



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

JHENYS MAIKER SANTOS

**O GÊNERO MONTASTRAEA (CNIDARIA, SCLERACTINIA) DO CRETÁCEO,
GRUPO SANTANA, NORDESTE DO BRASIL**

FORTALEZA

2023

JHENYS MAIKER SANTOS

O GÊNERO MONTASTRAEA (CNIDARIA, SCLERACTINIA) DO CRETÁCEO, GRUPO
SANTANA, NORDESTE DO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia Sedimentar e Paleontologia.

Orientador: Prof. Dr. Maria Somália Sales Viana.

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Victor de Oliveira.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S235g Santos, Jhenys Maiker.
O gênero *Montastraea* (Cnidaria, Scleractinia) do Cretáceo, Grupo Santana, Nordeste do Brasil /
Jhenys Maiker Santos. – 2023.
56 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação
em Geologia, Fortaleza, 2023.
Orientação: Profa. Dra. Maria Somália Sales Viana.
Coorientação: Prof. Dr. Paulo Victor de Oliveira.
1. Fóssil. 2. Coral. 3. Formação Romualdo. 4. Paleobiota. I. Título.

CDD 551

JHENYS MAIKER SANTOS

O GÊNERO MONTASTRAEA (CNIDARIA, SCLERACTINIA) DO CRETÁCEO, GRUPO
SANTANA, NORDESTE DO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia Sedimentar e Paleontologia.

Aprovado em: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Maria Somália Sales Viana (Orientadora)
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

Prof. Dr. Vladimir de Araújo Távora
Universidade Federal do Pará (UFPA)

Prof^ª. Dra. Olga Alcântara Barros
Universidade Regional do Cariri (URCA)

Prof^ª. Dra. Sônia Agostinho
Universidade Federal do Pernambuco (UFPE)

Prof^ª. Dra. Edilma Andrade
Universidade Federal de Sergipe (UFS)

A minha amada esposa que tanto me
incentivou e sempre esteve comigo nos
momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

No decorrer de todo esse tempo de mestrado, várias pessoas contribuíram de forma direta ou indireta. Foram muitas situações difíceis e dificuldades, mas nenhuma batalha é vencida sozinho. Dessa forma, venho por meio destes expressar meus profundos agradecimentos à essas pessoas.

Agradeço primeiramente à minha esposa, Joceane Layane Rodrigues de Moura, por estar sempre ao meu lado, e me apoiar nos momentos difíceis e complicados, principalmente dos últimos anos do qual eu contraí COVID-19 e fiquei com algumas sequelas permanentes que ainda me trato. Agradeço também por me incentivar em tudo e sempre me lembrar dos deveres e afazeres em relação ao mestrado e não me deixar desistir, pois diante de várias situações eu cogitei essa hipótese. Sem você, eu, não teria sequer ido no primeiro dia de aula!

À minha filha Melyssa, da qual eu pouco vejo, mas muito penso e tenho saudades, pois ela é um dos meus principais motivos para eu continuar seguindo em frente.

À minha professora e orientadora Maria Somália Sales Viana, da qual eu sempre tive profunda admiração por conta dos seus trabalhos que eu lia com frequência. Agradeço pelas suas orientações e paciência, até mesmo cobrança pois sei que fui ausente.

Ao meu professor/orientador de graduação, orientador de iniciação científica, padrinho de casamento e coorientador de mestrado, Paulo Victor de Oliveira, pelas suas orientações nos estudos, conselhos e ajuda em alguns momentos da minha vida, você foi e é mais que um orientador e espero levar comigo para sempre.

À minha professora de graduação, Márcia Marques juntamente com seu pai e sua mãe me cederam sua casa em Fortaleza para que eu pudesse me estabelecer durante as aulas. Agradeço também à sua irmã Liandra e ao seu sobrinho Andersson por toda a preocupação, conselhos, dicas e disponibilidade para ajudar.

À minha mãe, Maria do Socorro Santos, que sempre me apoia nos estudos, mesmo que muita coisa ela não entenda mais do que se trata. Lembro-me a última vez que a senhora me ajudou em um “dever de casa” na quarta série, e me disse que, a partir dali não poderia ajudar mais, pois só tinha feito até o primário. Hoje eu sou professor. Recentemente minha mãe está fazendo supletivo, e junto a essa antiga lembrança adicionei outra que foi a dela me pedindo para corrigir uma atividade e ensinar a que tiver errado.

Aos meus avós paternos (*in memoriam*) Martinha e José Vaz, que sempre me aconselharam em tudo, e que cuidaram de mim quando minha mãe saía a noite para trabalhar

e nas minhas férias que eu passava na casa deles, principalmente minha avó que não sabia ler nem escrever e eu estava ensinando nos seus últimos momentos de sua vida.

Aos meus avós maternos que me acolheram como um filho, minha avó Maria do Socorro da qual me “chama de meu rapaz” e sempre se preocupa comigo mesmo estando longe, e meu avô Albertinho (*in memorian*) chamado carinhosamente de “Bertim”, falecido em 08/05/2021 vítima do câncer. O qual eu tenho profundo carinho e admiração, cuidou de mim e me recebeu em sua casa de braços abertos, como eles mesmo sempre dizia “terminar de criar” do qual depois ajudei a cuidar dele em seus últimos anos de vida.

À minha tia, Maria do Carmo, carinhosamente chamada de Maninha (*in memorian*) falecida em 13/04/2020 vítima de um acidente vascular cerebral hemorrágico, obrigado por tudo que a senhora fez por mim, seu sorriso contagiante e alegria até menos em momentos difíceis ficará em minha memória para sempre.

Aos meus antigos ex-colegas do Laboratório de Paleontologia de Picos (LPP), que não os vejo a um bom tempo, saudades das visitas à sala da coleção, conversas descontraídas, cafezinho da tarde, viagens para eventos e descobertas paleontológicas.

Aos meus colegas de mestrado, Raiane, Danilo, Mário, Agathe, Josielly e outros, dos quais sinto saudades, das trocas de saberes e debates científicos tão proveitosos, tomando um cafezinho fraco e sem açúcar na cantina do Bloco da Geologia (UFC).

À Instituição UFC, pelo apoio.

Por fim, e não menos importante, agradeço a todos os meus professores das disciplinas do curso de mestrado, pelo empenho, didática, compreensão e compromisso. Pois eles desempenharam um papel um papel fundamental para a finalização desta longa etapa da minha. Foram vários novos conhecimentos obtidos por mim, principalmente na Geologia.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Vladimir de Araújo Távora, Profª. Dra. Olga Alcântara Barros, Profª. Dra. Sônia Agostinho e Profª. Dra. Edilma Andrade pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Por fim, gostaria de agradecer também a todos os meus alunos da Escola Municipal Francelina Pinheiro, local onde eu exerço o meu passar de conhecimento que chamamos de magistério. Onde eu posso colocar em prática meus conhecimentos obtidos durante a minha vida acadêmica.

Obrigado!

“A ausência da evidência não significa
evidência da ausência.”

CARL SAGAN

RESUMO

Entre as bacia sedimentares do Brasil a Bacia do Araripe é uma das mais emblemáticas devido a sua quantidade de fósseis e paleobiota exuberante. A mesma fica localizada na região Nordeste do país e ocupa porções dos estados do Piauí, Pernambuco e Ceará. Em uma recente excursão paleontológica realizada na Bacia do Araripe, mais precisamente no município de Simões (fronteira oeste do estado do Piauí), foi coletado dentre outros materiais, uma amostra de coral fóssil oriundo da Formação Romualdo (Cretáceo Inferior, Grupo Santana), aqui descrito como espécime pertencente ao gênero *Montastraea* Blainville, 1830, e posteriormente tombado na coleção científica do Laboratório de Paleontologia de Picos da Universidade Federal do Piauí. O gênero é relativamente abundante no mar de Tétis no entanto esta trata-se da ocorrência mais austral até o momento. Este estudo apresenta dados descritivos, morfométricos e de análise filogenética do espécime e reforça as afinidades tetianas da biota Araripe. A análise comparativa com outros espécimes de corais escleracioneos do Cretáceo, *Montastraea* sp. se mostrou diferente das demais espécies do gênero devido ao pequeno diâmetro da colônia, formato hemisférico, diâmetro intermediário das coralitas e pelas distâncias entre as columelas. Apesar de todas essas diferenças, foi preferível não interpreta-lo como uma espécie nova, dentre outros fatores, devido a ausência de mais espécimes e possíveis deformidades de características sofridas durante o processo tafonômico. A presença de um coral fóssil na bacia indica uma biota marinha tropical rasa adaptada a águas claras e provavelmente quentes.

Palavras-chave: fóssil; Coral, Formação Romualdo; paleobiota.

ABSTRACT

Among the sedimentary basins in Brazil, the Araripe Basin is one of the most emblematic due to its quantity of fossils and exuberant paleobiota. It is located in the Northeast region of the country and occupies portions of the states of Piauí, Pernambuco and Ceará. In a recent paleontological incursion carried out in the Araripe Basin, more precisely in the municipality of Simões (western border of the state of Piauí), a sample of fossil coral from the Romualdo Formation (Lower Cretaceous, Santana Group) was collected, here described as a specimen belonging to the genus *Montastraea* Blainville, 1830, and later listed in the scientific collection of the Picos Paleontology Laboratory of the Federal University of Piauí. The genus is relatively abundant in the Tethys Sea however this is the southernmost occurrence to date. This study presents descriptive, morphometric and phylogenetic data from the specimen and reinforces the tetian affinities of the Araripe biota. Comparative analysis with other specimens of Cretaceous scleraginous corals, *Montastraea* sp. proved to be different from the other species of the genus due to the small diameter of the colony, hemispherical shape, intermediate diameter of the corallites and the distances between the columellae. Despite all these differences, it was preferable not to interpret it as a new species, among other factors, due to the absence of more specimens and possible deformities of characteristics suffered during the taphonomic process. The presence of a fossil coral in the basin indicates a shallow tropical marine biota adapted to clear and probably warm waters.

Keywords: fossil; coral, Romualdo Formation; paleobiota.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - a. Desenho esquemático da teca dos escleractíneos com detalhes em suas estruturas. b. Desenho esquemático de um coralito. c. Exemplo de um coral escleractínio solitário <i>Desmophyllum dianthus</i> Esper (1794).....	17
Figura 2 - Intervalos geológicos dos principais grupos de corais calcificados, plotados com o tempo geológico absoluto em milhões de anos. A longa barra vertical à direita, (coral mole), agrupa todos os grupos semelhantes a anêmonas de corpo mole cujo registro fóssil é pobre ou inexistente.....	18
Figura 3 - Geologia (Baseado em Neumann e Cabrera, 1999) e localização da Bacia do Araripe.....	21
Figure 1 - Geographic location of the Araripe Basin with its formations, details of the studied outcrop, municipality of Simões, Piauí and capital Teresina. Based in Assine, (2007)	41
Figure 2 - Stratigraphic profile of the studied outcrop in the municipality of Simões, Piauí State.....	43
Figure 3 - <i>Montastraea</i> sp. (UFPI LPP C-001). a. Upper part of the coral colony. b. Lower part of the coral colony. c. Details of one corallite. d. Four corallites in violet light. e. Schematic drawing (by João Victor P. Moreira): dc1 = diameter of corallite 1; dbc = distance between columella. Scale bars = 5 mm.....	44
Figure 4 - a – f. Parsimonious phylogenetic trees generated in the analysis. g. Strict consensus tree with numbers representing their respective decays of their nodes, both highlighted by UFPI LPP C-001 in red.....	48
Figure 5 - Scanning electron microscopy of the sample. a. and b. arrows indicating details of the growth pattern of crystalline aragonite or calcite blocks in corallites. c. arrows indicating the fillings of fragmented septa. d. contiguous corallites. e. detail of the spongy columella. f. teak with amorphous character.....	49
Figure 6 - Paleogeographic map of the Albian in South America and Africa, showing the channels (a, b and c) connecting the Araripe Basin to the Proto-Atlantic Ocean, and the land bridges (1, 2 and 3) which influenced vertebrate migration between the two continents (arrows). Based in Viana, (1988) and	50

modified from Scotese, (2001).....

Figure 7 - Paleoenvironmental reconstruction of the upper Romualdo Formation. Each phase (t 1, t 2 and t 3) was characterized according to taphonomic features and oxygen isotope data in the phosphate of fish scales and the carbonate from concretions (Modified from Viana and Sial, 1999)..... 51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Comparação entre os caracteres quantitativos observados em <i>Montastraea</i> sp. (UFPI LPP C-001) e espécies de <i>Montastraea</i> ocorrentes no Albiano (113,0 – 100,5 Ma), com respectivas descrições quantitativas (Adaptado de WELLS, 1932, 1933).	23
Table 1 -	Marine macroinvertebrate taxa from the top of the Romualdo Formation...	42
Table 2 -	Morphometric data of UFPI LPP C-001 <i>Montastraea</i> sp. (n=16 corallites analysed).....	45
Table 3 -	Species of <i>Montastraea</i> occurring in the Albiano (113.0 – 100.5 Ma), with respective qualitative descriptions and type-localities (Wells, 1932, 1933).	46
Table 4 -	Comparison between the quantitative characters observed in <i>Montastraea</i> sp. (UFPI LPP C-001) and species of <i>Montastraea</i> occurring in the Alban (113.0 – 100.5 Ma), with respective quantitative descriptions (Adapted of WELLS, 1932, 1933).....	47
Material suplementar - Matrix de caracteres	Character matrix assembled from table 4. Characteristics: “Smaller diameter of corallite (mm)” por “1”; “Larger diameter of corallite (mm)” for 2; “Mean diameter of corallite (mm)” por 3; “Distance between the corallites (mm)” for 4; “N of septa cycles” for 5; “Height (mm)” por 6; “Length (mm)” for 7; “Width (mm)” for 8; “Mean N of septa” for 9. Data: characteristics: 1, 2, 3 and 5: $\geq 3 = 1, \leq 3 = 0$ and $- = ?$; 4: $\geq 1 = 1, \leq 1 = 0$ and $- = ?$; 6: $\geq 50 = 1, \leq 50 = 0$ and $- = ?$; 7 and 8: $\geq 100 = 1, \leq 100 = 0$ and $- = ?$; 9: $\geq 20 = 1, \leq 20 = 0$ and $- = ?$	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivos	15
<i>1.1.1</i>	<i>Objetivo geral</i>	15
<i>1.1.2</i>	<i>Objetivos específicos</i>	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Os corais	16
2.2	História evolutiva e dispersão dos corais escleractíneos	17
2.3	Ocorrências de corais fósseis no Brasil	19
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA	20
4	METODOLOGIA	22
4.1	Material	22
4.2	Métodos	22
<i>4.2.1</i>	<i>Análise macromorfológica e micromorfológica</i>	22
<i>4.2.2</i>	<i>Análise filogenética</i>	22
5	RESULTADOS	23
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

Corais são animais marinhos do filo Cnidaria, classe Anthozoa, no geral, apresenta-se morfológicamente semelhantes as anêmonas, com corpo de formato polipoide, apresentando disco basal e tentáculos ao redor da boca (RUPPERT e BARNES, 1996; BRUSCA e BRUSCA, 2007).

Até o presente momento, para o Cretáceo brasileiro, é conhecido apenas ocorrências de corais escleractinianos na Formação Riachuelo (Aptiano-Albiano, Bacia de Sergipe-Alagoas, Nordeste do Brasil), representados pelos gêneros: *Astrocoenia* sp., *Parasmilia* sp., *Polyphylloseris* sp., *Siderastrea* sp., *Stylina* sp., *Thamnasteria* sp. (SOUZA-LIMA, 2003; MASCARENHAS, 2004) e na Formação Jandaíra (Turoniano-Campaniano, da Bacia Potiguar), representados pelos gêneros: *Actinastrea* sp., *Stephanocoenia* sp., *Madracis* sp., *Isastrea* sp., *Paracycloseris* sp., *Orbicella* sp., *Turbinolia* sp. e *Placotrochus?* sp. (TÁVORA, DIAS e SANTOS, 2015).

Dentre as bacias sedimentares intracratônicas do Nordeste, a Bacia do Araripe é a mais extensa (ASSINE, 2007), ocupando porções dos estados do Piauí, Pernambuco e Ceará (VIANA e NEUMANN, 2002). Trata-se de uma das mais conhecidas e bem estudadas bacias, tendo reconhecimento mundial, dada as características peculiares de seus fósseis, como altas diversidade, abundância e excelente qualidade de conservação especialmente na Formação Romualdo.

A paleontologia da Formação Romualdo é marcada principalmente pela presença de fósseis no interior de concreções calcárias, que são bem conhecidas em todo o mundo. Os fósseis encontrados nessas concreções são bem preservados e correspondem em grande parte a vertebrados conservados em três dimensões. Podem ser encontrados dinossauros, pterossauros, quelônios, lagartos, crocodilos, peixes (SILVA SANTOS e VALENÇA, 1968; PRICE, 1971, 1973; CAMPOS e KELLNER, 1985; KELLNER 2002), além de vegetais, ostracodes e macroinvertebrados diversos.

Apesar da fauna da Formação Romualdo bem como de toda a Bacia do Araripe exibi uma paleobiodiversidade abundante, corais fósseis ainda não haviam sido reportados. O achado possui um grande valor científico para elucidar mais ainda, conhecimentos acerca do paleoambiente do protoatlântico no Cretáceo da região.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O principal objetivo deste trabalho foi interpretar os caracteres morfológicos presentes no espécime de coral fóssil coletado na Formação Romualdo, borda leste da Bacia do Araripe.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar taxonomicamente o espécime;
- Tecer interpretações paleoambientais acerca da influência do Proto-Atlântico na Bacia do Araripe, durante o Cretáceo;
- Relacionar inferências paleobióticas acerca da ocorrência do espécime na bacia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Os corais

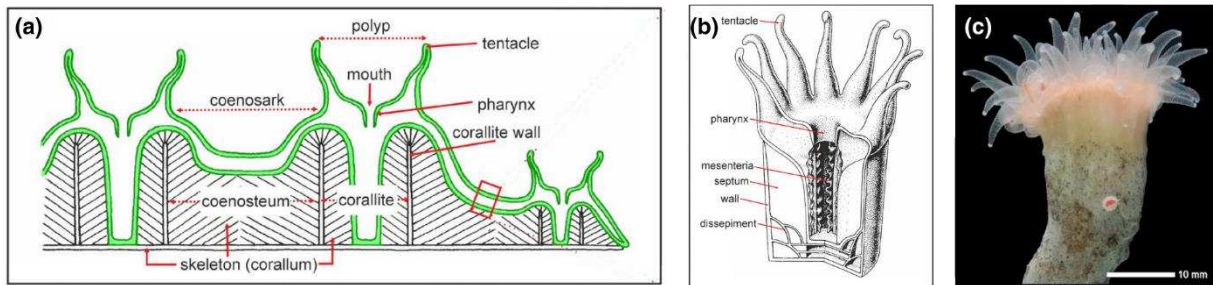
Segundo Jain, (2017, p. 340), os corais são animais exclusivamente marinhos pertencentes ao filo Cnidária, classe Anthozoa, que por sua vez são divididos nas subclasses Ceriantipatharia, Octocoralla e Zooantheria, este último, nas ordens, Tabulata, Rugosa e Scleractinia.

Os corais escleractíneos possuem o corpo organizado em um pólipó composto pelo disco basal, coluna corporal e tentáculos ao redor da boca, que é a única abertura do corpo (WELLS, 1956). A morfologia esquelética dos escleractinianos é a base de sua sistemática, embora os caracteres morfológicos variem amplamente (VAUGHAN e WELLS, 1943) entre as subordens.

Segundo Bourne (1900) estes corais são solitária ou colonial com esqueleto feito de calcário secretado pela camada ectodérmica do corpo, consistindo essencialmente em partições radiais ou septos, que são intermesentéricos, formados por dobramentos da parte basal da parede da coluna do pólipó, e estruturas de suporte auxiliares: placa basal, epiteca, esguichos, sinápticas e estruturas murais; septos desenvolvido na ontogenia seguindo o padrão dos mesentérios (**Figura 1**), septos adicionais após os primeiros 6 serem inseridos em todos os 6 primários em ciclos sucessivos de seis, 12, 24, 48, e assim por diante, em ordem dorsoventral.

Figura 1. a. Desenho esquemático da teca dos escleractíneos com detalhes em suas estruturas.

b. Desenho esquemático de um coralito. c. Exemplo de um coral escleractínio solitário *Desmophyllum dianthus* Esper (1794).



Fonte: modificado de Drake et al. (2020).

Os escleractíneos, assim como os corais rugosos (dos quais provavelmente evoluíram), podem ser solitários ou compostos, possuem um esqueleto de aragonita, enquanto o esqueleto do rugosan é feito de calcita, possuem tabulas e septos juntamente com estragos, mas não possuem o complexo axial, a inserção septal é menos complexa do que em Rugosa (CLARKSON, 1998). Os mesmos são frequentemente referidos como "hexacorais" porque a inserção septal é regular e em múltiplos de seis, o que resulta em uma coralita radialmente simétrica. Assim como o Rugosa, eles também têm seis proseptos no cálice. As inserções metasseptais subsequentes são, no entanto, em múltiplos de seis (JAIN, 2017).

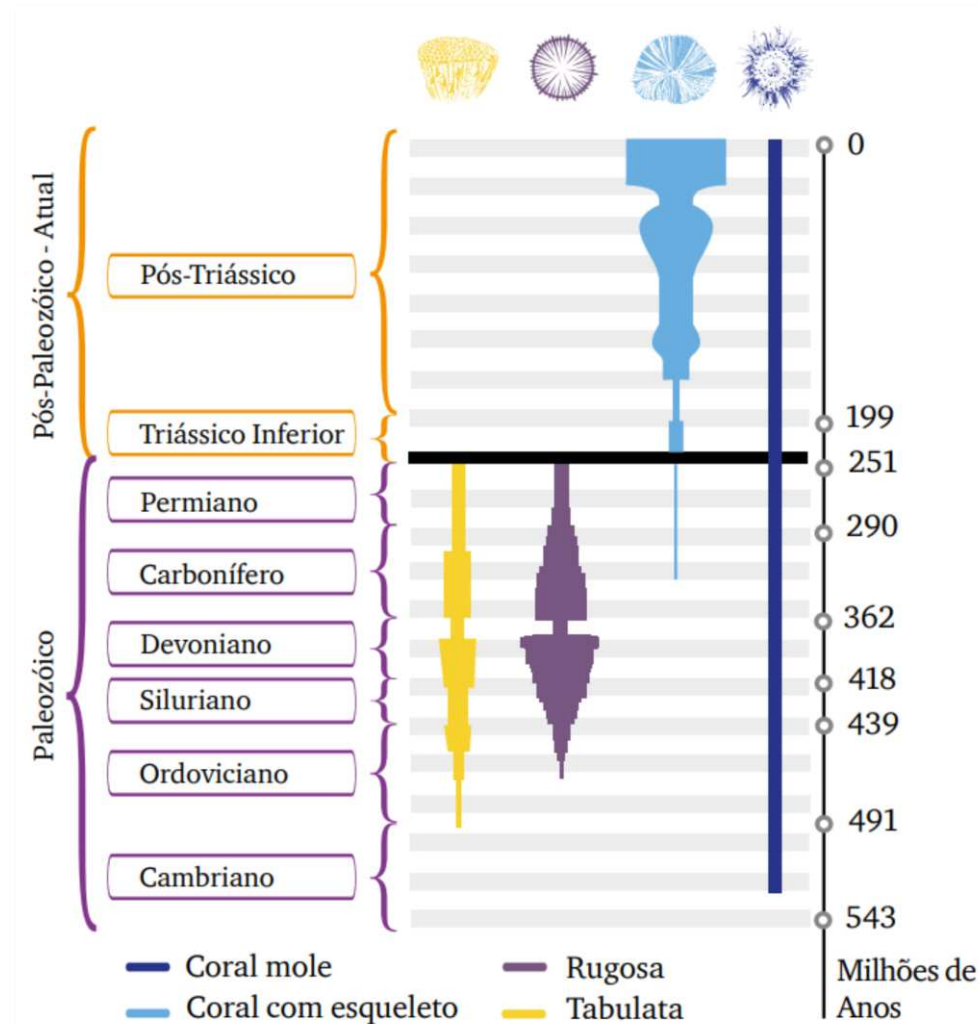
Os pólipos solitários podem ser grandes (até 25 mm de diâmetro), mas em formas compostas eles têm em média cerca de 1–3 mm de diâmetro. Tanto a morfologia dos coralitos quanto o cenosteio entre eles são caracteres distintivos para atribuição de nomes de espécies (NIELD e TUCKER, 1985; DOYLE, 1996; CLARKSON, 1998).

2.2 História evolutiva e dispersão dos corais escleractíneos

É conhecida formas tubulares fósseis semelhantes a corais desde o Cambriano, Segundo Grotzinger et al., (2000) e Wood et al., (2002), no entanto sua primeira ocorrência data do Ordoviciano (**Figura 2**), quando ocorre a sua irradiação a partir daí tornando-se componentes muito comuns nos ecossistemas juntamente com os corais rugosos que surgiram posteriormente (STANLEY, 2003).

A extinção Devoniana final afetou severamente os corais tabulados e rugosos, embora o último tenha se recuperado e se tornado comum no Carbonífero. Mas a próxima grande extinção em massa do Permiano os eliminou completamente (**Figura 2**) como também muitos organismos que habitam os recifes (JAIN, 2017), dando margem para o sucesso ecológico dos escleractíneos que haviam acabado de surgir.

Figura 2. Intervalos geológicos dos principais grupos de corais calcificados, plotados com o tempo geológico absoluto em milhões de anos. A longa barra vertical à direita, (coral mole), agrupa todos os grupos semelhantes a anêmonas de corpo mole cujo registro fóssil é pobre ou inexistente.



Fonte: Zilberberg et al., (2016), modificado de Stanley, (2003).

Ainda segundo Jain (2017, p. 340):

Os escleractíneos apareceram no Triássico, substituindo os corais rugosos e tabulados (**Figura 2**), e desde então permaneceu como o grupo de coral esquelético mais importante. Sua origem ainda é debatida e envolve duas rotas possíveis. O primeiro envolve a derivação direta dos corais rugosos. No entanto, existem duas possibilidades: nenhuma evidência de um intermediário entre os dois grupos, e há um intervalo de tempo considerável desde a última aparição da rugosa no final do Permiano até a primeira aparição dos escleractíneos na metade do Triássico. A segunda possibilidade é que os escleractíneos foram derivados de um ancestral anthozoário de corpo mole, como uma anêmona do mar, por meio de uma rota que envolve a criação de um esqueleto mineralizado.

Apesar de não haver uma total compreensão da linha evolutiva dos escleractíneos, sabe-se que seus primeiros fósseis triássicos vêm de locais importantes na antiga região do Mar de Tethys (STANLEY, 1988). E mesmo que seja notável a semelhanças existem com recifes modernos, segundo Flügel e Senowbari-Daryan (2001) também havia diferenças na estrutura ecológica entre os recifes do mais recente do Triássico porque, entre outras coisas, da presença de muitos remanescentes do Permiano, sem contrapartes em recifes modernos.

2.3 Ocorrências de corais fósseis no Brasil

Em um breve histórico de pesquisa acerca dos fósseis de corais brasileiros, foram levantadas 32 espécimes ocorrentes nas bacias: do Amazonas, Paraíba e Paraná, sendo estes de ocorrência paleozóica e para o Mesozóico e Cenozóico, especificamente nas formações: Riachuelo, Maria Farinha, Pirabas, Grupo Bambuí e para a Bacia de Pelotas. Nos entanto todos tratavam-se de citações, sem dá tanta importância para a descrição dos espécimes ou melhor detalhe de sua importância (FERNANDES, 1985).

Posteriormente, Fernandes (1986) descreveu uma ocorrência inédita de um coral escleractíneo para a Formação Gramame, Cretáceo superior da Bacia da Paraíba. Dando sequência, Fernandes (1978) descreveu mais corais para o Paleoceno da Formação Maria Farinha em 1979, 1981 e 1986 (Fernandes, 1979; Fernandes, 1981; Ferreira e Fernandes, 1986), ocorrência de corais para a Formação Pirabas do estado do Pará.

As publicações dos trabalhos com descrição de corais retornaram-se apenas nos anos 1999 e com Távora e Souza (1999) com o artigo relatando a primeira ocorrência de um coral rugoso na Formação Maecuru da Bacia do Amazonas, e em 2000 com Fernandes e Wanderley (2000) e seu artigo relatando corais escleractíneo para a Formação Jandaíra, Cretáceo Superior da Bacia Potiguar.

E novamente em 2002 com Távora, Gonçalves e Araújo (2002) descrevendo uma nova espécie de escleractíneo para a Formação Pirabas do Pará, e em 2003 e 2004 com Souza-Lima (2003) e Mascarenhas (2004) com novas ocorrências de corais para a Formação Riachuelo, Aptiano-Albiano da Bacia de Sergipe-Alagoas.

Távora, Dias e Fernandes, (2015; 2016) descrevem mais corais para a Formação Pirabas do Pará, e Távora, Dias e Santos, (2015) outros mais para o Turoniano-Campaniano da Formação Jandaíra, Bacia Potiguar.

Somente em 2019 houve a primeira publicação relatando a ocorrência de um coral para a Bacia do Araripe, o mesmo trata-se de um resumo apresentado no XXVI Congresso

Brasileiro de Paleontologia por Oliveira, Viana e Amaral (2019). Porém não descrevendo maiores detalhes do espécime.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

3.1 Contexto Geológico e Paleontológico

Há 150 milhões de anos, ocorreu um processo de ruptura dos continentes sul americano e sul africano e conseqüentemente levou à abertura do Oceano Atlântico Sul, onde desenvolveu-se na região Nordeste do Brasil um conjunto de áreas sedimentares, conhecido como bacias interiores do Nordeste (ASSINE, 2007; CARVALHO; MELO, 2012; PONTE; PONTE FILHO, 1996; VIANA; LIMA-FILHO; CARVALHO, 1993).

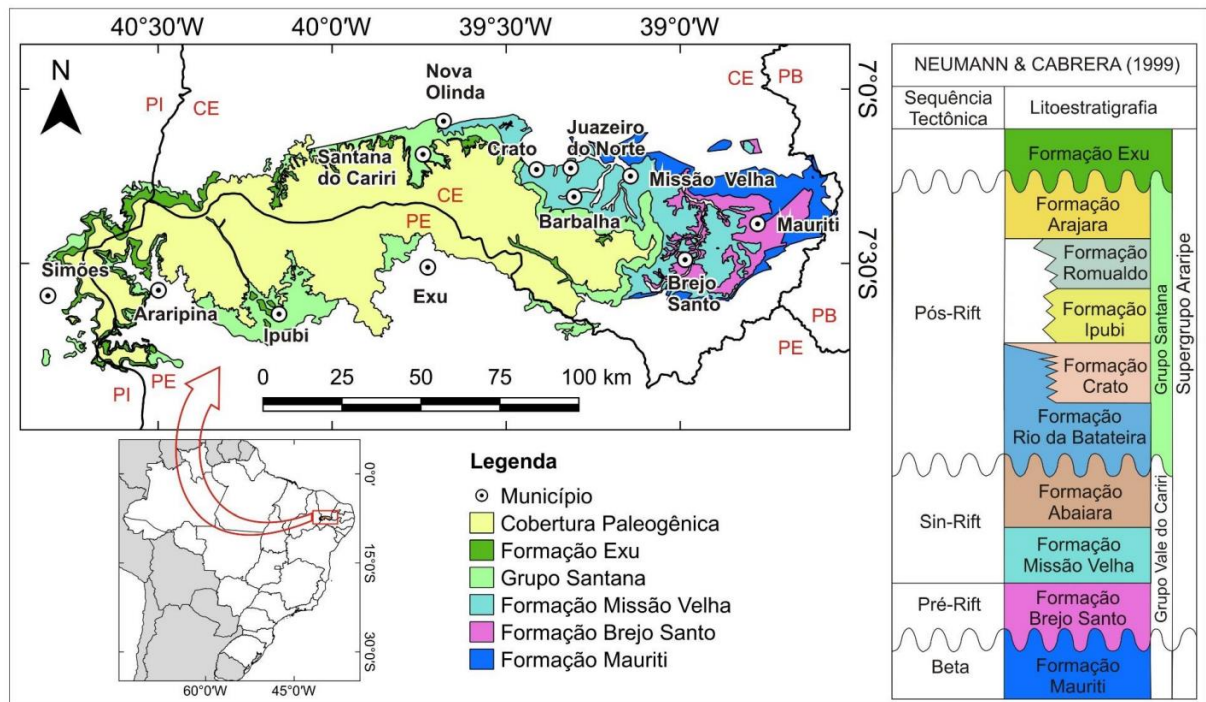
Entre elas, a Bacia do Araripe, situada no Nordeste do Brasil (**Figura 3**) é conhecida mundialmente pela excelente qualidade de preservação de seus fósseis, bem como por suas elevadas abundância e diversidade. Nesta bacia, o Grupo Santana, depositado no Aptiano-Albiano, é composto da base para o topo pela formações Crato, Ipubi e Romualdo, com espessura aproximada de 370m (CASTRO, VALENÇA e NEUMAN, 2006).

Segundo Neumann e Cabrera (1999) suas sequências tectônicas são as seguintes (**Figura 3**); inicialmente a Beta sendo sobre ela depositada a Formação Mauriti, no Pré-rift a Formação Brejo Santo, no Sin-rift a Formação Missão Velha e Formação Abaiara, no Pós-rift as formações Rio Batateira, Crato, Ipubi, Romualdo e Arajara e por fim a Formação Exu.

No Grupo Santana, a principal ingressão marinha ocorreu no final da sedimentação, especialmente no topo da Formação Romualdo (BEURLEN, 1966; PONTE e APPI, 1990; VIANA e CAVALCANTE, 1991).

A Formação Romualdo, representa a fase transgressiva da Tecno-Sequência Pós-Rifte na Bacia do Araripe (MEDEIROS; PONTE; PONTE-FILHO, 1997; PONTE; MEDEIROS; PONTE-FILHO, 1997). Ela é composta da base para o topo de arenito conglomerático, folhelho pirobetuminoso, margas com concreções e coquinas (moluscos e equinóides).

Figura 3. Geologia (Baseado em NEUMANN e CABRERA, 1999) e localização da Bacia do Araripe.



Fonte: Sousa (2018) elaborado com o software QGIS por J. V. P. Moreira em 2018.

O topo com as coquinas apresentam micritização dos restos orgânicos que podem indicar ação algácea-microbiana. Os gastrópodes cassiopídes são característicos de ambiente marinho intermaré e infralitoral. Nesse nível o aumento na percentage de ilita poderia indicar movimentações tectônicas com rejuvenescimento do relevo, seguido de erosão (VIANA, 1999). O nível com coquinas (cerca de 14m de espessura), atualmente encontra-se desgastado e remobilizado em toda a extensão da bacia, sendo melhor registro no seu extremo oeste (VIANA e CAVALCANTE, 1991).

A Formação Romualdo repousa discordantemente sobre os evaporitos da Formação Ipubi e é sotaposta pelos arenitos fluviais da Formação Arajara, com contato gradacional (NEUMANN et al., 2002).

As camadas com concreções calcárias exibem um *lagerttäte* que contém microfósseis (ostracodes, palinórfos e dinoflagelados) e invertebrados (camarões e caranguejos) marinhos. Fazem parte também da assembleia vertebrados (actinoptérfios, condrictes, sarcoptérfios, tartarugas, crocodilos, dinossauros e pterossauros), além de plantas terrestres (gimnospermas).

O final da deposição, representado pelo nível com bancos carbonáticos, exhibe como conteúdo fossilífero equinóides (BEURLIN, 1966), foraminíferos do grupo dos rotalídeos (LIMA, 1978) e molucos (lamelibrânquios e gastrópodes cassiopídeos), descritos

por Beurlen (1964), Cassab e Machado (2000) e Pereira, Cassab e Barreto (2016). Esses fósseis representantes do Albiano, compõem uma biota marinha que mostra afinidade tetiana (VIANA, 1998).

4 METODOLOGIA

4.1 Material

O material aqui estudado trata-se de um coral fóssil, proveniente da Formação Romualdo, Bacia do Araripe. O mesmo foi coletado em 2015, por pesquisadores do Laboratório de Paleontologia de Picos da Universidade Federal do Piauí (LPP) em parceria com o Laboratório de Paleontologia da Universidade Estadual Vale do Acaraú (LABOPALEO), na localidade conhecida como Sítio Pé da Serra do Félix (7° 35' 33, 0" S/ 40° 44' 36,1" W, datum SIRGAS 2000), no município de Simões, Sudeste do Piauí, Brasil, sendo o trabalho de campo oficialmente comunicado à Agência Nacional de Mineração (ANM - Processo número 000.822 / 2015).

O espécime foi devidamente preparado, acondicionado e tombado junto a coleção científica do LPP sob o acrônimo UFPI LPP C-001 e posteriormente identificado.

4.2 Métodos

4.2.1 Análise macromorfológica e micromorfológica

O espécime foi analisado com base em suas estruturas macromorfológicas, as medidas foram tomadas e posteriormente comparadas a corais afim de identificar o mesmo. Posteriormente, foi submetido a análise de Microscopia Eletrônica de Varredura para detalhamento de suas microestruturas.

4.2.2 Análise filogenética

Uma matriz de caracteres foi montada no software Mesquite, baseada em *M. roemeriana*, *M. edwardsensis*, *M. travisensis*, *M. whitneyi* e *M. comalensis* detalhados por Wells (1932 e 1933) juntamente com o espécime em questão (**Tabela 1**).

Tabela 1. Comparação entre os caracteres quantitativos observados em *Montastraea* sp. (UFPI LPP C-001) e espécies de *Montastraea* ocorrentes no Albiano (113,0 – 100,5 Ma), com respectivas descrições quantitativas (Adaptado de WELLS, 1932, 1933).

	Menor diâmetro de coralita (mm)	Maior diâmetro de coralita (mm)	Diâmetro médio da coralita (mm)	Distância entre coralitos (mm)	N de ciclos septais	Altura (mm)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	N médio de septos
<i>Montastraea</i> sp. (UFPI LPP C-001)	3.5 8	3.72	3.65	0.94	4	26	53.3	51.6	44.47
<i>Montastraea roemeriana</i>	3	4	-	1-2	3	48	65	48	24
<i>Montastraea edwardsensis</i>	1.2	1.5	1.25	-	3	50	115	80	24
<i>Montastraea travisensis</i>	1.3	1.7	1.6	-	3	-	-	-	24
<i>Montastraea whitneyi</i>	0.7 5	1	1.2	1	3	85	-	180	24
<i>Montastraea comalensis</i>	-	-	12	-	3	-	-	-	18

Fonte: elaborado pelo autor.

As características foram convertidas em números para melhor desempenho do software, onde: 1 representa "menor diâmetro de coralita (mm)"; 2: "maior diâmetro de coralita (mm)"; 3: "diâmetro médio da coralita (mm)"; 4: "distância entre coralitos (mm)"; 5: "número de ciclos septais"; 6: "altura (mm)"; 7: "comprimento (mm)"; 8: "largura (mm)" e 9: "número médio de septos". Posteriormente, seus respectivos dados foram convertidos em informações binárias de 0 e 1 levando em consideração um determinado valor para base \leq e \geq , os dados faltantes foram substituídos por ?, onde: características 1, 2, 3 e 5: $\geq 3 = 1$, $\leq 3 = 0$ e $- = ?$; 4: $\geq 1 = 1$, $\leq 1 = 0$ e $- = ?$; 6: $\geq 50 = 1$, $\leq 50 = 0$ e $- = ?$; 7 e 8: $\geq 100 = 1$, $\leq 100 = 0$ e $- = ?$; 9: $\geq 20 = 1$, $\leq 20 = 0$ e $- = ?$.

Por fim, com a matriz de caracteres, foi realizada uma análise de parcimônia no software TNT, a partir da qual foram geradas seis árvores filogenéticas com onze passos.

5 RESULTADOS

Este tópico foi organizado em formato de artigo, intitulado como "THE GENUS MONTASTRAEA (CNIDARIA, SCLERACTINIAN) FROM THE CRETACEOUS, SANTANA GROUP, NORTHEASTERN BRAZIL", o mesmo foi submetido à Cretaceous Research (ISSN on-line: 1095-998X).

1 **THE GENUS *MONTASTRAEA* (CNIDARIA, SCLERACTINIAN) FROM THE**
2 **CRETACEOUS OF THE ARARIPE BASIN, NORTHEASTERN BRAZIL**

3
4
5
6
7
8
9 by Jhenys Maiker Santos^{a ¶,*}, Paulo Victor de Oliveira^{b ¶,*}, Maria Somália Sales Viana^{c ¶},
10 Fernanda Duarte Amaral^{d ¶}.

11
12
13
14
15
16 ^a Department of Geology, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici - CEP 60455-760,
17 Fortaleza, Ceará State, Brazil

18 ^b Department of Biological Sciences, Universidade Federal do Piauí, Campus Senador
19 Helvídio Nunes de Barros. R. Cícero Duarte, 905 - Bairro Junco, CEP 64607-670, Picos, Piauí
20 State, Brazil

21 ^c Department of Biological Sciences, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Dom José
22 Museum. Av. Dom José, 878 - Centro, CEP 62010-290, Sobral, Ceará State, Brazil

23 ^d Department of Biological Sciences, Universidade Federal Rural de Pernambuco. R. Dom
24 Manoel Medeiros, s/n - Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, Pernambuco State, Brazil

25
26
27
28
29
30 * Corresponding author

31 E-mail: jhenysmaiker@gmail.com (J. M. Santos)

32 ¶These authors contributed equally to this work.

33 E-mail addresses: victoroliveira@ufpi.edu.br (P.V. Oliveira), somalia_viana@hotmail.com
34 (M.S.S. Viana), fernanda.amaral@ufrpe.br (F.D. Amaral)

35 **Abstract**

36 Among the sedimentary basins in Brazil, the Araripe Basin is one of the most emblematic due
37 to its quantity of fossils and exuberant paleobiota. It is located in the Northeast region of the
38 country and occupies portions of the states of Piauí, Pernambuco and Ceará. A recent
39 paleontological incursion carried out in the Araripe Basin, more precisely in the municipality
40 of Simões (western border of the state of Piauí), a sample of fossil coral from the Romualdo
41 Formation was collected, here described as a specimen belonging to the genus *Montastraea*
42 Blainville, 1830, and later listed in the scientific collection of the Picos Paleontology
43 Laboratory of the Federal University of Piauí. The genus is relatively abundant in the Tethys
44 Sea; however this is the southernmost occurrence to date. This study presents descriptive,
45 morphometric and phylogenetic data from the specimen and reinforces the Tethyan affinities
46 of the Araripe biota. In comparative analysis with other specimens of Cretaceous scleractinian
47 corals, *Montastraea* sp. proved to be different from the other species of the genus due to the
48 small diameter of the colony, the hemispherical shape, the intermediate diameter of the
49 corallites and the distances between the columellae. Despite all these differences, it was
50 preferable not to interpret it as a new species, among other factors, due to the absence of more
51 specimens and possible deformities of characteristics suffered during the taphonomic process.
52 The presence of a fossil coral in the basin indicates a shallow tropical marine biota adapted to
53 clear and probably warm waters.

54

55 **Keywords:** Fossil, Coral, Romualdo Formation, Paleobiogeografia.

56

57 Introduction

58 Species in the Atlantic Ocean evolved southward from the Tethys Sea in a complex
59 process that may be elucidated by the Northeast Brazilian fossil record. The genus
60 *Montastraea* is reported for the first time in the Cretaceous Romualdo Formation in the
61 Araripe Basin, which provides new information for this history.

62 The hermatypic corals are marine animals belonging to the Phylum Cnidaria, Class
63 Anthozoa, Order Scleractinia. Their body is organized in a polyp composed of the basal disc,
64 body column and tentacles around the mouth, which is the only body aperture (Wells, 1956).
65 The skeletal morphology of scleractinians is the basis for their systematics, although the
66 morphological characters vary widely (Vaughan and Wells, 1943).

67 The most complete publication about corals of the Cretaceous focused on the suborders
68 Astrocoeniina, Faviina, Rhipidogyrina, Amphiastreaeina, Dendrophylliina, Caryophylliina,
69 Fungiina, Microsolenina and Stylinina (Baron-Szabo, 2006, 2008); one of the latest and the
70 most important paper about the taxonomy of the Cretaceous was about the coral genus
71 *Eosiderastrea* Loeser, 2016, where fifteen species were collected in the Aptian from various
72 locations such as: Austria, France, Germany, Greece, Iran, Israel, Italy, Japan, Mexico, Poland,
73 Spain, USA and Ukraine were assigned to formally established species (Loeser, 2016).

74 Among the scleractinian corals, the genus *Montastraea* Blainville, 1830, groups species
75 with thick colonies, tubular and compact corallites, inconspicuous edge zones, and a deep cup
76 provided with multiple septa, which converge along a solid axis. The genus presents dense
77 colonies with crusted, subfoliaceous or plocoid forms, solid corallite walls (theca), spongy
78 columella and septa margins regularly denticulate. The genus occurs worldwide in Cretaceous
79 deposits and is an indicator of tropical climates (Vaughan and Wells, 1943).

80 So far, Brazilian Cretaceous scleractinians have been recorded and described only in the
81 Riachuelo Formation (Aptian–Albian, Sergipe-Alagoas Basin, Northeast Brazil), represented
82 by the following genera: *Astrangia*, *Parasmilia*, *Polyphylloseris*, *Siderastrea*, *Stylina* and
83 *Thamasteria* (Souza-Lima, 2003; Mascarenhas, 2004). The *Siderastrea* occurs in Brazil from
84 Cretaceous, Paleocene, Miocene and Pleistocene strata (Fernandes, 1985). This research
85 describe, for the first time, a scleractinian from the Araripe Basin, providing new data on its
86 paleobiogeographic meaning.

87

88 Material and Methods

89 In order to reach the proposed objective, a survey on the information available on the

90 paleontology and paleozoogeography of the Romualdo Formation was carried out, including
 91 both field and laboratory work. The fieldwork involved three expeditions to the east boundary
 92 of the Araripe Basin, in the Piauí State (Simões Municipality), in a locality in Sítio Pé da
 93 Serra do Félix (7° 35' 24.9" S; 40° 44' 33.8" W; Fig. 1). Geological and paleontological data
 94 were obtained through outcrop observations, photographic register, elaboration of geological
 95 sections, and fossil collection. Fieldwork and collection were officially communicated to the
 96 National Department of Mineral Production (DNPM – Process number 000.822/2015).

97 The laboratory work was carried out at Laboratories of the Universidade Federal do
 98 Piauí, Universidade Estadual Vale do Acaraú, and Universidade Federal Rural de Pernambuco.
 99 The samples were analyzed, described, photographed (both under natural and ultraviolet
 100 lighting), subjected to the Scanning Electron Microscopy (TM3000/SwiftED3000 - Hitachi)
 101 and identified taxonomically through comparative analysis with fossil corals of the same age
 102 from the Proto-Atlantic from which their measurements were taken with the aid of a caliper
 103 and subsequently calculated the averages. Taphonomic features were analyzed through both
 104 micro- and macroscopic examination, in addition to the stratigraphic and sedimentological
 105 aspects observed during the fieldwork.

106 The analytical methods of the remaining fossils and rocks, such as stable isotopes,
 107 petrography, X-ray diffractometry, microprobes, and scanning electron microscopy were
 108 carried out by Somália Viana, in her PhD thesis (Viana, 1999).

109 A character matrix was assembled in the Mesquite software, based on *M. roemeriana*, *M.*
 110 *edwardsensis*, *M. travisensis*, *M. whitneyi* and *M. comalensis* detailed by Wells (1932 and
 111 1933) together with the specimen in question (Table 4). The characteristics were converted
 112 into numbers for better software performance, where: **1** represents "smallest corallite diameter
 113 (mm)"; **2**: "largest corallite diameter (mm)"; **3**: "mean corallite diameter (mm)"; **4**: "distance
 114 between corallites (mm)"; **5**: "number of septa cycles"; **6**: "height (mm)"; **7**: "length (mm)"; **8**:
 115 "width (mm)" and **9**: "mean number of septa". Subsequently, their respective data were
 116 converted into binary information of 0 and 1 taking into account a certain value to base \leq and
 117 \geq , missing data were replaced for ?, where: characteristics 1, 2, 3 and 5: $\geq 3 = 1$, $\leq 3 = 0$ and -
 118 $= ?$; 4: $\geq 1 = 1$, $\leq 1 = 0$ and - $= ?$; 6: $\geq 50 = 1$, $\leq 50 = 0$ and - $= ?$; 7 and 8: $\geq 100 = 1$, $\leq 100 = 0$
 119 and - $= ?$; 9: $\geq 20 = 1$, $\leq 20 = 0$ and - $= ?$. Finally, with the character matrix, a parsimony
 120 analysis was performed in the TNT software, from which six phylogenetic trees with eleven
 121 steps were generated.

122

123 **Geological Setting**

124 The Araripe Basin lies in the Brazilian Northeast (Fig. 1) and is known worldwide for
125 the excellent preservation, abundance and diversity of its fossils. The Santana Group (Aptian–
126 Albian) is approximately 370 m thick and is composed, bottom to top, by the Crato, Ipubi and
127 Romualdo formations (Castro et al., 2006). The main marine ingression in this group
128 represents the final sedimentation, chiefly at the top of the Romualdo Formation (Beurlen,
129 1966; Ponte and Appi, 1990; Viana and Cavalcanti, 1991).

130

131

FIGURE 1.

132

133 The Romualdo Formation (*Sensu* Neumann and Cabrera, 1999) is well-known for the
134 abundance, diversification and preservation of its fossils (Table 1). These fossils supply
135 evidence for a shallow and restricted marine environment (Baudin et al., 1990; Arai and
136 Coimbra, 1990) with Tethyan affinities, which took place in the Albian, during the Atlantic
137 Ocean opening process and the installation of the Proto-Atlantic (Viana, 1998, 1999; Dias-
138 Brito, 1994; Arai, 2014).

139

140

TABLE 1.

141

142 The Romualdo Formation records the transgressive phase of the post-rift tectono-
143 sequence of the Araripe Basin (Medeiros et al., 1997; Ponte and Appi, 1990). It is composed,
144 bottom to top, of conglomeratic sandstone, pyrobituminous shale, marls with concretions and
145 shell beds (molluscs and equinoids). The top with shell beds presents micritization of the
146 organic particles which may indicate algal-microbial action. The shell bed (approximately 14
147 m thick) is now eroded along the basin, and its best record is in the western extreme (Viana
148 and Cavalcanti, 1991), where the coral discussed herein was discovered. The Romualdo
149 Formation lies discordantly on the evaporites of the Ipubi Formation and is covered by the
150 fluvial sandstones of the Arajara Formation, with gradational contact (Neumann et al., 2002).

151

152 Results

153 *Characterization of the study area and local geology*

154 The outcropping portion of the Araripe Basin in the Piauí State is represented by the
155 Romualdo, Arajara and Exu formations. Outcropping sections of this basin occur in the
156 Simões municipality, in the southeast region of the state (Fig. 1).

157 The study area, known as Sítio Pé da Serra do Félix, is characterized by mounts covered
 158 by “Caatinga” vegetation (Brazilian seasonal tropical dry forest), and ploughed areas for
 159 agriculture (Romualdo and Arajara formations), as well as abrupt cliffs (Exu Formation).
 160 During the rainy season, a significant amount of water runs from the highest areas (Exu and
 161 Arajara formations) towards the lower ones (Romualdo Formation). The intensity of this flow
 162 excavates the sediments of the Romualdo Formation, either exposing it or carrying part of the
 163 fossils included mostly in calcareous concretions. This reinforces the need for fossil salvage,
 164 where weathering and erosion can damage the fossil record.

165 Locally, the Romualdo Formation is composed of the following layers (bottom to top):
 166 greenish shale with sparse carbonate banks disposed discordantly over the crystalline
 167 basement, about 6 m thick; the basal 5 m presents sporadic carbonate concretions with
 168 vertebrate remains and ichnofossils; the final layer of this succession (~1 m thick) is
 169 composed of carbonate banks, sometimes with bioturbations. In these banks, the specimen
 170 herein described has been collected (Fig. 2). It constitutes the first occurrence of a
 171 scleractinian coral in the Araripe Basin. The specimen presents taphonomic features such as
 172 corrosion, abrasion due to transport and recrystallization.

173

174

FIGURE 2.

175

176 *Systematic Paleontology*

177 **Phylum Cnidaria Verrill, 1865**

178 **Class Anthozoa Ehrenberg, 1834**

179 **Subclass Zoantharia de Blainville, 1830**

180 **Order Scleractinia Bourne, 1900**

181 **Family Montastraeidae Yabe & Sugiyama, 1941**

182 **Genus *Montastraea* Blainville, 1830 (= *Montastrea* Blainville, 1830) (= *Orbicella* Dana,**
 183 **1846)**

184

185 *Montastraea* sp.

186 **Material.** UFPI LPP C-001 (Figs. 3 a–e). Material deposited in the scientific collection
 187 of the Picos Paleontology Laboratory, Federal University of Piauí, Campus Senador Helvídio
 188 Nunes de Barros.

189 **Description.** Scleractinian coral with hemispheric corallum, massive, with corallites

190 (calices) ranging from rounded to oval in shape, irregularly spaced and wide coenosteum.
 191 Height 2.6 cm, length 5.33 cm and width 5.16 cm. The mean diameter of corallites is 3.65 (σ
 192 = 0.66), the larger mean diameter is 3.72 mm (σ = 0.74) and the smaller mean diameter is 3.58
 193 mm (σ = 0.68) and the distance between the columellar centers is 0.94 mm (σ = 0.22). The
 194 average number of septa of the 16 studied corallites is 44.47 (σ = 9.57) (Figs. 3 a–e; Table 2).

195 **Discussion.** The specimen presents corallites with four cycles of incomplete septa, as
 196 according to (Vaughan and Wells, 1943) the cycles would have the following proportions: the
 197 1st cycle would have 6 septa, the 2nd would have 6, the 3rd would have 12, and the 4th would
 198 have 24, summing to 48 septa. The present specimen differs from the genus *Paleoastroides*
 199 Chevalier, 1961, originally described for the European Miocene, as it has 4 to 5 cycles of
 200 septa and a columella with elongated palliform lobes, also differs from the genus *Tubastraea*
 201 Lesson, 1829, from the Eocene-Holocene of Antarctica and USA, as it is an azooxantholate
 202 coral and has corallites with more than 4 mm in diameter (Cairns, 2001). The specimen in
 203 question presents characteristics consistent with the genus *Montastraea*, as the structure of the
 204 walls (theca) is septothecal, the columellae are spongy and do not have palliform lobes.
 205 Unfortunately, other diagnostic features (back, dissections, septal length and teeth) could not
 206 be observed because some structures were damaged probably due to abrasion.

207

208 **FIGURE 3.**

209

210 **TABLE 2.**

211

212 **Comments.** The *Montastraea* scleractinian anthozoan occurs worldwide in Cretaceous
 213 deposits with 17 species described (see Paleobiology database). Only five species are
 214 described for Albiano (113.0–100.5 Ma) and are restricted to North America (United States):
 215 *M. roemeriana*, *M. edwardsensis*, *M. travisensis*, *M. whitneyi* and *M. comalensis* (Wells, 1932,
 216 1933). *Montastraea* sp. (UFPI LPP C-001) was compared with these five species (Table 3),
 217 considering that they might share a Tethyan affinity, and excluding the remaining occurrences.
 218 The new occurrence of this coral in Brazil is their most Austral position in the Albian. It is
 219 considered a hermatypic coral, being very sensitive to environmental change and is restricted
 220 to warm clear tropical waters.

221

222 **TABLE 3.**

223

224 The quantitative characters of *Montastraea* sp. (UFPI LPP C-001) were also compared
 225 to Wells (1932, 1933) in relation to the five fossil species, all recorded for the United States
 226 (Table 4).

227

228

TABLE 4.

229

230 Based on the data in Table 4, it can be observed that *Montastraea* sp. (UFPI LPP C-001)
 231 presents large corallite diameters similar to *M. roemeriana*, greater than *M. edwardsensis*, *M.*
 232 *whitneyi* and *M. trivisensis*, *Montastraea* sp. (UFPI LPP C-001) still differs from all species
 233 because it has the highest number of cycles of septa, and the mean number of septa is in great
 234 quantity in relation to other species.

235 The living species of the genus *Montastraea* in the Atlantic Ocean are *M. cavernosa*
 236 (Linnaeus, 1767) and *M. annularis* (Ellis & Solander, 1786). *M. cavernosa* is also the only
 237 species of this genus that occurs in Brazilian reef environments and is diagnosed by dense
 238 plocoid colonies reaching up to 2 m in diameter. Its shape is hemispheric, flattened or
 239 crusting, frequently with rounded small and irregular protuberances, four cycles of complete
 240 septa (48 septa) and, sometimes, five cycles of incomplete septa and wide corallites (5–11
 241 mm), costae correspond to all septa, usually subequal and no paliform lobes (Vaughan, 1919;
 242 Cairns, 1982; Amaral, 1994). *M. annularis*, on the other hand, presents plocoid colonies of
 243 columnar shape, which can reach more than 3 m diameter, and they present small corallites
 244 (2.1–2.7 mm) with three cycles (around 24 septa) (Vaughan, 1919; Budd, 2012). This species
 245 has been recently split into three species: *M. annularis*, *M. faveolata* and *M. franksi* (Weil and
 246 Knowlton, 1994). Recently, Budd et al. (2012) stated that the “traditional” genus *Montastraea*
 247 has been split, based on molecular analyses, into two genera (*Montastraea* and *Orbicella*).
 248 *Orbicella* tends to have three septal cycles and corallite diameters less than 4 mm, whereas
 249 *Montastraea* has more than three septal cycles and corallite diameters greater than 4 mm.

250 Differently from the previously mentioned species, the colony of *Montastraea* sp. has
 251 smaller diameter, hemispheric shape, and corallites of intermediate size (compared to *M.*
 252 *cavernosa* and *M. annularis*), number of septa by corallites similar to *M. cavernosa*, but a
 253 wider distance between the columella.

254 **Phylogeny.** The parsimony analysis performed with the data in Table 4. resulted in six
 255 phylogenetic trees with eleven steps, where in all of them *M. roemeriana* and UFPI LPP C-
 256 001 are interpreted as sister specimens. The number of parsimonious trees was due to the
 257 absence of some data not detailed by Wells (1932; 1933) causing *M. comalensis* to assume a

258 plesiomorphic position in a., b., and c.; *M. travisensis* an autapomorphic position in the d.;
 259 and *M. whitneyi*, *M. travisensis* and *M. edwardsensis*, remained synapomorphic (Fig. 4).

260 The consensus tree Fig. 4. g., behaved sequentially with regard to the decay of nodes,
 261 representing them in a single clade, as the analyzed specimens belong to the same genus and
 262 their characteristics are very similar, leaving UFPI LPP C-001 in the terminal branch
 263 indicating autapomorphy.

264

265

FIGURE 4.

266

267 **Microscopic features.** Scanning Electron Microscopy analysis revealed details of the
 268 specimen's structures that were not possible to visualize with the naked eye. In corallites,
 269 there is no preserved primary skeleton, the septa are completely filled with crystalline blocks
 270 of aragonite or calcite (Fig. 5. a., and b.), sometimes fragmented (Fig. 5. c.), a diagenetic
 271 process that is common in corals that, according to Sayani et. al. (2011), typically manifests as
 272 (i) dissolution of primary coral aragonite, (ii) filling of skeletal pores with secondary cements,
 273 and/or (iii) recrystallization of coral aragonite to calcite, depending on whether diagenesis
 274 occurs underwater or subair. In (Fig. 5, a., b and d.) there are contiguous corallites, something
 275 that is apparently atypical for the genus as these are generally evenly dispersed varying by
 276 only a few millimeters. The columella (Fig. 5, e.) is filled, but without major deformations
 277 and the theca (Fig. 5, f.), maintained its original characteristics, however the latter is not very
 278 important for the diagnosis of the specimen.

279

280

FIGURE 5.

281

282 Discussion

283 *Marine evidence of the Romualdo Formation*

284 The deposition of the Romualdo Formation is related to the opening of the South
 285 Atlantic Ocean, and correlated with the Riachuelo (Sergipe-Alagoas Basin), Alagamar
 286 (Potiguar Basin) and Codó (Parnaíba Basin) formations. Evidence of a shallow, restricted
 287 marine environment is given by dinoflagellates, foraminifers, ostracods, echinoids, gastropods,
 288 decapods and chelonians, as well as total organic matter (Baudin et al., 1990; Arai and
 289 Coimbra, 1990; Beurlen, 1963; Martins Neto, 1987; Maisey and Carvalho, 1995; Manso and
 290 Hessel, 2012). The presence of terrestrial vertebrates (dinosaurs, pterosaurs, crocodiles and

291 chelonians) probably results from fluvial input.

292 During the Albian, the Araripe Basin reached its greatest extension (Ponte, 1994). The
 293 basin was flooded simultaneously from the north and south (Lima Filho et al., 1996) by the
 294 Proto-Atlantic Ocean through narrow channels (Viana, 1998) (Fig. 6 a., b. and c.). In that
 295 model, there were two north connections with the Equatorial Proto-Atlantic (Fig. 6 a. and b.)
 296 and one south connection with the Southern Proto-Atlantic (Fig. 6 c.). The first connection is
 297 represented by the Codó Formation, Parnaíba Basin (Beurlen, 1966, 1971; Santos and Valença,
 298 1968; Price, 1973), which presents an ichthyofauna equivalent to the Riachuelo Formation.
 299 The second north connection is represented by the Alagamar Formation, Potiguar Basin
 300 (Regali, 1990). Finally, the third channel, in the south, is represented by the Riachuelo
 301 Formation, Sergipe-Alagoas Basin, which also presents equivalent ichthyofauna (Santos,
 302 1985).

303

304

FIGURE 6.

305

306 Those three channels connected simultaneously with the Araripe Basin, and probably
 307 surrounded two large islands formed by structural highs. Their sporadic interruption
 308 temporarily prevented influx of water and, consequently, of nutrients and oxygen, turning the
 309 environment stagnant, which was probably the cause of the local mass death events (Fig. 7).
 310 Stable isotope data in fish scales revealed that the water temperature rose from 18°C to 23°C
 311 (Viana and Sial, 1999).

312

313

FIGURE 7.

314

315 The marine biota of this bay presents mainly Tethyan affinities: the echinoids are similar
 316 to Central and North America forms (Beurlen, 1966), and the marine turtles are similar to the
 317 European ones (Price, 1973). The largest eastward geographic extension is indicated by the
 318 occurrence of *Mawsonia* (Sarcopterygii), not only in the Recôncavo Basin (Araripe area), but
 319 also in West Africa (Wenz, 1980). Moreover, the microplankton of the Brazilian Albian
 320 margin (Sergipe-Alagoas, Campos and Santos basins) has affinity to the Gulf of Mexico area
 321 (Valles Platform, Tamaulipas lithofacies) and reinforces a southward Tethyan extension. The
 322 presence of *Montastraea*, in North America and in the Northeast of Brazil confirm this
 323 influence.

324 On the other hand, this island system could have prompted vicariant events similar to

325 those observed in Gondwanan land vertebrates (Rage, 1988; Maisey, 1993) and angiosperms
326 (Dettmann, 1998). As a result of the rotation and compression movements in both continents,
327 the Proto-Atlantic channels would have closed temporarily, generating ephemeral land
328 connections (bridges) between the islands and continents (Fig. 7; 1, 2 and 3). Crocodiles of
329 the Romualdo Formation and dinosaurs from Patagonia present affinities to those from West
330 Africa, showing a connection between South America and Africa during the Albian (Buffetaut
331 and Taquet, 1977; Calvo and Salgado, 1996).

332

333 **Conclusions**

334 This work shows the first occurrence of a scleractinian coral of the *Montastraea* genus
335 in the Romualdo Formation, expanding its presence in the Albian to the south and reinforcing
336 the Tethyan affinities of the Araripe biota, attesting the maximum level of marine ingression
337 which took place during the Atlantic Ocean opening process.

338 *Monstatrea* sp. differs from other Albian species of the genus (Table 4) due to the small
339 diameter of the colony, hemispheric shape, intermediate diameter of corallites and wider
340 coenosteum compared to the remaining species of the genus, however, according to the
341 phylogenetic analysis carried out here, has similarities with *M. roemeriana* but it is believed
342 that it is not that species, due to the difference between the mean number of septa of both and
343 the lack of information on the mean diameter of corallite of *M. roemeriana*, which could lead
344 to the phylogenetic analysis of the species being interpreted as next.

345 Despite all these differences, the right is protected here not to interpret it as a new
346 species, due to the fact that only a single sample was found and, in addition, corals of the
347 genus *Monstatrea* are polymorphs and it is believed that it has suffered short-term
348 morphological and/or physiological influences due to specific paleoecological conditions of
349 the Araripe Basin and furthermore, their characteristics have subsequently been inflated in the
350 taphonomic process due to the filling of empty spaces, replacement of organic matter and
351 deformation of the species characteristics due to the geometric arrangement of certain
352 minerals.

353 The Tethyan affinities of the biota is given by the echinoids, turtles, fishes (Mawsonia)
354 and microplankton. The presence of a well-represented and abundant genus in the Tethys
355 corroborates this reasoning and it indicates a tropical shallow marine biota adapted to clear
356 and probably warm waters, which is verified in the stable isotopic data.

357 There is still no evidence of the robust establishment of coral reefs in the Araripe

358 basin, indicating that it is a remnant, transported during periods of flooding in the channels
359 and later isolated.

360 With the dissemination of this study, it is expected to be able to contribute positively to
361 the understanding of the phylogeny and paleobiogeography of the genus *Monstastrea*, as it is
362 believed that it is a key piece to corroborate the Tethyan affinities of the Araripe Basin biota.

363

364 **References**

365 Amaral, F.D., 1994. Morphological variation in the reef coral *Montastraea cavernosa* in
366 Brazil. *Coral Reefs* 13, 113-117.

367 Assine, M.L., 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, Rio de Janeiro, v.
368 15, n. 2, p. 371-389.

369 Arai, M., 2014. Aptian/Albian (Early Cretaceous) paleogeography of the South Atlantic: a
370 paleontological perspective. *Brazilian Journal of Geology* 44(2), 339-350.

371 Arai, M., Coimbra, J.C., 1990. Análise paleoecológica do registro das primeiras ingressões
372 marinhas na Formação Santana. Simpósio sobre a Bacia do Araripe e bacias interiores do
373 Nordeste, Crato, DNPM, 225-239.

374 Baron-Szabo, R.C., 2006. Corals of the K/T-boundary: Scleractinian corals of the suborders
375 Astrocoeniina, Faviina, Rhipidogyrina and Amphiastreaeina. *Journal of Systematic
376 Palaeontology* 4(1), 1-108. doi:10.1017/S1477201905001689.

377 Baron-Szabo, R.C., 2008. Corals of the K/T-boundary: Scleractinian corals of the suborders
378 Dendrophylliina, Caryophylliina, Fungiina, Microsolenina, and Stylinina. *Zootaxa* 1952,
379 1-244.

380 Baudin, F., Berthou, P.Y., Herbin, J.P., Campos, D.A., 1990. Matière organique et
381 sédimentation argileuse dans le Crétacé du bassin d'Araripe. Comparaison avec les données
382 du Crétacé d'autres bassins brésiliens. Simpósio sobre a Bacia do Araripe e bacias
383 interiores do Nordeste, Crato, DNPM, 83-97.

384 Beurlen, K., 1963. Geologia e Estratigrafia da Chapada do Araripe. Congresso Nacional de
385 Geologia, p. 47.

- 386 Beurlen, K., 1966. Novos equinoides no Cretáceo do Nordeste do Brasil. Anais da Academia
387 Brasileira de Ciências 38(3-4), 455-464.
- 388 Beurlen, K., 1971. As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana, na Chapada
389 do Araripe (Nordeste do Brasil). Anais da Academia Brasileira de Ciências 43, 411-415.
- 390 Budd, N.F., 2012. The University of Iowa. Online version at:
391 <http://nmita.geology.uiowa.edu/index.htm>
- 392 Budd, A.F., Fukami, H., Smith, N.D., Knowlton, N., 2012. Taxonomic classification of the
393 reef coral family Mussidae (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia). Zoological Journal of the
394 Linnean Society 166, 465-529. <http://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2012.00855.x>.
- 395 Buffetaut, E., Taquet, P., 1977. The giant crocodylian *Sarcosuchus* in the early Cretaceous of
396 Brazil and Niger. Paleontology 20, 203-208.
- 397 Cairns, S.D., 1982. Stony corals (Cnidaria: Hydrozoa, Scleractinia) of Carrie Bow Cay, Belize.
398 In: Ruetzler, K., Macintyre, I. (Eds.), The Atlantic Barrier Reef Ecosystem at Carrie Bow
399 Cay, Belize I. Smithsonian Contribution to the Marine Sciences, 272-302.
400 <http://doi.org/10.5479/si.01960768.12.272>.
- 401 Cairns, S.D., 2001. Generic Revision and Phylogenetic Analysis of the Dendrophyllidae
402 (Cnidaria: Scleractinia). Annals of the Smithsonian Institution. Smithsonian
403 Contributions to Zoology 615, 1-84.
- 404 Calvo, J.O., Salgado, L., 1996. A land bridge connection between South America and Africa
405 during Albian-Cenomanian times based on Sauropod dinosaur evidences. Congresso
406 Brasileiro de Geologia, 392-393.
- 407 Castro, J.C., Valença, L.M.M., Neumann, V.H., 2006. Ciclos e sequências deposicionais das
408 formações Rio da Batateira e Santana (Andar Alagoas), Bacia do Araripe,
409 Brasil. Geociências 25(3), 289-296.
- 410 Dettmann, M.E., 1998. Patterns of radiation and diversification of some Gondwanan
411 angiosperm families. Journal of African Earth Sciences, Special Issue Gondwana 10:
412 Event Stratigraphy of Gondwana, 61-62.
- 413 Dias-Brito, D., 1994. Comparação dos carbonatos pelágicos do Cretáceo médio da Margem

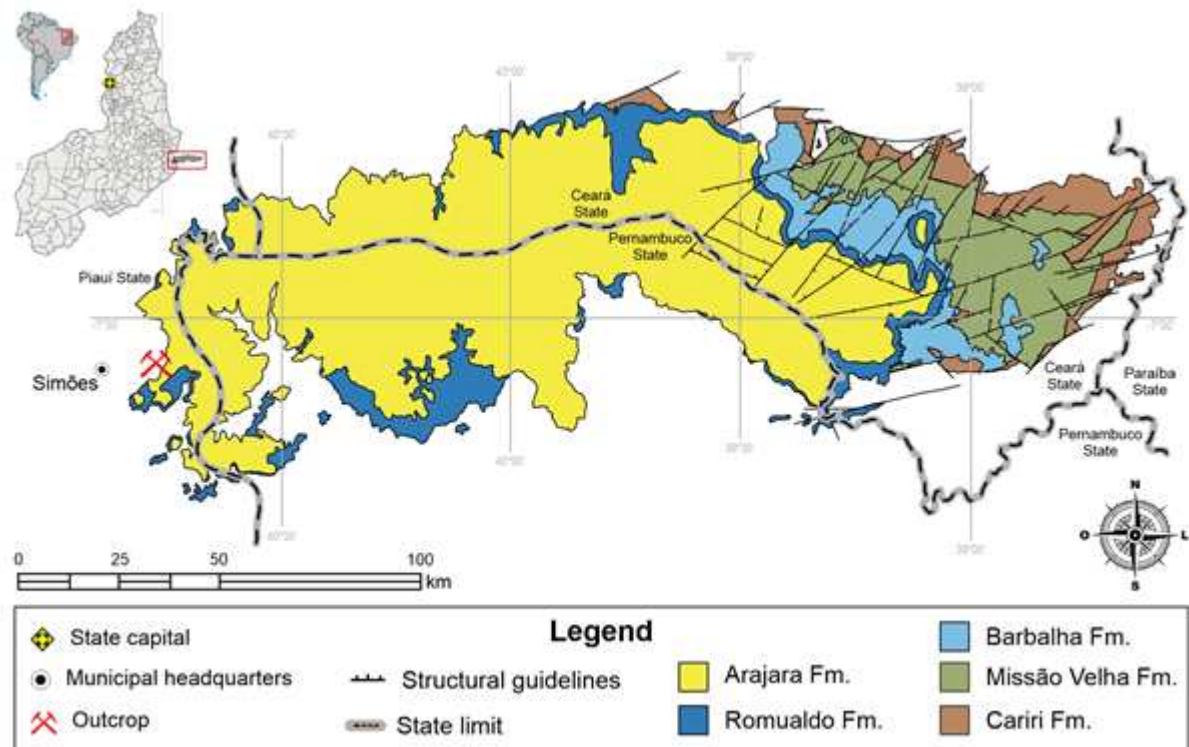
- 414 Atlântica Brasileira com os do Golfo do México: novas evidências do Tétis Sul-Atlântico.
415 Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 11-18.
- 416 Fernandes, A.C.S., 1985. Cnidários fósseis brasileiros: Histórico das pesquisas e
417 considerações sobre o seu desenvolvimento. Congresso Brasileiro de Paleontologia, 201-
418 204.
- 419 Lima Filho, M.F., Viana, M.S.S., Mabesoone, J.M. 1996. Tectonic and stratigraphic
420 relationships between Afrobrasilian and Araripe-Potiguar Depressions (NE Brazil).
421 Congresso Brasileiro de Geologia, 402-404.
- 422 Löeser, H., 2016. Taxonomy and distribution of the Cretaceous coral genus *Eosiderastrea*.
423 Carnets Geol., Madrid. 16(16), 383-416.
- 424 Maisey, J.G., 1993. Tectonics, the Santana Lagerstätten, and the implications for Late
425 Gondwanan Biogeography. In: Goldblatt, P. (Ed.), Biological relationships between
426 Africa and South America. Yale University Press, New York, 435-454.
- 427 Maisey, J.G., Carvalho, G.P., 1995. First records of fóssil sergestid decapods and fóssil
428 brachyuran crab larvae (Arthropoda, Crustacea), with remarks on some supposed
429 palaemonid fóssil, from the Santana Formation (Aptian-Albian, NE, Brazil). American
430 Museum Novitates 3132, 1-27.
- 431 Manso, C.L.C., Hessel, M.H., 2012. Novos equinoides (Echinodermata: Echinoidea) do
432 Albiano da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Geociências 42(1),
433 187-197.
- 434 Martins Neto, R.G., 1987. Primeiro registro de decápode na Formação Santana, Bacia do
435 Araripe (Cretáceo Inferior), nordeste do Brasil. Ciência & Cultura 39(4), 406-410.
- 436 Mascarenhas, G.B.C., 2004. Os Corais do Aptiano/Albiano (Formação Riachuelo) sub-bacia
437 de Sergipe – Uma fácies recifal do Cretáceo brasileiro (Unpubl. PhD thesis).
438 Universidade Federal da Bahia, 91 p.
- 439 Medeiros, R.A., Ponte, F.C., Ponte-Filho, F.C., 1997. Análise estratigráfica da bacia do
440 Araripe: parte 2 – análise de fácies. Simpósios sobre a Bacia do Araripe e Bacias
441 Interiores do Nordeste, p. 18.

- 442 Neumann, V.H.M.L., Cabrera, L., 1999. Una Nueva propuesta estratigráfica para la
443 tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, noreste de Brasil. Simpósio sobre o
444 Cretáceo do Brasil, 279-285.
- 445 Neumann, V.H.M.L., Cabrera, L., Mabesoone, J.M., Valença, L.M.M., Silva, A.L., 2002.
446 Ambiente sedimentar e facies da seqüência lacustre aptiana-albiana da bacia do Araripe,
447 NE do Brasil. Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil e Simpósio sobre el Cretácico de
448 América del Sur, UNESP, 37-51.
- 449 Paleobiology database. Online version at:
450 https://paleobiodb.org/classic/basicTaxonInfo?taxon_no=83138
- 451 Ponte, F.C., 1994. Extensão paleogeográfica da Bacia do Araripe no Mesocretáceo. Simpósio
452 sobre o Cretáceo do Brasil, UNESP, 131-135.
- 453 Ponte, F.C., Appi, C.J., 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do
454 Araripe. Congresso Brasileiro de Geologia, 211-226.
- 455 Ponte, F.C., Medeiros, R.A., Ponte-Filho, F.C., 1997. Análise estratigráfica da bacia do
456 Araripe: parte 1 – análise de seqüências. Simpósios sobre a Bacia do Araripe e Bacias
457 Interiores do Nordeste, URCA, 17.
- 458 Price, L.I., 1973. Quelônio Amphichelidia no Cretáceo Inferior do Brasil. Revista Brasileira
459 de Geociências, 3(2), 84-96.
- 460 Rage, J.C., 1988. Gondwana and tethys and terrestrial vertebrates during the Mesozoic and
461 Cenozoic. In: Audley-Charles, M.G., Hallam, A. (Eds.), Gondwana and tethys.
462 Geological Society Special Publication, 255-273.
- 463 Regali, M., 1990. Biocronoestratigrafia e paleoambiente do Eocretáceo das bacias do Araripe
464 (CE) e Rio do Peixe (PB), NE-Brasil. Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias
465 Interiores do Nordeste, DNPM, 161-171.
- 466 Santos, R.S., 1985. A ictiofauna da Formação Riachuelo, estado de Sergipe. In: Campos, D.A.,
467 Ferreira, C.S., Brito, I.M., Viana, C.F. (Eds.), Coletânea de Trabalhos
468 Paleontológicos/Congresso Brasileiro de Paleontologia, 141-145.
- 469 Santos, R.S., Valença, J.G., 1968. A Formação Santana e sua paleoictiofauna. Anais da

- 470 Academia Brasileira de Ciências 40(3), 339-360.
- 471 Sayani, H. R., Cobb, K. M., Cohen, A. L., Elliott, W. C., Nurhati, I. S., Dunbar, R. B.,
472 Zaunbrecher, L. K., 2011. Effects of diagenesis on paleoclimate reconstructions from
473 modern and young fossil corals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75(21), 6361-6373.
- 474 Scotese, C.R. 2001. Atlas of Earth History. Arlington, PALEOMAP Project, 52 p.
- 475 Souza-Lima, W., 2003. Registro de corais no Albiano da Bacia de Camamu, Bahia, Brasil.
476 *Paleo 2002*, Aracaju, Fundação Paleontológica Phoenix, p. 11.
- 477 Vaughan, T.W., 1919. Fossil Corals from Central America, Cuba, and Puerto Rico, with an
478 Account of the American Tertiary, Pleistocene, and Recent Coral Reefs. *Bulletin of the*
479 *United States National Museum* 103, 189-524.
- 480 Vaughan, T.W., Wells, J.W. 1943. Revision of the suborders, families, and genera of the
481 Scleractinia. *Geological Society of America. Special papers of Washington Museum* 44,
482 1-363.
- 483 Viana, M.S.S., 1998. The Proto-Atlantic Albian way and its influence on the South America-
484 African life. Abstracts of the third annual conference. *Asociación Paleontológica del*
485 *Golfo San Jorge (Special Issue)* 2, 32-34.
- 486 Viana, M.S.S., 1999. Estudo paleoambiental na parte superior da Formação Santana (Cretáceo
487 da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil): natureza dos sedimentos e tafonomia (Unpubl.
488 PhD thesis). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 124 p.
- 489 Viana, M.S.S., Cavalcanti, V.M.M., 1991. Sobre a estratigrafia da Formação Santana, Bacia
490 do Araripe. *Revista de Geologia* 4, 51-60.
- 491 Viana, M.S.S., Sial, A.N., 1999. Oxygen isotopic on phosphate of Albian fish scales as na
492 indication of environmental cyclicality. *Simpósio Sul-Americano de Geologia Isotópica*,
493 445-448.
- 494 Weil, E., Knowlton, N., 1994. A multi-character analysis of the Caribbean coral *Montastraea*
495 *annularis* (Ellis and Solander, 1786) and its two sibling species, *M. faveolata* (Ellis and
496 Solander, 1786) and *M. franksi* (Gregory, 1895). *Bulletin of Marine Science* 55, 151-175.

- 497 Wells, J.W., 1932. Corals of the Trinity Group of the Comanchean of central Texas. Journal of
498 Paleontology 6(3), 225-256.
- 499 Wells, J.W., 1933. Corals of the Cretaceous of the Atlantic and Gulf Coastal Plains and
500 Western Interior of the United States. Bulletins of American Paleontology 18(67), 1-288.
- 501 Wells, J.W., 1956. Scleractinia. In: Moore, R.C. (Ed.), Treatise on invertebrate paleontology.
502 Geological Society of America, New York, pt. F, 328-344.
- 503 Wenz, S.A., 1980. A propos du genre *Mawsonia*, Coelachanthe giant du Cretacé Inferieu
504 d'Áfrique et du Brazil. Mémoires de la Société Géologique de France 139, 187-190.
- 505

506 **Figure 1.** Geographic location of the Araripe Basin with its formations, details of the studied
 507 outcrop, municipality of Simões, Piauí. Modified in Assine, (2007).



508

509

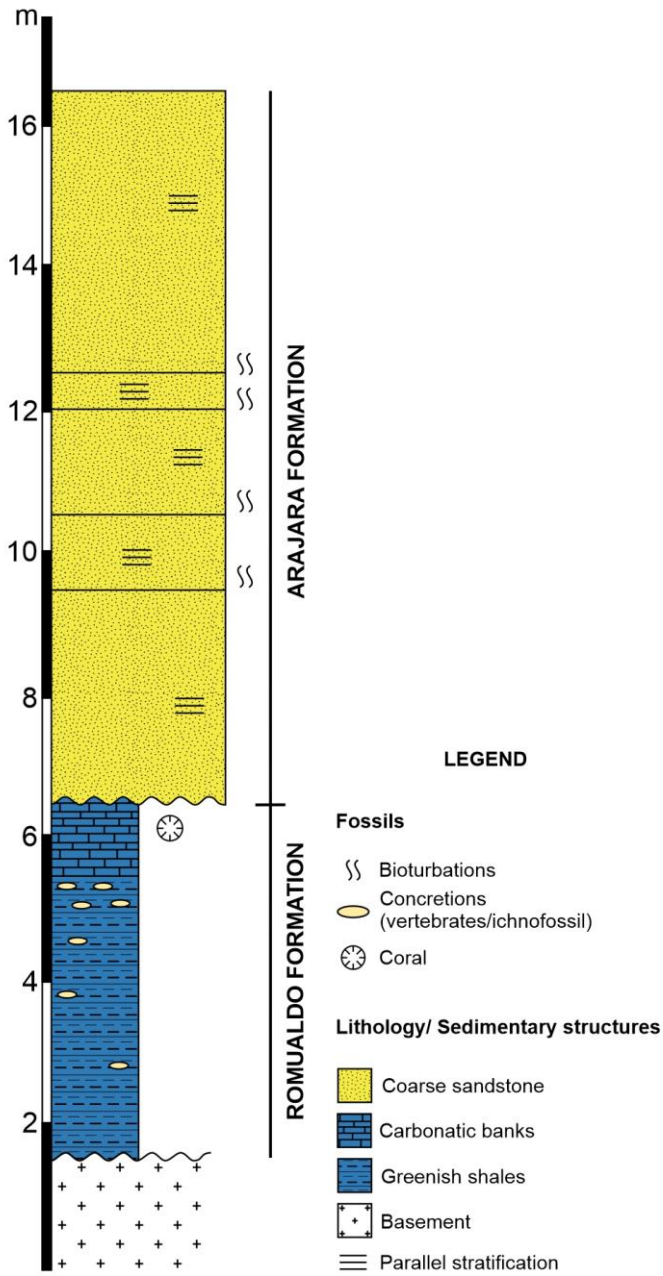
510 **Table 1.** Marine macroinvertebrate taxa from the top of the Romualdo Formation.

Marine invertebrate macrofossils	
	Crustacea
	<i>Araripecarcinus ferreirai</i> Martins Neto, 1987
	<i>Paleomattea deliciosa</i> Maisey & Carvalho, 1995
	<i>Araripenaeus timidus</i> Pinheiro, Saraiva & Santana, 2014
	<i>Sume marcosi</i> Saraiva, Pinheiro & Santana, 2018
	<i>Priorhyncha feitosa</i> Alencar, Pinheiro, Saraiva, Oliveira & Santana, 2018
	<i>Cretainermis pernambucensis</i> Prado, Calado & Barreto, 2019
	<i>Kellnerius jamacaruensis</i> Santana, Pinheiro, Da Silva & Saraiva, 2013
	<i>Dubiostenopus parvus</i> Alencar, Santana, Pinheiro, Lima, Saraiva & Oliveira, 2023
	<i>Somalis piawaiensis</i> Barros & Oliveira, 2023
	Echinoidea
	<i>Pygurus tinocoi</i> Beurlen, 1966
	<i>Bothryopneustes araripensis</i> (Beurlen, 1966)
	Bivalvia
	<i>Aguilera dissita</i> White, 1887
	<i>Crassatella?</i> sp. Lamarck, 1799
	<i>Anomia?</i> sp. Linnaeus, 1758
	<i>Brachidontes araripensis</i> Swainson, 1840
	<i>Plicatula</i> sp. Lamarck, 1801
	Gastropoda
	<i>Gymnentome</i> (<i>Gymnentome</i>) <i>romualdoi</i> Beurlen, 1964
	<i>Craginia araripensis</i> Beurlen, 1964
	<i>Cerithium</i> cf. <i>austinense</i> Roemer, 1888
	<i>Paraglauconia</i> (<i>Diglauconia</i>) <i>araripensis</i> (Beurlen, 1964)
	<i>Paraglauconia</i> (<i>Diglauconia</i>) <i>lyrica</i> Maury, 1936
	<i>Gymnentome</i> (<i>Craginia</i>) <i>beurleni</i> Pereira, Cassab & Barreto, 2016
	<i>Gymnentome</i> (<i>Gymnentome</i>) <i>carregozica</i> (Maury, 1936)
	' <i>Pseudomesalia</i> ' (' <i>Pseudomesalia</i> ') <i>mennessieri</i> Pereira, Cassab & Barreto, 2016
	' <i>Pseudomesalia</i> ' (' <i>Pseudomesalia</i> ') <i>santanensis</i> Pereira, Cassab & Barreto, 2016

511

512

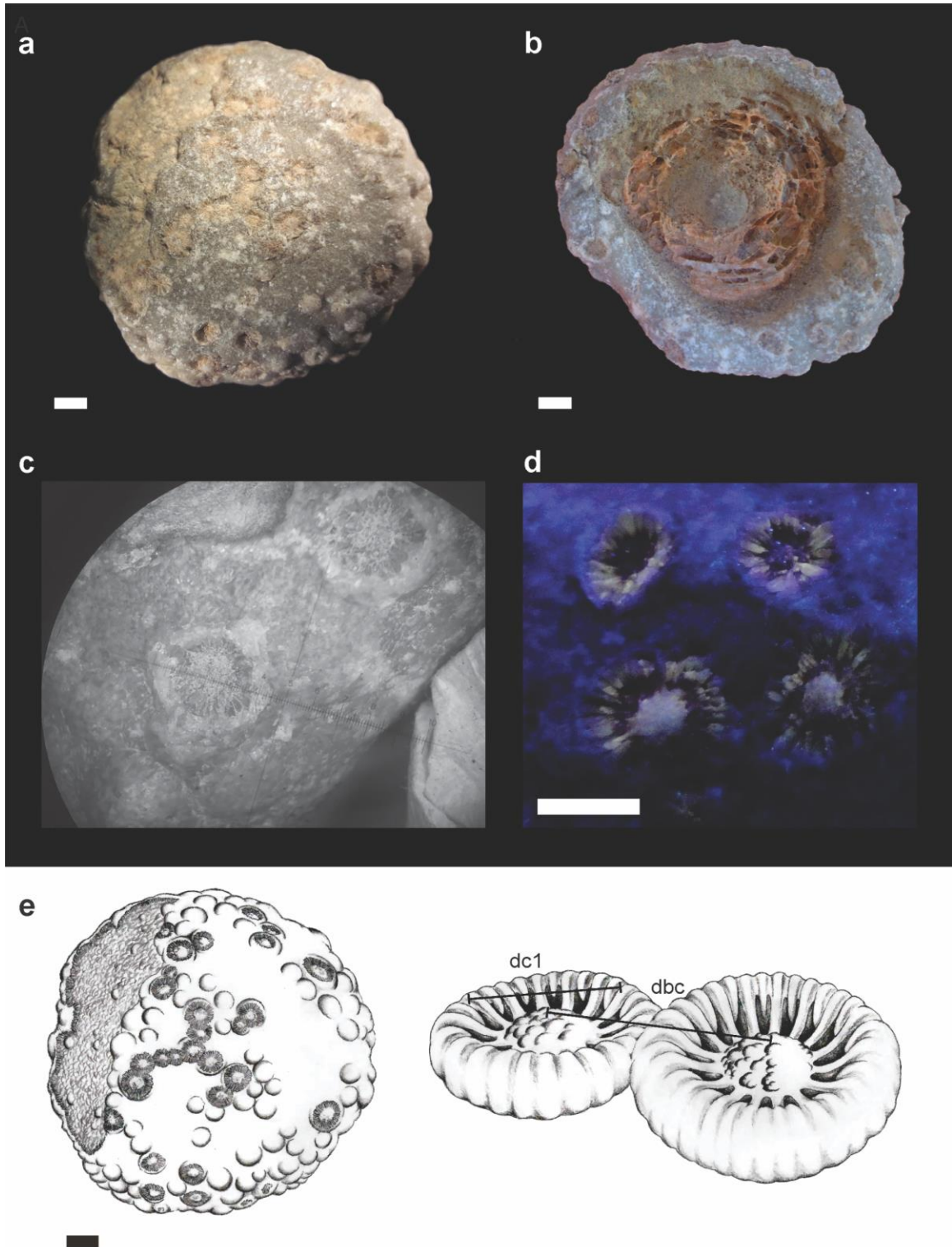
513 **Figure 2.** Stratigraphic profile of the studied outcrop in the municipality of Simões, Piauí
 514 State.



515

516

517 **Figure 3.** *Montastraea* sp. (UFPI LPP C-001). a. Upper part of the coral colony. b. Lower part
 518 of the coral colony. c. Details of one corallite. d. Four corallites in violet light. e. Schematic
 519 drawing (by João Victor P. Moreira): dc1 = diameter of corallite 1; dbc = distance between
 520 columella. Scale bars = 5 mm.



521

522

523 **Table 2.** Morphometric data of UFPI LPP C-001 *Montastraea* sp. (n=16 corallites analyzed).

	Larger Corallite Diameter	Smaller Corallite Diameter	Distance between Columella	Septa number
Mean	3.72 mm	3.58 mm	0.94 mm	44.47
Standard Deviation	0.74 mm	0.68 mm	0.22 mm	9.57

524

525

526 **Table 3.** Species of *Montastraea* occurring in the Albiano (113.0 – 100.5 Ma), with respective
 527 qualitative descriptions and type-localities (Wells, 1932, 1933).

Taxon	Description	Occurrence / Type locality
<i>Montastraea roemeriana</i>	Hemispherical corallum and pedunculated cylindrical corallites.	From the Edwards limestone in central Texas, exact locality unknown, probably in Kerr County.
<i>Montastraea edwardsensis</i>	Massive corallum, consisting of small nodular proliferations which are often closely compacted into larger masses. Cylindrical corallites.	In the Edwards limestone at Hiram Hall Ranch, 35 miles west of Kerrville, Kerr County, Texas.
<i>Montastraea travisensis</i>	Small, convex or subglobose corallum and cylindrical corallites.	In the Travis Peak formation at the following localities: on Cow Creek about one mile below Travis Peak Post Office, Travis County; about five miles west of Cox's Crossing, on the Austin-Marble Falls road, Burnet County.
<i>Montastraea whitneyi</i>	Massive and irregularly hemispherical corallum and cylindrical corallites.	In a dense, light gray limestone of Aptian age at Bufa, "near trail to top at 7050 feet", Ojuela, Mapini (Durango), Mexico.
<i>Montastraea comalensis</i>	Massive and tall corallum and slightly elevated cylindrical corallites.	In the lower Glen Rose on the Fischer's Store road, three miles from Hancock, Comal County.

528

529

530

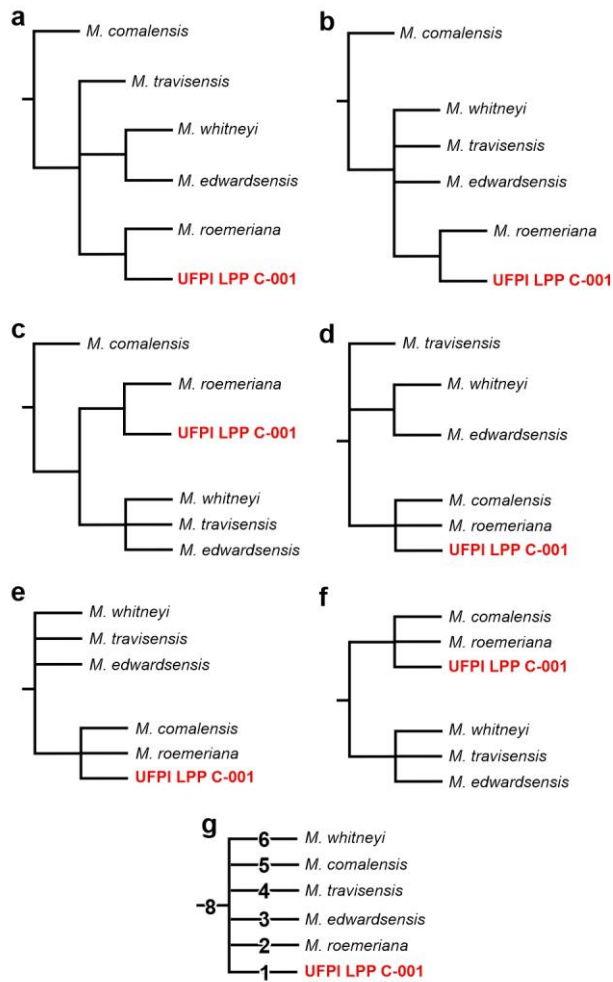
531 **Table 4.** Comparison between the quantitative characters observed in *Montastraea* sp. (UFPI
 532 LPP C-001) and species of *Montastraea* occurring in the Albian (113.0 – 100.5 Ma), with
 533 respective quantitative descriptions (Adapted of WELLS, 1932, 1933).

	Smaller diameter of corallite (mm)	Larger diameter of corallite (mm)	Mean diameter of corallite (mm)	Distance between the corallites (mm)	N of septa cycles	Height (mm)	Length (mm)	Width (mm)	Mean N of septa
<i>Montastraea</i> sp. (UFPI LPP C-001)	3.5 8	3.72	3.65	0.94	4	26	53.3	51.6	44.4 7
<i>Montastraea roemeriana</i>	3	4	-	1-2	3	48	65	48	24
<i>Montastraea edwardsensis</i>	1.2	1.5	1.25	-	3	50	115	80	24
<i>Montastraea travisensis</i>	1.3	1.7	1.6	-	3	-	-	-	24
<i>Montastraea whitneyi</i>	0.7 5	1	1.2	1	3	85	-	180	24
<i>Montastraea comalensis</i>	-	-	12	-	3	-	-	-	18

534

535

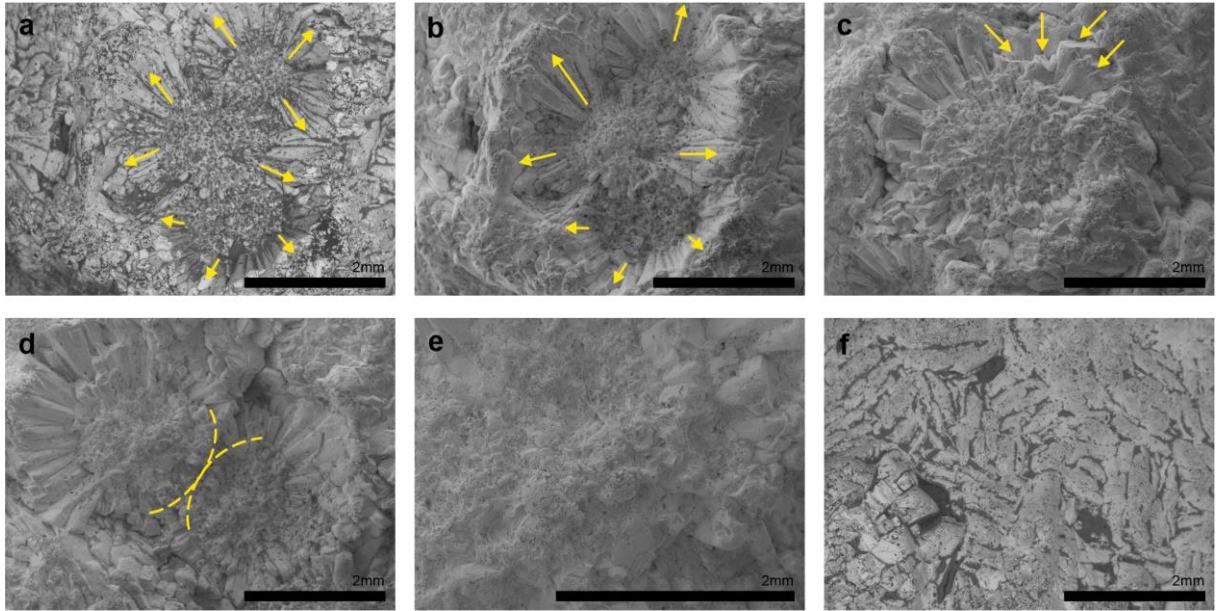
536 **Figure 4.** a – f. Parsimonious phylogenetic trees generated in the analysis. g. Strict consensus
 537 tree with numbers representing their respective decays of their nodes, both highlighted by
 538 UFPI LPPC-001 in red.



539

540

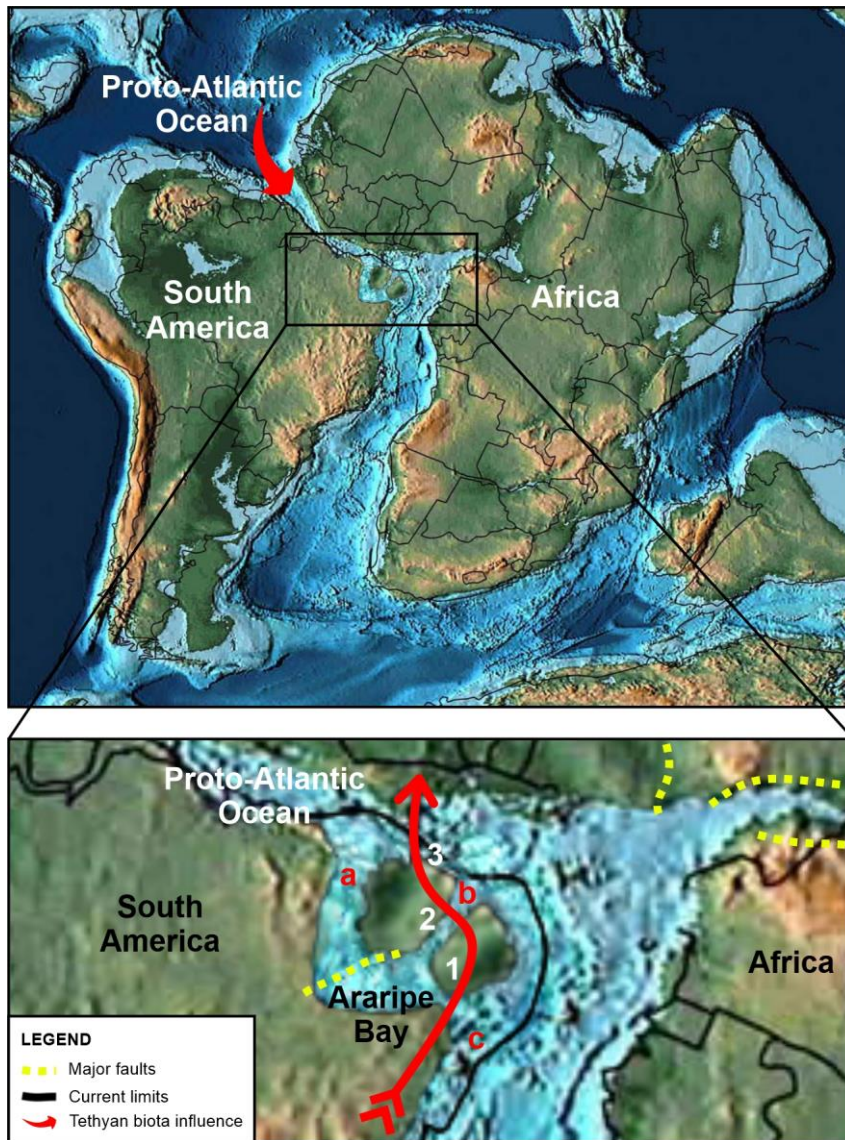
541 **Figure 5.** Scanning electron microscopy of the sample. **a.** and **b.** arrows indicating details of
542 the growth pattern of crystalline aragonite or calcite blocks in corallites. **c.** arrows indicating
543 the fillings of fragmented septa. **d.** contiguous corallites. **e.** detail of the spongy columella.
544 teak with amorphous character.



545

546

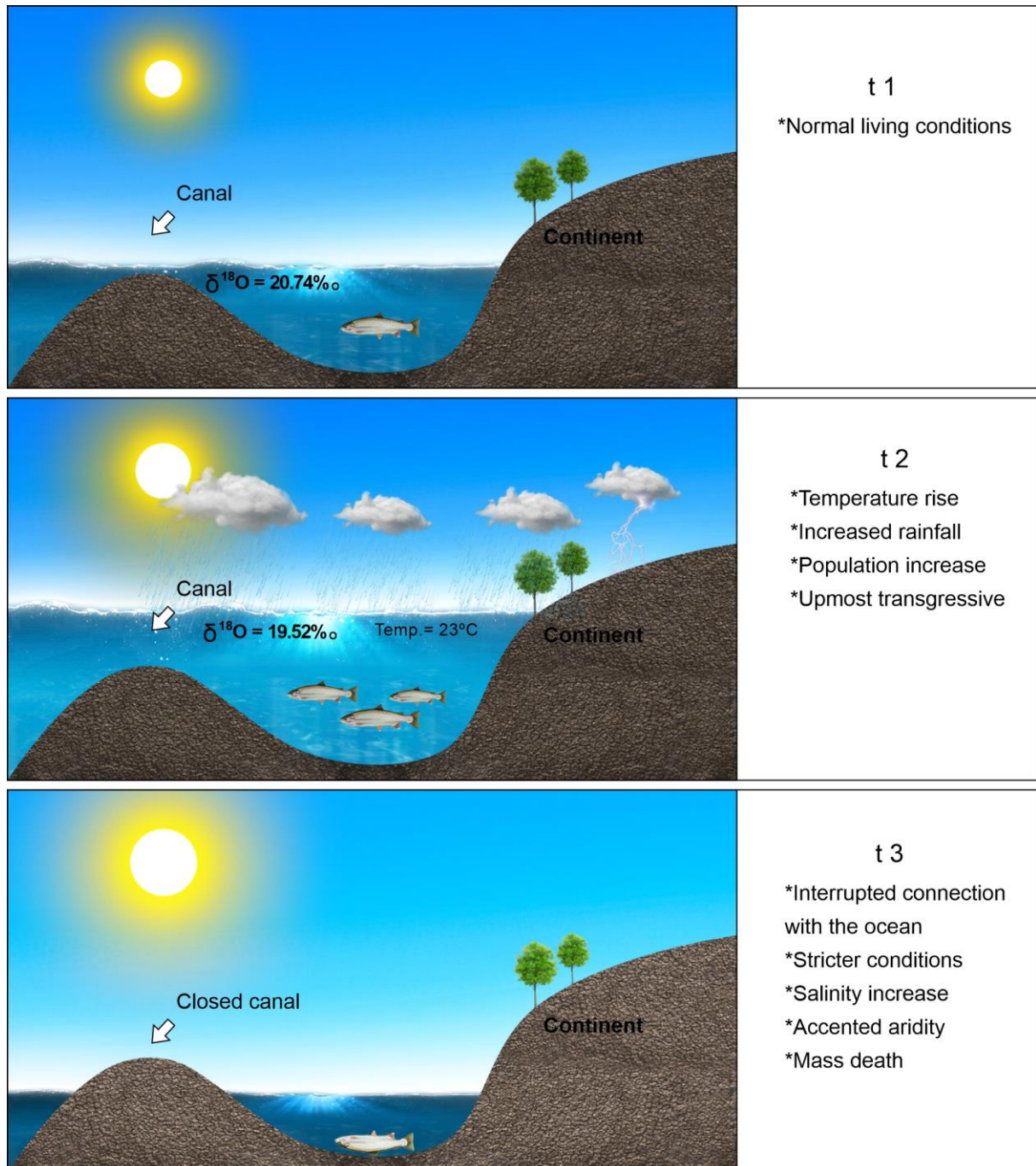
547 **Figure 6.** Paleogeographic map of the Albian in South America and Africa, showing the
548 channels (a, b and c) connecting the Araripe Basin to the Proto-Atlantic Ocean, and the land
549 bridges (1, 2 and 3) which influenced vertebrate migration between the two continents
550 (arrows). Based in Viana (1998) and modified from Scotese (2001).



551

552

553 **Figure 7.** Paleoenvironmental reconstruction of the upper Romualdo Formation. Each phase
 554 (t 1, t 2 and t 3) was characterized according to taphonomic features and oxygen isotope data
 555 in the phosphate of fish scales and the carbonate from concretions (Modified from Viana and
 556 Sial, 1999).



557

558

559 SUPPLEMENTARY MATERIAL

560

561 **Character matrix**

562

563 Character matrix assembled from table 4. **Characteristics:** “Smaller diameter of corallite
 564 (mm)” por “**1**”; “Larger diameter of corallite (mm)” for **2**; “Mean diameter of corallite (mm)”
 565 por **3**; “Distance between the corallites (mm)” for **4**; “N of septa cycles” for **5**; “Height (mm)”
 566 por **6**; “Length (mm)” for **7**; “Width (mm)” for **8**; “Mean N of septa” for **9**.

567 **Data:** characteristics: **1, 2, 3** and **5:** $\geq 3 = 1, \leq 3 = 0$ and - = ?; **4:** $\geq 1 = 1, \leq 1 = 0$ and - = ?;
 568 **6:** $\geq 50 = 1, \leq 50 = 0$ and - = ?; **7** and **8:** $\geq 100 = 1, \leq 100 = 0$ and - = ?; **9:** $\geq 20 = 1, \leq 20 = 0$
 569 and - = ?.

570

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
root	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UFPI LPP C-001	1	1	1	0	1	0	0	0	1
<i>M. roemeriana</i>	1	1	?	1	1	0	0	0	1
<i>M. edwardsensis</i>	0	0	0	?	1	1	1	0	1
<i>M. travisensis</i>	0	0	0	?	1	?	?	?	1
<i>M. whitneyi</i>	0	0	0	1	1	1	?	1	1
<i>M. comalensis</i>	?	?	1	?	1	?	?	?	0

571

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

UFPI LPP C-001 apresenta características morfológicas diagnósticas de corais do gênero *Montastraea* sp. e apesar das análises das microestruturas por meio de MEV e análise filogenética apresentarem dados que distinguem o espécime em questão dos demais espécies cretácicas do mesmo gênero ocorrentes no mar de Tétis, aqui se reserva no direito de não nomear uma espécie nova. Pois algumas espécies do gênero *Montastraea* sp. podem exibir características polimórficas em um mesmo indivíduo e ainda há a possibilidade do UFPI LPP C-001 ter sofrido alterações morfológicas de curto prazo ainda em vida, e em decorrência de possíveis condições ambientais específicas da Bacia do Araripe na época e pós vida, ter sofrido alterações oriundas dos processos tafonômicos.

Portanto, novas incurções a campo deverão ser realizadas, com a finalidade coletar novos espécimes para melhor entendimento do significado dessa descoberta, principalmente acerca possível comprovação de uma nova espécie de coral do gênero *Montastraea* sp.

REFERÊNCIAS

- ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 371-389, 2007.
- BEURLEN, K., Geologia e Estratigrafia da Chapada do Araripe. **Congresso Nacional de Geologia**, p. 47, 1963.
- BEURLEN, K. Novos equinoides no Cretáceo do Nordeste do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** v. 38, n. (3-4), p. 455-464, 1966.
- BOURNE, G. C. **Anthozoa**. – *In*: Lankester, E.R. (Ed.): *Treatise on Zoology*, Volume 2. – 1–84, London (Adam & Charles Black), 1900.
- BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. **Invertebrados**. 2 ed. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2007.
- CAMPOS, D. A., KELLNER, A. W. A. Panorama of the flying reptiles study in Brazil and South America. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 57, n. 4, p. 453-466, 1985.
- CARVALHO, I. S.; MELO, J. H. G. **Bacias interiores do Nordeste**. *In*: HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A (Org.). *Geologia do Brasil*. São Paulo: Beca, p. 502-512, 2012.
- CASSAB, R. C. T.; MACHADO, D. M. C. Mollusks of the Santana Formation, Araripe Basin, NE Brazil. *In*: **31 th International Geological Congress**, Rio de Janeiro. Abstracts Volume, 2000.
- CASTRO, J. C., VALENÇA, L. M. M., NEUMANN, V. H. Ciclos e sequências deposicionais das formações Rio da Batateira e Santana (Andar Alagoas), Bacia do Araripe, **Brasil. Geociências**, v. 25, n. 3, p. 289-296, 2006.
- CLARKSON, E. N. K. **Invertebrate palaeontology and evolution**, 4th ed, 452. Oxford: Blackwell Science, 1998.
- DOYLE, P. **Understanding fossils: An introduction to invertebrate palaeontology**, 1st ed, 426. New York: Wiley, 1996.
- DRAKE, J. L, MASS T.; STOLARSKI, J.; VON, E. U. W. S.; VAN de SCHOOTBRUGGE, B.; FALKOWSKI, P. G. How corals made rocks through the ages. **Glob Change Biol**. v. 1, n. 26, p. 31-53, 2020.
- FERNANDES, A. C. S. Corais hermatípicos da Formação Maria Farinha, Paleoceno do Estado de Pernambuco. **Congresso Brasileiro de Paleontologia**, Recife, 1978. *Anais Recife, SBG*, v. 2, n. 1, p. 960-962, 1978.
- FERNANDES, A. C. S. Contribuição à Paleontologia do Estado do Pará. Scleractinia da Formação Pirabas (Mioceno Inferior) e suas implicações paleoecológicas (Coelenterata - Anthozoa - Scleractinia). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, ns. Geol. v. 22, n. 1, p.

1-33, 1979.

FERNANDES, A. C. S. Cnidários fósseis brasileiros: históricos das pesquisas e considerações sobre seu desenvolvimento. **Congresso Brasileiro de Paleontologia** (8), Rio de Janeiro, p. 201-204, 1985.

FERNANDES, A. C. S. Ocorrência inédita de coral (Coelenterata - Anthozoa - Scleractinia) na Formação Gramame, Cretáceo Superior da Paraíba. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 38, n. 4, p. 608, 1986.

FERNANDES, A. C. S.; WANDERLEY, M. D. Corais (Cnidaria - Scleractinia) da Formação Jandaíra, Cretáceo Superior do Rio Grande do Norte. **Boletim do Museu Nacional**, Nova Série, Geologia, v. 1 n. 55, p. 1-7, 2000.

FERREIRA, C. S.; FERNANDES, A. C. S. Uma nova ocorrência do coral hermatípico na Formação Pirabas, Oligo-Mioceno do Estado do Pará. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 58, n. 4, p. 609-610, 1986.

FLÜGEL, E.; SENOWBARI-DARYAN, B. **Evolution of Triassic reef biota: state of the art**. In: REITNER, J.; NEUWEILER, F.; GUNKEL, F. (Eds.), Global and Regional Controls on Biogenetic Sedimentation: I. Reef Evolution Research Reports. Gottinger Arbeiten Palaontologie 2, p. 285-294, 1996.

GROTZINGER, J. P.; WATTERS, W. A.; KNOLL, A. H. Calcified metazoans in thrombolite-stromatolite reefs of the terminal Proterozoic Nama Group, Namibia. **Paleobiology**, v. 1, n. 26, p. 334-359, 2000.

JAIN S. Corals, In: JAIN S. Fundamentals of Invertebrate Palaeontology: Macrofossils. **Springer Geology**. p. 319-355, 2017.

KELLNER, A. Membro Romualdo da Formação Santana da Bacia do Araripe, CE. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. L. C. (Edit.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) - Brasília 2002. p. 121-130, 2002.

LIMA, R. M. **Palinologia da Formação Santana** (Cretáceo do Nordeste do Brasil). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, USP. 335p, 1978.

MASCARENHAS, G.B.C. **Os Corais do Aptiano/Albiano (Formação Riachuelo) sub-bacia de Sergipe – Uma fácies recifal do Cretáceo brasileiro** (Unpubl. PhD thesis). Universidade Federal da Bahia, 91 p, 2004.

MEDEIROS, R. A., PONTE, F. C., PONTE-FILHO, F. C. Análise estratigráfica da bacia do Araripe: parte 2 – análise de fácies. **Simpósios sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste**, URCA, p. 18, 1997.

NEUMANN, V. H. M. L., 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. **Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil e Simpósio sobre el Cretácico de América del Sur**, UNESP, p. 37-51, 2002.

- NEUMANN, V. H.; CABRERA, L. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rift de la Cuenca de Araripe, Noreste de Brasil. *In: Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil*, Rio Claro. Boletim... Rio Claro: UNESP, 1999. p. 279-285, 1999.
- NIELD, E.W.; TUCKER, V. C. T. **Paleontology: An introduction**, 1st ed, 178. Oxford: Pergamon Press, 1985.
- OLIVEIRA, P. V.; VIANA, M. S. S.; AMARAL, F. D. The first record of cnidária (Scleractinian), Cretaceous from the Santana Group of the Araripe Basin. **Congresso Brasileiro de Paleontologia**, Uberlândia, 2019. Anais, CBP, v. 1, p. 267, 2019.
- PEREIRA, P. A., CASSAB, R. C. T., BARRETO, A. M. F. Cassiopidae gastropods, influence of Tehys Sea of the Romualdo Formation (Aptiano-Albian), Araripe Basin, Brazil. **Journal of South American Earth Science**, v. 70, n. 1, p. 211-223. 2016.
- PONTE, F. C., APPI, C. J. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. **Congresso Brasileiro de Geologia**, p. 211-226, 1990.
- PONTE, F. C., MEDEIROS, R. A., PONTE-FILHO, F. C. Análise estratigráfica da bacia do Araripe: parte 1 – análise de sequências. **Simpósios sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste**, URCA, p. 17, 1997.
- PONTE, F. C.; PONTE FILHO, F. C. Evolução tectônica e classificação da Bacia do Araripe. *In: 4º Simpósio Sobre o Cretáceo, Águas de São Pedro-SP. Boletim... Águas de São Pedro-SP: UNESP, p.123-133, 1996.*
- PRICE, L. I. A presença de Pterosauria no Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 43, p. 451-461, suplemento, 1971.
- PRICE, L. I. Quelônio Amphychelidia no Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 84-95, 1973.
- RUPPERT, E. E. e BARNES, R. D. **Zoologia dos Invertebrados**, São Paulo. Roca, 1996.
- SILVA SANTOS, R.; VALENÇA, J. G. A Formação Santana e sua paleoictiofauna. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 40, n. 3, p. 339-360, 1968.
- SOUSA, A. D. A. **Primeira ocorrência de ovo amniótico na Formação Romualdo (Cretáceo inferior da Bacia do Araripe, Simões-PI)**. 66 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- SOUZA-LIMA, W., Registro de corais no Albiano da Bacia de Camamu, Bahia, Brasil. **Paleo 2002, Aracaju, Fundação Paleontológica Phoenix**, p. 11, 2003.
- STANLEY, G. D. The evolution of modern corals and their early history. **Earth-Science Reviews**. 60: p. 195-225, 2003.
- STANLEY, G. D. The history of early Mesozoic reef communities: a three-step process.

Palaios 3, p. 170-183, 1988.

TÁVORA, V. A.; DIAS, J. J.; FERNANDES, A. C. S. New records and redescrptions of brazilian Scleractinia corals (Itamaracá, Maria Farinha and Pirabas Formations).

Paleontologia Mexicana, v. 5, p. 71-86, 2016.

TÁVORA, V. A.; DIAS, J. J.; RAMALHO, L.V. Paleobiogeographic Remarks of the Devonian Corals and Bryozoans of Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 40, p. 226-234, 2017.

TÁVORA, V. A.; DIAS, J. J.; SANTOS, C. L. A. Scleractinia Corals of the Jandaíra Formation (Turonian-Campanian), Rio Grande do Norte state, Brazil. **Paleontología Mexicana**, v. 4, n. 2, p. 39-51, 2015.

TÁVORA, V. A.; GONÇALVES, D. F.; ARAUJO, T. C. C. Ocorrência de uma nova espécie de escleractíneo (Coelenterata) na Formação Pirabas (Eomioceno), Estado do Pará. **Revista Brasileira de Geociências**, Brasília- DF, v. 32, n.2, p. 231-234, 2002.

TÁVORA, V. A.; SOUZA, S. R. Primeira ocorrência de corais rugosos na Formação Maecuru (Devoniano), Bacia do Amazonas, Pará. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 29, n.3, p. 415-418, 1999.

TÁVORA; J. J., DIAS; A.C.S., FERNANDES. Systematic Review of the Flabellidae Family (Scleractinia) of the Pirabas Formation (Lower Miocene), Pará State, Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências** (Online), v. 38, n. 1, p. 128-136, 2015.

VAUGHAN, T. W.; WELLS, J. W. Revision of the suborders, families, and genera of the *Scleractinia*. **Geological Society of America**. Special papers of Washington Museum 44, p. 1-363, 1943.

VIANA, M. S. S., CAVALCANTI, V. M. M. Sobre a estratigrafia da Formação Santana, Bacia do Araripe. **Revista de Geologia** 4, p. 51-60, 1991.

VIANA, M. S. S.; LIMA-FILHO, M. F.; CARVALHO, I. S. Borborema Megatracksite: uma base para correlação dos “arenitos inferiores” das bacias intracontinentais do Nordeste do Brasil. *In: XV SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE*, 13, Natal-RN. **Boletim...** Natal-RN: Sociedade Brasileira de Geologia, p. 23-25, 1993.

VIANA, M. S. S.; NEUMANN, V. H. L. Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE. *In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. L. C. (Edit.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) – Brasília, p. 113-120, 2002.

VIANA, M. S. S.; RICHTER, M. Original biomineralization observed in fishes of the Santana Formation (Lower Cretaceous of the Araripe Basin, NE-Brazil). **Acta Geologica Leopoldensia**, v. 21, p. 91-100, 1999.

VIANA, M.S.S., The Proto-Atlantic Albian way and its influence on the South America-African life. Abstracts of the third annual conference. **Asociación Paleontológica del Golfo**

San Jorge (Special Issue) 2, p. 32-34, 1998.

WELLS, J. W., Corals of the Trinity Group of the Comanchean of central Texas. **Journal of Paleontology**, v. 6, n. 3, p. 225-256, 1932.

WELLS, J. W., Corals of the Cretaceous of the Atlantic and Gulf Coastal Plains and Western Interior of the United States. **Bulletins of American Paleontology**, v. 18, n. 67, p. 1-288, 1933.

WOOD, R. A.; GROTZINGER, J. P., DICKSON J. A. D. Proterozoic modular biomineralized metazoan from the Nama Group, Namibia. **Science** 296: p. 2383-2386, 2002.

ZILBERBERG, C.; ABRANTES, D. P.; MARQUES, J. A.; MACHADO, L. F.; MARANGONI, L. F. B. **Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo** – Rio de Janeiro: Museu Nacional. 360p, 2016