



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE UBERLÂNDIA

Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Instituto de Geografia – IG
Curso de Graduação em Geologia

Jonatas Rodrigues Tessari

Os xenocantídeos da Formação Teresina, Bacia do Paraná, de Angatuba-SP

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Suzana Aparecida Matos Da Silva
Coorientador: Me. Caio César Rangel
Instituto de Geografia – IG

Monte Carmelo-MG
2023

Jonatas Rodrigues Tessari

Os xenacantídeos da Formação Teresina, Bacia do Paraná, de Angatuba-SP

Monografia apresentada como
requisito para a obtenção da aprovação
no componente curricular de
Trabalho de Conclusão de Curso II do
Curso de Geologia – Bacharelado
da Universidade Federal de Uberlândia

Homologado pela coordenação do
Curso de Geologia em __/__/__

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Suzana Aparecida Matos Da Silva
Coorientador: Me. Caio César Rangel

Monte Carmelo – MG
2023

Jonatas Rodrigues Tessari

Os xenacantídeos da Formação Teresina, Bacia do Paraná, de Angatuba-SP

Monografia apresentada ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Geologia.

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Yuri Modesto Alves

Universidade Federal do Tocantins – UFT

Prof. Dr^a. Sabrina Coelho Rodrigues

Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Prof. Dr^a. Suzana Aparecida Matos da Silva

Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Professora Orientadora – Presidente da Banca Examinadora

Monte Carmelo
2023

Dedico este trabalho a Deus,
à minha família, aos meus amigos e
professores, que me ajudaram
e me guiaram nesta trajetória.

Agradecimentos

À minha orientadora e ao meu coorientador (Suzana e Caio) pela ajuda, sugestões, dicas, suporte e disposição. A sua ajuda foi fundamental para a minha formação.

Ao Prof. Dr. Luciano Alessandretti e à Prof^a. Dr^a. Josiane Branco Plantz, que compuseram a banca de TCC I e realizaram sugestões muito úteis para a minha monografia.

Ao Prof. Dr. Daniel Sedorko do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, pelas informações geológicas e paleontológicas da área estudada.

À Prof^a. Dr^a. Mírian Liza Alves Forancelli Pacheco da Universidade Federal de São Carlos-UFSCAR, por viabilizar o campo e a coleta dos fósseis.

Ao Prof. Dr. Edmar Isaías de Melo da UFU, pelas dicas e sugestões em relação aos procedimentos químicos a serem executados.

Ao técnico Me. Hugo Gabriel Peres do Laboratório de Ecologia e Manejo da Fauna – LEMAF-UFU pelo empréstimo dos béqueres e pipeta.

Ao técnico Dr. Emmanuel Rezende Naves do Laboratório de Recursos Genéticos Florestais e Biotecnologia LAGEF-UFU por conceder água destilada para a realização dos experimentos.

À técnica Dr^a. Olívia Pereira Lopes do Laboratório da Anatomia da Madeira – LAMAD-UFU por ceder o ácido acético (CH₃COOH).

Ao Laboratório de Paleontologia Estratigráfica – LAPE-UFU, pelo espaço e infraestrutura concedidos para realizar as atividades relacionadas a monografia.

À Coordenação do Curso de Graduação em Geologia – COGEO, ao Instituto de Geografia (IG) e à Universidade Federal de Uberlândia-UFU, por todas as oportunidades e conquistas proporcionadas.

“Às vezes é preciso
parar e olhar para longe,
para podermos enxergar
o que está diante de nós.”

John Kennedy

Resumo

A Formação Teresina encerra depósitos sedimentares do Permiano da Bacia do Paraná e é composta por argilitos e siltitos, folhelhos, calcários e arenitos. Esta unidade foi depositada em ambientes de planície costeira a *offshore*, com salinidade variável e influência de tempestades. Seu conteúdo fóssilífero é diversificado, composto por restos de plantas, palinóforos, espículas de esponjas, ostracodes, moluscos bivalves, coprólitos, estromatólitos, anfíbios labirintodontes e ictiofósseis. Ocorrências de concentrações densas de bioclastos são comuns. Dentre elas, *bone beds* compostos principalmente por dentes e escamas de paleonisciformes e condrites associados a eventos de alta energia, como tempestades. Nestas acumulações, dentes de tubarões xenacantídeos são comumente encontrados e são identificados pela morfologia dos dentes, que apresentam um padrão diplodonte. Estes tubarões habitaram águas doces do Devoniano ao Triássico e são encontrados em formações permotriássicas da Bacia do Paraná, incluindo a Formação Teresina. Nos depósitos das formações Teresina e Corumbataí (unidades correlatas) são conhecidas 9 espécies de xenacantídeos [*Mooreodontus moorei* (Woodward, 1889), *Xenacanthus santosi* Würdig-Maciel 1975, *Xenacanthus angatubensis* Ragonha 1984, *Xenacanthus camaquensis* Ragonha 1984, *Xenacanthus ferrazensis* Ragonha 1984, *Xenacanthus santaritensis* Ragonha 1984, *Xenacanthus taquaritubensis* Ragonha 1984, *Wurdigneria obliterata* Richter, 2005, *Xenacanthus ragonhai* Pauliv et al., 2014]. Porém, nas últimas quatro décadas, poucos estudos sobre a taxonomia dos condrites das formações Teresina/Corumbataí foram desenvolvidos. Considerando a existência de *nomen nudum* entre as espécies conhecidas e a existências de incongruências taxonômicas, o objetivo deste trabalho é (a) identificar os fósseis de dentes de tubarões, provenientes desta unidade, na região de Angatuba-SP; (b) reconhecer possíveis elementos ainda não descritos; e (c) avaliar métodos químicos de preparação para a retirada dos fósseis das rochas. Durante a fase de remoção dos fósseis das rochas foram desenvolvidos experimentos para compreender qual método de preparação química seria mais eficiente na desagregação das rochas e liberação dos fósseis sem injúrias. Foram utilizados o ácido acético, o peróxido de hidrogênio, e a água destilada. Após a retirada dos fósseis, os dentes de xenacantídeos passíveis de identificação, foram descritos e separados em morfótipos, para posterior

comparação às espécies conhecidas para as formações Corumbataí e Teresina e identificação. Os experimentos demonstraram que a água destilada e o peróxido de hidrogênio não são eficientes na desagregação das amostras e desprendimento dos fósseis. O contrário foi observado nas reações com ácido acético, que geraram maior quantidade de material particulado e a liberação dos fósseis de interesse. O ácido acético também não destruiu os dentes de peixes em um intervalo de sete dias. No material estudado, foram reconhecidas quatro espécies anteriormente descritas (*Xenacanthus angatubensis*, *Xenacanthus camaquensis*, *Xenacanthus ragonhai?* e *Mooreodontus moorei*), duas delas consideradas *nomen nudum*. Adicionalmente, foram encontrados dois Xenacanthidae indeterminados, que possivelmente representam espécies ainda não conhecidas para a Formação Teresina. Dentre os materiais estudados foram observadas variações morfológicas intraespecíficas que não haviam sido registradas anteriormente, e que devem estar relacionadas à ontogenia, posição dos dentes na arcada, ou processos tafonômicos. Os resultados obtidos mostram clara necessidade de revisão taxonômica detalhada dos destes animais.

Palavras-chave: Taxonomia de peixes. Condrictes permianos. Preparação de fósseis. Formação Teresina. Grupo Passa Dois.

Abstract

The Teresina Formation is a Permian Paraná Basin sedimentary unit composed of mudstone, siltstone, shale, limestone, and sandstone. Their rocks were deposited in coastal to offshore environments, with variable salinity and under storms influence. Its fossil content is diverse, consisting of plant remains, palynomorphs, sponge spicules, ostracods, bivalve molluscs, coprolites, stromatolites, labyrinthodont amphibians, and fish remains. Bone beds are common, and mainly composed of paleonisciforms and chondrichthyans teeth and scales, generated by high-energy events, such as storms. In these accumulations, xenacanthid shark teeth are frequently found and are identified by their characteristic diplodont pattern. These sharks inhabited Devonian to the Triassic freshwater environments and are found in Paraná Basin Permo-Triassic units, including the Teresina Formation. Nine species of xenacanthids are known from the Teresina and Corumbataí formations (chronocorrelated units) deposits [*Mooreodontus moorei* (Woodward, 1889), *Xenacanthus santosi* Würdig-Maciel 1975, *Xenacanthus angatubensis* Ragonha 1984, *Xenacanthus camaquensis* Ragonha 1984, *Xenacanthus ferrazensis* Ragonha 1984, *Xenacanthus santaritensis* Ragonha 1984, *Xenacanthus taquaritubensis* Ragonha 1984, *Wurdigneria obliterata* Richter, 2005, *Xenacanthus ragonhai?* Pauliv et al., 2014]. However, in the last four decades, just a few studies have been carried out on the taxonomy of Teresina/Corumbataí formations xenacanthids. Considering the presence of *nomen nudum* among the known species and the existence of taxonomic inconsistencies, the aim of this work is (a) to identify fossil shark teeth from Teresina Formation rocks collected in the region of Angatuba-SP; (b) search for possible new species not yet described; and (c) evaluate chemical preparation methods for removing fossils from the rocks. In the phase of removing the fossils from the rocks, experiments were developed to understand which chemical preparation method would be most efficient in breaking down the rocks and release the fossils without any damages. Acetic acid, hydrogen peroxide and distilled water were used. After removing the fossils, the xenacanthid teeth that could be identified were described and separated into morphotypes. Subsequently, comparisons with the species known from the Corumbataí and Teresina formations and identification have been done. The experiments demonstrated that distilled water and hydrogen peroxide are not efficient in disaggregating samples and detaching fossils. The opposite was

shown in reactions with acetic acid, which generated greater amount of particulate matter and the release of the fossils. Acetic acid also did not destroy fish teeth within seven days. In the analyzed samples four species were recognized (*Xenacanthus angatubensis*, *Xenacanthus camaquensis*, *Xenacanthus ragonhai* ? and *Mooreodontus moorei*), two of them considered *nomen nudum*. Additionally, two indeterminate Xenacanthidae were found, which possibly represent unknown species described for Teresina Formation. Among the samples, some intraspecific morphological variations that had not been previously recorded in the literature were observed, which must be related to the ontogeny, position of the teeth in the jaw, or taphonomic process. The results obtained show that there is a need to carry out a detailed taxonomic review of these sharks.

Keywords: Fish taxonomy. Permian chondrichthyans. Fossil preparation. Teresina Formation. Passa Dois Group.

Sumário

1 Introdução	18
1.1 Paleoambiente	18
1.2 Os condrites e a Bacia do Paraná	19
2 Contexto geológico regional	24
3 Objetivos	27
4 Materiais e métodos	27
4.1 Material de estudo	27
4.2 Extração dos fósseis das rochas	27
4.3 Separação e tombamento	32
4.4 Descrições e comparações	33
4.5 Digitalização de imagens e ilustrações	33
5 Resultados	34
5.1 Caracterização geral do material de estudo	34
5.2 Experimentos	35
5.3 Elementos preservados	37
5.4 Xenacantídeos	41
5.4.1 Morfótipo 1	41
5.4.2 Morfótipo 2	43
5.4.3 Morfótipo 3	43
5.4.4 Morfótipo 4	46
5.4.5 Morfótipo 5	47
5.4.6 Morfótipo 6	47

6 Discussão	51
6.1 Experimentos	51
6.1.1 Água destilada	51
6.1.2 Peróxido de hidrogênio	52
6.1.3 Ácido acético	52
6.2 Conteúdo fossilífero	53
6.2.1 Dentes diplodontes	53
6.2.2 Morfótipos	54
6.2.2.1 Morfótipo 1	54
6.2.2.2 Morfótipo 2	54
6.2.2.3 Morfótipo 3	55
6.2.2.4 Morfótipo 4	56
6.2.2.5 Morfótipo 5	57
6.2.2.6 Morfótipo 6	58
6.2.3 Considerações tafonômicas	58
6.2.4 Associação faunística	59
7 Conclusão	61
8 Referências	62

Lista de figuras

Figura 1- Características morfológicas dos xenacantídeos. (A-D). Dentes (A). Vista lingual (B). Vista superior (C). Vista labial (D). Vista lateral (E). Encaixe de dentes diplodontes (F). Posição das fileiras de dentes na arcada (G). Visão lateral de crânio de xenacantídeo (H). Reconstituição de um espécime completo. Explicação: am-pl(*)=anteromedial-posterolateral; l-l(**)=labiolingual. Escalas: A-E= 1 mm; F-G= 1 cm; H= 5 cm. 21

Figura 2 – Dentes diplodontes. Escalas: A= 7 mm; B, D= 1 cm; C= 4 mm. 22

Figura 3 - Localização e mapa geológico da cidade de Angatuba – SP. (A). Brasil (B). Estado de São Paulo (C). Mapa litoestratigráfico do município de Angatuba – SP (D). Amostra rica em restos de peixes. Escala: A= 550 km; B= 100 km; C= 4 km; D= 1 cm. 23

Figura 4 – Mapa de localização e geológico da Bacia do Paraná. (A). Distribuição da Bacia do Paraná na América do Sul (B). As Supersequências da Bacia do Paraná no território brasileiro. Escalas: A= 500 km; B= 200 km. 24

Figura 5 – Localidade de estudo. (A). Estado de São Paulo, indicando o município de Angatuba. (B). Mapa de localização da área de estudo no município de Angatuba – SP. (C). Vista geral do afloramento. Escalas: A= 100 km; B= 4 km. 28

Figura 6 – (A). Seção colunar do afloramento de origem dos fósseis. (B). Foto do afloramento. (C). Amostras contendo concentração fossilífera rica em restos de peixes. (D-E). Dentes de peixes. Escalas: D-E= 1 cm. 29

Figura 7 – Fluxograma do uso da água destilada para a desagregação do material rochoso. 31

Figura 8 – Fluxograma do uso de peróxido de hidrogênio e do ácido acético para a desagregação das rochas. 31

Figura 9 – Fluxograma dos experimentos envolvendo rochas com fósseis. 32

Figura 10 – Amostra rica em restos de peixes proveniente da Formação Teresina, na cidade de Angatuba-SP. (A). Evento de maior deposição. (B). Evento de menor deposição. (C). Laminação de argilito intercalada com siltito. Escala: 1 cm. 34

Figura 11 – Resultado da reação com peróxido de hidrogênio. Escalas: A= Béquer: 7,5 cm de diâmetro; B= Placa de Petri: 9,5 cm de diâmetro. 36

Figura 12 – Resultado da reação com ácido acético. Escalas: A–B= Béquer: 7,5 cm de diâmetro; C= Placa de Petri: 9,5 cm de diâmetro. 36

Figura 13 – Icnofósseis comuns nas concentrações estudadas. (A). Tubo alongado e horizontal em vista diagonal. (B). Tubo em seção. (C). Estruturas sobrepostas. (D). Estrutura isolada mostrando o preenchimento. As setas indicam os icnofósseis. Escalas: 1 cm. 38

Figura 14 – Fragmento ósseo não identificado. Possivelmente uma escápula de um sinapsídeo. Escala: 1 cm. 39

Figura 15 – Dentes de Paleonisciformes. (A). Dente liso e curvado. (B). Dente estriado e sigmoidal. Escalas: 3 mm. 39

Figura 16 – Dentes de petalodontes, provavelmente *Itapyrodus punctatus*. Escalas: 0,5 mm. 40

Figura 17 – Escamas ganóides. (A-C). Escamas costeladas. (D). Escama lisa e com microfraturas. Escalas: A-B=6 mm; C=0,5 mm; D=1 mm. 40

Figura 18 – Morfótipo 1. (A-C). Vista superior. (D-F). Vista labial. (G-I). Vista lingual. (J-L). Vista lateral direita. (M-O). Vista lateral esquerda. (P-R). Vista aboral. (A, D, G, J, M, P: V-0131; B, E, H, K, N, Q: V-0132; C, F, I, L, O, R: V-0133). Escalas: 1 mm. 42

Figura 19 – Morfótipo 2. (A-B). Vista superior. (C-D). Vista labial. (E-F). Vista lingual. (G-H). Vista lateral direita. (I-J). Vista lateral esquerda. (K-L). Vista aboral. (M). Detalhe das estrias nas cúspides e da cuspícula dupla. (A, C, E, G, I, K: V-0134; B, D, F, H, J, L, M: V-0135). Escalas: 1 mm. 44

Figura 20 – Morfótipo 3. (A). Vista superior. (B). Vista labial. (C). Vista lingual. (D). Vista lateral direita. (E). Vista lateral esquerda. (F). Vista aboral. (A-F: V-0136). Escalas: A, C-F= 2 mm; B= 3 mm. 45

Figura 21 – Morfótipo 4. (A). Vista superior. (B). Vista labial. (C). Vista lingual. (D). Vista lateral direita. (E). Vista lateral esquerda. (F). Vista aboral. (A-F: V-0137). Escalas: A, F= 2 mm; B-C= 1 mm; D-E= 3 mm. 46

Figura 22 – Morfótipo 5. (A-B). Vista Superior. (C-D). Vista labial. (E-F). Vista lingual. (G-H). Vista lateral direita. (I-J). Vista lateral esquerda. (K-L). Vista aboral. (A, C, E, G, I, K: V-0138; B, D, F, H, J, L: V-0139). Escalas: A-F, H-L= 1 mm; G= 2 mm. 48

Figura 23 – Morfótipo 6. (A). Vista superior. (B). Vista labial. (C). Vista lingual. (D). Vista lateral direita. (E). Vista lateral esquerda. (F). Vista aboral. (A-F: V-0140). Escalas: 1mm. 49

Lista de tabelas

Tabela 1 – Quantidade de material desagregado nas reações com peróxido de hidrogênio e ácido acético durante 30 dias. 35

Lista de quadros

Quadro 1 – Xenacantídeos descritos para as formações Teresina e Corumbataí.	23
Quadro 2 – Comparação entre os morfótipos.	50

1 Introdução

1.1 Paleoambiente

A Formação Teresina, unidade permiana da Bacia do Paraná, foi depositada em um extenso mar epicontinental isolado em um momento de progressiva aridização (HOLZ et al., 2010; RICHTER, 2005). Segundo Holz et al. (2010), as rochas desta unidade registram ambientes de planície costeira a *offshore*. As regiões proximais eram muito afetadas por tempestades, e a salinidade era bastante variável, influenciada por mudanças no fluxo pluviométrico e intensa evaporação, gerando estresse ambiental (e.g. GHILARDI; SIMÕES, 2002; HOLZ et al., 2010; KERN et al., 2021; MILANI et al., 2007; RAGONHA, 1984; RICHTER, 2005; ROHN, 1994; SIMÕES et al., 2015; SIMÕES; ROCHA-CAMPOS; ANELLI, 1998; SIMÕES; TORELLO, 2003; ZANARDO et al., 2016).

Este imenso “lago-mar” era habitado por uma rica fauna de peixes composta principalmente por peixes paleonisciformes e secundariamente por condrictes (Petalodontiformes, Orodontida, Eugeneodontida, Hybodontiformes, Ctenacanthomorpha e Xenacanthomorpha) (CHAHUD, 2018; CHAHUD; FAIRCHILD, 2007; COSTA, 2017; JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DELCOURT, 2022). A fauna era ainda composta por bivalves (assembleias de *Pinzonella illusa* e *Pinzonella neotropica*), esponjas, ostracodes e anfíbios (COSTA, 2017; HOLZ et al., 2010; INGLEZ, 2015; JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DELCOURT, 2022; KERN et al., 2021; MARANHÃO, 1995; MARANHÃO; PETRI, 1996; MEGLHIORATTI, 2006; NEVES; DAVIES; SIMÕES, 2011; ROCHA, 2020; ROHN, 1994). A flora associada à bacia era rica em licófitas, glossopterídeas e carófitas (HOLZ et al., 2010; INGLEZ, 2015; JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DELCOURT, 2022; KERN et al., 2021; MARANHÃO, 1995; MARANHÃO; PETRI, 1996; MEGLHIORATTI, 2006; NEVES; DAVIES; SIMÕES, 2011; ROCHA, 2020; ROHN, 1994).

1.2 Os condrictes e a Bacia do Paraná

Os condrictes são peixes com esqueletos cartilagosos (sem calcificação e mais maleáveis, em comparação aos esqueletos ósseos), morfologia corporal fusiforme e são predadores extremamente especializados (BLANKENSTEYN, 2010). Esta linhagem surgiu no Ordoviciano e existe até hoje, sendo representada por tubarões e raias (Elasmobrânquios), além das quimeras (Holocéfalos) (BENTON; HARPER, 2009; BLANKENSTEYN, 2010; CHAHUD, 2007; KARDONG, 2016; POUGH; JANIS; HEISER, 2008). A pele dos tubarões é coberta por escamas placóides, que servem como armadura dérmica e reduzem o atrito com a água (proporcionando eficiência na natação), seus dentes são substituídos periodicamente (em virtude do uso e desgaste), a nadadeira caudal é heterocerca (produzindo impulso na locomoção) e as nadadeiras peitorais fornecem estabilidade (BLANKENSTEYN, 2010; CHAHUD, 2007).

Os condrictes basais são identificados pela morfologia dos dentes, normalmente bicuspidados e com raiz curta (Fig. 1 A-D). Estes dentes são formados por dentina e por uma camada de esmalte (CHAHUD, 2007; POUGH; JANIS; HEISER, 2008). Os dentes mais antigos apresentam uma estrutura diplodonte (com duas cúspides laterais divergentes), com base estreita e longa, além de extremidades arredondadas. Este tipo de dente é comum e diagnóstico de xenacantiformes e outros tubarões paleozoicos (Fig. 2) (CHAHUD, 2007; CHAHUD; PETRI, 2010b; COSTA, 2013; RICHTER, 2005). Os *Xenacanthus* foram elasmobrânquios que habitaram águas doces do Devoniano ao Triássico e são encontrados em formações permotriássicas da Bacia do Paraná (CHAHUD, 2003, 2007; PAULIV et al., 2014; PAULIV et al., 2017; RAGONHA, 1984). A dentição dos *Xenacanthus* era homodonte (RAGONHA, 1984), diferindo de outros tubarões que apresentam heterodontia (CHAHUD, 2007; LAURINI, 2010; RAGONHA, 1984). Variações na morfologia dos dentes podem refletir fases ontogenéticas, diferenças sexuais, diferenças ecológicas e de preservação, o que pode influenciar na identificação (CHAHUD, 2007; LAURINI, 2010). As escamas têm, geralmente, morfologia rombóide (em forma de losango), bordas lisas e margens arredondadas, ou até angulares; a textura das escamas geralmente é lisa, porém algumas podem conter estrias seguindo o comprimento de forma concêntrica, e localizadas próximo das margens (JURIGAN; RICARDI-

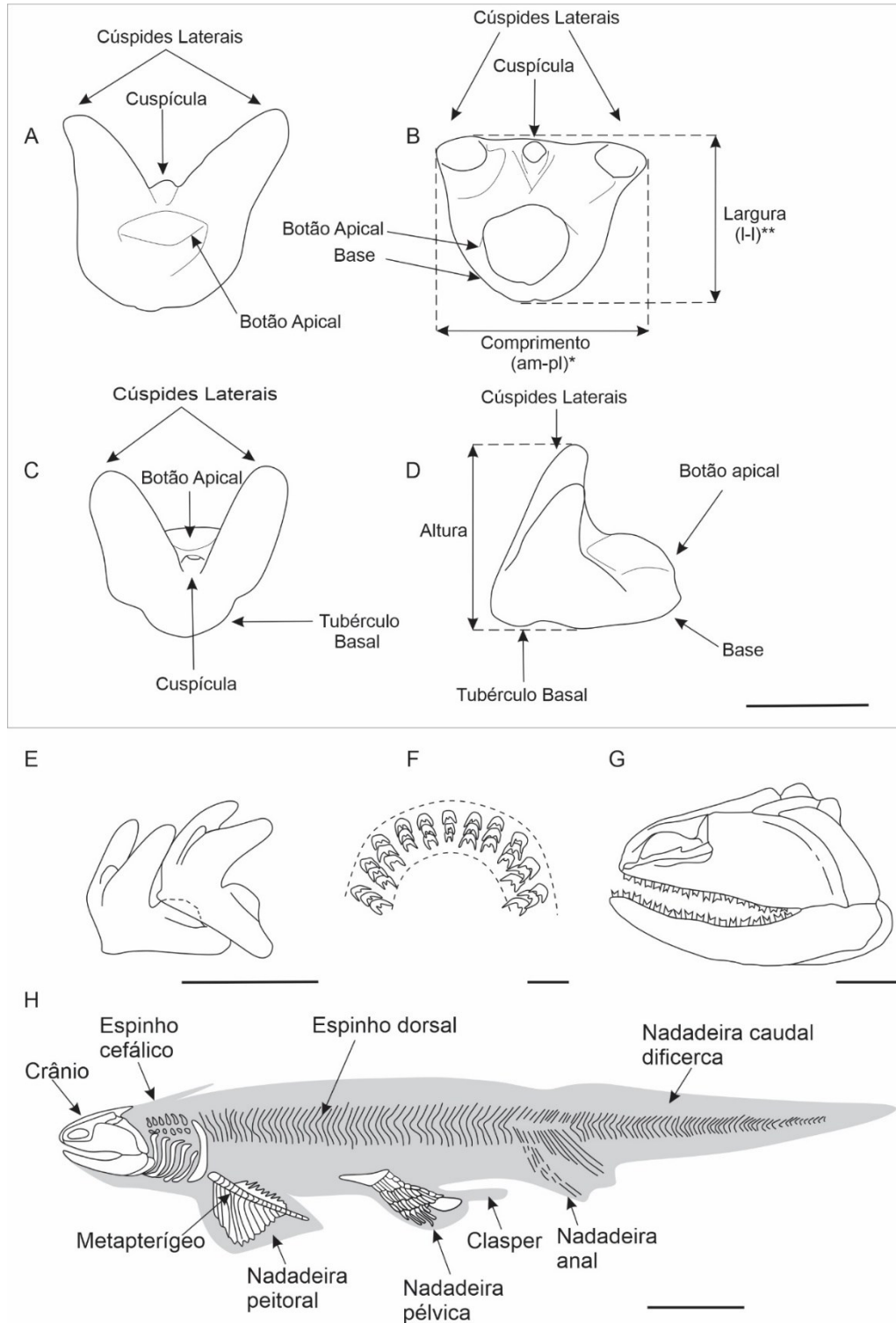
BRANCO; DELCOURT, 2022), sendo ausentes em alguns tubarões paleozoicos (CHAHUD, 2007; POUGH; JANIS; HEISER, 2008; RAGONHA, 1984).

Os principais tubarões atuais são característicos de águas salgadas, no entanto alguns tubarões da ordem Carcharhiniformes podem oscilar entre ambientes marinhos e de água doce, devido à capacidade fisiológica de osmorregulação (HEUPEL; SIMPFENDORFER, 2008). Entretanto existiram tubarões paleozoicos de água doce (CHAHUD; PETRI, 2009, 2010b; COSTA, 2013; PAULIV et al., 2017; POUGH; JANIS; HEISER, 2008; RICHTER, 2005), como aqueles pertencentes a Ctenacanthomorpha e Xenacanthomorpha, ordens encontradas nas formações Corumbataí/Teresina (CHAHUD, 2007; CHAHUD; PETRI, 2009, 2010b; JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DELCOURT, 2022; PAULIV et al., 2017; RICHTER, 2005).

Estes animais tinham corpo liso, sem a presença de escamas, nem proteção, e o tamanho era mediano, com cerca de 1,20 m de comprimento, nadadeira caudal difercerca e nadadeiras peitorais franjadas e constrictas na base (CHAHUD, 2007; RAGONHA, 1984). Estes animais apresentavam um espinho cefálico achatado ou ovalado dorsoventralmente na região craniana (RAGONHA, 1984). Esta estrutura apresentava uma fileira de espinho em cada lado e supostamente era usado para defesa (Fig. 1 H) (COSTA, 2013; RAGONHA, 1984).

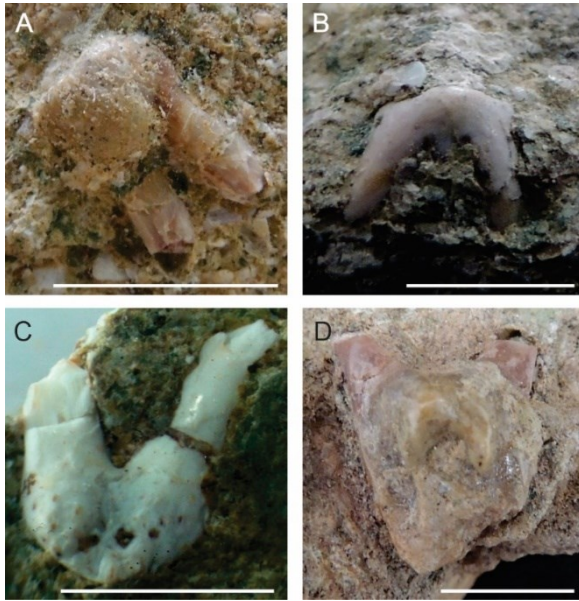
Os condrictes da Bacia do Paraná são bem representados no Grupo Itararé (Permocarbonífero) e nas formações Rio Bonito, Irati, Teresina, Corumbataí e Rio do Rasto (Permiano), ocorrendo nas formações Teresina e Irati a maior diversidade de peixes cartilaginosos (CHAHUD; PETRI, 2009, 2010b; COSTA, 2013; MARANHÃO, 1995; PAULIV et al., 2017; RICHTER, 2005). O registro ictiofossilífero das formações Corumbataí/Teresina é composto por dentes e escamas, amplamente encontrados na região centro-leste do estado de São Paulo (CHAHUD, 2007; JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DELCOURT, 2022; MEGLHIORATTI, 2006). Ainda podem ocorrer coprólitos e espinhos cefálicos de condrictes, porém são mais raros por serem estruturas de difícil preservação ou estruturas únicas em cada indivíduo, respectivamente (JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DENTZIEN-DIAS, 2023; RAGONHA, 1984). Grande parte dos dentes e escamas encontram-se microfraturados, fato que dificulta a extração dos fósseis, e o esqueleto cartilaginoso dos condrictes por ser menos rígido, têm menor potencial de preservação (CHAHUD, 2007; PAULIV et al., 2017; RAGONHA, 1984).

Figura 1- Características morfológicas dos xenacantídeos. (A-D). Dentes (A). Vista lingual (B). Vista superior (C). Vista labial (D). Vista lateral (E). Encaixe de dentes diplodontes (F). Posição das fileiras de dentes na arcada (G). Visão lateral de crânio de xenacantídeo (H). Reconstituição de um espécime completo. Explicação: am-pl(*)=anteromedial-posterolateral; l-l(**)=labiolingual. Escalas: A-E= 1 mm; F-G= 1 cm; H= 5 cm.



Fonte: Adaptado de Chahud (2007; A-D; p. 33-34), Ginter, Hairapetian e Klug (2002; E-F; p. 179-202) e Schaeffer e Williams (1977; G-H; p. 297).

Figura 2 – Dentes diplodontes. Escalas: A= 7 mm; B, D= 1 cm; C= 4 mm.



Fonte: Suzana Matos Aparecida da Silva

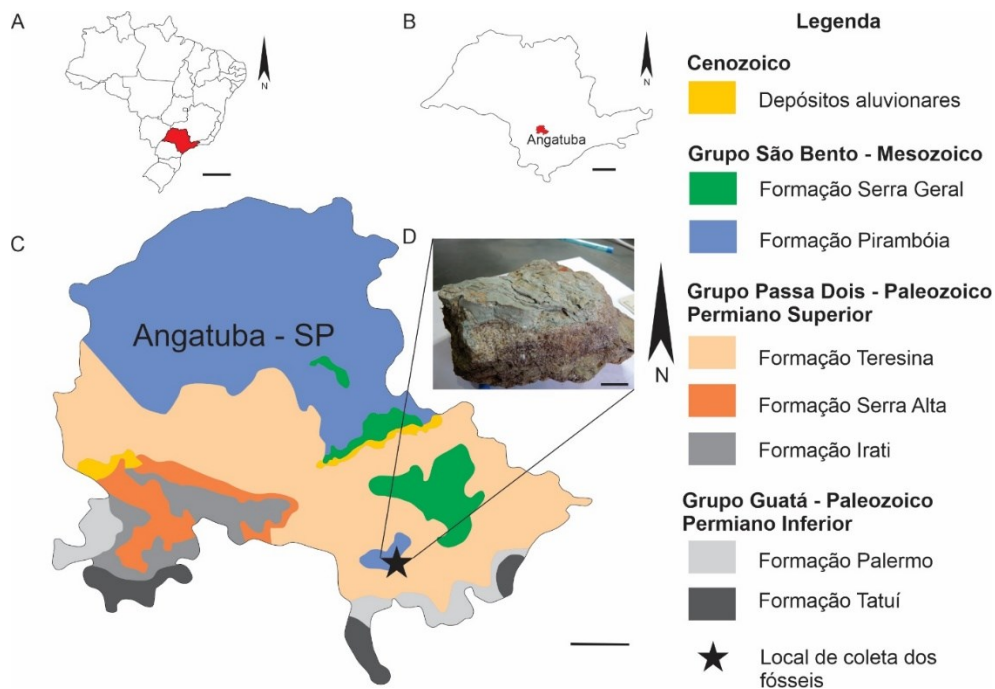
Em 1946, Rubens da Silva Santos (apud CHAHUD, 2007, 2011; CHAHUD; PETRI, 2009, 2010b, 2016; COSTA, 2013, 2017; JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DELCOURT, 2022; PAULIV et al., 2017; RAGONHA, 1984; WÜRDIG-MACIEL, 1975) descreveu o primeiro xenacantídeo das formações Corumbataí/Teresina (*Xenacanthus albuquerquei*), posteriormente classificado como *Taquaralodus albuquerquei*, um tubarão da família Diplodoselachidae (CHAHUD; PETRI, 2010b); quase três décadas depois, em 1975 Würdig-Maciel descreveu *Xenacanthus santosi*. Em 1984, em sua tese, Ragonha descreve cinco novos táxons, *Xenacanthus angatubensis*, *Xenacanthus camaquensis*, *Xenacanthus ferrazensis*, *Xenacanthus santaritensis* e *Xenacanthus taquaritubensis* com base nos dentes e nos espinhos cefálicos, porém as espécies nunca foram apropriadamente publicadas (JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DELCOURT, 2022); e por fim, Richter (2005) descreve *Wurdigneria obliterata* (Quadro 1). Após a tese de Ragonha em 1984, poucos estudos sobre a taxonomia dos condrictes da Formação Teresina foram elaborados (e.g. JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DELCOURT, 2022; MARANHÃO, 1995; MARANHÃO; PETRI, 1996; RICHTER, 2005). Considerando a necessidade de mais estudos sobre este grupo fóssil na Bacia do Paraná, neste trabalho, é elaborado um estudo sobre a taxonomia destes condrictes, com foco nos Xenacanthidae do município de Angatuba (Fig. 3), estado de São Paulo.

Quadro 1 – Xenacantídeos descritos para as formações Teresina e Corumbataí.

Nº	Espécie	Formação Geológica	Registro no Grupo Passa Dois
1	<i>Mooreodontus moorei</i> (Woodward, 1889)	Corumbataí	Johnson (1980), Ragonha (1984), Chahud (2007), Jurigan et al. (2022)
2	<i>Xenacanthus santosi</i> Würdig-Maciel, 1975	Corumbataí/Teresina	Würdig-Maciel (1975)
3	<i>Xenacanthus angatubensis</i> Ragonha, 1984	Corumbataí	Ragonha (1984)
4	<i>Xenacanthus camaquensis</i> Ragonha, 1984	Corumbataí	Ragonha (1984)
5	<i>Xenacanthus ferrazensis</i> Ragonha, 1984	Corumbataí	Ragonha (1984)
6	<i>Xenacanthus santaritensis</i> Ragonha, 1984	Corumbataí	Ragonha (1984)
7	<i>Xenacanthus taquaritubensis</i> Ragonha, 1984	Corumbataí	Ragonha (1984)
8	<i>Wurdigneria obliterated</i> Richter, 2005	Corumbataí/Teresina	Richter (2005)
9	<i>Xenacanthus ragonhai</i> Pauliv et al., 2014	Rio do Rasto/Teresina?	Pauliv et al. (2014)

Fonte: Do autor.

Figura 3- Localização e mapa geológico da cidade de Angatuba – SP. (A). Brasil (B). Estado de São Paulo (C). Mapa litoestratigráfico do município de Angatuba – SP (D). Amostra rica em restos de peixes. Escala: A= 550 km; B= 100 km; C= 4 km; D= 1 cm.

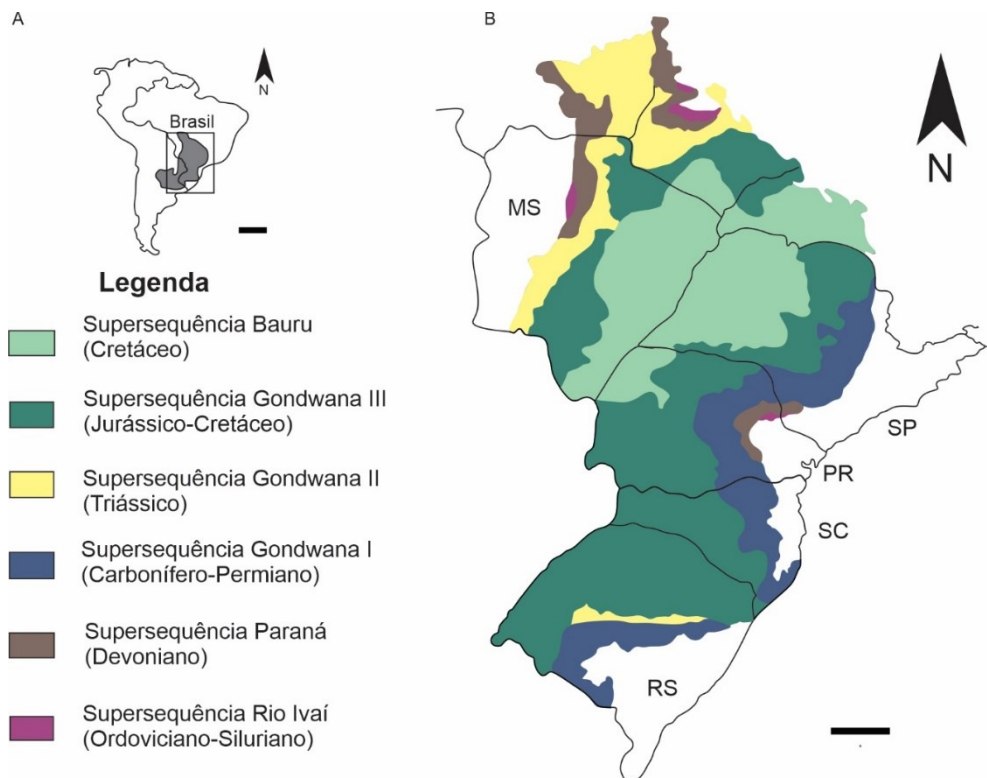


Fonte: Adaptado da Base Cartográfica IBGE (2023; A-B) e CPRM: GeoSGB (2023; C).

2 Contexto geológico regional

A Bacia do Paraná é uma estrutura intracratônica de composição magmática e sedimentar (FULFARO et al., 1982; HOLZ et al., 2010; MILANI et al., 2007), que se distribui em diferentes estados brasileiros (Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás), e também no Paraguai, no Uruguai e na Argentina (HOLZ et al., 2010; MILANI et al., 2007; MILANI; RAMOS, 1998; ZANARDO et al., 2016). Os seus depósitos datam do Neo-Ordoviciano ao Neocretáceo e são divididos em seis supersequências (FULFARO et al., 1982; HOLZ et al., 2010; MILANI et al., 2007; MILANI; RAMOS, 1998; ZANARDO et al., 2016), denominadas, da base para o topo, por Milani e Ramos (1998) e Milani et al. (2007), de Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Gondwana II (Meso-Neotriássico), Gondwana III (Jurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo), separadas por discordâncias regionais (Fig. 4).

Figura 4 – Mapa de localização e geológico da Bacia do Paraná. (A). Distribuição da Bacia do Paraná na América do Sul (B). As Supersequências da Bacia do Paraná no território brasileiro. Escalas: A= 500 km; B= 200 km.



Fonte: Adaptado de Tomassi (2009, p. 83).

O Grupo Passa Dois está contido na Supersequência Gondwana I e inclui as formações Irati, Serra Alta, Corumbataí, Teresina e Rio do Rasto, e é representado geologicamente, por uma sequência regressiva na Bacia do Paraná, que registrou o fim das incursões do Pantalassa (COSTA, 2017; GHILARDI; SIMÕES, 2002; KERN et al., 2021; MARANHÃO; PETRI, 1996; MILANI et al., 2007; MILANI; RAMOS, 1998; MEGLHIORATTI, 2006; PAULIV et al., 2017; RICHTER, 2005; WARREN et al., 2008).

A Formação Teresina encerra depósitos sedimentares do Permiano Superior da Bacia do Paraná (PAULIV et al., 2017; ZANARDO et al., 2016) e é composta, principalmente, por argilitos e siltitos acinzentados, folhelhos, calcários e arenitos (FIGUEIREDO; CARVALHO, 2004; HOLZ et al., 2010; MENDES, 1952; RICHTER, 2005; SOUSA, 1985; SOUZA, 2003; ZANARDO et al., 2016). As formações Serra Alta e Teresina são correlatas à Formação Corumbataí (norte e nordeste da Bacia), porém, na Formação Corumbataí os argilitos e siltitos que se tornam avermelhados, e concentrações fossilíferas e arenitos são mais comuns (HOLZ et al., 2010). Todavia, existem problemas na distinção das formações Teresina/Serra Alta e Corumbataí, no estado de São Paulo, e sua inter-relação (MARANHÃO, 1995; MARANHÃO; PETRI, 1996). Neste trabalho foi considerada a distribuição da Formação Teresina na parte sudoeste do estado de São Paulo, abaixo do Rio Tietê, e a distribuição da Formação Corumbataí mais a nordeste do estado, acima do Rio Tietê como proposto por Sousa (1985), Maranhão (1995) e Maranhão e Petri (1996).

A Formação Teresina apresenta conteúdo fossilífero diversificado e composto por licófitas, glossopterídeas, oogônios de carófitas, palinórmorfos, espículas de esponjas, ostracodes, moluscos bivalves, coprólitos, estromatólitos, anfíbios labirintodontes e ictiofósseis, na forma de dentes e escamas (CHAHUD; FAIRCHILD, 2007; GHILARDI; SIMÕES, 2002; HOLZ et al., 2010; MARANHÃO; PETRI, 1996; MEGLHIORATTI, 2006; MENDES, 1952; RICHTER, 2005; ROHN, 1994; SOUSA, 1985; ZANARDO et al., 2016).

Mesmo com vários estudos a respeito da Bacia do Paraná, e em específico da Supersequência Gondwana I, ainda não há consenso sobre os paleoambientes associados aos depósitos da Formação Teresina. Entretanto, segundo Holz et al. (2010), esta unidade foi depositada em ambientes de planície costeira a *offshore*, sendo as regiões mais rasas influenciadas por constantes tempestades. A salinidade é fruto de intensas discussões na literatura e provavelmente era bastante variável,

resultado da dinâmica pluviométrica e intensa evaporação, gerando estresse ambiental (e.g. GHILARDI; SIMÕES, 2002; HOLZ et al., 2010; KERN et al., 2021; MILANI et al., 2007; RAGONHA, 1984; RICHTER, 2005; ROHN, 1994; SIMÕES et al., 2015; SIMÕES; ROCHA-CAMPOS; ANELLI, 1998; SIMÕES; TORELLO, 2003; ZANARDO et al., 2016). Os fósseis evidenciam estas variações de salinidade. A ausência de fósseis tipicamente marinhos, como briozoários, equinodermos, braquiópodes e cefalópodes, e a presença de fósseis e icnofósseis característicos de ambientes de água doce (e.g. *Xenacanthomorpha*, oogônios de carófito e *Planolites*) são usados como evidências de que esta unidade foi depositada em um ambiente dulciaquícola por diversos autores (LIMA; NETTO, 2012; MEGLHIORATTI, 2006; PAULIV et al., 2017; RAGONHA, 1984; RICHTER, 2005). Porém, os moluscos bivalves endêmicos que compõem as assembleias de *Pinzonella illusa* e *Pinzonella neotropica* (biozonas de associação; ROHN, 1994), características da Formação Teresina, possuem afinidade marinha (RUNNEGAR; NEWELL, 1971; SIMÕES; ROCHA-CAMPOS; ANELLI, 1998). A presença da icnofácies *Cruziana* é também um indicador de ambiente marinho raso (LIMA; NETTO, 2012). Finalmente, a ocorrência de estromatólitos sugere a presença de condições estressantes, geralmente hipersalinas (MEGLHIORATTI, 2006; ROHN, 1994).

Nas formações Teresina e Corumbataí a ocorrência de concentrações densas de bioclastos é comum. Dentre elas estão (a) as coquinas de moluscos bivalves, das assembleias de *Pinzonella illusa* (inferior) e *Pinzonella neotropica* (superior); e (b) *bone beds* compostos por restos de peixes, principalmente dentes e escamas de paleonisciformes e condrictes, e muitas vezes coprólitos de peixes e vertebrados. Em ambos os casos, estes depósitos estão associados a eventos de alta energia, como tempestades e possíveis tsunamis (BONDIOLI et al., 2013; HOLZ et al., 2010; JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DELCOURT, 2022; JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DENTZIEN-DIAS, 2023; MARANHÃO; PETRI, 1996; MENDES, 1952; RAGONHA, 1984; ROHN, 1994; SIMÕES; KOWALEWSKI, 1998; SIMÕES; TORELLO, 2003; SIMÕES; TORELLO; ROCHA-CAMPOS, 1996).

3 Objetivos

Identificar os fósseis de dentes de tubarões, provenientes da Formação Teresina, na região de Angatuba-SP, reconhecer possíveis elementos ainda não descritos, além de avaliar métodos químicos de preparação para a retirada dos fósseis das rochas.

4 Materiais e métodos

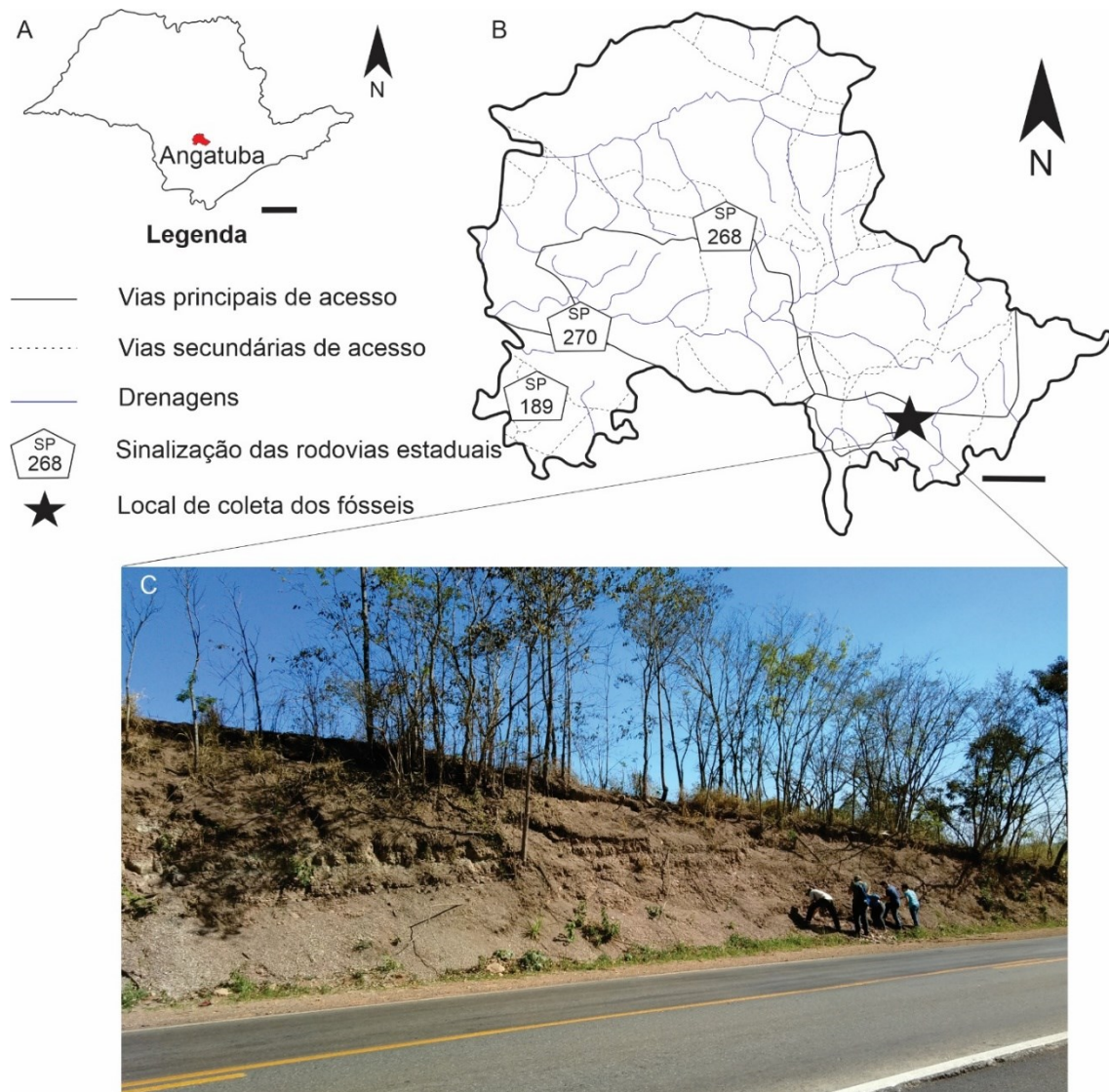
4.1 Material de estudo

O material estudado é composto majoritariamente por fósseis de peixes, principalmente dentes e escamas, preservados em argilitos, siltitos e arenitos finos avermelhados e verde acinzentados coletados no município de Angatuba-SP, em afloramentos da Formação Teresina (UTM 22k 761395N 7395229S – Figs. 3, 5 e 6).

4.2 Extração dos fósseis das rochas

Os peixes preservados nas formações Teresina e Corumbataí encontram-se preferencialmente em concentrações densas de fragmentos de ossos, escamas e dentes (e.g. JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DELCOURT, 2022). O uso de métodos de preparação mecânica, sob o estereomicroscópio, é indicado por diversos autores para a retirada de fósseis de escala maior (facilmente perceptíveis a olho nu) e parcialmente expostos na rocha (CHAHUD; PETRI, 2008; COSTA, 2013; RAGONHA, 1984). Por esta razão, foram preferencialmente utilizadas técnicas mecânicas para a extração dos fósseis. Dentre as ferramentas utilizadas, destacam-se aquelas usadas em tratamentos odontológicos, como martelos, cinzéis e pinças, além de placas de Petri e estereomicroscópio, para separar e analisar as amostras.

Figura 5 – Localidade de estudo. (A). Estado de São Paulo, indicando o município de Angatuba. (B). Mapa de localização da área de estudo no município de Angatuba – SP. (C). Vista geral do afloramento. Escalas: A= 100 km; B= 4 km.



Fonte: (A-B) *Google Earth Web* (2023).

Figura 6 – (A). Seção colunar do afloramento de origem dos fósseis. (B). Foto do afloramento. (C). Amostras contendo concentração fossilífera rica em restos de peixes. (D-E). Dentes de peixes. Escalas: D-E= 1 cm.



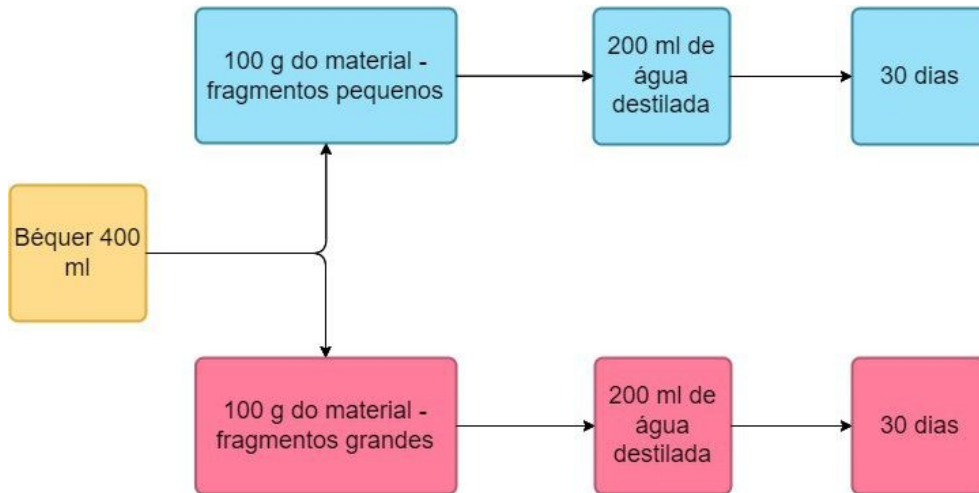
Fonte: (A) Daniel Sedorko, (B, D, E) Caio César Rangel e (C) Suzana Aparecida Matos da Silva.

Foi realizado um levantamento bibliográfico para identificação dos métodos de preparação química para retirada dos fósseis mais utilizados por diferentes autores, considerando trabalhos que envolveram fósseis e litotipos semelhantes aos aqui estudados. A partir das informações obtidas, foram desenvolvidos experimentos para compreender qual método de preparação é o mais eficiente para a extração dos fósseis menores, pouco visíveis e parcialmente encobertos. A princípio, nos testes

foram utilizadas amostras que não continham fósseis aparentes, no intuito de perceber as mudanças na estrutura da rocha (Figs. 7 e 8). Dentre as substâncias utilizadas nas bibliografias (e.g. água destilada, peróxido de hidrogênio, ácido acético, óxido de potássio, ácido fórmico, querosene, sulfato de cobre, ácido clorídrico), as escolhidas foram o ácido acético, o peróxido de hidrogênio, e a água destilada (ALVES, 2012; FRAGOSO et al., 2021; FREEMAN, 2010; JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DELCOURT, 2022; MARANHÃO, 1995; MARANHÃO; PETRI, 1996; MARTIN; HALEY, 2000; PARMAR et al., 2013; RAGONHA, 1984; SIBERT et al., 2017; THOMAS; MURNEY, 1985). Dentre os materiais usados na literatura, estes reagentes foram escolhidos com ajuda do Prof. Dr. Edmar Isaías de Melo, docente de Química na UFU Monte Carmelo, como os mais promissores, considerando a composição da rocha e o risco da destruição dos fósseis.

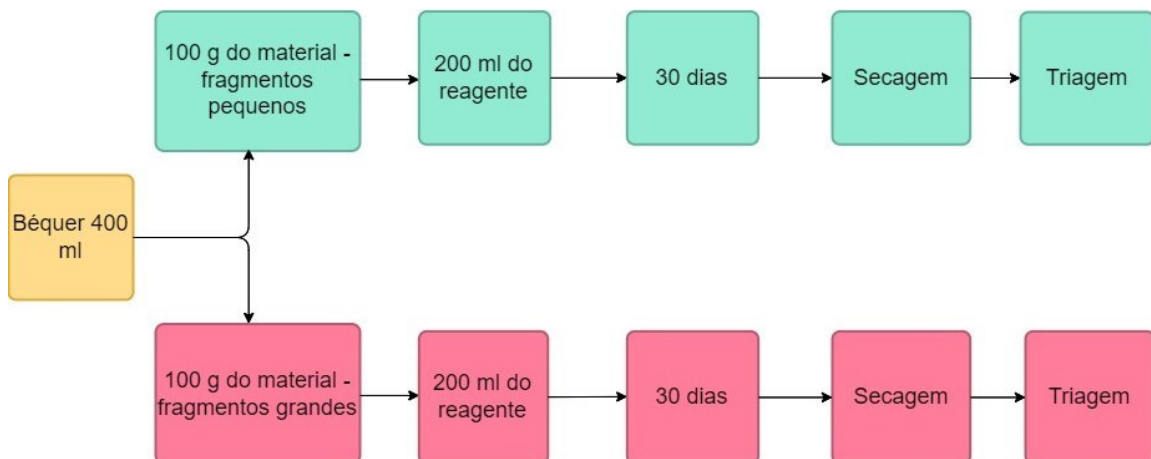
Como recipientes para os experimentos com água destilada, peróxido de hidrogênio e ácido acético foram separados dois béqueres para cada um dos reagentes, com 100 g de material cada. No béquer nº 01 foram acondicionados fragmentos pequenos (aproximadamente 1 cm³) e no nº 02 fragmentos grandes (aproximadamente 2 cm³). As amostras ficaram submersas em 200 ml de reagentes durante 30 dias (Figs. 7 e 8). Nos testes foram usados o peróxido de hidrogênio a 100 volumes, e o ácido acético glacial. Esta parte do experimento serviu para avaliar o produto da reação dos reagentes sobre as rochas, ou seja, compreender quais seriam mais efetivos na degradação das rochas em partículas menores. Posteriormente, com o objetivo final de descrever a ação dos reagentes nas amostras com fósseis (desprendimento e destruição), o material claramente fossilífero (composto por fragmentos maiores e menores) foi submetido a ação do ácido acético (100 g) e peróxido de hidrogênio (100 g), durante 7 dias (Fig. 9), ambos também submersos em 200 ml de reagente cada.

Figura 7 – Fluxograma do uso da água destilada para a desagregação do material rochoso.



Fonte: Do autor

Figura 8 – Fluxograma do uso de peróxido de hidrogênio e do ácido acético para a desagregação das rochas.

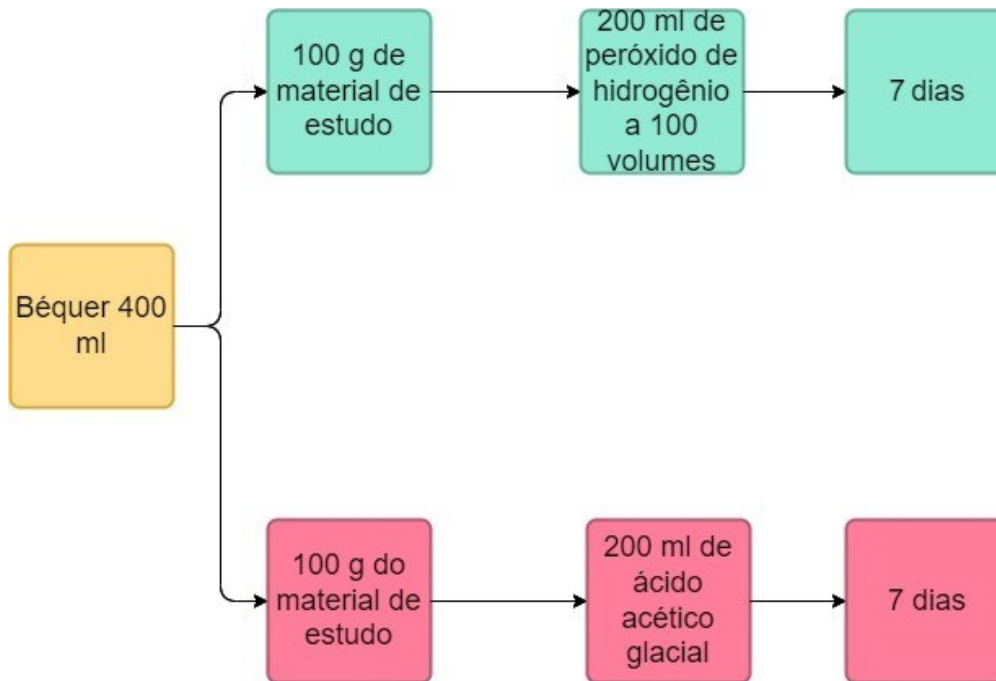


Fonte: Do autor

Em ambos os experimentos, após o procedimento de preparação usando peróxido de hidrogênio e ácido acético, as amostras foram peneiradas (malhas de 1,70 mm e 25 μ m) e secas (Fig. 8). A eficiência dos métodos químicos empregados para a degradação das rochas foi calculada a partir do peso inicial (P_i) das amostras, comparado ao peso final (P_f), retirado o material particulado liberado da rocha após o fim do experimento ($\Delta P = P_i - P_f$). Para o cálculo do peso foi utilizada uma balança digital de cozinha, que suporta até 10 kg. O peso final foi calculado levando em conta os fragmentos que não passaram na peneira de malha de 1,70 mm. Os fragmentos que passaram pela malha foram considerados como material particulado. No caso do

experimento para analisar a atuação dos reagentes nos fósseis, as amostras não foram pesadas, e o efeito das substâncias foi mensurado de maneira qualitativa (destruição, arredondamento ou liberação dos fósseis).

Figura 9 – Fluxograma dos experimentos envolvendo rochas com fósseis.



Fonte: Do autor

4.3 Separação e tombamento

Os fósseis extraídos das rochas foram separados com o auxílio de estereomicroscópio (Estereomicroscópio trinocular LUMEN), em diferentes grupos [dentes de xenacantídeos identificáveis; dentes de xenacantídeos não identificáveis (muito fragmentados); fauna associada]. Os dentes de xenacantídeos identificáveis (geralmente os mais completos), em um segundo momento, foram separados novamente conforme a morfologia (morfótipos 1, 2, 3, 4, 5 e 6), segundo a metodologia usada por Maranhão (1995) e Maranhão e Petri (1996). Os aspectos utilizados na separação dos morfótipos foram a morfologia e disposição das cúspides principais, cuspículas, botões apicais, tubérculos basais e ornamentações (Fig. 1 A-D).

Os dentes separados em morfótipos estão tombados na coleção científica do LAPE (Laboratório de Paleontologia Estratigráfica) da Universidade Federal de Uberlândia, *campus* Monte Carmelo, com a numeração V-0131 a 0140.

4.4 Descrições e comparações

Após a separação do material de estudo, os dentes de xenacantídeos mais completos, e, portanto, passíveis de identificação, foram descritos e separados em morfótipos, para posterior comparação às espécies de xenacantídeos conhecidas para as formações Corumbataí e Teresina, permitindo identificar espécies já descritas e investigar a possível ocorrência de espécies novas. É importante ressaltar que as ocorrências fósseis da Formação Corumbataí também foram consideradas nas comparações, pois os xenacantídeos ocorrem em ambas as unidades, formações Teresina e Corumbataí, as quais são cronocorrelatas e compartilham de material fossilífero similar.

A descrição e identificação do material foram realizadas com base nos trabalhos de Würdig-Maciel (1975), Johnson (1980), Ragonha (1984), Chahud (2003, 2007), Richter (2005), Costa (2013, 2017), Pauliv et al. (2014) e Jurigan, Ricardi-Branco e Delcourt (2022).

4.5 Digitalização de imagens e ilustrações

Os espécimes maiores foram fotografados com câmera digital (Nikon Coolpix P510), e os menores foram fotografados por *smartphone* com auxílio de adaptador ou por captura de imagens em estereomicroscópio. No caso das fotografias obtidas com auxílio de lentes oculares para captura de imagens foi necessário usar a técnica de *Stacking image* no *Photoshop*. Nesta técnica, diferentes imagens do mesmo objeto com diferentes planos de foco são fusionadas de modo a conseguir o objeto completamente focado. Este procedimento foi necessário devido ao relevo dos espécimes e a ampliação do estereomicroscópio.

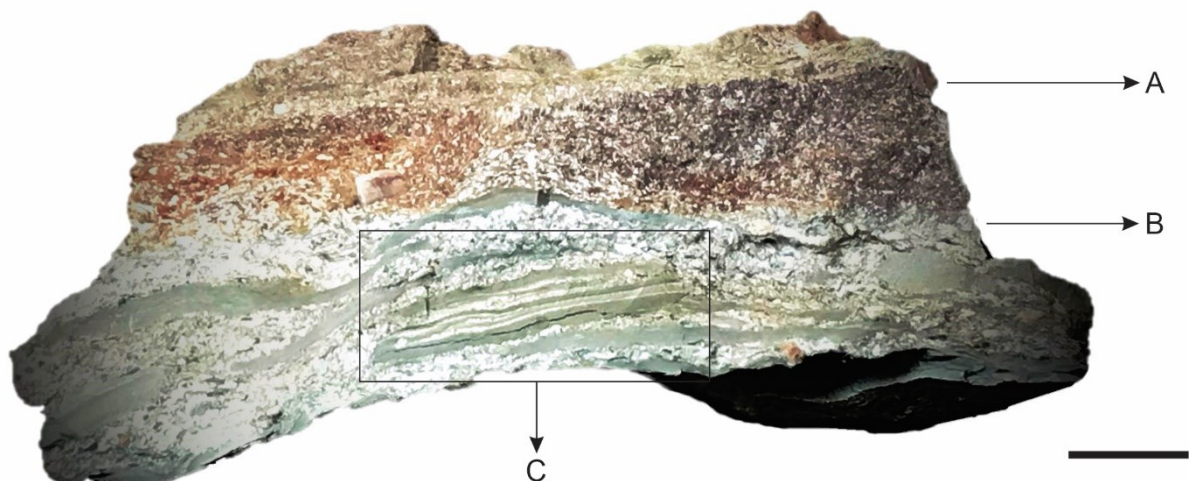
Os fluxogramas foram elaborados no *Visual Paradigm Online*, e as figuras usadas neste trabalho foram vetorizadas, modificadas e/ou desenvolvidas nos softwares *CorelDRAW 2021*, *Corel Photo-Paint 2021* e no *Adobe Photoshop CS6 v. 13.0*.

5 Resultados

5.1 Caracterização geral do material de estudo

As rochas estudadas são compostas por intercalações de argilitos, siltitos arenosos e arenitos finos, com grãos arredondados e bem selecionados. Intercalações entre argilitos e siltitos esverdeados formam laminações muito finas, indicando diferentes eventos de deposição por decantação. Camadas e lentes de arenito fino esverdeadas e avermelhadas ricas em fósseis, que variam de espessura, indicam eventos de alta energia (Fig. 10). As camadas vermelhas (arenitos finos), encontram-se mais silicificadas, se comparadas às verdes do siltito. Não foram encontradas outras estruturas sedimentares, como estratos inclinados ou cruzados, gretas de contração, feições erosivas, marcas de pingos de chuva ou marcas de ravinamento.

Figura 10 – Amostra rica em restos de peixes proveniente da Formação Teresina, na cidade de Angatuba-SP. (A). Evento de maior deposição. (B). Evento de menor deposição. (C). Laminação de argilito intercalada com siltito. Escala: 1 cm.



Nos arenitos avermelhados ou esverdeados, os fósseis estudados compõem concentrações em que estão preservados principalmente dentes e escamas desarticuladas de peixes ósseos e cartilagosos, assim como espécimes de icnofósseis (Figs. 2, 13, 15 e 17). A taxa de fragmentação dos dentes e escamas é alta, podendo estar relacionada a processos bioestratinômicos (e.g. transporte) e/ou diagenéticos (e.g. compactação). O tamanho dos fósseis varia de alguns milímetros a poucos centímetros, porém os milimétricos são mais comuns. Os bioclastos estão distribuídos caoticamente em planta, e predominantemente concordantes ao plano de acamamento em seção.

5.2 Experimentos

Nos experimentos realizados com intuito de analisar a desagregação das rochas (rochas afossilíferas), a preparação usando água destilada, durante 30 dias, gerou material particulado imensurável, sem alteração da aparência ou da resistência da rocha. Na reação com o peróxido de hidrogênio foi notada efervescência, preservação da cor, e pouca desagregação do material (cerca de 5 g dos fragmentos pequenos e 3 g dos fragmentos grandes; Fig. 11). Finalmente, após o experimento com o ácido acético a rocha apresentou marcas esbranquiçadas e considerável fragilidade, quebrando facilmente ao menor esforço (Fig. 12). A quantidade de material desagregado foi de 9 g para os fragmentos pequenos e 5 g para os fragmentos grandes. Nos experimentos com peróxido de hidrogênio e ácido acético, os dados foram comparados quantitativamente e podem ser observados na tabela 1.

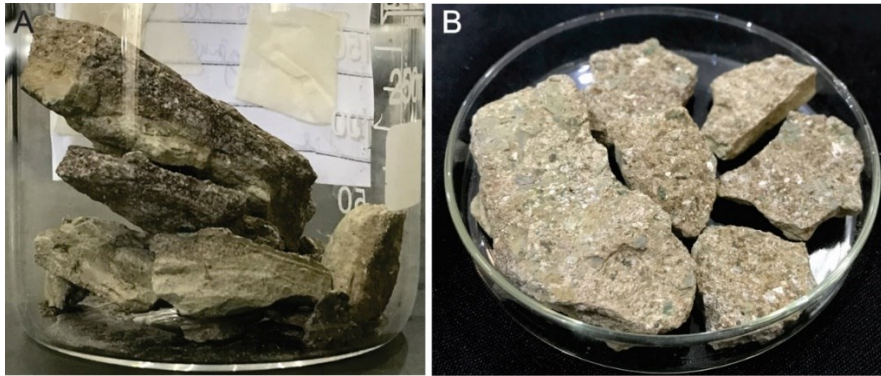
Tabela 1 – Quantidade de material desagregado nas reações com peróxido de hidrogênio e ácido acético durante 30 dias.

Comparação entre as reações com peróxido de hidrogênio e ácido acético – período de 30 dias				
$\Delta P = P_i - P_f$	Peróxido de Hidrogênio (H ₂ O ₂)		Ácido Acético (CH ₃ COOH)	
	100 vol.		Glacial	
	Peso final (g)	Material desagregado (%)	Peso final (g)	Material desagregado (%)
Fragmentos Pequenos (100 g)	95	5	91	9
Fragmentos Grandes (100 g)	97	3	95	5

Fonte: Do autor

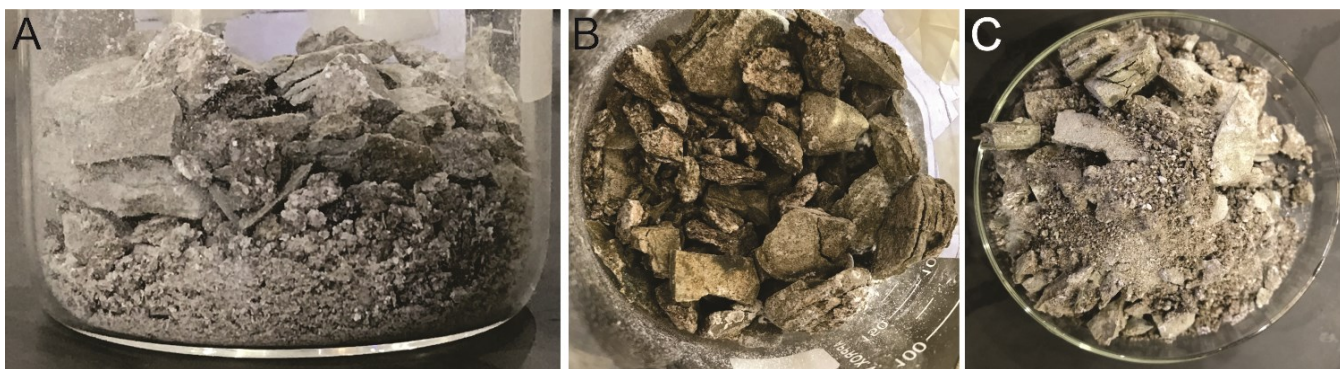
No que diz respeito aos experimentos realizados com as rochas fossilíferas, para a análise da possível destruição dos fósseis, após uma semana de reação, não foi observado nenhum dano na estrutura dos fósseis após o uso de peróxido de hidrogênio, porém eles se mantiveram presos à rocha. Nas amostras submetidas ao ácido acético constatou-se que grande parte dos fósseis foram liberados das rochas, sendo encontrados junto ao material particulado. Aparentemente não houve destruição dos fósseis no intervalo de uma semana.

Figura 11 – Resultado da reação com peróxido de hidrogênio. Escalas: A= Béquer: 7,5 cm de diâmetro; B= Placa de Petri: 9,5 cm de diâmetro.



Fonte: Do autor

Figura 12 – Resultado da reação com ácido acético. Escalas: A–B= Béquer: 7,5 cm de diâmetro; C= Placa de Petri: 9,5 cm de diâmetro.



Fonte: Do autor

5.3 Elementos preservados

Nas concentrações estudadas, os dentes de xenacantídeos ocorrem associados a outros espécimes. Os mais comuns são escamas e dentes de paleonisciformes, seguido de icnofósseis. Estes são tubos horizontais não ramificados, alongados, de seção circular, com diâmetro aproximado de 1 cm. Os tubos estão preenchidos com o mesmo material do restante da rocha e apresentam parede com contorno liso. Algumas vezes é possível vê-los se cruzando (Fig. 13). Todos os tubos encontrados são semelhantes, ou seja, todos os elementos parecem pertencer a um único icnogênero.

Além dos icnofósseis e restos de peixes, foi encontrado um osso aparentemente completo (parcialmente encoberto) e de tamanho grande (aproximadamente 3 cm), quando comparado aos demais fósseis corpóreos. Esta estrutura apresenta forma alongada e achatada, com as bordas expandidas na forma de leque, e as extremidades fraturadas. No centro existe uma ramificação curta, com diâmetro circular. A superfície do osso é lisa e não apresenta estrias. Este fóssil se destaca dentre os materiais estudados, e sua forma é muito semelhante a escápula de certos grupos de sinapsídeos (Fig. 14).

Entre os abundantes restos de peixe, alguns dentes amostrados exibem configurações diferentes dos dentes diplodontes (típicos dos xenacantiformes). Estes apresentam morfologias cônicas, curvas ou sigmoidais, com superfícies lisas ou sulcadas. A fuste e o capuz apical são lisos, ou ornamentados por costelas. A maioria dos dentes apresenta semelhanças entre o capuz apical e a fuste, no que diz respeito a coloração e textura, porém alguns diferem, exibindo texturas e colorações distintas nestas partes. Tais dentes são finos e alongados, podendo atingir o tamanho de 1 cm, entretanto a maioria não ultrapassa poucos milímetros (Fig. 15). Adicionalmente, foram encontradas estruturas placóides, que se assemelham a placas dentárias de *Holocephali* petalodontes (Fig. 16).

Figura 13 – Icnofósseis comuns nas concentrações estudadas. (A). Tubo alongado e horizontal em vista diagonal. (B). Tubo em seção. (C). Estruturas sobrepostas. (D). Estrutura isolada mostrando o preenchimento. As setas indicam os icnofósseis. Escalas: 1 cm.



Fonte: Suzana Aparecida Matos da Silva

Figura 14 – Fragmento ósseo não identificado. Possivelmente uma escápula de um sinapsídeo. Escala: 1 cm.



Fonte: Suzana Aparecida Matos da Silva

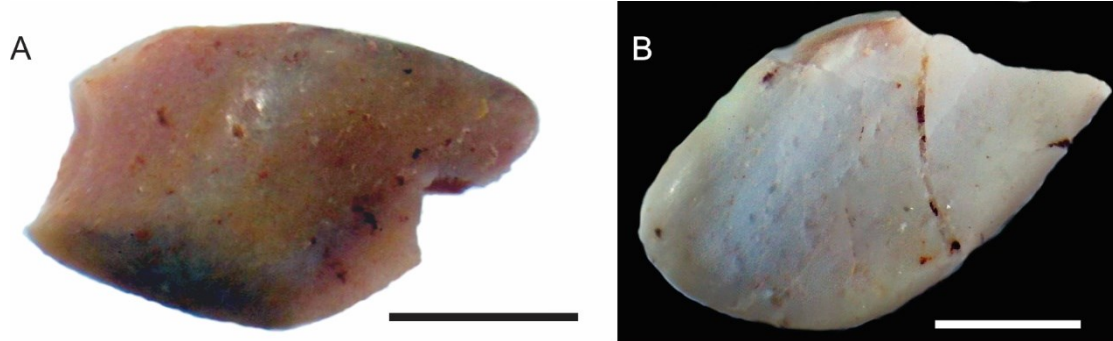
Figura 15 – Dentes de Paleonisciformes. (A). Dente liso e curvado. (B). Dente estriado e sigmoidal. Escalas: 3 mm.



Fonte: Do autor

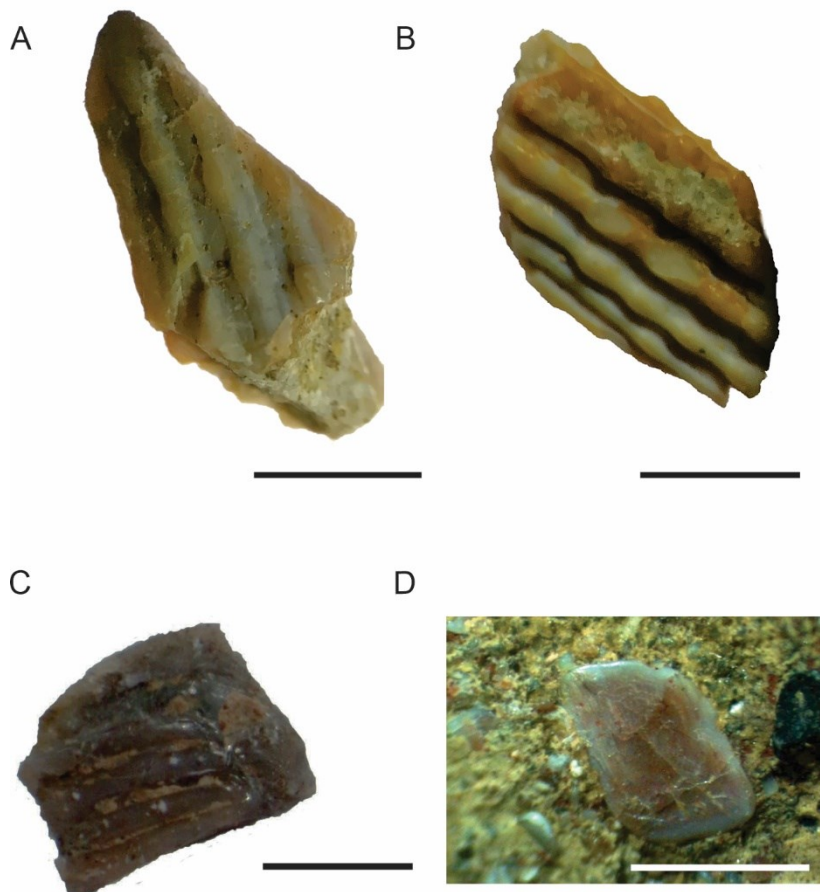
No tocante às escamas, foram verificados dois tipos distintos: (a) escamas com formato rombóide (semelhante a um losango; Fig. 17 D), com margens arredondadas, que são as mais comuns; e (b) escamas com forma semelhante a um paralelogramo (Fig. 17 B, C). O tamanho destes elementos varia de 1 a 2 mm e as maiores têm um comprimento próximo a 1 cm. As superfícies variam entre lisas e costeladas em sentido longitudinal.

Figura 16 – Dentes de petalodontes, provavelmente *Itapyrodus punctatus*. Escalas: 0,5 mm.



Fonte: Do autor.

Figura 17 – Escamas ganóides. (A-C). Escamas costeladas. (D). Escama lisa e com microfraturas. Escalas: A-B=6 mm; C=0,5 mm; D=1 mm.



Fonte: Do autor

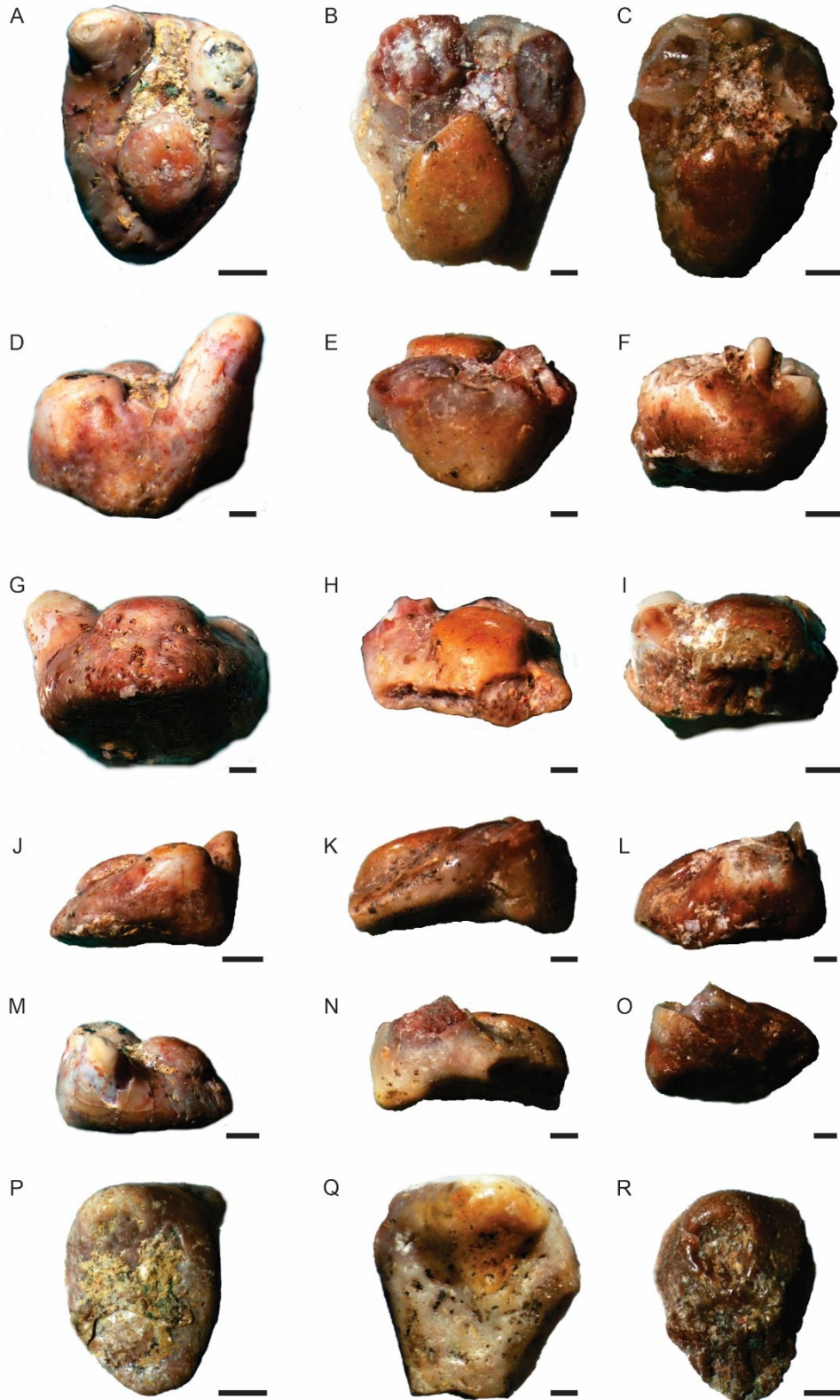
5.4 Xenacantídeos

Foram encontrados 71 dentes e/ou fragmentos de dentes de xenacantídeos, porém, apenas dez dentes puderam ser identificados devido à intensa fragmentação. Dentre os dentes bastante fragmentados (não identificáveis) muitos apresentam poucas partes reconhecíveis (botão apical, cúspides, base). Os fragmentos contendo cúspides (25) e bases (24) são mais comuns que aqueles contendo botões apicais (12). Os dentes de xenacantídeos identificados, foram separados em seis morfótipos, que são descritos abaixo:

5.4.1 Morfótipo 1

O morfótipo 1 apresenta, em vista superior, a base com largura (dimensão lábio-lingual) maior que o comprimento (dimensão anteromedial-posterolateral) (Fig. 1 B), bordas arredondadas (Fig. 18 A, C); botão apical arredondado a ovalado e proeminente (Fig. 18 A); e cúspides cônicas e alongadas (Fig. 18 A, D). Em vista labial, as cúspides seguem aparentemente direções divergentes (formando um “V”), porém essa informação não pôde ser confirmada, pois nenhum apresenta as duas cúspides preservadas (Fig. 18 D). Em vista aboral, a face é plana; o tubérculo basal é arredondado e côncavo, com a borda labial mais inflada (Fig. 18 P, Q). Na vista lateral, o tubérculo basal é fino e arredondado (Fig. 18 K, N); as cúspides formam um ângulo de 88 a 90° com a base (Fig. 18 J); e a cuspícula encontra-se mais inclinada (no sentido labial) do que as cúspides, em relação a base (observado também na vista superior) (Fig. 18 C, F). A cuspícula é única, com cerca de 1/3 a 1/5 do tamanho das cúspides principais. As cúspides exibem raros e finos sulcos longitudinais e a cuspícula é lisa. Os dentes têm entre 5 e 6 mm de largura e 4 mm de comprimento. Foram reconhecidos três dentes com este morfótipo (V-0131; V-0312; V-0133; Fig. 18; Quadro 2).

Figura 18 – Morfótipo 1. (A-C). Vista superior. (D-F). Vista labial. (G-I). Vista lingual. (J-L). Vista lateral direita. (M-O). Vista lateral esquerda. (P-R). Vista aboral. (A, D, G, J, M, P: V-0131; B, E, H, K, N, Q: V-0132; C, F, I, L, O, R: V-0133). Escalas: 1 mm.



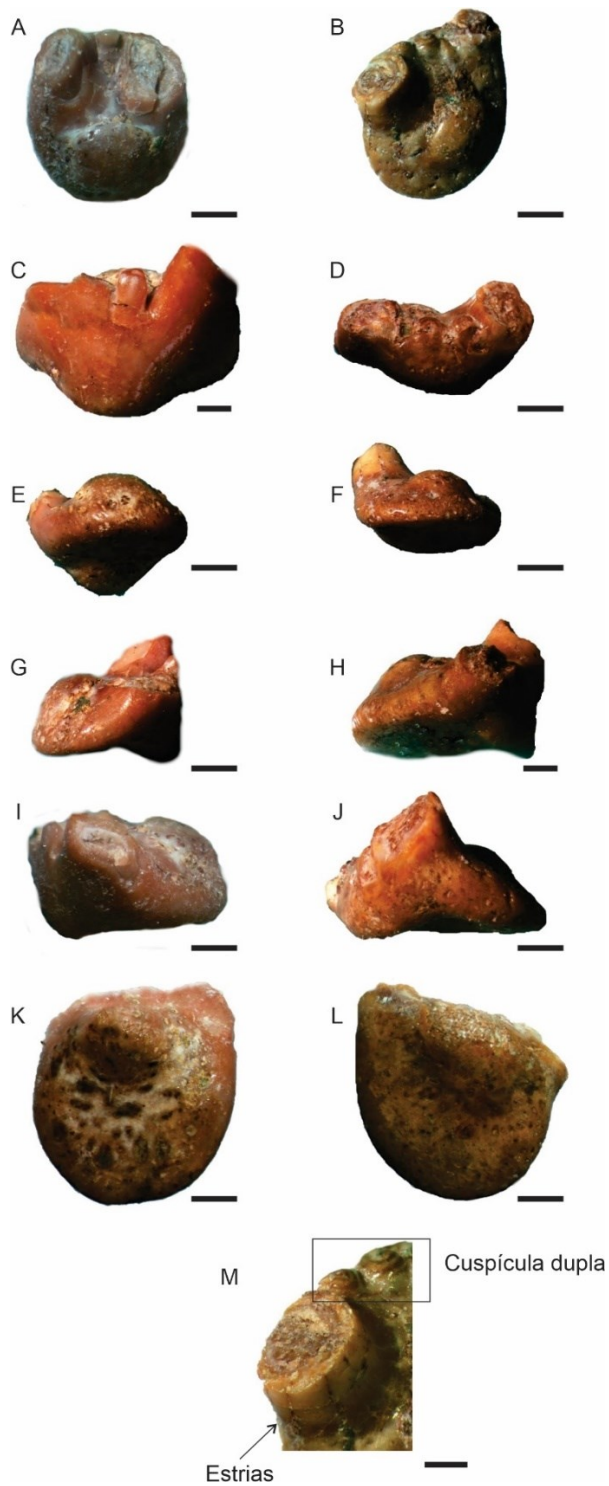
5.4.2 Morfótipo 2

O morfótipo 2 (V-0134; V-0135; Fig. 19; Quadro 2) é caracterizado, em vista superior, por base arredondada e curta, que não se expande no sentido lingual e variável torção no sentido anteromedial-posterolateral (Fig. 19 A, B); botão apical arredondado (Fig. 19 A, B, F, G); e cúspides divergentes. Em vista labial, as cúspides formam um ângulo de 35° entre si (Fig. 19 C; valor avaliado de maneira aparente, porque apenas uma cúspide de cada dente está preservada). Em vista lingual, a porção direita é rebaixada em comparação à esquerda (Fig. 19 E, F). Em vista aboral, o tubérculo basal é arredondado e protuberante e a superfície aboral é côncava (Fig. 19 K, L). Em vista lateral, o corte das cúspides aparentemente indica direções opostas, estando uma perpendicular à base e outra inclinada para borda labial da base (Fig. 19 A, F); o tubérculo basal afina distalmente e forma um ângulo de 45° com a base (Fig. 19 G, H). Uma ou duas cuspículas achatadas na borda labial. Foram constatadas estrias na lateral das cúspides. Os dentes têm comprimento e largura iguais, que vão de 4 a 5 mm.

5.4.3 Morfótipo 3

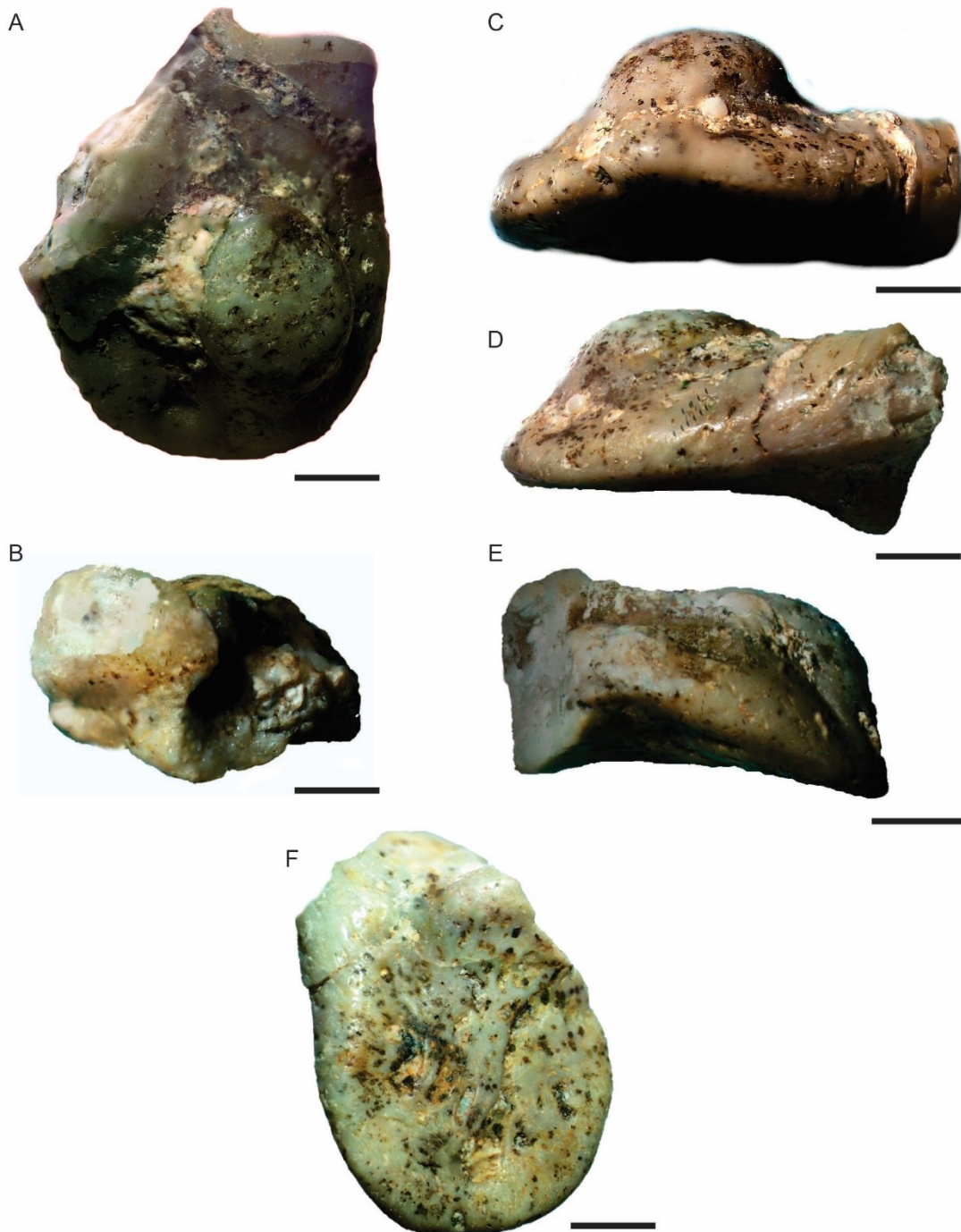
O morfótipo 3 (V-136; Fig. 20; Quadro 2), em vista superior, apresenta botão apical grande e arredondado, bordado por numerosos forâmens (Fig. 20 A); base arredondada, com medidas semelhantes de largura e comprimento (Fig. 20 A). As cúspides principais e a cuspícula não estão preservadas no único dente pertencente ao morfótipo, porém, devido aos cortes na base destas estruturas é possível perceber que, aparentemente, as cúspides seguiam em direção horizontal no sentido labial (Fig. 20 A - C). Na vista lingual o botão apical é grande e arredondado (Fig. 20 C). Na vista lateral existe um ângulo de 45° entre a base e o tubérculo basal. A superfície aboral da base é plana, e o tubérculo basal é arredondado e protuberante (Fig. 20 F). O dente apresenta comprimento igual à largura (1 cm). Devido ao fato de as cúspides estarem quebradas, não foi possível examinar a presença/ausência de ornamentação.

Figura 19 – Morfótipo 2. (A-B). Vista superior. (C-D). Vista labial. (E-F). Vista lingual. (G-H). Vista lateral direita. (I-J). Vista lateral esquerda. (K-L). Vista aboral. (M). Detalhe das estrias nas cúspides e da cuspícula dupla. (A, C, E, G, I, K: V-0134; B, D, F, H, J, L, M: V-0135). Escalas: 1 mm.



Fonte: Do autor

Figura 20 – Morfótipo 3. (A). Vista superior. (B). Vista labial. (C). Vista lingual. (D). Vista lateral direita. (E). Vista lateral esquerda. (F). Vista aboral. (A-F: V-0136). Escalas: A, C-F= 2 mm; B= 3 mm.

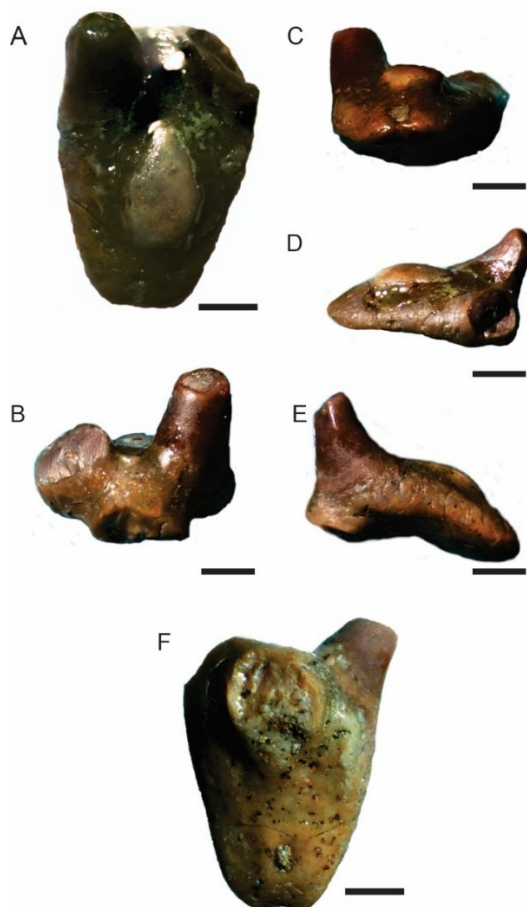


Fonte: Do autor

5.4.4 Morfótipo 4

O morfótipo 4 (V-0137; Fig. 21; Quadro 2) exibe, em vista superior, base com a largura maior que o comprimento (Fig. 21 A); e botão apical ovalado e alongado (Fig. 21 A). Na vista lingual, ocorre um amplo forâmen abaixo do botão apical, que gera a bifurcação da borda lingual da base (Fig. 21 C); as cúspides são cônicas e curvas (Fig. 21 C). Em vista lateral, a borda lingual da base é curvada no sentido aboral (Fig. 21 E). Duas costelas estão presentes nas laterais das cúspides. Carenas achatam a cúspide no sentido lábio-lingual. O tubérculo basal e a cuspícula única não estão preservados. O dente identificado neste morfótipo tem largura de 8 mm e comprimento de 5 mm.

Figura 21 – Morfótipo 4. (A). Vista superior. (B). Vista labial. (C). Vista lingual. (D). Vista lateral direita. (E). Vista lateral esquerda. (F). Vista aboral. (A-F: V-0137). Escalas: A, F= 2 mm; B-C= 1 mm; D-E= 3 mm.



Fonte: Do autor

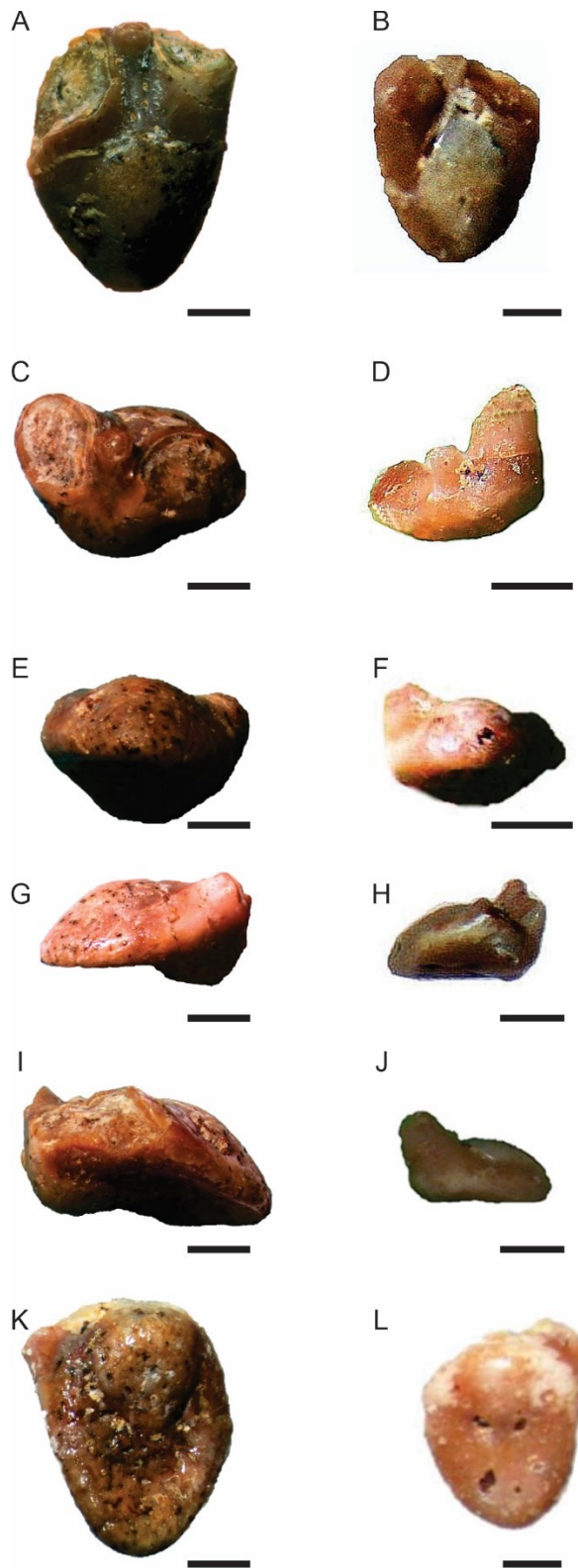
5.4.5 Morfótipo 5

O morfótipo 5 expõe, em vista superior, base com largura maior que o comprimento (Fig. 22 A, B); botão apical ovalado, mal definido e baixo, disposto até o início das cúspides (Fig. 22 A, B). Apresenta dois sulcos entre o botão apical e a cuspícula, que delimitam o contato com as cúspides (Fig. 22 A); as cúspides são cônicas, divergentes e retas (Fig. 22 B, D). Em vista labial, a cuspícula é única, fina, forma um ângulo obtuso de 110° com a base e tem 1/3 do tamanho das cúspides laterais (Fig. 22 C). Em vista lingual, o botão apical é grande e arredondado. Em vista aboral, o tubérculo basal é grande e proeminente (Fig. 22 E, K). Em vista lateral, as cúspides formam um ângulo de 120° com a base (Fig. 22 J). Os dentes têm 2 a 5 mm de largura e 1 a 4 mm de comprimento. Tanto a cúspide, quanto a cuspícula são desprovidas de ornamentação. Dois dentes mostram essas características (V-0138; V-0139; Fig. 22; Quadro 2).

5.4.6 Morfótipo 6

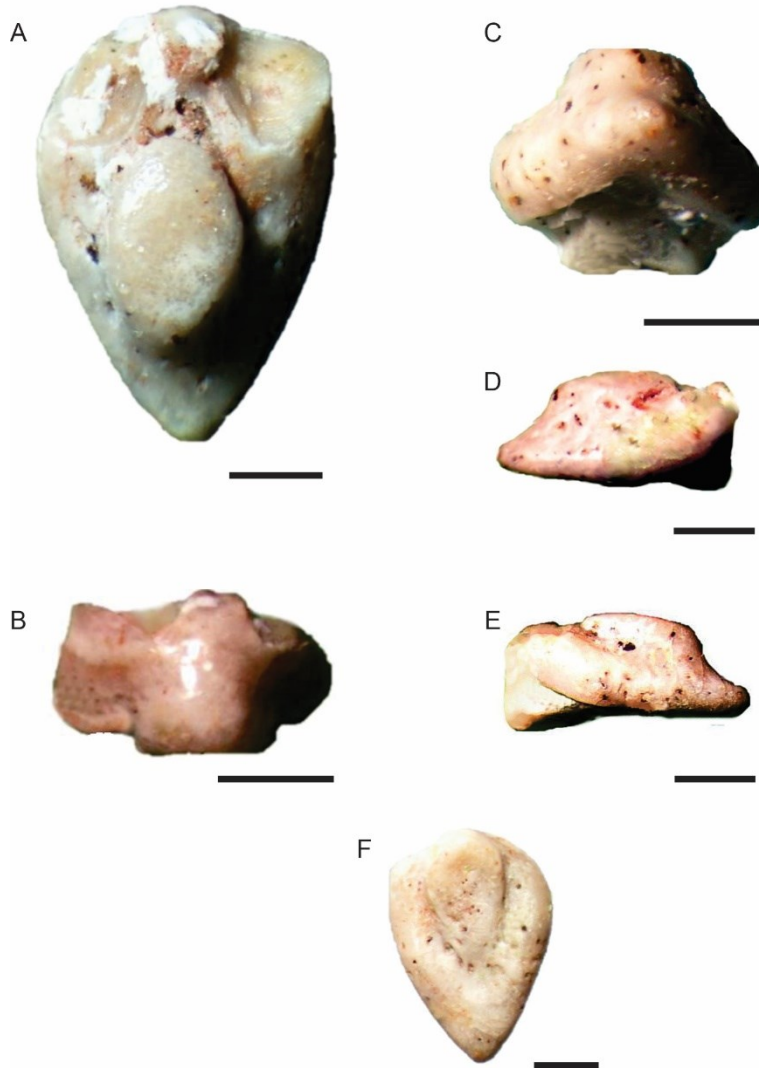
O morfótipo (V-0140; Fig. 23; Quadro 2) 6 apresenta, em vista superior, a base com largura maior que comprimento e formato triangular; e botão apical ovalado e proeminente (Fig. 23 A). Em vista aboral, o tubérculo basal é achatado, afina no sentido lingual e o centro é levemente deprimido (Fig. 23 F). As cúspides e a cuspícula do único dente deste morfótipo estão quebradas, impossibilitando observar sua ornamentação e morfologia. O dente exibe largura de 3 mm e comprimento de 2 mm.

Figura 22 – Morfótipo 5. (A-B). Vista Superior. (C-D). Vista labial. (E-F). Vista lingual. (G-H). Vista lateral direita. (I-J). Vista lateral esquerda. (K-L). Vista aboral. (A, C, E, G, I, K: V-0138; B, D, F, H, J, L: V-0139). Escalas: A-F, H-L= 1 mm; G= 2 mm.



Fonte: Do autor.

Figura 23 – Morfótipo 6. (A). Vista superior. (B). Vista labial. (C). Vista lingual. (D). Vista lateral direita. (E). Vista lateral esquerda. (F). Vista aboral. (A-F: V-0140). Escalas: 1mm.



Fonte: Do autor.

Quadro 2 – Comparação entre os morfótipos. Explicação: *devido à quebra, não foi possível obter informações mais detalhadas.

	Morfótipo 1	Morfótipo 2	Morfótipo 3	Morfótipo 4	Morfótipo 5	Morfótipo 6
Cúspides principais	Cônicas, alongadas e divergentes	Cônicas, divergentes, com inclinação entre uma e outra de 35°	Sem informação *	Cônicas, e curvas	Cônicas, retas e divergentes	Sem informação *
Cuspícula	Única; 1/3 a 1/5 do tamanho das cúspides	Única ou dupla; achatada	Sem informação *	Sem informação*	Única e fina; ângulo de 110° com a base; 1/3 do tamanho das cúspides	Sem informação*
Botão apical	Arredondado a ovalado	Arredondado	Arredondado e grande	Ovalado e alongado	Ovalado, baixo e mal delimitado	Ovalado e proeminente
Tubérculo basal	Arredondado e côncavo; borda labial inflada	Arredondado e protuberante; afina distalmente; forma um ângulo de 45° com a base	Arredondado e protuberante; forma um ângulo de 45° com a base	Sem informação*	Grande e proeminente	Achatado, com o centro deprimido; afina no sentido lingual
Base	Largura maior que comprimento; bordas arredondadas	Arredondada e curta; torção no sentido anteromedial-posterolateral	Arredondada, com comprimento e largura iguais	Largura maior que comprimento	Largura maior que comprimento	Largura maior que comprimento; formato triangular
Ornamentação	Raros e finos sulcos longitudinais	Estrias nas cúspides	Sem informação *	Costelas nas cúspides; carenas achatam as cúspides no sentido lábio-lingual;	Não ornamentado	Sem informação *
Outras observações				Grande forâmen abaixo do botão apical; bifurcação na borda lingual	Dois sulcos que vão do botão apical à cuspícula e delimitam o início das cúspides.	
Número de dentes	3	2	1	1	2	1

Fonte: Do autor

6 Discussão

6.1 Experimentos

6.1.1 Água destilada

A água destilada foi usada por Jurigan, Ricardi-Branco e Delcourt (2022) para desagregar os bioclastos (principalmente coprólitos, dentes e escamas) de peixe da rocha que os hospedava. Conforme os autores, o experimento durou 15 dias e desagregou 75% do volume das rochas. A rocha estudada por estes autores é argilosa e composta por illita, esmectita e caulinita, e apenas a água foi utilizada na preparação, e se mostrou eficiente (JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DELCOURT, 2022).

Diferentemente do resultado obtido por Jurigan, Ricardi-Branco e Delcourt (2022), neste TCC, o experimento com água destilada gerou uma quantidade imensurável de material fragmentado, além de não alterar a resistência da rocha. É importante enfatizar que parte do material estudado apresenta granulometria maior (siltitos e arenitos) do que o material estudado por Jurigan, Ricardi-Branco e Delcourt (2022) (argilito), o que pode estar relacionado ao resultado inferior obtido. Provavelmente, as argilas expansivas (esmectita), presentes no material de Jurigan, Ricardi-Branco e Delcourt (2022), ao entrarem em contato com a água destilada, geraram a desagregação da rocha de maneira mais eficiente. De modo geral, a permeabilidade e a porosidade, características comuns em rochas de natureza sedimentar, podem ser as responsáveis pela absorção de água. Porém, no material de estudo, aparentemente a quantidade de água absorvida não foi suficiente para gerar a fragmentação das rochas. Em outras palavras, a quantidade de água absorvida não foi capaz de superar o grau de coesão da rocha, a ponto de fragmentá-la.

6.1.2 Peróxido de hidrogênio

Maranhão (1995) e Maranhão e Petri (1996) utilizaram peróxido de hidrogênio de 130 volumes com o tempo de reação de 24 horas, para desagregar 500 g de amostras, compostas por siltitos maciços acinzentados e calcários associados, materiais que após a reação, foram lavados, secos, peneirados e triados. Os mesmos autores recomendaram o uso do reagente com cautela, devido à sua intensa reação com a matéria orgânica.

Durante as reações de 7 e 30 dias, foi notado efervescência, porém a coloração e a integridade da rocha não foram alteradas e houve desagregação de apenas uma pequena quantidade de material (5 g dos fragmentos menores e 3 g dos fragmentos grandes no experimento de 30 dias). É notável o fato de que as amostras com fragmentos menores geraram uma maior quantidade de material particulado que as com fragmentos grandes, o que está possivelmente relacionado à maior área de contato da rocha com o reagente. Vale lembrar que no teste de 7 dias, a quantidade de material desagregado não foi contabilizada, apenas foi avaliado o que ocorreu com os fósseis. O fato de uso do peróxido de hidrogênio com menor concentração (100 vol.), em relação ao utilizado por Maranhão (1995) e Maranhão e Petri (1996), possivelmente interferiu no resultado da reação. Porém, a falta de informações quantitativas nos trabalhos de Maranhão (1995) e Maranhão e Petri (1996), no que diz respeito ao resultado da preparação, não permitiu comparar apropriadamente os resultados obtidos neste trabalho com os destes autores.

6.1.3 Ácido acético

Ragonha (1984) empregou o ácido acético durante 15 dias, depois da separação mecânica, para dissolver a calcita dos siltitos e arenitos com o objetivo de deixar a rocha friável e facilitar a remoção dos fósseis de dentes de xenacantídeos. Porém a percepção de que os fósseis haviam sido dissolvidos foi relatada após a preparação.

Os resultados de Ragonha (1984) foram parcialmente observados nos experimentos realizados com o ácido acético. Ao final da reação, no experimento que durou 30 dias, as rochas encontravam-se friáveis e houve produção de grande quantidade de material particulado. Vale ressaltar que o experimento de 30 dias não envolveu rochas fossilíferas. No que diz respeito ao experimento de 7 dias com rochas fossilíferas, os fósseis não foram dissolvidos, como relatado por Ragonha (1984). Parte dos fósseis permaneceram unidos às rochas e parte se despreendeu, sendo encontrada junto ao material particulado. Sendo assim, a destruição dos fósseis parece estar relacionada ao tempo de reação do ácido acético.

6.2 Conteúdo fossilífero

6.2.1 Dentes diplodontes

Diferentes ordens de condrictes paleozoicos apresentam diferentes tipos de dentes (cladodonte, diplodonte, hibodonte e simmorideo), caracterizados pelo formato da base e das cúspides (CHAHUD, 2007). Os dentes identificados como pertencentes à Xenacanthidae foram aqueles que apresentaram características diagnósticas do grupo: dimensão (alguns milímetros); base alongada e estreita; duas cúspides principais, com formato cônico (podendo ou não estar ornamentadas por costelas ou estrias) e uma cúspide central (cuspícula); parte superior é convexa, com estrutura saliente (botão apical); poucos forâmens; saliência na face labial, com forma arredondada (tubérculo basal) (CHAHUD, 2007; CHAHUD; PETRI, 2010b; COSTA, 2013, 2017; RAGONHA, 1984). Foi considerado ainda, que estes elementos podem apresentar variações ontogenéticas, intraespecíficas, ou na posição bucal, apesar de serem considerados homodontes (CHAHUD, 2007; RAGONHA, 1984).

6.2.2 Morfótipos

6.2.2.1 Morfótipo 1

Características como cúspides retas (não flexionadas) e divergentes (Fig. 18 J, M), o formato da base (largura maior que comprimento) (Fig. 18 A, C), tubérculo basal arredondado, côncavo e bem desenvolvido (Fig. 18 E), botão apical arredondado a ovalado, tamanho da cuspícula (1/3 a 1/5 da cúspide) e ornamentação da cúspide por cristas longitudinais permitiram identificar o morfótipo como pertencente a *Xenacanthus angatubensis* Ragonha, 1984. Para Jurigan, Ricardi-Branco e Delcourt (2022), estas características podem diferenciar *Xenacanthus angatubensis* do *Xenacanthus camaquensis* e *Xenacanthus ferrazensis*. Em adição, a igualdade no comprimento das cúspides pode distinguir *Xenacanthus angatubensis* do *Xenacanthus santosi*. Apesar das semelhanças, algumas das características encontradas no morfótipo 1 são distintas daquelas descritas para *Xenacanthus angatubensis*. Este táxon apresenta a variação do ângulo entre as cúspides de 30° a 50°. No morfótipo 1, por sua vez, o ângulo entre as cúspides é maior, variando entre 55° e 60°. A inclinação com relação à base na descrição de Ragonha (1984) é de 110° a 115° e neste morfótipo é de 88° a 90°. Finalmente a forma do botão apical descrita por Ragonha (1984) como arredondada, varia de ovalada a arredondada nos espécimes identificados neste morfótipo. Essas discrepâncias podem representar variações intraespecíficas, ontogenéticas, ou de preservação e não foram consideradas relevantes a ponto de associar esses elementos a uma outra espécie.

6.2.2.2 Morfótipo 2

A base com forma circular, a superfície aboral côncava e a variação na quantidade de cuspículas possibilitaram identificar este morfótipo como pertencente a *Xenacanthus camaquensis* Ragonha, 1984. A base circular limita a possibilidade de ser *Xenacanthus angatubensis* (base com largura maior que comprimento) e *Xenacanthus ferrazensis* (base rombóide) (JURIGAN; RICARDI-BRANCO;

DELCOURT, 2022). No que diz respeito à disposição das cúspides, o texto de Ragonha (1984) concorda com as características deste morfótipo (i.e. cúspides divergentes com, aparentemente 35°). *Xenacanthus angatubensis* e *Xenacanthus camaquensis* são encontrados no mesmo estrato, e podem apresentar características semelhantes, como a existência de um ângulo obtuso entre o eixo das cúspides e o plano horizontal da base, necessitando de cuidado ao analisar e comparar os dentes (RAGONHA, 1984). A possibilidade de existência de duas cuspículas, como observado em um dos espécimes, também foi citada por Ragonha (1984) para esta espécie. É importante ressaltar que a base deste morfótipo é claramente inclinada (porção direita rebaixada em relação à direita; Fig. 19 A, B). Em adição, o espécime ilustrado na Fig. 19 (B, D, E, F, J) apresenta acentuada torção no sentido anteromedial-posterolateral. Essas características podem representar uma variação intraespecífica, relativa à posição dos dentes na arcada (ver exemplos para outros condrites em CHAHUD, 2007; CHAHUD; PETRI, 2010b; COSTA, 2017; JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DELCOURT, 2022; RAGONHA, 1984; RICHTER, 2005), porém nada foi encontrado na literatura a respeito deste fato para *Xenacanthus camaquensis*.

6.2.2.3 Morfótipo 3

Este morfótipo foi identificado com dúvidas como *Xenacanthus ragonhai* Pauliv et al., 2014 por exibir uma base arredondada (Fig. 20 A), com muitos forâmens (Fig. 20 A). Essa espécie apresenta o tubérculo basal arredondado e com 1/3 do tamanho da base (vista labial), cúspides levemente inclinadas para trás, em sentido labial, com tamanhos diferentes (a direita é maior que a esquerda) e ornamentadas por costelas lisas (PAULIV et al., 2014). Porém, no espécime identificado como pertencente ao morfótipo 3, as cúspides, cuspícula e tubérculo basal estão fragmentados, impedindo a observação dessas características. Embora as cúspides, aparentemente, sigam a direção horizontal, isto pode ser decorrente da quebra em um ângulo que não permita enxergar a sua orientação vertical. Embora Pauliv et al. (2014) tenha indicado o botão apical com entalhe na borda, que o separa da base, essa característica não foi observada neste morfótipo. *Xenacanthus ragonhai* difere de *Xenacanthus pricei*, por

ter botão apical e tubérculo basal proporcionalmente maiores, e apresentar mais forâmens na base; e de *Xenacanthus santosi* e *Wurdigneria obliterated*, por exibir cúspides achatadas lateralmente e carenas lisas (PAULIV et al., 2014). O *Xenacanthus ragonhai* foi originalmente descrito para a Formação Rio do Rasto (PAULIV et al., 2014), portanto, o seu registro na Formação Teresina amplia sua distribuição estratigráfica. Finalmente, nos espécimes estudados por Pauliv et al. (2014) possuem base com diâmetro que varia entre 3 a 5 mm. No espécime estudado a base tem 1 cm de diâmetro. Este seria então incomumente maior que os espécimes de *Xenacanthus ragonhai* anteriormente encontrados.

6.2.2.4 Morfótipo 4

Esse morfótipo foi atribuído a *Mooreodontus moorei* (Woodward, 1889) por conter uma base com largura maior que comprimento (Fig. 21 A, B), forâmen de tamanho notável na ponta da base (Fig. 21 E), carenas e cristas nas cúspides principais (Fig. 21 D). Adicionalmente, o botão apical proeminente e ovalado; o tubérculo basal distinto e arredondado; as cúspides divergentes; e a margem lingual da base com forma fina e alongada; foram características que Johnson (1980) atribuiu a esta espécie, e que também são encontradas neste morfótipo. Uma característica do gênero *Mooreodontus* é a borda lingual da base curvada em sentido aboral, que pode ser observada no espécime estudado (Fig. 21 E) (PAULIV et al., 2014; PAULIV et al., 2017). Segundo Johnson (1980) a margem lingual da base pode estar bifurcada nos espécimes maiores, devido a hipertrofia do forâmen na ponta da base. Ragonha (1984) estudou espécimes pequenos (dimensão lábio-lingual máxima de 3,4 mm) e não encontrou a bifurcação em nenhum espécime. O espécime atribuído ao morfótipo 4 apresenta 0,8 cm de dimensão lábio-lingual e possui bifurcação na margem lingual da base.

As ilustrações de Ragonha (1984) discordam da descrição de *Mooreodontus moorei*, proposta por Johnson (1980), em relação ao formato da base, que é apresentada como circular em algumas imagens (RAGONHA, 1984; estampa 4; figs. 3, 13, 16). No que diz respeito à ornamentação das cúspides, Johnson (1980), descreve a presença de cristas e carenas, porém Ragonha (1984) descreve apenas

cristas, como ornamentação de seus exemplares. Neste morfótipo, a base exibe formato triangular, com largura maior que comprimento (Fig. 21 A), e cúspides com cristas e carenas suaves (Fig. 21 D), o que pode estar relacionado ao desgaste pelo uso, ou intenso retrabalhamento. O espécime estudado exibe mais semelhanças com os espécimes de Johnson (1980), do que com os espécimes de Ragonha (1984).

Esta espécie foi originalmente encontrada na Inglaterra (veja Woodward, 1889), e posteriormente na Alemanha (veja Seilacher, 1943), na Índia (veja Jain, 1964) e nos Estados Unidos (veja Johnson, 1980). Apenas mais tarde, Ragonha (1984) registrou sua presença no hemisfério Sul (Formação Corumbataí).

6.2.2.5 Morfótipo 5

Este morfótipo não apresenta nenhuma semelhança com as espécies descritas para as formações Corumbataí/Teresina (Quadro 1). O formato da base (largura maior que comprimento, e bordas arredondadas), assim como botão apical ovalado, limita a possibilidade de ser *Xenacanthus ferrazensis* que apresenta a base com formato de losango e botão apical arredondado (RAGONHA, 1984). *Wurdigneria oblitera* apresenta uma base arredondada, com tamanhos iguais, de largura e comprimento, e com botão apical arredondado (RICHTER, 2005), diferindo do *Xenacanthus santosi*, apenas pela presença/ausência de ornamentação e pela obliteração da ortodentina (JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DELCOURT, 2022; WÜRDIG-MACIEL, 1975), características que não estão presentes neste morfótipo. *Xenacanthus angatubensis* apresenta características semelhantes a este morfótipo, como o formato da base e a largura maior que comprimento (RAGONHA, 1984). Entretanto, o formato do botão apical descrito para esta espécie é proeminente e ovalado e a convexidade da base é diferente do descrito neste trabalho (no morfótipo a base é reta). *Xenacanthus camaquensis* e *Xenacanthus ragonhai* são distintos dos exemplares do morfótipo 5, por apresentar a base e o botão apical com formato arredondado (PAILIV et al., 2014; RAGONHA, 1984). Por sua vez, *Mooreodontus moorei*, embora mostre o mesmo formato ovalado da base, apresenta botão apical amplo e cercado por extensos forâmens (JOHNSON, 1980), características que não foram vistas neste morfótipo. As cúspides não estão preservadas e não puderam ser comparadas com as espécies

descritas. Os sulcos que seguem a borda labial da base também não foram encontrados em nenhuma espécie citada acima.

Por não apresentar nenhuma característica descrita para as espécies reconhecidas do Corumbataí/Teresina, foi identificado como Xenacanthidae indet.

6.2.2.6 Morfótipo 6

De modo semelhante ao morfótipo anterior, este também não exhibe características compatíveis com as espécies descritas para as formações Corumbataí/Teresina. Uma característica marcante neste morfótipo é o formato triangular da base. Comparativamente, a base exhibe muitas semelhanças com *Mooreodontus moorei*, como a largura maior que o comprimento, forma triangular, botão apical indo até o início das cúspides (JOHNSON, 1980), contudo, o tubérculo basal é achatado; as cúspides não forneceram mais detalhes de ornamentação (que é uma característica da espécie), por estarem quebradas; a base não apresenta um forâmen abaixo do botão apical; e o botão apical é menor. O formato triangular da base, impede a associação com *Xenacanthus santosi*, *Xenacanthus camaquensis* e *Wurdigneria obliterata*, nos quais a base é arredondada (RAGONHA, 1984; RICHTER, 2005; WÜRDIG-MACIEL, 1975); de *Xenacanthus ferrazensis*, no qual a base é em formato de losango (RAGONHA, 1984); e de *Xenacanthus ragonhai*, que exhibe base arredondada a ovalada (PAULIV et al., 2014). Com relação ao *Xenacanthus angatubensis*, o botão apical proporcionalmente menor e arredondado e a cuspícula não é perpendicular à base, contrariando as características deste morfótipo. Devido às diferenças entre este morfótipo e as espécies descritas para as formações Corumbataí/Teresina, este dente foi assinalado como Xenacanthidae indet.

6.2.3 Considerações tafonômicas

A morfometria geométrica é um método que descreve a geometria das formas, ajudando a caracterizar anatomicamente um táxon (ARAGÃO, 2021; HUBBE, 2008).

Porém, é preciso ter cautela, por que algumas características geométricas podem ser alteradas em função dos processos que atuam após a morte do organismo, podendo interferir na análise morfométrica, não refletindo, portanto, uma característica biológica, e sim de preservação (HUBBE, 2008; JÚNIOR, 2012; SCHULTZ; HOLZ; GAMERMANN, 1990). Sendo assim, medidas angulares foram quantificadas e comparadas a dados de literatura, porém estes dados têm aplicação limitada, pois podem ter sido alterados pelo processo de compactação ao longo da diagênese da rocha (e.g. ângulo entre as cúspides, e ângulo entre as cúspides e a base do morfótipo 1; ângulo entre as cúspides do morfótipo 2; ângulos das cúspides e da cuspícula do morfótipo 5).

6.2.4 Associação faunística

Junto aos dentes de xenacantídeos foram encontrados alguns espécimes de icnofósseis; dentes de paleonisciformes, compridos e alongados; dentes de petalodontes; escamas de paleonisciformes, com formato de paralelogramo e de losango; e uma estrutura óssea, aparentemente uma escápula de Synapsida.

Os elementos mais comuns das acumulações estudadas, dentes alongados, pontiagudos e finos, com formato cônico, curvo ou sigmoidal, que foram identificados como dentes de paleonisciformes (ordem de peixes ósseos extintos; CHAHUD, 2003, 2007; MARANHÃO, 1995; MARANHÃO; PETRI, 1996; RICHTER, 1983; WÜRDIG-MACIEL, 1975). Devido a presença de características semelhantes, esses são difíceis de distinção taxonômica, sendo estudados como uma morfologia única por vários autores, como Würdig-Maciel (1975), Richter (1983), Maranhão (1995), Maranhão e Petri (1996) e Chahud (2003). Estes elementos ocorrem associados às escamas de paleonisciformes.

Além de dentes de paleonisciformes, foram encontradas estruturas semelhantes a dentes de petalodontes (vide CHAHUD, 2007, 2011; CHAHUD; PETRI, 2010a; COSTA, 2017). Esses dentes podem ter pertencido a *Itapyrodus punctatus* (Silva-Santos, 1990), por esta ser uma espécie abundante na Bacia do Paraná (CHAHUD; PETRI, 2016; CHAHUD; PETRI, 2016; COSTA, 2017; LAURINI, 2010).

Vale destacar que tal táxon representa indivíduos típicos de águas salgadas (CHAHUD; PETRI, 2010a, b; COSTA, 2013).

Os icnofósseis são fósseis comuns, mas não tão abundantes quanto restos de peixe, e ocorrem associados aos dentes estudados sendo representados por tubos cilíndricos, alongados, não ramificados e com contorno liso e são semelhantes ao icnogênero *Palaeophycus* Hall, 1847. Este icnogênero é representado por tocas horizontais e cilíndricas; curvadas a levemente sinuosas; não ramificadas; paredes lisas e preenchimento do tubo igual ao da rocha (KIM; PICKERILL; WILSON, 2000; KULKARNI; BORKAR, 1997; PEMBERTON; FREY, 1982). Tal icnofóssil é considerado uma marca de habitação, locomoção ou alimentação no substrato, feita por invertebrados em ambientes aquáticos e terrestres (AZEVEDO, 2009; KIM; PICKERILL; WILSON, 2000). Estes traços marcam a colonização do substrato por macroinvertebrados de infauna após a formação do depósito.

Dentre os fósseis associados é notável a ocorrência única de uma escápula de um sinapsídeo. As faunas permianas de diversas regiões do mundo apresentam, além de anfíbios e répteis, elementos da linhagem Synapsida (e.g. Pelycosauria, Dicyodontia, Cynodontia e Therocephalia) (MILNER, 1994; SWINTON, 1973 apud ANDREIS; CARVALHO, 2001). Há poucos registros destes últimos para as formações Teresina e Corumbataí, sendo os mais comuns na forma de icnofósseis (e.g. pegadas de Pelycosauria na Formação Corumbataí; SILVA; SEDOR; FERNANDES, 2012). Em outras partes da Bacia do Paraná há o registro de terapsídeos, porém restritos à Formação Rio do Rasto (BERTONI, 2014; BOOS, 2012, 2016; RAMOS, 2009; SILVA, 2004; SOARES; BOOS; OLIVEIRA, 2012). A escassez dos elementos corpóreos destes grupos, no Grupo Passa Dois torna essa ocorrência única. A cintura escapular dos Pelycosauria apresenta semelhanças com a dos Therapsida, na qual há fusão da escápula com o coracoide, formando o processo coracoide (KARDONG, 2016). Essas características e a semelhança com ossos de membros anteriores (considerando a posição e forma do processo coracoide) de sinapsídeos (e.g. GOVENDER, 2008 Fig. 1; MORATO, 2006 Fig. 8 A, 43 A), foi optado por classificar o fragmento ósseo encontrado como escápula de Synapsida.

A presença de concentrações fossilíferas ricas em fósseis de peixe e icnofósseis nos depósitos estudados da Formação Teresina corrobora com a descrição da fauna das formações Corumbataí/Teresina por diversos autores (e.g.

CHAHUD; FAIRCHILD, 2007; HOLZ et al., 2010; MARANHÃO; PETRI, 1996; MEGLHIORATTI, 2006; MENDES, 1952; RICHTER, 2005; ROHN, 1994; SOUSA, 1985; ZANARDO et al., 2016). Alguns fósseis encontrados podem indicar água doce (paleonisciformes e xenacantiformes; CHAHUD, 2003, 2007, 2011; CHAHUD; PETRI, 2009, 2010b; COSTA, 2013, 2017; JOHNSON, 1980; JURIGAN; RICARDI-BRANCO; DELCOURT, 2022; LAURINI, 2010; PAULIV et al., 2014; PAULIV et al., 2017; RAGONHA, 1984; WÜRDIG-MACIEL, 1975) e outros salgada (*Palaeophycus*; petalodontes; AZEVEDO, 2009; CHAHUD; PETRI, 2010a, b; COSTA, 2013; KULKARNI; BORKAR, 1997; PEMBERTON; FREY, 1982), evidenciando mudança de salinidade ou a mistura de restos com diferentes origens.

7 Conclusão

Com relação aos experimentos que quantificaram a desagregação das rochas e a preparação de material fóssilífero, foi concluído que:

- A água destilada e o peróxido de hidrogênio não se mostraram eficientes na desagregação das rochas estudadas;
- A preparação com ácido acético foi eficaz na desagregação das rochas e desprendimento dos fósseis;
- O material composto por fragmentos menores, com maior superfície de contato, gerou maior quantidade de material particulado;
- O peróxido de hidrogênio e o ácido acético, no intervalo de sete dias, não destruíram os fósseis. Porém deve se tomar cuidado ao utilizar ácido acético para a preparação de fósseis em intervalos muito longos de reação.

No que diz respeito aos xenacantídeos da Formação Teresina, na região de Angatuba:

- Foram reconhecidas quatro espécies anteriormente descritas (*Xenacanthus angatubensis*, *Xenacanthus camaquensis*, *Xenacanthus ragonhai* ? e *Mooreodontus moorei*), lembrando que *Xenacanthus angatubensis* e *Xenacanthus camaquensis* são consideradas *nomen nudum*;

-Foram encontrados dois Xenacanthidae indet., que são distintos dos descritos para as formações Corumbataí/Teresina. Estes elementos podem representar espécies novas ou espécies descritas para outras unidades estratigráficas;

-O material estudado mostra variações morfológicas que não haviam sido observadas anteriormente. Essas variações podem estar relacionadas à ontogenia, posição dos dentes na arcada, ou processos tafonômicos;

-Está demonstrada a necessidade de revisão taxonômica detalhada dos Xenacanthidae das formações Corumbataí/Teresina, uma vez que: a) muitas das espécies conhecidas são *nomen nudum*; b) O breve estudo deste material revelou possíveis novas espécies e variações morfológicas anteriormente desconhecidas; c) a literatura apresenta algumas incongruências [e.g. características morfológicas dos espécimes de *Mooreodontus moorei* encontrados por Ragonha (1984), são distintas daquelas dos espécimes estudados por Johnson (1980)].

-Em associação aos xenacantídeos ocorrem dentes e escamas de paleonisciformes, dentes de petalodontes, icnofósseis do gênero *Palaeophycus* e uma escápula de sinapsídeo. Tais registros corroboram a fauna da Formação Teresina e reforçam a ideia de um paleoambiente com oscilações na salinidade.

-A escápula de sinapsídeo é um registro importante para a Formação Teresina, dada a ausência ou raridade de restos corpóreos deste grupo para esta unidade, o que dificulta o conhecimento acerca da composição da fauna;

-Em adição, as rochas estudadas indicam eventos maiores ou menores de energia responsáveis pela formação das concentrações ricas em restos de peixes.

8 Referências

ALVES, Y. M. **Revisão taxonômica de Dipnoiformes e Siluriformes do Grupo Bauru (Cretáceo Superior) provenientes dos municípios de Santo Anastácio, estado de São Paulo, e Uberaba, estado de Minas Gerais**. 2012. Dissertação (Pós-graduação em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

ANDREIS, R. R.; CARVALHO, I. S. A Formação Corumbataí (Permiano Superior – Triássico Inferior, Bacia do Paraná) na Pedreira Pau Preto, município de Taguaí, São Paulo, Brasil: análise paleoambiental e das pegadas fósseis. **Revista Brasileira de Paleontologia**, n. 2, p. 33-46, 2001.

ARAGÃO, P. R.L. **Dentes fósseis de arcossauros da Formação Feliz Deserto (Cretáceo Inferior), Bacia de Sergipe-Alagoas**. 2021. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2021.

AZEVEDO, K. L. **Fósseis registrados na Bacia Bauru, Cretáceo Superior do Brasil: um levantamento bibliográfico**. 2009. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BENTON, M. J.; HARPER, D. A. T. **Introduction to Paleobiology and the fossil record**. Wiley-Blackwell, 2009.

BERTONI, R. S. **Morfologia pós-craniana de cinodontes traversodontídeos da zona de associação de *Santacruzodon*, Triássico Médio do Rio Grande do Sul, Bacia do Paraná, Brasil**. 2014. Dissertação (Pós-graduação em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

BLANKENSTEYN, A. Classe: Chondrichthyes. In: BLANKENSTEYN, A. **Zoologia de Cordados**. 2010. Cap.6, p. 63-76.

BONDIOLI, J. G.; MATOS, S. A.; WARREN, L.; RICCOMINI, C.; SIMÕES, M. G. Fossil-rich tsunamites from a stormy epeiric sea, Permian Corumbataí Formation, Paraná Basin, Brazil. Congresso Brasileiro de Paleontologia, 23., 2013, Gramado. **Boletim de resumos**. 2013, p. 298.

BOOS, A. D. S. **Descrição osteológica de um exemplar de *Endothiodon* (Synapsida, Dicynodontia) proveniente da Serra do Cadeado (Formação Rio do Rasto, Permiano Superior) e suas implicações bioestratigráficas e paleobiogeográficas**. 2012. Dissertação (Pós-graduação em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

BOOS, A. D. S. **Os terápsidos da Formação Rio do Rasto (Guadalupiano/Lopingiano, Bacia do Paraná): morfologia, taxonomia e aplicações biogeográficas.** 2016. Tese (Pós-graduação em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

CHAHUD, A. Chondrichthyes indeterminados do Membro Taquaral (Permiano, Formação Irati) no estado de São Paulo (Brasil). **Acta Biológica Paranaense**, n. 47, v. 3-4, p. 129-141, 2018.

CHAHUD, A.; FAIRCHILD, T. R. Vertebrados Paleozóicos do estado de São Paulo. In: CARVALHO, I. S.; CASSAB, R. C. T.; SCHWANKE, C.; CARVALHO, M. A.; FERNANDES, A. C. S.; RODRIGUES, M. A. C.; CARVALHO, M. S. S.; ARAI, M.; OLIVEIRA, M. E. Q. **Paleontologia: cenários de vida.** v. 1. Editora Interciência, 2007. p. 101-110.

CHAHUD, A. **Geologia e Paleontologia das formações Tatuí e Irati no centro-leste do estado de São Paulo.** 2011. Tese (Pós-graduação em Geoquímica e Geotectônica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CHAHUD, A. **Paleoictiologia do topo da Formação Tatuí e base da Formação Taquaral (Subgrupo Irati), Permiano, Alto Estrutural de Pitanga, região de Rio Claro, SP.** 2003. Monografia – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CHAHUD, A. **Paleontologia de vertebrados da transição entre os grupos Tubarão e Passa Dois (Neopaleozóico) no centro-leste do estado de São Paulo.** 2007. Dissertação (Pós-Graduação em Geologia Sedimentar) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

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

CHAHUD, A.; PETRI, S. O tubarão *Taquaralodus albuquerquei* (Silva Santos, 1946) do Membro Taquaral (Permiano, Formação Irati) no estado de São Paulo. **Acta Biológica Paranaense**, v. 39, n. 1-2, p. 1-17, 2010b.

CHAHUD, A.; PETRI, S. Paleontologia da fácies arenosa do membro Taquaral (Permiano) no estado de São Paulo: estado da arte e contribuições adicionais. **Revista do Instituto de Geociências**, v. 16, n. 3, p. 105-115, 2016.

CHAHUD, A.; PETRI, S. Registro de Paleoniscoides na base do Membro Taquaral, Formação Irati, Permiano da Bacia do Paraná. **Revista do Instituto Geológico**, v. 29, n. 1/2, p. 33-40, 2008.

COSTA, V. E. P. C. **Contribuições ao conhecimento sobre os Chondrichthyes permianos da Bacia do Paraná no Brasil**. 2017. Tese (Pós-graduação em Geociências) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

COSTA, V. E. P. C. **Sphenacanthidae e Xenacanthidae (Chondrichthyes: Elasmobranchii) da Formação Rio do Rasto no Estado do Paraná, Brasil**. 2013. Dissertação (Pós-graduação em Geociências) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

CPRM. GeoSBG: dados, informações e produtos do Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <https://geoportal.cprm.gov.br/geosgb/>. Acesso em: 19 Set. 2023.

FIGUEIREDO, F. J.; CARVALHO, B. C. M. C. A new Actinopterygian fish from the late Permian of the Paraná Basin, Southern Brazil. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 62, n. 4, p. 531-547, 2004.

FRAGOSO, L. G. C.; BITTENCOURT, J. S.; MATEUS, A. L. D.; COZZUOL, M. A.; RICHTER, M. Shark (Chondrichthyes) microremains from the Lower Cretaceous Quiricó Formation, Sanfranciscana Basin, Southeast Brazil. **Historical Biology**, v. 33, n. 8, p. 1308-1316, 2021.

FREEMAN, E. F. The large-scale extraction of microvertebrate fossils from sediment residues using Interfacial Methods. **Proceedings of the Geologists' Association**, v. 121, p. 4-12, 2010.

FULFARO, V. J.; SAAD, A. R.; SANTOS, M. V.; VIANNA, R. B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 12, n. 4, p. 590-611, 1982.

GHILARDI, R. P.; SIMÕES, M. G. Foram os bivalves do Grupo Passa Dois (Exclusive Formação Rio do Rasto), Neopermiano, invertebrados tipicamente dulcícolas?. **Pesquisas em Geociências**, v. 29, n. 1, p. 83-95, 2002.

GINTER, M.; HAIRPETIAN, V.; KLUG, C. Fammenian chondrichthyans from the shelves of North Gondwana. **Acta Geologica Polonica**, v. 52, n. 2, p. 169-215, 2002.

Google Earth Web. Disponível em: <https://earth.google.com/web/>. Acesso em: 19 Set. 2023.

GOVENDER, R. Description of the postcranial anatomy of *Aulacephalodon baini* and its possible relationship with '*Aulacephalodon peavoti*'. **South African Journal of Science**, v. 104, p. 479-486, 2008.

HEUPEL, M. R.; SIMPFENDORFER, C. A. Movement and distribution of young bull sharks *Carcharhinus leucas* in a variable estuarine environment. **Aquatic Biology**, v. 1, p. 277-289, 2008.

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 os South American Earth Sciences**, v. 29, p. 381-399, 2010.

HUBBE, A. **Contextualização taxonômica, tafonômica e morfométrica dos remanescentes ósseos da megamastofauna da Gruta Cuviere (MG), um sítio paleontológico do Pleistoceno tardio**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

IBGE. Bases Cartográficas Contínuas do Brasil. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/basescartograficas/#/mapa/>. Acesso em: 19 Set. 2023.

INGLEZ, L. **Estudo sedimentológico e tafonômico comparativo de concentrações de bioclastos na Formação Corumbataí, Grupo Passa Dois, Permiano, Bacia do Paraná, SP**. 2015. Monografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

JOHNSON, G. D. Xenacanthodii (Chondrichthyes) from the Tecovas Formation (Late Triassic) of West Texas. **Journal of Paleontology**, v. 54, n. 5, p. 923-932, 1980.

JÚNIOR, H. I. A. **Tafonomia da acumulação fossilífera de vertebrados pleistocênicos do tanque do Jirau, Itapipoca, estado do Ceará, Brasil**. 2012. Dissertação (Programa de pós-graduação em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

JURIGAN, I.; RICARDI-BRANCO, F.; DELCOURT, R. Ichthyoliths of the Corumbataí Formation: new occurrences and interpretations for São Paulo State, Brazil (Northeastern Paraná Basin). **Journal of South American Earth Sciences**, p. 1-46, 2022.

JURIGAN, I.; RICARDI-BRANCO, F.; DENTZIEN-DIAS, P. Permian western Gondwana food chain elucidated by coprolites from the Corumbataí Formation (Paraná Basin, Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, v. 127, p. 1-18, 2023.

KARDONG, K. V. **Vertebrados: anatomia comparada, função e evolução**. 7. ed. Roca, 2016.

KERN, H. P.; LAVINA, E. L. C.; PAIM, P. S. G.; GIRELLI, T. J.; LANA, C. Paleogeographic evolution of the southern Paraná Basin during the late Permian and its relation to the Gondwanides. **Sedimentary Geology**, p. 1-19, 2021.

KIM, J. Y.; PICKERILL, R. K.; WILSON, R. A. *Palaeophycus bolbitermilus* isp. nov. from the Lower Silurian Upsalquitch Formation of New Brunswick, Eastern Canada. **Atlantic Geology**, v. 36, n. 2-3, p. 131-137, 2000.

KULKARNI, K. G.; BORKAR, V. D. Ichnogenus *Palaeophycus* Hall from the Bagalkot Group, Karnataka State. **Journal Geological Society of India**, v. 49, p. 215-220, 1997.

LAURINI, C. R. **Elasmobrânquios fósseis da Serra do Cadeado, estado do Paraná (Formação Rio do Rasto, Permiano Superior)**. 2010. Dissertação (Pós-graduação em Biologia Comparada), Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2010.

LIMA, J. H. D.; NETTO, R. G. Trace fossils from the Permian Teresina Formation at Cerro Caveiras (S Brazil). **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 15, n. 1, p. 5-22, 2012.

MARANHÃO, M. S. A. S. **Fósseis das formações Corumbataí e Estrada Nova do estado de São Paulo**: subsídios ao conhecimento paleontológico e bioestratigráfico. 1995. Tese (Pós-graduação em Geologia Sedimentar) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

MARANHÃO, M. S. A. S.; PETRI, S. Novas ocorrências de fósseis nas formações Corumbataí e Estrada Nova do estado de São Paulo e considerações preliminares sobre seus significados paleontológico e bioestratigráfico. **Revista do Instituto Geológico de São Paulo**, v. 17, n. 1-2, p. 33-54, 1996.

MARTIN, E. E.; HALEY, B. A. Fossil fish teeth as proxies for seawater Sr and Nd isotopes. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 64, n. 5, p. 835-847, 2000.

MEGLHIORATTI, T. **Estratigrafia de Seqüências das Formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto (Permiano, Bacia do Paraná) na porção nordeste do Paraná e centro-sul de São Paulo**. 2006. Dissertação (Pós-graduação em Geologia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

MENDES, J. C. A Formação Corumbataí na região do Rio Corumbataí: estratigrafia e descrição dos lamelibrânquios. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo**. São Paulo, v. 8, p. 5-127, 1952.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 265-287, 2007.

MILANI, E. J.; RAMOS, V. A. Orogenias paleozoicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 28, n. 4, p. 473-484, 1998.

MORATO, L. ***Dinodontosaurus* (Synapsida, Dicynodontia)**: reconstituições morfológicas e aspectos biomecânicos. 2006. Dissertação (Pós-graduação em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

NEVES, J. P.; DAVIES, R. R.; SIMÕES, M. G. Tafonomia de tempestitos conchíferos amalgamados da Formação Teresina em Rio Preto (estado do Paraná, Permiano Médio, Bacia do Paraná) e suas implicações paleoambientais. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, v. 11, n. 3, p. 131-147, 2011.

PARMAR, V.; SINGH, S.; PRIYADARSHINI, R.; SHARMA, U.; PRASAD, G. Fossil fish remains from the Upper Oligocene – Early Miocene, Indus Molasse, Ladakh Himalaya. **Proceedings of the Indian National Science Academy**, v. 79, n. 2, p. 167-176, 2013.

PAULIV, V. E.; DIAS, E. V.; SEDOR, F. A.; RIBEIRO, A. M. A new Xenacanthiformes shark (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the Late Paleozoic Rio do Rasto Formation (Paraná Basin), Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 1, p. 135-145, 2014.

PAULIV, V. E.; MARTINELLI, A. G.; FRANCISCHINI, H.; DENTZIEN-DIAS, P.; SOARES, M. B.; SCHULTZ, C. L.; RIBEIRO, A. M. The first Western Gondwanan species of *Triodus* Jordan 1849: a new Xenacanthiformes (Chondrichthyes) from the Late Paleozoic of Southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 80, p. 482-493, 2017.

PEMBERTON, S. G.; FREY, R. W. Trace fossil nomenclature and the *Planolites-Palaeophycus* dilemma. **Journal of Paleontology**, v. 56, n. 4, p. 843-881, 1982.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A Vida dos Vertebrados**. 4. ed. Atheneu, 2008.

RAGONHA, E. W. **Taxionomia de dentes e espinhos isolados de Xenacanthodii (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da Formação Corumbataí**: considerações cronológicas e paleoambientais. 1984. Tese – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

RAMOS, B. D. **Materiais de Tetrapoda encontrados na Formação Rio do Rasto (Permiano Superior, Bacia do Paraná)**: descrição e considerações bioestratigráficas. 2009. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

RICHTER, M. A new Xenacanthid shark (Chondrichthyes) from the Teresina Formation, Permian of the Paraná Basin, Southern Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 8, n. 2, p. 149-158, 2005.

RICHTER, M. Ultra-estrutura de dentes de Paleoniscídeos (Pisces) do Grupo Passa Dois, RS, Brasil. **Iheringia**, v. 8, p. 131-145, 1983.

ROCHA, V. S. **Análise paleoambiental da Formação Teresina, Permiano da Bacia do Paraná (Brasil), e suas implicações paleoclimáticas**. 2020. Dissertação (Pós-graduação em Geociências) – Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

ROHN, R. **Evolução ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná**. 1994. Tese (Pós-graduação em Geologia Sedimentar) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

RUNNEGAR, B.; NEWELL, N. D. Caspian-like relict molluscan fauna in the South American Permian. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 146, p. 1-66, 1971.

SCHAEFFER, B.; WILLIAMS, M. Relationships of fossil and living Elasmobranchs. **American Zoologist**, v. 17, p. 293-302, 1977.

SCHULTZ, C. L.; HOLZ, M.; GAMERMANN, N. Tafonomia de vertebrados permotriássicos: a diagênese como fator de alteração morfológica. **Ciência e Natura**, n. 12, p. 77-81, 1990.

SIBERT, E. C.; CRAMER, K. L.; HASTINGS, P. A.; NORRIS, R. D. Methods for isolation and quantification of microfossil fish teeth and elasmobranch dermal denticles (Ichthyoliths) from marine sediments. **Palaeontologia Electronica**, p. 1-14, 2017.

SILVA, R. C. **Análise das pegadas fósseis de tetrápodes do Permiano Superior da Bacia do Paraná**. 2004. Dissertação (Pós-graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

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, p. 31-43, 2012.

SIMÕES, M. G.; KOWALEWSKI, M. Shell beds as paleoecological puzzles: a case study from the Upper Permian of the Paraná Basin, Brazil. **Facies**, v. 38, p. 175-196, 1998.

SIMÕES, M. G.; MATOS, S. A.; ANELLI, L. E.; ROHN, R.; WARREN, L. V.; DAVID, J. M. A new Permian bivalve-dominated assemblage in the Rio do Rasto Formation, Paraná Basin, Brazil: faunal turnover driven by regional-scale environmental changes in a vast epeiric sea. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 64, p. 14-26, 2015.

SIMÕES, M. G.; ROCHA-CAMPOS, A. C.; ANELLI, L. E. Paleocology and evolution of permian bivalve faunas (Paraná Basin) in Brazil. In: JOHNSTON, P. A; HAGGART, J. W. **Bivalves: an eon of Evolution**. University of Calgary Press, 1998. p. 443-452.

SIMÕES, M. G.; TORELLO, F. F. Modelo de tafofácies para os moluscos bivalves do Grupo Passa Dois (formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí), Permiano Superior, Bacia do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 4, p. 371-380, 2003.

SIMÕES, M. G.; TORELLO, F. F.; ROCHA-CAMPOS, A. C. Gênese e classificação da coquina de Camaquã, Formação Corumbataí (Neopermiano), na região de Rio Claro, SP. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 68, n. 4, p. 545-557, 1996.

SOARES, M. B.; BOOS, A. D. S.; OLIVEIRA, T. V. Antes dos mamíferos: os sinápsidos permotriássicos do sul do Brasil. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. **Geologia do Brasil**. Editora Beca, 2012, p. 763-776.

SOUSA, S. H. M. **Fácies sedimentares das Formações Estrada Nova e Corumbataí no estado de São Paulo**. 1985. Dissertação (Área de concentração: Paleontologia e Estratigrafia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.

SOUZA, M. H. O. **Separação do calcário e do folhelho pirobetuminoso da Formação Irati para utilização como corretivo e como aditivo na indústria da cerâmica**. 2003. Tese (Pós-graduação em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

THOMAS, F. C.; MURNEY, M. G. Techniques for extraction of foraminifers and ostracods from sediments samples. **Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences**, n. 54, p. 1-24, 1985.

TOMASSI, H. Z. **Taxonomia, tafonomia e paleoecologia de ostracodes (Crustacea) da Formação Corumbataí, Permiano da bacia do Paraná, Estado de Goiás, Brasil**. 2009. Dissertação (Pós-Graduação em Geologia Regional) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

WARREN, L. V.; ALMEIDA, R. P.; HACHIRO, J.; MACHADO, R.; ROLDAN, L. F.; STEINER, S. S.; CHAMANI, M. A. C. Evolução sedimentar da Formação Rio do Rasto (Permo-Triássico da Bacia do Paraná) na porção centro-sul do estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 2, p. 1-15, 2008.

WÜRDIG-MACIEL, N. L. Ichtiodontes e Ichtiodorulitos (Pisces) da Formação Estrada Nova e Sua Aplicação na Estratigrafia do Grupo Passa Dois. **Pesquisas em Geociências**, v. 5, n. 1, p. 7-166, 1975.

ZANARDO, A.; MONTIBELLER, C. C.; NAVARRO, G. R. B.; MORENO, M. M. T.; ROCHA, R. R.; ROVERI, C. D.; AZZI, A. A. Formação Corumbataí na região de Rio Claro/SP: petrografia e implicações genéticas. **Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 322-345, 2016.