



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

TÁSSIA JULIANA BERTOTTO

**MACROFÓSSEIS DOS FOLHELHOS DAS FORMAÇÕES IPUBI E ROMUALDO
(GRUPO SANTANA, BACIA DO ARARIPE) COMO *PROXY* PARA INFERÊNCIAS
TAFONÔMICAS E PALEOECOLÓGICAS**

Recife

2023

TÁSSIA JULIANA BERTOTTO

**MACROFÓSSEIS DOS FOLHELHOS DAS FORMAÇÕES IPUBI E ROMUALDO
(GRUPO SANTANA, BACIA DO ARARIPE) COMO *PROXY* PARA INFERÊNCIAS
TAFONÔMICAS E PALEOECOLÓGICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geociências.

Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Ribeiro de Oliveira.

Recife
2023

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

B547m	Bertotto, Tássia Juliana. Macrofósseis dos folhelhos das formações IPUBI e Romualdo (Grupo Santana, Bacia do Araripe) como <i>Proxy</i> para inferências tafonômicas e paleoecológicas / Tássia Juliana Bertotto. – 2023. 66 f.: il., fig. Orientador: Prof. Dr. Gustavo Ribeiro de Oliveira. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Recife, 2023. Inclui referências. 1. Geociências. 2. Folhelho. 3. Formação Romualdo. 4. Formação Ipubi. I. Oliveira, Gustavo Ribeiro de (Orientador). II. Título.
	UFPE 551 CDD (22. ed.) BCTG/2024-13

TÁSSIA JULIANA BERTOTTO

**MACROFÓSSEIS DOS FOLHELHOS DAS FORMAÇÕES IPUBI E ROMUALDO
(GRUPO SANTANA, BACIA DO ARARIPE) COMO *PROXY* PARA INFERÊNCIAS
TAFONÔMICAS E PALEOECOLÓGICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geociências. Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental.

Aprovada em: 02/05/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gustavo Ribeiro de Oliveira (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Álamó Antonio Feitosa Saraiva (Examinador Externo)
Universidade Regional do Cariri

Prof. Dr. Renan Alfredo Machado Bantim (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Rafael César Lima Pedroso de Andrade (Examinador Externo)
Universidade Regional do Cariri

AGRADECIMENTOS

À CAPES por ter me concedido a bolsa, tornando possível o desenvolvimento do projeto.

Ao PPGEOC pelo auxílio financeiro e ajuda em visita de coleções.

Ao meu orientador, Gustavo Oliveira. Ele contribuiu muito para o meu desenvolvimento para além da esfera acadêmica.

Ao meu companheiro, Reginaldo Gusmão, pelas aulas de R, pela contribuição intelectual e pelo suporte que tem me dado durante todo o processo.

Ao geólogo Felipe Simbras pelas aulas de estratigrafia, participação em campos e demais orientações relacionadas à elaboração de perfis.

Aos colegas de laboratório que participaram dos campos e me auxiliaram de diversas formas ao longo do curso.

À UFRPE pelo apoio logístico.

RESUMO

O Grupo Santana da Bacia do Araripe é mundialmente conhecido pelo excepcional estado de preservação, riqueza e abundância de seus exemplares fósseis. Essa condição, no entanto, não se estende para todas as fácies sedimentares. Consequentemente, materiais preservados nos calcários laminados da Formação Crato e nas concreções calcárias da Formação Romualdo são mais explorados do que aqueles depositados em folhelhos (formações Crato, Ipubi e Romualdo). Além disso, propostas estratigráficas divergentes para a bacia, a dificuldade em realizar escavações controladas e as limitações do conhecimento acerca dos limites entre estas três formações interferem na precisão de informações de caráter estratigráfico. Em decorrência disso, há espécimes que são posicionados estratigraficamente de forma dúbia ou ficam restritos a trabalhos de caráter descritivo (p.ex: *Arartasaurus museunacionali*). Neste trabalho, apontamos esses problemas a fim de buscar caminhos para resolver essas divergências. Desta forma, avaliamos e comparamos a diversidade da ictiofauna presente nas formações Crato, Ipubi e Romualdo. A partir disso foi possível afirmar que a ictiofauna da formação Ipubi é mais diversa do que a Formação Crato, e muito semelhante àquela observada na Formação Romualdo. Também descrevermos novas ocorrências fossilíferas para os folhelhos da Formação Ipubi, como um exemplar de cf. *Notelops*, um equinoide, e uma nadadeira caudal de *Osteichthyes* indet. Esta nadadeira representa potencialmente um novo táxon para a Bacia do Araripe, pois não corresponde as espécies reportadas para o local até o momento.

Palavras-chave: folhelho; formação romualdo; formação Ipubi.

ABSTRACT

The Santana Group of the Araripe Basin is known worldwide for the exceptional quality of preservation, richness and abundance of its fossil specimens. This condition, however, does not extend to all sedimentary facies. Consequently, materials preserved in the laminated limestones of the Crato Formation and in the limestone concretions of the Romualdo Formation are more explored than those deposited in shales (Crato, Ipubi and Romualdo formations). In addition, divergent stratigraphic proposals for the basin, the difficulty in carrying out controlled excavations and the limitations of knowledge about the boundaries between these three formations interfere with the accuracy of stratigraphic information. As a result, many specimens are stratigraphically positioned in a dubious way or are restricted to works of a descriptive nature (eg: *Arartasaurus museuacionali*). In this work, we pointed out these problems in order to seek ways to resolve these divergences. In this way, we evaluated and compared the diversity of the ichthyofauna present in the Ipubi and Romualdo formations, in addition to describing new fossiliferous occurrences for the shales of the Ipubi Formation. We also described new fossiliferous occurrences for the shales of the Ipubi Formation, as an example of cf. *Note/ops*, an echinoid, and a caudal fin from Osteichthyes indet. This fin potentially represents a new taxon for the Araripe Basin, as it does not correspond to the species reported for the site so far.

Keywords: shale; romualdo formation; ipubi formation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Exploração de gipsita na Mineradora Serrolândia, em que é possível observar a perda do controle estratigráfico em litologias potencialmente fossilíferas (folhelhos e concreções carbonáticas). 11
- Figura 2 - Escavação com controle estratigráfico na Mineradora São Jorge. O material é originário da Formação Ipubi e foi coletado abaixo da camada de gipsita. O folhelho depositado acima da gipsita também pertence a esta formação..... 13
- Figura 3 - Afloramento na Mineradora Serrolândia em que é possível observar os limites entre as formações Ipubi e Romualdo, marcados por uma desconformidade acima da camada de gipsita. 13
- Figura 4 - Holótipo de *Aratasaurus museunacionali*, previamente atribuído à Formação Ipubi, e posteriormente descrito como pertencente à Formação Romualdo..... 16
- Figura 5 - Mapa da Bacia do Araripe. A: Mapa do Brasil evidenciando a região e os estados em que a Bacia do Araripe está localizada; B: Localização da bacia sedimentar do Araripe; C: Bacia do Araripe..... 19
- Figura 6 - Andar Alagoas, separado por três sequências deposicionais..... 22
- Figura 7 - Afloramento na mineradora Serrolândia. Folhelhos e siltitos intercalados com arenitos de granulometria fina (Formação Romualdo). Abaixo ocorre a exploração de gipsita (Formação Ipubi). 24
- Figura 8 - Perfil representando a Formação Romualdo na Mina São Jorge, em Trindade, PE. SR = Serrolândia. 31
- Figura 9 - Curva de rarefação relacionando a riqueza da ictiofauna das formações Crato, Ipubi e Romualdo. Fonte: A autora. 34
- Figura 10 - Molde e contramolde de equinoide atribuído à Formação Ipubi. (Escala: 10mm). 44
- Figura 11 - A: Desenho esquemático evidenciando as principais estruturas observadas em exemplar de equinoide atribuído à Formação Ipubi. B: Imagem evidenciando apenas o desenho (sem escala)..... 45
- Figura 12 - Exemplar de cf. *Notelops* atribuído à Formação Ipubi, no qual a seta vermelha está evidenciando o caractere diagnóstico da espécie presente na nadadeira caudal (escala: 10 mm). 47

Figura 13 - Espécime de cf. <i>Notelops</i> submetido à iluminação UV, em que é possível observar estruturas atribuídas a tecidos moles (sem escala).....	47
Figura 14 - Representação gráfica de <i>Notelops brama</i> , evidenciando o caractere diagnóstico da espécie presente na nadadeira caudal, indicado pela seta vermelha.....	48
Figura 15 - Parte de nadadeira caudal de UFRPE 4766, atribuído à formação Ipubi (Escala: 10 mm).	50
Figura 16 - UFRPE 4766, na qual há, além do exemplar não identificado, um coprólito e dois espécimes de <i>Dastilbe crandalli</i> (Imagem sem escala).51	
Figura 17 - Exemplar de <i>Dastilbe crandalli</i> (UFRPE 5607) proveniente de folhelho betuminoso, submetido a iluminação UV. Escala: 10 mm.....	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	Geologia da Bacia do Araripe	18
2.2	A Bacia do Araripe e os fósseis do grupo Santana	25
3	OBJETIVOS	27
3.1	Geral	27
3.1.1	Específicos	27
4	MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1	Medidas de diversidade	28
4.2	Diversidade preservada nos folhelhos	29
4.3	Escavação controlada em folhelhos da Formação Romualdo	29
5	RESULTADOS	32
5.1	Curva de rarefação	32
5.2	Levantamento dos exemplares depositados na coleção de paleontologia da UFRPE	35
5.3	Novos registros para a Formação Ipubi	43
5.3.1	Equinoide	43
5.3.2	cf. <i>Notelops</i>	46
5.3.3	<i>Osteichthyes</i> indet.	48
6	DISCUSSÃO	52
6.1	Importância de controlar a diferença de esforço amostral	52
6.2	Viés da utilização de dados secundários	54
6.3	Fósseis do Grupo Santana preservados em folhelhos, depositados na coleção da Universidade Federal Rural de Pernambuco	55
6.4	Novos exemplares	57
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

A paleoecologia ainda não é totalmente contemplada pelo que vem sendo produzido cientificamente pela ecologia atual (Lins de Paiva & Gallo, 2021). Apesar da disponibilidade crescente de recursos que sustentem inferências paleoecológicas, a grande maioria dos trabalhos da área são de caráter descritivo (Lins de Paiva & Gallo, 2021). Essa escassez está ligada à complexidade de relacionar aspectos e padrões ecológicos de comunidades atuais na obtenção de um melhor entendimento sobre ambientes pretéritos. Isso porque geralmente o ambiente em que os organismos estavam inseridos não é totalmente conhecido. Além disso, a seletividade de morte e/ou preservação, a variação temporal entre os estratos e camadas de rochas que abrigam esses fósseis, assim como aspectos tafonômicos (como transporte de carcaças, energia do ambiente deposicional, variações climáticas) são fatores determinantes para dar maior robustez a essas interpretações (Holz & Simões, 2002). Portanto, é importante considerar todos esses fatores ao elaborar propostas paleoecológicas a partir de fósseis preservados em rochas sedimentares.

Depósitos sedimentares que abrigam assembleias *Fossil-lagerstätten* são extremamente raros (Briggs, 2001). Essa denominação se dá pela alta diversidade de organismos e pela excepcional qualidade de seus exemplares (Kellner et al., 2002). Esse tipo de depósito apresenta uma riqueza que oferece não apenas a possibilidade de conhecer e descrever organismos fossilizados, mas também de compreender a partir dos registros que tipo de interações poderiam ocorrer entre eles, bem como variações ambientais, eventos de sucessão e aspectos evolutivos desses organismos (Fara et al., 2005). Essas inferências dependem diretamente do conhecimento acerca da geologia da bacia sedimentar, mas também oferecem subsídios para um melhor entendimento sobre a geologia local. Portanto, a estabilidade das propostas estratigráficas e a precisão do posicionamento estratigráfico dos fósseis são fundamentais.

Além das condições tafonômicas (bioestratinômicas e fossildiagnéticas), os métodos de coleta e posicionamento estratigráfico também são essenciais em interpretações paleoambientais, porém nem sempre essas informações são disponíveis. No Grupo Santana da Bacia do Araripe, por exemplo, ocorre exploração de rochas de interesse econômico, que estão fortemente relacionadas com as

unidades litológicas de interesse paleontológico (Figura 1). Portanto, a maioria dos fósseis da região é exposto e/ou coletado durante o processo de mineração. Quando chegam às coleções científicas, há pouca ou nenhuma informação estratigráfica (Vila Nova et al., 2011). Desta forma, a irregularidade das coletas pode levar a posicionamentos estratigráficos imprecisos para os fósseis, afetando qualquer interpretação que não seja de caráter descritivo.

Figura 1 - Exploração de gipsita na Mineradora Serrolândia, em que é possível observar a perda do controle estratigráfico em litologias potencialmente fossilíferas (folhelhos e concreções carbonáticas).



Fonte: A Autora (2023).

Localizada entre os estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, a Bacia do Araripe é mundialmente conhecida pela excepcional representatividade de fósseis do Cretáceo (Valença et al., 2003). O Grupo Santana (Aptiano/Albiano) é formado, da base para o topo, pelas formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo (Assine et al., 2014). Condições especiais de fossilização conferem à Formação Crato e às concreções da Formação Romualdo o título de assembleias *Fossil-lagerstätten* (Kellner et al., 2002). Para o Grupo Santana há registros de vertebrados, como peixes (ósseos e cartilagosos) (Maisey, 1991), crocodilomorfos (Figueiredo et al.,

2009), lagartos (Simões, 2012) dinossauros (Silva et al., 2013), aves (Carvalho et al., 2015), pterossauros (Kellner, 2013; Pinheiro & Rodrigues, 2017), tartarugas (Oliveira & Kellner, 2007) e anfíbios (Báez et al., 2009). Além disso, ocorre uma grande diversidade de artrópodes, como insetos (Maisey, 1991), decápodes (Alencar et al., 2018), escorpiões (Carvalho & Lourenço, 2001) e aranhas (Selden et al., 2006). Ainda no grupo dos invertebrados, há registros de moluscos e equinodermos (Pereira et al. 2015). Plantas, principalmente gimnospermas e angiospermas, também são comumente reportadas para a bacia (Lima et al., 2012). Essa extensa representatividade confere à Bacia do Araripe uma importância reconhecida mundialmente no contexto paleontológico.

Cada uma das formações do Grupo Santana apresenta particularidades com relação a biotas, ambientes de sedimentação e características granulométricas e fossilígenas, mas existem camadas em que essas informações são pouco conhecidas ou difíceis de diferenciar, podendo levar a interpretações ambíguas (Assine et al, 2014). Apesar de a Formação Barbalha ser menos explorada paleontologicamente (Mayrinck et al., 2023), as demais unidades apresentam um conteúdo fossilífero muito rico (Assine et al., 2014; Barros et al., 2016). A maioria das camadas fossilíferas diverge muito no que diz respeito à composição, qualidade e tipo de preservação da biota, porém essas particularidades são se aplicam aos folhelhos. Estes, por sua vez, contam com uma composição biótica semelhante em diferentes estratos, e contam com uma vasta diversidade.

Os folhelhos das formações Ipubi e Romualdo apresentam fácies semelhantes em algumas camadas. Os folhelhos betuminosos ocorrem em ambas as formações, portanto, não é seguro atribuir exemplares a determinada formação com base apenas em aspectos fasciológicos. Além disso, a discordância que delimita estes estratos nem sempre é visível em campo, mas pode ocorrer acima do folhelho capeador da gipsita (Figuras 2 e 3).

Figura 2 - Escavação com controle estratigráfico na Mineradora São Jorge. O material é originário da Formação Ipubi e foi coletado abaixo da camada de gipsita. O folhelho depositado acima da gipsita também pertence a esta formação.



Fonte: Pereira et al. (2020).

Figura 3 - Afloramento na Mineradora Serrolândia em que é possível observar os limites entre as formações Ipubi e Romualdo, marcados por uma desconformidade acima da camada de gipsita.



Fonte: A Autora (2023)

As litologias representadas pelos folhelhos das formações Ipubi e Romualdo já têm reportado peixes, decápodes, fragmentos de plantas, coprólitos, um fragmento de dinossauro, uma tartaruga, incluindo pegadas de tetrápodes (Barros et

al., 2016; Barros et al., 2020; Lima et al., 2019; Silva et al., 2013; Oliveira et al., 2011; Dientzen-Dias et al., 2010, Sayão et al., 2020). Apesar disso, seu potencial ainda é pouco explorado (Barros et al., 2016). Por estarem localizados entre duas assembleias ricas em fósseis, e por apresentarem, por meio dos exemplares já descritos o seu potencial fossilífero, estes folhelhos podem desempenhar um papel fundamental em relação ao conhecimento acerca da diversidade, evolução, e interpretações de ambientes deposicionais (Barros et al., 2016).

A exploração e o reconhecimento da importância do conteúdo fossilífero dos folhelhos da Bacia do Araripe é relativamente recente (Oliveira et al., 2011; Barros et al., 2016). O pouco interesse está relacionado ao baixo estado de preservação dos exemplares, quando comparados aos demais estratos (Barros et al., 2016). Além disso, as informações sobre o posicionamento estratigráfico dos exemplares são escassas, reduzindo o potencial das interpretações. Apesar do estado de conservação, os espécimes oriundos destes folhelhos podem auxiliar na interpretação da sucessão ecológica, diversidade de espécies e aspectos paleoambientais envolvidos no ambiente deposicional em questão (Barros et al., 2016).

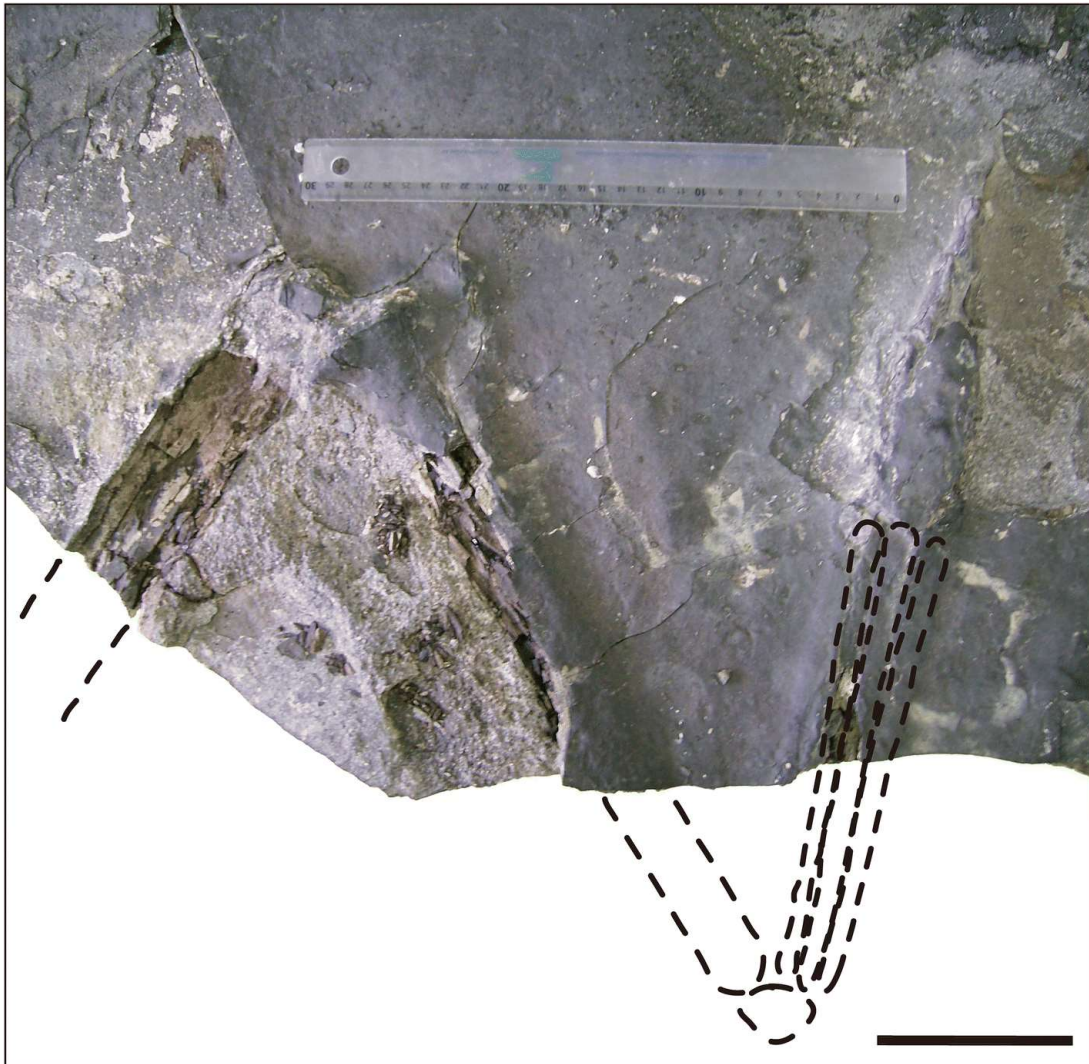
A Formação Ipubi ocorre logo acima da Formação Crato, sendo composta por folhelhos e siltitos, intercalados com pacotes de gipsita na porção sudoeste, contendo também camadas descontínuas de arenito em algumas porções da bacia (Assine et al., 2014). Apesar de serem reconhecidas as suas diferentes fácies, incluindo os folhelhos, a Formação Ipubi já foi associada apenas aos evaporitos, como a gipsita e a anidrita (Mabesoone & Tinoco, 1973). Sua deposição está associada a ambiente costeiro, com eventuais aportes de água marinha (Assine et al., 2014). Logo acima da Formação Ipubi ocorre a Formação Romualdo. Ela é composta por arenito intercalado com siltito e folhelhos contendo concreções calcárias em alguns níveis. (Assine et al., 2014). As fácies dos folhelhos da sua base são semelhantes a aqueles encontrados na Formação Ipubi, escuros e betuminosos. Seu ambiente deposicional é interpretado como marinho (Assine et al., 2014). Os limites entre estas duas formações ainda são discutidos, considerando que os folhelhos depositados acima da camada de gipsita apresentam fácies sedimentares muito semelhantes e são interpretados de diferentes formas por diferentes autores (p.ex: Assine et al., 2014; Martill, 1993). Há por exemplo, propostas estratigráficas que atribuem todos os folhelhos acima da camada gipsita como pertencentes à

Formação Romualdo - conforme proposto por Mabesoone & Tinoco (1973). Independente dessas diferentes interpretações, é importante salientar a importância da diversidade do conteúdo fossilífero presente nestes folhelhos.

O registro sedimentar da Bacia do Araripe não é distribuído de maneira uniforme ao longo de sua extensão (Assine, 2007). Na porção leste, por exemplo, as camadas de gipsita da Formação Ipubi são pouco espessas. Enquanto na região oeste, pode alcançar 30 metros de altura. Além disso, as camadas de gipsita são descontínuas (Assine et al., 2014; Assine, 2007). Entre os pacotes de gipsita podem ocorrer também camadas de folhelhos, nos quais já foi registrada a presença de conchostráceos (Bobco et al., 2017). Considerando a descontinuidade da Formação Ipubi e a semelhança de seus folhelhos com aqueles encontrados na Formação Romualdo, é importante ressaltar a possibilidade de interpretações estratigráficas imprecisas. A discordância é considerada o limite entre estas duas formações e oferece maior confiabilidade na precisão do perfil, mas nem sempre é possível identificá-la nos afloramentos.

Um exemplo dessas divergências relacionadas ao posicionamento estratigráfico é o que pode ser observado no exemplar recentemente descrito como uma nova espécie de terópode. Na sua descrição, o holótipo de *Aratasaurus museunacionali* (Sayão, Saraiva, Brum, Bantim, Andrade, Cheng, Lima, Silva e Kellner, 2020) foi atribuído à base da Formação Romualdo (Sayão et al., 2020) (Figura 4). Porém, o mesmo exemplar (informação obtida por comunicação pessoal, Renan Bantim), que está depositado no Museu de Paleontologia Plácido Cidade Nuvens, da Universidade Regional do Cariri, em Santana do Cariri, teve sua origem associada à Formação Ipubi em publicação anterior (Silva et al., 2013). Assim, salientamos que ainda há muitas lacunas no conhecimento acerca da estratigrafia e do posicionamento dos fósseis desses estratos. Isso pode causar a perda de informações sustentem inferências paleoambientais ou paleoecológicas mais conclusivas.

Figura 4 - Holótipo de *Aratasaurus museunacionali*, previamente atribuído à Formação Ipubi, e posteriormente descrito como pertencente à Formação Romualdo.



Fonte: Sayão et al. (2020).

Na Bacia do Araripe, a Formação Ipubi já foi considerada afossilífera (Mabesoone & Tinoco, 1973), porém atualmente já existem alguns materiais reportados para esta unidade (p.ex.: Pereira et al., 2020), sendo ela considerada ainda menos diversa do que as demais (Sayão et al., 2015). Na formação Ipubi a maior riqueza e diversidade é representada pela ictiofauna (Barros et al., 2016), de forma similar as outras formações fossilíferas do Grupo Santana, (Sayão et al., 2015). Portanto, devido a sua ampla distribuição temporal e diversidade, os peixes têm alto potencial em fornecer conhecimentos acerca da paleobiologia presente na Bacia do Araripe, especialmente por meio da sucessão de espécies.

Os processos envolvidos no evento de sucessão de espécies são determinantes para ampliar a compreensão acerca da paleobiota em maior escala. Assim, conhecer melhor os organismos precursores, é importante para uma melhor interpretação a respeito da diversidade presente nos folhelhos. Desta forma, ainda que não faça parte diretamente do objetivo deste trabalho a inclusão da Formação Crato, que faz contato com a base da Formação Ipubi, tem um papel fundamental na interpretação da diversidade preservada nestes estratos.

Assim, pretendemos comparar as três formações (Crato, Ipubi e Romualdo) a partir de medidas de diversidade. Medidas de diversidade devem levar em consideração as variações de esforço amostral, observadas nas diferentes unidades deposicionais do Grupo Santana. Portanto, destacamos que há limitações no que diz respeito à capacidade de se basear em modelos atuais para inferir ambientes pretéritos.

Considerando que há muitas lacunas relacionadas ao paleoambiente e fauna associada ao ambiente deposicional que originou a Formação Ipubi (Lúcio et al., 2022), bem como os folhelhos da Formação Romualdo, nós buscamos ampliar o conhecimento acerca destas unidades sedimentares. (i) ao caracterizar e comparar a estrutura de comunidades da ictiofauna (i.e., riqueza e composição) das formações Crato, Ipubi e Romualdo do Grupo Santana; (ii) realizar um levantamento dos espécimes fossilizados nos folhelhos das formações Ipubi e Romualdo posicionando estratigraficamente quando possível; (iii) reportar a ocorrência de novos registros fósseis para a Formação Ipubi; (iv) oferecer um *proxy* para a compreensão sobre como se deu a sucessão da ictiofauna na Bacia do Araripe por meio de inferências paleoecológicas a partir dos espécimes amostrados.

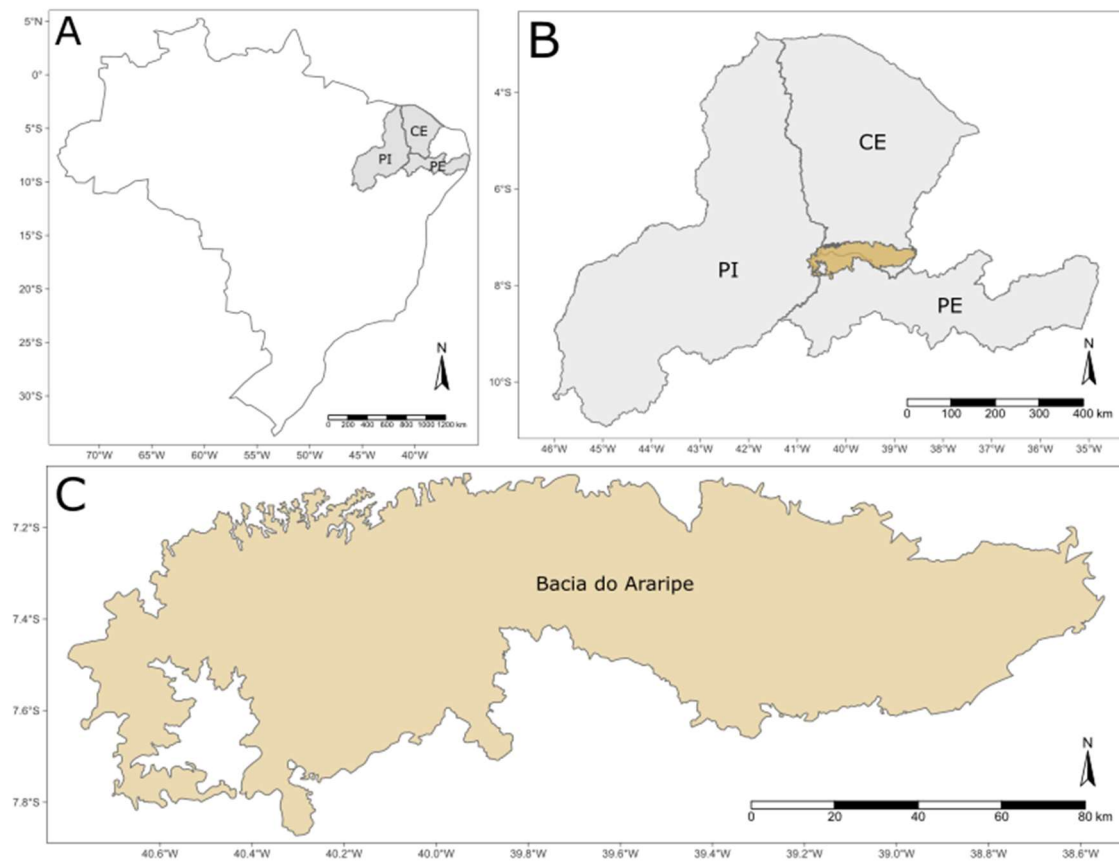
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Abordaremos a seguir aspectos pertinentes à geologia, localização e caracterização geral da Bacia do Araripe. Informações relacionadas aos fósseis da bacia também serão considerados.

2.1 Geologia da Bacia do Araripe

A Bacia do Araripe teve sua origem relacionada com o processo de rifteamento do Gondwana, evento que separou a África da América do Sul (Mabesoone, 1994). A fase inicial deste processo resultou em uma série de bacias sedimentares em grábens no interior do Nordeste brasileiro (Silva, 1986). Dentre elas, a Bacia do Araripe é considerada a maior, com uma área de aproximadamente 9000 km². Seus limites estão compreendidos entre os estados de Pernambuco, Ceará e Piauí (Figura 5), com um registro deposicional que representa majoritariamente o Jurássico e o Cretáceo (Assine, 1992; Ponte & Ponte Filho, 1996). A bacia está localizada na Província da Borborema, ao sul do Lineamento de Patos (Assine, 2014), e sua deposição teve início acima do embasamento neoproterozoico (Neumann & Cabrera, 1999).

Figura 5 - Mapa da Bacia do Araripe. A: Mapa do Brasil evidenciando a região e os estados em que a Bacia do Araripe está localizada; B: Localização da bacia sedimentar do Araripe; C: Bacia do Araripe.



Fonte: A Autora (2023)

O primeiro registro de aporte sedimentar na Bacia do Araripe, denominada de sequência Paleozoica, corresponde à Formação Cariri (Assine, 2007). Esta unidade litológica é composta por arenitos imaturos de granulometria média a grossa, indicando sistemas fluviais entrelaçados (Assine, 2007). Sua semelhança litológica com a Formação Tacaratu da Bacia do Jatobá permitiu, por correlação, atribuir sua idade entre ordoviciano e devoniano (Assine, 2007). Essa unidade sedimentar ocorre na porção leste da bacia e apresenta icnofósseis atribuídos a organismos vermiformes (Assine, 2007). Houve uma proposta que associava a Formação Cariri ao Cretáceo, com base em possíveis pegadas de dinossauros (Carvalho et al., 1995), porém devido à ausência de evidências, esta afirmação não pode ser confirmada (Kellner & Campos, 2000).

A evolução mesozoica da Bacia do Araripe é subdividida em diferentes fases, denominadas pré-rifte, rifte, pós-rifte I e pós-rifte II (Assine et al., 2014) (Figura 6). A sequência pré-rifte (Jurássico superior, Andar Dom João) engloba as formações

Brejo Santo e Missão Velha. Esta fase teve seu início marcado por uma subsidência mecânica, resultando na depressão Afro-Brasileira (Assine, 2007). A depressão abrange uma grande extensão no Nordeste brasileiro, e este evento favoreceu a ativação das bacias sedimentares da região (Assine, 2007).

A era paleozoica é representada na Bacia do Araripe apenas pela Formação Cariri. Essa sequência deposicional que ocorre apenas na porção leste da bacia. Sua composição é dada por arenitos que variam de granulometria média a muito grossa, podendo apresentar também camadas contendo conglomerados. A deposição dessa unidade se desenvolveu apenas em áreas continentais, e é atribuída a sistemas fluviais entrelaçados. Por meio de correlação com a Formação Tacaratu (Bacia de Jatobá) e com o Grupo Serra Grande (Bacia da Parnaíba), a Formação Cariri é atribuída ao Ordoviciano Superior / Devoniano Inferior. Acima dessa sequência está depositada a Formação Brejo Santo, representando a primeira camada da fase pré-rifte da Bacia do Araripe (Assine, 2007).

A Formação Brejo Santo é composta por folhelhos e lamitos vermelhos, na qual ocorrem ostracodes (associados ao Andar Dom João) estritamente não-marinheiros, sugerindo um ambiente lacustre (Assine, 2007; Batista et al., 2023). Acima, ocorre a Formação Missão Velha, composta por arenitos, podendo ocorrer também conglomerados. Nesta formação é comum encontrar fósseis de troncos de madeira silicificada, indicando a presença de coníferas (Assine, 2007).

A sequência rifte é datada do berriasiano/valanginiano (Neocomiano), representada pela Formação Abaiara (Assine, 2007). Faz contato basal com a Formação Missão Velha, apresentando discordância no topo (Assine, 2007). A base é composta por folhelhos intercalados com arenitos finos. A parte superior da sequência deposicional é formada por arenitos grossos e conglomerados intercalados, podendo ocorrer fragmentos de madeira silicificada (Assine, 2007). A estratificação cruzada recumbente e as dobras convolutas indicam que houve tectonismo durante a sedimentação. O ambiente deposicional é interpretado como continental, alternando entre lagos rasos e planícies fluviais, com paleofluxos para SSW (Assine, 1994; Assine et al., 2014).

A sequência pós-rifte I está depositada em discordância com a mais antiga. Esta discordância é conhecida como pré-Alagoas, e ocorre em todas as bacias da margem leste brasileira, estabelecendo esta demarcação. Faz contato direto com o embasamento na porção ocidental da bacia (Assine, 2007). Esta megassequência

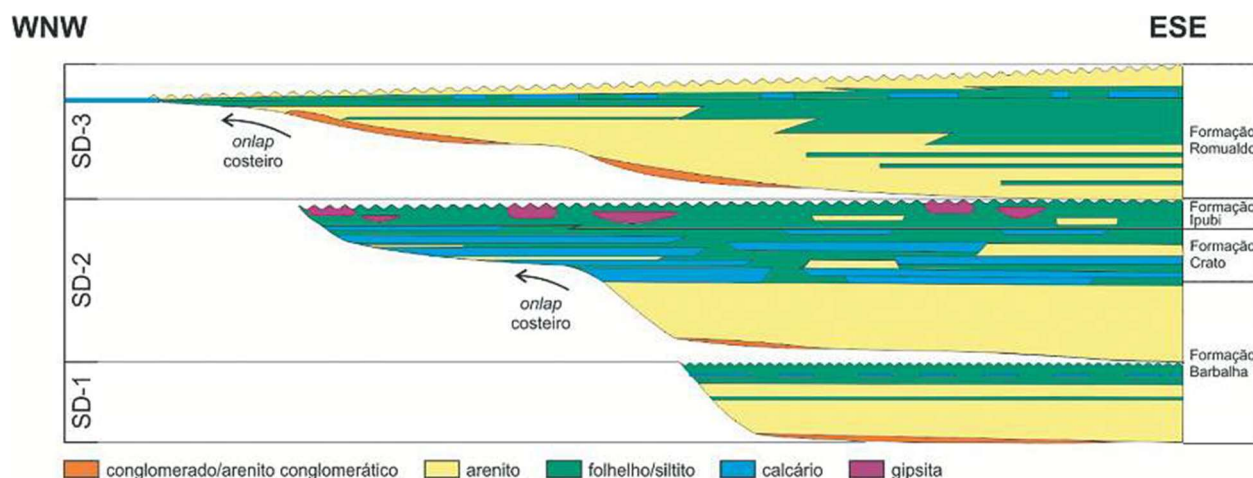
engloba as quatro formações que constituem o Andar Alagoas do Grupo Santana, chamadas respectivamente da base para o topo de Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo (Assine et al., 2014). Esta sequência é marcada por duas desconformidades, o que a leva a ser subdividida em três sequências deposicionais (Assine et al., 2014). Embora, recentemente proposta a idade Barremiana para a Formação Ipubi (Lucio et al., 2020), o Grupo Santana é considerado de idade Aptiana/Albiana (Assine et al., 2014). Já foi considerado uma formação (Formação Santana) (Beurlen, 1971; Assine, 2007), mas as propostas que o elencaram como grupo vêm recebendo maior aceitação (Assine et al., 2014; Valença et al., 2003).

A primeira sequência deposicional do Grupo Santana é delimitada desde a base até a metade da Formação Barbalha. É composta por arenitos que variam de finos a muito grossos. Os arenitos apresentam um padrão *fining upward*, e podem conter níveis com clastos de argila. Este pacote sedimentar representa um ambiente continental, com canais fluviais migratórios (Assine et al., 2014).

Acima, estão depositadas as Camadas Batateiras, caracterizadas por folhelhos que variam de coloração cinza a preta. Tem continuidade lateral de alguns quilômetros, e seus estratos geralmente atingem, no máximo, 10 metros de espessura (Assine et al., 2014). Para estes folhelhos já foram reportados ostracodes, conchostráceos, fragmentos de plantas e de peixes (Assine et al., 2014). Tem ambiente relacionado com canais fluviais e lacustres, marcados por períodos de anoxia (Assine et al., 2014).

A segunda sequência deposicional está acomodada sobre um contato erosivo com as Camadas Batateiras, englobando a metade superior da Formação Barbalha e as formações Crato e Ipubi (Figura 02) (Assine et al., 2014). A metade superior da Formação Barbalha é composta por arenitos, podendo conter conglomerados na base. Os arenitos variam de granulometria, mas de modo geral se tornam mais finos em direção ao topo da camada. No topo da Formação Barbalha, os arenitos são intercalados com folhelhos contendo ostracodes (Assine et al., 2014). O ambiente deposicional é interpretado como de barras fluviais e deltaicos (Assine et al., 2014).

Figura 6 - Andar Alagoas, separado por três sequências deposicionais.



Fonte: Assine et al. (2014).

A base da Formação Crato é delimitada pela presença da primeira camada de calcário laminado em contato com o topo da Formação Barbalha (Assine et al., 2014). A unidade sedimentar da Formação Crato pode atingir até 70 metros de espessura, em que o calcário laminado é intercalado com arenitos e folhelhos ao longo da bacia. O ambiente deposicional, considerado continental, é definido como lacustre e submetido a condições de aridez (Lima et al., 2019; Martill et al., 2007). O calcário laminado contém uma relevante diversidade de fósseis de animais e plantas (Martill et al., 2007).

Acima da Formação Crato está depositada a Formação Ipupi. Na base pode haver camadas de arenitos, mas a formação é composta principalmente por gipsita intercalada com folhelhos verdes e escuros pirobetuminosos (Assine et al., 2014). Os folhelhos, que são ricos em matéria orgânica, podem conter fósseis de plantas e animais (Assine et al., 2014). Dentre eles, troncos (Lima et al., 2019), âmbar (Pereira et al., 2020), peixes (Barros et al., 2016), pegadas atribuídas a um tetrápode, coprólitos (Dientzen-Dias et al., 2010), uma tartaruga (Oliveira et al., 2011), um fragmento de dinossauro (Silva et al., 2013), ostracodes (Antonietto et al., 2012), conchostráceos (Bobco et al., 2017), camarões (Oliveira et al., 2015). As camadas da Formação Ipupi podem chegar a 30 metros de espessura, e a gipsita não é distribuída uniformemente ao longo da bacia. Sua deposição é mais expressiva na porção oeste, aflorando nos municípios de Araripina, Trindade e Ipupi do estado de Pernambuco (Assine et al., 2014). A gipsita indica que o ambiente deposicional foi submetido a um clima árido, e apesar de ser associada a *sabkhas* costeiros, a

Formação Ipubi teve eventuais intervenções marinhas (Assine et al., 2014), além de ser submetida também a rápidos aportes de água doce (Bobco et al., 2017).

A terceira sequência deposicional é representada pela Formação Romualdo. Sua base é delimitada por arenitos, podendo ocorrer conglomerados em algumas áreas (Figura 06) (Assine et al., 2014). Segundo Assine et al. (2014), a base da Formação Romualdo faz contato erosivo direto com os evaporitos da Formação Ipubi, porém há algumas regiões em que ocorrem folhelhos entre estas duas fácies. Estes folhelhos ocorrem abaixo do contato erosivo, que representa o limite entre as formações Ipubi e Romualdo (Barros et al., 2016). A presença destes folhelhos pode causar divergências na interpretação, portanto há diferentes propostas sobre a qual formação eles pertencem. De qualquer forma, a Formação Romualdo é caracterizada também por siltitos e folhelhos, que são intercalados com os arenitos (Figura 7) (Assine et al., 2014). Nestes folhelhos podem ocorrer fósseis (Sayão et al., 2020), bem como concreções calcárias fossilíferas (Assine et al., 2014). Ao leste da bacia, é observado um contato direto dos arenitos da Formação Romualdo com o calcário da Formação Crato (Assine et al., 2014).

Figura 7 - Afloramento na mineradora Serrolândia. Folhelhos e siltitos intercalados com arenitos de granulometria fina (Formação Romualdo). Abaixo ocorre a exploração de gipsita (Formação Ipubi).



Fonte: A Autora (2023).

A fase pós-rifte II agrupa as formações Araripina e Exu, do Grupo Araripe. Estão acomodadas sobre um contato erosivo com a Formação Romualdo, e representam ambientes fluviais do mesocretáceo (Assine et al., 2014). Portanto, nesta fase a Bacia do Araripe encerra seu contato com o ambiente marinho, voltando a acomodar sedimentos de origem continental. As mudanças de paleocorrentes observadas na Formação Exu indicam que sua deposição foi contemporânea com o evento de soerguimento da placa tectônica (Assine et al., 2014).

2.2 A Bacia do Araripe e os fósseis do Grupo Santana

O Grupo Santana da Bacia do Araripe tem um papel fundamental na região em que aflora. Do ponto de vista econômico, a Formação Crato é explorada por meio da extração do calcário laminado, utilizado na produção de pisos e lajotas. Já a Formação Ipubi é conhecida principalmente devido à expressiva camada de gipsita que abriga. A mineração deste produto é responsável por suprir 95% da demanda de gesso no Brasil (Baltar et al., 2005). A gipsita é abundante nas cidades de Araripina, Bodocó, Ipubi e Trindade (estado de Pernambuco), sendo fonte de renda importante para as cidades que circundam a região, promovendo empregos diretos e indiretos (Baltar et al., 2005). No contexto científico, as formações Crato e Romualdo são mundialmente conhecidas, chegando a ser classificadas como *Fossil-lagerstätten* (Fara et al., 2005; Sayão et al., 2015). A qualidade e quantidade de espécimes fossilizados preservados permitiu que fossem atribuídas a esta categoria, em que comumente são preservados organismos frágeis, contendo até mesmo tecidos moles (Kellner, 1998; Maisey, 1991; Sayão et al., 2015).

No caso da Formação Crato, é o calcário laminado que são encontrados os fósseis. Os materiais são expostos geralmente devido ao processo de corte envolvido na confecção das lajotas. Já na Formação Romualdo, os fósseis estão majoritariamente (mas não exclusivamente) nas concreções calcárias. Por estarem acima da camada de gipsita que é explorada por mineração, parte destes materiais também se torna acessível. Grande maioria dos estudos se concentram nos materiais provenientes das formações Crato e Romualdo (litologicamente, calcário laminado e concreções calcárias), que apesar de muito exploradas, são representadas por trabalhos geralmente descritivos (Paiva & Gallo, 2021). Além disso, os fósseis encontrados nos folhelhos das formações Ipubi e Romualdo são pobremente explorados, até mesmo sob o aspecto descritivo.

Considerando que a maioria destes fósseis são coletados por moradores locais que trabalham nas minas, é comum que se tenha pouco ou nenhum controle estratigráfico. Além disso, a atenção é dada quase exclusivamente aos itens mais bem preservados (Barros et al., 2016). Os fósseis preservados em folhelhos da Formação Ipubi foram submetidos a maiores energias no ambiente deposicional, e por consequência são mais fragmentados (Assine et al., 2014). Portanto, ainda há muitas lacunas em relação ao conhecimento de aspectos tafonômicos e

paleoecológicos de organismos fósseis (Paiva & Gallo, 2021), especialmente os originários dos folhelhos do Grupo Santana. Apesar de sua mapeabilidade bem estabelecida (Assine et al., 2014; Valença, 2003), a hierarquia de “Camadas Ipubi”, proposta por Assine (2007), ainda pode ser observada em alguns trabalhos (Dentzien-Dias et al., 2010). Alguns autores também atribuem suas rochas à camada de gipsita apenas, sem considerar os folhelhos associados (Martill & Wilby, 1993). Portanto, não há consenso sobre a hierarquia e os limites da Formação Ipubi. Isso pode causar divergências a respeito da estratigrafia e origem dos fósseis. Esta situação se agrava se considerarmos que muitos fósseis são coletados por trabalhadores locais das mineradoras sem controle estratigráfico (Vila Nova et al., 2011). Portanto, estas divergências podem resultar na subnotificação do que se conhece para estes folhelhos, especialmente os da Formação Ipubi. Desta forma, consideramos neste trabalho a proposta estratigráfica de Assine et al. (2014).

A condição de *Fossil-lagerstätten* para as formações Crato e Romualdo (concreções) se deve à ocorrência de fósseis como crocodilomorfos, tartarugas, pterossauros, dinossauros, peixes, insetos, decápodes, aracnídeos, moluscos e plantas (Maisey, 1991; Martill et al., 2007; Sayão et al., 2015; Saraiva et al., 2021). Dentre os fósseis descritos para os folhelhos da Formação Ipubi, encontram-se peixes (Barros et al., 2016), fragmentos de troncos (Lima et al., 2019), uma tartaruga (Oliveira et al., 2011), um fragmento de dinossauro terópode (Silva et al., 2013), pegadas associadas a uma tartaruga (Dentzien-Dias et al., 2010), camarões (Oliveira et al., 2015; Barros et al., 2019), conchostráceos (Bobco et al., 2017), ostracodes (Antonietto et al., 2012), coprólitos (Dentzien-Dias et al., 2010) e âmbar (Pereira et al., 2020). Para os folhelhos da Formação Romualdo, são conhecidos camarões (Santana et al., 2013; Prado et al., 2019; Alencar et al., 2018). Além disso, um dinossauro terópode foi descrito e atribuído a estes folhelhos (Sayão et al., 2020).

3 OBJETIVOS

Com base nas lacunas observadas a respeito dos folhelhos das formações Ipubi e Romualdo, elencamos os objetivos gerais e específicos, que serão apresentados a seguir.

3.1 Geral

Analisar a diversidade presente nos folhelhos das formações Ipubi e Romualdo do Grupo Santana da Bacia do Araripe.

3.1.1 Específicos

- Caracterizar e comparar a diversidade e riqueza da ictiofauna (i.e., riqueza e composição) das formações Crato, Ipubi e Romualdo, os posicionando estratigraficamente quando possível;
- Reportar a ocorrência de novos registros fósseis para a Formação Ipubi;
- Oferecer dados que auxiliem na compreensão de como se deu a sucessão da ictiofauna na Bacia do Araripe, por meio de inferências paleoecológicas a partir dos espécimes amostrados;
- Realizar um levantamento dos espécimes fósseis preservados nos folhelhos das formações Ipubi e Romualdo depositados na Coleção de Paleontologia da UFRPE.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para atender aos objetivos estabelecidos, trabalhamos com dados secundários e com materiais de coleção. Além disso, houve uma coleta com escavação controlada. Os dados referentes a estes processos serão descritos a seguir.

4.1 Medidas de diversidade

Para caracterizar e comparar a riqueza e composição de espécies da ictiofauna de cada formação (Crato, Ipubi e Romualdo), foi usado o método de rarefação. Os dados utilizados foram obtidos nas coleções e/ou obtidos por meio dos livros tombo das seguintes instituições: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Museu de Paleontologia Plácido Cidade Nuvens, American Museum of Natural History, Centro de Pesquisas Paleontológicas da Chapada do Araripe, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, Museu de Ciências da Terra da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais do Rio de Janeiro, Agência Nacional de Mineração (antigo Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro), Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro e Universidade Regional do Cariri. Além disso, consideramos a diversidade já descrita na literatura para estes folhelhos.

Para comparar as medidas de diversidade foi considerada apenas a ictiofauna, pois para minimizar vieses, os exemplares devem pertencer a ambientes e comunidades semelhantes (Da Silva et al., 2022). Além disso, a ictiofauna é o grupo mais abundante nos estratos analisados.

A curva de rarefação consiste em uma medida de diversidade que, diferente de outros métodos amplamente difundidos (Shannon e Simpson), pondera a diferença de esforço amostral entre diferentes unidades amostrais. Eliminando, portanto, possíveis vieses atribuídos à diferença na abundância (Da Silva et al., 2022).

4.2 Diversidade preservada nos folhelhos

Os exemplares utilizados neste estudo estão depositados na Coleção de Paleontologia da UFRPE, dos quais foi feito um levantamento do patrimônio paleontológico oriundos dos folhelhos das formações Ipubi e Romualdo do Grupo Santana. O posicionamento estratigráfico dos espécimes foi reportado sempre que possível, bem como coordenadas dos locais de coleta. Quando não foi possível definir se os exemplares pertencem aos folhelhos das formações Ipubi ou Romualdo, optou-se por utilizar “Ipubi?”.

Quando necessário, os espécimes foram preparados mecanicamente com o auxílio de lupas, ponteiras, cinzéis, pincéis, agulhas e pinças. Para manter a integridade dos exemplares mais friáveis, foi aplicada a resina Paraloid B72, dissolvida em acetona em concentração de 1%.

O exemplar sob o número de tombo UFRPE 5140, caracterizado em molde e contramolde, foi coletado na Mineradora Serrolândia. O espécime coletado em folhelhos escuros acima da camada de gipsita, Formação Ipubi, foi atribuído a um equinoide. As inferências foram feitas por meio de registros fotográficos, considerando que o exemplar estava emprestado ao Museu Nacional - UFRJ, e foi destruído pelo incêndio que ocorreu em 2018.

O exemplar UFRPE 4463 foi preparado e descrito com base em comparações com outros exemplares e com a literatura disponível (e.g. Polck et al., 2015; Saraiva et al., 2021; Voltani, 2016).

4.3 Escavação controlada em folhelhos da Formação Romualdo

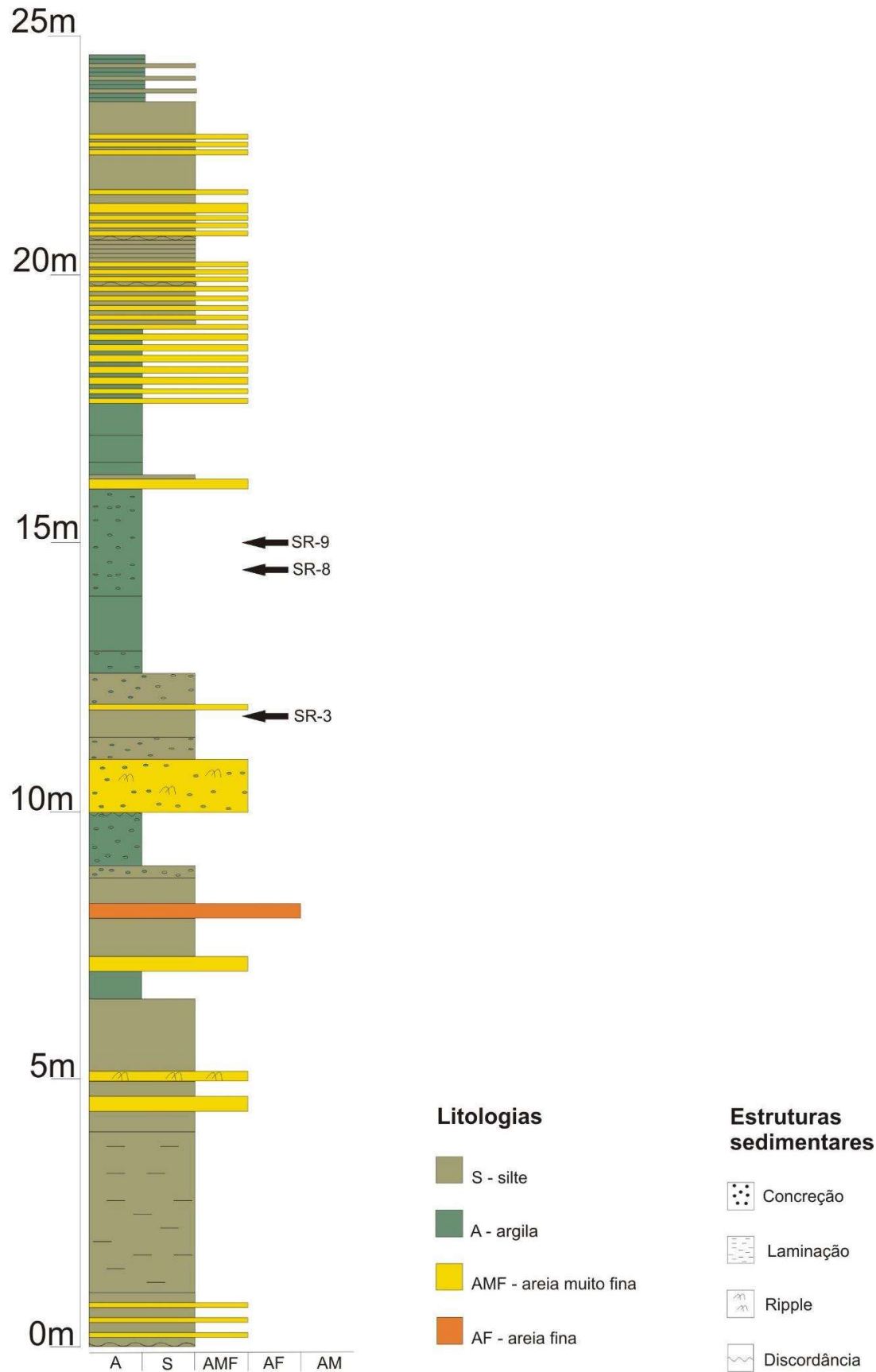
Os exemplares correspondentes aos tombos relacionados abaixo (Quadro 1) foram coletados na Mineradora Serrolândia (SR) por meio de escavação controlada, com a confecção do perfil estratigráfico (Figura 8). Os blocos estavam posicionados acima da discordância que estabelece os limites entre as formações Ipubi e Romualdo. Todos os blocos foram preparados mecanicamente com auxílio de lupas, espátulas, pinças, cinzéis, pincéis e agulhas. O material foi depositado na Coleção de Paleontologia da UFRPE, e identificados a nível mais específico possível (Quadro 2).

Quadro 1 - Relação dos números de tombo, blocos e níveis estratigráficos dos materiais coletados em escavação controlada.

Tombo	Número do bloco	Nível
UFRPE 5548	bloco 2	SR-9
UFRPE 5549	bloco 2	SR-9
UFRPE 5550		SR-3
UFRPE 5551		SR-3
UFRPE 5552	bloco 3	SR-8
UFRPE 5553		SR-8
UFRPE 5558	bloco 1	SR-9
UFRPE 5559	bloco 1	SR-9
UFRPE 5560	bloco 2	SR-9
UFRPE 5561	bloco 2	SR-9
UFRPE 5562	bloco 2	SR-9
UFRPE 5563	bloco 1	SR-9
UFRPE 5564	bloco 3	SR-3

Fonte: A Autora (2023).

Figura 8 - Perfil representando a Formação Romualdo na Mina São Jorge, em Trindade, PE. SR = Serrolândia.



Fonte: A Autora (2023).

5 RESULTADOS

A partir dos dados obtidos por meio de informações de livros tombo e dos materiais depositados na Coleção de Paleontologia da UFRPE, observamos uma alta riqueza de espécies para a Formação Ipubi. Além disso, novas ocorrências para os folhelhos das formações Ipubi e Romualdo foram levantadas.

5.1 Curva de rarefação

O levantamento realizado por meio de livros-tombo e da Coleção de Paleontologia da UFRPE apresenta as espécies identificadas em cada formação (Crato, Ipubi e Romualdo), assim como a abundância de cada espécie em cada formação (Tabela 1). A partir da tabela, é possível observar que a Formação Crato contém baixa riqueza de espécies, e a abundância se concentra majoritariamente em indivíduos identificados como *Dastilbe crandalli*. As formações Ipubi e Romualdo possuem maior riqueza de espécies, entretanto, o esforço amostral é desigual.

Tabela 1 - Ocorrência e abundância obtida para a ictiofauna em cada formação. Os dados foram obtidos via consulta em livros-tombo de diferentes coleções.

Espécie	Formação Crato	Formação Ipubi	Formação Romualdo
<i>Araripelepidotes temnurus</i>	1	0	63
<i>Araripichthys castilhoi</i>	0	0	36
<i>Axelrodichthys arariensis</i>	1	0	53
<i>Belonostomus</i> sp.	0	2	2
<i>Beurlenichthys ouricuriensis</i>	0	1	0
<i>Brannerion latum</i>	0	0	38
<i>Brannerion vestitum</i>	0	0	19
<i>Calamopleurus cylindricus</i>	1	0	199

<i>Cladocyclus gardneri</i>	48	29	381
<i>Cratoamia gondwanica</i>	3	0	2
<i>Dastilbe crandalli</i>	3207	231	4
<i>Dentilepisosteus laevis</i>	0	0	1
<i>Iansan beurleni</i>	0	0	41
<i>Iemanja palma</i>	0	0	10
<i>Lepidotes wenzae</i>	0	0	1
<i>Mawsonia gigas</i>	0	0	24
<i>Neoproscinetes penalvai</i>	0	0	60
<i>Notelops brama</i>	0	3	311
<i>Obaichthys decoratus</i>	0	0	5
<i>Oshunia brevis</i>	0	0	8
<i>Paraelops cearensis</i>	1	3	69
<i>Placidichthys bidorsalis</i>	1	1	4
<i>Rhacolepis buccalis</i>	0	3	1408
<i>Santanaclupea silvasantosi</i>	0	37	8
<i>Santanasalmo elegans</i>	1	7	2
<i>Santanichthys diasii</i>	1	13	4
<i>Stahlraja sertanensis</i>	0	0	3
<i>Tharrhias araripis</i>	2	106	1152
<i>Tribodus limae</i>	0	0	16
<i>Vinctifer araripinensis</i>	0	0	2

Vinctifer comptoni

0

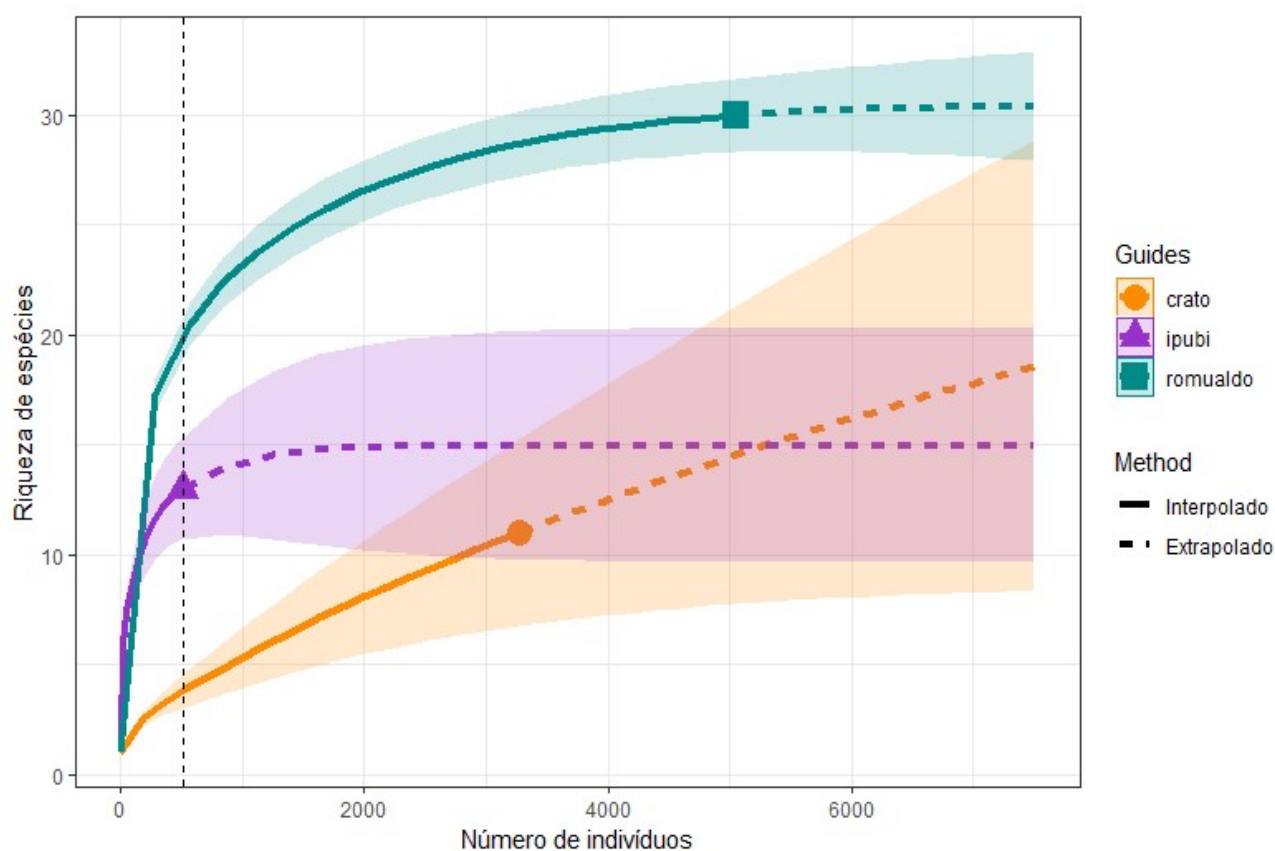
70

1127

Fonte: A Autora (2023).

A partir da curva de rarefação foi possível comparar a diversidade da ictiofauna das formações Crato, Ipubi e Romualdo (Figura 9) interpretando a riqueza rarefeita das três unidades sedimentares. Apesar da diferença no esforço amostral, a Formação Ipubi apresenta uma diversidade significativa, superando a Formação Crato, que é considerada uma *Fossil-Lagerstätte*. O número de indivíduos é de 3.267 (Formação Crato), 506 (Formação Ipubi) e 5.053 (Formação Romualdo) (detalhado na tabela 1). Desta forma, o esforço amostral da Formação Crato em relação à Formação Ipubi é cerca de seis vezes maior. Essa discrepância aumenta ao comparar a Formação Ipubi com a Formação Romualdo, em que a última apresenta esforço amostral quase dez vezes maior.

Figura 9 - Curva de rarefação relacionando a riqueza da ictiofauna das formações Crato, Ipubi e Romualdo



Fonte: A Autora (2023).

5.2 Levantamento dos exemplares depositados na Coleção de Paleontologia da UFRPE

Os exemplares atribuídos aos folhelhos das Formações Ipubi e Romualdo que estão depositados na Coleção de Paleontologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco estão listados no quadro 2. Dados sobre número de identificação, táxon, formação e local de coleta foram informados sempre que possível.

Quadro 2 - Relação de número de tombo, táxon a nível mais específico possível, formação e local de coleta dos espécimes depositados na Coleção de Paleontologia da UFRPE.

Tombo	Táxon	Formação	Local de Coleta
UFRPE 4743	Peixe	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 4744	<i>Santanaclopea silvasantosi</i>	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 4745	Peixe	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 4746	Peixe	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 4763	cf. <i>Notelops</i> , Coprólito	Ipubi	Mineradora São Jorge
UFRPE 4764	Peixe	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 4765	cf. <i>Aspidorhynchidae</i>	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 4766	Peixe, coprólito e <i>Dastilbe</i>	Ipubi	Mineradora São Jorge
UFRPE 4768	Coprólito	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 4815	Peixe	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 5037	Âmbar	Ipubi	Mineradora São Jorge
UFRPE 5047	<i>Vinctifer comptoni</i>	Ipubi	Mineradora São Jorge
UFRPE 5049	<i>Paleomattea</i>	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5050	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia

UFRPE 5051	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5052	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5053	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5054	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5055	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5056	<i>Paleomattea</i>	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5057	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5058	<i>Paleomattea</i> e peixe	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5059	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5060	Camarão e peixe	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5061	Camarão e peixe	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5062	<i>Araripenaeus / Paleomattea</i>	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5063	Camarão e peixe	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5064	<i>Paleomattea</i>	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5067	<i>Paleomattea</i>	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5068	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5069	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5070	<i>Paleomattea</i>	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5073	<i>Paleomattea</i>	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5074	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5077	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5078	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia

UFRPE 5079	<i>Araripenaeus / Paleomattea</i>	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5080	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5081	Camarão e peixe	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5082	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5083	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5084	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5085	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5086	<i>Araripenaeus</i>	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5087	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5088	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5089	Peixe	Ipubi	Mineradora São Jorge
UFRPE 5090	Coprólito	Ipubi	Mineradora São Jorge
UFRPE 5117	<i>Vinctifer comptoni</i>	Ipubi	Mineradora São Jorge
UFRPE 5118	<i>Vinctifer comptoni</i>	Ipubi	Mineradora São Jorge
UFRPE 5120	<i>Dastilbe crandalli</i>	Ipubi	Mineradora Serrolândia?
UFRPE 5139	Camarão e peixe	Ipubi(?)	Mineradora São Jorge?
UFRPE 5140	Equinoide	Ipubi(?)	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5245	<i>Paleomattea</i>	Romualdo	Não informado
UFRPE 5251	<i>Paleomattea</i>	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5252	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5253	<i>Paleomattea</i>	Romualdo	Mineradora Serrolândia

UFRPE 5254	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5255	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5256	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5257	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5258	<i>Tharrias araripis</i>	Ipubi	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5259	<i>Santanaclupea silvasantosi</i>	Ipubi	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5260	Peixe	Ipubi	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5261	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5262	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5264	<i>Paleomattea</i> , megalopa, peixe	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5268	Dente (?)	Ipubi	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5271	Peixe	Ipubi	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5272	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5273	<i>Tharrias araripis</i>	Ipubi	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5274	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5275	<i>Paleomattea</i>	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5276	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5277	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5278	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5279	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5280	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia

UFRPE 5281	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5282	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5283	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5284	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5285	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5286	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5287	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5288	<i>Paleomattea</i>	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5289	<i>Paleomattea</i>	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5290	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5291	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5292	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5293	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5294	Camarão e peixe	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5295	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5296	<i>Dastilbe crandalli</i>	Ipubi	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5297	<i>Dastilbe crandalli</i>	Ipubi	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5298	<i>Dastilbe crandalli</i>	Ipubi	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5299	<i>Dastilbe crandalli</i>	Ipubi	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5300	cf. <i>Dastilbe crandalli</i>	Ipubi	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5301	<i>Dastilbe crandalli</i> e coprólito	Ipubi	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5322	<i>Dastilbe crandalli</i>	Romualdo	Não informado

UFRPE 5344	<i>Dastilbe crandalli</i>	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5345	<i>Dastilbe crandalli</i>	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5346	<i>Dastilbe crandalli</i>	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5402	<i>Dastilbe crandalli</i>	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5403	<i>Dastilbe crandalli</i>	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5404	<i>Dastilbe crandalli</i>	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5405	<i>Dastilbe crandalli</i>	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5406	<i>Dastilbe crandalli</i>	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5407	<i>Dastilbe crandalli</i>	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5408	<i>Dastilbe crandalli</i>	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5409	<i>Dastilbe crandalli</i>	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5410	<i>Dastilbe crandalli</i>	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5411	<i>Dastilbe crandalli</i>	lpubi	Mineradora São Jorge
UFRPE 5412	Peixe	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5413	cf. <i>Belonostomus</i> (Aspidorhynchidae)	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5414	<i>Vinctifer comptoni</i>	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5415	Coprólito	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5416	Peixe	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5417	Peixe	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5418	<i>Santanaclupea silvasantosi</i>	lpubi (?)	Não informado
UFRPE 5419	Peixe	lpubi (?)	Não informado

UFRPE 5420	cf. <i>Santanaclopea silvasantosi</i> e <i>Dastilbe crandalli</i>	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 5427	Camarão	Romualdo	Não informado
UFRPE 5428	Megalopa	Romualdo	Não informado
UFRPE 5431	<i>Tharrias araripis</i>	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 5455	Peixe	Romualdo	Não informado
UFRPE 5500	Camarão	Romualdo	Não informado
UFRPE 5501	Peixe	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5502	Não identificado	Romualdo	Não informado
UFRPE 5503	Camarão	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5504	Peixe	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 5505	Coprólito	Romualdo	Mineradora Serrolândia
UFRPE 5506	Peixe	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 5507	Coprólito	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 5508	Peixe	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 5509	Peixe	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 5546	Peixe	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 5603	<i>Dastilbe crandalli</i>	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 5604	<i>Dastilbe crandalli</i>	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 5605	<i>Dastilbe crandalli</i> e coprólito	Ipubi (?)	Não informado
UFRPE 5606	<i>Dastilbe crandalli</i>	Ipubi (?)	Não informado

UFRPE 5607	Peixe	Ipubi(?)	Não informado
UFRPE 5548	Camarão e peixe	Romualdo	Serrolândia SR-9
UFRPE 5549	Camarão	Romualdo	Serrolândia SR-9
UFRPE 5550	Peixe	Romualdo	Serrolândia SR-3
UFRPE 5551	Peixe e coprólito	Romualdo	Serrolândia SR-3
UFRPE 5552	Coprólito	Romualdo	Serrolândia SR-3
UFRPE 5553	Camarão	Romualdo	Serrolândia SR-8
UFRPE 5558	Coprólito	Romualdo	Serrolândia SR-9
UFRPE 5559	Coprólito	Romualdo	Serrolândia SR-9
UFRPE 5560	Camarão	Romualdo	Serrolândia SR-9
UFRPE 5561	Camarão	Romualdo	Serrolândia SR-9
UFRPE 5562	Camarão	Romualdo	Serrolândia SR-9
UFRPE 5563	Camarão	Romualdo	Serrolândia SR-9
UFRPE 5564	Peixe	Romualdo	Serrolândia SR-3
UFRPE 5113	<i>Belonostomus sp.</i>	Ipubi	Mineradora Serrolândia (?)
UFRPE 5114	<i>Vinctifer sp.</i>	Ipubi (?)	Não informado

Fonte: A Autora (2023).

5.3 Novos registros para a Formação Ipubi

Neste tópico apresentaremos as novas ocorrências reportadas para a Formação Ipubi. Os exemplares estão depositados na Coleção de Paleontologia da UFRPE.

5.3.1 Equinoide

Tombo: UFRPE 5140.

Local de coleta: Mineradora Serrolândia.

Estrato: Folhelho capeador acima da gipsita.

Até o momento, apenas estruturas de carapaça associadas a equinoides haviam sido reportadas para o Grupo Santana, representando apenas a Formação Romualdo. Neste espécime (Figura 10), atribuído à Formação Ipubi, pode-se considerar a presença de tecidos moles unindo os fragmentos da carapaça às demais estruturas.

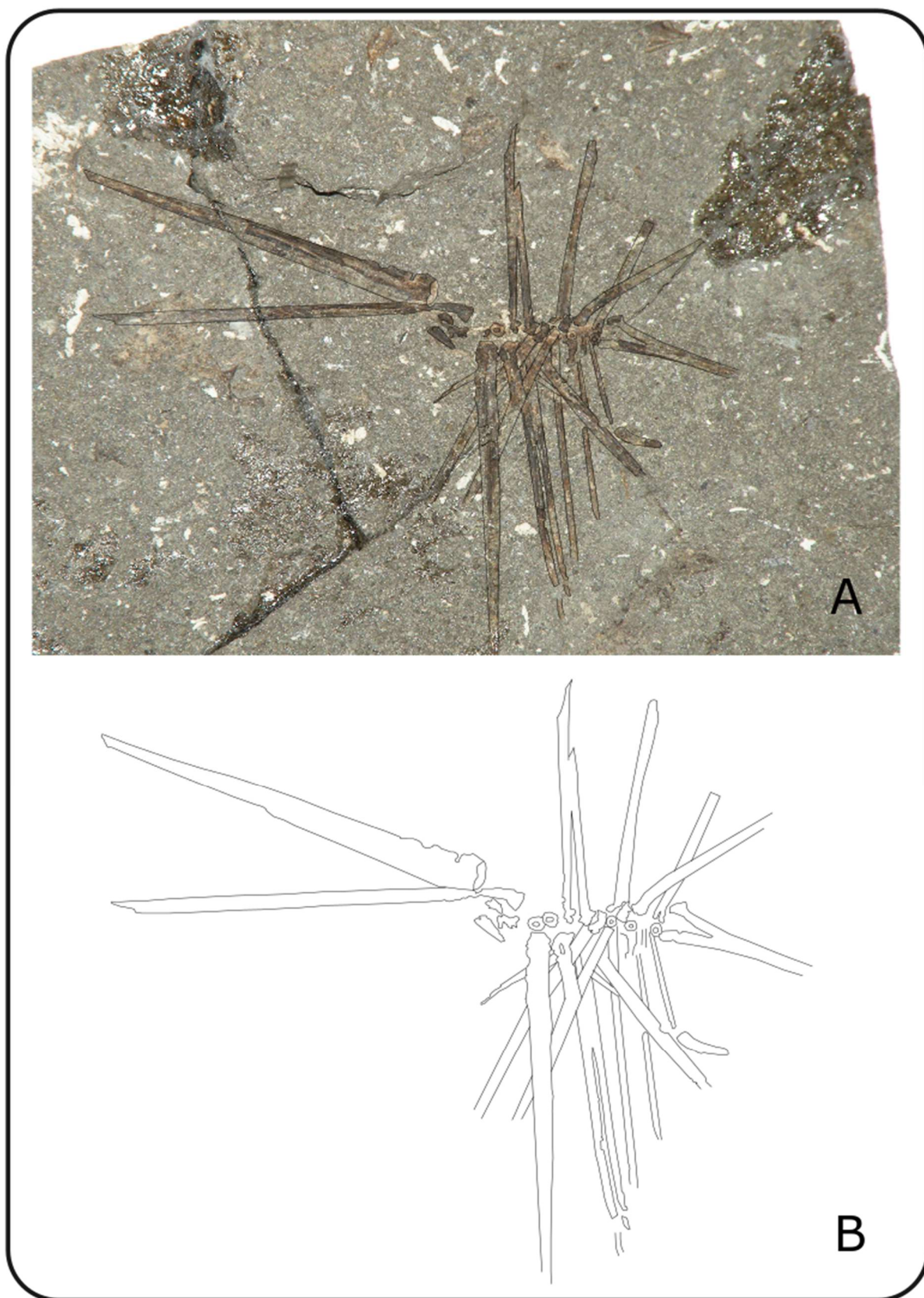
A carapaça está fragmentada, mas ainda assim é possível observar a presença de 6 tubérculos (Figura 11). Há aproximadamente 19 radíolos, com as extremidades pouco preservadas. Não é possível observar ornamentações nessas estruturas.

Figura 10 - Molde e contramolde de equinoide atribuído à Formação Ipubi. (Escala: 10mm).



Fonte: Gustavo Oliveira (2015).

Figura 11 - A: Desenho esquemático evidenciando as principais estruturas observadas em exemplar de equinoide atribuído à Formação Ipubi. B: Imagem evidenciando apenas o desenho (sem escala).



Fonte: Gustavo Oliveira (2015). Modificado pela autora.

5.3.2. cf. *Notelops*

Tombo: UFRPE 4763

Local de coleta: Não informado

Estrato: Não informado

O espécime (Figura 12) apresenta apenas elementos pós-cranianos, dos quais é possível observar aproximadamente 28 vértebras. Destas, as três mais distais possuem os arcos neurais preservados. Parte das costelas, ainda articuladas, também podem ser observadas. Além disso, fragmentos da nadadeira dorsal, e mais da metade da nadadeira caudal estão preservados. Dentre os caracteres diagnósticos do gênero, o principal atribuído a elementos pós-cranianos encontra-se na nadadeira caudal. *Notelops* é o único gênero conhecido para a Bacia do Araripe que apresenta a nadadeira caudal furcada, com uma reentrância na região central. Além disso, outros aspectos como a angulação elevada da nadadeira caudal em relação ao corpo, o formato e tamanho do corpo, e a posição da nadadeira dorsal na região central do corpo sustentam a atribuição do material ao gênero em questão.

Com a utilização da luz UV, foi possível visualizar estruturas possivelmente associadas a tecidos moles (Figura 13). Revelando, portanto, um corpo fusiforme. Característica que também corresponde com o que é observado em *Notelops* (Figura 14).

Figura 12 - Exemplar de cf. *Notelops* atribuído à Formação Ipubi, no qual a seta vermelha está evidenciando o caractere diagnóstico da espécie presente na nadadeira caudal (escala: 10 mm).



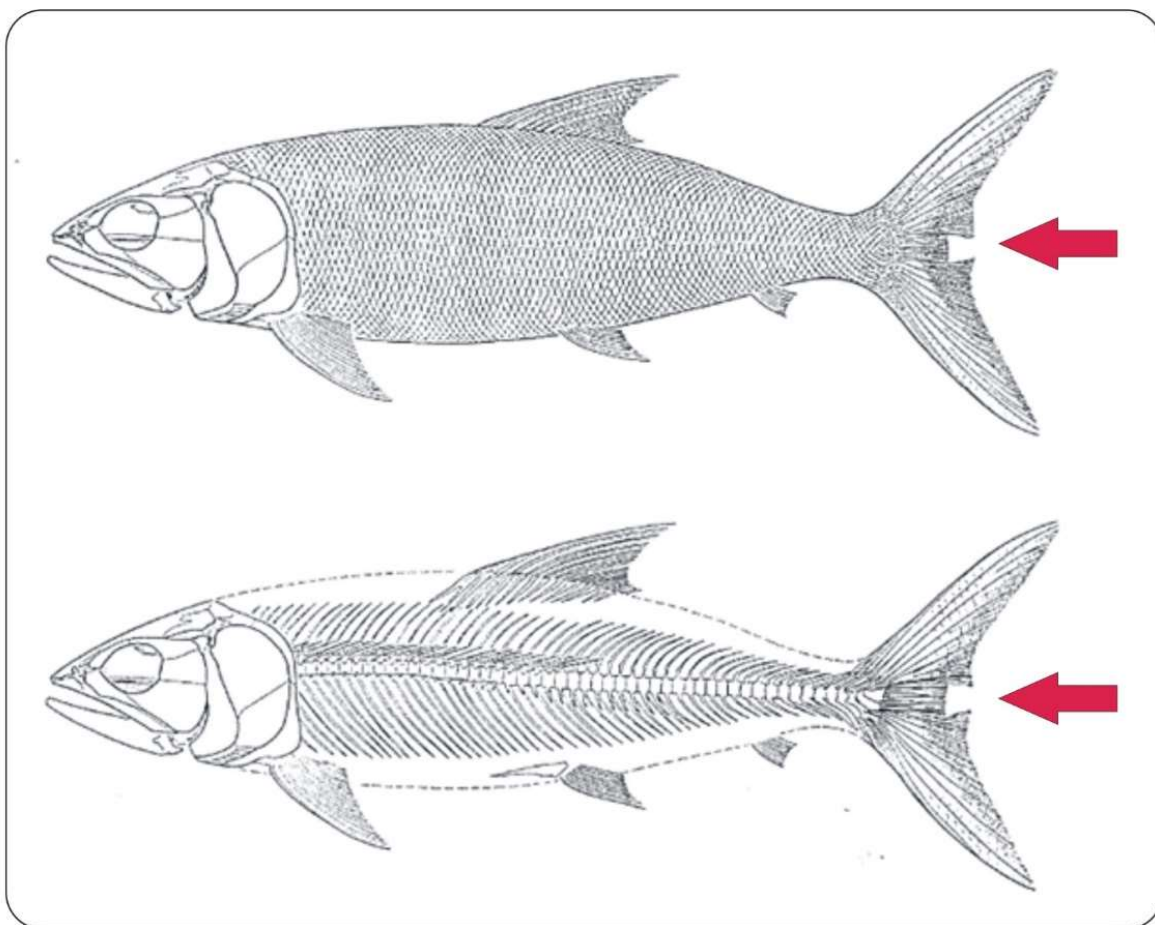
Fonte: A Autora (2023).

Figura 13 - Espécime de cf. *Notelops* submetido à iluminação UV, em que é possível observar estruturas atribuídas a tecidos moles (sem escala).



Fonte: A Autora (2023).

Figura 14 - Representação gráfica de *Notelops brama*, evidenciando o caractere diagnóstico da espécie presente na nadadeira caudal, indicado pela seta vermelha.



Fonte: Maisey (1991).

5.3.3 Osteichthyes indet.

Tombo: UFRPE 4766

Local de coleta: Mineradora São Jorge.

Estrato: Abaixo da camada de gipsita.

Parte do espécime está preservado em uma placa de folhelho escuro, na qual ocorrem também um coprólito e dois exemplares de *Dastilbe crandalli*. A nadadeira caudal está em vista lateral, mas apenas metade está preservada, em corte sagital (Figuras 15 e 16). Ligada a ela está a porção distal do corpo, de aspecto fusiforme, que corresponde a aproximadamente metade do tamanho corporal. A nadadeira caudal apresenta estruturas bem preservadas, diferente do restante do corpo que evidencia sinais de desagregação/transporte. Portanto, neste espécime não foi

possível identificar e visualizar outras estruturas além daquelas observadas na nadadeira caudal. Não é possível afirmar qual é a orientação dorso-ventral do espécime.

A nadadeira caudal tem formato lunar e apresenta raios quase totalmente verticais. Estes raios se estendem desde a região mediana até a extremidade, que tem forma arredondada na extremidade. A nadadeira tem aproximadamente 2 cm de largura na base, e afina suavemente ao longo de sua extensão, chegando a 1 cm de largura na extremidade. O ângulo da nadadeira caudal em relação ao corpo é de aproximadamente 90 graus. O exemplar foi submetido a radiação UV, mas nenhuma estrutura foi revelada com a utilização deste método.

Não foi possível identificar o exemplar, entretanto, este indivíduo pode representar uma nova ocorrência para o Grupo Santana. O material foi submetido a comparações com a bibliografia disponível e não foi possível atribuir a nenhuma espécie descrita para os estratos do Grupo Santana da Bacia do Araripe.

Figura 15 - Parte de nadadeira caudal de UFRPE 4766, atribuído à formação Ipubi (Escala: 10 mm).



Fonte: A Autora (2023).

Figura 16 - UFRPE 4766, na qual há, além do exemplar não identificado, um coprólito e dois espécimes de *Dastilbe crandalli* (Imagem sem escala).



Fonte: A Autora (2023).

6 DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos foi possível observar que os folhelhos das formações Ipubi e Romualdo tem um alto potencial fossilífero. Discutiremos a seguir estes resultados, assim como as limitações e seus possíveis vieses.

6.1 Importância de controlar a diferença de esforço amostral

A assembleia de peixes da Formação Romualdo é considerada mais diversa do que a da Formação Crato (Maisey, 1994), porém pouco se sabe sobre este grupo na Formação Ipubi. Estudos como o de Maisey (1994) e Polck et al. (2015) não citam a ictiofauna presente na Formação Ipubi. Barros et al. (2016) identificam taxonomicamente, pela primeira vez, a ictiofauna nesses estratos, salientando sua importância e potencial diversidade. Assim, observa-se o quanto a ictiofauna que ocorre em Ipubi é negligenciada.

A diversidade da ictiofauna observada na curva de rarefação revela que a Formação Ipubi (com 13 espécies) apresenta maior diversidade de espécies do que a observada na Formação Crato (11 espécies), ainda que esta última seja considerada *fossil-lagerstätte*. Em contrapartida, a Formação Crato contém maior abundância. Já na Formação Romualdo (com 30 espécies), há maior riqueza e abundância do que nas demais.

Ao considerar a riqueza bruta, a diferença entre as formações Crato e Ipubi é de 18%, a diferença entre as formações Ipubi e Romualdo é de 130%, e entre as formações Crato e Romualdo a diferença é de 172%. Entretanto, a diferença de esforço amostral entre os três grupos causa um viés na interpretação dos resultados. A utilização da riqueza rarefeita na interpretação desses valores é determinante para reduzir esse viés. Portanto, ao comparar as três formações com base na riqueza rarefeita, a diferença entre as formações Crato e Ipubi aumenta para 225%, a diferença entre Ipubi e Romualdo reduz para 53%, e a diferença entre as formações Crato e Romualdo aumenta para 400%. Estes resultados demonstram que a formação Ipubi necessita ser melhor explorada quanto a sua ictiofauna, que apresenta uma elevada riqueza de espécies, mesmo não sendo considerada uma *fossil-lagerstätte*.

Com um total de 3.267 exemplares, a Formação Crato apresenta baixa diversidade, pois destes, 3.207 são identificados como *Dastilbe crandalli* (equivalente a 98% da frequência relativa). Além desta, outras 10 espécies foram registradas, todas elas pouco abundantes nesta formação. O calcário laminado da Formação Crato é amplamente explorado ao longo de sua extensão espacial e temporal. Portanto, ainda que não seja possível obter informações de localização e posições estratigráficas dos exemplares, a ictiofauna presente nesses estratos é muito bem documentada. Assim, é improvável que a diversidade de peixes presente nesta formação seja muito maior do que a que foi observada.

O ambiente deposicional que deu origem à Formação Crato é interpretado como um lago de água doce, submetido a baixa energia e condições extremas de aridez (Assine et al., 2014; Lima et al., 2019). Com base em comunidades atuais, sabe-se que a abundância elevada de algumas espécies em detrimento de outras (homogeneização biótica) indica um ambiente sujeito a altas perturbações (Vitule & Pozenato, 2012). Portanto, a ocorrência elevada de *Dastilbe crandalli* na Formação Crato corrobora com o que é proposto com relação a condições extremas do paleoambiente em questão.

A Formação Ipubi foi sujeita a ambientes de sedimentação tão perturbados quanto a Formação Crato no que diz respeito à aridez (Lima et al. 2019). Porém, os exemplares foram submetidos a maior energia no ambiente deposicional, e apesar de ser interpretado como uma bacia continental, a influência marinha é bem estabelecida, com base no conteúdo fossilífero dos seus folhelhos (Assine et al., 2014) (ex.: ostracodes e decápodes marinhos). Os diferentes tipos de ambientes de sedimentação afetam a seletividade de morte e condições de preservação dos organismos (Alisson, 1988). Isso reflete na capacidade de identificação dos exemplares. A Formação Ipubi, por exemplo, conta com 506 espécimes para a curva de rarefação, mas apresenta diversos exemplares que não puderam ser identificados taxonomicamente em níveis mais exclusivos, devido ao estado de preservação. Portanto, além da Formação Ipubi apresentar menor abundância, muitos dos seus exemplares são bastante fragmentados. Desta forma, os aspectos tafonômicos contribuíram para a redução da quantidade de exemplares preservados, e afetaram na capacidade de identificação daqueles que se mantiveram no registro fossilífero. A diversidade observada nos folhelhos da Formação Ipubi ainda é muito pequena em relação aos demais estratos do Grupo Santana. Entretanto, é

importante considerar que esses aspectos tafonômicos aliados ao esforço amostral reduzido limitam a produção de conhecimento acerca dessa formação. Desta forma, destaco a importância de ampliar o esforço amostral para a Formação Ipubi.

A Formação Romualdo é mundialmente conhecida pela qualidade e diversidade da ictiofauna preservada em suas concreções calcárias. Portanto, o elevado número de exemplares ($N = 5.053$) e de espécies (30 espécies) em relação às demais formações é bem conhecido, e até mesmo esperado. É importante ressaltar que, ainda que a Formação Romualdo seja muito rica e diversa, seu conteúdo fóssilífero é majoritariamente composto por concreções calcárias, contendo uma diversa ictiofauna. Seus folhelhos, assim como os da Formação Ipubi, são menos explorados e apresentam uma diversidade distinta daquela observada nas concreções. Portanto, é importante explorar mais profundamente esses folhelhos a fim de ampliar a compreensão das estruturas de comunidades e os ambientes deposicionais desses depósitos.

6.2 Viés da utilização de dados secundários

Coleções científicas nem sempre atualizam as informações nos livros-tombo na medida em que os conceitos (estratigráficos, por exemplo) são alterados. Além disso, os registros são feitos por diferentes cientistas, que seguem diferentes propostas estratigráficas (p.ex: Assine 2007; Assine et al., 2014; Martil, 1993). Ao utilizar dados secundários, é importante considerar esses possíveis vieses. No caso das formações Crato e Romualdo, a maioria dos fósseis ocorre, respectivamente, no calcário laminado e nas concreções calcárias. São, portanto, difíceis de se confundir com qualquer outra fácies observada em outras formações da Bacia do Araripe. Além disso, a estratigrafia que relaciona essas fácies às suas respectivas formações é bem fundamentada. Já no caso da Formação Ipubi, os exemplares ocorrem em matrizes muito semelhantes àsquelas observadas em folhelhos da base da Formação Romualdo, conduzindo pesquisadores a atribuírem posicionamentos estratigráficos contestáveis (p. ex: Oliveira et al., 2011; Silva et al., 2013; Sayão et al., 2020). Considerando que são poucos os materiais coletados com controle estratigráfico e que há diferentes interpretações para a origem desses folhelhos, consideramos que o risco de subnotificação desses exemplares é alto, ao contrário do que é observado nas formações Crato e Romualdo. Portanto, se levarmos em consideração que

grande parte desses dados tenha sido levantada apenas por meio de acessos a livros-tombo, é possível que tenha ocorrido subnotificação de materiais atribuídos à Formação Ipubi.

6.3 Fósseis do Grupo Santana preservados em folhelhos, depositados na Coleção da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Muitos dos exemplares depositados na Coleção de Paleontologia da UFRPE foram coletados sem o devido controle estratigráfico. As causas podem ser tanto da origem do material, normalmente encontrado em blocos “rolados”, como resultado das atividades de mineração, quanto devido à dificuldade de controle quando esses itens são coletados em aulas de campo com turmas muito numerosas. Desta forma, a atribuição de qualquer um desses blocos feita posterior aos campos torna-se inviável.

O folhelho betuminoso capeador da camada de gipsita tem características semelhantes àqueles que ocorrem abaixo dela. Portanto, não é confiável a atribuição da origem dos materiais apenas a partir das suas fácies. Nas regiões da bacia em que a discordância entre as formações Ipubi e Romualdo não é detectável, essa dificuldade se estende também ao campo. Então, a coleta estratigráfica se mostra essencial, pois mesmo que existam pontos da Bacia do Araripe em que os limites entre formações ainda não sejam claros, esses materiais terão sido coletados com a maior acurácia possível, de acordo com o conhecimento disponível.

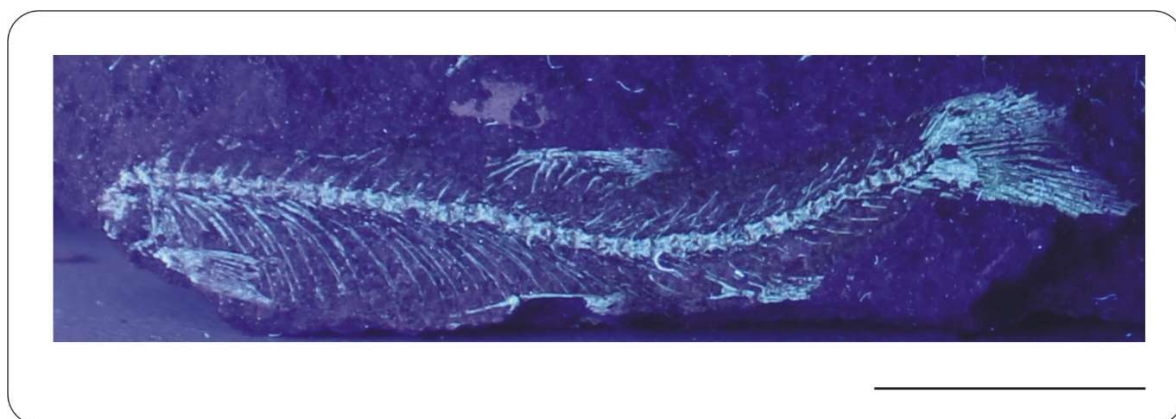
Como pudemos observar, diversas espécies se sobrepõem em duas ou mais formações do Grupo Santana. Portanto, não há macrofósseis que possam ser usados com confiabilidade para caracterizar limites temporais (especialmente entre as formações Ipubi e Romualdo). Espera-se que futuramente, a partir de caracterização petrográfica por exemplo, seja possível estabelecer esses limites.

As informações incompletas desses folhelhos são, muitas vezes consequência da mineração exercida na área em que ocorrem. Estes e outros eventos que não podem ser controlados devem ser considerados ao registrar os materiais em uma coleção. Informações que possam ser dúbias devem ser reportadas em livros-tombo, a fim de evitar problemas futuros. Com base em casos anteriormente citados, nos quais os posicionamentos estratigráficos de materiais (p. ex.: dinossauro terópode e pegadas de um tetrápode) sinalizaram incoerências,

evidenciamos a importância de revisar a origem e o posicionamento estratigráfico dos exemplares preservados em folhelhos das formações Ipubi e Romualdo.

A partir dos exemplares preservados em folhelhos depositados na Coleção de Paleontologia da Universidade Federal Rural Pernambuco, é possível observar que os exemplares são majoritariamente camarões e peixes. Os camarões, assim como a ictiofauna representada por exemplares pequenos (raramente maiores do que 10 cm), são raros em concreções, mas são extremamente comuns nos folhelhos da Formação Romualdo. Peixes de tamanho corporal pequeno são relativamente comuns nos folhelhos das formações Ipubi e Romualdo (Figura 17).

Figura 17 - Exemplar de *Dastilbe crandalli* (UFRPE 5607) proveniente de folhelho betuminoso, submetido a iluminação UV. Escala: 10 mm.



Fonte: A Autora (2023).

Espécimes de tamanho corporal grande não são habituais nos folhelhos friáveis e acinzentados da Formação Romualdo. Condições ambientais específicas podem ter favorecido a preservação de espécimes pequenos, com tecidos moles delicados como, os decápodes (camarões e megalopas), peixes de pequeno porte, e os coprólitos, em que os organismos são pouco desarticulados. O contrário pode ser visto nas concreções, em que exemplares de tamanhos maiores normalmente são preservados, enquanto pequenos organismos são raros.

Nos folhelhos betuminosos, os espécimes preservados são menos selecionados quanto ao tamanho, tipo de tecido e grau de articulação. A granulometria da rocha é maior e a capacidade de visualização de estruturas delicadas fica reduzida. Apesar disso, estes folhelhos abrigam uma diversidade relevante (p. ex.: um equinoide, e novas ocorrências de peixes). A abundância de decápodes em alguns níveis da Formação Romualdo também é alta.

A Bacia do Araripe conta com mais de dez espécies de decápodes descritos, associados a diferentes tipos de ambientes de sedimentação. Novos táxons vêm sendo descritos, especialmente para os folhelhos (p ex.: *Dubiostenopus parvus*), recentemente descrito para a Formação Romualdo por Alencar et al. (2023). A exploração desses folhelhos ainda é recente, mas a descoberta de novos táxons reforça seu potencial.

Há mais de 80 placas de folhelhos da Formação Romualdo contendo decápodes na coleção de paleontologia da UFRPE. Destes, 62 ainda não foram identificados, porém 16 são considerados *Paleomattea* e 3 são *Araripenaeus*. Há também duas megalopas. A abundância desse grupo tem potencial de revelar não apenas espécies novas, mas também de auxiliar em interpretações paleoambientais e caracterizações de biozonas, por exemplo.

Também faz parte do registro depositado na coleção da UFRPE um âmbar. Sua origem é relacionada a coníferas, possivelmente Podocarpaceae ou Cheirolepidiaceae (Pereira et al., 2020). O material representa o primeiro (Pereira et al., 2020), e até então único exemplar deste tipo atribuído à Formação Ipubi.

6.4 Novos exemplares

UFRPE 5140

A Formação Romualdo é atribuída a ambientes marinhos, enquanto para a Formação Ipubi as ingressões marinhas são consideradas episódicas. Ainda que as camadas que representam os limites entre essas formações sejam associadas a ambientes marinhos, os equinoides atualmente descritos para a Bacia do Araripe são exclusivamente associados a camadas superiores da Formação Romualdo.

O espécime foi coletado em folhelho betuminoso logo acima da camada de gipsita da Formação Ipubi. Contudo, não foi possível associar a qual formação o exemplar pertencia, devido à ausência de fácies associadas que permitissem essa atribuição. Ainda assim, este registro reforça a relevância da diversidade presente nos folhelhos, ao salientar que os equinoides possuem maior amplitude temporal na Bacia do Araripe.

É raro no registro fóssil a presença de radiólos articulados à carapaça. Estas estruturas são conectadas por meio de tecidos moles, que são decompostos

rapidamente após a morte do indivíduo. Portanto, é provável que este indivíduo tenha sofrido soterramento pouco tempo após sua morte. A fragmentação do espécime pode ter sido ocasionada por um predador, ou por algum choque que antecedeu o soterramento.

UFRPE 4763

O Grupo Santana da Bacia do Araripe é marcado por ambientes deposicionais extremos e divergentes em cada formação. Porém, parte da sua paleoictiofauna pode sobrepor algumas das formações consideradas fossilíferas. *Notelops* é um gênero que até então só havia sido reportado para a Formação Romualdo. O exemplar UFRPE 4763 representa, possivelmente, o primeiro registro do gênero para a Formação Ipubi.

A partir desse registro é possível sugerir que o táxon possui maior amplitude temporal. Portanto o gênero não pode ser utilizado como uma unidade taxonômica para caracterizar um estrato.

UFRPE 4766

O exemplar, atribuído à Formação Ipubi, possui um tamanho corporal grande, corpo fusiforme, e nadadeira lunada. Nadadeiras lunadas e pínulas no pedúnculo caudal são estruturas comumente associadas a peixes atuais de grande porte, que vivem em ambientes pelágicos. Além disso, essas adaptações estão relacionadas com espécimes que nadam em alta velocidade (Bemvenuti & Fisher, 2010). Não foi possível observar a presença de pínulas no pedúnculo caudal, mas ainda assim o formato da nadadeira sugere adaptações de nado constante e em altas velocidades (Júnior, 2015). Além disso, o formato de corpo fusiforme também coincide com espécies que demandam maior hidrodinâmica (Bemvenuti & Fisher, 2010). A única estrutura do corpo do animal bem preservada foi parte da nadadeira caudal, que possui adaptações ao nado que são características comuns de predadores.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As propostas estratigráficas utilizadas como base para posicionamento de um fóssil em um estrato podem causar ruídos na comunicação científica quando não há descrição detalhada do local de coleta e perfil estratigráfico. Isso porque as propostas estratigráficas podem ser alteradas/atualizadas, ou até mesmo incoerentes com o que é observado em campo. Assine (2007), por exemplo, considera todas as camadas depositadas abaixo da gipsita como Formação Crato, incluindo os folhelhos intercalados com gipsita. Já os depósitos acima da gipsita são atribuídos à Formação Romualdo. Portanto, as “Camadas Ipubi” são descontínuas lateralmente, e mapeáveis apenas na região oeste da bacia (de Ipubi a Araripina - PE), segundo o autor. Na região da Pedreira Pedra Branca, em Nova Olinda (CE), o autor sugere que a Formação Crato faz contato direto com a Formação Romualdo, não havendo deposição das “Camadas Ipubi” nesta região. É importante salientar também que Assine (2007) ainda se refere às formações Crato e Romualdo como membros. Apenas em Assine et al. (2014) a hierarquia das camadas sofrerá alteração de nível.

Dientzien et al. (2010) utilizam a proposta estratigráfica de Assine (2007) ao descrever as pegadas de um tetrápode na então “Camadas Ipubi”. Entretanto, o material de estudo é originário da Pedreira Pedra Branca, Nova Olinda (CE). Com base na proposta estratigráfica em que os autores se baseiam, há a referida “Camadas Ipubi” (gipsita) na região citada. Entretanto, não há exposição de folhelhos abaixo da gipsita. O material foi coletado sem o devido controle estratigráfico, visto que é originário de um bloco rolado. Segundo Assine et al 2014, os folhelhos acima das camadas de gipsita pertencem a Formação Romualdo (p.ex: Sayão et al. 2020).

Em contrapartida, exemplares como o âmbar reportado para a Formação Ipubi por Pereira et. al. (2020) comunicam com maior clareza o local de coleta e posicionamento estratigráfico exato do material. Então, contribuem de forma mais ampla com o conhecimento acerca da estratigrafia, do paleoambiente e da paleobiota da Bacia do Araripe. Além disso, reduz a chance de interpretações ambíguas, independente das variações nas propostas estratigráficas.

Com isso, salientamos a importância de caracterizar a procedência dos fósseis a nível de estrato, assim como do local de coleta. Associando, então, o

objeto de estudo a propostas estratigráficas condizentes. Desta forma, a confiabilidade da origem dos fósseis deverá se manter, independente do surgimento de novas propostas estratigráficas.

Nem sempre é possível coletar dados estratigráficos e coordenadas precisas em campo (p. ex.: exemplares sem origem conhecida, como rolados ou doados), o que pode resultar em publicações com nível de especificidade não condizentes com a realidade. Então salientamos o risco de se basear em aspectos faciográficos, bem como em posicionamento estratigráfico de espécimes obtidos por meio de doações. Portanto, posicionamentos imprecisos ou dúbios podem causar mais problemas do que a ausência de posicionamento.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, D. R. et al. A new genus and species of Solenoceridae (Crustacea, Decapoda, Dendrobranchiata) from the Cretaceous (Aptian/Albian) of the Araripe Sedimentary Basin, Brazil. **Zootaxa**, v. 4527, n. 4. Dezembro. 2018.
- ALENCAR, D. R. et al. New Cretaceous (Aptian/Albian) boxer shrimp (Crustacea, Decapoda, Stenopodidea) from the Araripe Sedimentary Basin, NE, Brazil. **PLOS ONE**, v. 18, n. 3, p. e0281334. Março. 2023.
- ALLISON, P. A. *Konservat-Lagerstätten*: cause and classification. **Paleobiology**, v. 14, n. 4, p. 331–344. Agosto. 1988.
- ANTONIETTO, L. S. et al. Taxonomy, ontogeny and paleoecology of two species of *Harbinia* TSAO, 1959 (Crustacea, Ostracoda) from the Santana Formation, Lower Cretaceous, northeastern Brazil. **Journal of Paleontology**, v. 86, n. 4, p. 659–668. Julho. 2012.
- ARAI, Mitsuru. **Evidência micropaleontológica da ingressão marinha aptiana (pré-evaporítica) na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil**. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, n 46°, 2012, Santos.
- ARAI, Mitsuru et al. **Análise paleoecológica do registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana (Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe)**. In: **SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE**, n 1°, 1990, Crato: Atas, 1991, p. 225-339.
- ASSINE, M. L. ANÁLISE ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 22, n 3, p. 289–300. Setembro. 1992.
- ASSINE, M.L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências** v. 15, p 371–389. Maio. 2007.
- ASSINE, M.L. et al. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Boletim de Geociências, Petrobrás**, v. 22, p. 3-28. Junho. 2014
- BÁEZ, A.M. MOURA, G.J.B.; GÓMEZ R.O. Anurans from the Lower Cretaceous Crato Formation of Northeastern Brazil: Implications for the Early Divergence of Neobatrachians. **Cretaceous Research**, v. 30, n 4, p. 829–46. Agosto. 2009.
- BARROS, O. A. et al. Aspectos Paleoecológicos da Macrofauna dos Folhelhos Associados à Camada de Gipsita, Bacia do Araripe. **Estudos Geológicos**, v. 26, n. 2, p. 147–156. Dezembro. 2016.

BARROS, O. A. et al. Physicochemical investigation of shrimp fossils from the Romualdo and Ipubi formations (Araripe Basin). **PeerJ**, v. 7, p. e6323. Fevereiro. 2019.

BARROS, O.A. et al. The first occurrence of fossil shrimps (Crustacea, Decapoda) in the Ipubi Formation (Lower Cretaceous, Araripe Basin). **Research, Society and Development**, v. 9. p. e251985576. Julho. 2020.

BALTAR, C.A.M; BASTOS, F.F. LUZ, A.B. 2005. **Gipsita**. In: **ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS NO BRASIL: USOS E ESPECIFICAÇÕES**. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 505-526.

BEMVENUTI, M.A., FISCHER, L.G. Peixes: morfologia e Adaptações. **Cadernos de Ecologia Aquática**. v. 5, n. 2. p. 31–54. Agosto. 2010.

BEURLIN, K. As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências** n. 43. p. 411-415. 1971.

BOBCO, F. E. R.; GOLDBERG, K.; BARDOLA, T. P. Modelo deposicional do Membro Ipubi (Bacia do Araripe, nordeste do Brasil) a partir da caracterização faciológica, petrográfica e isotópica dos evaporitos. **Pesquisas em Geociências**, v. 44, n. 3, p. 431. Maio. 2017.

BRIGGS, D.E.G. **Paleobiology II**. Blackwell, 2001. p. 328-332.

CARVALHO, M.G.P.; LOURENÇO, W.R. A New Family of Fossil Scorpions from the Early Cretaceous of Brazil. **Comptes Rendus de l'Académie Des Sciences - Series IIA - Earth and Planetary Science**, v. 332, n 11º., p. 711–16. Junho. 2001.

CARVALHO, I.S. **Paleontologia: Microfósseis e Paleonvertebrados**. v. 2. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011. P.171.

CARVALHO, I. S.; VIANA, M. S. S.; LIMA FILHO, M.B. Os icnofósseis de dinossauros da Bacia do Araripe (Cretáceo Inferior, Ceará-Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 67, p. 433-442. Agosto.1995.

CARVALHO, I. S. et al. A new genus and species of enantiornithine bird from the Early Cretaceous of Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 45, n. 2. p. 161–71. Abril. 2015.

DA SILVA F.R. et al. **Análises ecológicas no R**. Nupeea. São Paulo: 2022, p. 640.

DENTZIEN-DIAS, P.C.et al. Primeira evidência icnológica de um tetrápode natante no Membro Crato (Cretáceo Inferior), Formação Santana (Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil). **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 13 n 3. p.257-260. Dezembro. 2010.

FARA, E.; et al. Controlled excavations in the Romualdo Member of the Santana Formation (Early Cretaceous, Araripe Basin, northeastern Brazil): stratigraphic, palaeoenvironmental and palaeoecological implications. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 218, n. 1–2, p. 145–160. Março. 2005.

FIGUEIREDO, R.G.; KELLNER, A.W.A. A New Crocodylomorph Specimen from the Araripe Basin (Crato Member, Santana Formation), Northeastern Brazil. **Paläontologische Zeitschrift**, v. 83, n 2. p. 323–31. Março. 2009.

GOLDBERG, K. et al. Aptian marine ingressão in the Araripe Basin: Implications for paleogeographic reconstruction and evaporite accumulation. **Marine and Petroleum Geology**, v. 107, p. 214–221. Setembro. 2019.

HOLZ, M.; SIMÕES, M.G. **Elementos Fundamentais de Tafonomia**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2002.

JÚNIOR, Gilberto Aparecido Villares. **Aspectos da Morfologia na Relação Presa/Predador de Três Predadores Characiformes e Suas Principais Presas**. 2015. 1. Zoologia - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.

KELLNER, A.W.A. Panorama e Perspectiva do Estudo de Répteis Fósseis no Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, V. 70, p. 647-676. 1998.

KELLNER, A. W. A.; CAMPOS, D. A. Brief review of dinosaur studies and perspectives in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.72, p. 509-538. Dezembro. 2000.

KELLNER, A.W.A. A New Unusual Tapejarid (Pterosauria, Pterodactyloidea) from the Early Cretaceous Romualdo Formation, Araripe Basin, Brazil. **Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh**, v. 103, n. 3–4, p. 409–21. Setembro. 2013.

LEIGGI, P.; MAY, P. (EDS.). **Vertebrate paleontological techniques**. Cambridge [England] ; New York: Cambridge University Press, 1994.

LIMA, F. J.; SARAIVA, A.A.F.; SAYÃO, J.M. Revisão da Paleoflora das Formações Missão Velha, Crato e Romualdo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Estudos Geológicos**, v. 22, n.1. p. 99–115. Junho. 2012.

LIMA, F. J. et al. Fire in the paradise: evidence of repeated palaeo-wildfires from the Araripe Fossil Lagerstätte (Araripe Basin, Aptian-Albian), Northeast Brazil. **Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments**, v. 99, n. 3, p. 367–378. Janeiro. 2019.

LINS DE PAIVA, H. C.; GALLO, V. Paleoecologia x Ecologia: Uma interação necessária? **Sustinere** v. 9, n.1. p. 254–296. Agosto. 2021.

LÚCIO, T.; SOUZA NETO, J. A.; SELBY, D. Late Barremian / Early Aptian Re-Os age of the Ipubi Formation black shales: Stratigraphic and paleoenvironmental implications for Araripe Basin, northeastern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 102, p. 102699. Junho. 2020.

MABESOONE, J.M.; TINOCO, I.M. Palaeoecology of the Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 14, n 2. p. 97–118. Outubro. 1973.

MABESOONE J. M. Sedimentology of northeast Brazil. **Geol. Dept. Spec. Publ.**, v. 2.1994.

MAISEY, JOHN.G. **Santana Fossils: An Illustrated Atlas**. New York: T.F.C. Publications, Neptune, 1991.

MAISEY, J. G. Predator-prey relationships and trophic level reconstruction in a fossil fish community. **Environmental Biology of Fishes**, v. 40, n. 1, p. 1–22. Maio. 1994.

MARTILL, D.M. & WILBY, P.R. **Stratigraphy**. In: MARTILL, D.M. (ed.) Fossils of the Santana and Crato Formations, Brazil. Palaeontological Association Field Guides to Fossils, 5, p. 20-50. 1993.

MARTILL, D. M.; BECHLY, G.; LOVERIDGE, R. F. (EDS.). **The Crato fossil beds of Brazil: window into an ancient world**. Cambridge, UK ; New York: Cambridge University Press, 2007.

NEUMANN, V.H.; CABRERA, L. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, nordeste de Brasil. In: V SIMPÓSIO CRETÁCEO BRASILEIRO, 1996, Rio Claro: 1996

OLIVEIRA, G. R.; KELLNER, A. W. A. A new side-necked turtle (Pleurodira, Pelomedusoides) from the Santana Formation (Early Cretaceous), Araripe Basin, Northeastern Brazil. **Zootaxa**, v. 1425, n. 1, p. 53–61, 15 mar. 2007.

OLIVEIRA, G. et al. First turtle from the Ipubi Formation (Early Cretaceous), Santana Group, Araripe Basin, Brazil. **REVISTA BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA**, v. 14, n. 1, p. 61–66, 29 abr. 2011.

PEREIRA, P. A. et al. Moluscos da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 10, n. 2, p. 231–246. Agosto. 2015.

PEREIRA, R. et al. Biomarker signatures of Cretaceous Gondwana amber from Ipubi Formation (Araripe Basin, Brazil) and their palaeobotanical significance. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 98, p. 102413. Março. 2020.

PINHEIRO, F. L.; RODRIGUES, T. *Anhanguera* taxonomy revisited: is our understanding of Santana Group pterosaur diversity biased by poor biological and stratigraphic control? **PeerJ**, v. 5, p. e3285. Maio. 2017.

Ponte, F.C.; Ponte Filho, F.C. Evolução tectônica e classificação da Bacia do Araripe: in: IV Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 1996. Águas de São Pedro: UNESP/IGC. p. 123-133.1996.

PRADO, L.A.C.; CALADO, T.C.S.; BARRETO, A.M.F. New records of shrimps from the Lower Cretaceous Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil, with new taxa of Penaeoidea (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata). **Cretaceous Research** v.99, p. 96–103. Fevereiro. 2019.

SANTANA, W. et al. A new fossil caridean shrimp (Crustacea: Decapoda) from the Cretaceous (Albian) of the Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **Zootaxa** v. 3620, p. 293–300. Junho. 2013.

ALBUQUERQUE, U.P. **Sociobiodiversidade na Chapada do Araripe**. Recife: NUPEEA, 2015.

SAYÃO, J. M. et al. Author Correction: The first theropod dinosaur (Coelurosauria, Theropoda) from the base of the Romualdo Formation (Albian), Araripe Basin, Northeast Brazil. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 13464, 5 ago. 2020.

SCHOBENHAUS, CARLOS et al. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, p. 121-130. Brasília: DNPM, 2002.

SILVA, J. H. et al. Spectroscopic Analysis of a Theropod Dinosaur (Reptilia, Archosauria) from the Ipubi Formation, Araripe Basin, Northeastern Brazil. **Journal of Spectroscopy**, v. 2013, p. 1–7. Novembro. 2013.

SILVA, M.A.M. Evaporitos do Cretáceo da Bacia do Araripe: ambientes de deposição e história diagenética. **Boletim de Geociências** 2(1): 53-63. Janeiro. 1988.

SIMÕES, T. R. Redescription of *Tijubina ponteii*, an Early Cretaceous lizard (Reptilia; Squamata) from the Crato Formation of Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 1, p. 79–94. Março. 2012.

SELDEN, P. A.; DA COSTA CASADO, F.; VIANNA MESQUITA, M. Mygalomorph spiders (Araneae: Dipluridae) from the Lower Cretaceous Crato lagerstätte, Araripe Basin, north-east Brazil: CRETACEOUS SPIDERS FROM CRATO, BRAZIL. **Palaeontology**, v. 49, n. 4, p. 817–826. Julho. 2006.

VALENÇA, L.M.M.; NEUMANN, V.H.; MABESOONE, J.M. An overview on Callovian-Cenomanian intracratonic basins of Northeast Brazil: onshore stratigraphic record of the opening of the southern Atlantic. **Geologica Acta** 1: 261-275. Janeiro. 2003.

VILA NOVA, B. C. et al. Controlled excavations in the Romualdo Formation Lagerstätte (Araripe Basin, Brazil) and pterosaur diversity: remarks based on new findings. **PALAIOS**, v. 26, n. 3, p. 173–179. Março. 2011.

VITULE, J.R.S.; POZENATO, L.P. Homogeneização biótica: Misturando organismos em um mundo pequeno e globalizado. **Estudos de Biologia**, v. 34, n. 83. Novembro. 2012.