

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**SPHENACANTHIDAE E XENACANTHIDAE
(CHONDRICHTHYES: ELASMOBRANCHII) DA FORMAÇÃO
RIO DO RASTO NO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL**

VICTOR EDUARDO PAULIV CARDENES DA COSTA

ORIENTADOR – Dra. Ana Maria Ribeiro

CO-ORIENTADOR – Dr. Eliseu Vieira Dias

Porto Alegre - 2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**SPHENACANTHIDAE E XENACANTHIDAE
(CHONDRICHTHYES: ELASMOBRANCHII) DA FORMAÇÃO
RIO DO RASTO NO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL**

VICTOR EDUARDO PAULIV CARDENES DA COSTA

ORIENTADOR – Dra. Ana Maria Ribeiro

CO-ORIENTADOR – Dr. Eliseu Vieira Dias

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Paula Camboim Dentzien Dias – Instituto de Oceanografia, Universidade Federal de Rio Grande, Brasil

Dr. Artur Chahud – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Brasil

Prof. Dr. Cesar Leandro Schultz – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Geociências.

Porto Alegre – 2013

CIP - Catalogação na Publicação

Pauliv Cardenes da Costa, Victor Eduardo
Sphenacanthidae e Xenacanthidae (Chondrichthyes:
Elasmobranchii) da Formação Rio do Rasto No Estado do
Paraná / Victor Eduardo Pauliv Cardenes da Costa. --
2013.
90 f.

Orientadora: Ana Maria Ribeiro.
Coorientadora: Eliseu Vieira Dias.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências,
Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto
Alegre, BR-RS, 2013.

1. Permiano. 2. Bacia do Paraná. 3.
Chondrichthyes. 4. Xenacanthidae. 5.
Sphenacanthidae. I. Ribeiro, Ana Maria, orient. II.
Vieira Dias, Eliseu, coorient. III. Título.

Agradecimentos

Inicialmente gostaria de agradecer ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGGEO-UFRGS) pela oportunidade a mim ofertada de realizar este mestrado e crescer profissionalmente.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento desta pesquisa por meio da bolsa de mestrado número 133062/2011-2.

Ao Dr. Eliseu Vieira Dias, meu professor na Universidade Positivo, me orientou na Universidade Federal do Paraná e me co-orientou no mestrado na UFRGS. Agradeço pela amizade e companheirismo nas saídas de campo, sendo não só um professor, mas também um grande amigo.

Ao Dr. Cesar L. Schultz por acreditar no meu potencial.

À minha orientadora, a Dra. Ana Maria Ribeiro por aceitar me orientar, confiar na minha capacidade, pelas responsabilidades assumidas e por muito colaborar com este trabalho.

Aos professores do PPGGEO – UFRGS em especial aos doutores Marina B. Soares, Paulo A. Souza, Roberto Iannuzzi e João C. Coimbra

A equipe da secretaria do PPGGEO - UFRGS: Roberto M. Pereira, Letícia M. Barbosa e Desmond L. P. B. Maria pelo apoio.

Aos membros da banca examinadora desta dissertação por aceitar o convite e avaliar este trabalho, bem como aos suplentes desta banca.

Ao Museu de Ciências Naturais do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná (MCN-SCB-UFPR) pelo fornecimento de infraestrutura necessária para a preparação e estudo dos espécimes, assim como pelo apoio oferecido.

Ao meu grande amigo e mestre vice-diretor do MCN-SBC-UFPR, o prof. MSc. Fernando Antonio Sedor pelo fornecimento material de estudo, pelas inúmeras horas de discussões técnicas e pela amizade durante todos esses anos de convívio.

A Jorge Ferigolo pelas discussões técnicas e filosóficas.

À Universidade Positivo, Fundação Zoobotânica do Estado do Rio Grande do Sul, Laboratório de Foraminíferos e Micropaleontologia Ambiental (LaFMA-UFPR) e à Universidade Estadual do Oeste do Paraná por cederem laboratórios para analisar e fotografar os exemplares.

Aos curadores de coleções paleontológicas por me permitirem a consulta a espécimes: Rodrigo Machado (DNPM), Maria Cláudia Malabarba (MCT-PUC-RS) e João C. Coimbra (UFRGS).

Aos meus grandes amigos e colegas de apartamento em Porto Alegre, Marcel B. L. Santos e David D. da Silva pelas inúmeras horas de companhia e amizade.

Aos meus amigos de UFRGS em especial a Marcos André F. Sales, Felipe L. Pinheiro, Fábio H. Veiga, Ana Emília Q. Figueiredo, Daniel Fortier, Alessandra D. Boos, Alexandre Liparini, Bruno L.D. Horn, Matias Ritter, Flávio A. Pretto e Andressa Paim por tornar a minha estadia em Porto Alegre durante o mestrado mais divertida.

Aos meus colegas da Seção de Paleontologia da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul: Ricardo Sabóia Bertoni, Leonardo Kerber, José Darival Ferreira, Vanessa G. Pitana, Patrícia Braunn e Débora Hanich.

A todos os meus amigos de Curitiba que contribuíram direta ou indiretamente para que eu obtivesse este êxito profissional, incluindo-se aqui amigos de colégio, Universidade Positivo, Universidade Federal do Paraná, amigos de aventuras do grupo Friends Trilhas e Aventuras e a família Woitovicz Cardoso.

À Valéria Schlottag pelo carinho, incentivo, sinceridade, compreensão e companheirismo.

Ao meu pai, meus irmãos, meus primos, tios e tias e em especial ao meu tio Valter Pauliv pela companhia e apoio.

Por fim, gostaria de agradecer a minha mãe Neide Pauliv pela educação, incentivo, por todo o carinho e amor incondicional.

Resumo

As estruturas com maior possibilidade de fossilização do esqueleto dos Chondrichthyes são aquelas mais mineralizadas, tais como dentes, escamas, espinhos cefálicos e de nadadeiras. Na Formação Rio do Rasto, os Chondrichthyes estão representados predominantemente por dentes e espinhos de nadadeiras. Na presente dissertação, foram estudados espécimes coletados em um afloramento do Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto próximo ao quilômetro 20 da BR-153 no Município de Jacarezinho, Estado do Paraná, Brasil. O material corresponde a dois conjuntos, um representado por dois espinhos de nadadeira e o outro por vários dentes, todos depositados no Museu de Ciências Naturais do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná. No primeiro conjunto as características apresentadas pelos espinhos permitiram atribuí-los a uma nova espécie de Sphenacanthidae, enquanto que as características do segundo conjunto permitiram atribuir os dentes a uma nova espécie de Xenacanthidae. A associação fóssil na localidade-tipo e no mesmo horizonte estratigráfico da Formação Rio do Rasto indica que estas ocorrências de tubarões podem representar mais um registro de água doce para os xenacantídeos e esfenacantídeos.

Palavras-chave: Permiano, Bacia do Paraná, Chondrichthyes, Xenacanthidae, Sphenacanthidae.

Abstract

The chondrichthian skeletal structures with greater potential of fossilization are the most mineralized such as teeth, scales, fin spines and cephalic spines. In the Rio do Rasto Formation the Chondrichthyes are represented by fin spines and teeth. The studied material came from an outcrop of Serrinha Member of the Rio do Rasto Formation, close to km 20, by the road BR-153 in the city of Jacarezinho, State of Paraná, Brazil. The studied material are two sets, one represented by two fin spines and the other by several teeth, all housed in the “Museu de Ciências Naturais do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná” - UFPR Natural Sciences Museum. In the first set, the features shown allow to ascribe the finspines to a new species of Sphenacanthidae, while the features of the second set allow to ascribe the teeth a new species of Xenacanthidae. The fossil association in the type locality and in the same stratigraphical horizon in the Rio do Rasto Formation indicates that these shark occurrences could represent another freshwater record for the xenacanthids and sphenacanthids.

Key words: Permian, Paraná Basin, Rio do Rasto Formation, Chondrichthyes, Xenacanthidae, Sphenacanthidae.

Índice de Figuras

Figura 1. Dentes de Chondrichthyes do Devoniano Inferior atribuídos ao gênero <i>Leonodus</i> em vista aboral (A) e lateral (B) (extraído de Ginter <i>et al.</i> , 2010). Escala: 0,5 mm.	10
Figura 2. Cladograma proposto por Ginter <i>et al.</i> (2010) ilustrando as relações entre os principais grupos de Chondrichthyes baseado principalmente na morfologia dentária. Grupos vivos evidenciados em negrito dentro do retângulo.	11
Figura 3. <i>Wurdigneria obliterata</i> Richter, 2005 em vista lingual (A) e aboral (B), um exemplo de dente diplodonte característico dos Xenacanthiformes (RICHTER, 2005). Escala: 1 mm.	12
Figura 4. Dente e escova dorsal de <i>Akmonistion</i> Coates; Sequeira, 2001. Escalas: 2 mm e 30 mm respectivamente.	12
Figura 5. Vista lateral de um espinho de nadadeira de <i>Ctenacanthus compressus</i> Newberry, 1889 (MAISEY, 1981). Escala: 10 mm.	13
Figura 6. Dente do Hybodontiformes <i>Lissodus lopezae</i> Soler-Gijón, 1997, em vista labial (A) e lingual (B) (GINTER <i>et al.</i> , 2010). Escala: 0,5 mm.	13
Figura 7. Dentes de <i>Orodus ipeunaensis</i> Chahud <i>et al.</i> , 2010. Escala: 3 mm.	14
Figura 8. Dentes de <i>Helicoprion jingmenense</i> Chen <i>et al.</i> (2007). Escala: 50 mm.	14
Figura 9. Dente sinfiseal do Petalodontiformes <i>Itapyrodus punctatus</i> Silva-Santos, 1990 (CHAHUD <i>et al.</i> , 2010) em vista labial (A), lingual (B), oclusal (C), laterais (D e E) e basal (F). Escala: 2 mm.	15
Figura 10. Distribuição das bacias do Paraná e Parnaíba no território brasileiro (modificado de Milani <i>et al.</i> , 2007a).	16
Figura 11. Mapa paleogeográfico apresentado por Dias (2012), representando o Sudoeste do Gondwana entre o Permiano Médio a Tardio, evidenciando os sistemas lacustres, fluviais e deltaicos das formações Rio do Rasto (Brasil) e Gai-As (Namíbia) em conjunto com as formações do Grupo Beaufort (África do Sul).	22
Figura 12. Esquema da correlação da fauna de tetrápodes da Formação Rio do Rasto com as zonas de assembleia da Bacia do Karoo e as assembleias do Leste Europeu de Cisneros <i>et al.</i> (2005).	25
Figura 13. Esquema apresentado por Langer <i>et al.</i> (2008) representando a fauna de tetrápodes da Formação Rio do Rasto e a sua correlação com as assembleias da Bacia do Karoo e assembleia do Leste Europeu. Segundo os autores, registros incertos em cinza.	27

Figura 14. Bioestratigrafia baseada em tetrápodes da Formação Rio do Rasto e a sua correlação das faunas do Leste Europeu e da Bacia do Karoo de Dias-da-Silva (2012).....	28
Figura 15. Distribuição da Formação Rio do Rasto no Estado do Paraná com a localização do local de coleta no Município de Jacarezinho.	30

Sumário

Apresentação da Estrutura da Dissertação	8
1. Introdução	9
1.1 Chondrichthyes Permianos Brasileiros	15
1.1.1 Chondrichthyes Permianos da Bacia do Parnaíba	16
1.1.2 Chondrichthyes Permianos da Bacia do Paraná	17
1.2 A Formação Rio do Rasto	19
1.3 Objetivos	29
1.4 Material e Métodos	30
1.4.1 Material.....	30
1.4.2 Métodos.....	31
1.5 Referências	32
2. Artigos Científicos	46
Artigo I – Pauliv, V. E.; Dias, E. V. & Sedor, F. A. A new species of sphenacanthid (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the Rio do Rasto Formation (Paraná Basin), Southern Brazil. Revista Brasileira de Paleontologia, v. 15, n. 3, p. 243-250. 2012. doi:10.4072/rbp.2012.3.01	47
Artigo II – Pauliv, V. E.; Dias, E. V.; Sedor, F. A.; Ribeiro, A. M. A new species of Xenacanthiformes (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the Late Paleozoic Rio do Rasto Formation (Paraná Basin), Southern Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências (artigo aceito pela revista e em fase de revisão pelo editor).....	56

Apresentação da Estrutura da Dissertação

A presente dissertação objetiva realizar a descrição e a determinação taxonômica de novos espécimes de Xenacanthidae e Sphenacanthidae procedentes de um afloramento do Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto, localizado no Município de Jacarezinho, Estado do Paraná, assim como comparar o presente material com outras espécies destas mesmas famílias de Chondrichthyes. O presente trabalho foi elaborado de acordo com as orientações da “Norma 103 – Submissão de teses e dissertações na forma de artigos”, em vigência no Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul¹.

De acordo com esta norma, o corpo principal desta dissertação é composto por artigos científicos publicados ou submetidos a periódicos com corpo editorial permanente e revisores independentes e classificados nos estratos Qualis da CAPES A1, A2, B1 ou B2, podendo até ser B3 somente para o caso de periódico internacional. Além disso, segundo a mesma norma, estes artigos devem ser precedidos de uma introdução sobre o tema e descrição do objeto de pesquisa, na qual estão sumarizados os objetivos e a filosofia de pesquisa desenvolvidos, contendo o estado da arte sobre o objeto de pesquisa.

Desta forma, para facilitar a compreensão do leitor, a dissertação foi dividida em dois capítulos e anexos. O capítulo I abrange uma Introdução que estabelece o tema e descreve o objeto da pesquisa, resumindo o atual estado do conhecimento do assunto abordado e os objetivos da pesquisa, juntamente com o Material e Métodos, abordando quais e quantos são os espécimes utilizados, a procedência, local onde os espécimes encontram-se tombados, técnicas de coleta e preparação dos fósseis. O capítulo II corresponde a dois artigos científicos submetidos a periódicos científicos com as formatações originais exigidas pelos periódicos científicos e suas cartas de aceitação.

¹ Norma 103 do Programa de Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (aprovada em primeiro de março de 2012). Disponível em <http://www6.ufrgs.br/ppggeo/sites/default/files/norma103.pdf>.

1. Introdução

Os Chondrichthyes são um grupo de peixes que inclui os tubarões, raias e quimeras. Estes organismos apresentam um endoesqueleto composto por tecido cartilaginoso que pode ser calcificado por uma camada superficial de grânulos prismáticos. O exoesqueleto por sua vez, é composto por pequenas escamas, as vezes alargadas (ou fusionadas?) e, desta forma, modificadas em espinhos cefálicos ou de nadadeiras e menos frequentemente em placas dérmicas (MOY-THOMAS; MILLES, 1971).

De acordo com Teixeira *et al.* (2003) o estudo dos Chondrichthyes fósseis foi iniciado no século XVII por Nicolau Steno que reconheceu objetos anteriormente denominados *glossopetrae* (“línguas petrificadas”), os quais eram, na realidade, dentes fósseis de tubarões. Desde então, muitos objetos que antes não eram reconhecidos como restos de Chondrichthyes, passaram a ser tratados como tal. Assim como esta, muitas ideias de Steno ajudaram no desenvolvimento das Ciências Naturais, especialmente a Paleontologia e a Geologia, como e o caso do estabelecimento dos princípios de superposição, horizontalidade original e continuidade lateral das camadas (TEIXEIRA *et al.* 2003).

Segundo Long (2011) os Chondrichthyes parecem estar proximamente relacionados aos extintos Placodermi e é possível que estes grupos tenham se originado de um ancestral coberto por escamas e sem mandíbula no início do Siluriano Inferior. Segundo este mesmo autor, escamas similares a de tubarões são conhecidas para o Ordoviciano Superior, entretanto, o primeiro registro indubitável de Chondrichthyes é conhecido por escamas do Siluriano Inferior (Llandoveryano). Desta forma, considera-se aqui que os Chondrichthyes são registrados desde o Siluriano Inferior até o Recente.

Somente no início do Devoniano Inferior surgem os primeiros dentes fossilizados característicos de tubarões (LONG, 2011). Estes dentes possuem um padrão morfológico diplodonte, de base alongada e estreita, superfícies coronal convexa e aboral fortemente côncava (Fig.1), identificados como pertencentes ao gênero *Leonodus* Mader, 1986, sendo este o mais antigo tubarão possuidor de dentes (GINTER, 2004; GINTER *et al.*, 2010).

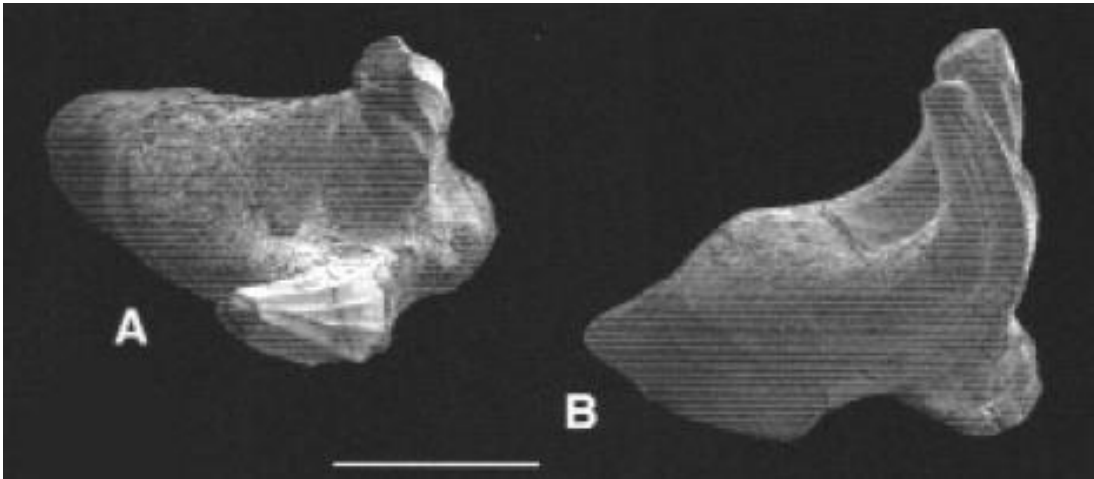


Figura 1. Dentes de Chondrichthyes do Devoniano Inferior atribuídos ao gênero *Leonodus* em vista aboral (A) e lateral (B) (extraído de Ginter *et al.*, 2010). Escala: 0,5 mm.

Já no Devoniano Superior, os tubarões se tornaram um grupo cosmopolita que se estabeleceu tanto em ambiente marinho como de água doce, com mais de 80 espécies conhecidas, representados principalmente por dentes e escamas, acompanhados por cerca de uma dúzia de táxons conhecidos por esqueletos completos ou parciais (LONG, 2011).

Durante o início do Carbonífero em função da extinção dos placodermes e muitos agnatos no final do Devoniano, os Chondrichthyes sofreram uma radiação morfológica que possibilitou o surgimento de novas famílias e gêneros, inclusive com o surgimento dos Holocephalii (LONG, 2011).

Baseado na morfologia dentária, Ginter *et al.* (2010) considera que os Xenacanthiformes, Symmoriformes e os Ctenacanthiformes são grupos-tronco (“*stem-group*”) de Chondrichthyes por apresentarem dentes com base alongada orolingualmente (*aulacorhize*, “base primitiva”, Fig. 2), enquanto que os Neoselachii, Hybodontiformes, Eugeneodontiformes, Orodontiformes, Petalodontiformes e os Holocephalii são considerados como grupos-ápice (“*crown-group*”) de Chondrichthyes por possuírem dentes com base sem projeção orolingual (*anaulacorhize*, “base euselachiana”) (Fig. 2). Ainda segundo Ginter *et al.* (2010) os Chondrichthyes derivados podem ser agrupados em dois clados: os Euselachii que inclui os Hybodontiformes e os Neoselachii (tubarões modernos); e os Euchondrocephali incluindo os Orodontiformes, Eugeneodontiformes, Petalodontiformes e Holocephalii. Desta forma, nesta concepção, os Elasmobranchii

são um grupo parafilético que inclui todos os táxons de Chondrichthyes não-Euchondrocephali paleozóicos e recentes.

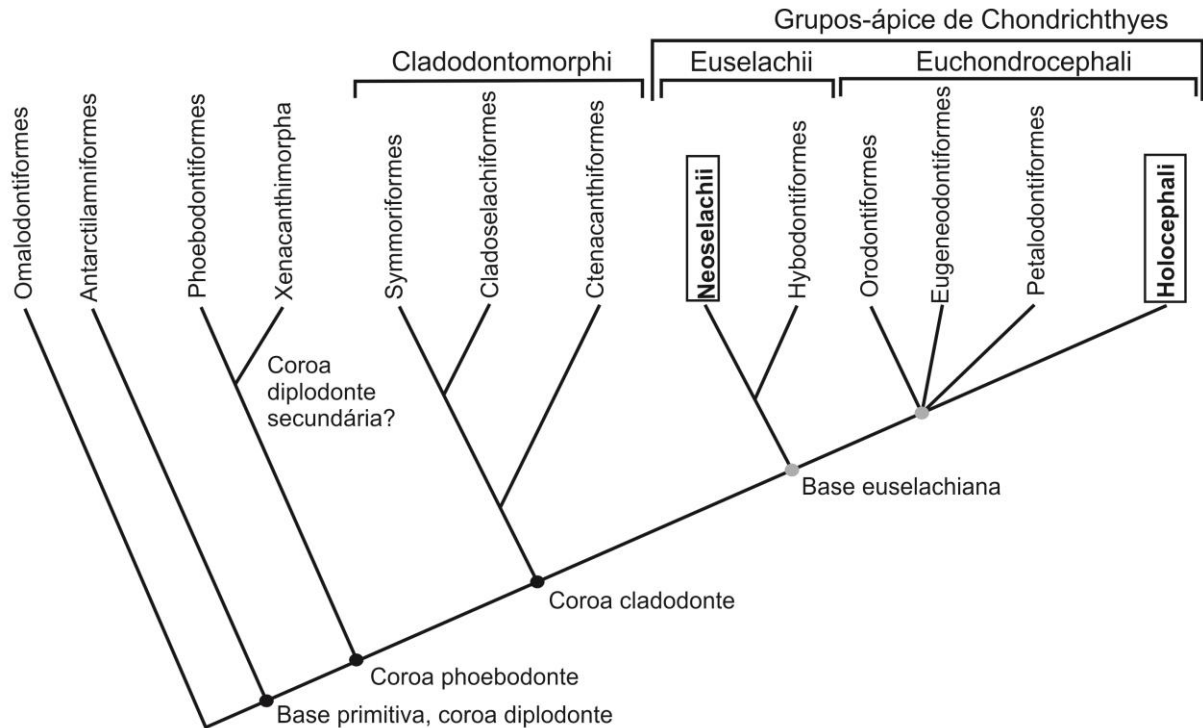


Figura 2. Cladograma proposto por Ginter *et al.* (2010) ilustrando as relações entre os principais grupos de Chondrichthyes baseado principalmente na morfologia dentária. Grupos vivos evidenciados em negrito dentro do retângulo.

Durante o final do Paleozóico os Chondrichthyes foram representados principalmente pelos Xenacanthiformes, Symmoriformes, Ctenacanthiformes, Eugeneodontiformes, Orodontiformes, Petalodontiformes e Hybodontiformes.

Os Xenacanthiformes foram uma ordem bem sucedida de tubarões que são registrados do Devoniano ao Triássico e são representados principalmente por espinhos cefálicos e/ou por dentes diplodontes com duas cúspides usualmente maiores do que a cúspide central (mediana) e por alguns esqueletos completos (GINTER, 2004) (Fig. 3). Estes tubarões habitavam predominantemente ambientes dulcícolas e invadiram este ambiente a partir do ambiente marinho (LONG, 2011).

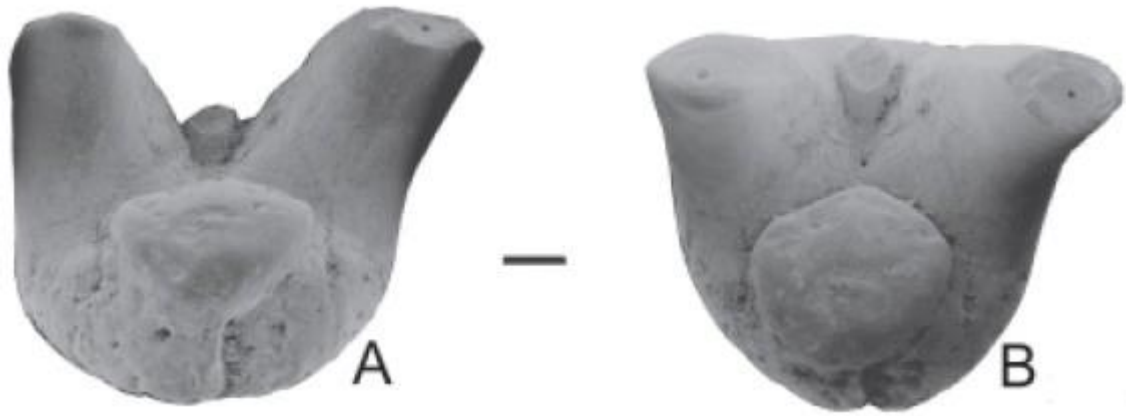


Figura 3. *Wurdigneria obliterated* Richter, 2005 em vista lingual (A) e aboral (B), um exemplo de dente diplodonte característico dos Xenacanthiformes (RICHTER, 2005). Escala: 1 mm.

Os Symmoriformes são registrados do Devoniano Superior ao Permiano e são caracterizados por apresentar estruturas peculiares similares a uma escova e repletas de pequenos dentículos nas nadadeiras dorsais principais, como encontrado em *Stethacanthus* Newberry, 1889, e *Akmonistion* Coates e Sequeira, 2001, além de dentes com bases amplas e muitas cúspides pequenas que flanqueiam a cúspide mediana principal (LONG, 2011) (Fig. 4).

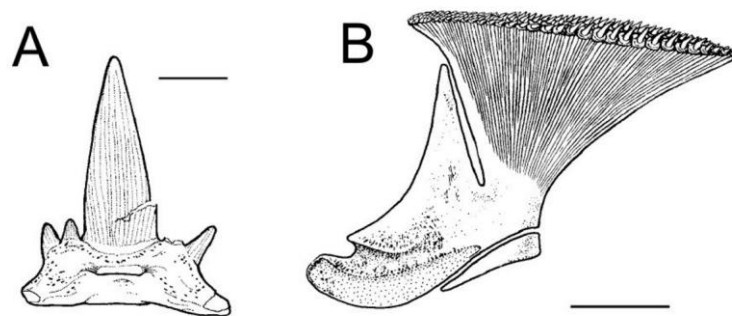


Figura 4. Dente e escova dorsal de *Akmonistion* Coates; Sequeira, 2001. Escalas: 2 mm e 30 mm respectivamente.

Os Ctenacanthiformes são comumente encontrados do Carbonífero ao Permiano e tipificados pelo gênero *Ctenacanthus* Agassiz, 1937, do grego *ctenos* que significa “pente” e *acanthos* que significa “espinho”, por apresentarem espinhos de nadadeira elaborados e com finas sequências de nodos (LONG, 2011) (Fig. 5). Estes tubarões também apresentam dentes do tipo cladodonte com cúspide mediana maior, face labial plana e a base dos dentes apresentam uma depressão

basolabial claramente desenvolvida, e crânio com características primitivas, como região ótica longa e ampla parte axial (GINTER *et al.*, 2010).

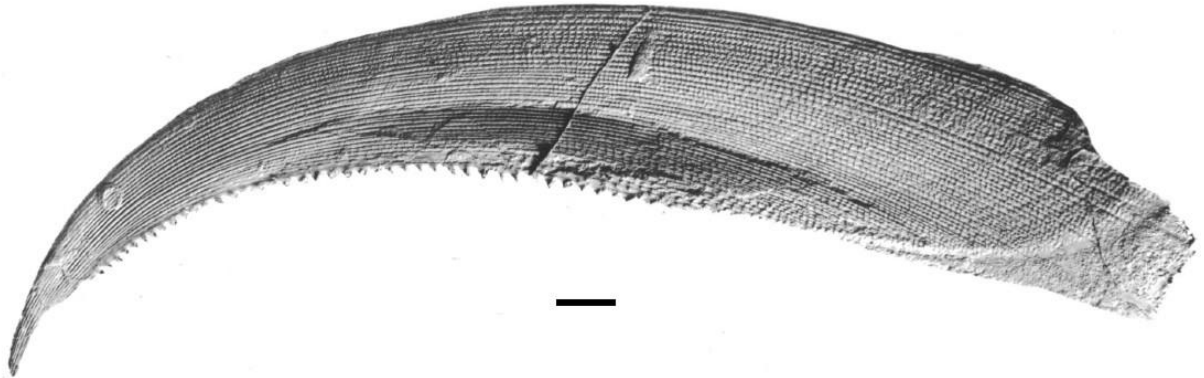


Figura 5. Vista lateral de um espinho de nadadeira de *Ctenacanthus compressus* Newberry, 1889 (MAISEY, 1981). Escala: 10 mm.

Já os Hybodontiformes apresentam uma origem que remonta ao Carbonífero Inferior e é representada pelo fóssil completo de *Diplozelache* Dick, 1981 (LONG, 2011), sendo que esta ordem ultrapassou o limite Permo-Triássico e tornou-se comum durante o Mesozoico. O grupo é caracterizado pela presença de mais de dois pares de espinhos cefálicos, um situado anteriormente a região supratemporal e o outro par, usualmente maior, situado na região supra-ótica da cabeça. A morfologia dentária é diversa, variando de dentes com coroa bastante baixa em formas durófagas (Fig. 6), as coroas altas e multicuspidadas em dentes do tipo cortante (GINTER *et al.*, 2010).

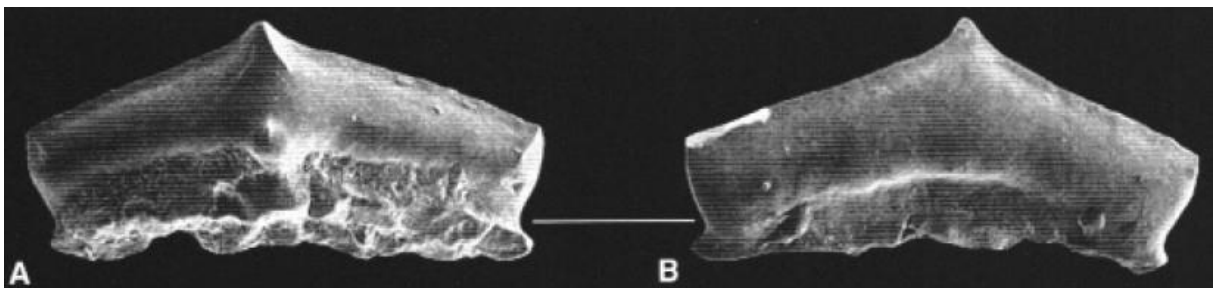


Figura 6. Dente do Hybodontiformes *Lissodus lopezae* Soler-Gijón, 1997, em vista labial (A) e lingual (B) (GINTER *et al.*, 2010). Escala: 0,5 mm.

Os Orodontiformes são uma ordem de tubarões considerada artificial por Ginter *et al.* (2010), sendo que estes autores os caracterizam por possuírem dentes trituradores (“*crushing teeth*”) alongados mesio-distalmente e com base típica dos Euselachii (*anaulacorhize*), cúspide mediana baixa usualmente piramidal ou cônica e

cúspides laterais completamente fusionadas ou com ápices separados. Estes Chondrichthyes são comumente encontrados em depósitos do Carbonífero (LONG 2011), mas também em depósitos do Permiano (Fig. 7) (e.g. CHAHUD *et al.*, 2010).

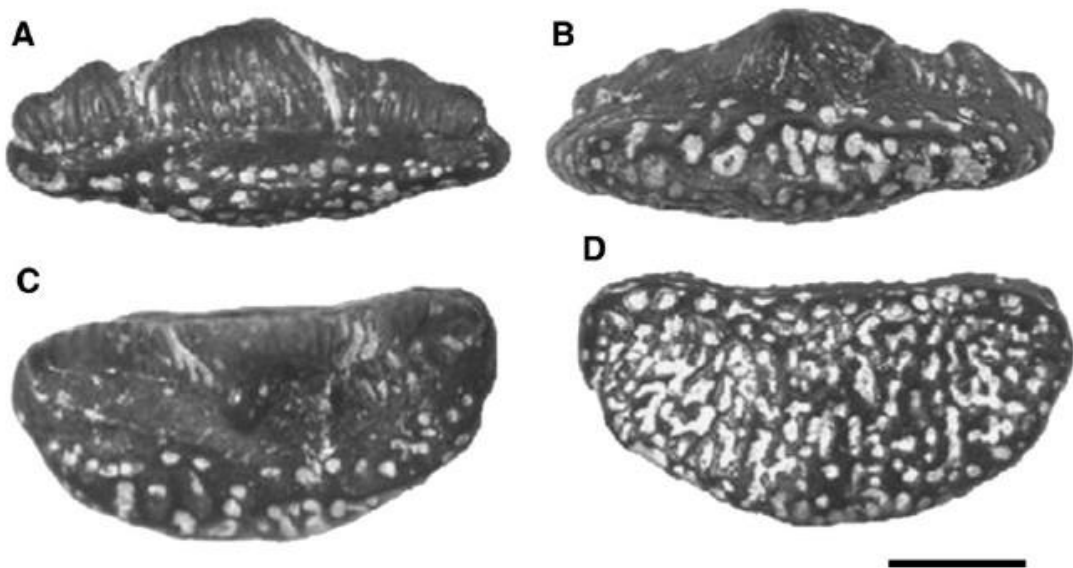


Figura 7. Dentes de *Orodus ipeunaensis* Chahud *et al.*, 2010. Escala: 3 mm.

Os Eugeneodontiformes são um grupo de tubarões conhecido por sequências de dentes dispostos em espiral, formando uma estrutura similar a uma serra circular na sínfise da mandíbula inferior (GINTER *et al.*, 2010), como encontrado, por exemplo, em *Helicoprion* Karpinsky, 1889 (Fig. 8). Esta ordem foi bem sucedida durante o Permiano Médio de várias regiões do globo (LONG, 2011). Segundo Ginter *et al.* (2010) os dentes sínfiseais dos representantes deste grupo podem ser túmidos ou cristados ou lateralmente comprimidos e equipados com bordas cortantes serrilhadas e afiadas, enquanto que os dentes laterais e distais são geralmente baixos e formam pavimentos os quais são funcionalmente similares aos das raia.

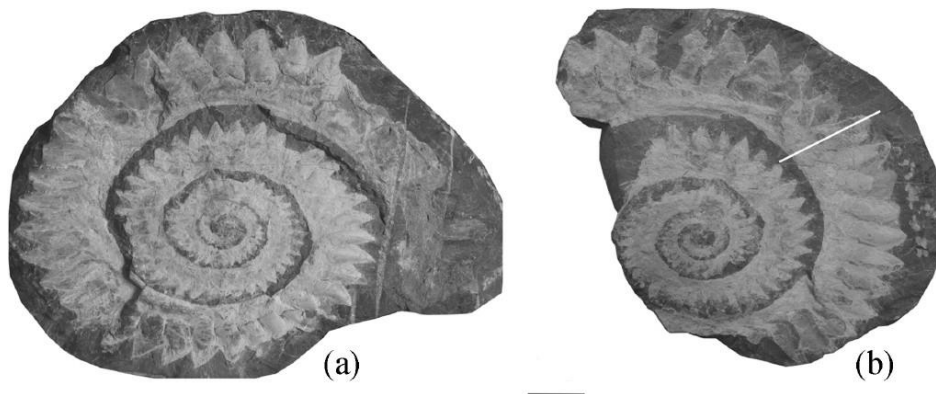


Figura 8. Dentes de *Helicoprion jingmenense* Chen *et al.* (2007). Escala: 50 mm.

Os Petalodontiformes (Fig. 9) são um grupo abundante, diverso e bem representado do Carbonífero ao Permiano do mundo inteiro em depósitos marinhos, exceto algumas exceções. Entretanto, por não apresentar muitos espécimes completos, é considerado um grupo pouco conhecido (GINTER *et al.*, 2010).

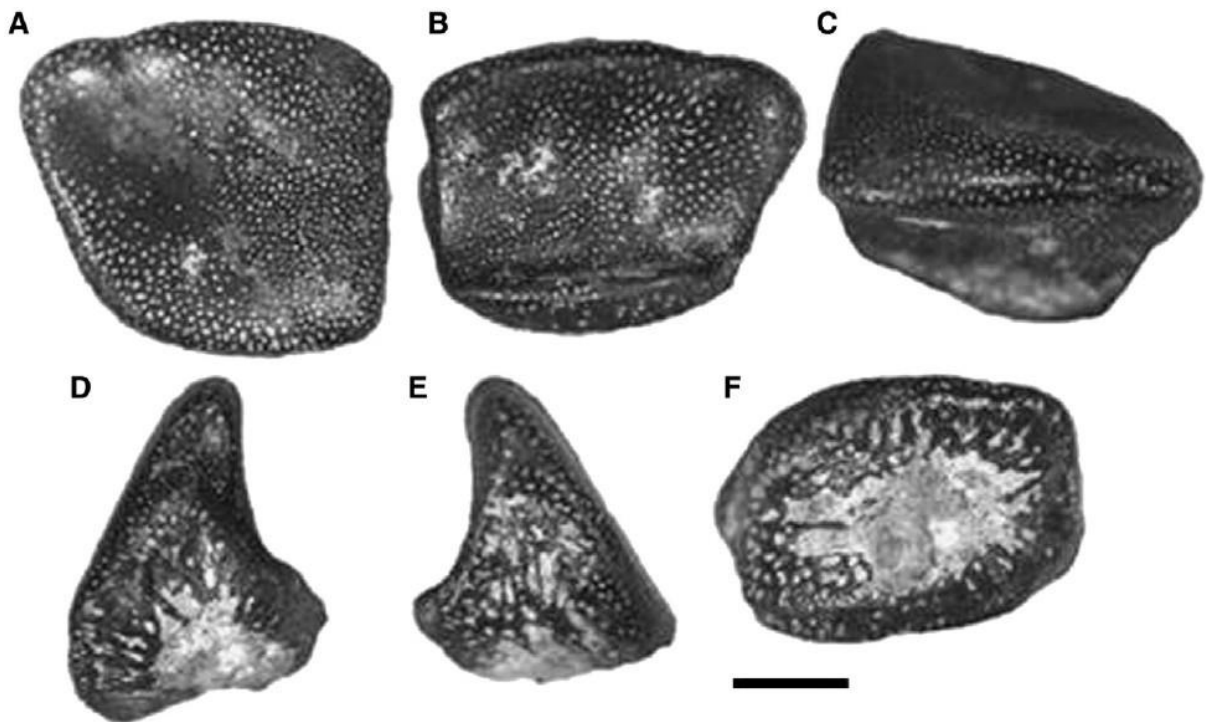


Figura 9. Dente sinfiseal do Petalodontiformes *Itapyrodus punctatus* Silva-Santos, 1990 (CHAHUD *et al.*, 2010) em vista labial (A), lingual (B), oclusal (C), laterais (D e E) e basal (F). Escala: 2 mm.

Várias destas ordens são registradas no território brasileiro principalmente nas bacias sedimentares do Amazonas, Parnaíba e Paraná.

1.1 Chondrichthyes Permianos Brasileiros

Apesar das primeiras ocorrências de Chondrichthyes remontarem ao Siluriano, sendo registrados em abundância no Devoniano de várias regiões do mundo, no território brasileiro as ocorrências são relativamente escassas para o Devoniano (*e.g.* RICHTER, 1985; MAISEY; MELO 2005) assim como para o Carbonífero (*e.g.* SILVA-SANTOS; SALGADO, 1970; DUFFIN *et al.*, 1996). O grupo se torna mais abundante e diverso em estratos permianos das bacias do Parnaíba e Paraná (Fig. 10).

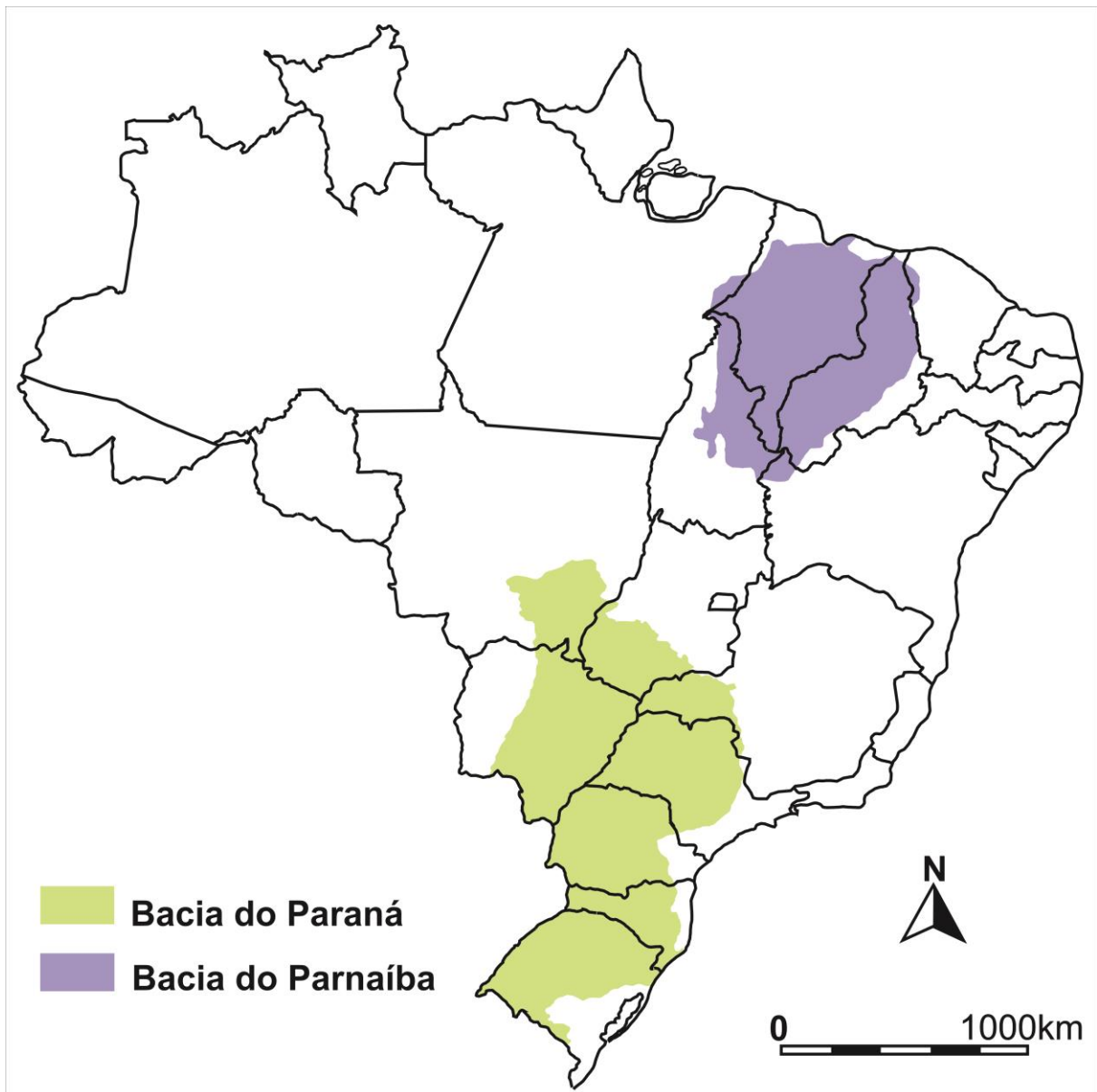


Figura 10. Distribuição das bacias do Paraná e Parnaíba no território brasileiro (modificado de Milani *et al.*, 2007a).

1.1.1 Chondrichthyes Permianos da Bacia do Parnaíba

Segundo Vaz *et al.* (2007), a Bacia do Parnaíba ocupa uma área de cerca de 600 mil km² da porção Noroeste do Nordeste brasileiro, sendo que no depocentro a espessura total de suas rochas atinge cerca de 3.500 m (Fig.10). Segundo estes mesmos autores, a bacia se desenvolveu sobre um embasamento continental e o registro sedimentar é distribuído em cinco supersequências: Siluriana, Mesodevoniana-Eocarbonífera, Neocarbonífera-Eotriássica, Jurássica e Cretácea.

Nesta bacia, as ocorrências permianas do grupo são restritas a Formação Pedra de Fogo, visto que segundo Vaz *et al.* (2007), esta unidade estratigráfica se

distribuí por todo o Permiano. Formalmente há quatro espécies de Chondrichthyes descritas: “*Ctenacanthus maranhensis*” Silva-Santos, 1946, representada por inúmeros fragmentos de espinhos de nadadeira, aqui atribuídos a *Sphenacanthus maranhensis*, um Sphenacanthidae; “*Pleuracanthus albuquerquei*” Silva-Santos, 1946, dentes isolados de Xenacanthiformes, atribuídos por Chahud e Petri (2010a) a *Taquaralodus albuquerquei*; *Itapyrodus punctatus* Silva-Santos, 1990 um Petalodontiformes também representado por dentes isolados e pelo Eugeneodontiformes *Anisopleurodontis pricei* Silva-Santos, 1994.

Richter (2001) e Richter (2008) mencionam a ocorrência de alguns espinhos de Ctenacanthiformes coletados associados a dentes cladodontes atribuídos a *Glikmanius occidentalis* (= *Cladodus occidentalis*) Leidy, 1859. Estes espinhos de nadadeira seriam idênticos a *Ctenacanthus amblyxiphias* Cope, 1891, do Permiano Inferior do Kansas (Estados Unidos da América), enquanto que os dentes foram atribuídos a *Glikmanius occidentalis* conhecido previamente no Pensilvaniano-Permiano Inferior dos Estados Unidos da América, Carbonífero Superior da Inglaterra e Carbonífero da Rússia, o que sugeriria uma possível sinonímia entre essas duas espécies. Novas ocorrências de espinhos de nadadeira de Ctenacanthiformes indet. são mencionados por Alves *et al.* (2008a), Alves *et al.* (2008c), Richter (2008), Souza *et al.* (2008), Alves (2010a), Alves (2010b) e Souza *et al.* (2010).

1.1.2 Chondrichthyes Permianos da Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná, por sua vez, abrange uma ampla área sedimentar do continente sul-americano incluindo porções territoriais do Brasil meridional (Fig. 10), Paraguai oriental, nordeste da Argentina e norte do Uruguai, ocupando uma área total de 1,5 milhão de km², apresentando espessura máxima de 7.000 m (MILANI *et al.*, 2007b). Segundo Milani *et al.* (1997) são reconhecidas seis supersequências: Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo).

Nesta bacia, os Chondrichthyes são registrados no Grupo Itararé (Permo-Carbonífero) e em praticamente em todas as formações permianas: Rio Bonito, Irati, Terezina (com “z”, segundo Mendes, 1967), “Corumbataí” e Rio do Rasto. Destas, as

formações Irati e Terezina são as que apresentam maior diversidade de ocorrências, como visto abaixo.

Para o Grupo Itararé (Bashkiriano/Moscoviano a Sakmariano Inicial segundo HOLZ *et al.*, 2010) as ocorrências se restringem a Formação Rio do Sul pelas ocorrências de dentes cladodontes para a “Fácies Budó”, Estado do Rio Grande do Sul (BARCELLOS, 1973) e para Mafra, Estado de Santa Catarina (DIAS *et al.*, 2008a, 2008b).

Para a Formação Rio Bonito (Sakmariano Inicial a Artinskiano Médio segundo Holz *et al.*, 2010) somente uma ocorrência é conhecida para o Arenito Taió, Santa Catarina, com uma espécie descrita; “*Ctenacanthus gondwanus* Silva-Santos, 1947, representada pela impressão de um espinho de nadadeira. Esta espécie foi revista por Maisey (1984), que por sua vez atribuiu o espécime ao gênero *Sphenacanthus*, resultando na nova combinação *Sphenacanthus gondwanus* Silva-Santos, 1947.

Já a Formação Irati (Artinskiano Tardio segundo Holz *et al.*, 2010), apresenta cinco espécies de Chondrichthyes formalmente descritas (sendo os primeiros representados por dentes isolados e o último por espinhos de nadadeira isolados): o Xenacanthiformes *Xenacanthus pricei* Würdig-Maciel, 1975, o também Xenacanthiformes *Taquaralodus albuquerquei* (CHAHUD; PETRI, 2010a), o Orodontiformes *Orodus ipeunaensis* Chahud *et al.*, 2010, o Petalodontiformes *Itapyrodus punctatus* (RAGONHA 1978; CHAHUD; PETRI, 2010, CHAHUD *et al.*, 2010) e o Sphenacanthidae *Sphenacanthus sanpauloensis* Chahud *et al.*, 2010; e uma ocorrência de Xenacanthiformes indet. por Chahud e Petri (2009). É importante ressaltar que a ocorrência de *Itapyrodus punctatus* e de *Taquaralodus albuquerquei* tanto na Formação Pedra de Fogo (Bacia do Parnaíba) como na Formação Irati (Bacia do Paraná) indica uma correlação entre esses estratos e uma possível conexão entre essas duas bacias.

A Formação Terezina (Kunguriano Tardio a Rodiano segundo HOLZ *et al.*, 2010) a exemplo da Formação Pedra de Fogo da Bacia do Parnaíba, também apresenta quatro espécies de Chondrichthyes formalmente descritas (todas representadas por dentes isolados): “*Orodus mileri* Würdig-Maciel, 1975, recentemente reatribuído por Ginter *et al.* (2010) a *Tristychius* sp. (Hybodontiformes); os Xenacanthiformes *Xenacanthus santosi* Würdig-Maciel, 1975 e *Wurdigneria obliterata* Richter, 2005 e pelo Eugeneodontiformes *Tiaraju tenuis* Richter, 2007. Para esta mesma unidade estratigráfica ainda são mencionadas ocorrências de

Ctenacanthus indet. por Würdig-Maciel (1975), *Sphenacanthiformes* e *Hybodontiformes* indet. por Richter (2004).

Para a Formação “Corumbataí” Ragonha (1984) propôs em sua tese de doutorado cinco espécies de *Xenacanthiformes*: *Xenacanthus angatubensis*, *X. camaquensis*, *X. ferrazensis*, *X. santaritensis* e *X. taquaritubensis*, entretanto, estas não foram publicadas formalmente, permanecendo como nomes inválidos (*nomina nuda*) e também reconheceu a ocorrência de *Xenacanthus moorei*, anteriormente registrado apenas no Hemisfério Norte. Posteriormente, para esta mesma formação, Ragonha e Silva-Santos (1987) verificaram que o molusco *Dentalium florencei* Moraes Rego, 1936, na verdade se tratava de um molde de espinho de nadadeira de *Chondrichthyes* atribuído ao gênero *Hybodus* Agassiz, 1837. Outras ocorrências de *Xenacanthiformes* para esta unidade foram mencionadas por Ragonha (1989a) que descreveu um espinho de base bulbosa e Campanelli e Fernandes (2008) que apenas mencionam a ocorrência de dentes. Toledo *et al.* (1997) acrescentam ainda a ocorrência de *Petalodontiformes* na Formação “Corumbataí”. Atualmente, a Formação “Corumbataí” é considerada por Rohn (2001) e Holz *et al.* (2010) como equivalente as formações Serra Alta e Terezina, sendo por este motivo grafada entre aspas no presente trabalho.

Já para a Formação Rio do Rasto (Wordiano a Wuchiapingiano segundo HOLZ *et al.*, 2010) são registradas várias ocorrências de *Xenacanthiformes*, *Hybodontiformes* e *Sphenacanthus*, todas ainda indeterminadas, assim como a placa de espinho cefálico mencionada por Laurini *et al.* (2011). Os *Xenacanthiformes* indet. são mencionados por Ragonha (1989b, 1990), Dias (1996), Dentzien-Dias *et al.* (2008), Horn *et al.* (2009), Figueiredo *et al.* (2008) e Pauliv *et al.* (2010), os *Hybodontiformes* indet. por Richter e Langer (1998), Malabarba *et al.* (2003), Laurini *et al.* (2009), Laurini *et al.* (2010) e Laurini (2011), e, por fim, os *Sphenacanthus* indet. por Sedor *et al.* (2009) e por Pauliv *et al.* (2009).

1.2 A Formação Rio do Rasto

A Formação Rio do Rasto é dividida em dois membros, o Membro Serrinha (inferior) e o Membro Morro Pelado (superior) segundo a proposição de Gordon Jr. (1947). A litologia da formação constitui-se de siltitos e argilitos intercalados de arenitos finos arroxeados, esverdeados e avermelhados, com eventuais níveis de sílex e calcário sendo que o Membro Serrinha possui 150 a 250m de espessura,

enquanto que o Membro Morro Pelado 250 a 300m de espessura, sendo que esta formação teria sido depositada durante o intervalo Wordiano-Wuchiapingiano (Permiano) (HOLZ *et al.*, 2010).

No Estado do Paraná e demais áreas a nordeste do Arco de Ponta Grossa, a Formação Rio do Rasto é recoberta por arenitos que indicam a presença de dunas e níveis fluviais avermelhados triássicos da Formação Pirambóia. Já no centro e sul do Estado de Santa Catarina e parte do Estado do Rio Grande do Sul a Formação Rio do Rasto apresenta contato discordante com a Formação Botucatu (Cretáceo Inferior) ou Sanga do Cabral (Triássico) respectivamente (HOLZ *et al.*, 2010). Segundo Lavina e Scherer (2003), no Estado do Rio Grande do Sul a Formação Rio do Rasto também pode apresentar-se localmente recoberta por arenitos eólicos da Formação Pirambóia que por sua vez é recoberta por arenitos fluviais da Formação Sanga do Cabral, desta forma, segundo estes autores a Formação Pirambóia teria idade Neopermiana.

Sobre a deposição do Membro Serrinha são muitas as interpretações, entretanto, a maioria delas propõe um ambiente lacustre raso (e.g. MENDES, 1967; RAGONHA, 1989b). Seguindo este ponto de vista, de acordo com Lavina (1991), as rochas sedimentares do Membro Serrinha foram depositados em ambientes lacustres e deltaicos, com predominância de grandes lagos (Fig.11), influenciados por ondas de tempestade e avanço de sistemas deltaicos e fluviais para dentro destes lagos. Recentemente, Holz *et al.* (2010) consideraram o Membro Serrinha como lagos rasos, algumas vezes influenciados por ondas de tempestade e incursões fluviais.

Já o Membro Morro Pelado foi formado por sedimentos depositados em lagos menores, planícies aluviais, canais fluviais meandranes, sistemas deltaicos com bacias interdistributárias, assim como pequenos corpos temporários de água e dunas eólicas (LAVINA, 1991; HOLZ *et al.*, 2010). E numa outra interpretação o membro Morro Pelado corresponderia a leques aluviais distais e planícies de inundação (ROHN *et al.* 2005 *apud* HOLZ *et al.* 2010) podendo apresentar ambientes lacustrinos, deltaicos e eólicos associados.

Essa interpretação paleoambiental é suportada pelos registros florísticos e faunísticos bastante diversificados. A flora é composta principalmente por *Schizoneura* Schimpmer e Mougeol, 1844, *Paracalamites* Zalesky, 1927, *Glossopteris* Brongniart, 1828, *Sphenophyllum* Koenig, 1825 e *Pecopteris* Sternberg, 1825, juntamente com registros palinológicos (e.g. MENDES, 1967; RÖESLER,

1978; ROHN *et al.*, 1984; RÖSLER; ROHN, 1984; ROHN; RÖSLER, 1986a,1986b; ROHN *et al.*, 1997; ROHN; RÖSLER, 2000; STOLLHOFEN *et al.*, 2000; NEREGATO *et al.*, 2008). Apesar de não ser abundante, a distribuição estratigráfica de espécimes de *Sphenophyllum* na porção inferior da Formação Rio do Rasto foi suficiente para a determinação da Zona *Sphenophyllum paranaense* Roesler e Rohn, 1984, por Rohn e Roesler (2000). Já na porção transicional do Membro Serrinha para o Membro Morro Pelado outra esfenófita se torna mais abundante, *Schizoneura gondwanensis* Feistmantel, 1876, que define uma nova zona segundo Rohn e Roesler (2000). Os palinomorfos por sua vez só encontram-se preservados na porção inferior do Membro Serrinha devido ao baixo potencial de preservação dos depósitos oxidados do restante da formação (NEREGATO *et al.*, 2008).

A fauna compreende invertebrados, vertebrados, e icnofósseis destes. A fauna de invertebrados é representada principalmente por moluscos bivalves, crustáceos ostracodes e conchostráceos e icnofósseis (e.g. MENDES, 1954; MENDES, 1967; ROHN; RÖSLER, 1989; SEDOR; COSTA, 2001; FERREIRA-OLIVEIRA; ROHN, 2008; FERREIRA-OLIVEIRA; ROHN, 2010).

Entre os bivalves, destaca-se a ocorrência de *Leinzia similis* Holdhaus, 1918, que delimita a Zona *Leinzia similis*, proposta informal de Rohn (1994), que corresponde à boa parte do Membro Serrinha. Destaca-se também a ocorrência de *Palaeomutela? platinensis* (Reed), 1935, compondo a Zona *Palaeomutela? platinensis* (também proposta informal de Rohn, 1994) na transição entre o Membro Serrinha e o Membro Morro Pelado e em boa parte do Membro Morro Pelado. É importante ressaltar que *Leinzia similis* também é encontrada na Formação Gai-As (Namíbia), o que indica uma correlação entre essas unidades (STOLLHOFEN *et al.*, 2000; HOLZ *et al.*, 2010). Nesta última formação, *Leinzia similis* é registrada a alguns metros abaixo de níveis intercalados de tufos que apresentam datação radiométrica de U/Pb de idade de $265 \pm 2,5$ Ma (STOLLHOFEN *et al.*, 2000).

Os conchostráceos são considerados por Holz *et al.* (2010) como um dos fósseis mais abundantes da Formação Rio do Rasto, o que indica condições de água doce ao ambiente gerador desta unidade estratigráfica. Segundo Ferreira-Oliveira e Rohn (2010) o aparecimento abrupto de conchostráceos na base da Formação Rio do Rasto corrobora a interpretação de que a proporção de água doce no ambiente sedimentar aumentou significativamente em relação aos níveis da Formação Terezina (inferior).

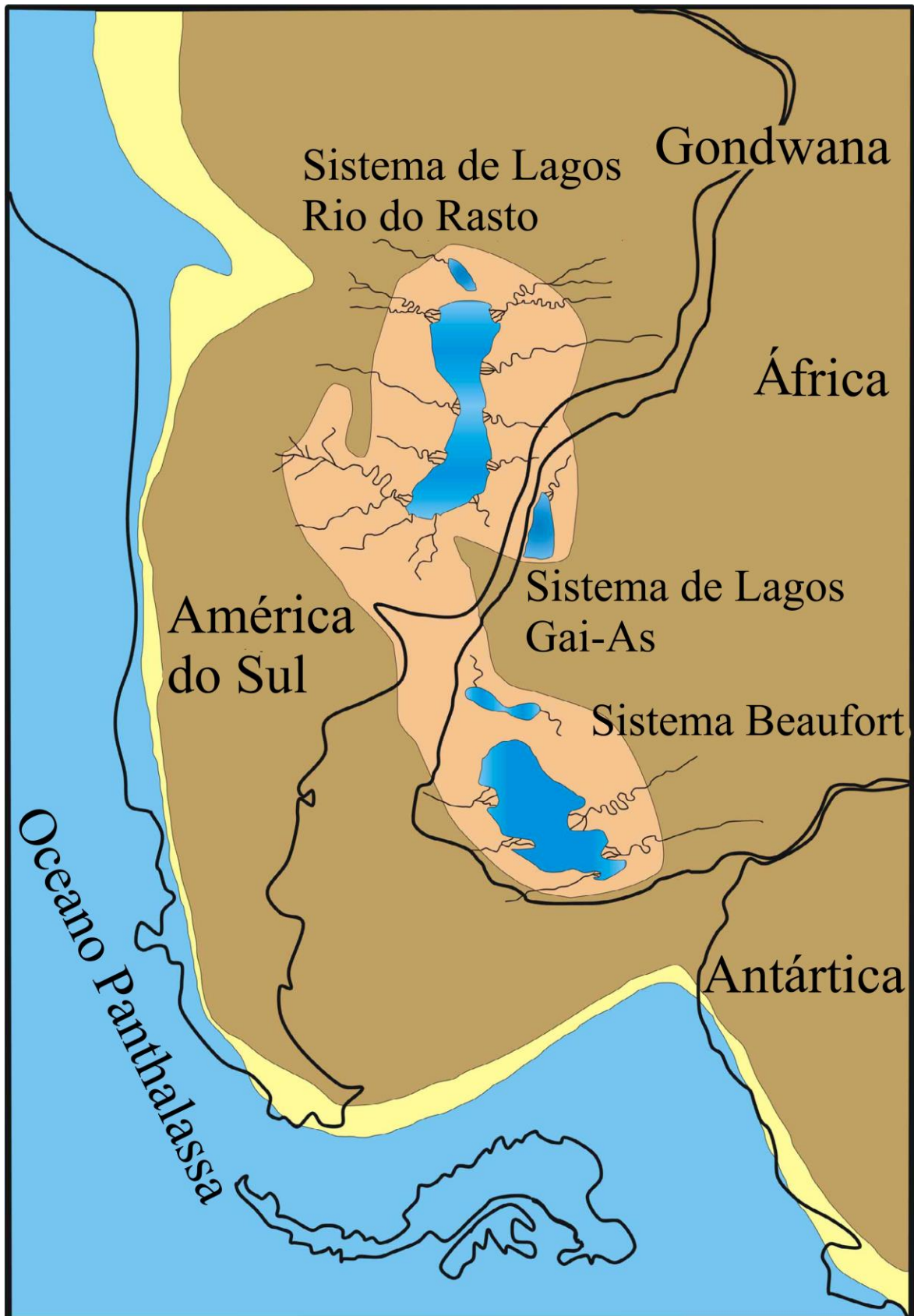


Figura 11. Mapa paleogeográfico apresentado por Dias (2012), representando o Sudoeste do Gondwana entre o Permiano Médio a Tardio, evidenciando os sistemas lacustres, fluviais e deltaicos das formações Rio do Rasto (Brasil) e Gai-As (Namíbia) em conjunto com as formações do Grupo Beaufort (África do Sul).

Ferreira-Oliveira e Rohn (2008) identificaram a ocorrência de conchostáceos dos gêneros *Palaeolimnadiopsis* Raymond, 1946, e *Falsisca* Novojilov, 1970, que indicam idade neopermiana para a porção superior da Formação Rio do Rasto. Esta interpretação é corroborada pela identificação do conchostráceo leaiídeo *Hemicycloleaia mitchelli* Etheridge, 1892, por Ferreira-Oliveira e Rohn (2010) que permite correlacionar esta unidade a depósitos australianos de idade Tatariana Superior (Wuchiapingiano). Ocorrências ainda não confirmadas de outros leaiídeos como *Hemicycloleaia mitchelli* em unidades do Permiano Superior da Antártica, África do Sul, Zimbábue e Índia seriam consistente com a idade Wuchiapingiana proposta para a Formação Rio do Rasto (FERREIRA-OLIVEIRA; ROHN, 2010).

Diversos autores descrevem os vertebrados encontrados nesta unidade estratigráfica, como peixes Osteichthyes e Chondrichthyes (e.g. RAGONHA, 1989b; RAGONHA, 1990; RICHTER; LANGER, 1998; VEGA-DIAS *et al.*, 2000, RICHTER, 2002, MALABARBA *et al.*, 2003, LAURINI *et al.*, 2009, PAULIV *et al.*, 2009, SEDOR *et al.*, 2009, LAURINI *et al.*, 2010, PAULIV *et al.*, 2010, LAURINI *et al.*, 2011, DIAS, 2012), anfíbios (e.g. BARBERENA; DAEMON, 1974; BARBERENA *et al.*, 1985; BARBERENA, 1998; BARBERENA; DIAS, 1998; DIAS; RICHTER, 2002; DIAS; BARBERENA, 2001; DIAS; SCHULTZ, 2003; ELTINK; LANGER, 2010; RAMOS; VEGA, 2011), “répteis” (e.g. BARBERENA; ARAÚJO, 1975; BARBERENA *et al.*, 1980; ARAÚJO-BARBERENA, 1987; LANGER, 2000; CISNEROS *et al.*, 2005; CISNEROS *et al.*, 2011, DIAS-DA-SILVA, 2012; CISNEROS *et al.*, 2012) e icnofósseis (e.g. SEDOR; COSTA, 2001; LEONARDI *et al.*, 2002; DENTZIEN-DIAS *et al.*, 2012, SILVA *et al.*, 2012). Segundo Silva *et al.* (2012), os icnofósseis de vertebrados encontrados em um afloramento do Membro Morro Pelado indicam a presença de uma biodiversidade maior do que a conhecida até o momento.

Na Formação Rio do Rasto, os tetrápodes são notáveis por serem usados, em parte, para correlações com paleofaunas sul-africanas (HOLZ *et al.*, 2010) e do leste europeu (CISNEROS *et al.*, 2005; LANGER *et al.*, 2008; DIAS-DA-SILVA, 2012).

Um dos primeiros trabalhos a detalhar a correlação entre níveis da da Formação Rio do Rasto com níveis sul-africanos foi realizado por Barberena *et al.* (1985). Nesse trabalho as faunas de tetrápodes de duas localidades brasileiras foram utilizadas como parâmetro: fauna da Serra do Cadeado (Região centro-norte do Estado do Paraná) e a fauna de Aceguá (sul do Estado do Rio Grande do Sul). A fauna da Serra do Cadeado (Região Centro-norte do Estado do Paraná) é composta

pelas ocorrências dos anfíbios *Australerpeton cosgriffi* Barberena, 1998, e de uma forma similar a “*Rhinesuchus*” (BARBERENA; DIAS, 1998) em conjunto com o dicinodonte *Endothiodon* Owen, 1876, por Barberena e Araújo (1975) foi correlacionada por Barberena *et al.* (1985) com a fauna da Zona de Assembleia de *Cisticephalus* (*sensu* KITCHING, 1977) da Bacia do Karoo, África do Sul. Isto permitiu a estes autores atribuir idade Tatariana a fauna da Serra do Cadeado. Já a fauna de Aceguá ocorre o pareiassaurídeo *Provelosaurus americanus* Araújo, 1985 (LEE, 1997), o que permitiu correlacionar este estrato com a Zona de Associação de *Daptocephalus* (*sensu* KITCHING, 1977), também de idade Tatariana tardia (portanto, mais recente que a fauna da Serra do Cadeado). Anos mais tarde, Richter e Langer (1998) mencionam a co-ocorrência para esta mesma localidade de um fragmento de espinho de nadadeira de Chondrichthyes e placas dentárias de dipnoicos. Posteriormente, Dias e Barberena (2001) descrevem uma nova espécie de anfíbio, o Archegosauridae *Bageherpeton longignathus* Dias e Barberena, 2001.

Langer (2000), por sua vez, correlacionou a descoberta de dinocefálios na localidade Posto Queimado (Rio Grande do Sul) com as Zonas de Associação de *Tapinocephalus* e *Eodicynodon* da África do Sul e as comunidades russas de Osher e Ishevo, o que implicaria em uma idade Kazaniano tardio a Tatariano inicial a tal localidade. Já a ocorrência de *Provelosaurus americanus* na fauna Aceguá teria, segundo o mesmo autor, uma idade mais recente pela correlação com “pareiassauros anões” da África do Sul.

Alguns anos mais tarde, Malabarba *et al.* (2003) mencionam uma nova ocorrência de *Provelosaurus americanus*, desta vez para a localidade de Posto Queimado associada a ocorrência de um espinho de nadadeira de Hybodontoides indeterminado e a um ramo mandibular direito de um Temnospondyli indeterminado. Isto proporcionou a correlação entre as faunas das localidades de Posto Queimado e Aceguá, além da correlação destas duas localidades com a Zona de Associação de *Tapinocephalus* (*sensu* RUBIDGE, 1995) da África do Sul, Tatariano inicial. Já a fauna de tetrápodes da Serra do Cadeado teria uma idade mais recente que esta. Além disso, ao redescrever o material de *Provelosaurus americanus* de Posto Queimado, Cisneros *et al.* (2005) mencionam que esta localidade e a fauna de Aceguá também podem ser correlacionadas a assembleia de Ishevo do Leste Europeu (ambas Capitaniano) (Fig. 12).

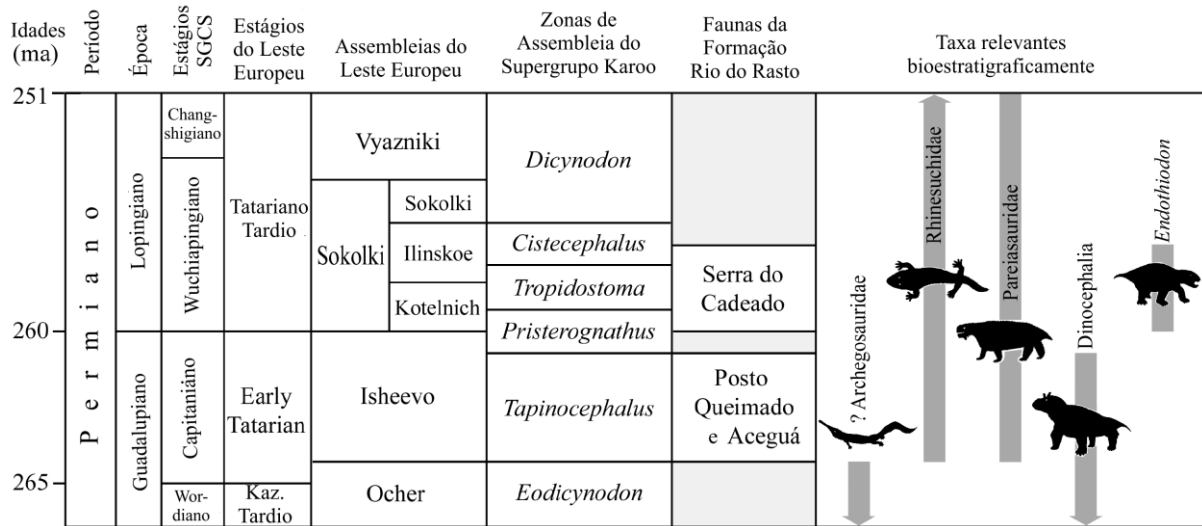


Figura 12. Esquema da correlação da fauna de tetrápodes da Formação Rio do Rasto com as zonas de assembleia da Bacia do Karoo e as assembleias do Leste Europeu de Cisneros *et al.* (2005).

Entretanto, Cisneros *et al.* (2005) mencionam um possível conflito de idade pela ocorrência de *Bageherpeton longignathus* em Aceguá. A ocorrência mais recente de um arqueosaurídeo remonta a base do Capitaniano da assembleia de Ocher do Leste Europeu, o que é ligeiramente mais antigo que a ocorrência mais antiga de pareiasaurídeos. Desta forma, os autores supracitados levaram em consideração duas possibilidades: de que *P. americanus* e *B. longignathus* não tenham sido coletados no mesmo horizonte uma vez que foram coletados em localidades distintas; e da extensão temporal do registro dos Archegosauridae, caso o posicionamento sistemático de *B. longignathus* seja confirmado. Já a fauna da Serra do Cadeado foi correlacionada por Cisneros *et al.* (2005) as Zonas de Associação de *Pristerognathus*, *Tropidostoma* e *Cisticephalus* (*sensu* RUBIDGE, 1995) da África do Sul pela coexistência de Rhinesuchidae e *Endothiodon* em ambas. Corroborando este ponto de vista, Langer *et al.* (2008) também mencionam que as faunas de Aceguá e Posto Queimado são correlacionáveis e mais antigas que a fauna da Serra do Cadeado e de que existe uma lacuna entre as faunas rio-grandenses e paranaenses (Fig. 13).

Entretanto, diferentemente de Cisneros *et al.* (2005), Langer *et al.* (2008) sugerem idade Wordiana as faunas de Aceguá, Posto Queimado (Brasil), Isheevo (Leste Europeu) e a Zona de Associação de *Tapinocephalus* (África do Sul), e Capitaniana a fauna da Serra do Cadeado, correlacionando-a à Zona de Associação

de *Pristerognathus*, *Tropidostoma* e *Cisticephalus* da África do Sul (*sensu* RUBIDGE, 1995) e Kotel'nich do Leste Europeu.

A visão mencionada acima foi mantida até a contribuição de Eltink e Langer (2010), que reportaram a ocorrência da associação de fragmentos mandibulares e pós-cranianos que apresentam afinidades aos Platyoposaurinae. Este registro implicaria uma idade mais antiga a fauna da Serra do Cadeado, uma vez que os Platyoposaurinae são restritos ao intervalo Rodiano-Wordiano, o que aproximaria a fauna da Serra do Cadeado as faunas de Aceguá e Posto Queimado, bem como às faunas russas.

Além deste novo dado, recentemente, um novo afloramento da Formação Rio do Rasto foi encontrado no Rio Grande do Sul com novos registros de vertebrados, o que permitiu uma reavaliação do esquema bioestratigráfico da Formação Rio do Rasto (DIAS-DA-SILVA, 2012). Este afloramento localiza-se na região de Catuçaba, a cerca de 6 km da localidade do afloramento original Posto Queimado, onde foi reportada a ocorrência de escamas e dentes de Palaeonisciformes e dentes de Xenacanthiformes e labirintodontes (HORN *et al.*, 2008); coprólitos (DENTZIEN-DIAS *et al.*, 2008); um anfíbio Temnospondyli Melosaurinae indeterminado (DIAS-DA-SILVA *et al.*, 2008), dois anomodontes basais: um Phylaccephalidae indeterminado (ILHA; DIAS-DA-SILVA, 2010), e uma nova espécie denominada *Tiarajudens eccentricus* Cisneros *et al.*, 2011; além de uma nova espécie de dinocefálio Anteosauridae denominada *Pampaphoneus biccai* Cisneros *et al.*, 2012.

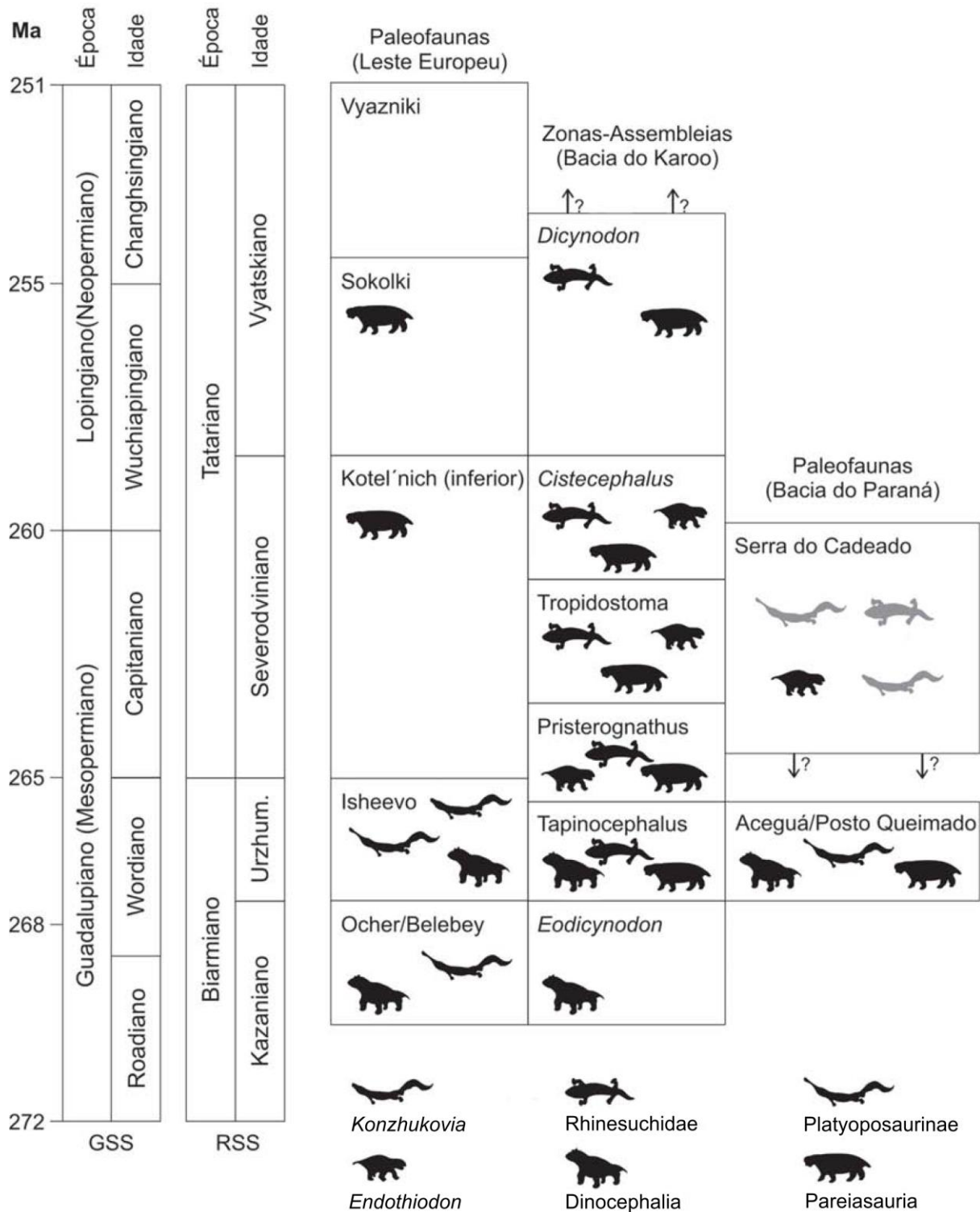


Figura 13. Esquema apresentado por Langer *et al.* (2008) representando a fauna de tetrápodes da Formação Rio do Rasto e a sua correlação com as assembleias da Bacia do Karoo e assembleia do Leste Europeu. Segundo os autores, registros incertos em cinza.

Com estas novas contribuições, Dias-da-Silva (2012) elaborou o seguinte esquema bioestratigráfico (Fig. 14): a fauna de Aceguá passa a ser considerada

como Rodiano tardio a Wordiano inicial e correlacionável a assembleia Ocher do Leste Europeu e a Zona de Associação de *Eodicynodon* da África do Sul; a fauna de Posto Queimado é considerada mais recente do que a anterior como Wordiano tardio a Capitaniano tardio, correlacionável a assembleia Isheevo do Leste Europeu e a Zona de Associação de *Tapinocephalus* da África do Sul; e a fauna da Serra do Cadeado por sua vez teria idade englobando todo o Guadalupiano e o Lopingiano Inferior (até o limite superior do Wuchiapingiano), sendo correlacionável a Superassembleia de Dinocephaliana do Leste Europeu e às Zonas de Associação de *Eodicynodon*, *Tapinocephalus*, *Pristerognathus*, *Tropidostoma* e *Cisticephalus* (*sensu* RUBIDGE, 1995).

			Correlação regional baseada em tetrápodes			
			Leste da Europa		Sul do Brasil	África do Sul
Sistema	Série	Estágio	Assembleia Faunística		Faunas Locais	Zonas de Assembleia de Tetrápodes
Permiano	Lopingiano	Chang-pingiano	Superassembleia Theriodostiana		Serra do Cadeado	<i>Dicynodon</i>
			Assembleia Sokolki	Assembleia Vyasniki		
		Sub-assembleia Sokolki				
		Sub-assembleia Ilynskoe				
		Sub-assembleia Kotelnich				
	Guadalupiano	Capitaniano	Superassembleia Dinocephaliana		Posto Queimado	<i>Cisticephalus</i>
			Assembleia Isheevo	Sub-assembleia Malaya Klnel		
		Sub-assembleia Isheevo				
		Assembleia Mezen				
		Wordiano	Diano	Ocher		
Golyusherma						
Roadiano					<i>Eodicynodon</i>	

Figura 14. Bioestratigrafia baseada em tetrápodes da Formação Rio do Rasto e a sua correlação das faunas do Leste Europeu e da Bacia do Karoo de Dias-da-Silva (2012).

1.3 Objetivos

Sabendo da existência desta rica fauna e flora associadas da Formação Rio do Rasto, a presente dissertação teve como principais objetivos:

- determinar taxonomicamente os Chondrichthyes encontrados no Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto, pertencentes às famílias Xenacanthidae e Sphenacanthidae;
- tecer inferências sobre aspectos relacionados ao paleoambiente e prováveis relações paleoecológicas entre os Chondrichthyes estudados com os demais organismos registrados na Formação Rio do Rasto, bem como colaborar para o aprimoramento das correlações bioestratigráficas e biogeográficas desta com outras formações gondwânicas.

1.4 Material e Métodos

1.4.1 Material

O material estudado corresponde a espinhos de nadadeiras e dentes atribuídos a *Chondrichthyes* procedentes de afloramentos do Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto da região nordeste do Estado do Paraná, no Município de Jacarezinho (Fig. 15).

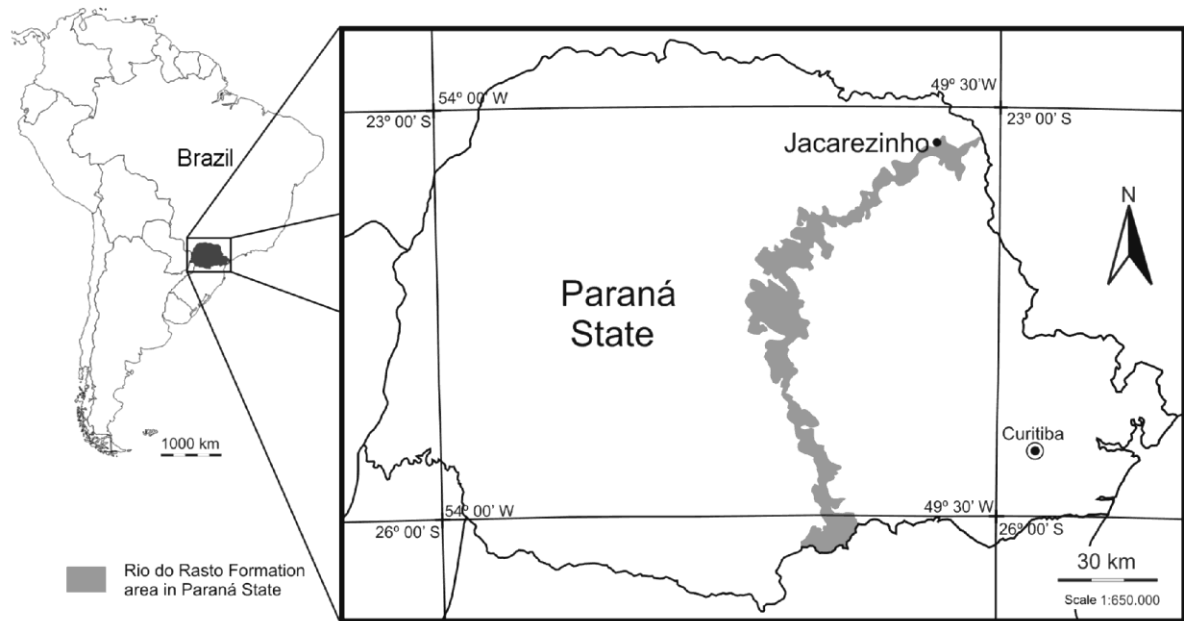


Figura 15. Distribuição da Formação Rio do Rasto no Estado do Paraná com a localização do local de coleta no Município de Jacarezinho.

Todos os espécimes utilizados no desenvolvimento deste estudo encontram-se depositados na coleção de Paleontologia do Museu de Ciências Naturais do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná (MCN-SCB-UFPR) e encontram-se registrados neste museu com sigla MCN.P. seguida do número de coleção.

Todos os espécimes foram coletados em um afloramento próximo ao km 20 na margem oeste da BR-153 nas coordenadas: 23°10'08.40"S e 49°57'49.48"W.

O material corresponde a dois espinhos de nadadeira tombados com os seguintes números: MCN.P.440, MCN.P.703; cinco dentes: MCN.P.453 e MCN.P.1088, MCN.P.1089, MCN.P.1090 e MCN.P.1091 e quatro seções polidas de dentes MCN.P. 1125, MCN.P.1126a, MCN.P.1126b e MCN.P.1127.

1.4.2 Métodos

Os espécimes foram preparados através de técnicas mecânicas sob microscópio estereoscópico seguindo a metodologia usual para pequenos vertebrados fósseis (e.g. CAMP; HANNA, 1937; SANTOS, 1985; LEIGGI; MAY, 1994).

Durante a atividade de campo, a desagregação foi realizada com martelos e pequenas talhadeiras. As amostras que continham material paleoictiológico foram separadas e embaladas para transporte. Em laboratório, a preparação dos fósseis foi feita mecanicamente, com agulhas de aço, agulhas entomológicas, agulhas de aço Videa e pincéis. Para que os exemplares não sofressem grandes danos pela preparação, estes foram impregnados com polipropileno dissolvido em xilol para aumentar a resistência. A infraestrutura necessária para a preparação e desenvolvimento deste estudo foi fornecida pelo MCN-SCB-UFPR.

Alguns dos espécimes foram seccionados para a confecção de lâminas histológicas usando a resina Epóxi 324 para incluir os fósseis e materiais abrasivos para desgastá-los.

Após a preparação, o material foi fotografado nas seguintes instituições: Universidade Positivo, por meio do microscópio estereoscópico Olympus SZX9 pertencente ao Laboratório de Microtécnica, Curitiba, Paraná; Universidade Federal do Paraná, por meio do microscópio estereoscópico Zeiss Discovery.V20 pertencente ao Laboratório de Foraminíferos e Micropaleontologia Ambiental (LaFMA-UFPR), Curitiba, Paraná; Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (MCN-FZB-RS) por meio do microscópio Zeiss Axiovert 40 CFL, Porto Alegre, Rio Grande do Sul; e Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) por meio do microscópio Olympus BX-60, pertencente ao Laboratório de Foto Microscopia, Cascavel, Paraná. Os espécimes maiores foram fotografados por meio da câmera digital Sony DSC H-7 de 8.1 Megapixels.

1.5 Referências

- Alves, Y.M. Los vertebrados fósiles del Paleozoico y Mesozoico del Estado de Tocantins (Brasil): A preliminar síntesis. **Caminhos de Geografia (UFU)**, v. 11: 224-236. 2010a.
- Alves, Y.M. Report on the Upper Permian and Lower Cretaceous fossiliferous localities vertebrates-bearing in the centralnorth of Tocantins State, Brazil. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, Uberlândia**, v. 1, n. 2, p. 372-386. 2010b.
- Alves, Y.M.; Tavares, L.F.S.; Matos da Silva, W.; Candeiro,, C.R.A. Um Ctenacanthidae (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da Bacia do Parnaíba, Estado do Tocantins, Brasil. *In*: III CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGÍA DE VERTEBRADOS, **Libro de Resúmenes**, 2008. p. 10.
- Alves, Y.M.; Matos da Silva, W.; Marinho, T.S.; Candeiro, C.R.A. Espinhos e dentes isolados de tubarões do Permiano do Estado do Tocantins. **Ameghiniana**, v. 46, n. 4 p. 7R. 2009a.
- Alves, Y.M.; Souza, F.E.F; Marinho, T.S.; Candeiro, C.R.A. La diversidad de la paleoictiofauna de La Formación Pedra de Fogo (Pérmico superior) de la Cuenca Parnaíba em Brasil. **Ameghiniana**, v. 46, n. 4, p. 7R. 2009b.
- Alves, Y.M.; Pauliv, V.E.; Dias, E.V. A Comparison of Chondrichthyan faunas of Paleozoic Western Gondwana with comments on their Paleobiogeography. *In*: XII Reunião Regional de Paleontologia – PALEO 2010. **Boletim de Resumos**, 2010. p. 7.
- Araújo-Barberena, D.C. Armadura osteodérmica de *Pareiasaurus americanus* Araújo, 1985 (Cotylosauria, Procolophonia, Pareiasauroidea), do Permiano Superior do Rio Grande do Sul. **Paula-Coutiana**, v. 1, p. 11-16. 1987.

Barberena, M.C. *Australerpeton cosgriffi* n.g., n.sp., a Late Permian Rhinesuchoid amphibian from Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 70, n. 1, p. 125-137. 1998.

Barberena, M.C.; Araújo, D.C. Tetrapodos fósiles de Sudamerica y Deriva Continental, *In: CONGRESSO ARGENTINO DE PALEONTOLOGIA E BIOESTRATIGRAFIA*, 1975. v. 1:497-504.

Barberena, M.C.; Araújo, D.C.; Lavina, E.L. Late Permian and Triassic tetrapods of Southern Brazil. **National Geographic Research**, v. 1, p. 5-20. 1985.

Barberena, M.C.; Correia, N.R.; Aumond, J.J. Contribuição à estratigrafia e bioestratigrafia do Grupo Passa ois na Serra do Cadeado (Nordeste do Paraná, Brasil). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 10, p. 268-275. 1980.

Barberena, M.C.; Daemon, R.F. A primeira ocorrência de Amphibia (Labyrinthodontia) na Formação Rio do Rasto; implicações geocronológicas e estratigráficas. *In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*. **Anais**, 1974. v. 2:251-261.

Barberena, M.C.; Dias, E.V. On the presence of a short-snouted rhinesuchoid amphibian in the Rio do Rasto Formation (Late Permian of Paraná Basin, Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 70, n. 3, p. 465-468. 1998.

Barcellos, M.T. **Estudo de escamas e dentes de peixes da Fácies Budó, Sub-Grupo Itararé – Rio Grande do Sul**. 1973. 65f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1973.

Campanelli, L. C.; Fernandes, M. A. Análise da eficiência de diferentes ácidos no processo de remoção dos restos fossilíferos de peixes, em rochas permianas da Formação Corumbataí (Rio Claro – SP). **Paleontologia em Destaque**, Ed. especial maio, 2008. p. 59.

Chahud, A.; Petri, S. Chondrichthyes no Membro Taquaral, base da Formação Irati, no centro Leste do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista de Geologia**, v. 21, n. 2, p. 169-179. 2008.

Chahud, A.; Petri, S. Novos Xenacanthidae (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da Base do Membro Taquaral, Formação Irati, Permiano da Bacia do Paraná. **Revista do Instituto Geológico**, v. 30, n. 1/2, p. 19-24. 2009.

Chahud, A.; Petri, S. O tubarão *Taquaralodus albuquerquei* (Silva Santos, 1946) do Membro Taquaral (Permiano, Formação Irati) no Estado de São Paulo. **Acta Biologica Paranaense**, v. 39, n. 1-2: 1/17. 2010a.

Chahud, A.; Petri, S. Contribuição ao estudo do Petalodonte *Itapyrodus punctatus* Silva Santos, 1990. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 10, n. 2, p. 67-75. 2010b.

Chahud, A.; Fairchild, T.R.; Petri, S. Chondrichthyans from the base of the Irati Formation (Early Permian, Paraná Basin), São Paulo, Brazil. **Gondwana Research**, v. 18, p. 528-537. 2010.

CHEN, X.H.; CHENG, L.; YIN, K.G. The first record of *Helicoprion* Karpinsky (Helicoprionidae) from China. **Chinese Science Bulletin**, v. 52, n. 16, p. 2246-2251. 2007.

Cisneros, J.C.; Abdala, F.; Atayman-Güven, S.; Rubidge, B.S.; Şengör, A.M.C.; Schultz, C.L. Carnivorous dinocephalian from the Middle Permian of Brazil and tetrapod dispersal in Pangaea. **PNAS**, v. 109, n. 5, p. 1584-1588. 2012.

Cisneros, J.C.; Abdala, F.; Malabarba, M.C. Pareiasaurids from the Rio do Rasto formation, Southern Brazil: Biostratigraphic implications for the Permian faunas of the Paraná Basin. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 8, n. 1, p. 13-24. 2005.

Cisneros, J.C.; Abdala, F.; Rubidge, B.S.; Dientzen-Dias, P.C.; Bueno A.O. Dental occlusion in a 260-Million-Year-Old Therapsid with Saber Canines from the Permian of Brazil. **Science**, v. 331, p. 1603-1605. 2011.

- Coates, M.I.; Sequeira, S.E.K. A new stethacanthid chondrichthyan from the Lower Carboniferous of Bearsden, Scotland. **Journal of Vertebrate Paleontology**, v. 21, n. 3, p. 438–459. 2001.
- Dentzien-Dias, P.C.; Cisneros, J.C.; Liparini, A.; Figueiredo, A.E.Q. Coprólitos da Formação Rio do Rasto (Permiano: Guadalupiano) do Rio Grande do Sul, sul do Brasil. **Paleontologia em Destaque**, v. 62, p. 34. 2008.
- Dentzien-Dias, P.C.; Figueiredo, A.E.Q.; HORN, B.; Cisneros, J.C. Paleobiology of a unique vertebrate coprolites concentration from Rio do Rasto Formation (Middle/Upper Permian), Paraná Basin, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 40, p. 53-62. 2012.
- Dias, E.V. New fish (Actinopterygii, Platysomidae) from the Upper Permian of Paraná Basin, Brazil. **Ameghiniana**, v. 33, p. 463. 1996.
- Dias, E.V. A new deep-bodied fossil fish (Actinopterygii) from the Rio do Rasto Formation, Paraná Basin, Brazil. **Zootaxa**, v. 3192, p. 1-23. 2012.
- Dias, E.V.; Barberena, M.C. A temnospondyl amphibian from the Rio do Rasto Formation, Upper Permian of Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 73, n. 1, p. 135-143. 2001.
- Dias, E.V.; Richter, M. On the squamation of *Australerpeton cosgriffi* Barberena 1998, a temnospondyl amphibian from the upper Permian of Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 74, n. 3, p. 477-490. 2002.
- Dias, E.V.; Schultz, C.L. The first paleozoic temnospondyl postcranial skeleton from South America. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 6, p. 29-42. 2003.
- Dias, E.V.; Sedor, F.A.; Weinschütz, L. Ocorrência de dentes de tubarão na Formação Rio do Sul (Carbonífero Superior/Permiano Inferior) de Santa Catarina, Brasil. *In*: III CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGÍA DE VERTEBRADOS, **Libro de Resúmenes**, 2008a. p. 81.

- Dias, E.V.; Sedor, F.A.; Weinschütz, L. Chondrichthyes na Formação Rio do Sul (Carbonífero Superior/Permiano Inferior) de Santa Catarina, Brasil. **Paleontologia em Destaque**, v. 62, p.19. 2008b.
- Dias, E.V.; Pauliv, V.E.; Alves, Y.M; Guimarães A.T.B. Co-occurrence of Chondrichthyan orders in Paleozoic Western Gondwana. **Ameghiniana**, v. 48, v. 4, p. R.230. 2011.
- Dias-da-Silva, S. Middle–Late Permian tetrapods from the Rio do Rasto Formation, Southern Brazil: a biostratigraphic reassessment. **Lethaia**, v. 45, p. 109–120. 2012.
- Dias-da-Silva, S.; Cisneros, J.C.; Ilha, A.L.R.; Suleiman, A.K.A. Sobre um espécime de anfíbio Temnospondyli (Sarcopterygii: Tetrapoda) na Formação Rio do Rasto aflorante no Rio Grande do Sul. **Paleontologia em Destaque**, v. 62, p. 22. 2008.
- Duffin, C.J.; Richter, M.; Neis, P.A. Shark remains from the Late Carboniferous of the Amazon Basin, Brazil. **Neues Jahrbuch fur Geologie und Paläontologie-Monatshefte**, v. 1996, n. 4, p. 232-256. 1996.
- Eltink, E.; Langer, M.C. Sobre um espécime de anfíbio Temnospondyli procedente da Serra do Cadeado, Paraná. **Paleontologia em Destaque**, Ed. especial julho, 2010. p. 18.
- Ferreira-Oliveira, L.G.; Rohn, R. Conchostráceos com linhas de crescimento recurvadas junto à margem dorsal (Famílias Palaeolimnadiopseidae e Perilimnadiidae) da Formação Rio do Rasto, Permiano Superior, Bacia do Paraná, Brasil. **Geologia USP Série Científica**, v. 8, n. 1, p. 41-52. 2008.
- Ferreira-Oliveira, L.G.; Rohn, R. Leaiid conchostracans from the uppermost Permian strata of the Paraná Basin, Brazil: Chronostratigraphic and paleobiogeographic implications. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 29, n. 2010, p. 371-380. 2010.

- Ginter, M. Devonian sharks and the origin of Xenacanthiformes. *In*: Arratia, G.; Wilson, M.V.H.; Cloutier, R. (Eds.) **Recent Advances in the Origin and Early Radiation of Vertebrates**, 2004. p. 473-486.
- Ginter, M.; Hampe, O.; Duffin, C. Chondrichthyes Paleozoic Elasmobranchii Teeth. *In*: Schultze, H.-P. (Ed.) **Handbook of Paleichthyology**: München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 3D, 2010. 168p.
- Gordon, JR O. Classificação das formações gonduânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. *In*: **Notas Preliminares e Estudos. D.N.P.M. Divisão de Geologia e Minerais**, v. 38, p. 1- 20. 1947.
- Holz, M.; França, A.B.; Souza, P.A.; Iannuzzi, R.; Rohn, R. A stratigraphic chart of the Late Carboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil, South America. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 29, n. 2010, p. 381–399. 2010.
- Horn, B.L.D.; Figueiredo, A.E.Q.; Cisneros, J.C.; Dentzien-Dias, P.C. Preparação química de restos fossilíferos de peixes e anfíbios, em conglomerados da Formação Rio do Rasto (Permiano: Guadalupiano), Estado do Rio Grande do Sul. **Paleontologia em Destaque**, v. 62, n. 43. 2009.
- Ilha, A.L.R.; Dias-da-Silva, S. Novo registro de dicinodonte (Therapsida: Anomodontia) na Formação Rio do Rasto (Guadalupiano da Bacia do Paraná). *In*: **Paleo RS 2010**, 2010, Porto Alegre. Livro Digital de Resumos, 2010. p. 33.
- Kitching, J.W. The distribution of the Karoo vertebrate fauna, with special reference to certain genera and bearing of this distribution on the zoning of the Beaufort beds. **Memoirs of the Bernard Price Institute**, v. 1, p. 1-131. 1977.
- Langer, M.C. The first record of dinocephalians in South America: Late Permian (Rio do Rasto Formation) of the Paraná Basin, Brazil. **Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen**, v. 215, n. 1, p. 65-95. 2000.

Laurini, C.R.; Langer, M.C.; Richter, M. Chondrichthyan teeth from the Rio do Rasto Formation, Permian of Brasil. *In: 69TH ANNUAL MEETING SOCIETY OF VERTEBRATE PALEONTOLOGY, PROGRAM & ABSTRACTS. Journal of Vertebrate Paleontology*, 2009. **29**: 133A.

Laurini, C.R.; Langer, M.C.; Richter, M. Morfologia e ultra-estrutura de dentes associados a um euseláquio da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior, Bacia do Paraná), estado do Paraná. *Paleontologia em Destaque*, Ed. especial julho, 2010. p. 21.

Laurini, C.R.; Richter, M; Eltink, E.; Langer, M.C. 2011. The largest known chondrichthyan cephalic spine plate (Upper Permian of Brazil). *Ameghiniana*, v. 48, n. 4, p. R.235.

Lavina, E.L. **Geologia sedimentar e paleogeográfica do Neopermiano e Eotriássico (Intervalo Kazaniano-Scithiano) da Bacia do Paraná**. 1991. 333 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

Lavina, E.L.; Scherer, C.M. Evolução estratigráfica e paleoambiental da sedimentação Neopermiana e Mesozóica do Rio Grande do Sul: implicações na construção do arcabouço estratigráfico da Bacia do Paraná. *In: I ENCONTRO SOBRE A ESTRATIGRAFIA DO RIO GRANDE DO SUL: ESCUDOS E BACIAS. Anais*, Porto Alegre. 2003. p. 145-150.

Lee, M.S.Y. A taxonomic revision of pareasaurian reptiles: implications for Permian terrestrial ecology. *Modern Geology*, v. 21, p. 231-298.

Leonardi, G.; Sedor, F.A.; Silva, R.C. Pegadas de répteis terrestres na Formação Rio do Rasto (Permiano Superior da Bacia do Paraná), Estado do Paraná. *Arquivos do Museu Nacional*, v. 60, n. 3, p. 213-216. 2002.

Long, J.A. **The Rise of Fishes**: 500 million years of evolution. 2nd. Edition. John Hopkins University Press. 2011. 287p.

Malabarba, M.C.; Abdala, F.; Weiss, F.E.; Perez, P.A. New data on the Late Permian vertebrate fauna of Posto Queimado, Rio do Rasto Formation, Southern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 6, p. 49-54. 2003.

Maisey, J.G. Studies on the Paleozoic Selachian Genus *Ctenacanthus* Agassiz No. 1. Historical Review and Revised Diagnosis of *Ctenacanthus*, With a List of Referred Taxa. **American Museum Novitates**, v. 2718, p. 1-21. 1981.

Maisey, J.G.; Melo, J.H.G. Some Middle Devonian (Eifelian-Givetian) fossil fish remains from the Pimenteira Formation of the Parnaíba Basin, Northeast Brazil. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 63, n.3, p. 495-505. 2005.

Mendes, J.C. Conchostráceos Permianos do Sul do Brasil. *In*: F.W. Lange (Ed.) **Paleontologia do Paraná. Paraná: Museu Paranaense**, p. 153-164, plates 12-14. 1954.

Mendes, J.C. The Passa Dois Group (The Brazilian Portion of the Paraná Basin). *In*: J.J. Bigarella, R.D. Becker; J.D. Pinto (Eds.) **Problems in Brazilian Gondwana Geology**. Curitiba: Papelaria Max Roesner Ltda, 1967. 344p.

Milani, E.J. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. 1997. 255 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, Porto Alegre, 1997.

Milani, E.J.; Rangel, H.D.; Bueno, G.V.; Stica, J.M.; Winter, W.R.; Caixeta, J.M.; Neto, O.C.P. Bacias Sedimentares Brasileiras – Cartas Estratigráficas – Introdução. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 15, n. 2, p. 183-205. 2007a.

Milani, E.J.; Melo, J.H.G; Souza, P.A.; Fernandes, L.A.; França, A.B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 15, n. 2, p. 265-287. 2007b.

Moy-Thomas, J.A.; Milles, R. **Paleozoic Fishes**. 2ª Edição. London: Chapman and Hall Ltd, 1971. 259p.

Neregato, R.; Souza, P.; Rohn, R. Registros Palinológicos Inéditos nas Formações Teresina e Rio do Rasto (Permiano, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná) Implicações Biocronoestratigráficas e Paleoambientais. **Pesquisas em Geociências**, v. 35, n. 2, p. 9-21. 2008.

Pauliv, V.E.; Dias, E.V.; Sedor, F.A. Espinhos de *Sphenacanthus* (Chondrichthyes) da Formação Rio do Rasto no Estado do Paraná. **Paleontologia em Destaque**, v. 63, p. 64. 2009.

Pauliv, V.E. Dias, E.V.; Sedor, F.A. Ocorrência de Xenacanthida (Chondrichthyes: Elasmobranchii) para o Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná) no Estado do Paraná. **Paleontologia em Destaque**, Ed. especial julho, 2010. p. 22.

Ragonha, E.W. **Chondrichthyes do Membro Taquaral (Formação Irati) no Estado de São Paulo**. 1978. 65 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978.

Ragonha, E.W. **Taxionomia de dentes e espinhos isolados de Xenacanthodii (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da Formação Corumbataí. Considerações Cronológicas e Paleoambientais**. 1984. 166 f. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, São Paulo. 1984.

Ragonha, E.W. Espinho cefálico de *Xenacanthus* (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da Formação Corumbataí, Bacia do Paraná-Estado de São Paulo. *In*: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. **Anais**. 1986. v. 1, p. 533-538.

Ragonha, E.W. Ictiodorielite de Base Bulbosa. Evidências de um possível processo articulatorio. *In*: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA. **Anais**, 1989a. p. 177-181.

Ragonha, E.W. Placas dentárias de Dipnoi no Grupo Passa-Dois (P-Tr) da Bacia do Paraná. Apreciações ambientais, climáticas, cronológicas e estratigráficas. *In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA. Anais*, 1989b. p. 195-206.

Ragonha, E.W. 1990. Presença de *Xenacanthus* na Formação Rio do Rasto, Estado do Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 62, n.1, p.104.

Ragonha, E.W.; Silva Santos, R. Nova classificação *Dentalium florencei* Moraes Rego, 1936 (Mollusca, Scaphopoda) para *Hybodus* (Chondrichthyes, Elasmobranchii). *In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA. Anais*, 1987. p. 1-6.

Ramos, B.D.; Vega, C.S. Temnospondyl remains from the Late Permian Rio do Rasto Formation (Paraná Basin) of Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 14, n. 1, p. 67-74. 2011.

Richter, M. Situação da Pesquisa Paleoictiológica no Paleozóico Brasileiro. Coletânea de Trabalhos Paleontológicos: Série Geologia Seção de Paleontologia e Estratigrafia. DNPM, v. 27, n. 2, p. 105-110. 1985.

Richter, M. Fishes from the Permocarboniferous of the Parnaíba Basin in the State of Tocantins, North Brazil, and their Palaeoenvironment. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 2, p. 142. 2001.

Richter, M. A ray-finned fish (Osteichthyes) from the Late Permian of the State of Santa Catarina (Paraná Basin), Southern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 3, p. 56-61. 2002.

Richter, M. Late Permian (Guadalupian) shark remains (Chondrichthyes), from the Teresina Formation, Paraná Basin, Southern Brazil. *In: X INTERNATIONAL SYMPOSIUM EARLY VERTEBRATES/LOWER VERTEBRATES. Programme & Abstracts Volume*, 2004. p. 28-29.

- Richter, M. A new xenacanthid shark (Chondrichthyes) from the Terezina Formation, Permian of the Paraná Basin, Southern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 8, n. 2, p. 149-158. 2005.
- Richter, M. First Record of Eugeneodontiformes (Chondrichthyes: Elasmobranchii) from the Paraná Basin, Permian of Brazil. *In*: Carvalho, I.S. (Org.) **Paleontologia: Cenários da Vida**, Interciência, Rio de Janeiro, 2007. v. 1, p. 149-156.
- Richter, M. Ctenacanthid shark remains (Chondrichthyes) from the Lower Permian Pedra do Fogo Formation, State of Tocantins, Brazil. *In*: 68th Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology, Program and Abstracts, Cleveland. **Journal of Vertebrate Paleontology**, v. 28, p. 131A. 2008.
- Richter, M.; Langer, M.C. Fish remains from the Upper Permian Rio do Rasto Formation (Paraná Basin) of southern Brazil. **Journal of African Earth Sciences**, v. 27, n. 1, p. 158-159. 1998.
- Rohn, R. Evolução ambiental da Bacia do Paraná durante o Eopermiano no Leste de Santa Catarina e Paraná. 1984. 386 f. Tese (Doutorado em Geologia). - Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo. 1984.
- Rohn, R. A estratigrafia da Formação Teresina (Permiano, Bacia do Paraná) de acordo (com furos de sondagem entre Anhembi (SP) e Ortigueira (PR)). **Ciência-Técnica-Petróleo, Petrobrás, Seção Exploração de Petróleo**, 20: 209–218. 2001.
- Rohn, R.; Oliveira-Babinski, M.E.C.B.; Rösler, O. *Glossopteris* da Formação Rio do Rasto no sul do Estado do Paraná. *In*: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, **Anais**, 1984. p. 1047-1061.
- Rohn, R.; Rösler, O. *Schizoneura gondwanensis* Feistmantel da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Superior) no Estado do Paraná e no Norte do Estado de Santa Catarina. **Boletim IG-USP**, v. 17, p. 27-37. 1986.

- Rohn, R.; Rösler, O. Pteridófilas pecopteróides da Formação Rio do Rasto no Estado do Paraná e da Formação Estrada Nova no Estado de São Paulo (Bacia do Paraná. Permiano Superior). **Boletim IG-USP**, v. 17, p. 57-76. 1986.
- Rohn, R.; Rösler, O. Conchostráceos da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Superior): bioestratigrafia e implicações paleoambientais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 19, p. 486-493. 1989.
- Rohn, R.; Rösler, O. Middle to Upper Permian Phyt stratigraphy of the Eastern Paraná Basin. **Revista Geociências Guarulhos. Geociências**, v. V, n. especial, p. 69-73. 2000.
- Rohn, R.; Rösler, O.; Pennatti, J-R.R.; Davies, H-P.K.; Cavalheiro, M.C.T. Ocorrências de Macrofitofósseis nas Formações Terezina e Rio do Rasto (Permiano Superior da Bacia do Paraná) na região de Cândido Abreu-Reserva, Estado do Paraná, Brasil. **Revista da Universidade de Guarulhos, Geociências**, v. II, n. especial, p. 69-75. 1997.
- Rösler, O. Novas ocorrências na Formação Rio do Rasto, Permiano Superior, Estado do Paraná. **Boletim IG-USP**, v, 9, p. 127-132. 1978.
- Rösler, O.; Rohn, R. *Sphenophyllum paranaensis* n. sp. da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior) de Dorizon, Estado do Paraná. **Boletim IG-USP**, v. 15, p. 97-104. 1984.
- Rubidge, B.S. Biostratigraphy of the Beaufort Group (Karoo Supergroup). **South African Committee for Stratigraphy, Biostratigraphy Series**, v. 1, 46 p. 1995.
- Schneider, R.L.; Mühlmann, E.; Tommasi, E.; Medeiros, L.A.; Daemon, A.; Nogueira, A.A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. *In*: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, **Anais**. 1974. p. 41-65.
- Sedor, F.A.; Costa, R. Associação faunística do Membro Morro Pelado, Formação Rio do Rasto (Permiano Superior da Bacia do Paraná) na localidade de São

Jerônimo da Serra, Paraná. *In*: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, **Boletim de Resumos**. 2001. p.179.

Sedor, F.A.; Pauliv, V.E.; Dias, E.V. Ichthyodorulitos (Chondrichthyes, Ctenacanthiformes) nos membros Morro Pelado e Serrinha da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior) da Bacia do Paraná no Estado do Paraná. **Paleontologia em Destaque**, v. 62, p. 19. 2009.

Silva, R.C.; Sedor, F.A.; Fernandes, A.C.S. Fossil footprints from the Late Permian of Brazil: An example of hidden biodiversity. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 38, n. 2012, p. 31-43. 2012.

Silva-Santos, R. Duas novas formas de Elasmobrânquios do Paleozóico do Meio Norte, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. XVIII, n. 4, p. 281-287. 1946.

Silva-Santos, R. Um *Ctenacanthus* do Gondwana brasileiro. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. XIX, n. 3, p. 247-253. 1947.

Silva-Santos, R. Paleoictiofauna da Formação Pedra de Fogo. Bacia do Parnaíba, NE do Brasil: Holocephali Petalodontidae. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 62, n. 4, p. 347-355. 1990.

Silva-Santos, R. Paleoictiofauna da Formação Pedra de Fogo. Bacia do Parnaíba, NE do Brasil: II Eugeneodontida – Agassizodontidae. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 66, n. 4, p. 413-424. 1994.

Silva-Santos, R.; Salgado, M. S. Um Espinho de *Xenacanthus* do Carbonífero do Estado do Maranhão. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 42, n. 2, p. 223-227. 1970.

Souza, F.E.S.; Alves, Y.M.; Marinho, T.S.; Candeiro, C.R.A. Diversidade de Chondrichthyes da Formação Pedra de Fogo (Permiano Inferior) Bacia do Parnaíba. **Paleontologia em Destaque**, Ed. especial maio, 2008. p. 192.

- Souza, F.E.S.; Pires, E.F; Alves, Y.M. A utilização de ácido fórmico na preparação química de rochas da Formação Pedra de Fogo, Permiano Superior, Bacia do Parnaíba, Estado do Tocantins, Brasil. *Paleontologia em Destaque*, Ed. especial julho, 2010. p.24.
- Stollhofen, H.; Stanistreet, I.G.; Rohn, R.; Holzforster, F.; Wanke, A. The Gai-As Lake System, Northern Namibia and Brazil. *In*: E.H. Gierlowski-Kordesch; K.R. Kelts (org.) Lake basins through space and time. Tulsa: AAPG , 2000. p. 87-108.
- Toledo, C.E.V; Brito, P.M.M.; Bertini R.J. Chronological meaning about the presence of petalodonts (*Holocephali incertae sedis*) in the Corumbataí Formation of São Paulo State (Brazil). *In*: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, **Boletim de Resumos**, 1997. p. 80.
- Toledo, C.E.V.; Bertini, R.J.; Santucci, R.M. Nota preliminar sobre uma ocorrência de Xenacanthiformes na Formação Irati do Estado de São Paulo, Grupo Passa Dois, Permiano da Bacia do Paraná. *In*: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA E VI CONGRESSO LATINO AMERICANO DE PALEONTOLOGIA. Aracaju, Sergipe. **Boletim de Resumos**. 2005. Published in cd-rom.
- Vaz, P.T.; Rezende, N.G.A.M.; Wanderley-Filho, J.R.; Travassos, W.A.S. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 15, n. 2, p. 253-263. 2007.
- Vega-Dias, C.; Dias, E.V.; Richter, M. Actinoptegygian remains from the Rio do Rasto Formation, Upper Permian of the Paraná Basin, Brazil. **Acta Geologica Leopoldensia**, v. XXIII, n. 51, p. 21-31. 2000.
- Würdig-Maciel, N.L. Ichthyodontes e Ichthyodorulitos (Pisces) da Formação Estrada Nova e sua Aplicação na Estratigrafia do Grupo Passa-Dois. **Pesquisas**, v. 5, p. 7-85. 1975.

2. Artigos Científicos

Artigo I – Pauliv, V. E.; Dias, E. V. & Sedor, F. A. A new species of sphenacanthid (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the Rio do Rasto Formation (Paraá Basin), Southern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 15, n. 3, p. 243-250. 2012. doi:10.4072/rbp.2012.3.01

A NEW SPECIES OF SPHENACANTHID (CHONDRICHTHYES, ELASMOBRANCHII) FROM THE RIO DO RASTO FORMATION (PARANÁ BASIN), SOUTHERN BRAZIL

VICTOR EDUARDO PAULIV

Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, UFRGS, Campus do Vale,
91501-970, Cx.P. 15001, Porto Alegre, RS, Brasil. *vpauliv@gmail.com*

ELISEU VIEIRA DIAS

Laboratório de Geologia e Paleontologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, UNIOESTE, Rua Universitária 2069,
85819-110, Cascavel, PR, Brasil. *eliseu.dias@unioeste.br*

FERNANDO ANTONIO SEDOR

Museu de Ciências Naturais, Setor de Ciências Biológicas, UFPR, Centro Politécnico, Jardim das Américas,
81531-990, Cx.P. 19031, Curitiba, PR, Brasil. *sedor@ufpr.br*

ABSTRACT – The chondrichthyan skeletal structures with the greatest potential for fossilization are teeth, scales, fin and cephalic spines. In the Rio do Rasto Formation, the Chondrichthyes are represented by finspines and teeth attributed to sphenacanthids, hybodontids and xenacanthids. Herein is presented new finspines collected from an outcrop of the Serrinha Member of the Rio do Rasto Formation, in the Municipality of Jacarezinho, Paraná State. The studied material consists of two finspines that are gradually tapered distally, with convex anterior and lateral faces. The posterior proximal face is strongly concave forming a furrow; absence of pronounced median ridge in the posterior distal face; the lateral faces have non-pectinated ribs separated by intercostal grooves, some of them bifurcated and beaded with rows of rounded closely spaced tubercles are the features that allow the finspines to be ascribed to a new species of Sphenacanthidae.

Key words: Permian, Guadalupian, Paraná Basin, Sphenacanthidae, finspines.

RESUMO – As estruturas com maior possibilidade de fossilização do esqueleto dos Chondrichthyes são aquelas mais mineralizadas, tais como dentes, escamas, espinhos cefálicos e de nadadeiras. Na Formação Rio do Rasto, os Chondrichthyes estão representados predominantemente por dentes e espinhos de nadadeiras e dentes atribuídos a esfenacantídeos, hibodontídeos e xenacantídeos. Aqui são apresentados novos espécimes de espinhos coletados em um afloramento do Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto no Município de Jacarezinho, Estado do Paraná. O material corresponde a dois espinhos de nadadeiras, que gradualmente se reduzem distalmente, com as faces, anterior e lateral, convexas. A face proximal fortemente côncava formando um sulco; face distal posterior não apresentando crista mediana pronunciada, faces laterais com costelas não pectinadas, separadas por sulcos intercostais, sendo algumas delas bifurcadas, com tubérculos pequenos e pouco espaçados são as características que permitem que os espinhos estudados sejam atribuídos a uma nova espécie de Sphenacanthidae.

Palavras chave: Permiano, Guadalupiano, bacia do Paraná, Sphenacanthidae, espinhos de nadadeira.

INTRODUCTION

The chondrichthyans from the Paleozoic are mainly known from teeth, scales, cephalic spines and finspines, as complete specimens are rare. In the Permian of Brazil, finspines occur in the Parnaíba Basin, Pedra de Fogo Formation (Richter, 1985, 2001, 2008; Alves *et al.*, 2008, 2009a,b; Alves, 2010) and in the Paraná Basin in the Rio Bonito (Silva-Santos, 1947), Tatuí/Irati (Chahud *et al.*, 2010), Estrada Nova (Würdig-Maciel, 1975) and Rio do Rasto formations (Sedor *et al.*, 2009; Pauliv *et al.*, 2010a,b).

Gordon Jr. (1947) divided the Rio do Rasto Formation into two members: the Serrinha (lower) and the Morro Pelado (upper). This formation is considered to be of Permian age, spanning from the Wordian to Wuchiapingian (Holz *et al.*, 2010).

The Serrinha Member has some different interpretations; however, most of them propose a shallow lacustrine environment (*e.g.* Mendes, 1967). To Schneider *et al.* (1974) this unit is the result of progradational advances of clastics from coastal plain over tidal plains deposits, which characterize the transition from shallow water bodies of the Terezina Formation to continental deposits of the Morro

Pelado Member. According to Lavina (1991), the sedimentary rocks of the Serrinha Member were deposited in lacustrine and deltaic environments, with a predominance of large lakes influenced by storm waves. Recently, Holz *et al.* (2010) considered the Serrinha Member as deposited in shallow lakes, sometimes influenced by storm waves and fluvial incursions.

The sedimentary rocks of Morro Pelado Member were deposited in smaller lakes, alluvial plains, fluvial meandering streams and delta systems with interdistributary bays, as well as in small temporary water bodies (Lavina, 1991; Holz *et al.*, 2010). The rocks of the Morro Pelado Member were covered by aeolian sandstones, as indicated by the presence of dunes in the Piramboia Formation. The faunistic and floristic record in the Rio do Rasto Formation supports this paleoenvironmental interpretation.

The flora is diversified and the most common genera are *Schizoneura* Schimpmer & Mougeol, 1844, *Paracalamites* Zalessky, 1927, *Glossopteris* Brongniart, 1828 and *Pecopteris* Sternberg, 1825; there is also a palinologic record (*e.g.* Mendes, 1967; Rohn *et al.*, 1997; Rohn & Rösler, 2000; Neregato *et al.*, 2008). The invertebrates are mainly represented by bivalve mollusks, ostracodes and conchostracan crustaceans (*e.g.* Mendes, 1954; Ferreira-Oliveira & Rohn, 2008; 2009). The presence of conchostracans suggests freshwater conditions for the depositional environment for the whole of the Rio do Rasto Formation (Holz *et al.*, 2010). The vertebrates are also diversified and represented by fishes, amphibians, reptiles and ichnofossils (Dias, 2012).

The occurrence of two Sphenacanthidae from the Serrinha Member of Rio do Rasto Formation (Paraná State) reported by Pauliv *et al.* (2010a,b), which are detailed in this paper with the erecting of a new species for this unit. Knowledge about the chondrichthyan diversity may contribute to the comprehension of some paleoenvironmental and paleobiogeographical aspects.

MATERIAL AND METHODS

The studied material comprises two finspines collected from an outcrop of the Serrinha Member of Rio do Rasto Formation in the northeastern region of Paraná State, Jacarezinho Municipality, near km 20, west margin of road BR-

153, coordinates 23°10'08.40"S, 49°57'49.48"W (Figure 1).

The material is housed in the paleontological collections of the Museu de Ciências Naturais, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná under the numbers MCN.P.440 and MCN.P.703. The first specimen was collected in association with some isolated actinopterygian scales and with a xenacanthiform shark tooth (Pauliv *et al.*, 2010b).

The specimens were prepared by mechanical techniques with steel tips, under a stereomicroscope following the usual methodology for small vertebrate fossils (*e.g.* Camp & Hanna, 1937; Santos, 1985; Leiggi & May, 1994). The samples were impregnated with polystyrene dissolved in xylol to increase the fossil resistance, and were photographed with a Sony DSC H-7 8.1 megapixels digital camera and with an Olympus SZX9 stereomicroscope at the Laboratório de Microtécnica of the Universidade Positivo. Finally, the taxonomic determination of the specimens was mainly based on the revised diagnosis proposed by Maisey (1981, 1982) for some Paleozoic genera. The material used for comparison were: *Ctenacanthus gondwanus* Silva-Santos, 1947 (DGM 73-P, holotype of the species) and *C. maranhensis* Silva-Santos, 1946 (DGM 470-P, a series of fragments of finspines). **Institutional abbreviations:** DGM, Divisão de Mineralogia e Geologia; DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral; MCN, Museu de Ciências Naturais; UFPR, Universidade Federal do Paraná.

SYSTEMATIC PALEONTOLOGY

Class CHONDRICHTHYES Huxley, 1880

Subclass ELASMOBRANCHII Bonaparte, 1838

Infraclass EUSELACHII Hay, 1902 (*sensu* Ginter *et al.*, 2010)

Family SPHENACANTHIDAE Maisey, 1982

Sphenacanthus Agassiz, 1837 (*sensu* Maisey, 1982)

Type species. *Sphenacanthus serrulatus* Agassiz, 1837.

Sphenacanthus riorastoensis sp. nov.
(Figures 2-3)

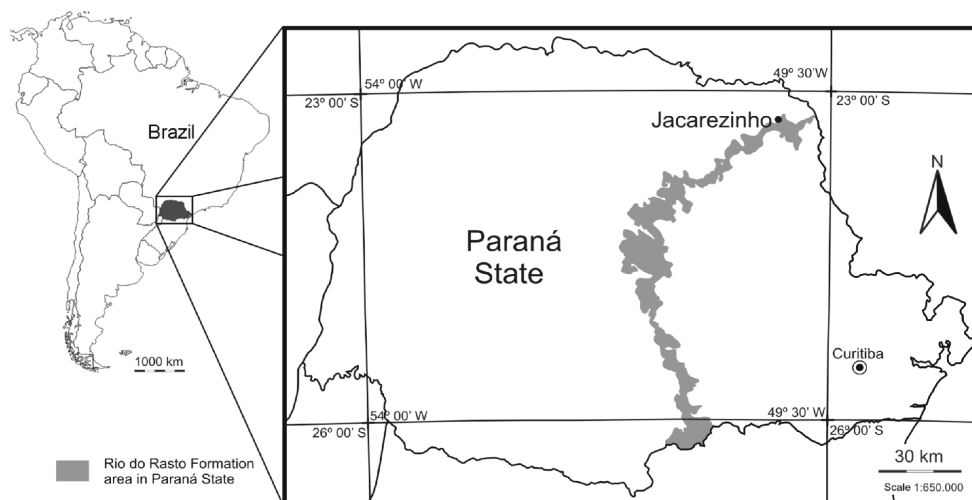


Figure 1. Distribution of the Rio do Rasto Formation in the Paraná State with the location of the collecting site in the Municipality of Jacarezinho (modified from Mineropar, 2006).

Etymology. Referring to the Rio do Rasto Formation.

Holotype. MCN.P.440, one incomplete finspine lacking part of the proximal and most distal extremities (Figure 2).

Paratype. MCN.P.703 corresponds to the median distal portion of a finspine with both extremities missing (Figure 3).

Type locality and horizon. Serrinha Member of the Rio do Rasto Formation (Wordian to Wuchiapingian following Holz *et al.* 2010), Passa Dois Group, Municipality of Jacarezinho, northeastern region of Paraná State, Southeastern Brazil.

Diagnosis. Chondrichthyan only known from finspines that present a gradually tapered distal portion; convex lateral face forming a narrow edge anteriorly with a single and smooth longitudinal rib; isosceles triangle-shaped in transverse section; posterior face with a deep concavity proximally and slightly concave distally, limited by posterolateral ribs with tubercles; twice as deep as broad cross-section; presence of prominent parallel ribs, which are separated by intercostal grooves as wide as or slightly smaller than the ribs' width; ribs branching irregularly in the posterior portion of the finspine; ribs beaded with rows of rounded drop-like tubercles, the diameters of which are bigger than the ribs' width; larger tubercles in the proximal portion of the finspine and the spacing of the tubercles is smaller than the tubercles' size.

Description. The maximum dimensions of specimen MCN.P.440 are 104 mm along its proximal-distal axis and 23 mm anteroposteriorly. Specimen MCN.P.703 is 16 mm in length along its proximal-distal axis while the anteroposterior axis is 9 mm proximally and 5 mm distally. The finspines of *Sphenacanthus riorastoensis* sp. nov. are laterally compressed, almost twice as deep as broad in transverse section, and present a convex lateral surface forming a narrow anterior edge that gradually tapers distally. In the proximal third of the finspine there is an oblique line slightly sigmoid in shape, which limits the intramuscular portion from the external body portion of the spine (Figure 2A). This proximal portion has only fine striations, while the external portion shows ribs and tubercles. In specimen MCN.P.440, this external portion is 93 mm in length anteriorly and 75 mm posteriorly (Figure 2A). The entire external portion of the finspines present parallel ribs (costae), and these ribs are beaded with closely spaced rows of rounded drop-like tubercles. The distance between the tubercles is equal to the tubercle size or, rarely, shorter, as seen on the proximal portion (Figures 2A-C), and slightly shorter than the tubercle size on their distal portions (Figures 3A-B). Among these ribs there are furrows (intercostal grooves), which are smooth and as wide as the ribs' width or slightly smaller. These ribs may branch on the proximal portion as seen in MCN.P.440 (Figure 2C) and also on the distal third as seen in MCN.P.703 (Figures 3A,B). Moreover, the tubercles of the proximal region are larger, presenting a gradual reduction in diameter along the spine and becoming more numerous distally. The anterior edge has a single narrow and smooth longitudinal rib, with only one visible tubercle on specimen MCN.P.703 (Figure 3C). In transversal cross-section the specimen shows a sub-circular median cavity (pulpar cavity) surrounded by a spongy region (Figures 3D,E), similar to that described by Maisey (1982) as trabecular dentine. The

proximal portion of the finspine presents on its posterior face a deep concavity forming a posterior furrow with rounded edges, as seen in basal view (Figure 2B). On its median region, this posterior furrow becomes shallow and probably the lateral edges join forming the pulpar cavity (Figure 3E). From the medial region to the apical portion the posterior face presents a slight concavity formed by posterolateral ribs with tubercles, one on each edge (Figures 3D-F). A pronounced posterior median ridge or convexity is absent, but shallow and short discontinuous furrows are present. Thus, from the medial to the apical region, the finspine has a subtriangular cross-section (Figures 3D-E).

COMPARISON AND DISCUSSION

For many years due to the similarity between the finspines of *Sphenacanthus* and *Ctenacanthus* Agassiz, 1837 these genera were considered as synonyms (Maisey, 1982) and *Sphenacanthus* placed in the Ctenacanthiformes (*e.g.* Zangerl, 1981). However, the discovery of more complete specimens of *Sphenacanthus* with association of finspines and teeth (*e.g.* Soler-Gijón, 1997; Dick, 1998; Krätschmer & Forst, 2005), allowed changes in the systematic determination of the family Sphenacanthidae. Soler-Gijón (1997) and Ginter *et al.* (2010) reallocated this family to *incertae sedis* in the Cohort Euselachii based on the similarity between the teeth of sphenacanthids and the teeth of the basal hybodontid *Trystichius* Portlock, 1843, and also demonstrated that they deeply diverge from the Ctenacanthiformes in tooth morphology. Thus, in modern systematics (based on tooth morphology) the *Sphenacanthus* belongs in the Euselachii while the Ctenacanthiformes are in the superorder Cladodontomorphi (Ginter *et al.*, 2010).

Here is presented a comparison between the studied finspines (MCN.P.440 and MCN.P.703) based on the diagnosis revised by Maisey (1981, 1982) for the following Paleozoic genera: *Ctenacanthus*; *Amelacanthus* Maisey, 1982; *Bythiacanthus* St. John & Worthen, 1875; *Eunemacanthus* St. John & Worthen; *Wodnika* Münster, 1843 and *Sphenacanthus*.

Ctenacanthus was first described by Agassiz (1837) based only on isolated finspines. Agassiz himself and other authors added many species based on finspines without a clear diagnosis, making the systematics of the group confuse (Maisey 1981, 1982). *Ctenacanthus* was restricted by Maisey (1981) to finspines with a similar ornamental pattern to that present in the type species *C. major* Agassiz, 1837. Comparing specimens MCN.P.440 and MCN.P.703 with the revised diagnosis of Maisey (1981), these are distinguished from *Ctenacanthus* by not having: (i) numerous closely spaced fine longitudinal ribs; (ii) closely pectinated ribs with minute transverse tuberculations often vertically striated and projected laterally from the raised ribs; and (iii) tubercles of adjacent ribs almost touching and sometimes interlocking like teeth on a zipper.

According to Maisey (1982), *Amelacanthus* presents the following features: (i) posteriorly divergent sides but almost flat, giving a subtriangular outline in cross-section; (ii) ornament of broad smooth ribs, which are heavily enameled and usually display growth lines; and (iii) ribs with narrow intercostal grooves. These features are not present in MCN.P.440 and MCN.P.703.

Bythiacanthus (*sensu* Maisey, 1982) presents: (i) robust finspines with a rhomboidal outline in lateral view; and (ii) longitudinal rows of rounded and striated tubercles, usually less than their own diameter apart. These features are absent in the Rio do Rasto Formation specimens. Moreover, *Bythiacanthus* presents a strongly concave posterior face, forming a deep posterior furrow, a distinct condition to that found in MCN.P.440, which is only slightly concave proximally, and in MCN.P.703, in which the posterior face is almost flat.

The finspines described here could not belong to *Eunemacanthus* (*sensu* Maisey, 1982), since they are not so laterally compressed and do not present a broad anterior margin with a wide enameled rib; thick irregular enameled lateral ribs interrupted by transverse ridges, or intercostal areas occupied by irregularly dispersed tubercles or short lengths of ribbing.

As *Wodnika* finspines present smooth ribs (Maisey 1982), none of the spines described here can be attributed to this genus.

According to the revised diagnosis of *Sphenacanthus* by



Figure 2. *Sphenacanthus riorastoensis* sp. nov., finspine, specimen MCN.P.440 (holotype). **A**, the finspine in lateral view; **B**, transverse section of the proximal portion; **C**, detail of the branching ribs and the tubercles of the proximal portion of the spine. Scale bars: A-C = 10 mm; B = 5 mm.

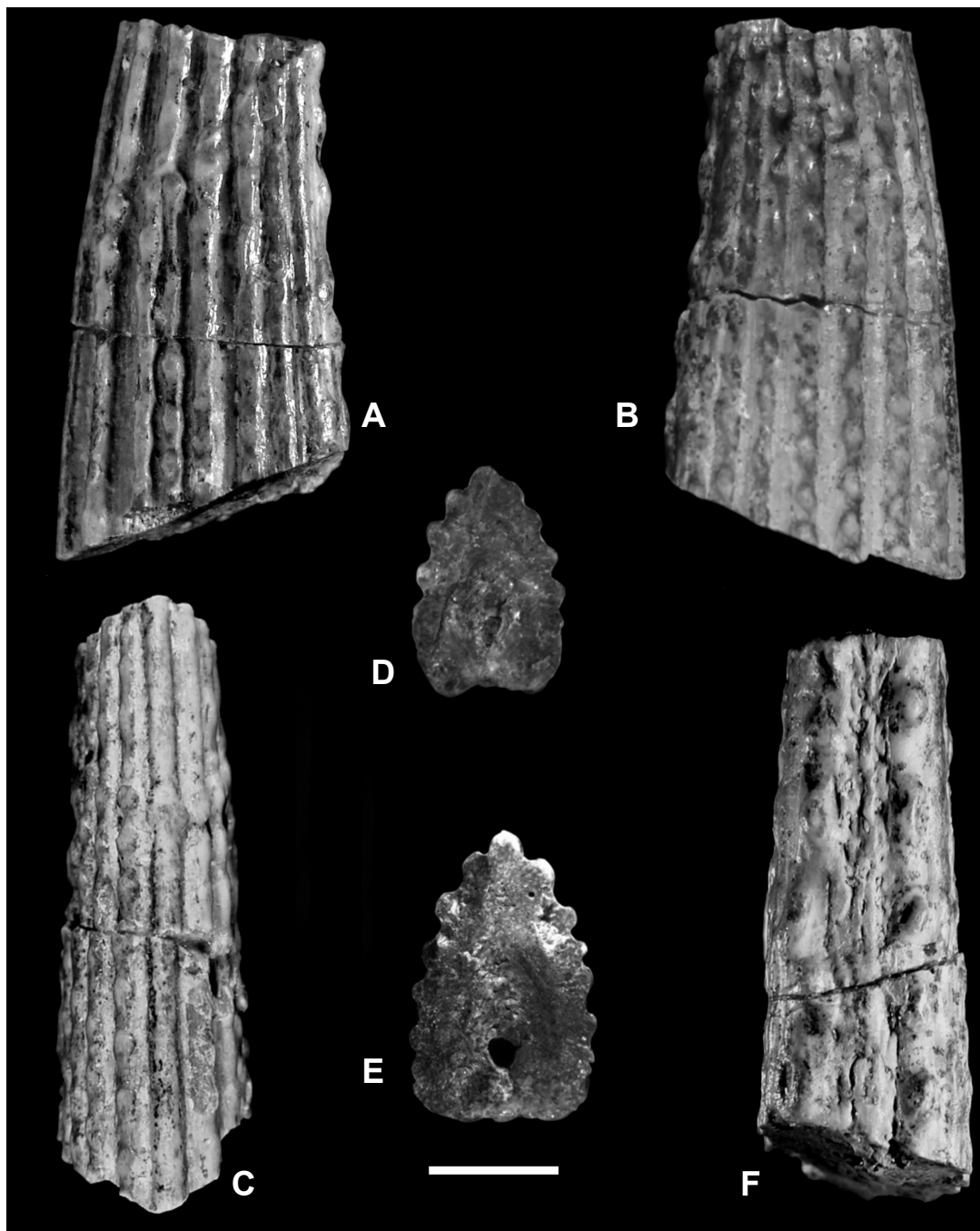


Figure 3. *Sphenacanthus riorastoensis* sp. nov., finspine, specimen MCN.P. 703. **A**, left lateral view; **B**, right lateral view; **C**, anterior view; **D**, distal transverse cross-section; **E**, proximal transverse cross-section; **F**, posterior view. Scale bar = 5 mm.

Maisey (1981, 1982), some characteristics observed in the finspines MCN.P.440 and MCN.P.703 are compatible with this genus. They share with *Sphenacanthus* the following features: (i) finspines that gradually taper and are slightly curved posteriorly, often with a straight posterior profile; (ii) an acutely rounded anterior face and slightly convex lateral faces; (iii) the posterior face concave proximally as seen in MCN.P.440 and almost flat to slightly concave distally lacking a pronounced median ridge as seen in MCN.P.703; (iv) a cross-section approximately twice as deep as broad as seen in MCN.P.703; (v) the presence of prominent raised ribs

of variable distance apart; (vi) intercostal grooves generally as wide as or wider than the ribs (except in MCN.P.440 and posterior ribs of MCN.P.703, which present grooves slightly smaller than the width of the ribs); (vii) ribs that are nodose and discontinuous branching irregularly, with new ones sometimes appearing by intercalation or often by addition to the marginal ribs; (viii) nodose ribs that are never closely pectinated, but beaded with small and well-spaced tuberculations that may be thinly enameled; and (ix) posterolateral margins presenting a row of low tubercles directed posteriorly.

However, the feature “intercostal grooves generally as

wide as or wider than ribs” mentioned in Maisey’s (1982) diagnosis is ambiguous in the studied specimens. MCN.P.440 presents intercostal grooves smaller than the width of the ribs; while in MCN.P.703, the anterior intercostal grooves are as wide as the ribs’ width, but narrower in the posterior ones. Thus, it seems that this feature is not obligatory in the genus, and its absence does not endanger the identification of the specimens as *Sphenacanthus*.

The *Sphenacanthus* genus has been known for almost two centuries when it was first described by Agassiz (1837) based on fossils from the Carboniferous of Scotland. The relationships between the sphenacanthids have been controversial until now, with less than ten species formally described. Below will be presented a short comparison between some Laurasian species followed by comparison with some Brazilian species that closely resemble *Sphenacanthus riorastoensis* sp. nov.

The description of *Sphenacanthus serrulatus* Agassiz, 1837 was based on a single badly preserved finspine, and many years later this genus were redescribed by Dick (1998) based on an almost complete specimen from the Viséan Upper Oil Shale Group of Scotland. *S. riorastoensis* sp. nov. differs from this species by the presence in *S. serrulatus* of fine crenulated ribs practically without tubercles, and the number of ribs on the lateral surfaces are proportionally greater.

Sphenacanthus carbonarius Giebel, 1848 is another Laurasian sphenacanthid proposed for the Puertollano Basin, Late Carboniferous of Spain (Soler-Gijón, 1997). Recently these species were also reported from the Top Breitenbach Formation (Stefan C) of the Saar-Nahe Basin by Krätschmer & Forst (2005). The finspines of this species present almost smooth ribs, sometimes with a few tubercles, and some of these tubercles occur in the intercostal grooves, which does not occur in *S. riorastoensis* sp. nov.

The occurrences of another Brazilian sphenacanthid and ctenacanthid finspines have been reported (e.g. Silva-Santos, 1946, 1947; Würdig-Maciel, 1975; Richter, 2001, 2008; Alves *et al.*, 2008, 2009a,b; Alves, 2010; Chahud *et al.*, 2010) and comparisons with these are presented below.

The finspines from the Pedra de Fogo Formation (Lower Permian of Maranhão State) described by Silva-Santos (1946) were attributed to *Ctenacanthus maranhensis*. This taxon was reevaluated by Maisey (1984), who suggested that its shape in transverse section and ornamentation pattern was not referable to *Ctenacanthus*, and may be closer to *Sphenacanthus* or to *Wodnika*. However, the emended diagnosis of *Wodnika* proposed by Maisey (1982) affirms that this genus exhibits smooth ribs, which is incompatible with *C. maranhensis*, so is here considered *Sphenacanthus maranhensis*. The finspines of *S. maranhensis* are very similar to specimen MCN.P.703 in general shape, in its posterior face morphology and in its tubercle distribution pattern, but *S. maranhensis* presents a higher number of ribs, smaller rib width and smaller tubercle diameter than specimen MCN.P.703.

For the same formation, Richter (2001, 2008) mentioned the occurrence of some ctenacanthiform finspines in the Pedra de Fogo Formation, Guaraí Municipality, Tocantins State. According to Richter (2008) these finspines are identical to

the Lower Permian *Ctenacanthus amblyxiphias* Cope, 1891, of Kansas (USA), diverging on the ornamentation pattern from *S. maranhensis* and consequently from *S. riorastoensis* sp. nov. The finspines studied by Richter (2008) were collected associated with a cladodont tooth attributed to *Glikmanius occidentalis* (Leidy, 1859) (= *Cladodus occidentalis* Leidy, 1859) previously known from the Pennsylvanian-Lower Permian of the USA, Late Carboniferous of England and Carboniferous of Russia, which suggests a possible synonym between these two species. New finspine occurrences from the same locality were mentioned by Alves *et al.* (2008, 2009a,b) and Alves (2010).

Another Brazilian shark finspine was collected in the Taió sandstone (Santa Catarina State), currently positioned in Rio Bonito Formation of Early Permian age, and described by Silva-Santos (1947) as *Ctenacanthus gondwanus* Silva-Santos, 1947. This species was also reevaluated by Maisey (1984) and may be referable to *Sphenacanthus* based on its ornamentation pattern. So is here adopted as *S. gondwanus* based on Maisey (1984). Specimen MCN.P.440 resembles *S. gondwanus* in some features such as: (i) equivalent size; (ii) intercostal grooves smaller than ribs; (iii) proximal tubercles more developed; and (iv) presence of branching ribs. Silva-Santos (1947) believed that this rib bifurcation could be an anomaly that would be not recorded in all sharks of this species. However, this feature was considered by Maisey (1982) to be diagnostic for the group and not an anomaly. Nevertheless, unlike in *S. gondwanus*, the finspines described here do not exhibit tubercles separated by distances equal to three times their diameter and ribs that becomes smooth distally. In both specimens (MCN.P.440 and MCN.P.703) the ribs have a row of tubercles throughout their extension.

Chahud *et al.* (2010) described a ctenacanthiform finspine collected in the transition between the Tatuí and Irati formations, Paraná Basin (São Paulo State), placing it in the Sphenacanthidae and proposing the species *Sphenacanthus sanpauloensis* Chahud, Fairchild & Petri 2010. This species shares some similarities with MCN.P.440 and MCN.P.703, such as: branching ribs, boundary between ornamented faces and intramuscular tissue having a sigmoid shape and lateral faces separated by only one anterior rib. But it differs from *S. riorastoensis* sp. nov. in that the ornamentation pattern of this species presents tubercles separated from each other by a distance twice that of their diameter, tubercles generally cylindrical and ribs separated by intercostal grooves equivalent to or slightly greater in width than half the width of the rib.

Würdig-Maciel (1975) described a shark finspine collected from an outcrop of the Estrada Nova Formation (actually this outcrop probably belongs to Terezina Formation, which is Early to Middle Permian *sensu* Holz *et al.*, 2010). Despite the poor preservation condition of this specimen, this finspine differs from MCN.P.440 and MCN.P.703 by having six large and smooth ribs that disappear near the posterior edge. This material was identified as *Ctenacanthus* by Würdig-Maciel (1975), but smooth ribs are incongruent with the revised diagnosis of the genus (Maisey, 1981) so, this specimen should not belong to *Ctenacanthus*.

Paleoenvironmental remarks

The genus *Sphenacanthus* was based on a single fin spine collected in a freshwater limestone by Agassiz (1837). For Baird (1978), it is clear that many Paleozoic and Mesozoic sharks lived in freshwater environments. According to Zangerl (1981), ctenacanth (including *Sphenacanthus*) have been recovered from marine, paralic and freshwater deposits; consequently, these sharks can be considered as euryhaline (Silva-Santos, 1994). Dick (1998) suggested that *Sphenacanthus* was an inhabitant of fresh or brackish waters lagoons. Soler-Gijón (1997) mentioned that *S. carbonarius* of the Puertollano Basin was recovered from sediments deposited under a marine-influenced environment, based on the depositional features and the occurrence of acritarchs. However, this author mentioned the co-occurrence of valves of chonchostracans, smooth ostracodes and insect remains, which are strong evidence of fresh or brackish water conditions. In the case of the Puertollano Basin, the complexity of the paleoenvironment precludes a precise conclusion for the habitat of *S. carbonarius*.

The Rio do Rasto Formation has been interpreted as being deposited in a freshwater environment; for example, Ragonha (1989) based on the occurrence of dipnoan fishes and Holz *et al.* (2010) based on the record of conchostracans, megaplants and ferns. This allied with the whole paleontological record, as already mentioned, indicates freshwater and continental conditions for the Rio do Rasto Formation. So *Sphenacanthus riorastoensis* sp. nov. of the Serrinha Member presented here, the xenacanthid of the same horizon mentioned by Pauliv *et al.* (2010) and the hybodontid teeth studied by Laurini *et al.* (2009, 2010) from the Morro Pelado Member represent new freshwater records for each of these sharks.

CONCLUSIONS

The fin spines described here are identified as belonging to the genus *Sphenacanthus* Agassiz (1837) and ascribed to a new species, *S. riorastoensis* sp. nov. This species closely resembles the fin spines of *S. maranhensis*, *S. gondwanus* and *S. sanpauloensis*, all also described from Brazilian territory, which indicates endemism of these sharks in the Brazilian basins during the Permian age as already mentioned by Chahud *et al.* (2010).

The specimen MCN.P.440 described here as the holotype of *Sphenacanthus riorastoensis* sp. nov. was collected associated with another shark tooth preliminarily attributed to the Xenacanthiformes. This record suggests that these two fossil sharks lived together in the shallow freshwater environments of the Serrinha Member of the Rio do Rasto Formation.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the Museu de Ciências Naturais *in memoriam* of professor E.F. da Silva Junior for providing most of the necessary infrastructure and equipment for the execution of this work; the Universidade Positivo for providing the “Laboratório de Microtécnica” to take photos

of the specimens; M. Ginter and A. Ivanov for reviewing the manuscript; R.C. Silva and M.B.L. Santos for their comments on the manuscript during its preparation; E. Eltink for help finding some references; the Pro-Reitoria de Extensão e Cultura of UFPR and the CNPq for providing a scholarship to V.E.P. during the preparation of this paper.

REFERENCES

- Agassiz, L. 1837. *Recherches sur les Poisons Fossiles*. Neuchatel, 5 vols., 1833-1844. 1420 p.
- Alves, Y.M. 2010. Los vertebrados fósiles del Paleozoico y Mesozoico del Estado de Tocantins (Brasil): a preliminar síntesis. *Caminhos de Geografia (UFU)*, **11**:224-236.
- Alves, Y.M.; Matos da Silva W.; Marinho T.S. & Candeiro C.R.A. 2009a. Espinhos e dentes isolados de tubarões do Permiano do Estado do Tocantins. *Ameghiniana*, **46**:7R.
- Alves, Y.M.; Souza F.E.F.; Marinho T.S. & Candeiro C.R.A. 2009b. La diversidad de la paleoictiofauna de la Formación Pedra de Fogo (Pérmico superior) de la Cuenca Parnaíba en Brasil. *Ameghiniana*, **46**:7R.
- Alves, Y.M.; Tavares, L.F.S.; Matos da Silva, W. & Candeiro, C.R.A. 2008. Um Ctenacanthidae (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da Bacia do Parnaíba, Estado do Tocantins, Brasil. *In*: CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGÍA DE VERTEBRADOS, 3, 2008. *Libro de Resúmenes*, Neuquén, p. 10.
- Baird, D. 1978. Studies on Carboniferous freshwater fishes. *American Museum Novitates*, **641**:1-22.
- Camp, C.L. & Hanna, D.G. 1937. *Methods in Paleontology*. Berkeley, University California Press, 153 p.
- Chahud, A.; Fairchild, T.R. & Petri, S. 2010. Chondrichthyan from the base of the Irati Formation (Early Permian, Paraná Basin), São Paulo, Brazil. *Gondwana Research*, **18**:528-537. doi:10.1016/j.gr.2010.01.006
- Dias, E.V. 2012. A new deep-bodied fossil fish (Actinopterygii) from the Rio do Rasto Formation, Paraná, Basin, Brazil. *Zootaxa*, **3192**:1-23.
- Dick, J.R.F. 1998. *Sphenacanthus*, a Palaeozoic freshwater shark. *Zoological Journal of Linnean Society*, **122**:9-2. doi:10.1111/j.1096-3642.1998.tb02523.x
- Ferreira-Oliveira, L.G. & Rohn, R. 2008. Conchostráceos com linhas de crescimento recurvadas junto à margem dorsal (famílias Palaeolimnadiopseidae e Perilimnadiidae) da Formação Rio do Rasto, Permiano Superior, bacia do Paraná, Brasil. *Geologia USP Série Científica*, **8**:41-52.
- Ferreira-Oliveira, L.G. & Rohn, R. 2009. Leaiid conchostracans from the uppermost Permian strata of the Paraná Basin, Brazil: Chronostratigraphic and paleobiogeographic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, **29**:371-380.
- Ginter, M.; Hampe, O. & Duffin, C. 2010. Chondrichthyes Paleozoic Elasmobranchii: Teeth. *In*: H.-P. Schultze (ed.) Handbook of Paleichthyology, 3D. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, p 1-168.
- Gordon JR O. 1947. *Classificação das formações gonduânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Notas Preliminares e Estudos*. Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, 20 p. (Boletim 38).
- Holz, M.; França A.B.; Souza, P.A.; Iannuzzi, R. & Rohn, R. 2010. A stratigraphic chart of the Late Carboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil, South America. *Journal of South American Earth Sciences*, **29**:381-399. doi:10.1016/j.jsames.2009.04.004

- Krätschmer, K. & Forst, M.H. 2005. Ein Neufund von assoziierten skelettelementen von *Sphenacanthus* cf. *carbonarius* (Giebel 1848) aus dem Top Oberkarbon (Breitenbach-Fm., Stefan C) des Saar-Nahe Beckens (SW-Deutschland) mit Anmerkungen zur Paläoökologie der Vertebraten-Lokalitäten von Altenkirchen. *Geowissenschaftliche Beiträge zum Saarpfälzischen Rotliegenden*, 3:29-37.
- Laurini, C.R.; Langer, M.C. & Richter, M. 2009. Chondrichthyan teeth from the Rio do Rasto Formation, Permian of Brasil. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 29:133A.
- Laurini, C.R.; Langer M.C. & Richter M. 2010. Morfologia e ultra-estrutura de dentes associados a um euseláquio da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior, Bacia do Paraná), estado do Paraná. *Paleontologia em Destaque*, p. 21 (Boletim Edição Especial da SBP).
- Lavina, E.L. 1991. Geologia sedimentar e paleogeográfica do Neopermiano e Eotriássico (Intervalo Kazaniano-Scythiano) da bacia do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 333 p.
- Leiggi, P. & May, P. 1994. *Vertebrate Paleontological Techniques*. Cambridge, Cambridge University Press, 344 p.
- Maisey, J.G. 1981. Studies on the Paleozoic Selachian genus *Ctenacanthus* Agassiz No. 1. Historical review and revised diagnosis of *Ctenacanthus*, with a list of referred taxa. *American Museum Novitates*, 2718:1-21.
- Maisey, J.G. 1982. Studies on the Paleozoic Selachian genus *Ctenacanthus* Agassiz. No. 2. *Bythiacanthus* St. John and Worthen, *Amelacanthus*, new genus, *Eunemacanthus*, St. John and Worthen, *Sphenacanthus* Agassiz, and *Wodnika* Münster. *American Museum Novitates*, 2722:1-24.
- Maisey, J.G. 1984. Studies on the Paleozoic Selachian genus *Ctenacanthus* Agassiz. N. 3. Nominal species referred to *Ctenacanthus*. *American Museum Novitates*, 2774:1-20.
- Mendes, J.C. 1954. Conchostráceos permianos do sul do Brasil. In: F.W. Lange (ed.) *Paleontologia do Paraná*, Museu Paranaense, p. 153-164.
- Mendes, J.C. 1967. The Passa Dois Group (The Brazilian Portion of the Paraná Basin). In: J.J. Bigarella; R.D. Becker & J.D. Pinto (eds.) *Problems in Brazilian Gondwana Geology*, Papelaria Max Roesner Ltda, 344 p.
- Mineropar. 2006. Mapa geológico do Estado do Paraná. Available at: http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/Files/2_Geral/Geologia/PDF_Mapa_Geo_650000/Mapa_Geologico_PR_650000_2006.pdf; accessed on 05/01/2012.
- Neregato, R.; Souza, P.A. & Rohn, R. 2008. Registros palinológicos inéditos nas Formações Teresina e Rio do Rasto (Permiano, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná) Implicações Biocronoestratigráficas e Paleoambientais. *Revista Pesquisas em Geociências*, 35:9-21.
- Pauliv, V.E.; Dias, E.V. & Sedor, F.A. 2010a. Espinhos de *Sphenacanthus* (Chondrichthyes) da Formação Rio do Rasto no Estado do Paraná. *Paleontologia em Destaque*, p. 64 (Boletim da SBP 63).
- Pauliv, V.E.; Dias, E.V. & Sedor, F.A. 2010b. Ocorrência de Xenacanthida (Chondrichthyes: Elasmobranchii) para o Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná) no Estado do Paraná. *Paleontologia em Destaque*, p. 22. (Boletim Edição Especial da SBP).
- Ragonha, E.W. 1989. Placas dentárias de Dipnoi no Grupo Passa-Dois (P-Tr) da Bacia do Paraná. Apreciações ambientais, climáticas, cronológicas e estratigráficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, 1989. *Anais*, Curitiba, p. 195-206.
- Richter, M. 1985. Situação da pesquisa paleoictiológica no Paleozoico Brasileiro. *Coletânea de Trabalhos Paleontológicos*, p. 105-110 (Série Geologia 27 Seção de Paleontologia e Estratigrafia 2).
- Richter, M. 2001. Fishes from the Permian of the Parnaíba Basin in the State of Tocantins, North Brazil, and their palaeoenvironment. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 2:142.
- Richter, M. 2008. Ctenacanthid shark remains (Chondrichthyes) from the Lower Permian Pedra do Fogo Formation, State of Tocantins, Brazil. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 28:131A.
- Rohn, R. & Rösler, O. 2000. Middle to Upper Permian phytostратigraphy of the eastern Paraná Basin. *Revista Geociências Guarulhos, Geociências*, 5:69-73.
- Rohn, R.; Rösler, O.; Pennatti, J-R.R.; Davies, H-P.K. & Cavalheiro, M.C.T. 1997. Ocorrências de macrofitofósseis nas formações Teresina e Rio do Rasto (Permiano Superior da Bacia do Paraná) na região de Cândido Abreu-Reserva, Estado do Paraná, Brasil. *Revista da Universidade de Guarulhos, Geociências*, 2:69-75.
- Santos, O.S. 1985. *Técnicas de Preparação de Fósseis*. Brasília, DNPM, 127 p.
- Schneider, R.L.; Mühlmann, E.; Tommasi E.; Medeiros, L.A.; Daemon, A. & Nogueira, A.A. 1974. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1974. *Anais*, Porto Alegre, p. 41-65.
- Sedor, F.A.; Pauliv, V.E. & Dias, E.V. 2009. Ichthyodorulitos (Chondrichthyes, Ctenacanthiformes) nos membros Morro Pelado e Serrinha da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior) da bacia do Paraná no Estado do Paraná. *Paleontologia em Destaque*, p. 19 (Boletim da SBP 62).
- Silva-Santos, R. 1946. Duas novas formas de Elasmobrânquios do Paleozóico do Meio Norte, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 18:281-287.
- Silva-Santos, R. 1947. Um *Ctenacanthus* do Gondwana brasileiro. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 19:247-253.
- Silva-Santos, R. 1994. Paleoictiofauna da Formação Pedra de Fogo. Bacia do Parnaíba, NE do Brasil: II Eugeneodontida – Agassizodontidae. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 66:413-424.
- Soler-Gijón, R. 1997. Euselachian sharks from the Late Carboniferous of the Puertollano Basin, Spain: biostratigraphic and palaeoenvironmental implications. *Modern Geology*, 21:137-169.
- Würdig-Maciél, N.L. 1975. Ichthyodontes e ichthyodorulitos (Pisces) da Formação Estrada Nova e sua aplicação na estratigrafia do Grupo Passa-Dois. *Pesquisas*, 5:7-85.
- Zangerl, R. 1981. Chondrichthyes I - Paleozoic Elasmobranchii. In: H.-P. Schultze (ed.) *Handbook of Paleoichthyology*, Gustav Fischer Verlag, 115 p.

Received in April, 2012; accepted in November, 2012.

Artigo II – Pauliv, V. E.; Dias, E. V.; Sedor, F. A.; Ribeiro, A. M. A new species of Xenacanthiformes (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the Late Paleozoic Rio do Rasto Formation (Paraná Basin), Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** (artigo aceito pela revista e em fase de revisão pelo editor).

Annals of the
Brazilian Academy of Sciences
ABC

ON LINE
ABOUT
AUTHOR

Logged as: VPauliv
 Logout
 Edit my info

[tmp_2717]-Manuscript Details

A new species of Xenacanthiformes (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the Late Paleozoic Rio do Rasto Formation (Paraná Basin), Southern Brazil

Number:	2717 (temporary number)
Status:	Under Evaluation
Tipo:	Article
Keywords:	Permian, Xenacanthimorpha, Xenacanthus, shark teeth.
Response Letter:	Dear editors of the Anais da Academia Brasileira de Ciências, In accordance with the referees suggestions, the changes follows: Keywords: Were removed "Paraná Basin", "Rio do Rasto Formation" and "Xenacanthiformes" because they were already on the title. And were included the following keywords: "Xenacanthimorpha" and "shark teeth". Introduction: Inclusion of the reference Chahud & Petri (2010) as suggested by the referee 1. Insertion of the phrase "In spite of all these records mentioned above, xenacanthiforms are poorly known in South America and xenacanthid teeth from the Serrinha Member of Rio do Rasto Formation (Paraná State) reported by Pauliv et al. (2010) are detailed in this contribution." to increase the importance of the present work. Material and Methods Was included "The specimen MCN.P.1088, was associated with a shark fin spine ascribed to a new species of Sphenacanthus (Pauliv et al. 2009 and Pauliv et al. in press)." Correction of the term "microPaleontology\" to "Micropaleontology". Systematics: Exclusion of the term "Pleuracanthodii". Inclusion of the type species of Xenacanthus.

Author's Home

PDF Generator

Histological aspects

Inclusion of the word "similar" on the phrase "On the tooth base, the trabecular dentine overlaps externally the orthodentine on the basal portion of lateral cusps (similar as seen in *Lebachacanthus senckenbergianus* Hampe, 1991)."

Discussion and Conclusions

Following the suggestion of the referee 2 "I would encourage the author to resubmit, with a more comprehensive comparison of the material with other xenacanth teeth. (...) In particular, it should be made very clear which characters are UNIQUE to the new species, as well as those which suggest affinity with species outside of Brazil." were inserted these paragraphs, which improved the discussion:

"Following Hampe (2003) and Ginter et al. (2010), this Order is divided in two families: Diplodoselachidae and Xenacanthidae. These authors mentioned that Xenacanthidae teeth show non-serrated lateral edges on the cusps, cusps often equipped with vertical cristae and basal tubercle always with a concave depression. The studied specimens present all these features, so they are attributed to the Family Xenacanthidae.

Ginter et al. (2010) mentioned that five genera are included in the Xenacanthidae: *Plicatodus* Hampe 1995, *Triodus* Jordan 1849, *Mooreodontus* Ginter et al. 2010 *Wurdigneria*, Richter 2005 and *Xenacanthus* Beyrich 1848.

Based on the summary of *Plicatodus* presented by Ginter et al. (2010), *Xenacanthus ragonhai* differs from this genus. *Plicatodus* shown cusps with elliptical cross-section near the base; lateral cusps curved sigmoidally throughout their apical portion; surface of the cusps exhibits a pattern of generally strong, wavy or curved vertical cristae; elliptical shaped base; small coronal button; base and crown consist almost entirely of orthodentine and by the absence of enameloid.

The new species also resemble the teeth features presented by Ginter et al. (2010) to the *Triodus* genus. However, the crown and the base of *Triodus* teeth are almost entire composed by orthodentine (except the coronal button that are made by trabecular dentine), the cusps shown a variable number of consistently vertical cristae and, finally, the most remarkable feature of *Triodus* is an elongated median cusp that in some species reaches almost the same length of the lateral cusps, which are evidently different from the Rio do Rasto specimens described here.

The dropped shaped to triangular shaped tooth base of *Mooreodontus* differs from *X. ragonhai* tooth base, which is almost rounded or oval shaped and the comparison with *Wurdigneria* will be treated latter.

The emended diagnosis of *Xenacanthus* presented by Hampe (2003) and the summary of the genus of Ginter et al. (2010), allowed to establish that the Rio do Rasto specimens here described belongs to this genus, sharing almost all features presented by these authors. These shared features comprise: cusps usually lanceolate in cross-section and with smooth lateral edges; coronal button varies in size but is predominantly circular in shape; shaft developed; constantly large number of nutrient foramina perforating the base; basal tubercle with variable degrees of basal depression; cusps composed by orthodentine surmounting a base of trabecular dentine.

The species *Xenacanthus ragonhai* sp. nov. diverges from the other known species of *Xenacanthus* on the presence of a fine enameloid covering on the teeth, in the presence of few smooth cristae of enameloid on the lateral cusps and the trabecular dentine overlapping externally the orthodentine on the basal portion of the lateral cusps, which are peculiar features of the new species."

Insertion of "that closely resembles this species" on the phrase "The comparison between *Xenacanthus ragonhai* sp. nov. with other Brazilian xenacanthids that closely resembles this species is presented below."

Exclusion of "nomina dubia (Ginter et al. 2010) and also" on the phrase "These species were not formally published, remaining as nomina nuda."

In the same paragraph, inclusion of the phrase: "In spite of this, Ginter et al. (2010) indicate that these unpublished species could have affinities with the Middle to Upper Triassic *Mooreodontus* genus based on the fact that *Mooreodontus* is the only known post-Paleozoic species and the Carnian (Triassic) age of Corumbataí Formation gave by Ragonha (1984b). However, this seems to be an historical mistake, since is now well known that Corumbataí Formation is Lower to Middle Permian (Kungurian to Rodian sensu Holz et al. 2010)."

Victor Eduardo Pauliv
Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, RS, Brazil

Response
Letter (PDF
File):

[aabc_cr_2717.pdf](#)

PDF File: [tmp_jbcs_2717.pdf](#)

Author 1

First Name: Victor
Middle Name: Eduardo
Initials:
Last Name: Pauliv

Author 2

First Name: Eliseu
Middle Name: Vieira
Initials:
Last Name: Dias

Author 3

First Name: Fernando
Middle Name: Antonio
Initials:
Last Name: Sedor

Author 4

First Name: Ana
Middle Name: Maria
Initials:
Last Name: Ribeiro

[On Line](#) | [About AABC](#) | [FAQ](#)

Dear Dr. Cardenes da Costa,

Please find enclosed the comments made by the reviewer(s) on your manuscript and make the appropriate amendments or justify those that were not accepted.

Please send a separate file listing any changes made (all changes should be clearly stated), and submit it with a file of the revised version at your author's homepage, in the section "Manuscript waiting for new version".

You are reminded that a manuscript sent back for revision must be returned in one month or it will be withdrawn.

Cordially,

"A new species of Xenacanthiformes (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the Late Paleozoic Rio do Rasto Formation (Paraná Basin), Southern Brazil(1076/12)"

M.L.P. Maioli

Editorial Assistant - AABC

Rua Anfilofio de Carvalho, 29/3rd floor

Rio de Janeiro, RJ

20030-060 Brazil

tel: +55.21.3907-8100 fax +55.21.3907-8101

web: <http://aabc.abc.org.br>

aabc@abc.org.br

=====

=====

Referee 1 - Comments:

Include the reference CHAHUD & PETRI (2010).

I realize that English is not the authors' first language; therefore the manuscript needs a review of English concerning grammar and style by a native-English speaker.

Referee 1 - Report:

Recommendation: The Manuscript is acceptable: present form or minor

QUESTION: Is this an important and relevant scientific contribution?

ANSWER: Yes

QUESTION: Is this contribution of broad international interest?

ANSWER: No

QUESTION: To your knowledge, was the content of this manuscript already published somewhere else?

ANSWER: No

QUESTION: Is the subject or concept developed enough to be worth reporting?

ANSWER: Yes

QUESTION: Are data sufficient to support the interpretations presented?

ANSWER: Yes

QUESTION: Are there any technical errors?

ANSWER: No

QUESTION: Does the title reflect the content of the manuscript?

ANSWER: Yes

QUESTION: Does the abstract present the main conclusions of the manuscript?

ANSWER: Yes

QUESTION: Are the keywords appropriate?

ANSWER: No

QUESTION: Are illustrations adequate?

ANSWER: Yes

QUESTION: Can illustrations be condensed or eliminated without compromising the scientific information of the article?

ANSWER: No

QUESTION: Are figure captions clear and concise?

ANSWER: Yes

QUESTION: Are references current and adequate?

ANSWER: No

QUESTION: Does the text need major rewriting?

ANSWER:

---Rating

QUESTION: Overall Rating of the Paper

ANSWER:

Referee 2 - Comments:

I would encourage the author to resubmit, with a more comprehensive comparison of the material with other xenacanth teeth. Actually, this discovery of xenacanths in Brazil is quite important because these chondrichthyans are so poorly known from South America. The material is significant and deserves a far more comprehensive and thorough study than this. In particular, it should be made very clear which characters are UNIQUE to the new species, as well as those which suggest affinity with species outside of Brazil.

Referee 2 - Report:

Recommendation: The Manuscript is acceptable: moderate revisions

QUESTION: Is this an important and relevant scientific contribution?

ANSWER: No

QUESTION: Is this contribution of broad international interest?

ANSWER: Yes

QUESTION: To your knowledge, was the content of this manuscript already published somewhere else?

ANSWER: No

QUESTION: Is the subject or concept developed enough to be worth reporting?
ANSWER: No

QUESTION: Are data sufficient to support the interpretations presented?
ANSWER: No

QUESTION: Are there any technical errors?
ANSWER: No

QUESTION: Does the title reflect the content of the manuscript?
ANSWER: Yes

QUESTION: Does the abstract present the main conclusions of the manuscript?
ANSWER: Yes

QUESTION: Are the keywords appropriate?
ANSWER: Yes

QUESTION: Are illustrations adequate?
ANSWER: Yes

QUESTION: Can illustrations be condensed or eliminated without compromising the scientific information of the article?
ANSWER: No

QUESTION: Are figure captions clear and concise?
ANSWER: Yes

QUESTION: Are references current and adequate?
ANSWER: Yes

QUESTION: Does the text need major rewriting?
ANSWER: Yes

---Rating

QUESTION: Overall Rating of the Paper
ANSWER: 1 (low)

Editorial Manager's Comments:

Please, don't forget to Read the attachments!

A new species of Xenacanthiformes (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the Late Paleozoic Rio do Rasto Formation (Paraná Basin), Southern Brazil

Victor Eduardo Pauliv^{1,2*}; Eliseu Vieira Dias³, Fernando Antonio Sedor² and Ana Maria Ribeiro⁴

¹ Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil

² Museu de Ciências Naturais, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Jardim das Américas, 81531-990, Curitiba, PR, Brasil

³ Laboratório de Geologia e Paleontologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 85819-110, Cascavel, PR, Brasil

⁴ Museu de Ciências Naturais, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 90690-000, Porto Alegre, RS, Brasil

Keywords: Permian, Xenacanthimorpha, Xenacanthidae, *Xenacanthus*, shark teeth.

Running Title

New species of Xenacanthiformes from Southern Brazil

Academy Section to which the content of the work belongs: Earth Sciences

*corresponding author

Victor Eduardo Pauliv

Rua Pres. Carlos Cavalcanti nº 400 ap. 91, Centro, Curitiba, Paraná, Brasil. Telefone: (41)

3222-3313. E-mail: victorpauliv@hotmail.com; vpauliv@gmail.com

ABSTRACT - The Brazilian record of the Xenacanthiformes includes teeth and cephalic spines from the Parnaíba, Amazonas and Paraná basins. This work describes a new species of Xenacanthidae, collected in an outcrop of Serrinha Member of Rio do Rasto Formation (Wordian to Wuchiapingian), Paraná Basin, Jacarezinho Municipality, Paraná State. The teeth are two or three-cuspidated and the aboral surface shows a smooth concavity and one rounded basal tubercle in the aboral surface. The coronal surface presents one semi-spherical and subcircular coronal button, and also two lateral main cusps and one central (when present) with less than one fifth of the size of the lateral ones in the labial portion. The lateral cusps are asymmetric or symmetric, rounded in transversal section, lanceolate in cross-section, devoid of lateral carinae, non-serrated and with few smooth cristae of enameloid. In optical microscope the teeth shows a trabecular dentine (osteodentine) base, while the cusps are composed by orthodentine and the pulp cavities are non-obliterated by trabecular dentine. The fossil assemblage in the type locality and in the same stratigraphical level in the Rio do Rasto Formation indicates another freshwater record for xenacanthid sharks.

Keywords: Permian, Xenacanthimorpha, Xenacanthidae, Xenacanthus, shark teeth.

Introduction

The Xenacanthiformes (from gr. *xenos* = strange + lat. *acanthos* = spine) are represented by sharks with narrow and fusiform body shape (Moy-Thomas and Miles 1971), which were worldwide successful in the middle to late Paleozoic and early Mesozoic (Long 2011), ranging from the Lower Carboniferous to the Upper Triassic of shallow-water marine, marginal and freshwater deposits (Hampe 2003, Turner and Burrow 2011). These sharks are known from few articulated skeletons and, mainly by cephalic spines and characteristic diplodont teeth with two lateral cusps usually larger than the median one (Ginter 2004).

In Brazil, the xenacanthiforms are recorded in the Amazonas, Parnaíba and Paraná basins. In the Amazonas Basin they occur in the Itaituba Formation (Duffin et al. 1996). In the Parnaíba Basin the group occurs in the Pimenteiras (Alves et al. 2008a) and Pedra de Fogo formations (e.g. Silva-Santos 1946, Silva-Santos and Salgado 1970, Alves et al. 2008a, 2008b, Souza et al. 2008, Alves 2010). In the Paraná Basin these sharks are known in the transition between Tatuí and Irati formations (Ragonha 1978, Chahud and Petri 2008), Irati Formation (Würdig-Maciel 1975, Chahud and Petri 2009, Chahud and Petri 2010), Corumbataí Formation (Ragonha 1984, 1986, 1989a, Toledo et al. 2005, Campanelli and Fernandes 2008), Terezina Formation (Würdig-Maciel 1975, Richter 2005) and Rio do Rasto Formation (Ragonha 1989b, Ragonha 1990, Dias 1996, Figueiredo et al. 2008, Pauliv et al. 2010). The Corumbataí Formation is currently equivalent to the Serra Alta and Terezina formations (Rohn 2001, Holz et al. 2010) so the records of these formations should be merged. In spite of all these records mentioned above, xenacanthiforms are poorly known in South America and xenacanthid teeth from the Serrinha Member of Rio do Rasto Formation (Paraná State) reported by Pauliv et al. (2010) are detailed in this contribution.

The Rio do Rasto Formation was divided by Gordon Jr. (1947) in two members, the Serrinha Member (inferior) and the Morro Pelado Member (superior) and is considered by Holz et al. (2010) as Wordian to Wuchiapingian (Permian).

Some paleoenvironmental interpretations were proposed to the Rio do Rasto Formation. For the Serrinha Member the majority of these interpretations suggest a shallow lacustrine environment (e.g. Mendes 1967, Ragonha, 1989b, Lavina 1991) and for Holz et al. (2010) these shallow lakes were sometimes influenced by storm waves and fluvial incursions. For the Morro Pelado Member, Lavina (1991) and Holz et al. (2010) considered as sedimentary deposits of smaller lakes, alluvial plains, fluvial meandering streams, delta systems with interdistributary bays, as well as small temporary water bodies. The paleoenvironmental interpretations mentioned above are supported by the floristic and faunistic record and the presence of conchostraceans indicates a freshwater condition to the whole Rio do Rasto Formation (Holz et al. 2010).

Material and Methods

The material corresponds to teeth collected from a outcrop of the Serrinha Member of Rio do Rasto Formation in the northeastern region of the Paraná State, Municipality of Jacarezinho, near to kilometer 20, west margin of BR-153 federal highway, coordinates: 23°10'08"S and 49°57'49"W (Figure 1). The studied material are housed in the paleontological collection of the Museu de Ciências Naturais at the Setor de Ciências Biológicas of Universidade Federal do Paraná (MCN-SCB-UFPR) in Curitiba, Paraná, with the numbers MCN.P.453, MCN.P.1088, MCN.P.1089, MCN.P.1090, MCN.P.1091 and thin sections numbers MCN.P.1125, MCN.P.1126a, MCN.P.1126b e MCN.P. 1127. All specimens were collected associated with other fish remains such as actinopterygian scales

and teeth. The specimen MCN.P.1088, was associated with a shark fin spine ascribed to a new species of *Sphenacanthus* (Pauliv et al. 2009 and Pauliv *et al. in press*).

Figure 1 near here

The type series of *Xenacanthus santosi* and *X. pricei* Würdig-Maciel, 1975 housed in the Micropaleontology collection of the Instituto de Geociências of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IGeo-UFRGS), Porto Alegre, Brazil; and *Wurdigneria obliterated* Richter, 2005 housed in the Museu de Ciências e Tecnologia of the Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (MCT-PUCRS), Porto Alegre, Brazil, were analyzed for comparison.

The preparation of the specimens was done under stereomicroscope using mechanical techniques with steel tips. The samples were impregnated with polystyrene dissolved in xylol increasing teeth resistance. The samples were photographed with Olympus SZX9 stereomicroscope of Laboratório de Microtécnica of the Universidade Positivo, Curitiba, Brazil and with Zeiss Discovery.V20 stereomicroscope of Laboratório de Foraminíferos e Micropaleontologia Ambiental (LaFMA-UFPR), Curitiba, Brazil.

Some of the specimens were thin-sectioned using epoxy 324 resin to include the material and abrasive materials. These sections were photographed in the Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (MCN-FZB-RS) using the Zeiss Axiovert 40 CFL and in Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Cascavel, (Laboratório de Foto Microscopia) using the Olympus BX-60 microscope.

The anatomical nomenclature was based on Ragonha (1984), Johnson (1999), Hampe (2003), Richter (2005) and Ginter et al. (2010).

Systematics

Class Chondrichthyes Huxley, 1880

Subclass Elasmobranchii Bonaparte, 1838

Order Xenacanthiformes (= Xenacanthida) Berg, 1937

Family Xenacanthidae Fritsch, 1889

Genus *Xenacanthus* Beyrich, 1848

Type species: *Xenacanthus decheni* Goldfuss 1847

Xenacanthus ragonhai sp. nov.

Figures 2-4

Etymology. In honor to Evaldo Wehmuth Ragonha, the Brazilian Paleichthyologist that studied the Xenacanthiformes from the Paraná Basin during the 1970, 1980 and 1990's.

Holotype: MCN.P.1088 a tooth.

Paratype. MCN.P.453, MCN.P.1089, MCN.P.1090, MCN.P.1091, an isolated tooth, and thin sections MCN.P.1125, MCN.P.1126a, MCN.P.1126b, MCN.P.1127.

Type locality and horizon. Serrinha Member of the Rio do Rasto Formation (Wordian to Wuchiapingian according to Holz et al. 2010), Passa Dois Group, Paraná Basin, Jacarezinho Municipality, Northeastern region of the Paraná State, Southeastern Brazil.

Diagnosis. Chondrichthyans only known by tricuspid or less frequently bicuspid teeth with the following combination of features: teeth with two lateral main cusps and one central (when present) around one fifth (1/5) of the lateral ones; lateral cusps lanceolate without lateral carinae and rounded in transversal section; thin enameloid present; few smooth cristae of enameloid on the lateral cusps; teeth base composed of trabecular dentine (osteodentine) while the cusps are composed by orthodentine; trabecular dentine overlaps externally the orthodentine on the basal portion of the lateral cusps; pulp cavity non-obiterated by trabecular dentine; coronal button sub-circular and semi-spherical in shape and sometimes extend among the lateral cusps; coronal button presents a prominent edge and the connection to the base presents a small notch around and by a wide shaft.

Figure 2 near here

Description

Xenacanthus ragonhai sp. nov. presents teeth with three cusps (MCN.P.453, MCN.P.1089, MCN.P.1125 and MCN.P.1127) or rarely two cusps (MCN.P.1091), in which the two main cusps are lateral and bigger than the third central one, that is reduced or absent as typical for xenacanthid teeth (Figure 2). In *X. ragonhai* sp. nov. some teeth have reduction of the central cusp due to taphonomical process that breaks it or to occlusal wearing, that makes these teeth secondarily bicuspid (MCN.P.1088, MCN.P.1089, MCN.P.1090). When present, the central cup is less than one fifth of the lateral ones. The teeth vary in size between 3 mm to 5.5 mm in length, 2.5 to 5 mm in width and 3 to 6.5 mm in height.

In aboral view, the teeth base is slightly concave and almost rounded (Figure 2 E) or oval shaped (Figure 2 Q), with several foramina predominantly arranged around the basal

tubercle. The basal tubercle is also rounded and well developed occupying about one third of this surface and it is close to the labial edge. In coronal view the base presents a coronal button, also known as apical button. In *X. ragonhai* sp. nov. this structure is subcircular, semi-spherical and sometimes, almost flat at the top. The coronal button presents a notch around the connection with the base (Figures 2 H-J), except in the lingual portion, in which there is a wide shaft (Figures 2 C-D, O-P). Small foramina on the coronal button surface are present, as well as around the chamfer, and bigger foramina are present along the lingual edge of the base.

The crown can be tricuspid or bicuspid as already mentioned, and the two major lateral cusps, the mesial and distal ones, while the smaller median is the central cusp. The lateral cusps are devoid of carinae, rounded proximally, and present a lanceolate longitudinal cross-section. These cusps possess similar or unequal sizes, and this inequality is interpreted as different anatomic positions or, in some cases, as result of the cusps wearing stage. This wearing could be related to the taphonomical abrasion or due to the contact with the opposite teeth during the feeding, causing an occlusal wearing, as observed in the specimens MCN.P.1088 and MCN.P.1090. The occlusal wearing of MCN.P.1088 is indicated by chamfers on the lateral distal portion of the base (Figure 2-D, E, Figure 3A, B, C) and on the labial surface of the mesial cusp (Figures 2-B, F; Figure 3D) and also wearing way the central cusp. In the specimen MCN.P.1090, the occlusal wearing is in the internal surface of the mesial cusp forming a chamfer, and totally consumed the central cusp and reaches the base of the distal cusp internally, making a concavity between the two main cusps (Figures 3 E-F).

Figure 3 near here

The lateral cusps are relatively asymmetric in labial view (MCN.P.453, MCN.P.1088, MCN.P.1090, MCN.P.1091) or almost symmetric (MCN.P.1089, MCN.P.1125, MCN.P.1127) indicating heterodonty condition in *Xenacanthus ragonhai* sp. nov. similar with the specimens described by Hampe (1988). Thus the asymmetric specimens mentioned above are interpreted here as lateral teeth since the lateral main cusps slightly inclined, while the almost symmetric specimens is interpreted as mesial teeth. The specimen MCN.P.1091 is interpreted as posterior once is a small tooth and by the absence of the central cusp.

Histological aspects. The *Xenacanthus ragonhai* sp. nov. teeth base are composed by trabecular dentine (= osteodentine) while the cusps are made up of a orthodentine (Figure 4A). In longitudinal cross-section the cusps are composed by a concentric orthodentine layers with a central pulpar cavity (Figures 4 A,D,F). The pulpar cavity is non-obliterated by trabecular dentine, extends from the cusp base until its apical portion and could present a small projection of trabecular dentine as seen in Figure 4G. On the tooth base, the trabecular dentine overlaps externally the orthodentine on the basal portion of lateral cusps (similar as seem in *Lebachacanthus senkenbergianus* Hampe, 1991). In *X. ragonhai* sp. nov. the lateral cusps are covered with a thin enameloid layer (Figure 4C), and these layer forms few smooth cristae of enameloid on the lateral cusps (Figure 4E). Several vertical dark lines along the main cusps that can be misinterpreted as vertical cristae (Figure 2A,F,O), were observed in the cross sections and are, in reality fracture lines, probably as result of diagenetic dehydration (Figure 4D).

Figure 4 near here

Discussion and Conclusions

According to Zangerl (1981) the Order Xenacanthiformes are represented by sharks with fusiform body shape, one dorsal spine and teeth modified from the cladodont design, in which the lateral cusps are enhanced and the central cusp is slender, small or even absent. These features are present in the studied teeth indicating that they belong to this order. Following Hampe (2003) and Ginter *et al.* (2010), this Order is divided in two families: Diplodoselachidae and Xenacanthidae. These authors mentioned that Xenacanthidae teeth show non-serrated lateral edges on the cusps, cusps often equipped with vertical cristae and basal tubercle always with a concave depression. The studied specimens present all these features, so they are attributed to the Family Xenacanthidae.

Ginter *et al.* (2010) mentioned that five genera are included in the Xenacanthidae: *Plicatodus* Hampe 1995, *Triodus* Jordan 1849, *Mooreodontus* Ginter *et al.* 2010 *Wurdigneria*, Richter 2005 and *Xenacanthus* Beyrich 1848.

Based on the summary of *Plicatodus* presented by Ginter *et al.* (2010), *Xenacanthus ragonhai* differs from this genus. *Plicatodus* shown cusps with elliptical cross-section near the base; lateral cusps curved sigmoidally throughout their apical portion; surface of the cusps exhibits a pattern of generally strong, wavy or curved vertical cristae; elliptical shaped base; small coronal button; base and crown consist almost entirely of orthodentine and by the absence of enameloid.

The new species also resemble the teeth features presented by Ginter *et al.* (2010) to the *Triodus* genus. However, the crown and the base of *Triodus* teeth are almost entire composed by orthodentine (except the coronal button that are made by trabecular dentine), the cusps shown a variable number of consistently vertical cristae and, finally, the most remarkable feature of *Triodus* is an elongated median cusp that in some species reaches

almost the same length of the lateral cusps, which are evidently different from the Rio do Rasto specimens described here.

The dropped shaped to triangular shaped tooth base of *Mooreodontus* differs from *X. ragonhai* tooth base, which is almost rounded or oval shaped and the comparison with *Wurdigneria* will be treated latter.

The emended diagnosis of *Xenacanthus* presented by Hampe (2003) and the summary of the genus of Ginter *et al.* (2010), allowed to establish that the Rio do Rasto specimens here described belongs to this genus, sharing almost all features presented by these authors. These shared features comprise: cusps usually lanceolate in cross-section and with smooth lateral edges; coronal button varies in size but is predominantly circular in shape; shaft developed; constantly large number of nutrient foramina perforating the base; basal tubercle with variable degrees of basal depression; cusps composed by orthodontine surmounting a base of trabecular dentine.

The species *Xenacanthus ragonhai* sp. nov. diverges from the other known species of *Xenacanthus* on the presence of a fine enameloid covering on the teeth, in the presence of few smooth cristae of enameloid on the lateral cusps and the trabecular dentine overlapping externally the orthodontine on the basal portion of the lateral cusps, which are peculiar features of the new species.

The comparison between *Xenacanthus ragonhai* sp. nov. with other Brazilian xenacanthids that closely resembles this species is presented below.

X. ragonhai sp. nov. differs from *Xenacanthus pricei* Würdig-Maciel 1975 by the presence in the last of smooth carinae on the entire the cusps edge, coronal button and basal tubercle proportionally minor, few foramina on the aboral surface of the base, and finally, all known teeth of *X. pricei* are very small. Beyond these features, *X. pricei* is described for the

Irati Formation (Late Artinskian according to Holz et al., 2010), so it is at least 8 M.y. older than *X. ragonhai* sp. nov. from the Rio do Rasto Formation (Wordian to Wuchiapingian).

Another Brazilian species is *Xenacanthus santosi* Würdig-Maciel 1975, collected in the Caveiras Facies of Estrada Nova Formation of Rio Grande do Sul State. These beds are actually included in the Terezina Formation, Late Kungurian to Rodian, thus being a little older than the Rio do Rasto Formation specimens. The new species *X. ragonhai* diverges from *X. santosi* by the presence in the latter of laterally compressed cups with smooth carinae on the lateral edges plus some branching cristae. The coronal button in *X. santosi* do not present a prominent edge, and in the connection with the base neither a notch nor a shaft, which are evident in *X. ragonhai* sp. nov.

Würdig-Maciel (1975) considered in the diagnosis of *X. pricei* and *X. santosi* some unreliable features, such as cusps with different sizes and inclinations, which can be related to distinct positions in the jaw, occlusal wearing and taphonomical abrasion as already mentioned by Ragonha (1984) and Richter (2005).

Some other Brazilian xenacanthid species were presented for the São Paulo State, *Xenacanthus angatubensis*, *X. camaquensis*, *X. ferrazensis*, *X. santaritensis* and *X. taquaritubensis* all described by Ragonha (1984a) for the Corumbataí Formation (= Serra Alta and Terezina formations *sensu* Holz et al. 2010). These five species were not formally published, remaining as *nomina nuda*. In spite of this, Ginter *et al.* (2010) indicate that these unpublished species could have affinities with the Middle to Upper Triassic *Mooreodontus* genus based on the fact that *Mooreodontus* is the only known post-Paleozoic species and the Carnian (Triassic) age of Corumbataí Formation gave by Ragonha (1984b). However, this seems to be an historical mistake, since is now well known that Corumbataí Formation is Lower to Middle Permian (Kungurian to Rodian *sensu* Holz *et al.* 2010).

Richter (2005) describes *Wurdigneria obliterated* also for the Terezina Formation (Rio Grande do Sul State). *Xenacanthus ragonhai* sp. nov. differs from *W. obliterated* because this present cusps laterally compressed distally, smooth carinae on the cusps edge, pulp cavity obliterated by osteodentine, absence of enameloid covering the lateral cusps and also the lack of trabecular dentine overlapping the orthodentine of the basal portion of the lateral cusps.

One of the most remarkable diagnostic feature of *Wurdigneria obliterated* pointed by Richter (2005) is the obliteration of the pulpar cavity by trabecular dentine that indicates affinities with Diplodoseleachidae. Ginter et al. (2010) mentioned that *Xenacanthus santosi* could be merged in a new combination ?*Wurdigneria santosi*. However, this obliteration is not present in *X. santosi* and the other morphological features presented by Würdig-Maciel (1975), fits better with the emended diagnosis of the *Xenacanthus* genus proposed by Hampe (2003) and by Ginter et al. (2010), so this species could not belong to the genus *Wurdigneria*.

Concerning the paleoenvironment, in the type locality and stratigraphical horizon, *X. ragonhai* sp. nov. is associated with fossil plants, conchostraceans and actinopterygian remains. In the Serrinha Member also occurs a short-snouted temnospondil amphibian (Barberena et al. 1985, Barberena and Dias 1998). This in addition with the whole paleontological record, indicates continental and freshwater conditions for the entire Rio do Rasto Formation, as already proposed by Holz et al. (2010). Therefore *Xenacanthus ragonhai* sp. nov. could represent another freshwater record for xenacanthid sharks.

Acknowledgments

The authors acknowledge Carolina Pauliv Garcia for the helping during the field work and the biologist Eduardo S. Suzuki for the helping during the preparation of this manuscript. The Museu de Ciências Naturais (MCN-SCB-UFPR) *in memoriam* of the professor Euclides Fontoura da Silva Junior for providing most of the necessary infrastructure and equipments to

the execution of this work. The Positivo University, Unioeste University, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul and LaFMA-UFPR for providing the microscopes and stereomicroscopes to take photos of the specimens. This research was made possible with the financial support (Master grant) from Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) to Victor Eduardo Pauliv.

RESUMO

O registro brasileiro dos Xenacanthiformes incluem dentes e espinhos cefálicos encontrados nas bacias do Parnaíba, Amazonas e Paraná. Este trabalho descreve uma nova espécie de Xenacanthidae coletada em um afloramento do Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto (Wordiano ao Wuchiapingiano), Bacia do Paraná, Município de Jacarezinho, Estado do Paraná. Os dentes são bi ou tricuspídeos e a superfície aboral apresenta uma suave concavidade e um tubérculo basal arredondado. A superfície coronal apresenta um botão coronal semi-esférico e subcircular, além de duas cúspides laterais e uma central (quando presente) com menos de um quinto do tamanho das cúspides laterais em sua porção labial. As cúspides laterais podem ser simétricas ou assimétricas, arredondadas em corte transversal, lanceoladas em vista labial, carenas laterais e serrilhas ausentes e com suaves cristas de enamelóide. Em microscopia óptica os dentes apresentam base composta por dentina trabecular (osteodentina), enquanto que as cúspides são compostas por ortodentina e os canais pulpares não são obliterados por dentina trabecular. A assembléia fóssil na localidade tipo e no mesmo nível estratigráfico da Formação Rio do Rasto indica mais um registro de água doce para os tubarões xenacantídeos.

Palavras-chave: Permiano, Xenacanthomorpha, Xenacanthidae, *Xenacanthus*, dentes de tubarão.

References

- ALVES YM 2010. Los vertebrados fósiles del Paleozoico y Mesozoico del Estado de Tocantins (Brasil): A preliminar síntesis. *Caminhos Geogr (UFU)* 11: 224-236.
- ALVES YM, TAVARES LFS, SOUZA FEF, SILVA KR, ALMEIDA LO AND CANDEIRO CRA. 2008a. Vertebrate Paleontology of Parnaíba Basin (Paleozoic) in southern Maranhão state and northern Tocantins state, Brazil. *Paleontol Destaq Ed. especial Maio*, p. 27.
- ALVES YM, SOUZA FEF, MARINHO TS AND CANDEIRO CRA. 2008b. Paleoictiofauna da Formação Pedra de Fogo (Permiano Inferior) do Estado do Tocantins. *Paleontol Destaq Ed. especial Maio*, p. 26.
- BARBERENA MC, ARAÚJO DC. AND LAVINA EL. 1985. Late Permian and Triassic tetrapods of Southern Brazil. *Nat Geog Res* 1:5-20.
- BARBERENA MC AND DIAS EV. 1998. On the presence of a short-snouted rhinesuchoid amphibian in the Rio do Rasto Formation (Late Permian of Paraná Basin, Brazil). *An Acad Bras Cienc* 70(3):465-468.
- CAMPANELLI LC AND FERNANDES MA. 2008. Análise da eficiência de diferentes ácidos no processo de remoção dos restos fossilíferos de peixes, em rochas permianas da Formação Corumbataí (Rio Claro – SP). *Paleontol Destaq Ed. especial Maio*, p. 59.
- CHAHUD A AND PETRI S. 2008. Chondrichthyes no Membro Taquaral, base da Formação Irati, no centro Leste do Estado de São Paulo, Brasil. *Rev Geol UFC*, 21 (2):169-179.
- CHAHUD A. AND PETRI S. 2009. Novos Xenacanthidae (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da Base do Membro Taquaral, Formação Irati, Permiano da Bacia do Paraná. *Rev Inst Geol* 30(1/2): 19-24.
- CHAHUD A AND PETRI S. 2010. O tubarão *Taquaralodus albuquerquei* (Silva Santos, 1946) do Membro Taquaral (Permiano, Formação Irati) no Estado de São Paulo. *Acta Biol Par* 39(1-2): 1-17.

DIAS EV. 1996. New fish (Actinopterygii, Platyosomidae) from the Upper Permian of Paraná Basin, Brazil. *Ameghiniana* 33: 463.

DUFFIN CJ, RICHTER M AND NEIS PA. 1996. Shark remains from the Late Carboniferous of the Amazon Basin, Brazil. *Neues Jahrb Geol P-M* 1996(4): 232-256.

FIGUEIREDO AEQ, CISNEROS JC, DIETZIEN-DIAS PC AND LIPARINI A. 2008. Una nueva localidad con peces fósiles en La Formación Rio do Rasto (Pérmico: Guadalupiano), Rio Grande del Sur, Brasil. In: III CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGÍA DE VERTEBRADOS Neuquén, Argentina. In: Libro de Resúmenes, p. 93.

GINTER M. 2004. Devonian sharks and the origin of Xenacanthiformes. In: G. ARRATIA, M.V.H. WILSON AND R. CLOUTIER (eds.) *Recent Advances in the Origin and Early Radiation of Vertebrates*, München: Friedrich Pfeil, p. 473-486.

GINTER M, HAMPE O AND DUFFIN C. 2010. Chondrichthyes Paleozoic Elasmobranchii Teeth. In: H.-P. SCHULTZE (ed.) *Handbook of Paleoichthyology*, 3D. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 168p.

GORDON JR O. 1946. Classificação das formações gonduânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. *Boletim DNPM-DGM* 1, 374-385.

HAMPE O. 1988. On the Dentition of *Orthacanthus* (Chondrichthyes, Xenacanthida) Upper Carboniferous-Lower Permian. *Palaont Z* 62(3-4):285-296.

HAMPE O. 1991. Histological investigations on the fossil teeth of the shark-order Xenacanthida (Chondrichthyes:Elasmobranchii) as revealed by fluorescence microscopy. *Leica Sci Tech Inform* 10(1):17-27.

HAMPE O. 2003. Revision of the Xenacanthida (Chondrichthyes: Elasmobranchii) from the Carboniferous of the British Isles. *Trans R Soc Edinburgh: Earth Sci* 93:191-237.

HOLZ M., FRANÇA AB, SOUZA PA, IANNUZZI R AND ROHN R. 2010. A stratigraphic chart of the Late Carboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil, South America. *J South Am Earth Sci* 29: 381–399.

JOHNSON GD. 1999. Dentitions of Late Palaeozoic *Orthacanthus* species and new species of *Xenacanthus* (Chondrichthyes: Xenacanthiformes) from North America. *Acta Geol Pol* 49(3): 215-266.

LAVINA EL. 1991. Geologia sedimentar e paleogeográfica do Neopermiano e Eotriássico (Intervalo Kazaniano-Scithiano) da Bacia do Paraná. Unpublished Ph.D. thesis. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 333p.

LONG JA. 2011. The rise of fishes: 500 million years of evolution, 2nd. Edition. Baltimore: John Hopkins University Press, 287p.

MENDES JC. 1967. The Passa Dois Group (The Brazilian Portion of the Paraná Basin). In: BIGARELLA JJ, BECKER RD AND PINTO JD. Problems in Brazilian Gondwana Geology, Curitiba: Papelaria Max Roesner Ltda, 344 p.

MINEROPAR. 2006. Mapa Geológico do Estado do Paraná. Mineropar.

http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/Files/2_Geral/Geologia/PDF_Mapas_Geo_650000/Mapa_Geologico_PR_650000_2006.pdf.

MOY-THOMAS JA AND MILES R. 1971. Palaeozoic Fishes, 2nd Ed. London: Chapman and Hall Ltd., 259p.

PAULIV VE, DIAS EV AND SEDOR FA. 2009. Espinhos de *Sphenacanthus* (Chondrichthyes) da Formação Rio do Rasto no Estado do Paraná. *Paleontol Destaq* 63: 64.

PAULIV VE, DIAS EV AND SEDOR FA. 2010. Ocorrência de Xenacanthida (Chondrichthyes: Elasmobranchii) para o Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná) no Estado do Paraná. *Paleontol Destaq*, Ed. especial julho, p. 22.

PAULIV VE, DIAS EV AND SEDOR FA. In press. A New Sphenacanthid Species (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the Rio do Rasto Formation (Paraná Basin), Southern Brazil. *Rev Brasil Paleontol*.

RAGONHA EW. 1978. Chondrichthyes do Membro Taquaral (Formação Irati) no Estado de São Paulo. Unpublished Master dissertation. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 65p.

RAGONHA EW. 1984 a. Taxionomia de dentes e espinhos isolados de *Xenacanthodii* (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da Formação Corumbataí. Considerações Cronológicas e Paleoambientais. Unpublished Ph.D. thesis. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 166p.

RAGONHA EW. 1984 b. Taxionomia de dentes e espinhos isolados de *Xenacanthodii* (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da Formação Corumbataí. Considerações Cronológicas e Paleoambientais. *Rev Brasil Geociênc* 14(3):179.

RAGONHA EW. 1986. Espinho cefálico de *Xenacanthus* (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da Formação Corumbataí, Bacia do Paraná-Estado de São Paulo. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Goiânia, Brasil. *Anais* (1): 533-538.

RAGONHA EW. 1989a. Ictiodorielite de Base Bulbosa. Evidências de um possível processo articulatório. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, Curitiba, Brasil. *Anais*, p. 177-181.

RAGONHA EW. 1989b. Placas dentárias de Dipnoi no Grupo Passa-Dois (P-Tr) da Bacia do Paraná. Apreciações ambientais, climáticas, cronológicas e estratigráficas. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA Curitiba, Brasil. *Anais*, p.195-206.

RAGONHA EW. 1990. Presença de *Xenacanthus* na Formação Rio do Rasto, Estado do Paraná. *An Acad Bras Cienc* 62(1):104.

- RICHTER M. 2005. A new xenacanthid shark (Chondrichthyes) from the Terezina Formation, Permian of the Paraná Basin, Southern Brazil. *Rev Bras Paleontol* 8(2):149-158.
- ROHN R. 2001. A estratigrafia da Formação Teresina (Permiano, Bacia do Paraná) de acordo (com furos de sondagem entre Anhembi (SP) e Ortigueira (PR)). *Ciência-Técnica-Petróleo, Petrobrás, Seção Exploração de Petróleo* 20: 209–218.
- SILVA-SANTOS R. 1946. Duas novas formas de Elasmobrânquios do Paleozóico do Meio Norte, Brasil. *An Acad Bras Cienc* XVIII (4): 281-287.
- SILVA-SANTOS R AND SALGADO MS. 1970. Um Espinho de *Xenacanthus* do Carbonífero do Estado do Maranhão. *An Acad Bras Cienc* 42 (2): 223-227.
- SOUZA FES, ALVES YM, MARINHO TS AND CANDEIRO CRA. 2008. Diversidade de Chondrichthyes da Formação Pedra de Fogo (Permiano Inferior) Bacia do Parnaíba. *Paleontol Destaq*, Ed. especial maio, p. 192.
- TOLEDO CEV, BERTINI RJ AND SANTUCCI RM. 2005. Nota preliminar sobre uma ocorrência de Xenacanthiformes na Formação Irati do Estado de São Paulo, Grupo Passa Dois, Permiano da Bacia do Paraná. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA E VI CONGRESSO LATINO AMERICANO DE PALEONTOLOGIA. Aracaju, Sergipe. Boletim de Resumos. Published in cd-rom.
- TURNER S AND BURROW CJ. 2011. A Lower Carboniferous Xenacanthiform Shark from Australia. *J Vert Paleont* 31(2):241-257.
- WÜRDIG-MACIEL NL. 1975. Ichthyodontes e Ichthyodorulitos (Pisces) da Formação Estrada Nova e sua Aplicação na Estratigrafia do Grupo Passa-Dois. *Pesquisas* 5:7-85.
- ZANGERL R. 1981. Chondrichthyes I - Paleozoic Elasmobranchii. In: H.-P. SCHULTZE (ed.) *Handbook of Paleoichthyology*, Stuttgart – New York: Gustav- Fischer Verlag., vol. 3A. 115p.

Figure List

Figure 1. Distribution of the Rio do Rasto Formation in the Paraná State with the location of the collecting site in the Jacarezinho Municipality (modified from Mineropar, 2006).

Figure 2. *Xenacanthus ragonhai* sp. nov. from the Rio do Rasto Formation, Wordian to Wuchiapingian, Brazil. **A:** specimen MCN.P.1088 (holotype), labial (A₁), lingual (A₂), laterals (A₃ and A₄), aboral (A₅) and coronal (A₆) views respectively; **B:** specimen MCN.P.453 (paratype), labial (B₁), lingual (B₂), laterals (B₃ and B₄) and aboral (B₅) views; **C:** specimen MCN.P.1089 (paratype), lingual (C₁), laterals (C₂ and C₃), aboral (C₄) and coronal (C₅) views respectively; **D:** specimen MCN.P.1091 (paratype), lingual (D₁) and aboral (D₂) views respectively. Scale bar = 1mm.

Figure 3. *Xenacanthus ragonhai* sp. nov. from the Rio do Rasto Formation, Wordian to Wuchiapingian, Brazil. **A:** MCN.P.1088 (holotype), labial (A₁), lingual (A₂), lateral (A₃) and coronal (A₄) views respectively; **B:** MCN.P.1090 (paratype) latero-occlusal (B₁) and occlusal (B₂) views respectively. Gray areas represent occlusal wearing on the lateral distal portion of the base and on the labial surface of the mesial cusp (MCN.P.1088) and on the lateral medial portion of the mesial cusp and on the central cusp (MCN.P.1090). Scale bar = 1mm.

Figure 4. *Xenacanthus ragonhai* sp. nov. from the Rio do Rasto Formation, Wordian to Wuchiapingian, Brazil teeth histology. **A,** MCN.P.1125, A₁: longitudinal section through the lateral cusps, A₂: arrow points to the trabecular dentine overlapping externally to the orthodentine on the basal portion of lateral cusps, A₃: arrow points to a detail of the thin enameloid layer; **B,** MCN.P.1126a, transversal section through a lateral cusp (B₁) and the arrow points to the few smooth cristae of enameloid (B₂), **C,** MCN.P.1126b, polished section through a lateral cusp showing a small projection of trabecular dentine.; **D,**

MCN.P.1127, obliquous longitudinal section through a teeth Scale bars A-B = 200 μm C-D
= 500 μm .

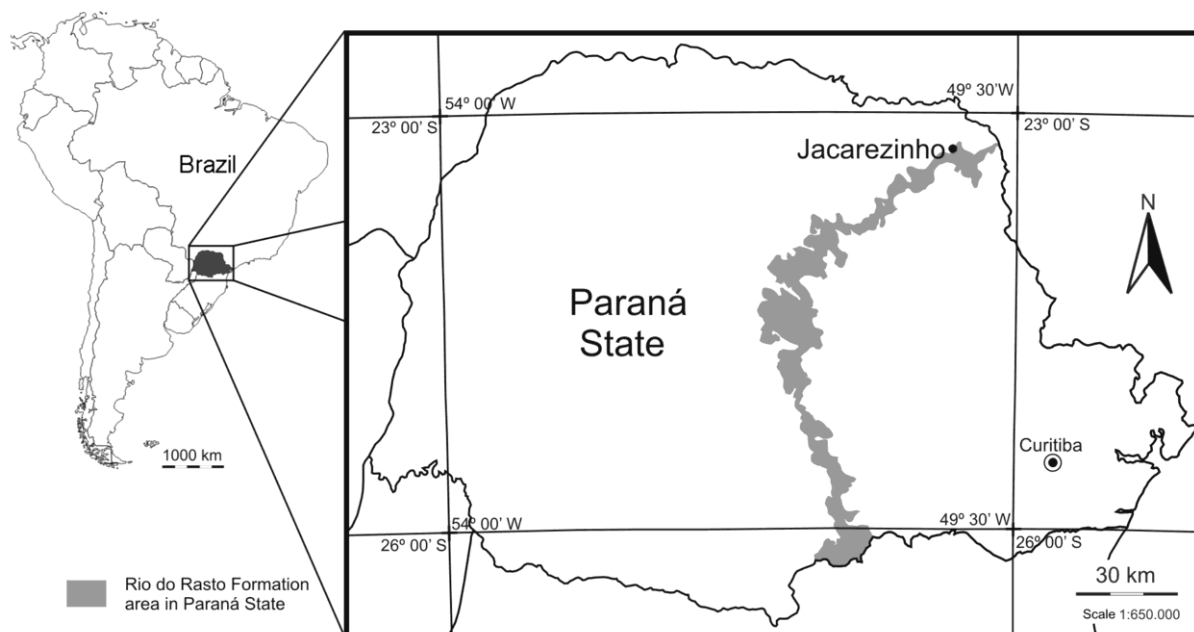


Figure 1. Distribution of the Rio do Rasto Formation in the Paraná State with the location of the collecting site in the Jacarezinho Municipality (modified from Mineropar, 2006).

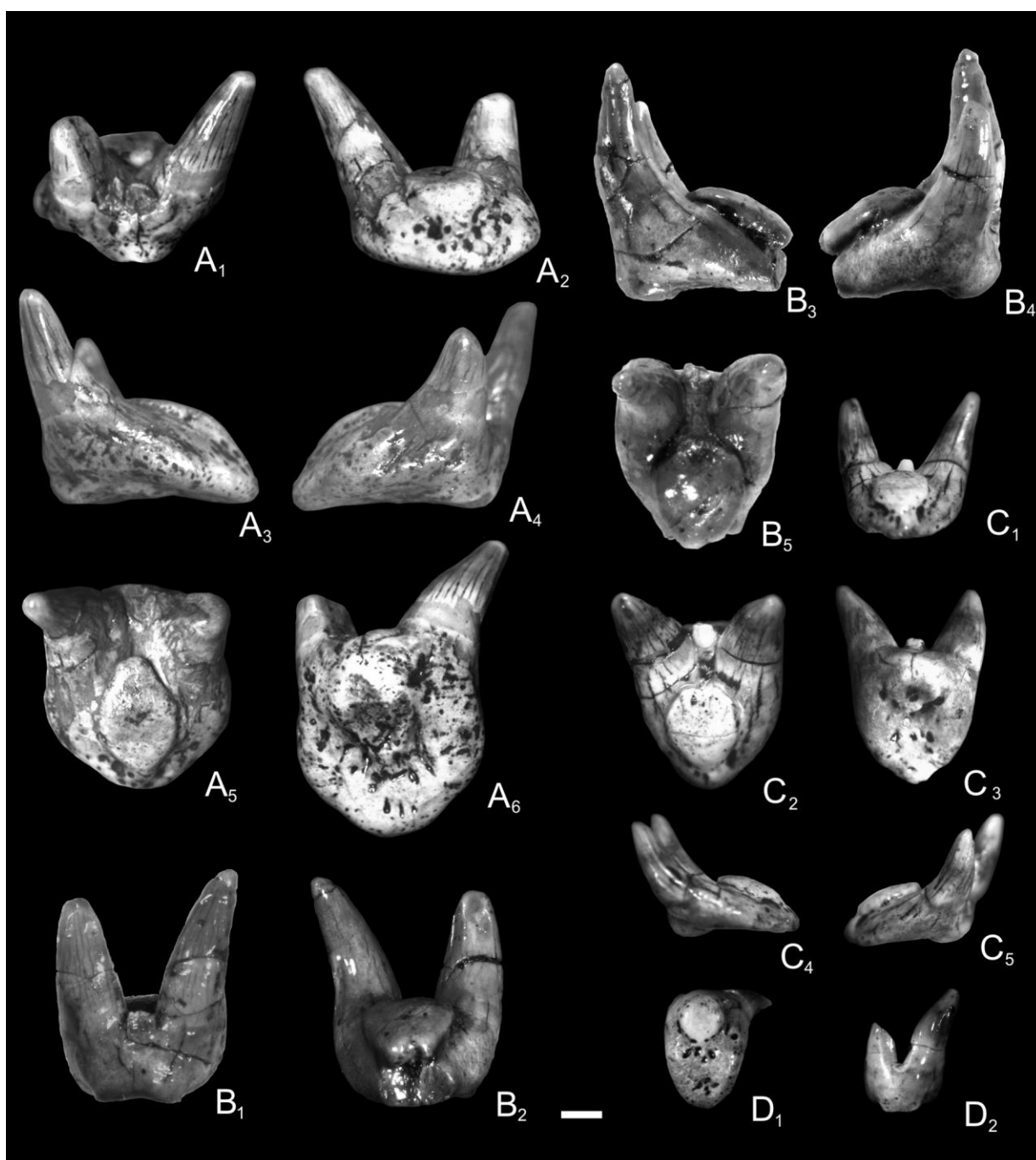


Figure 2. *Xenacanthus ragonhai* sp. nov. from the Rio do Rasto Formation, Wordian to Wuchiapingian, Brazil. A: specimen MCN.P.1088 (holotype), labial (A₁), lingual (A₂), laterals (A₃ and A₄), aboral (A₅) and coronal (A₆) views respectively; B: specimen MCN.P.453 (paratype), labial (B₁), lingual (B₂), laterals (B₃ and B₄) and aboral (B₅) views; C: specimen MCN.P.1089 (paratype), lingual (C₁), laterals (C₂ and C₃), aboral (C₄)

and coronal (C5) views respectively; D: specimen MCN.P.1091 (paratype), lingual (D1) and aboral (D2) views respectively. Scale bar = 1mm.

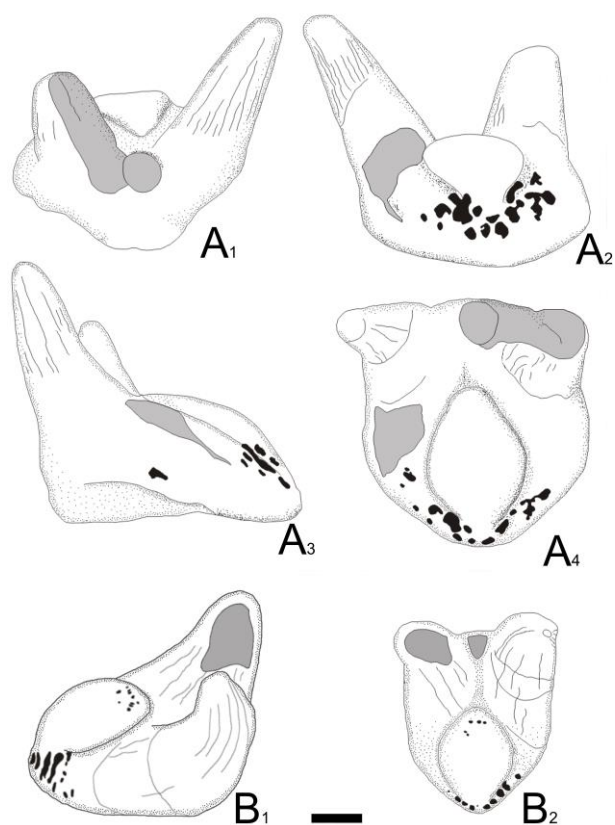


Figure 3. *Xenacanthus ragonhai* sp. nov. from the Rio do Rasto Formation, Wordian to Wuchiapingian, Brazil. A: MCN.P.1088 (holotype), labial (A1), lingual, (A2), lateral (A3) and coronal (A4) views respectively; B: MCN.P.1090 (paratype) latero-occlusal (B1) and occlusal (B2) views respectively. Gray areas represent occlusal wearing on the lateral distal portion of the base and on the labial surface of the mesial cusp (MCN.P.1088) and on the lateral medial portion of the mesial cusp and on the central cusp (MCN.P.1090). Scale bar = 1mm.

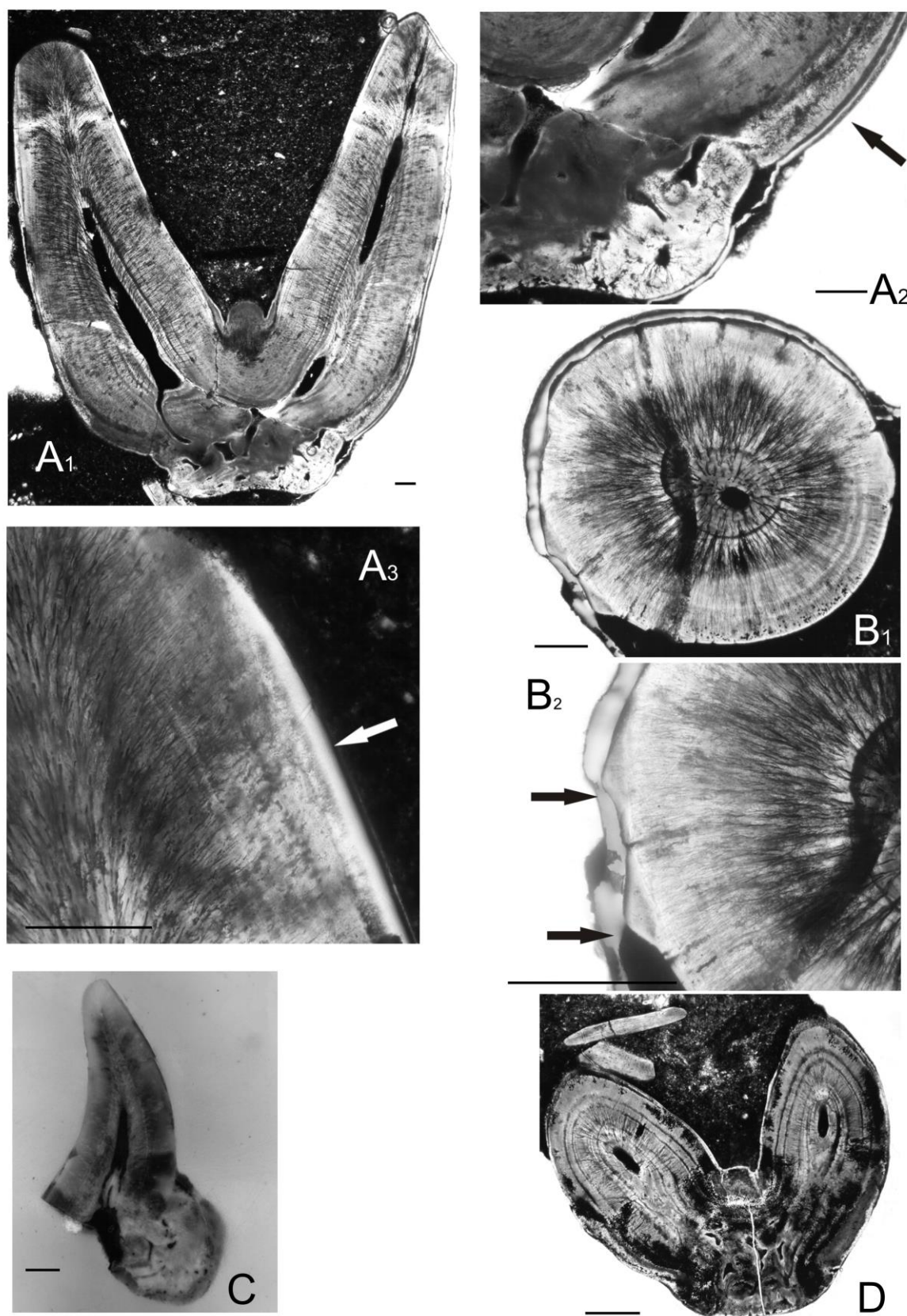


Figure 4. *Xenacanthus ragonhai* sp. nov. from the Rio do Rasto Formation, Wordian to Wuchiapingian, Brazil teeth histology. A, MCN.P.1125, A1: longitudinal section through

the lateral cusps, A2: arrow points to the trabecular dentine overlapping externally to the orthodentine on the basal portion of lateral cusps, A3: arrow points to a detail of the thin enameloid layer; B, MCN.P.1126a, transversal section through a lateral cusp (B1) and the arrow points to the few smooth cristae of enameloid (B2), C, MCN.P.1126b, polished section through a lateral cusp showing a small projection of trabecular dentine.; D, MCN.P.1127, oblique longitudinal section through a teeth Scale bars A-B = 200 μm C-D = 500 μm .