Chahud', written above a horizontal dashed line.

Artur Chahud

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Thomas R. Fairchild', written above a horizontal dashed line.

Prof. Dr. Thomas Rich Fairchild

