

## PALEONTOLOGIA - ESTADO DA ARTE DA FORMAÇÃO BARBALHA (GRUPO SANTANA) DA BACIA DO ARARIPE, NORDESTE, BRASIL

Gisele Sana Rebelato<sup>1</sup>, Ana Maria de Souza Alves<sup>2</sup>, Flaviana Jorge de Lima<sup>3</sup>, André Jasper<sup>4</sup>

**Resumo:** A Bacia do Araripe é conhecida mundialmente por sua diversidade de fósseis em excelente estado de conservação, que registram a fauna e a flora do Paleozoico ao Mesozoico, depositados durante milhões de anos. A vasta literatura sobre a bacia é concentrada em sua maioria sobre o Mesozoico, com especial interesse ao Grupo Santana, cujo estratos aflorantes são do período Cretáceo, podendo conter lacunas entre seus diferentes sistemas deposicionais. O presente artigo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a Formação Barbalha fornecendo o estado da arte e seus gargalos que corresponde a base deste grupo. As bibliografias analisadas indicaram uma predominância de estudos de natureza geológica e uma escassez de trabalhos paleontológicos. Dentre os estudos paleontológicos, a maioria ocorre com microfósseis e a minoria com paleoflora. A carência de estudos fossilíferos para a Formação Barbalha pode estar relacionada aos processos de fossilização, os quais estão diretamente relacionados aos interesses dos pesquisadores em estudar as demais formações, devido a maior qualidade de seu registro fóssil.

**Palavras-chave:** Estado da Arte; Formação Barbalha; Bacia do Araripe; Paleontologia.

## PALEONTOLOGY - STATE OF THE ART OF BARBALHA FORMATION (SANTANA GROUP) OF THE ARARIPE BASIN, NORTHEAST, BRAZIL

**Abstract:** The Araripe Basin is known worldwide for its diversity of fossils in an excellent state of conservation that record the fauna and flora from the Paleozoic to the Mesozoic deposited over millions of years. The vast literature on the basin is mostly concentrated on the Mesozoic, with special interest to the Santana Group,

- 
- 1 Mestra em Ecologia pela Universidade do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Taquari (Univates). Laboratório de Paleobotânica e Evolução de Biomas Terrestres. [gisele.rebelato@universo.univates.br](mailto:gisele.rebelato@universo.univates.br);
  - 2 Mestra em Diversidade Biológica e Recursos Naturais pela Universidade Regional do Cariri (URCA). Bolsista da Universidade Regional do Cariri (URCA). [anamariadesouza50@gmail.com](mailto:anamariadesouza50@gmail.com);
  - 3 Doutora em Geociências pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professora Doutora da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. [flaviana.jorge@ufpe.br](mailto:flaviana.jorge@ufpe.br);
  - 4 Doutor em Ciências pela Universidade do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professor do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES). [ajasper@univates.br](mailto:ajasper@univates.br)

---

-- ARTIGO RECEBIDO EM 25/10/2021. ACEITO EM 30/09/2022. --

whose outcropping strata are from the Cretaceous period, and may contain gaps between its different depositional systems. This article aims to carry out a literature review on the Barbalha Formation providing the state of the art and its bottlenecks that correspond to the base of this group. The bibliographies analyzed indicated a predominance of geological studies and a scarcity of paleontological works. Among paleontological studies, most occur with microfossils and a minority with paleoflora. The lack of fossil studies for the Barbalha Formation may be related to the fossilization processes, which are directly related to the researchers' interests in studying the other formations, due to the higher quality of its fossil record.

**Keywords:** State of the Art, Barbalha Formation, Araripe Basin, Paleontology.

## 1 Introdução

A Bacia do Araripe é conhecida nacionalmente e internacionalmente por seus exuberantes e abundantes fósseis em excelente estado de conservação (MAISEY, 1991) com inúmeros registros de flora e fauna, abrangendo microfósseis (COIMBRA *et al.*, 2002) e macrofósseis, desde coprólitos (ASSINE, 2007), invertebrados (insetos, aracnídeos, bivalves e conchostráceos) (MARTILL *et al.*, 2007; DOWNEM; SELDEN, 2021), e vertebrados (peixes, anfíbios, quelônios, crocodilomorfos, lagartos, pterossauros e dinossauros) (VIANNA; NEUMANN, 2002; SAYÃO; KELLNER, 2006; SARAIVA *et al.*, 2021). Além de uma paleoflora composta por pteridófitas, gimnospermas e angiospermas (LIMA; SARAIVA, SAYÃO, 2012; BERNARDES-DE-OLIVEIRA *et al.*, 2014; SUCERQUIA; BERNARDES-DE-OLIVEIRA; MOHR, 2015; COIFFARDI *et al.*, 2019).

Dentro deste contexto as diferentes formações geológicas da Bacia do Araripe apresentam uma diversidade e variedade de fósseis pouco exploradas para algumas formações, como a Formação Barbalha. Esta formação possui uma riqueza paleontológica ainda pouco estudada, pela natureza fragmentária do registro fóssil tanto de plantas (PAULA-FREITAS; BORGHI, 2011; SCHERER *et al.*, 2015) quanto de animais (BATISTA *et al.*, 2019; FAMBRINI *et al.*, 2022). Portanto, a presente revisão bibliográfica tem como objetivo evidenciar o potencial fóssil da Formação Barbalha e a necessidade de pesquisas paleontológicas, assim contribuindo para preencher lacunas entre os diferentes sistemas deposicionais da Bacia do Araripe.

## 2 Estado da Arte

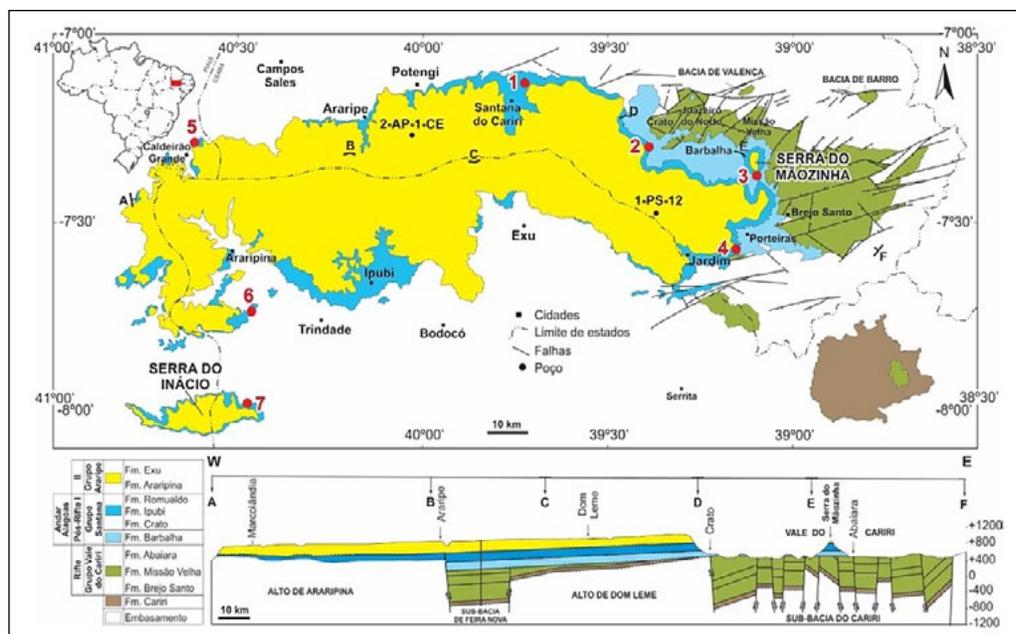
### 2.1 Contexto Geológico

A Bacia do Araripe faz parte de um conjunto de pequenas bacias interiores do Nordeste brasileiro, que estão localizadas entre as bacias do Parnaíba, do Tucano-Jatobá e Potiguar (ASSINE, 1994), pertencentes à Província Borborema (ALMEIDA *et al.*, 1981) e depositadas sobre rochas do embasamento Pré-Cambriano (VALENÇA *et al.*, 2003). Dessas pequenas bacias interiores, a Bacia do Araripe é a de maior extensão, com mais de 9.000 km<sup>2</sup> compreendendo tanto o Vale do Cariri como a Chapada do Araripe (ASSINE, 1992; 2007), localizada entre os Estados do Pernambuco, Piauí e Ceará (Figura 1), entre as coordenadas geográficas 38°30'W e 41°00'W e 7°00'S e 8°00'S (DAS CHAGAS, 2006).

A geologia da Bacia do Araripe é caracterizada por uma estratigrafia complexa formada por quatro sequências limitadas por discordâncias (ASSINE, 1992; 1994; 2007)

sendo: uma Sequência Paleozoica representada pela Formação Cariri; uma Sequência Juro-Neocomiana constituída pelas formações Brejo Santo, Missão Velha e Abaiara; uma Sequência Aptiano-Albiana que compreende as formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo e; uma Sequência Albiano-Cenomaniana representada pela Formação Exu (KELLNER *et al.*, 2013; ASSINE *et al.*, 2014; CUSTÓDIO *et al.*, 2017). A deposição das formações pertencentes à Sequência Juro-Neocomiana estão associadas aos processos de rifteamento da Gondwana (ASSINE, 1992). As formações da Sequência Aptiano-Albiano e da Sequência Albiano-Cenomaniana, ambas no Cretáceo, representam o estágio *post-rift* na Bacia do Araripe (ASSINE, 2007), relacionadas à fragmentação final do supercontinente Gondwânico (FAIRCHILD, 2003), e associadas à abertura do Atlântico Sul ao longo desse período (DE MATOS, 1992; MABESOONE *et al.*, 1994). O início da deposição após os eventos tectônicos do rifteamento é a Formação Barbalha (ASSINE, 2007), que juntamente com as formações Crato, Ipubi e Romualdo fazem parte do Grupo Santana e da megassequência Andar Alagoas (ASSINE *et al.*, 2014; NEUMANN; ASSINE, 2015) que correspondem a fase *post-rift I* (DAS CHAGAS, 2006).

Figura 1 – Mapa geológico mostrando o registro estratigráfico e a localização da Bacia do Araripe entre os Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí no interior do Nordeste do Brasil.

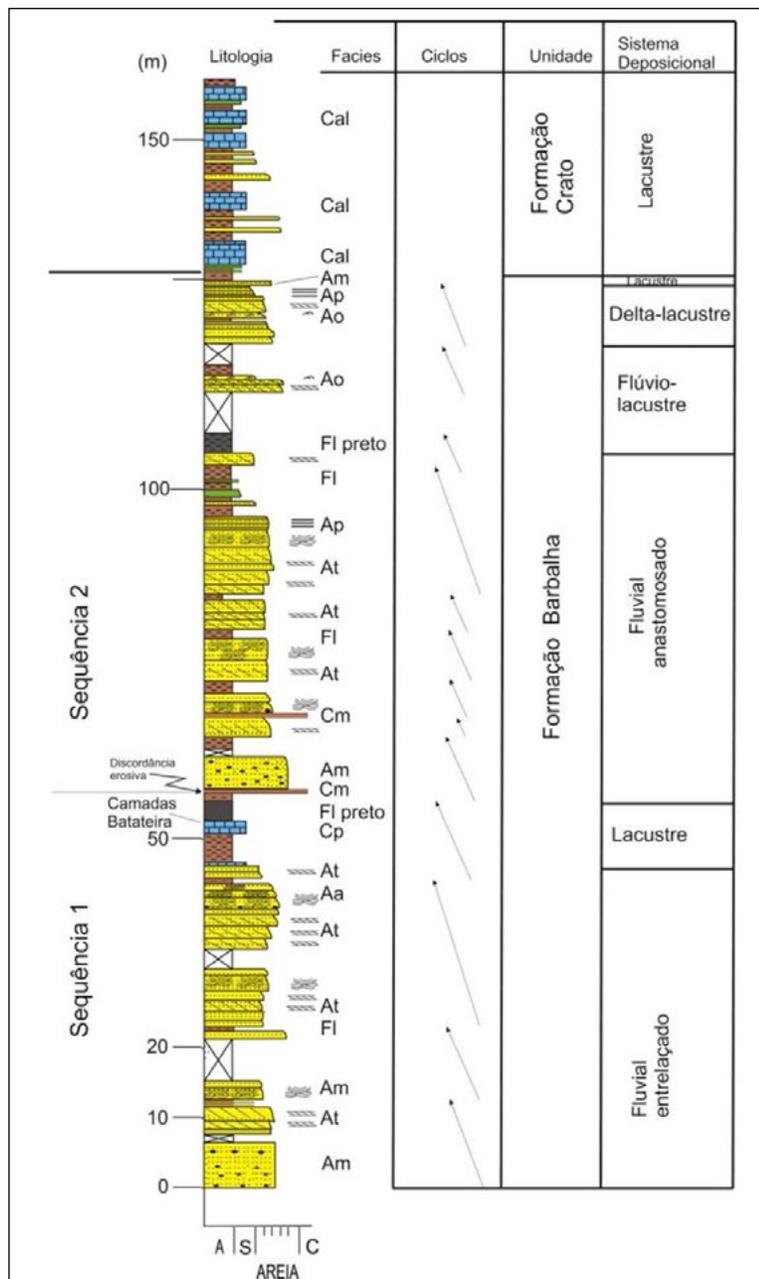


Fonte: Modificado e adaptado de CUSTÓDIO *et al.* (2017).

O Andar Alagoas na Bacia do Araripe possui três sequências deposicionais com duas desconformidades internas (ASSINE *et al.*, 2014), sendo a sequência inferior correspondente a porção basal da Formação Barbalha, a sequência intermediária a porção superior da Formação Barbalha juntamente com as formações Crato e Ipubi e a sequência superior representada pela Formação Romualdo (ASSINE *et al.*, 2014). Essas sequências representam

eventos tectônicos distintos, resultando em alterações paleogeográficas (ASSINE, 1992; 1994; 2007) e ambientais, passando de ambientes fluviais à lacustre e vice-versa (ASSINE *et al.*, 2014).

Figura 2 – Seção estratigráfica da Formação Barbalha e da base da Formação Crato no Rio da Batateira que mostra a transição concordante entre as formações.



Fonte: Modificado e adaptado de FAMBRINI *et al.* (2016) e FAMBRINI *et al.* (2019).

Dentro desse contexto a Formação Barbalha representa o registro do início da fase *post-rift* I sendo caracterizada por arenitos finos e médios de estratificação cruzada planar ou canelada intercalados por delgados ou conglomerados de folhelhos avermelhados (ASSINE, 2007). A Formação Barbalha apresenta duas sequências deposicionais e registro de dois ciclos estratigráficos com a passagem de sistemas fluviais para sistemas lacustres (DAS CHAGAS *et al.*, 2007; CUSTÓDIO *et al.*, 2017; FAMBRINI *et al.*, 2016), que juntamente com a Formação Crato (Figura 2) constituem a sequência lacustre Aptiana-Albiana da fase *post-rift* da Bacia do Araripe (NEUMANN *et al.*, 2002). A deposição de calcários laminados consolida a implantação de sistemas lacustres na bacia (ASSINE *et al.*, 2014). A base da primeira camada de calcário é definida como contato entre as formações Barbalha e Crato (ASSINE, 2007; ASSINE *et al.*, 2014). As intercalações entre folhelhos betuminosos e calcários característicos das “Camadas Batateira” indicam uma oscilação de climas úmidos e secos (HASHIMOTO *et al.*, 1978). As “Camadas Batateira” caracterizam o final do primeiro ciclo de um sistema fluvial de alta energia para um sistema lacustre de baixa energia de águas rasas e pouco oxigenadas (ASSINE, 1992; 2007; ASSINE *et al.*, 2014). O segundo ciclo sobreposto as “Camadas Batateira” é formado em sua base por conglomerados e arenitos grossos (DAS CHAGAS *et al.*, 2007) que passam para arenitos mais finos intercalados com folhelhos calcíferos, os quais dominam o topo do segundo ciclo terminando nos calcários micríticos laminados da Formação Crato (ASSINE, 2007). A separação das formações Barbalha e Crato ocorre pelos arenitos e siltitos deltaico-lacustres da Formação Barbalha e por siltitos e folhelhos lacustres da Formação Crato (NEUMANN; CABRERA, 1999).

Vale salientar que até hoje a nomenclatura dessa formação é objeto de discussão, sendo ora denominada de Formação do Rio da Batateira e ora como Formação Barbalha, que segundo ASSINE (1992), a denominação Formação Barbalha seria a mais aplicável, pois a designação Formação Rio da Batateira foi utilizada anteriormente por Hashimoto *et al.* (1987) referindo-se às “Camadas Batateira”. Por ser um marco estratigráfico importante (ASSINE, 2007), a manutenção da denominação Batateira deve seguir o proposto por Hashimoto *et al.* (1987), sendo assim o nome Formação Barbalha abrange o conjunto de rochas neaptianas incluindo as “Camadas Batateira” (ASSINE, 1992).

## 2.2 Riqueza paleontológica

O registro paleontológico da Formação Barbalha compreende conteúdo palinológico (SOUZA-LIMA; SILVA, 2018), coprólito (ASSINE, 2007), fauna bentônica: icnofóssil (BARBOSA *et al.*, 2006), ostracodes (COIMBRA *et al.*, 2002) e conchostráceos (CARVALHO, 2014), foraminíferos (MELO *et al.*, 2022), peixes (ASSINE, 2007; BATISTA *et al.*, 2019) e plantas carbonificadas (ASSINE, 2007).

A paleofauna é caracterizada por icnofósseis representada pela iconespécie *Taenidium barreti* e pelos icnogêneros *Planolites* e *Skolithos*, ambos pertencentes a icnofácies Scoyenia, que são de ambientes flúvio – lacustres com influência carbonática (BARBOSA *et al.*, 2006). A fauna de conchostráceos é monoespecífica com a presença de um único crustáceo dulcícola que habita corpos d’água temporários o *Cyzicus codoenses* = *Martinsesstheria codoensis*, o qual é uma espécie indicativa de climas quentes, e endêmica da região Nordeste

do Brasil (CARVALHO, 2014; ALENCAR; BARROS, 2021). Ambos os grupos são adaptados a ambientes com alta salinidade como ambientes às margens de lagos em bacias lacustres em sistemas efêmeros e perenes (BUATOIS; MÁNGANO, 1998; CARVALHO, 2014). Além das condições de alta salinidade a monoespécie de conchostráceo ocorre em locais com baixa pluviosidade, podendo ser a razão do seu endemismo em um clima quente e seco (CARVALHO, 2014).

Os ostracodes são representados pelos táxons: *Darwinula martinisi*, *Cypridea araripensis*, Ostracode sp. 207, *Pattersonocypris angulata angulata*, *Pattersonocypris angulata symmetrica*, *Pattersonocypris micropapillosa*, *Theriosynoecum munizi*, *Theriosynoecum silvai* (COIMBRA *et al.*, 2002), *Harbinia micropapillosa* = *Pattersonocypris micropapillosa*, *Candona* sp. (SYRIO; RIOS-NETTO, 2002). A presença de gêneros não marinhos *Pattersonocypris*, *Candona*, *Theriosynoecum* e *Darwinula*, indica que a deposição ocorreu em ambiente lacustre mixohalino (COIMBRA *et al.*, 2002; SYRIO; RIOS-NETTO, 2002) com influência marinha periódica e drástica (ARAI; COIMBRA, 1990; COIMBRA *et al.*, 2002). Os peixes registrados são *Dastilbe elongatus* (ASSINE, 2007) e *Mawsonia* sp. (BATISTA *et al.*, 2019).

Recentemente foram identificados pela primeira vez nas “Camadas Batateira” a ocorrência de foraminíferos aglutinantes da espécie *Ammobaculites irregulariformis* e do gênero *Verneuilinoides* sp. (MELO *et al.*, 2022). A ocorrência de foraminíferos para a Bacia do Araripe estava exclusiva às formações Crato e Romualdo (MELO *et al.*, 2020; ARARIPE *et al.*, 2021).

A paleoflora da Formação Barbalha é caracterizada quase que exclusivamente por evidências palinológicas (LIMA, 1978; LIMA; PERINOTTO, 1984; ARAI; COELHO, 2001; COIMBRA *et al.*, 2002; DE MORAES *et al.*, 2012; SOUZA-LIMA; SILVA, 2018; GOLDBERG *et al.*, 2019), sendo que a maioria de seus achados são concentrados nas “Camadas Batateira”, que pertencem ao final da sequência inferior da Formação Barbalha (ASSINE, 2007). Seu conteúdo palinológico posiciona a Formação Barbalha na biozona P-270 de idade neaptiana (HASHIMOTO *et al.*, 1987), pela presença do pólen de *Sergipea variverrucata*, importante marcador temporal do Aptiano - cerca de 125 milhões de anos atrás (REGALI *et al.*, 1986; ARAI; ASSINE, 2020). As evidências paleobotânicas referem-se a ocorrência do gênero *Klitzschophyllites* e ampliação de sua distribuição estratigráfica, mostrando sua ocorrência em diferentes níveis deposicionais da Formação Barbalha (CARNIERE *et al.*, 2022) além do registro para as “Camadas Batateira” da espécie *Klitzschophyllites flabellatus* (BEZERRA *et al.*, 2019) Há também existência de raízes de *Choffatia francheti* (SARAIVA *et al.*, 2015) e outros registros na bibliografia relatam a ocorrência de restos de plantas na interdigitação da Formação Barbalha com a Formação Crato (SARAIVA *et al.*, 2015) sem detalhamento.

Os fósseis da Formação Barbalha não são tão exuberantes quanto os das formações Crato e Romualdo, os quais são classificados como *Konservat-Lagerstätten* (MAISEY, 1991; VAREJÃO *et al.*, 2020), sendo este um dos motivos pelo qual esta formação é uma das menos estudada. Das revisões bibliográficas constatou-se poucas publicações principalmente de natureza paleontológica, visto que em sua maioria são de natureza micropaleontológica (TABELA 1).

Tabela 1 – Levantamento bibliográfico da Formação Barbalha (Grupo Santana), Bacia do Araripe classificados em trabalhos geológicos (G), trabalhos paleontológicos (P) e forma de publicação, sendo artigo publicado em periódico (A), capítulo de livro (C), dissertação (D), livro (L), resumo (R) e Tese (T)

Pesquisa	Área	Taxons	Publicação	Referencia bibliográfica
P	Micropaleontologia	Palinomorfos	T	Lima, 1978
P	Micropaleontologia	Palinomorfos	A	Lima; Perinotto, 1984
G	Estratigrafia e paleoambiente		A	Hashimoto <i>et al.</i> , 1987
G*	Estratigrafia		A	Assine, 1992
G	Paleogeografia e paleocorrentes		A	Assine, 1994
G	Estratigrafia e Tecnosequencia		R	Neumann; Cabrera, 1999
P	Micropaleontologia	Palinomorfos	A	Arai; Coelho, 2001
P	Micropaleontologia	Ostracodes e palinomorfos	A	Coimbra <i>et al.</i> , 2002
G	Ambiente sedimentar e facies		A	Neumann <i>et al.</i> , 2002
P	Micropaleontologia	Ostracodes diversos	A	Syrio; Rio-Netto, 2002
G	Litologia, sedimentologia e matéria orgânica#		A	Neumann <i>et al.</i> , 2003
P	Iconofóssis	<i>Taenidium barreti</i> , <i>Planolites</i> e <i>Skolithos</i>	A	Barbosa <i>et al.</i> , 2006
G	Litiestratigrafia		D	Das Chagas, 2006
G*	Superseqüências e seqüências deposicionais		A	Assine, 2007
G**	Facies sedimentares e ambientes deposicionais		A	Das Chagas <i>et al.</i> , 2007
G*	Estratigrafia		A	Paula-Freitas; Borghi, 2011
P	Micropaleontologia	Palinomorfos	A	De Moraes <i>et al.</i> , 2012
P	Conchostráceos	<i>Martinsætheria codoensis</i>	C	Carvalho, 2014
G*	Seqüências deposicionais		A	Assine <i>et al.</i> , 2014
P; G	Geral	<i>Choffatia francheti</i>	L	Saraiva <i>et al.</i> , 2015
G*	Arquitetura de facies e estratigrafia de seqüência		A	Scherer <i>et al.</i> , 2015
G**	Facies deposicionais		A	Fambrini <i>et al.</i> , 2016
P	Micropaleontologia	Palinomorfos	A	Souza-Lima; Silva, 2018
P	Paleovertebrados	<i>Mawsonia</i> sp.	A	Batista <i>et al.</i> , 2019
P	Paleobotânica	<i>Klitzschophyllites flabellatus</i>	R	Bezerra <i>et al.</i> , 2019
P	Micropaleontologia	Palinomorfos	A	Goldberg <i>et al.</i> , 2019
G*	Caracterização arquitetônica e de facies		A	Fambrini <i>et al.</i> , 2019
G	Sistemas deposicionais		A	Silvestre <i>et al.</i> , 2020
G*	Estratigrafia		A	Fambrini <i>et al.</i> , 2020
P	Conchostráceos	<i>Martinsætheria codoensis</i>	C	Alencar; Barros 2021
P	Paleobotânica	Paleobotânica	C	De Lima <i>et al.</i> , 2021
P; G	Geral		L	Saraiva <i>et al.</i> , 2021
P	Paleobotânica	<i>Klitzschophyllites</i> sp.	R	Carniere <i>et al.</i> , 2022
P	Micropaleontologia	Foraminíferos	R	Melo <i>et al.</i> , 2022

G\* cita brevemente a ocorrência de elementos paleontológicos como: ostracodes, conchostráceos, peixes, fragmentos de plantas e etc.

G\*\* cita a ocorrência de ostracode e citação de (ostracodes, conchostráceos, peixes, fragmentos de plantas e etc.) de outros autores.

# a palinologia do artigo não se refere à Formação Barbalha

### 3 Considerações finais

Na Formação Barbalha foi constatado uma predominância de estudos de natureza geológica em relação aos paleontológicos. Observa-se que alguns trabalhos geológicos citam sem riqueza de detalhes a existência de conteúdo paleontológico, como a presença de ostracodes, conchostráceos, fragmentos de peixe e de plantas. Alguns autores relatam a abundância de conteúdo fóssilífero (PAULA-FREITAS; BORGHI, 2011; SCHERER *et al.*, 2015; BATISTA *et al.*, 2019; FAMBRINI *et al.*, 2022) corroborando com a prospecção realizada pelos autores na seção-tipo da Formação Barbalha, localizada no Rio da Batateira no município de Crato/CE, cujo material, encontra-se no Laboratório de Paleobotânica e Evolução de Biomas da Universidade do Vale do Taquari (Univates).

Além dessa prospecção, as análises de coleções mostraram rochas promissoras de fósseis para a Formação Barbalha, depositadas nas coleções do Laboratório de Paleontologia

da Universidade Regional do Cariri (URCA) e do Museu de Paleontologia Plácido Cidade Nuvens.

Quando o estudo se refere a vegetação que se desenvolveu no início do estágio *post-rift I* a grande maioria corresponde à microfósseis (LIMA, 1978; LIMA; PERINOTTO, 1984; ARAI; COELHO, 2001; COIMBRA *et al.*, 2002; SYRIO; RIOS-NETTO, 2002; DE MORAES *et al.*, 2012; SOUZA-LIMA; SILVA, 2018; GOLDBERG *et al.*, 2019) e somente poucos retratam a macroflora (DE LIMA *et al.*, 2021), como constatado nessa revisão sobre a Formação Barbalha.

A falta de publicações provavelmente ocorre por alguns fatores que se retroalimentam, sendo um relacionado aos processos de fossilização que dificultam a conservação dos fósseis e consequentemente a dificuldade em encontrá-los, e outro, referente ao interesse dos pesquisadores em realizarem trabalhos na Formação Barbalha, uma vez que o interesse da comunidade científica recai majoritariamente sobre as demais formações do Grupo Santana, tendo com destaque as Formações Crato e Romualdo consideradas *Konservat-Lagerstätten* devido à excepcional preservação de seus fósseis (MAISEY, 1991; VAREJÃO *et al.*, 2020).

Diante da escassa informação levantada, existe a necessidade de pesquisas paleontológicas para a Formação Barbalha com a finalidade de obter mais informações para reconstruir e melhor compreender o paleoambiente do início do estágio *Post-rift I*.

## Referências

ALENCAR, D. R.; BARROS, O. A. Crustáceos. In: SARAIVA, et al. **Guia de Fósseis da Bacia do Araripe**. Crato, 2021. p. 115-140.

ALMEIDA, F. D.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. D.; FUCK, R. A. Províncias estruturais brasileiras. **Simpósio de Geologia do Nordeste**, v. 8, n. 1977, p. 363-391, 1981.

ARAI, M.; COELHO, P. S.; M. Statistical analysis of palynological assemblages from the Aptian-Albian of the Araripe Basin, northeast Brazil: a case study of paleoenvironmental significance of Early Cretaceous terrestrial palynomorphs. **Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina**, v. 7, n. 1, 2001.

ARAI, M.; COIMBRA, J. C. 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**. 1990. p. 225-240.

ARAI, M.; ASSINE, M. L. Chronostratigraphic constraints and paleoenvironmental interpretation of the Romualdo Formation (Santana Group, Araripe Basin, Northeastern Brazil) based on palynology. **Cretaceous Research**, v. 116, p. 104610, 2020.

ARARIPE, R. C.; OLIVEIRA, D. H.; TOME, M. E.; DE MELLO, R. M.; BARRETO, A. M. Foraminifera and Ostracoda from the lower Cretaceous (Aptian–lower Albian)

Romualdo formation, Araripe basin, northeast Brazil: Paleoenvironmental inferences. **Cretaceous Research**, v. 122, p. 104766, 2021.

ASSINE, M. L. Análise estratigráfica da bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 22, n. 3, p. 289-300, 1992.

ASSINE, M. L. Paleocorrentes e paleogeografia na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 24, n. 4, p. 223-232, 1994.

ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 371-389, 2007.

ASSINE, M. L.; PERINOTTO, J. D. J.; CUSTÓDIO, M. A.; NEUMANN, V. H.; VAREJÃO, F. G.; MESCOLOTTI, P. C. Sequências deposicionais do andar Alagoas da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**, v. 22, n. 1, p. 3-28, 2014.

BARBOSA, J. A.; HESSEL, M. H.; NASCIMENTO, M. C.; NEUMANN, V. H. M. L Ocorrência de *Taenidium barreti* na formação rio da batateira, cretáceo da bacia do Araripe. **Estudos Geológicos**, v. 16, n. 1, p. 50-60, 2006.

BATISTA, T. A.; BANTIM, R. A. M.; DE LIMA, F. J.; DOS SANTOS FILHO, E. B.; SARAIVA, A. Á. F. New data on the coelacanth fish-fauna (Mawsoniidae) from the Late Jurassic and Early Cretaceous of Araripe Basin, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 95, p. 102-280, 2019.

BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E. C.; SUCERQUIA, P. A.; MOHR, B.; DINO, R.; ANTONIOLI, L.; GARCIA, M. J. Indicadores paleoclimáticos na paleoflora do Crato, final do aptiano do gondwana norocidental. In: CARVALHO, I. S.; GARCIA, M. J.; LANA, C. C.; STROHSCHOEN J. R. O. (Eds). **Paleontologia: Cenários da vida, Paleoclimas**, v. 5 2014.

BEZERRA, J. S.; BATISTA, M. E. P.; MACEDO, M. S. Ocorrência de *Klitzschophyllites flabellatus* nas Camadas Batateiras da Formação Barbalha, Crato-CE. In: **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Paleontologia**, p. 58, 2019.

BUATOIS, L. A.; MÁNGANO, M. G. Trace fossil analysis of lacustrine facies and basins. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 140, n. 1-4, p. 367-382, 1998.

CARNIERE, J. S.; POZZEBON-SILVA, A.; REBELATO, G. S. ; de LIMA, F. J. ; SARAIVA, A. A. F. ; UHL, D. ; JASPER, A. Distribuição de *Klitzschophyllites* sp. em diferentes níveis da Formação Barbalha, Grupo Santana, Bacia do Araripe. In: **Paleodest**, 2022. PALEODEST -Paleontologia em Destaque, 2022. v. 37. p. 63-63.

CARVALHO, I. S. Conchostráceos das bacias interiores do Nordeste brasileiro: indicadores climáticos do Cretáceo Inferior. **Paleontologia: Cenários de Vida**. Rio de Janeiro, Editora Interciência, v. 5, p. 121-134, 2014.

COIFFARD, C., KARDJILOV, N., MANKE, I., & BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E. Fossil evidence of core monocots in the Early Cretaceous. **Nature plants**, v. 5, n. 7, p. 691-696, 2019.

COIMBRA, J. C.; ARAI, M.; CARREÑO, A. L. Biostratigraphy of Lower Cretaceous microfossils from the Araripe basin, northeastern Brazil. **Geobios**, v. 35, n. 6, p. 687-698, 2002.

CUSTÓDIO, M. A.; QUAGLIO, F.; WARREN, L. V.; SIMÕES, M. G.; FÜRSICH, F. T.; PERINOTTO, J. A. J.; ASSINE, M. L. The transgressive-regressive cycle of the Romualdo Formation (Araripe Basin): Sedimentary archive of the Early Cretaceous marine ingression in the interior of Northeast Brazil. **Sedimentary geology**, v. 359, p. 1-15, 2017.

DAS CHAGAS, D.B. Litoestratigrafia da Bacia do Araripe: reavaliação e propostas para revisão. 2006. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

DAS CHAGAS, D. B.; ASSINE, M. L.; DE FREITAS, F. I. Facies sedimentares e ambientes deposicionais da Formação Barbalha no Vale do Cariri, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Geociências** (São Paulo), v. 26, n. 4, p. 313-322, 2007.

DOWNEN, M. R.; SELDEN, P. A. The earliest palpimanid spider (Araneae: Palpimanidae), from the Crato Fossil-Lagerstätte (Cretaceous, Brazil). **The Journal of Arachnology**, v. 49, n. 1, p. 91-97, 2021.

DE PAULA FREITAS, A. B. L.; BORGHI, L. Estratigrafia de alta resolução do intervalo siliciclástico aptiano da Bacia do Araripe. **Geosciences = Geociências**, v. 30, p. 529-543, 2011.

DE MORAES RIOS-NETTO, A.; REGALI, M. D. S. P.; DE SOUZA CARVALHO, I.; FREITAS, F. I. Palinoestratigrafia do intervalo Alagoas da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, p. 331-342, 2012.

DE MATOS, R. M. D. The northeast Brazilian rift system. **Tectonics**, v. 11, n. 4, p. 766-791, 1992.

DE LIMA, F. J.; ALVES, A. M. S.; RIBEIRO, A. M. N. Plantas. In: SARAIVA et al. **Guia de Fósseis da Bacia do Araripe**. Crato, p. 47-90, 2021.

FAIRCHILD, T. R. A. Terra: passado, presente e futuro. Decifrando a Terra. São Paulo, **Oficina de Textos**, p. 494-516, 2003.

FAMBRINI, G. L.; DE MENEZES-FILHO, J. A. B.; JESUÍNO, P. C. L.; DA CUNHA SILVESTRE, D.; DE LEMOS, D. R.; NEUMANN, V. L. Caracterização dos sistemas deposicionais da Formação Barbalha, bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Comunicações Geológicas**, v. 103, n. 1, p. 51-65, 2016.

FAMBRINI, G. L.; DA CUNHA SILVESTRE, D.; DE MENEZES-FILHO, J. A. B.; DA COSTA, I. C.; NEUMANN, V. H. D. M. L. Architectural and facies characterization of the aptian fluvial Barbalha Formation, Araripe Basin, NE Brazil. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 488, n. 1, p. 119-150, 2019.

FAMBRINI, G. L.; SILVESTRE, D. D. C.; BARRETO JUNIOR, A. M.; SILVA-FILHO, W. F. D. Estratigrafia da Bacia do Araripe: estado da arte, revisão crítica e resultados novos. *Geologia USP, São Paulo: Série Científica*, 2020, v. 20, p. 169-212.

GOLDBERG, K.; PREMAOR, E.; BARDOLA, T.; SOUZA, P. A. Aptian marine ingression in the Araripe Basin: Implications for paleogeographic reconstruction and evaporite accumulation. **Marine and Petroleum Geology**, v. 107, p. 214-221, 2019.

HASHIMOTO, A. T.; APPI, C. J.; SOLDAN, A. L.; CERQUEIRA, J. R. O neo-Alagoas nas Bacias do Ceará, Araripe e Potiguar (Brasil): caracterização estratigráfica e paleoambiental. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 2, p. 118-122, 1987.

KELLNER, A.W. A.; CAMPOS, D. A.; SAYÃO, J. M.; SARAIVA, A. A. F.; RODRIGUES, T.; OLIVEIRA, G.; CRUZ, L. A.; COSTA, F. R.; SILVA, H. P.; FERREIRA, J.S. The largest flying reptile from Gondwana: a new specimen of *Tropeognathus* cf. *T. mesembrinus* Wellnhofer, 1987 (Pterodactyloidea, Anhangueridae) and other large pterosaurs from the Romualdo Formation, Lower Cretaceous, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** v. 85, p. 113-135, 2013.

LIMA, MURILO RODOLFO de. **Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)**. 1978. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, SP, 1978.

LIMA, M. R.; PERINOTTO, J. A. J. Palinologia de sedimentos da parte superior da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe. **Revista Geociências**, v. 3, p. 67-76, 1984.

MABESOONE, J. M.; VIANA, M. S. S.; LIMA FILHO, M. F. Sedimentary fill of the Araripe–Potiguar depression (NE Brazil). Abstracts, **14th Intern. Sedim. Cong.**, Recife-Brazil. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, Brazil, p. 46-47, 1994.

MAISEY, J. G. (Ed.). **Santana fossils: an illustrated atlas**. TFH Publications Incorporated, 1991.

MARTILL, D.M.; BECHLY, G.; LOVERIDGE, R.F. **The Crato Fossil Beds of Brazil – Window into an Ancient World**. Cambridge: University Press. 2007.

MELO, R. M.; GUZMÁN, J.; ALMEIDA-LIMA, D.; PIOVESAN, E. K.; Neumann, V. H. D. M. L. New marine data and age accuracy of the Romualdo Formation, Araripe Basin, Brazil. **Scientific reports**, v. 10, p. 1-15, 2020.

MELO, R. PIOVESAN, E. K.; GUZMÁN, J. Novos registros de foraminíferos no Grupo Santana (Aptiano) Bacia do Araripe. *In: XXVII Congresso Brasileiro de Paleontologia, Paleontologia em Destaque*, 2022. v. 37, p. 124-124.

NEUMANN, V. H.; CABRERA, L.; MABESOONE, J. M.; VALENÇA, L. M. M.; SILVA, A. L. Ambiente sedimentar e facies da seqüência lacustre aptiana-albiana da bacia do Araripe, NE do Brasil. *In: Simpósio Sobre O Cretáceo Do Brasil*. Rio Claro: UNESP, 2002. v. 6, p. 37-42.

NEUMANN, V. H.; BORREGO, A. G.; CABRERA, L.; DINO, R. Organic matter composition and distribution through the Aptian–Albian lacustrine sequences of the Araripe Basin, northeastern Brazil. **International Journal of Coal Geology**, v. 54, p. 21-40, 2003.

NEUMANN, V. H.; ASSINE, M. L. Stratigraphic proposal to the post-rift I tectonic-sedimentary sequence of Araripe Basin, Northeastern Brazil. *In: International Congress on Stratigraphy, Graz: Austria*, 2015. v. 2, p. 274-274.

NEUMANN, V. H.; CABRERA, L. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, noreste de Brasil. *In: Simpósio Cretáceo Brasileiro*, Serra negra: UNESP, 1999, p. 279-285.

REGALI, M. S. P.; UESUGUI, N.; SANTOS, A. S. Palinologia dos sedimentos Mesozoicos do Brasil. **Bol. Técn. Petrobrás**, v. 17, p. 263-301, 1974.

SARAIVA, A. A. F.; BARROS, O. A.; BANTIM, R. A. M.; LIMA, F. J. Guia para trabalhos de campo em paleontologia na Bacia do Araripe. 2ª Edição. Crato. 88 p. 2015.

SARAIVA, A.A.F.; LIMA, F. J. BANTIM, R. A. M.; BARROS, O. A. **Guia de fósseis da Bacia do Araripe**. 1ª Edição. Crato - CE, 378 p. 2021.

SAYÃO, J. M.; KELLNER, A. W. A. Novo esqueleto parcial de pterossauro (Pterodactyloidea, Tapejaridae) do Membro Crato (Aptiano), Formação Santana, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Estudos Geológicos**, v. 16, n. 2, p. 16, 2006.

SCHERER, C. M.; GOLDBERG, K.; BARDOLA, T. Facies architecture and sequence stratigraphy of an early post-rift fluvial succession, Aptian Barbalha Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **Sedimentary Geology**, v. 322, p. 43-62, 2015.

SOUZA-LIMA, W.; SILVA, R. O. Aptian–Albian paleophytogeography and paleoclimatology from Northeastern Brazil sedimentary basins. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 258, p. 163-189, 2018.

SUCERQUIA, P. A.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E. C.; MOHR, B.A.R. Phylogeographic, stratigraphic, and paleoclimatic significance of *Pseudofrenelopsis capillata* sp. nov. from the Lower Cretaceous Crato Formation, Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 222, p. 116-128, 2015.

SYRIO, V. N.; RIOS-NETTO, A. M. Estudo bioestratigráfico e paleoambiental preliminar de ostracodes da Formação Rio da Batateira, Bacia Sedimentar do Araripe-Brazil. In: **Boletim do 6º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil**, 2002, p. 67-70.

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**, v. 1, n. 3, p. 261, 2003.

VAREJÃO, F. G.; SILVA, V. R.; ASSINE, M. L.; WARREN, L. V.; MATOS, S. A.; RODRIGUES, M. G.; SIMÕES, M. G. Marine or freshwater? Accessing the paleoenvironmental parameters of the Caldas Bed, a key marker bed in the Crato Formation (Araripe Basin, NE Brazil). **Brazilian Journal of Geology**, v. 51, n. 1, p. 1-12, 2020.

VIANA, M. S. S.; NEUMANN, V. H. L. Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE. Riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. **SIGEP, Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília**, p. 113-120, 2002.