



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

BRUNO DE ARAÚJO GOMES

**Tafonomia, Paleoecologia e Paleogeografia da fauna de invertebrados em  
novos sítios fossilíferos da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano, Bacia  
sedimentar do Araripe, NE do Brasil**

Recife  
2022

BRUNO DE ARAÚJO GOMES

**Tafonomia, Paleoecologia e Paleogeografia da fauna de invertebrados em novos sítios fossilíferos da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano, Bacia sedimentar do Araripe, NE do Brasil**

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

Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alcina Magnólia da Silva Franca

**Coorientadora:** Dr<sup>a</sup>. Ludmila Alves Cadeira do Prado

Recife

2022

Catálogo na fonte  
Bibliotecário Gabriel Luz, CRB-4 / 2222

G633t Gomes, Bruno de Araújo.  
Tafonomia, paleoecologia e paleogeografia da fauna de invertebrados em novos sítios fossilíferos da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano, Bacia sedimentar do Araripe, NE do Brasil / Bruno de Araújo Gomes, 2022.  
126 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Alcina Magnólia da Silva Franca.  
Coorientadora: Dra. Ludmila Alves Cadeira do Prado.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Pós-Graduação em Geociências. Recife, 2022.  
Inclui referências.

1. Geociências. 2. Cretáceo. 3. Ingressão marinha. 4. Gondwana. I. Franca, Alcina Magnólia da Silva (Orientadora). II. Prado, Ludmila Alves Cadeira do (Coorientadora). III. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG / 2023 - 130

## **BRUNO DE ARAÚJO GOMES**

**Tafonomia, Paleoecologia e Paleogeografia da fauna de  
invertebrados em novos sítios fossilíferos da Formação  
Romualdo, Aptiano-Albiano, Bacia sedimentar do Araripe, NE do Brasil**

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

Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental

Aprovado em: 06/12/2022

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Dr.<sup>a</sup> Ludmila Alves Cadeira do Prado (Coorientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Ismar de Souza Carvalho (Examinador Externo)  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Priscilla Albuquerque Pereira (Examinadora Externa)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedico este trabalho a todos os que levantaram após a queda, mais determinados nunca.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, João Gomes da Costa e Tâmara Cláudia de Araújo Gomes, por sempre me mostrarem o caminho certo a se seguir, pelo incentivo ao caminho que escolhi trilhar, por serem exemplos tanto de pais quanto de profissionais e por serem minhas primeiras e maiores inspirações para ser um pesquisador.

À Pós-Graduação em Geociências e à Universidade Federal de Pernambuco por possibilitar meu ingresso no mestrado, me permitir estudar e trabalhar com aquilo que amo, por estar em meio à estudantes e profissionais que também o fazem.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo de mestrado.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alcina Magnólia da Silva Franca e à Dr<sup>a</sup>. Ludmila Alves Cadeira do Prado pela orientação durante o mestrado, pelas incansáveis horas a qual dedicaram no nosso trabalho e no meu desenvolvimento profissional, por trilharem este desafio comigo e pela inesgotável paciência, pelos incentivos e pelos puxões de orelha, por todo o imensurável aprendizado que me proporcionaram, por serem profissionais tão dedicadas e exemplares, pela amizade que criamos.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Priscilla Albuquerque Pereira e ao Prof. Dr. Ismar de Souza Carvalho, por fazerem parte da banca avaliadora da dissertação. É uma satisfação imensa ter a contribuição de pesquisadores que tanto citei ao longo do trabalho.

A todos meus colegas do PALEOLAB UFPE, Anny, Anne, Ana, Rudah, Yumi, Rilda, Johnson, Camila, Bruno, Gabriel, Nilmara e Iago, por me acolherem de braços abertos desde o primeiro dia, pela troca de ideias, pela companhia nos congressos, pela ajuda no desenvolvimento da dissertação, por me ajudar nas fotografias e tombamento do material e por fazer do dia-a-dia na universidade mais divertido.

À tia Sônia e tia Neide, por sempre me abrigarem de muito boa vontade durante minha estada em Recife.

Ao meu irmão biológico, Hugo de Araújo Gomes e aos meus irmãos e irmãs de outras mães, Igor, Hércio, João Victor, Inaê, Larissa, Tulase, Allan, Pedro, ao

Prof. Jorge Luiz e à Prof<sup>a</sup>. Ana Paula, por sempre me fazerem sentir melhor depois de uma conversa, por sempre poder contar com cada um de vocês nos bons e maus momentos e por me inspirarem a querer ser sempre a minha melhor versão.

Por fim, agradeço à minha companheira, Bruna Maria Barbosa da Rosa, por me incentivar durante todo o mestrado, por me dar direção quando não sabia o que fazer, por permanecer ao meu lado mesmo nas horas de estresse, mesmo quando precisei me ausentar, por ser meu porto seguro, por me fazer querer sempre ser merecedor da sua companhia.

## RESUMO

Os invertebrados fósseis são de grande importância para o entendimento de fenômenos pretéritos, principalmente no que se diz respeito a mudanças no paleoambiente. A Formação Romualdo (Aptiano-Albiano) da Bacia do Araripe apresenta abundantes e diversos grupos de invertebrados que juntos podem contribuir para melhor compreensão do seu ambiente deposicional, uma vez que os aspectos paleoambientais e paleogeográficos da unidade ainda são discutidos. Como resultado, foram analisadas 4 seções estratigráficas da Formação Romualdo, expostas em mineradoras de gipsita (Formação Ipubi), nos municípios de Araripina e Ipubi, PE, porção oeste da Bacia do Araripe. Foram identificados 13 táxons (Decapoda: *Paleomattea deliciosa*, *Kellnerius jamacaruensis*; Spinicaudata: *Cyzicus brauni*, *Cyzicus pricei*, *Martinstheria codoensis*, *Estheriina costai*; Gastropoda: *Tylostoma ranchariensis*, *Paraglaugonia* sp., *Pseudomesalia* ('*Pseudomesalia*') *santanensis*, cassiopídeos, ceritídeos e naticídeos indeterminados; e Bivalvia: *Brachidontes araripensis*). Com base na diversidade e abundância de táxons nas camadas, os espécimes foram agrupados com o software PAST v 4.04 em três associações de fósseis: *Paleomattea deliciosa*, *Cyzicus* sp. e Cassiopidae, e três paleoambientes distintos: transicional, incursão marinha I e II. Enquanto as associações *Cyzicus* sp. e *Paleomattea deliciosa* evidenciam ambientes de baixa energia, a associação Cassiopidae implica em soterramento tempestítico. Os resultados apontam para influência do Mar Tétis, possivelmente através da Bacia do Parnaíba. Além disso, foi realizada uma extensa revisão bibliográfica acerca da diversidade dos invertebrados da Formação Romualdo, sua distribuição e paleoecologia. Assim, foram compilados dados paleoecológicos e paleogeográficos referentes à 41 táxons de invertebrados, evidenciando a carência de dados paleoecológicos e sistemático de alguns táxons, além necessidade de revisão taxonômica dos Spinicaudata da Formação Romualdo. Por fim, mostrou-se a predominância de táxons de águas marinhas e salobras e de táxons com caráter tetiano.

Palavras-chave: Cretáceo; ingressão marinha; Gondwana

## ABSTRACT

Fossil invertebrates are of great importance for understanding past phenomena, especially with regard to changes in the paleoenvironment. The Romualdo Formation (Aptian-Albian) of the Araripe Basin has abundant and diverse groups of invertebrates that together can contribute to a better understanding of its depositional environment, since the paleoenvironmental and paleogeographical aspects of the unit are still debated. As a result, 4 stratigraphic sections exposed in gypsum mining companies (Ipubi Formation), in the municipalities of Araripina and Ipubi, PE, western portion of the Araripe Basin, were analyzed and 13 taxa were identified (Decapoda: *Paleomattea deliciosa*, *Kellnerius jamacaruensis*; Spinicaudata: *Cyzicus brauni*, *Cyzicus pricei*, *Martinstheria codoensis*, *Estheriina costai*; Gastropoda: *Tylostoma ranchariensis*, *Paraglaugonia* sp., *Pseudomesalia* ('*Pseudomesalia*') *santanensis*, cassiopids, ceritids and indeterminate naticids; and Bivalvia: *Brachidontes araripensis*). These were grouped into three associations: *Paleomattea deliciosa*, *Cyzicus* sp. and Cassiopidae, and three distinct paleoenvironments: transitional, marine incursion I and II. While *Cyzicus* sp. and *Paleomattea deliciosa* evidence low-energy environments, the Cassiopidae association implies stormy deposition. The results point to Tethys Sea influence, through the Parnaíba. In addition, an extensive literature review was carried out on the diversity of invertebrates from the Romualdo Formation, their distribution and paleoecology. Thus, paleoecological and paleogeographical data referring to 41 taxa of invertebrates were compiled, evidencing the lack of data in each area of knowledge and the need for a taxonomic revision of the Spinicaudata of the Romualdo Formation. Finally, the predominance of taxa from marine and brackish waters and taxa with Tethyan affinity was shown.

Keywords: Cretaceous; marine ingression; Gondwana

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Carta de correlação das unidades litoestratigráficas das principais bacias mesozoicas interiores e principais adjacentes. A Formação Romualdo se encontra dentro do Grupo Araripe .....	14
Figura 2 –	Mapa de localização das bacias mesozoicas do Nordeste, destacando as rotas da Ingressão Marinha levantadas: Arai (2014), em azul; Lima (1978), em vermelho; Assine (1994), em roxo.....	16
Figura 3 –	Mapa geológico da Bacia do Araripe.....	17
Figura 4 –	Principais propostas estratigráficas para a Bacia do Araripe	18
Quadro 1 –	Diversidade de macroinvertebrados da Formação Romualdo .....	23
Figura 5 –	Ramos da tafonomia e correlação com eventos responsáveis .....	29
Figura 6 –	Lista de feições tafonômicas divididas por categorias .....	30
Figura 7 –	Tipos de esqueletos de paleoinvertebrados .....	33
Quadro 2 –	Classes genéticas de concentrações fossilíferas em sistemas marinhos e suas feições características .....	34

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>13</b>
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
4.1	O CRETÁCEO .....	14
4.2	BACIA DO ARARIPE .....	16
<b>4.2.1</b>	<b>Estratigrafia da Bacia do Araripe</b> .....	<b>17</b>
4.2.1.1	Sequência Paleozoica .....	19
4.2.1.2	Supersequência Pré-Rifte .....	19
4.2.1.3	Supersequência Rifte .....	20
4.2.1.4	Supersequência Pós-Rifte I .....	20
4.2.1.5	Supersequência Pós-Rifte II .....	21
4.3	INVERTEBRADOS DA FORMAÇÃO ROMUALDO .....	22
<b>4.3.1</b>	<b>Decápodes</b> .....	<b>24</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Mollusca</b> .....	<b>25</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Echinoidea</b> .....	<b>26</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Spinicaudata</b> .....	<b>26</b>
4.4	TAFONOMIA .....	28
<b>4.4.1</b>	<b>Feições sedimentológicas</b> .....	<b>30</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Feições bioestratinômicas</b> .....	<b>31</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Feições estratigráficas</b> .....	<b>32</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Feições paleoecológicas</b> .....	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>37</b>
6.1	ARTIGO 1 – NEW INVERTEBRATE SITES AND MARINE INGRESSIONS IN THE ROMUALDO FORMATION, APTIAN- ALBIAN, ARARIPE SEDIMENTARY BASIN, NE BRAZIL .....	38
6.2	ARTIGO 2 – INVERTEBRADOS DA FORMAÇÃO ROMUALDO, BACIA DO ARARIPE: ANÁLISE DE DADOS PALEOECOLÓGICOS E PALEOGEOGRÁFICOS .....	61
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>115</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>116</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Formação Romualdo data do Aptiano-Albiano, topo do Cretáceo Inferior. Está inserida no Grupo Santana da Bacia do Araripe e possui grande importância geológica por ser uma das poucas formações que registrou a Transgressão Marinha cretácea no interior do nordeste brasileiro decorrente de aumento drástico no nível do mar (Palmer, 2002; Ray *et al.*, 2019).

Esta ingressão marinha trouxe consigo uma biota característica de seu oceano de origem, alterando a composição faunística até então predominantemente lacustre na Formação Crato da Bacia do Araripe. Dentre os animais com afinidade marinha da Formação Romualdo podem ser citados os macroinvertebrados, como moluscos (Hessel & Filizola, 1991; Sales, Simões & Ghilardi, 2001; Barbosa, Hessel & Neumann, 2004, Pereira *et al.* 2016), crustáceos (Carvalho, 1993, 2014; Martins-Neto & Mezzalira, 1991; Maisey & Carvalho, 1995; Prado *et al.*, 2018) e os equinoides (Beurlen, 1966; Manso & Hessel, 2012).

Os invertebrados fósseis são de grande importância para o entendimento de fenômenos pretéritos devido a sua sensibilidade à mudanças ambientais. Dessa maneira, analisando a paleoecologia destes animais, bem como os as feições tafonômicas dos depósitos onde são encontrados é possível levantar informações sobre o ambiente em que viviam. Além disso, considerando que a rota de ingressão marinha no interior do nordeste ainda é discutida, a distribuição paleogeográfica destes organismos durante o Aptiano-Albiano pode somar dados paleontológicos ao conhecimento da transgressão marinha na Bacia do Araripe.

## 2 JUSTIFICATIVA

A Bacia do Araripe é singular no sentido paleontológico, pois abriga uma grande diversidade e abundância de fósseis que registram a transgressão marinha do Cretáceo Inferior, incluindo os invertebrados da Formação Romualdo que fornecem uma pista para o entendimento da origem das primeiras ingressões marinhas (Pereira, 2016) resultante da fragmentação do supercontinente Gondwana.

A formação Romualdo possui uma vasta distribuição pelos estados de Ceará, Pernambuco e Piauí (Assine, 2007). As recorrentes descobertas de novos sítios da referida unidade, incluindo municípios sem registro prévio de ocorrências, fornecem constantemente novos materiais para serem estudados. A presença de mais de 40 mineradoras de extração de gipsita (Formação Ipubi) no estado de Pernambuco expõe a Formação Romualdo localizada logo acima. Isso facilita a coleta controlada dos invertebrados. Todo o material analisado no presente trabalho é proveniente de quatro mineradoras de gipsita do estado de Pernambuco, três delas inéditas.

### 3 OBJETIVO GERAL

Realizar estudo taxonômico, tafonômico e paleoecológico de invertebrados da Formação Romualdo, procedentes de quatro mineradoras de gipsita no estado de Pernambuco, para contribuir com melhor entendimento do paleoambiente e ingressão marinha durante o Aptiano-Albiano da Bacia sedimentar do Araripe, NE do Brasil.

#### 3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Realizar trabalhos de campo e selecionar para estudo de invertebrados quatro seções estratigráficas da Formação Romualdo, na Bacia do Araripe;
- b) Identificar taxonomicamente a fauna de invertebrados presentes (Moluscos e artrópodes).
- c) Descrever aspectos tafonômicos, paleoecológicos e paleogeográficos das concentrações fossilíferas;
- d) Integrar os dados e contribuir para o entendimento do paleoambiente da Formação Romualdo.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 O CRETÁCEO

O Período Cretáceo, Era Mesozoica, compreende um intervalo entre 145 e 66 Ma. Este se subdivide em duas épocas: Cretáceo Inferior e Superior. No topo do Cretáceo Inferior destacam-se o Aptiano e Albiano, idade da Formação Romualdo aqui estudada, correspondente localmente ao Andar Alagoas (Fig. 1).

Figura 1: Carta de correlação das unidades litoestratigráficas das principais bacias mesozoicas interiores e principais adjacentes. A Formação Romualdo se encontra dentro do Grupo Araripe.

BASINS			NORTH OF PATOS LINEAMENT				SOUTH OF PERNAMBUCO LINEAMENT									
			POTIGUAR (ONSHORE)	IGUATU	RIO DO PEIXE	LAVRAS DA MANGABEIRA	BARRO	ARARIPE	CEDRO	MIRANDIBA	JATOBÁ	RECÔNCAVO/TUCANO	SERGIPE (DIVINA PASTORA LOW)			
CHRONOSTRATIGRAPHY		LOCAL														
STANDARD																
LOWER CRETACEOUS	ALBIAN		AÇU					ARP	ARP						RIA	
	APTIAN	ALAGOAS	ALA							MAZ	MAZ	MAZ			MUR	
	BARREMIAN	JUIQUIÁ										MAS	MAS			
		BURACICA														
	HAUTERIVIAN	ARATU		?		?										
	VALANGINIAN											IS	IS			
BERRIASIAN	RIO DA SERRA		PEN	IGU	RDP	LDM		ABA						BIT		
JURASSIC		DOM JOÃO				?	MVL	MVL				SRG	SRG	SER		
PALEOZOIC?		PRE-DJOÃO					BST	BST			ALI	ALI	ALI	BAN		
PERMO-CARBONIFEROUS							MAU	MAU	MAU					CUSB	AFL	IGN
SILURO-DEVONIAN													TAC	TAC		

ABA = Abaiara Fm.; AÇU = Açú Fm.; AFL = Afligidos Fm.; ALA = Alagamar Fm.; ALI = Aliança Fm.; ARP = Araripe Gr. (Rio da Batateira, Santana, Arajara and Exu formations); BAN = Bananeiras Fm.; BIT = Barra de Itiúba Fm.; BST = Brejo Santo Fm.; CUSB = Curitiba and Santa Brígida formations; IGN = Igreja Nova Gr.; IGU = Iguatu Gr.; IS = Ilhas Gr.; LDM = Lavras da Mangabeira Gr.; MAS = Massacará Gr.; MAU = Mauriti Fm.; MAZ = Marizal Fm.; MVL = Missão Velha Fm.; PEN = Pendência Fm.; RDP = Rio do Peixe Gr. (Antenor Navarro, Sousa and Rio Piranhas formations); RIA = Riachuelo Fm.; MUR = Muribeca Fm.; SAM = Santo Amaro Gr.; SER = Serraria Fm.; SRG = Sergi Fm.; TAC = Tacaratu Fm. The columns are roughly arranged from north (left) to south (right).

Fonte: Arai, 2014.

Durante este intervalo houve a segunda fase da separação do supercontinente Pangea. Por volta de 140 milhões de anos atrás, iniciou-se a fragmentação do *Gondwana* culminando na separação da América do Sul do continente africano (Scotese, 2001).

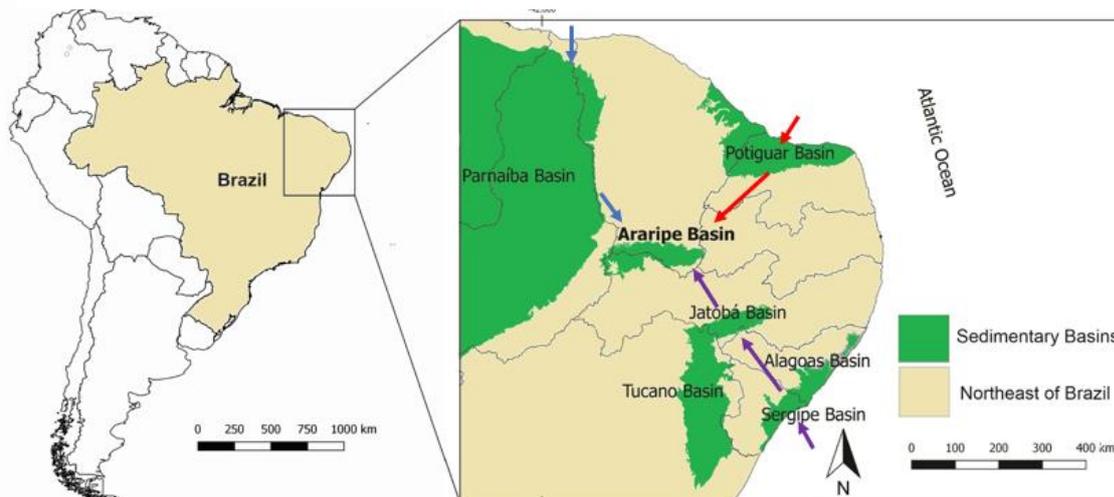
Dentre as principais características do período, destaca-se a prosperidade das gimnospermas e propagação angiospermas pelo planeta, às quais foram fundamentais para a radiação evolutiva de insetos himenópteros (Coiro, Doyle & Hilton, 2019). Houve também a diversificação dos grandes répteis, principalmente os dinossauros, que ocuparam os mais diversos nichos. Quanto aos invertebrados, devido ao aumento no nível do mar, houve o desenvolvimento

dos recifes de corais nos mares rasos, compostos principalmente por bivalves rudistas. Como consequência, a fauna associada também prosperou, incluindo o surgimento dos grupos de caranguejos verdadeiros (*Eubrachyura*) e de gastrópodes da ordem Neogastropoda. Destaca-se que os bivalvídeos rudistas foram importantes para a delimitação do Domínio Tetiano no período, uma das três regiões paleobiogeográficas marinhas, caracterizado por mares rasos e quentes. As demais regiões paleobiogeográficas foram denominadas Domínio Boreal e Domínio Austral, regiões mais frias localizadas ao norte e ao sul do Domínio Tetiano, respectivamente (Hall & Huber, 2019).

Foi então que entre o Aptiano e o Albiano (125 - 100,5 MA) ocorreu uma invasão marinha no Nordeste brasileiro, alcançando diversas bacias sedimentares, dentre elas as bacias do Parnaíba, Tucano, Sergipe e Araripe (Assine, 2007). Este evento alterou o paleoambiente e a biota local, atribuindo aos ambientes continentais caráter marinho ou transicional (Beurlen, 1963). Um exemplo é a Formação Romualdo da Bacia do Araripe que apresenta alto endemismo de fósseis marinhos decorrentes da invasão. Isto faz com que o estudo dos seus fósseis seja fundamental para o melhor entendimento do paleoambiente marinho do Aptiano/Albiano na região.

A respeito da rota de invasão marinha na Bacia do Araripe, são levantadas três hipóteses: conexão através da Bacia Potiguar (Lima, 1978), Bacia do Parnaíba (Arai, 2014) e Bacia Tucano (Assine, 2014). As duas primeiras hipóteses citadas apontam para uma invasão com caráter tetiano, visto que adentrariam a região do Nordeste brasileiro através do norte e nordeste, respectivamente. Lima (1978) baseou-se nas falhas de direção sudoeste na Bacia Potiguar, que poderia conectá-la à Bacia do Araripe. Arai (2014), por sua vez, baseou-se na distribuição paleogeográfica da Ecozona *Subtilisphaera*, gênero tetiano restrito ao Aptiano brasileiro, que embora presente nas bacias Sergipe e Araripe seria mais proeminente na Bacia São Luís, sugerindo conexão entre estas últimas. Por fim, de acordo com as paleocorrentes das Formações Barbalha (Bacia do Araripe) e Marizal (Bacia do Tucano) que indicam paleofluxo no sentido sul-sudeste, a invasão teria caráter austral conectando as bacias do Araripe e Tucano, uma vez que invasões marinhas apresentam sentido oposto ao da paleodrenagem continental (Assine, 2014). Tais hipóteses estão representadas na Figura 2.

Figura 2: Mapa de localização das bacias mesozoicas do Nordeste, destacando as rotas da Ingressão Marinha levantadas: Arai (2014), em azul; Lima (1978), em vermelho; Assine (1994), em roxo.



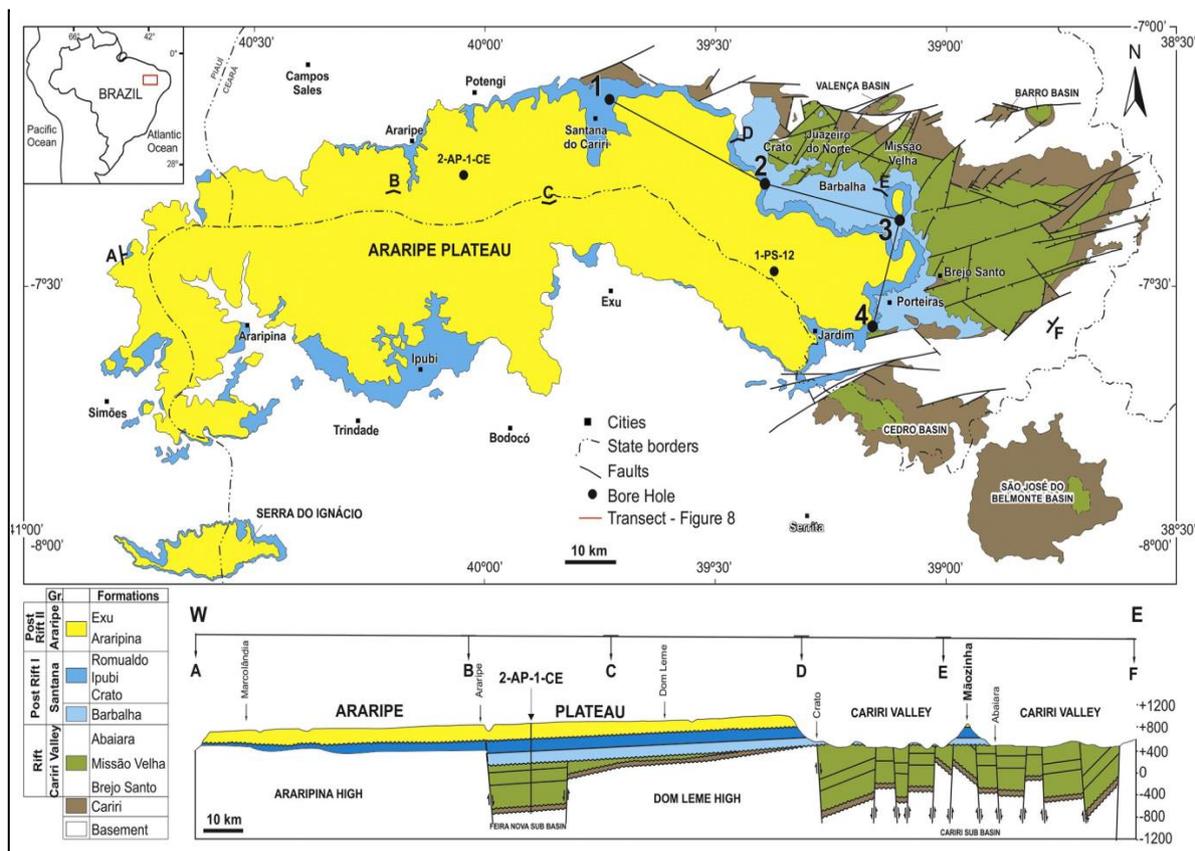
Fonte: Modificado de Ponte & Ponte Filho (1996).

#### 4.2 BACIA DO ARARIPE

A Bacia do Araripe localiza-se na região Nordeste do Brasil e é considerada, dentre todas as bacias interiores, a mais extensa, tendo uma área de aproximadamente 9.000 km<sup>2</sup>. Sua área de ocorrência ocupa os limites da Chapada do Araripe e também pelo Vale do Cariri (Assine, 1992), ilustrado na Figura 3. Situando-se nos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, a bacia apresenta um rico registro fóssilífero, principalmente nas unidades estratigráficas do Grupo Santana.

A Bacia do Araripe teve sua origem a partir dos eventos tectônicos e estruturais gerados pela subsidência mecânica resultante do estiramento litosférico viscoelástico que compôs a Depressão Afro-Brasileira. Com o rifteamento do Supercontinente *Gondwana* houve uma reativação das zonas de cisalhamento no Nordeste brasileiro, sendo referentes à Bacia do Araripe as Zonas de Pernambuco e de Patos. Esses eventos acarretaram a formação de depressões nos domínios continentais, originando, dentre as demais bacias interiores do Mesozoico, a Bacia do Araripe (Fambrini *et al.*, 2020; Assine, 2007; Polck *et al.*, 2015; Ponte e Ponte Filho, 1996).

Figura 3: Mapa geológico da Bacia do Araripe.



Fonte: Assine, 1990

#### 4.2.1 Estratigrafia da Bacia do Araripe

A estratigrafia da Bacia do Araripe vem sendo estudada desde o Século XIX com os trabalhos de Spix & Martius (1828-1831). Porém, sua primeira proposta estratigráfica só veio a ser formulada no século seguinte, por Small (1913). Com o avanço dos estudos e da tecnologia disponível, estas propostas foram diversas vezes reformuladas (Small, 1913; Beurlen, 1962b, 1963, 1971; Barros, 1963; Gaspary & Anjos, 1964; Braun, 1966; Silva-Santos & Valença, 1968; Mabesoone & Tinoco, 1973; Moraes *et al.*, 1976; Lima, 1978, 1979; Silva, 1983, 1986; Assine, 1990, 1992, 2007; Ponte & Appi, 1990; Neumann & Cabrera, 1999; Fambrini *et al.*, 2017, 2020), como pode ser observado na Figura 4. De acordo com Fambrini (2020), cinco sequências compõem a Bacia do Araripe, a Paleozóica, Pré-Rifte, Rifte, Pós-Rifte I e II.

Figura 4: Principais propostas estratigráficas para a Bacia do Araripe.

	Small, 1913	Beurlen, 1962	Barros, 1963	Beurlen, 1963	Gasparly e Anjos, 1964	Braun, 1966	Silva-Santos e Valença, 1968	Beurlen, 1971	Mabesoone e Tinoco, 1973	Moraes et al., 1976	Lima 1978a, 1979	Silva, 1983, 1986a, 1986b	Assine, 1990, 1992	Ponte e Appl, 1990	Neumann e Cabrera, 1999	Assine, 2007	Fambrini et al., 2017; 2020	
Fm. Barreiras																		
Arenito Superior	Fm. Exu	Fm. Arajara	Fm. Exu	Fm. Feira Nova	Fm. Exu	Fm. Feira Nova	Fm. Exu	Fm. Exu	Mb. Superior	Fm. Exu	Fm. Exu	Fm. Exu	Fm. Exu	Mb. Superior	Fm. Exu	Fm. Exu	Fm. Exu	Fm. Exu
									Mb. Inferior					Mb. Inferior	Fm. Arajara	Fm. Arajara	Fm. Araripina	Fm. Chapada
Calcáreos Santana	Fm. Santana	Fm. Santana	Fm. Santana	Fm. Santana	Fm. Santana	Fm. Santana	Mb. Superior	Mb. Romualdo	Mb. Romualdo	Fácies argilo-siltosa evaporítica	Fm. Santana	Fm. Santana	Fm. Santana	Mb. Romualdo	Fm. Santana	Fm. Santana	Fm. Romualdo	Fm. Romualdo
			Fm. Crato				Mb. Inferior	Mb. Ipubi	Mb. Ipubi	Fácies carbonática	Mb. Crato	Fm. Araripina	Mb. Crato	Mb. Ipubi	Mb. Crato	Mb. Crato	Mb. Crato	Fm. Ipubi
Arenito Inferior	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Fm. Sergi	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Fm. Sergi	Fm. Missão Velha	Superior	Fm. Sergi	Fm. Sergi	Fm. Barbalha	Fm. Abaiara	Fm. Abaiara	Fm. Rio da Batateira	Fm. Barbalha	Fm. Barbalha
				Fm. Brejo Santo	Fm. Aliança			Fm. Aliança	Inferior	Fm. Aliança	Fm. Aliança	Fm. Brejo Santo	Fm. Brejo Santo	Fm. Missão Velha	Fm. Missão Velha	Fm. Abaiara	Fm. Abaiara	Fm. Abaiara
Conglomerado Basal	Fm. Cariri	Fm. Cariri	Fm. Cariri	Fm. Mauriti	Fm. Tacaratu	Fm. Cariri	Fm. Cariri	Fm. Tacaratu	Fm. Cariri	Fm. Tacaratu	Paleozóico	Fm. Cariri	Fm. Mauriti	Fm. Mauriti	Fm. Mauriti	Fm. Cariri	Fm. Cariri	Fm. Cariri
Discordância																		

. Fonte: Modificado de Lima (1979); Assine (1992) e Fambrini (2009, 2011, 2020).

#### 4.2.1.1 Sequência Paleozoica

A Supersequência Paleozoica, composta por apenas uma unidade litoestratigráfica, a Formação Cariri/Mauriti, data do Neordoviciano - Eossiluriano. Está assentada ao embasamento e limita-se acima à Formação Brejo Santo. Apresenta entre 20 m e 60 m de espessura e é composta, em sua maioria, por arenitos brancos, amarelados e acinzentados, sendo interpretada como fácies de sistemas fluviais entrelaçados. Seu registro fóssil resume-se a icnofósseis pontuais (Albuquerque *et al.*, 1999; Assine, 2007; Fambrini *et al.*, 2020; Fernandes *et al.*, 1998).

#### 4.2.1.2 Supersequência Pré-Rifte

A Supersequência Pré-Rifte tem sua origem relacionada ao processo de subsidência mecânica responsável pela gênese da Depressão Afro-Brasileira, que originou posteriormente as Bacias Interiores do Mesozóico. Duas unidades litoestratigráficas compõem essa Supersequência, as formações Brejo Santo e Missão Velha, ambas de idade neojurássica. A primeira, com espessura de aproximadamente 450 m, apresenta predominantemente argilitos e folhelhos avermelhados e siltitos acinzentados a esverdeados. O registro fóssil é composto predominantemente por ostracodes, mas também com ocorrências de peixes, crocodilos, dinossauros, Spinicaudata, gastrópodes e bivalves. A presença de espécies de ostracodes exclusivamente não-marinhos atribuiu caráter de sedimentação lacustre à formação (Assine, 2007; Carvalho *et al.*, 2018; Fambrini *et al.*, 2020).

Logo acima, encontra-se a Formação Missão Velha. Esta apresenta cerca de 200 m de espessura e litologia arenito-quartzosa, sendo interpretada como planícies fluviais de sistemas entrelaçados. Os troncos fósseis são bem característicos desta formação, representando indícios de uma vasta floresta de coníferas (Assine, 2007; Fambrini *et al.*, 2020, Freitas *et al.*, 2009).

#### 4.2.1.3 Supersequência Rifte

Limitando-se à Formação Missão Velha, tem início a Supersequência Rifte, durante o Neocomiano. É representada por uma única unidade litoestratigráfica, a Formação Abaiara. Esta apresenta alternância entre arenitos médios a finos e siltitos argilosos e folhelhos avermelhados a esverdeados. Apesar de sua sessão-tipo apresentar 115 m de espessura, já foram realizados trabalhos que encontraram espessuras de aproximadamente 400 m. A sedimentação é típica de ambientes lacustres rasos, passando por sistema fluvial entrelaçado e por fim, ambiente continental. Os fósseis encontrados com mais frequência são de ostracodes, mesmo que com baixa diversidade, e de troncos (Assine, 1992, 2007; Fambrini *et al.*, 2020).

#### 4.2.1.4 Supersequência Pós-Rifte I

Sobreposta à Supersequência Rifte encontra-se a Supersequência Pós-Rifte I, diferindo-se das demais por uma descontinuidade regional presente em todas as bacias da margem leste brasileira, denominada Discordância Pré-Alagoas. Está inserida no Andar Alagoas e tem idade neoaptiana-eoalbiana, compreendendo as formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo. Na primeira, preteritamente conhecida como Formação Rio da Batateira (Ponte & Appi, 1990), predominam arenitos finos a médios intercalados a folhelhos avermelhados representando dois ciclos fluviais com granodescendência ascendente, com a ocorrência de três breves incursões marinhas (Fauth *et al.*, 2022). Seu registro fóssil é composto de fragmentos de peixes, Spinicaudata, ostracodes, fragmentos de vegetais e pólenes. A formação encerra-se com a primeira descontinuidade do Andar Alagoas (Assine, 2007; Fambrini *et al.*, 2020; Fambrini *et al.*, 2015).

Na Formação Crato são encontrados calcários laminados ricos em fósseis dos mais variados grupos, dentre eles insetos, peixes, ostracodes, aracnídeos, crustáceos, répteis e plantas (Belfort & Araújo-Júnior, 2019; Da Silva *et al.*, 2020; De Lima *et al.*, 2012; Hessel *et al.*, 2006; Queiroz, 2022; Santana *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2020). Esta foi caracterizada como um ambiente de sedimentação lacustre, devido à ausência de espécies marinhas.

Logo acima, encontra-se uma camada de gipsita em associação a folhelhos verdes e pretos, marcando o início da Formação Ipubi. A esta camada foi atribuído paleoambiente costeiro. Seu registro fóssil é escasso, porém diverso, havendo registros de peixes, tartarugas, camarões, ostracodes e vegetais. Seu limite é marcado pela segunda descontinuidade do Andar Alagoas (Assine, 2007; Barros *et al.*, 2020; Domingos *et al.*, 2017; Fambrini *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2011; Souza, Piovesan & Neumann, 2017; Lima, 2017).

Encerrando a Supersequência Pós-Rifte I está a Formação Romualdo, um dos jazigos paleontológicos mais conhecidos da Bacia do Araripe (*Konservat-Lagerstätte*). Sua parte inferior é composta por camadas de arenitos interestratificados com folhelhos, sobrepostas por folhelhos verdes, que se escurecem progressivamente ao longo da unidade. Neste nível, é comum a ocorrência de concreções fossilíferas. Para o topo da formação, há um nível coquinoide reconhecível por toda a área da bacia. Acima, ainda ocorrem sedimentos siltosos e arenosos, com fósseis de hábitos lacustres (conchostráceos), marcando o final da transgressão marinha. O registro fóssil da Formação inclui moluscos, crustáceos, equinóides, peixes, pterossauros, microfósseis e vegetais (Araripe, 2021; Barbosa, Hessel & Neumann, 2004; Beurlen, 1966; Carvalho, 1993, 2014; Duque & Barreto, 2018; Hessel & Filizola, 1991; Lima, 2013; Maisey & Carvalho, 1995; Manso & Hessel, 2012; Martins-Neto & Mezzalira, 1991; Pereira *et al.* 2016; Prado *et al.*, 2018; Prado, Fambrini & Barreto, 2018; Sales, Simões & Ghilardi, 2001), organismos típicos de ambiente transicional a marinho raso (Assine, 2007; Beurlen, 1963, 1971; Fambrini *et al.*, 2020).

A Formação Romualdo é composta por cinco associações de fácies: fácies de planície costeira, fácies costeira dominada por maré, fácies marinha de plataforma interna, fácies de plataforma interna para externa e fácies marinha dominada por tempestade (Custódio *et al.* 2017).

#### 4.2.1.5 Supersequência Pós-Rifte II

A última Supersequência da Bacia do Araripe é a Pós-Rifte II, composta por duas unidades litoestratigráficas separadas por discordância erosiva, as formações Araripina e Exu. A primeira, outrora chamada de membro inferior da

Formação Exu ou de Formação Arajara (Beurlen, 1963; Barros, 1963), é composta por ritmitos areníticos e argilitos amarelos a roxos. O paleoambiente foi interpretado como planícies de leques aluviais medianos a distais depositados em laguna e planície de inundação em condições oxidantes. Os fósseis encontrados nesta formação resumem-se a palinóforos (Lima, 1978), os quais permitiram a determinação da idade mesoalbiã para a unidade litoestratigráfica (Assine, 2007; Fambrini *et al.*, 2020).

Por fim, a última unidade da Bacia do Araripe, a Formação Exu, constituída de arenitos conglomeráticos na base, seguidos por arenitos grossos e fácies pelíticas ao topo, recobre toda a extensão da Chapada do Araripe. Estas litofácies conferem à formação um caráter de sistema fluvial entrelaçado de origem torrencial (Assine, 2007; Fambrini *et al.*, 2020; Valença, 1987).

#### 4.3 INVERTEBRADOS DA FORMAÇÃO ROMUALDO

Diversos grupos de invertebrados são abundantes na Formação Romualdo, sendo possível encontrar representantes das classes Malacostraca, Bivalvia, Gastropoda e Echinodea. Com exceção de Spinicaudata, de água doce, todos os demais são típicos de ambiente marinho raso e/ou transicional (Pereira *et al.*, 2015; Pereira, Cassab & Barreto, 2016, 2017, 2018; Arai, 2014; Saraiva, Pralon & Gregati, 2009; Alencar *et al.*, 2018; Pinheiro, Saraiva & Santana, 2013; Santana *et al.*, 2013; Prado, 2019), listadas no Quadro 1.

Quadro 1: Diversidade de macroinvertebrados da Formação Romualdo.

Grupo	Família	Espécie
Malacostraca	Sergestidae	<i>Paleomattea deliciosa</i> Maisey & Carvalho, 1995
	Luciferidae	<i>Sume marcosi</i> Saraiva, Pinheiro & Santana, 2018
	<i>Incertae Sedis</i>	<i>Cretainermis pernambucensis</i> Prado et al., 2015
	Solenoceridae	<i>Priorhyncha feitosai</i> Alencar et al. 2018
	<i>Incertae Sedis</i>	<i>Araripenaeus timidus</i> Pinheiro, Saraiva & Santana, 2014
	<i>Incertae Sedis</i>	<i>Dubiostenopus parvus</i> Alencar et al., 2023
	Palaemonidae?	<i>Kellnerius jamacaruensis</i> Santana, Pinheiro, Silva, & Saraiva, 2013
	Orithopsidae	<i>Exucarcinus gonzagai</i> Prado & Luque, 2018
		<i>Chronocancer camilosantanae</i> Santana et al., 2022
	Necrocarcinidae?	<i>Araripecarcinus ferreirai</i> Martins-Neto, 1987
Eogeryonidae?	<i>Romualdocarcinus salesi</i> Prado & Luque, 2018	
Echinoidea	Toxosteridae	<i>Douvillaster benguellensis</i> Loriol, 1888
	Hemiasteridae	<i>Hemiaster proclivus</i> Cotteau, Peron & Gauthier, 1878
	Clypeidae	<i>Bothryopneustes araripensis</i> Manso & Hessel, 2007
<i>Pygurus (Echinopygus) tinocoi</i> Beurlen, 1966		
Gastropoda	Actenoidae	<i>Acteon</i> sp. Pereira et al., 2018
	Cassiopidae	<i>Paraglauconia (Diglauconia) araripensis</i> (Beurlen, 1964)
		<i>Paraglauconia (Diglauconia) lyrica</i> Maury 1936
		<i>Gymnentome (Gymnentome) romualdoi</i> (Beurlen, 1964)
		<i>Gymnentome (Gymnentome) carregozica</i> Maury, 1936
		<i>Gymnentome (Craginia) beurleni</i> Pereira et al., 2016
		<i>'Pseudomesalia' ('Pseudomesalia') mennessieri</i> Pereira et al., 2016
		<i>'Pseudomesalia' ('Pseudomesalia') santanensis</i> Pereira et al., 2016
	Cerithiidae	<i>Cerithium sergipensis</i> Maury, 1936
		<i>Cerithium</i> sp. Prado et al., 2015
	Naticidae	<i>Tylostoma ranchariensis</i> Pereira et al., 2015
		? <i>Natica</i> sp. Pereira et al., 2022
		? <i>Euspira</i> sp. Pereira et al., 2022

	Trochidae	<i>Calliostoma</i> sp. Pereira et al., 2018
	Akeridae	<i>Akera</i> sp. Pereira et al., 2018
Bivalvia	Bakevelliidae	<i>Aguileria dissita</i> White, 1887
		<i>Aguileria romualdoensis</i> Rodrigues et al., 2020
		<i>Araripevella musculosa</i> Rodrigues et al., 2020
	Mitylidae	<i>Brachidontes araripensis</i> Pereira et al., 2015
	Corbulidae	<i>Corbula</i> sp. Pereira et al., 2015
	Veneridae	<i>Eocallista</i> sp. Pereira et al., 2018
<i>Eocallista</i> sp.2 Pereira et al., 2018		
Spinicaudata	Cyzicidae	<i>Cyzicus brauni</i> (Cardoso, 1966)
		<i>Cyzicus pricei</i> (Cardoso, 1966)
	Antronestheriidae	<i>Martinesstheria codoensis</i> (Cardoso, 1962)
	?Loxomegaglyptidae	<i>Platyestheria abaetensis</i> (Cardoso, 1971)
	Limnadiidae	<i>Estheriina costai</i> (Cardoso, 1966)

#### 4.3.1 Decápodes

Malacostraca é a classe de crustáceos que, dentre suas diversas outras, engloba a Ordem dos Decapoda, que por sua vez, agrupa os animais como os siris, caranguejos, camarões e lagostas. Seu corpo possui entre 19-20 segmentos e o sexo é definido pela posição dos gonóforos (Brusca et al, 2018).

Segundo Saraiva, Pralon & Gregati (2009), apesar dos decápodes fósseis da Formação Romualdo já serem conhecidos desde a década de 1950, a literatura sobre este grupo brasileiros ainda é muito escassa. A primeira espécie da Formação Romualdo, *Araripercarcinus ferreirai* Martins-Neto, 1987, foi por muito tempo a única espécie de caranguejo identificada em toda a Bacia do Araripe (Prado, 2019). Na década seguinte foi descrito mais um crustáceo, desta vez um camarão, *Paleomattea deliciosa* Maisey & Carvalho, 1995.

Novos registros só ocorreram duas décadas depois, com a descrição de três novas espécies de caranguejo, *Exucarcinus gonzagai* Prado & Luque, 2018; *Romualdocarcinus salesi* Prado & Luque, 2018; e *Chronocancer camilosantanaei* Santana et al., 2022 e cinco espécies de camarões, *Kellnerius jamacaruensis* Santana, Pinheiro, Silva, & Saraiva, 2013; *Araripenaeus timidus* Pinheiro, Saraiva & Santana, 2014; *Cretainermis pernambucensis* Prado et al., 2015; *Sume marcosi* Saraiva, Pinheiro & Santana, 2018; *Priorhyncha feitosai* Alencar

et al., 2018; e *Dubiostenopus parvus* Alencar et al., 2023, totalizando onze espécies de decápodes na Formação Romualdo.

A subordem Dendrobranchiata, que faz parte de Decapoda, é composta por duas superfamílias, Penaeoidea e Sergestoidea (Brusca et al., 2018). A primeira, a qual está inserida *Priorhyncha feitosai* da família Solenoceridae, e os gêneros *Cretainermis*, *Araripenaeus* (famílias *incertae sedis*) (Chan, 1998). Já em Sergestoidea estão inclusos *Paleomattea deliciosa* (*Sergestidae*) e *Sume marcosi* (*Luciferidae*) inclusos (Pérez Farfante & Kensley, 1997).

Com relação à família Palaemonidae, a qual *Kellnerius jamacaruenis* foi inserido com dúvida, faz parte da infraordem Caridea, subordem Pleocyemata. *Dubiostenopus parvus*, por sua vez, faz parte da infraordem Stenopididea.

Já a infraordem Brachyura engloba as famílias Orithopsidae (*Exucarcinus gonzagai* e *Chronocancer camilosantanai*), Necrocarcinidae (*Araripecarcinus ferrera*) e Eogeryonidae (*Romualdocarcinus salesi*). As duas primeira fazem parte da superfamília Raninoidea (Luque, 2015).

#### 4.3.2 Mollusca

Bivalvia e Gastropoda são classes de moluscos de concha externa, quando presente. O primeiro é composto apenas por animais aquáticos, como os mexilhões e as ameijoas. Apresentam duas valvas articuladas dorsalmente por ligamentos elásticos e possuem cabeça rudimentar com olhos e rádula ausentes. Já os gastrópodes, agrupam animais como lesmas, caracóis e caramujos. Apresentam cabeça com olhos e rádula complexa e corpo retrátil. Quando apresentam concha, possui padrão helicoidal (Brusca et al, 2018).

Segundo Pereira et al (2015), os moluscos da Bacia do Araripe foram primeiro identificados a partir da década de 1960 com os trabalhos de Beurlen (1962a, 1962b, 1963, 1966), seguidos por Albuquerque (1963), Anjos (1963), Costa (1963) e Leite (1963). As primeiras espécies formalmente descritas de moluscos são referentes a gastrópodes, sendo estas, *Craginia araripensis* Beurlen, 1964 e *Gymnentome romualdoi* Beurlen, 1964, as quais foram reclassificadas por Pereira et al (2016) em *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis* (Beurlen, 1964) e *Gymnentome (Gymnentome) romualdoi* (Beurlen, 1964), respectivamente.

Na década de 2010 os moluscos da Formação Romualdo voltaram a ser descritos e ilustrados formalmente, nos trabalhos de Prado *et al.* (2015), Pereira *et al.* (2015, 2016, 2018) e Rodrigues *et al.* (2020), com registro de um total de cinco novas espécies de gastrópodes: *Gymnentome (Craginia) beurleni*; *Pseudomesalia* ('*Pseudomesalia*') *mennessieri*; *Pseudomesalia* ('*Pseudomesalia*') *santanensis* e *Tylostoma ranchariensis*; e três bivalves: *Brachidontes araripensis*, *Aguileria romualdoensis* e *Araripevella musculosa*. Além disso, foram identificados, nesses trabalhos, táxons previamente não descritos na Formação Romualdo, como os gêneros *Eocallista*, *Corbula* (bivalves), *Cerithium*, *Akera*, *Calliostoma* e *Acteon* (gastrópodes).

Atualmente, a diversidade de moluscos fósseis da Formação Romualdo é composta por quatro famílias e cinco espécies de bivalves e seis famílias e catorze espécies de gastrópodes (Tab. 1).

#### 4.3.3 Echinoidea

Echinoidea é a classe de Echinodermata que engloba os ouriços-do-mar e as bolachas-do-mar. Possuem corpos globosos ou em formato de disco, com casual presença de espinhos móveis, e esqueleto calcário (Brusca et al, 2018).

A primeira ocorrência de equinóides na Formação Romualdo foi em Beurlen (1963). Beulen (1966) identificou as espécies *Pygurus tinocoi* e *Faujasia araripensis*, esta última reclassificada para o gênero *Pygidiolampas*, por Brito (1981), e subsequentemente para o gênero *Bothryopneustes*, por Manso e Hessel (2007).

Outras espécies de equinóides vieram a ser identificadas por Manso e Hessel (2012), sendo estas *Douvillaster benguellensis* e *Hemiaster proclivus*, totalizando quatro espécies na diversidade de equinóides irregulares da Formação Romualdo.

#### 4.3.4 Spinicaudata

Dá-se o nome de Spinicaudata para todos os crustáceos inseridos na ordem Spinicaudata. São animais que apresentam duas valvas quitinosas, podendo ser impregnadas por cálcio e apresentam linhas de crescimento, que

se acrescentam na periferia das valvas ao longo do desenvolvimento do indivíduo. O corpo dos Spinicaudata se divide em cabeça e tronco, o primeiro apresentando dois pares de antenas e o último, entre 10 e 28 pares de apêndices. (Carvalho, 1993; Webb, 1979).

O primeiro registro dos Spinicaudata no Grupo Santana foi no trabalho de Beurlen (1963), remetendo-os à Formação Crato e às camadas de folhelhos e siltitos entre o Grupo Santana e a Formação Araripina, na época ainda conhecida como parte inferior da Formação Exu. Estes sedimentos podem se referir aos sedimentos superiores às coquinas da Formação Romualdo, após a fase de transgressão marinha. Mabesoone & Tinoco (1973) e Lima (1971) também identificaram Spinicaudata na porção superior da Formação Romualdo. Em Baudin *et al.* (1990), Berthou (1990) e Berthou, Viana & Campos (1990), notou-se uma grande concentração de Spinicaudata também na Formação Ipubi. Segundo os autores, estas ocorrências resultariam de uma mortandade em massa decorrente de uma grande quantidade de água marinha no ambiente (Carvalho, 1993).

Segundo Carvalho (2014), são atribuídas cinco espécies ao Aptiano-Albiano da Bacia do Araripe. A primeira a ser descrita no Grupo Santana foi *Lioestheria codoensis* (Cardoso, 1962). Cardoso também descreveu *Pseudestheria pricei*, *Pseudestheria brauni* e *Notogripta costai* em 1966 e *Pseudestheria abaetensis* em 1971. Porém, após a extensa revisão taxonômica dos Spinicaudata realizada por Tasch (1987), *L. codoensis*, *N. costai*, *P. pricei*, *P. brauni* e *P. abaetensis* foram todas realocadas em novos gêneros, tornando-se então *Estheriina* (*Nudusia*?) *codoensis*, *Estheriina costai*, *Cyzicus pricei*, *Cyzicus brauni* e *Cyzicus abaetensis*, respectivamente. Carvalho (1993), redescreveu *Estheriina* (*Nudusia*?) *codoensis* e a atribuiu o gênero *Cyzicus*, tornando-se *Cyzicus codoensis*.

Segundo Shen (1994), a maioria dos gêneros de Spinicaudata viventes foi descrita a partir de caracteres das partes moles desses crustáceos. Além disso, Zhang *et al.* (1990) compararam Spinicaudata fósseis com partes moles preservadas a exemplares atuais, e notou uma grande variação na morfologia de ambos. Devido a esses fatores, Gallego *et al.* (2013) sugerem que se deve evitar a atribuição de gêneros de Spinicaudata viventes à espécies extintas. Nos trabalhos de Gallego & Caldas (1995, 2001) debateu-se que *C. codoensis*

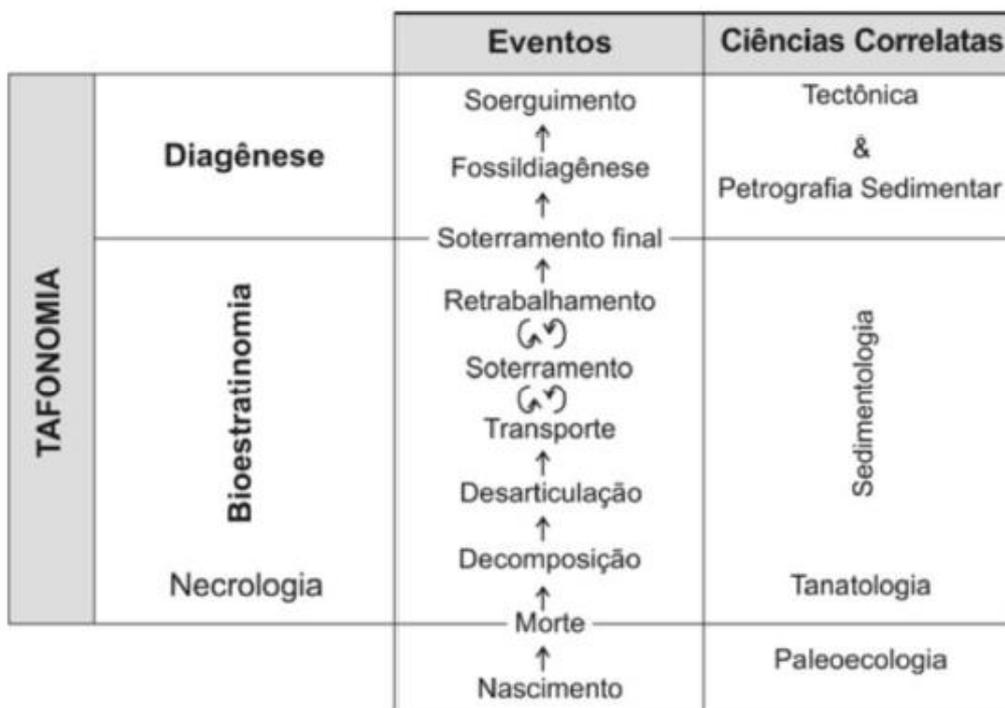
necessitaria de estudos mais detalhados para fornecer uma posição sistemática significativa. Em Gallego *et al.* (2013), foram realizados estudos morfológicos com o advento da microfotografia MEV, que novamente realocou a espécie, dessa vez no gênero *Martinesstheria*. No trabalho de Bittencourt (2018), devido a peculiaridades no formato, nas linhas de crescimento e na ornamentação, *Cyzicus abaetensis* foi realocada para o gênero *Platyestheria*. Além disso, o mesmo trabalho trata como duvidosa a ocorrência de *Pseudestheria/Cyzicus/Platyestheria* em Carvalho (1993), devido à baixa preservação, diferenças morfológicas entre os espécimes e falta de caracteres diagnósticos. Em Gallego (2010), com o estabelecimento do gênero *Congestheriella*, concluiu-se que *E. costai* pode ter relação com este novo gênero.

#### 4.4 Tafonomia

A tafonomia foi definida por Efremov (1940) como a ciência que rege as leis do soterramento ou como a ciência da transição do biológico para o geológico. Assim, procura entender e interpretar os processos que influenciaram os restos orgânicos, para que o registro fóssil possa ser aplicado para resolução de questões paleoecológicas ou paleobiológicas (Behrensmeyer *et al.*, 2000).

Esta área da paleontologia divide-se dois ramos complementares entre si: a bioestratinomia e diagênese (Fig. 5). A primeira engloba os acontecimentos desde a morte do indivíduo, as interações do ambiente e dos demais organismos para com os restos mortais, até o soterramento final. Já a última, aborda os eventos ocorridos após o soterramento final, ou seja, todos os processos físico-químicos que irão transformar os restos orgânicos em litoclastos e a própria descoberta do fóssil (Lyman, 2010).

Figura 5: Ramos da tafonomia e correlação com eventos responsáveis.



Fonte: Simões et al., 2010.

A metodologia utilizada para se estudar uma tafocenose, assembléia onde os fósseis foram encontrados, segue a identificação das feições tafonômicas a nível macroscópico: sedimentológicas, paleoecológicas, estratigráficas e bioestratinômicas dos bioclastos (Kidwell & Holland, 1991; Simões *et al.*, 2010), listadas na Figura 6.

Para obter-se uma boa representatividade amostral de tais feições é importante que o número de bioclastos analisados seja entre 120 e 150, onde há uma maior estabilidade nas curvas de confiabilidade (Simões, 2010). Além disso, os bioclastos a serem considerados neste número amostral devem limitar-se a tamanhos mínimos de 2 mm devido à dificuldade de se analisar fósseis de menores proporções (Kidwell & Holland, 1991).

Figura 6: Lista de feições tafonômicas divididas por categorias.

<b>1. Feições Sedimentológicas:</b>	<b>2. Feições Bioestratinômicas dos Bioclastos:</b>
Grau de empacotamento dos bioclastos;	Orientação dos bioclastos em planta e seção;
Volume de bioclastos (%) no depósito;	Grau de articulação das carapaças ou esqueletos;
Grau de seleção dos bioclastos;	Fragmentação;
Tamanho dos bioclastos;	Corrosão;
Relação (%) de bioclastos e matriz;	Incrustação;
Estruturas sedimentares inorgânicas e biogênicas associadas;	
<b>3. Feições Estratigráficas da Assembleia Fossilífera:</b>	<b>4. Feições Paleoecológicas da Assembleia Fossilífera:</b>
Espessura;	Número de espécies;
Extensão lateral;	Abundância relativa de espécies;
Geometria do depósito;	Composição taxonômica
Contatos estratigráficos;	Modo de vida;
Estrutura interna ou microestratigrafia;	Classes de tamanho (idade);
Posição na sequência deposicional.	Mineralogia e microarquitetura originais.
<b>5. Feições Diagenéticas dos Bioclastos:</b>	
Mineralogia e microarquitetura (preservados)	

Fonte: Prado, 2015. Adaptado de Simões, 2010.

#### 4.4.1 Feições sedimentológicas

O empacotamento dos bioclastos se dá com a proporção matriz/bioclastos encontradas no depósito. Quando os bioclastos se encontram sustentando o depósito em questão, com a matriz sedimentar preenchendo os interstícios, caracteriza-se como “Densamente empacotado”. Já depósitos “Fracamente empacotados” descrevem um depósito sustentado pela matriz, porém com bioclastos associados de forma muito próxima um dos outros. Por fim, o termo “Disperso” se refere a depósitos suportados pela matriz e com bioclastos esparsamente distribuídos (Kidwell & Holland, 1991).

O grau de seleção dos bioclastos indica se houve ou não algum padrão de seleção nos bioclastos do depósito, principalmente com relação aos seus tamanhos. Esse tipo de feição pode gerar informações sobre o transporte dos bioclastos, seja ele hidráulico ou por ação biótica, e sobre condições ecológicas que vieram a selecionar parte de uma população de um determinado estágio ontogenético (Holz & Simões, 2002). São classificados em “Bem selecionados”, quando existe um padrão significativo e com pouca variação no tamanho dos bioclastos, com 80% ocupando apenas uma classe de tamanho; “Bimodais”, quando existem duas classes de tamanho predominantes; e “Pouco selecionados”, quando 80% dos bioclastos estão divididos em três ou mais classes de tamanho (Kidwell & Holland, 1991).

#### 4.4.2 Feições bioestratinômicas

A orientação dos bioclastos em planta fornece dados sobre a dinâmica deposicional, indicando o sentido do fluxo das paleocorrentes (Holz & Simões, 2002). É classificada em “Unimodal”, quando os bioclastos apontam predominantemente para um único sentido; “Bimodal”, quando apontam para dois sentidos diferentes e “Polimodal”, quando não existe um sentido preferencial (Kidwell & Holland, 1991).

Já a orientação em sessão pode ser classificada em “Concordante”, “Oblíqua” e “Perpendicular”. A primeira ocorre quando o bioclasto apresenta seu eixo paralela ou subparalelamente ao plano de acamamento. Pode indicar a deposição ou redeposição dos bioclastos, geradas por processos tracionais de fundo. O termo “Perpendicular” é atribuído para bioclastos que apresentam ângulo reto em relação ao plano de acamamento. Geralmente sugerem presença de correntes, ondas oscilatórias ou preservação *in situ*. A “Oblíqua” caracteriza os bioclastos em ângulos próximos de 45°, geradas através de correntes unidirecionais ou de maré (Kidwell *et al.*, 1986; Kidwell & Bosence, 1991; Simões *et al.*, 2010).

A fragmentação geralmente ocorre por fatores hidráulicos, onde o desgaste mecânico dos bioclastos se dá em condições de alta energia (abrasão), ou biogênicos, onde a degradação do fóssil é causada por agentes biológicos (Holz & Simões, 2002; Kidwell *et al.*, 1986).

Outros processos que podem afetar a preservação dos bioclastos são a dissolução, corrosão e a incrustação. A primeira é decorrente do desgaste químico dos bioclastos. A corrosão é uma soma dos efeitos de abrasão, bioerosão e dissolução, estando diretamente associado ao tempo que os restos esqueléticos permanecem na interface água/sedimento. Já a incrustação indica ocorrência de colonização de conchas, o que viabiliza a identificação de sucessões ecológicas nas comunidades de organismos incrustantes (Rodland *et al.*, 2004, 2006).

#### **4.4.3 Feições estratigráficas**

A geometria de um depósito fossilífero vai depender de fatores deposicionais, atividade biótica, do modo de vida dos organismos produtores das partes duras e dos processos físicos atuantes. São classificados em “Bidimensionais” e “Tridimensionais”.

#### **4.4.4 Feições paleoecológicas**

Em relação às feições paleoecológicas, uma tafocenose pode ser classificada com relação à diversidade e tipos de esqueletos corporais. Quando uma assembleia fossilífera apresenta apenas um tipo de esqueleto, ela é caracterizada como “Monotípica”, e caso apresente mais de um tipo, “Politípica”. Na Figura 7 são listados os principais tipos de esqueleto em invertebrados. Uma tafocenose também pode ser definida como “Monoespecífica” quando apresenta apenas uma espécie de organismo. Já aquelas que apresentam mais de uma espécie, emprega-se o termo “Poliespecífico”. Normalmente, essas feições são indicativas do grau de seleção hidrodinâmica sofrida pelos bioclastos (Holz & Simões, 2002).

Quando se trata do transporte sofrido pelo bioclasto, utilizam-se os termos “Autoctone”, “Aloctone” e “Parautoctone”. “Autoctone” é empregado para organismos que morreram em seu habitat original e em posição de vida; “Parautoctone”, para os que foram transportados dentro de seu habitat; e “Aloctone”, para os que sofreram transporte para fora de seu habitat (Kidwell & Bosence, 1991).

O estudo das tafofácies é fundamental, pois geram informações sobre o ambiente deposicional e sua gênese. Desta forma, é possível classificar as concentrações fossilíferas a partir do conjunto de feições tafonômicas apresentadas. No Quadro 2 são apresentadas as diferentes classes genéticas de concentrações fossilíferas em sistemas marinhos.

Figura 7: Tipos de esqueletos de paleoinvertebrados.

TÁXON	TIPO DE ESQUELETO				
	Maciço	Arborescente	Univalve	Bivalve	Multicelamento
CORAIS					
Rugosa	∇	∇			
Tabulata	∇	∇			
BRIOZOÁRIOS					
Trepostomata	∇	∇			
Cryptostomata		∇			
BRAQUIÓPODES					
Inarticulados				∇	
Articulados				∇	
MOLUSCOS					
Pelecípodes				∇	
Gastrópodes			∇		
Cefalópodes			∇		
Eseafópodes			∇		
ARTRÓPODES					
Trilobitas					∇
Ostracodes				∇	
Conchostráceos				∇	
Insetos					∇
Filocarídeos					∇
EQUINODERMAS					
Crinoides					∇
Blastoides					∇
Equinoides					∇
Ofiuroides					∇
GRAPTOZOÁRIOS		∇			

Fonte: Speyers &amp; Brett, 1988.

Quadro 2: classes genéticas de concentrações fossilíferas em sistemas marinhos e suas feições características.

<b>Ambiente deposicional</b>	<b>Feições características</b>
Ondas de tempo bom	Empacotamento denso; baixo grau de seleção; altos graus de abrasão, desarticulação e fragmentação; bimodalidade em planta.
Ondas de tempestade	Boa preservação de bioclastos; base erosiva; variados graus de fragmentação; distribuição caótica em planta e seção; valvas articuladas, abrasão, bioerosão e incrustação podem ocorrer.
Tempestitos proximais	Bioclastos bem preservados; base erosiva; gerada por fluxo de tempestade; biofábrica típica de transporte.
Tempestitos distais	Bioclastos bem preservados; base erosiva; geradas por fluxo de tempestade; camada pouco espessa; baixo grau de seleção.
Concentração gerada por corrente	Suportadas por bioclastos; alto grau de desarticulação; orientação em planta caótica; bioclastos predominantemente fragmentados; abrasão e bioerosão são comuns; níveis de biodiversidade variados.
Primariamente biogênica	Ótima preservação dos bioclastos; baixos níveis de desarticulação; abrasão e bioerosão são raras.
Concentrações condensadas	Varição nos níveis de preservação; altos níveis de incrustação e bioerosão; atuação de transporte e retrabalhamento.
Resíduos ( <i>Legs</i> )	Varição nos níveis de preservação; altos níveis de desarticulação, bioerosão e incrustação; caoticamente distribuídos em planta e horizontalmente arranjados em seção.

Fonte: Adaptado de Simões *et al.*, 2010.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

O material de estudo corresponde aos invertebrados da Formação Romualdo coletados nas minas de gipsita no estado de Pernambuco, são elas: Vale do Silício (Araripina), Gregório (Ipubi, PE), VMB (Ipubi, PE) e Serrolândia (Trindade, PE).

Foram coletadas 26 amostras da mina VMB, 15 da Vale do Silício, 9 da Gregório e 19 da Serrolândia, totalizando 2156 fósseis de paleoinvertebrados analisados. Todos os exemplares estudados encontram-se tombados e depositados na coleção do Laboratório de Paleontologia, Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco (DGEO-CTG-UFPE).

As análises tafonômicas foram realizadas seguindo o método utilizado por Ghilardi (1999). As concentrações fossilíferas foram retiradas na forma de blocos de rocha a fim de obter um número considerável de fósseis, a depender do grau de empacotamento do sedimento, orientando o bloco ao azimute.

A etapa laboratorial consistiu em preparação mecânica das amostras para identificação taxonômica ao menor nível possível dos espécimes fósseis encontrados. A análise das feições macroscópicas seguiu Kidwell & Holland (1991), esquematizando-as em nas categorias: feições sedimentológicas, bioestratinômicas, estratigráficas e paleoecológicas.

Foi utilizado o estereomicroscópio Zeiss Discovery V.12 para a observação detalhada dos fósseis. Os fósseis foram fotografados com a câmera AxioCam MRC. As análises estatísticas foram feitas com o programa PAST v 4.04.

Para a revisão de literatura, foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica, utilizando publicações científicas a respeito das famílias de Spinicaudata, equinoides, gastrópodes, bivalves, camarões e caranguejos da Formação Romualdo incluindo e sua distribuição no Brasil e no mundo. Para isso, foram consultadas as bases de dados *Google Acadêmico*, portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (portal CAPES), *Web of Science* e *The Paleobiology Database*. Em seguida, foram selecionados os dados acerca da paleoecologia e paleobiogeografia dos animais e compilados por grupo. Além disso, foram apontadas as espécies das quais tais dados são escassos ou ausentes. Especificamente para a

identificação taxonômica dos fósseis, seguiu-se Carvalho, 1994, Gallego et al, 2013, Manso & Hessel, 2012, Pinheiro, Saraiva & Santana, 2014 e Pereira et al, 2015.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão são apresentados nos dois artigos científicos a seguir:

a) 6.1. ARTIGO 1 - New invertebrate sites and marine incursions in the Romualdo Formation, Aptian-Albian, Araripe sedimentary basin, NE Brazil.

b) 6.2. ARTIGO 2 - Invertebrados da Formação Romualdo, Bacia do Araripe: Análise de dados paleoecológicos e paleogeográficos.

# 6.1 ARTIGO 1 - NEW INVERTEBRATE SITES AND MARINE INGRESSIONS IN THE ROMUALDO FORMATION, APTIAN-ALBIAN, ARARIPE SEDIMENTARY BASIN, NE BRAZIL

Journal of South American Earth Sciences 123 (2023) 104249



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of South American Earth Sciences

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jsames](http://www.elsevier.com/locate/jsames)



## New invertebrate sites and marine ingressions in the Romualdo Formation, Aptian-Albian, Araripe sedimentary basin, NE Brazil

Bruno de Araújo Gomes<sup>a,\*</sup>, Ludmila Alves Cadeira do Prado<sup>b</sup>, Alcina Magnólia Franca Barreto<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Tecnologia e Geociências – CTG-UFPE, 1235, 50670-901, Cidade Universitária, Recife, PE, Brazil

<sup>b</sup> Museu de Paleontologia Plácido Cidade Nuvens, Universidade Regional do Cariri-URCA, 326, 63190-000, Santana do Cariri, CE, Brazil

<sup>c</sup> Laboratório de Paleontologia – PALEOLAB, Centro de Tecnologia e Geociências, CTG-UFPE, 1235, 50670-901, Cidade Universitária, Recife, PE, Brazil

### ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Paleontology  
Cretaceous  
Mollusca  
Crustacea

### ABSTRACT

Fossil invertebrates are relevant to the understanding of past environmental phenomena due to their sensitivity to abiotic conditions. This work identified fossiliferous associations in four localities of the Romualdo Formation, seeking to better characterize the depositional paleoenvironment of the unit during the Aptian-Albian, in the south-central portion of the Araripe Basin, NE Brazil. All the stratigraphic sections analyzed are located in mines in the Pernambuco state: Vale do Silício and Gregório (municipality of Araripina), VMB and Serrolândia (municipality of Ipubi). In total, 69 samples were collected, 2156 invertebrate specimens were analyzed, and 13 taxa were identified (Shrimp: *Paleomattea deliciosa*, *Kellnerius jamacaruensis*; Spinicaudata: *Cyzicus brauni*, *Cyzicus pricei*, *Martinstheria codoensis*, *Estheriina costai*; Gastropoda: *Tylostoma ranchariensis*, *Paraglaugonia* sp., *Pseudomesalia* ('*Pseudomesalia*') *santanensis*, indeterminate cassiopids, cerithids and naticids; and Bivalvia: *Brachidontes araripensis*). Using PAST v 4.04 software the specimens were clustered, based on taxa diversity and abundance, into three fossil associations (*Cyzicus* sp., *Paleomattea deliciosa* and *Cassiopidae*) whose paleoecological characteristics suggest a transitional paleoenvironment affected by transgressive events (marine incursion I and II). Spinicaudata characterize a transitional environment. The isolated presence of the decapods, in turn, reflects the first marine incursion. Finally, the *Cassiopidae* association, present in shell bed deposits, represents the second incursion. It can be noted that the invertebrate fauna presents variation in terms of temporal distribution along the analyzed sections, reflecting environmental instability in the paleoenvironment. The taphonomic characteristics are consistent with a shallow marine sedimentation environment, occasionally subject to storm action. The tethyan affinity of part of the fossils during the Aptian-Aptian, points to a marine incursion through the Parnaíba.

### 1. Introduction

The Araripe Basin stands out not only for its high concentration and high degree of fossil preservation, but also for presenting one of the best records of Cretaceous marine transgressions throughout the interior basins of Northeastern Brazil (Ponté, 1992). Consequently, organisms with a marine affinity are found in the Romualdo Formation, whose paleontological investigation provides a better understanding of the depositional environment. Such organisms include: molluscs (Hessel and Filizola, 1991; Sales et al., 2001; Barbosa et al., 2004; Pereira, 2016; Prado et al., 2018b), crustaceans (Carvalho, 1993, 2014; Maisey and Carvalho, 1995; Martins-Neto and Mezzalira, 1991; Prado et al., 2018a),

echinoids (Beurlen, 1966; Manso and Hessel, 2012), foraminifera (Arai and Coimbra, 1990; Araripe et al., 2019, 2021; Berthou et al., 1990; Lima, 1978) and nanofossils (Arai and Assine, 2020; Araripe et al., 2022; Martill et al., 2008). Macroinvertebrates are found both in shallow seas dominated by storms, in the form of shell beds, and in calm environments, under rapid burial action in shales and fine sandstones. (Fürsich et al., 2007; Pereira et al., 2018; Prado et al., 2019; Rodrigues et al., 2022; Sales, 2005).

This study aims to analyze the taxonomic, taphonomic and paleoecological aspects of macroinvertebrates of four sections observed in gypsum outcrops in Pernambuco, including the Vale do Silício (Araripina), Gregório (Araripina), VMB (Ipubi) and Serrolândia (Ipubi) mines.

\* Corresponding author.

E-mail addresses: [bruno.agomes@ufpe.br](mailto:bruno.agomes@ufpe.br) (B. de Araújo Gomes), [prado.lac@gmail.com](mailto:prado.lac@gmail.com) (L.A. Cadeira do Prado), [alcinabarreto@gmail.com](mailto:alcinabarreto@gmail.com) (A.M. Franca Barreto).

<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104249>

Received 29 November 2022; Received in revised form 4 February 2023; Accepted 4 February 2023

Available online 9 February 2023

0895-9811/© 2023 Elsevier Ltd. All rights reserved.

**Table 1**  
Macroinvertebrate diversity of the Romualdo Formation.

Group	Family	Species		
Malacostraca	Sergestidae	<i>Paleomattea deliciosa</i> Maisey and Carvalho (1995)		
	Luciferidae	<i>Sume marcosi</i> Santana et al., 2013		
		<i>Cretainermis pernambucensis</i> Prado et al. (2015)		
	Solenoceridae	<i>Priorhyncha feitosa</i> Alencar et al., 2018		
		<i>Araripenaeus timidus</i> Pinheiro et al., 2014		
	Palaemonidae?	<i>Kellnerius jamacaruensis</i> Santana et al. (2013)		
Orithopsidae	<i>Ecucarcinus gonzagai</i> Prado et al., 2018a			
	<i>Chronocancer canilosantanae</i> Santana et al. (2022)			
Necrocarcinidae?	<i>Araripercarcinus ferreirai</i> Martins-Neto and Mezzalana, 1991			
Echinoidea	Eogeryonidae?	<i>Romualdocarcinus salesi</i> Prado et al., 2018a		
	Toxosteridae	<i>Douvillaster benguelensis</i> Loriol, 1888		
	Hemiasteridae	<i>Hemiaster proclivus</i> Cotteau et al., 1878		
	Clypeidae	<i>Bothryopneustes araripensis</i> Manso and Hessel, 2012		
		<i>Pygurus (Echinopygus) tinocoi</i> Beurlen (1966)		
Gastropoda	Actenoidae	<i>Acteon</i> sp. Pereira et al. (2018)		
		<i>Paraglauconia (Diglauconia) araripensis</i> (Beurlen, 1964)		
	Cassiopidae	<i>Paraglauconia (Diglauconia) lyrice</i> Maury (1936)		
		<i>Gymnentome (Gymnentome) romualdoi</i> (Beurlen, 1964)		
		<i>Gymnentome (Gymnentome) carrezogica</i> Maury (1936)		
		<i>Gymnentome (Craginia) beurleni</i> Pereira, 2016		
		<i>Pseudomesalia ('Pseudomesalia') memessieri</i> Pereira, 2016		
		<i>Pseudomesalia ('Pseudomesalia') santanensis</i> Pereira, 2016		
		Cerithiidae	<i>Cerithium sergipensis</i> Maury (1936)	
			<i>Cerithium</i> sp. Prado et al. (2015)	
		Naticidae	<i>Tylostoma ranchariensis</i> Pereira et al. (2015)	
		Trochidae	<i>Calliostoma</i> sp. Pereira et al. (2018)	
		Akeridae	<i>Akera</i> sp. Pereira et al. (2018)	
		Bivalvia	Bakevelliidae	<i>Agulleria dissita</i> White, 1887
				<i>Agulleria romualdoensis</i> Rodrigues, 2020
<i>Araripevella muscosa</i> Rodrigues, 2020				
<i>Brachidontes araripensis</i> Pereira et al., 2015				
<i>Corbula</i> sp. Pereira et al. (2015)				
Mitylidae	<i>Eocallista</i> sp. Pereira et al. (2018)			
Corbulidae	<i>Eocallista</i> sp.2 Pereira et al. (2018)			
Spinicaudata	Cyzicidae	<i>Cyzicus brauni</i> (Cardoso, 1966)		
		<i>Cyzicus pricei</i> (Cardoso, 1966)		
	Antronestheriidae	<i>Martinstheria codoensis</i> (Cardoso, 1966)		
	?			
	Loxomegaglyptidae	<i>Platytheria abaetensis</i> (Cardoso, 1966)		
Linnadiidae	<i>Estherina costai</i> (Cardoso, 1966)			

Samples were collected with stratigraphic control at varying intervals from almost complete sections of the Romualdo Formation. Macroinvertebrate associations and their paleoenvironments were determined in order to contribute to the knowledge about the Aptian-Albian marine incursions in the Araripe sedimentary Basin, NE Brazil.

### 1.1. Macroinvertebrates of the Romualdo Formation

Macroinvertebrate fauna is composed of species of Decapoda, Bivalvia, Gastropoda, Echinoidea and Spinicaudata groups, listed in Table 1.

Studies on macroinvertebrates in the Romualdo Formation are still scarce, although they have increased significantly in the last decade. The first records of invertebrates were made by Beurlen (1962, 1963, 1966), however, for decades scientific production was limited to taxonomy and

there was no indication of the stratigraphic positioning of the fossils. Taphonomic studies were only carried out decades later, by Sales (2005). Since then, new species have been described and redescribed, and collections have considered the stratigraphic positioning, spatial distribution, taphonomic features and paleoecological characteristics of invertebrates (Araripe et al., 2022; Batista et al., 2015; Prado et al., 2014, 2015, 2016, 2019; Pereira et al., 2015, 2016, 2017; Rodrigues, 2020).

## 2. Geological setting

The Araripe Basin is located in the Northeastern region of Brazil (Fig. 1), and is considered the most extensive, among all the interior basins, with an area of approximately 9000 km<sup>2</sup>. Located in the states of Pernambuco, Ceará and Piauí, it presents rich fossiliferous records, mainly in the stratigraphic units of the Santana Group which includes the Barbalha, Crato, Ipubi and Romualdo formations (Post-Rift I Sequence).

The origin of the Araripe Basin is related to tectonic and structural events generated from mechanical subsidence caused by viscoelastic lithospheric stretching that composed the Afro-Brazilian Depression. With the rifting of the Gondwana Supercontinent, shear zones in the Brazilian Northeast were reactivated, giving rise to the Inner Basins of the Mesozoic, including the Araripe Basin, located between the Pernambuco and Patos Lineaments (Fambrini et al., 2020; Assine, 2007; Polck et al., 2015; Ponte and Ponte Filho, 1996).

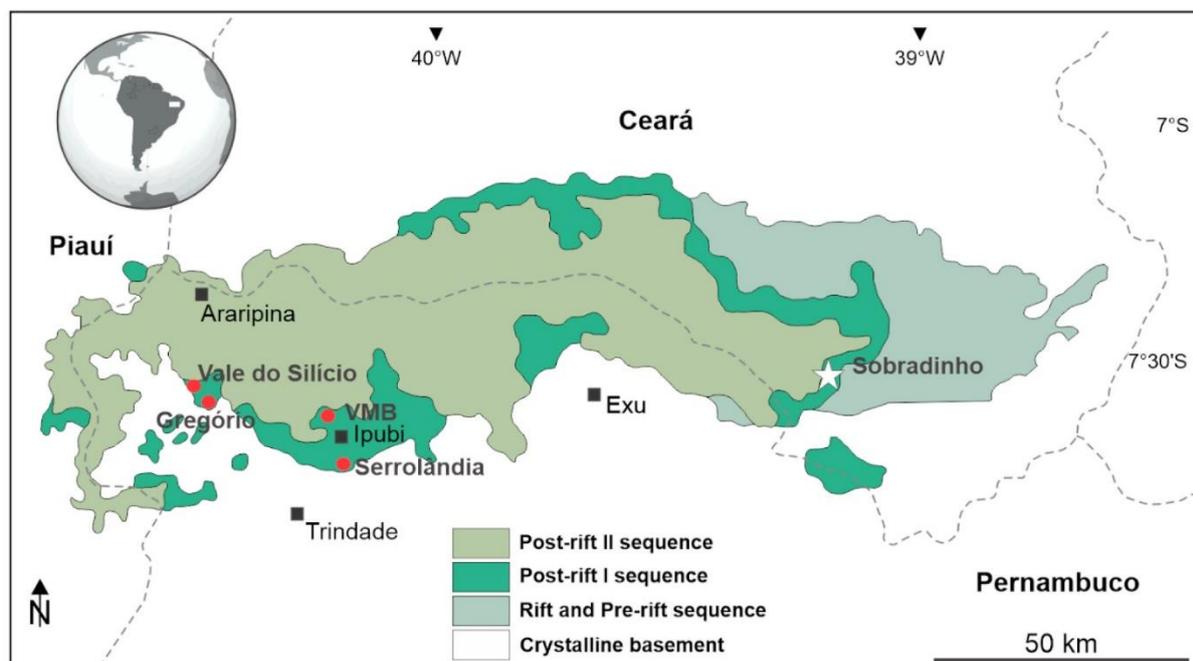
The sedimentary record of the Araripe Basin includes the Paleozoic, Pre-rift, Rift, and Post-rift I and II sequences, linked to the fragmentation process of the Gondwana Supercontinent (Assine, 2007; Ponte and Ponte Filho, 1996). The Santana Group lies in Post-rift Sequence I, where the Romualdo Formation is located. (Neumann, 1999). The base of the unit consists of layers of sandstones and dark shales with limestone nodules. Towards the top there are calcarenites with a concentration of invertebrates. Its type-section is the Sobradinho outcrop, located in the municipality of Jardim, Ceará (Fig. 1). The outcrop is approximately 100 m thick and has five facies associations, identified as: alluvial coastal plain, composed of conglomeratic sandstones with an erosive base, lithic fragments and heterolithic facies with siltstones and claystones (FA-1); coastal areas dominated by tides, presenting fine to medium sandstones with cross bedding and heterolithic facies of claystones and sandstones (FA-2); inner shelf marine facies, with dark gray shales rich in fossils (gastropods, bivalves and shrimp), siltstones and fine interspersed sandstones (FA-3); internal to external platform facies, evidenced by gray to black shales, with carbonate concretions (FA-4); and storm-dominated marine facies, containing mollusc- and echinoid-rich calcareous shell beds (FA-5) (Custódio et al., 2017).

## 3. Material and methods

Four mining companies were selected from the central portion of the Araripe Basin in the state of Pernambuco, that presented invertebrates for studying: Vale do Silício mine (VS), municipality of Araripina (7°40'3"S, 40°33'23" W); Gregório mine (MG), municipality of Araripina (7°43'39" S, 40°30'45" W); VMB mine (VMB), municipality of Ipubi (7°42'47" S, 40°12'39" W); Serrolândia mine (Serro), municipality of Ipubi (7°43'28" S, 40°11'36" W). The sections were between 2.4 km and 33.3 km apart from each other.

As the four outcrops were located in gypsum exploration areas (Ipubi Formation), the Romualdo Formation located just above was well exposed, which facilitated the controlled collection and faciological description. (Figs. 2–5).

The collection was carried out by removing blocks of rocks bearing fossil concentrations, in order to obtain a considerable number of fossils, depending on the degree of the sediment packing, following procedures, such as marking the top, base, thickness and orientation azimuth of samples (Ghilardi, 1999; Holz and Simões, 2002). The sedimentary



**Fig. 1.** Geological map of the Araripe Basin and study area location. The black squares represent municipalities and the red circles represent the collection points. The white star represents the type-section of the Romualdo Formation. Modified from Assine (2007); Araripe et al. (2022).

facies were described based on Custódio et al. (2017). Twenty-six samples were collected from the VMB mine, 15 from Vale do Silício, 9 from Gregório and 19 from Serrolândia, from which 2156 paleo-invertebrate fossils were analyzed. All are listed in the Paleontology Collection, Department of Geology, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco (DGEO-CTG-UFPE).

The washing and mechanical preparation of the fossils was performed in the laboratory, which improved specimen exposure and facilitated taxonomic identification. In addition, macroscopic taphonomic features (sedimentary, stratigraphic, biostratigraphic and paleoecological) were identified, as described by Kidwell and Holland (1991). In order to obtain a good sampling representation of such features, at least 150 bioclasts were analyzed per layer, excluding those with a lower number of bioclasts. (Simões et al., 2010). Only bioclasts with sizes greater than 2 mm were considered, due to the difficulty of analyzing smaller fossils (Kidwell and Holland, 1991), and individuals that were not fragmented or where it was possible to measure the actual size of specimens despite fragmentation.

Regarding the terms used, bioclasts were classified according to their levels of fragmentation as “Complete”, for fossils that presented between 90% and 100% integrity; “Partially complete” for those that presented between 89% and 51% integrity; and “Fragmented” for those with less than 50% integrity. For abundance, species with 1–4 specimens were considered “rare”, “common” with 5–10 specimens, “frequent” with 11–15 and “abundant” with more than 15 specimens. Regarding shrimp articulation, specimens that presented connected body segments were considered “Articulated”, “Partially articulated” when some of the body segments were disconnected, but close to each other, and “Disarticulated” when only the body segments were found (Souza et al. 2022a). For invertebrates with two valves (spinicaudata and bivalves), the terms “articulated (closed)” were used for individuals with closed valves, “articulated (open)” for those with articulated but open valves, and finally, “Disarticulated” for isolated valves.

The taxonomy of Spinicaudata fossils is still debated, mainly due to the difficulty of identifying diagnostic features in the shells, which present great morphological variation. (Fürsich et al., 2007).

Furthermore, Gallego et al. (2013) points out that assigning the genus *Cyzicus* to fossil species is inappropriate, since the genus was described based on characteristics of the soft parts of the crustacean. To date, the species *Cyzicus codoensis* and *Cyzicus abaetensis* have been relocated to the genera *Martinestheria* and *Platyestheria*, respectively. (Gallego et al., 2013; Bittencourt et al., 2018). This study uses the aforementioned nomenclature, together with that used by Carvalho (2014) for the other undescribed species.

The taxonomic identification and paleoecology of the invertebrates in each layer allowed us to run cluster analyses using the software PAST v. 4.04, in order to identify fossil associations and their respective paleoenvironments.

For the analysis of similarity between the layers, the Bray-Curtis index was used, as it is the most suitable for ecological interpretations based on abundance data. (Carlucci and Westrop, 2012; Fürsich et al., 2007; Hammer et al., 2006). For a better paleoenvironmental understanding, the “Ward’s method” was used, where different numbers are assigned to taxa with different habits. Thus, marine taxa were assigned the number 1; euryhaline, the number 2, and lacustrine, the number 3. Graphs were generated with the stratigraphic distribution of taxa using the “Stratigraphic Chart” option. This methodology is based on Araripe et al. (2022), which used microfossils and macroinvertebrates for the paleoenvironmental interpretation of the Romualdo Formation.

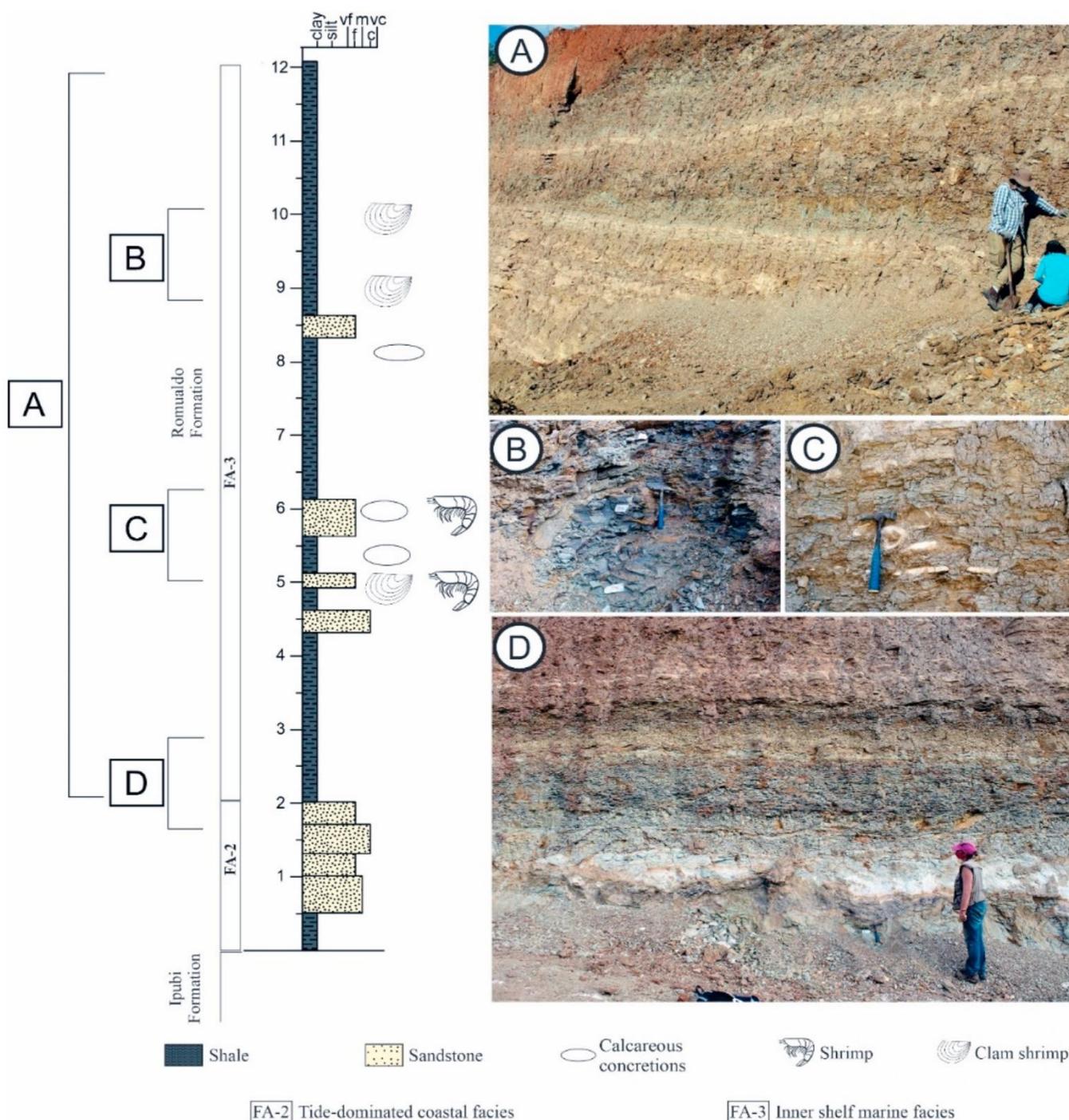
The sedimentary facies of the Romualdo Formation were identified through correspondence with the facies associations presented by Custódio et al. (2017) in the Sobradinho stratigraphic section (Jardim, CE).

## 4. Results and discussion

### 4.1. Sedimentary facies

#### 4.1.1. Vale do Silício mine, Araripina, PE

The Vale do Silício section presents a profile of 12.0 m (Fig. 2). From the base to the first 2 m of the outcrop there is claystone underlain by centrimetric and metric layers of fine to coarse sandstone, with low



**Fig. 2.** Vale do Silício mine section. A. Inner shelf marine facies (FA-3), B–C. detail of FA-3 with levels where shrimp and shellfish occur. D. Contact between FA-3 and tide-dominated coastal facies (FA-2).

angle cross bedding. Macroinvertebrates are absent. This association was related to tidal dominated coastal facies (FA-2).

Subsequently, there is a predominance of claystone intertwined with spaced and centimetric levels of fine to coarse sandstone. There are limestone concretions with no fossils between 5.0 m and 6.0 m and at 8.0 m. At 5.0 m, fossils are rare, but there are shrimps and a single Spinicaudata. Shrimp are still present up to 6.0 m. Invertebrates occur again between 9.0 m and 10.0 m, with concentrations of Spinicaudata. No fossils were observed above this level. This association was related to

inner shelf marine facies (FA-3).

#### 4.1.2. Gregório mine, Araripina, PE

The Gregório Mine section presents a profile of 12.0 m (Fig. 3). From the base up to 4.3 m, there are metric and centimetric layers of medium sandstones and calcarenites interspersed with reddish claystones, where fossils are absent. Between 4.3 m and 7.5 m there is predominantly claystone, sometimes alternating with layers of calcarenite, fine and very fine sandstones and siltstones. At this interval only

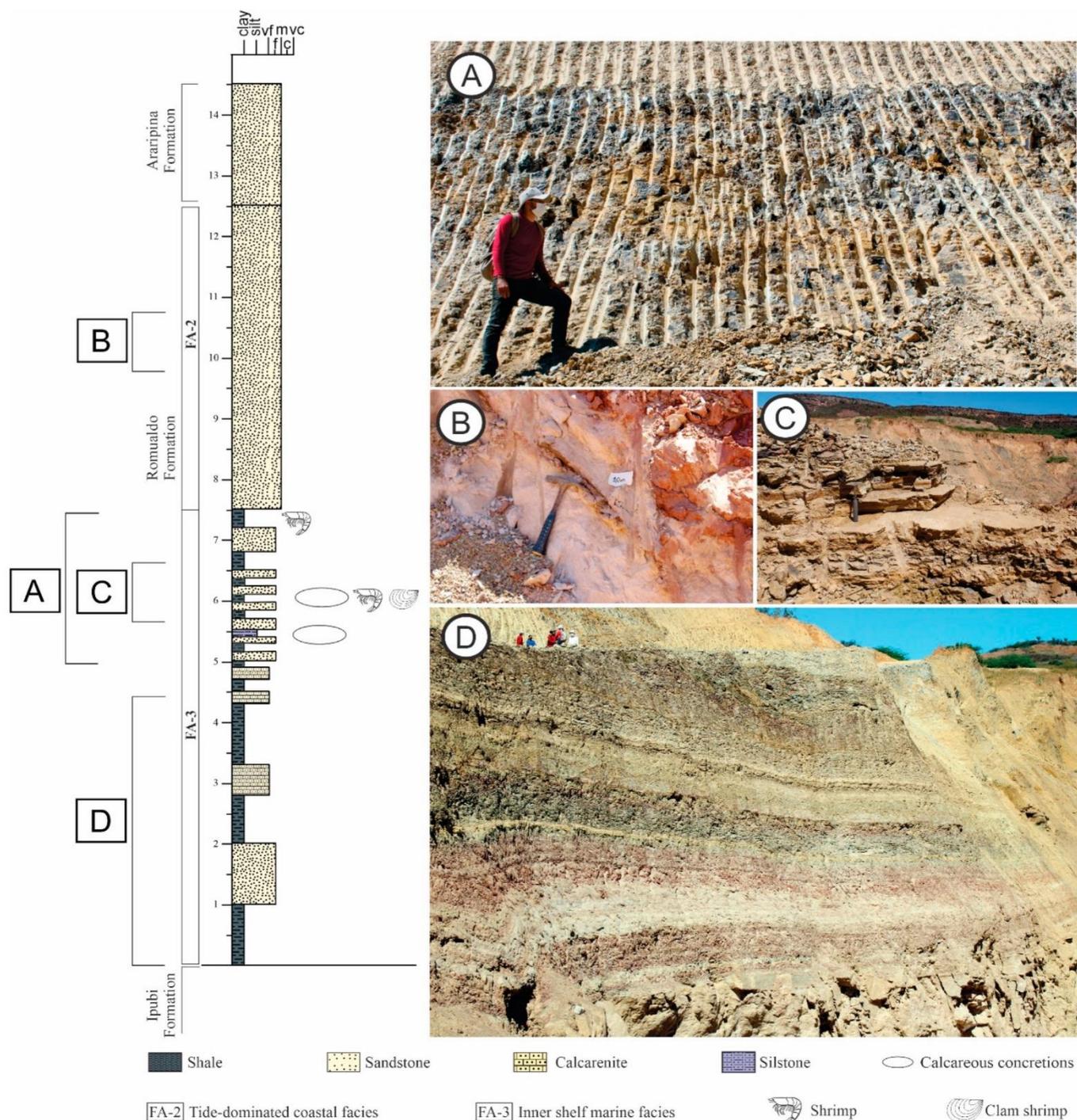


Fig. 3. Gregório mine section. A, C-D. Inner shelf marine facies (FA-3) where shrimp and Spinicaudata occur. B. Tide-dominated coastal facies. (FA-2).

macroinvertebrates of the outcrop are found. At 6.0 m there are shrimp associated with Spinicaudata, followed by a brief centimetric gap without fossils (6.8 m). Between 7.0 m and 7.5 m shrimp are found again. This facies is interpreted as inner shelf marine (FA-3.) The range from 7.5 m to 12.0 m is composed exclusively of medium sandstones, has no fossils, and is associated with tide-dominated coastal facies (FA-2).

#### 4.1.3. VMB mine, Ipubi, PE

The VMB section presents a profile of 23.3 m. From its base to 22.0 m, dark shales with sandstone lenses ranging from fine to very fine,

predominate (Fig. 4). There are intervals with limestone concretions containing fish fragments (8.0 m–10.0 m and 16.0 m–17.0 m). Spinicaudata and gastropods were found between the base of the outcrop to 0.5 m. Macroinvertebrates are only found again between 3.5 m and 18.0 m with the occurrence of shrimp. After this level, macroinvertebrates are absent in this facies, interpreted as inner shelf marine (FA-3).

Between 22.0 m and 23.3 m, calcarenitic shell beds with the erosive base are observed, rich in gastropod and bivalve fossils. The presence of shell beds is typical of storm-dominated marine facies (FA-5), to which this interval has been associated.

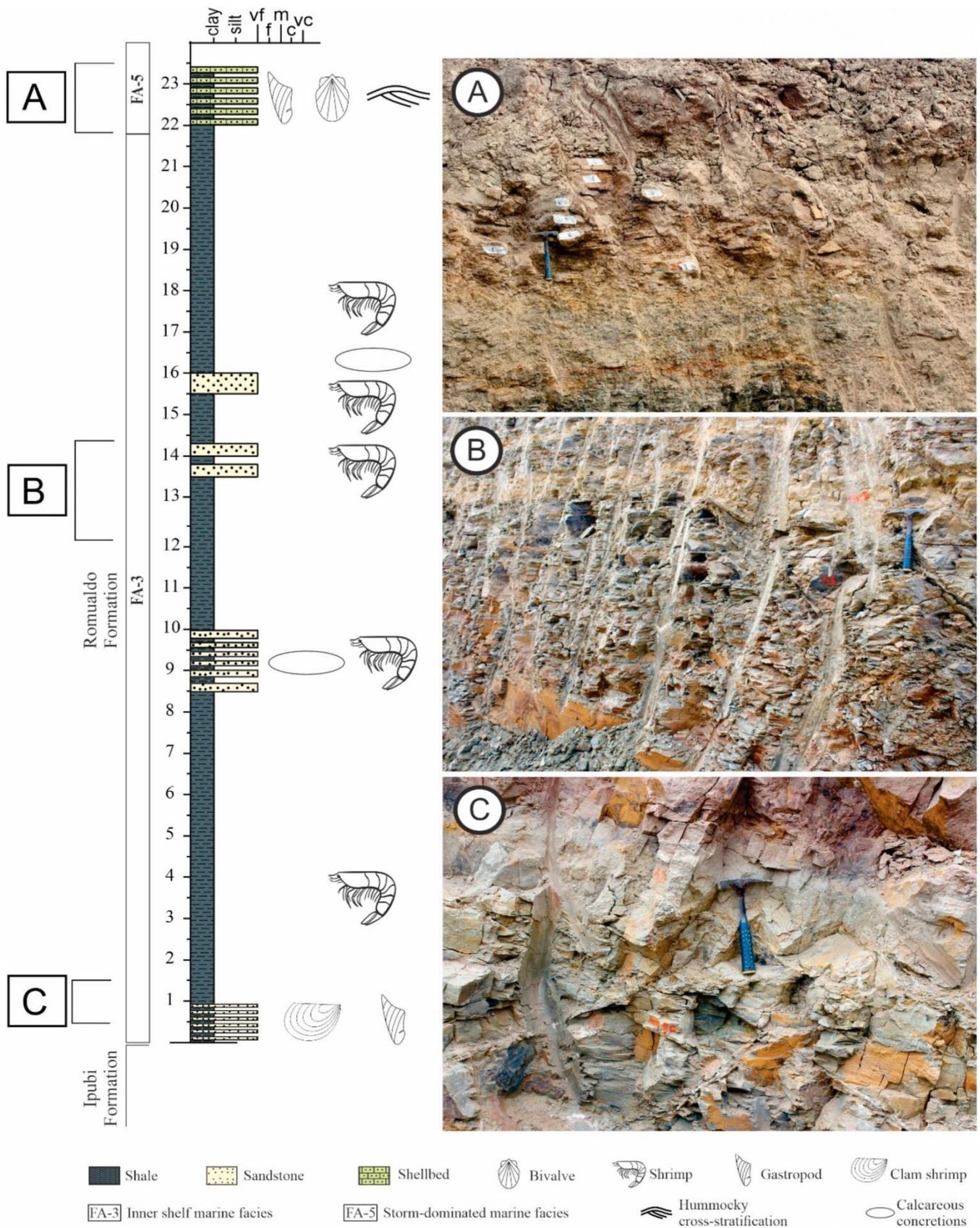


Fig. 4. VMB mine section. A. Marine storm-dominated facies (FA-5) where mollusks occur; B-C. Inner shelf marine facies (FA-3) with shrimp and Spinicaudata.

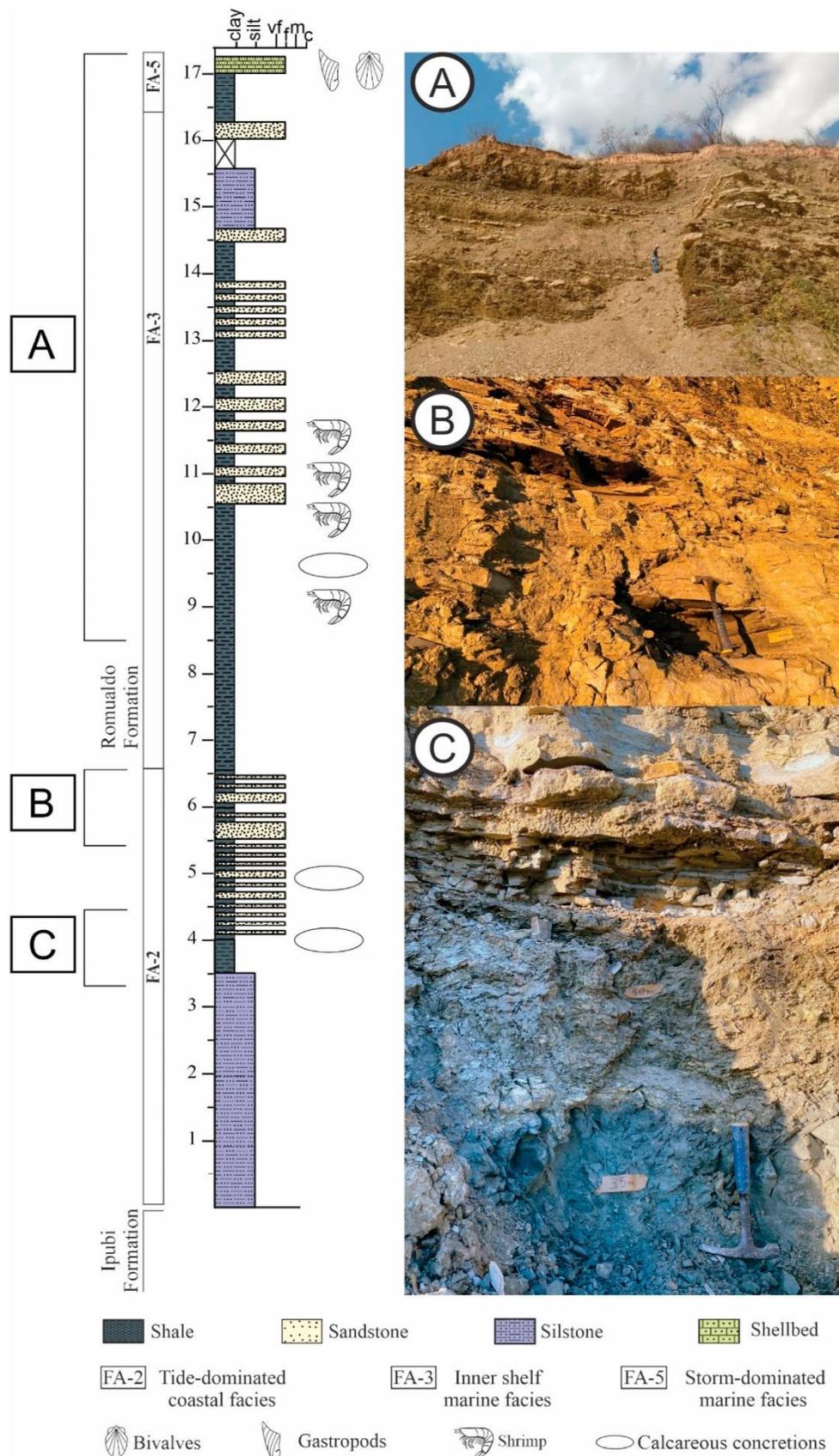
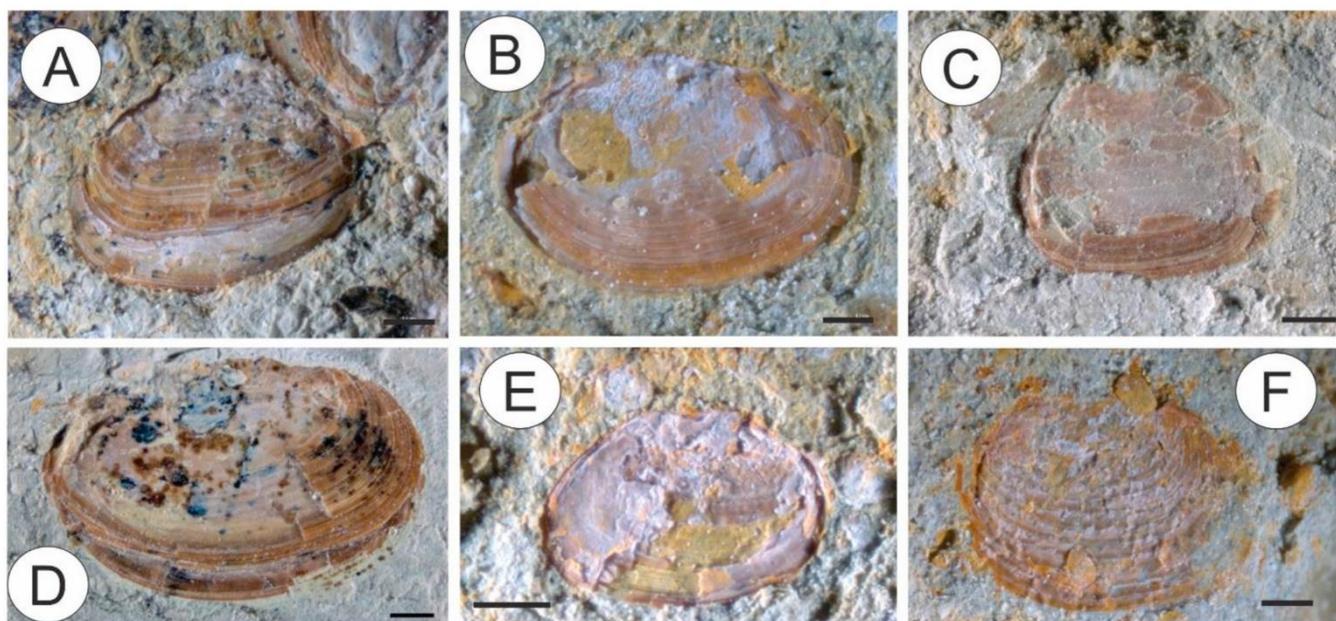


Fig. 5. Serrolândia mine section. A. Storm-dominated marine facies (FA-5) with mollusks and Inner shelf marine facies (FA-3), where shrimp occur. B-C. Tide-dominated coastal facies (FA-2).



**Fig. 6.** Spinicaudata. A and E. *Martinestheria codoensis* (DGEO-CTG-UFPE-9322 and DGEO-CTG-UFPE-9329); B and D. *Cyzicus brauni* (DGEO-CTG-UFPE-9324 and DGEO-CTG-UFPE-9328); C. *Estheriina costai* (DGEO-CTG-UFPE-9327); and F. *Cyzicus pricei* (DGEO-CTG-UFPE-9326). Scale bar: 0.5 mm.

#### 4.1.4. Serrolândia, Ipubi, PE

The Serrolândia section (17.0 m) presents metric layers of siltstone from the base up to 6.5 m, followed by claystone interspersed with thin layers of fine sandstone (heterolithic facies), with low angle cross bedding, where fossiliferous limestone concretions are frequent, correlated with tidal dominated coastal facies (FA-2).

Between 6.5 m and 10.5 m, claystones with calcareous concretions and shrimp in the matrix predominate. Between 10.5 m and 14.7 m, the claystone is interspersed with centimetric to metric layers of fine sandstone and eventually siltstone. Shrimps are present in both lithologies between 9.0 m and 11.7 m. This association was related to inner shelf marine facies (FA-3). Finally, at the top of the section there are calcarenitic shell beds with gastropods, between 16.5 m and 17.0 m, which are related to storm-dominated marine facies (FA-5).

#### 4.2. Faunistic characterization

Among the macroinvertebrate fossils found in the four studied sections, Spinicaudata (Fig. 6), shrimp (Fig. 7) and gastropods (Fig. 8A-D and F-G) stand out for their abundance. Secondly, bivalves were also found (Fig. 8E). In total, 13 taxa were identified including the gastropod families Cerithiidae (undetermined), Naticidae (*Tylostoma ranchariensis* and indeterminate specimens) and Cassiopidae (*Pseudomesalia* (*Pseudomesalia*) *santanensis*, *Paraglauconia* sp. and indeterminate specimens). Among the crustaceans, Dendrobranchiata (*Paleomattea deliciosa*) and Caridea (*Kellnerius jamacaruensis*) shrimp were found, and the Spinicaudata families Cyzicidae (*Cyzicus pricei* and *Cyzicus brauni*), Antrognestheriidae (*Martinestheria codoensis*) and Limnadiidae (*Estheriina costai*). Finally, bivalves were represented by the Mytilidae family (*Brachidontes araripensis*).

#### 4.3. Fossil associations

Through an abundance cluster analysis (Bray-Curtis), performed using PAST software, three fossil associations were identified for the four studied sections, with a similarity index  $\sim 0.1$ . (Fig. 9). These associations were named according to the most abundant taxon in the range,

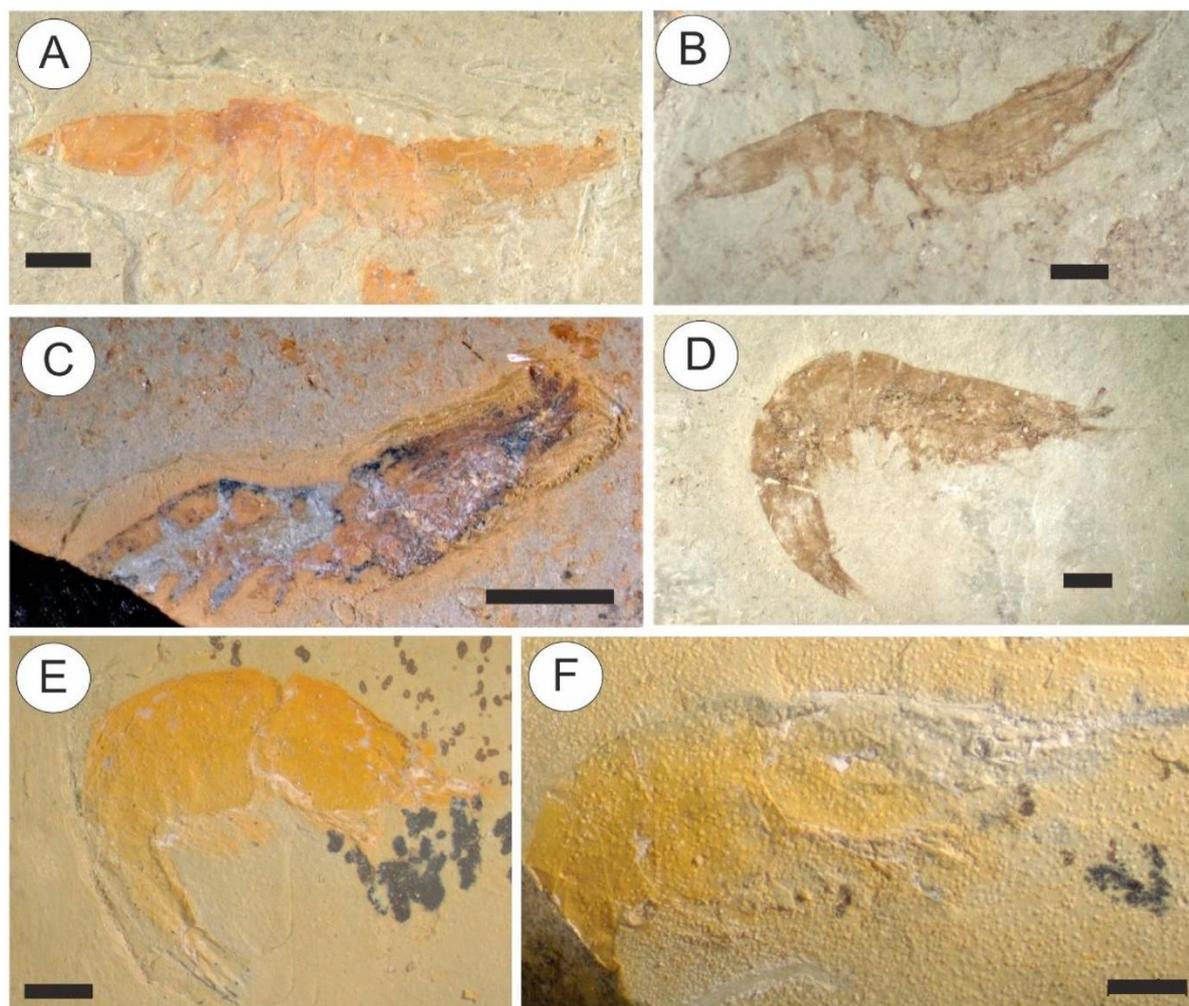
*Cyzicus* sp. Association, *Paleomattea deliciosa* Association and Cassiopiidae Association. The Vale do Silício section presented *Cyzicus* sp. and *Paleomattea deliciosa* associations (Fig. 10); the Gregório mine presented *Paleomattea deliciosa* and *Cyzicus* sp. associations (Fig. 11); and the Serrolândia mine presented *Paleomattea deliciosa* and Cassiopiidae association (Fig. 12). The VMB section presented all three associations (Fig. 13). Differences in macroinvertebrate abundance and diversity are noted along the profiles, indicating paleoenvironmental changes in the Romualdo Formation.

##### 4.3.1. *Cyzicus* sp. association

The *Cyzicus* sp. association occurs at intervals 9.0 m–10.0 m in the Vale do Silício mine, 6.0 m in the Gregório mine and 0 m–0.5 m in the VMB mine (Figs. 10, 11 and 13), in very fine to coarse shales and sandstones. The diversity of this association is comprised of four Spinicaudata species: *Cyzicus pricei*, *Cyzicus brauni*, *Martinestheria codoensis* and *Estheriina costai*, and secondarily of the gastropod *Tylostoma ranchariensis* and the Dendrobranchiata shrimp *Paleomattea deliciosa*. All bioclasts were found in FA-3 facies, interpreted as shallow shelf marine (Custódio et al., 2017).

At 0–0.5 m in the VMB mine, the Spinicaudata are densely packed with good preservation, where the vast majority are complete, and it is possible to find closed and partially open hinged valves (Fig. 14). The greatest Spinicaudata abundance and diversity are found at this level, including *Cyzicus pricei*, *Cyzicus brauni*, *Martinestheria codoensis* and *Estheriina costai*. There are also a few well-preserved and complete specimens of *Tylostoma ranchariensis*. At the interval 9.0 m–10.0 m in the Vale do Silício mine, the only taxa found are *C. pricei*, *C. brauni* and *M. codoensis*. Packaging is loose with commonly found and abundant spinicaudata at 9.0 m and 10.0 m, respectively. There were no articulated bioclasts, but all observed valves are complete. In turn, the 6.0 m–7.0 m interval in the Gregório mine presents frequently unidentified cizicids and rare *M. codoensis*, all of which are complete and disarticulated. Additionally, specimens of the shrimp *Paleomattea deliciosa* are common, complete and articulated. This layer shows dispersed packing.

In general, the layers presented two-dimensional pavement-type



**Fig. 7.** Shrimps. A–D: Dendrobranchiata, *Paleomattea deliciosa* (DGEO-CTG-UFPE-9284; DGEO-CTG-UFPE-9283; DGEO-CTG-UFPE-9303; DGEO-CTG-UFPE-9282, respectively). E–F: Caridea, *Kellnerius jamacaruensis* (DGEO-CTG-UFPE-9107; F- DGEO-CTG-UFPE-9108). Scale bar: 2 mm.

geometry with polymodal orientation in plan view. There was variation in Spinicaudata size between 2 mm and 7 mm. The fossil's taphonomic aspects of the *Cyzicus* sp. association are listed in Tables 2–4.

#### 4.3.2. *Paleomattea deliciosa* association

The *Paleomattea deliciosa* association is found at the intervals 5.0 m–6.0 m in the Vale do Silicon mine, 7.0 m–7.5 m in the Gregório mine, 3.5 m–18.0 m in the VMB mine and 9.0 m–11.7 m in the Serrolândia mine (Figs. 10–13), named after its predominant taxon, which is present in all layers of the association. Secondly, the carid *Kellnerius jamacaruensis*, which, until now, had only been found in the State of Ceará, and the Spinicaudata *Martinstheria codoensis* were also found.

This association occurs in interstratified shales with fine and coarse sandstones (FA-3), interpreted as shallow marine shelf. With the exception of the 10.0 m interval in the VMB, which only presents a single specimen, there are shrimp in all layers, with varying sizes (4 mm–23 mm) and are found in matrix-sustained samples (disperse and loose packing). The fossils are chaotically distributed in plan view and are complete, but with different levels of articulation.

In the VMB mine, shrimp are between rare and common from 3.5 m to 16.0 m. The level of disarticulation varies from fully articulated specimens or only with disarticulated appendages and antennae, to specimens that have present sixth pleonal somites and telsons. They are found in greater abundance between 17.0 m and 18.0 m of the same

section, but completely articulated specimens are rare, with the predominance of the posterior disarticulated portions of the shrimp, without signs of fragmentation (Fig. 15).

At the Gregório mine, shrimp are rare or common between 7.0 m and 7.5 m, and show less preservation of anatomical details when compared to samples from the VMB section. Specifically in the 5.0 m layer of the mine, shrimp are found in association with Spinicaudata, which are classified as rare and common, respectively. In these samples, there are no articulated valves, but the shrimp are fully articulated.

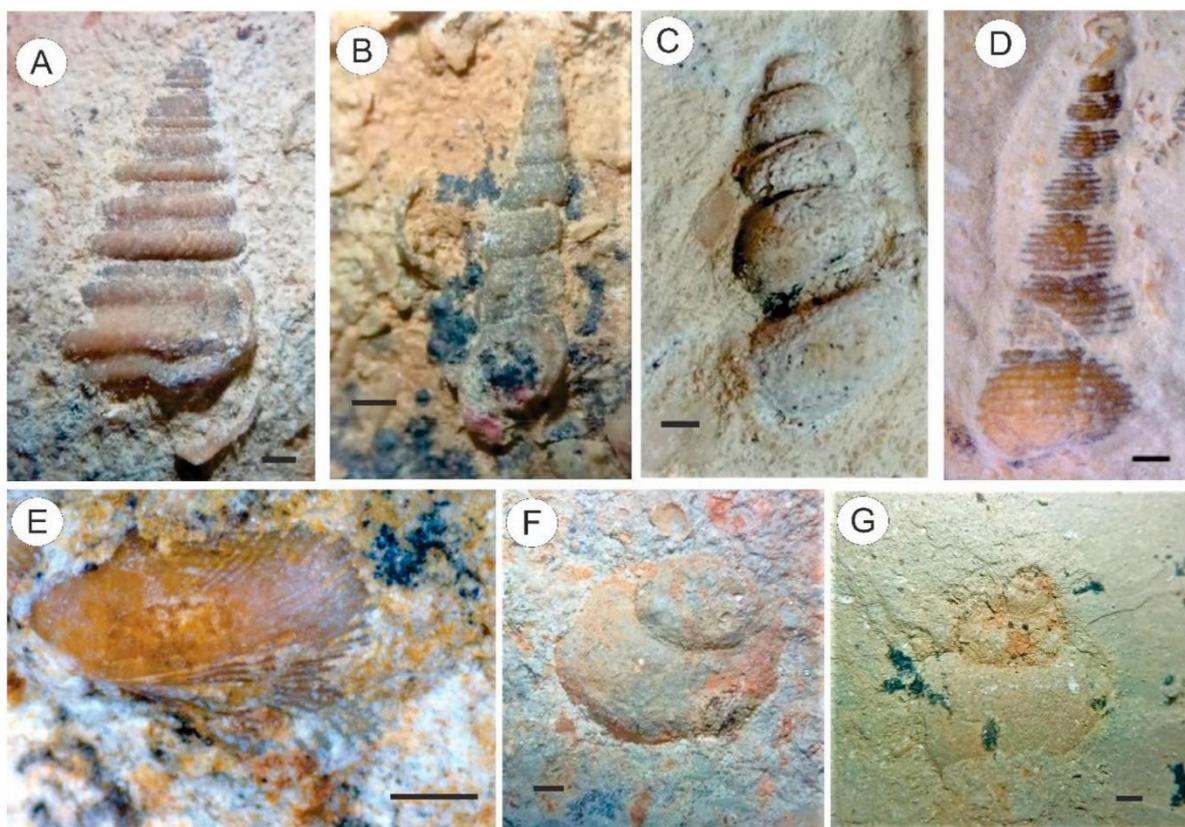
Regarding the Serrolândia mine, shrimp vary in their degree of abundance between the layers (rare to abundant), from 9.0 m to 11.7 m. Disarticulation varies widely, with similar proportions of articulated and disarticulated specimens in the same samples. The specimens have few preserved anatomical details, with rare exceptions.

It is important to highlight that *K. jamacaruensis* occurs in a much smaller range than *P. deliciosa*, i.e., only at 17.0 m in the VMB mine and at 11.7 m in the Serrolândia mine. All specimens are articulated.

The taphonomic aspects of the fossils of the *Paleomattea deliciosa* association are found in Tables 5 and 6.

#### 4.3.3. *Cassiopidae* association

The third and final identified fossil association occur at the 22.1 m–23.3 m range in the VMB mine and at 17.0 m in the Serrolândia mine, always in calcarenitic shell beds (Figs. 12 and 13), which were



**Fig. 8.** Mollusk. A-D, F-G. gastropods. E. bivalve. A. *Paraglauconia* sp. (DGEO-CTG-UFPE-9277); B. Cerithiidae (DGEO-CTG-UFPE-9278); C. internal mold of cassiopid (DGEO-CTG-UFPE-9333); D. *Pseudomesalia' (Pseudomesalia') santanensis* (DGEO-CTG-UFPE-9277); E. *Brachidontes araripensis* (DGEO-CTG-UFPE-9277); F. Naticidae (DGEO-CTG-UFPE-9335); G. *Tylostoma ranchariensis* (DGEO-CTG-UFPE-9300). Scale bars: A-D and F-G = 1 mm; E = 0.5 mm.

comprised, almost entirely, of gastropods and occasionally bivalves. The taphonomic aspects of the association are listed in Tables 7–9.

In general, the association presents loose to dense packing, with low to moderate bioclast abrasion, most of which are partially complete and fragmented, with few complete specimens. The fossils are chaotically distributed in plan and section views, although there is a predominance of the concordant to bedding disposition. While gastropods varied in size (2.0 mm–28 mm), bivalves showed little variation (3.0 mm–5.0 mm).

At the 22.1 m–23.3 m interval in the VMB mine, the families Cerithiidae and Cassiopidae are abundant, where the latter is represented by the genus *Paraglauconia* and the species *Pseudomesalia' (Pseudomesalia') santanensis*. Ceritids are predominant at the 22.1 m and 22.7 m layers, but their ornamentation was not preserved in any of the samples in which they were found, making it impossible to identify them at the genus level. Cassiopids are predominant in the other layers of the same section. Furthermore, there was a sudden increase in *P. santanensis* abundance at 22.3 m, but at 22.7 m and 23.3 m, this taxon was not found. There was little variation in *Paraglauconia* between the samples. Several cassiopid specimens were also present in this range, whose poor preservation prevented generic identification. Finally, *Brachidontes araripensis* was present at the 22.1 m, 22.3 m, 22.7 m, and 22.3 m layers in the VMB mine, always disarticulated, complete and on top of the layer.

The 17.0 m layer of the Serrolândia mine is composed exclusively of gastropods, mostly from the Cassiopidae families and a few Naticidae specimens. However, only the internal molds were preserved, making their identification impossible (Fig. 16).

#### 4.4. Paleoenvironmental interpretations

Using a cluster analysis for paleoenvironmental interpretation, based on the paleoecology of organisms (“Ward’s method”), three different paleoenvironments with a degree of distance  $\sim 0.3$  were identified, characterizing two transgressive phases (marine ingressions I and II) in a transitional environment.

The *Cyzicus* sp. association corresponds to the transitional phase, which occurred in the Vale do Silício, Gregório and VMB sections. The Cassiopidae association, in turn, is associated with the second marine transgression and takes place in the VMB and Serrolândia sections. The *Paleomattea deliciosa* association, is based in the Silicon Valley outcrop (5.0 m) correlated with the transitional environment, as indicated by the rare presence of Spinicaudata. The other layers are related to marine transgression I, justified by the increase in shrimp and the disappearance of Spinicaudata (Fig. 17). The latter occurred in all of the sections. Paleoenvironmental changes resulting from the ingressions, such as sea level rise and salinity variations, may have played a fundamental role in the distribution and biodiversity of each of the fossil associations.

The vast majority of the identified invertebrates have marine habits (Manso and Hessel, 2012; Mennessier, 1984; Sälgeback and Savazzi, 2006; Tavares and Martin, 2010; Wenz, 1938), with the exception of Spinicaudata and *B. araripensis*, which are lacustrine and euryhaline, respectively (Carvalho, 1993; Guerreiro and Reiner, 2000).

##### 4.4.1. Transitional

The transitional environment was attributed to the layers with the presence of lacustrine taxa, such as Spinicaudata, and marine taxa, such as naticids and sergestids.

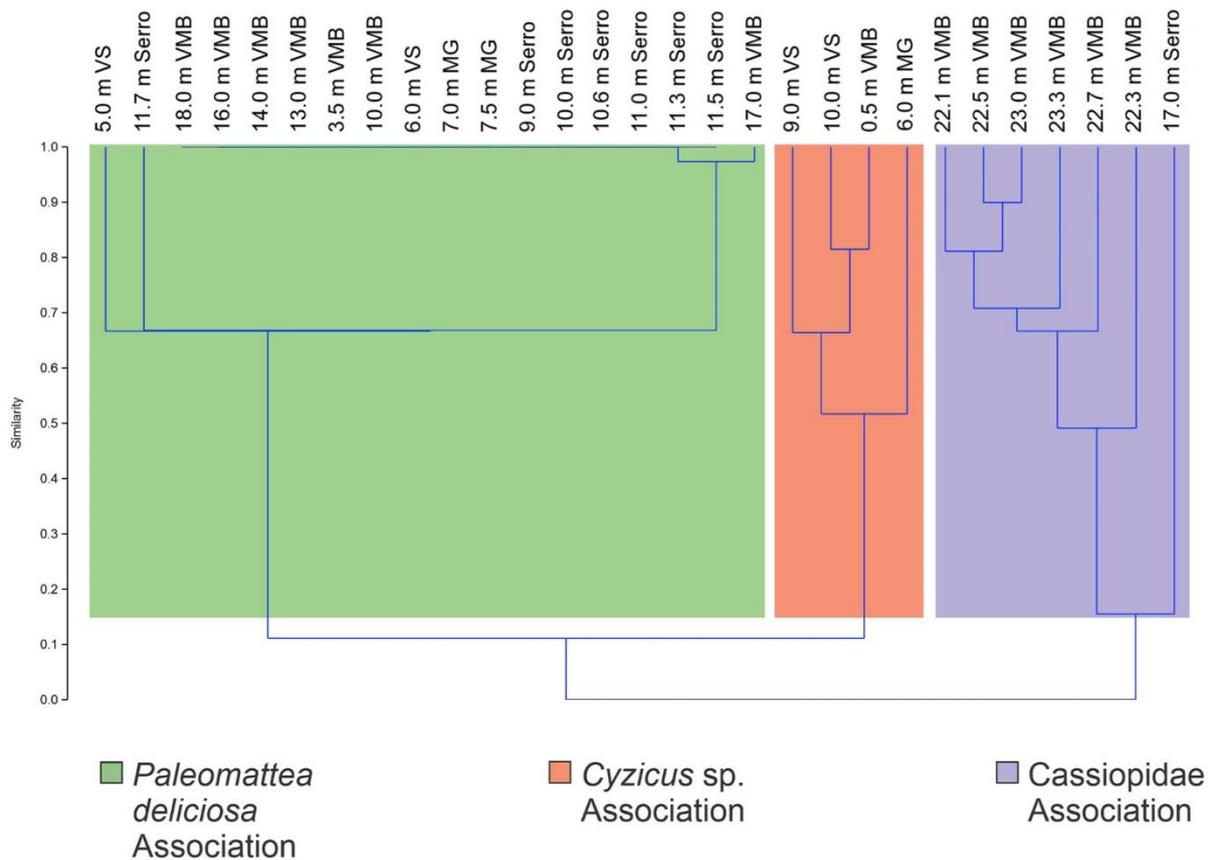


Fig. 9. Cluster analysis (*Bray-Curtis*) based on the abundance and diversity of paleoinvertebrates from the Romualdo Formation in the mining companies Vale do Silício (VS), Gregório (MG), VMB (VMB) and Serrolândia (Serro) with similarity index of ~0.1.

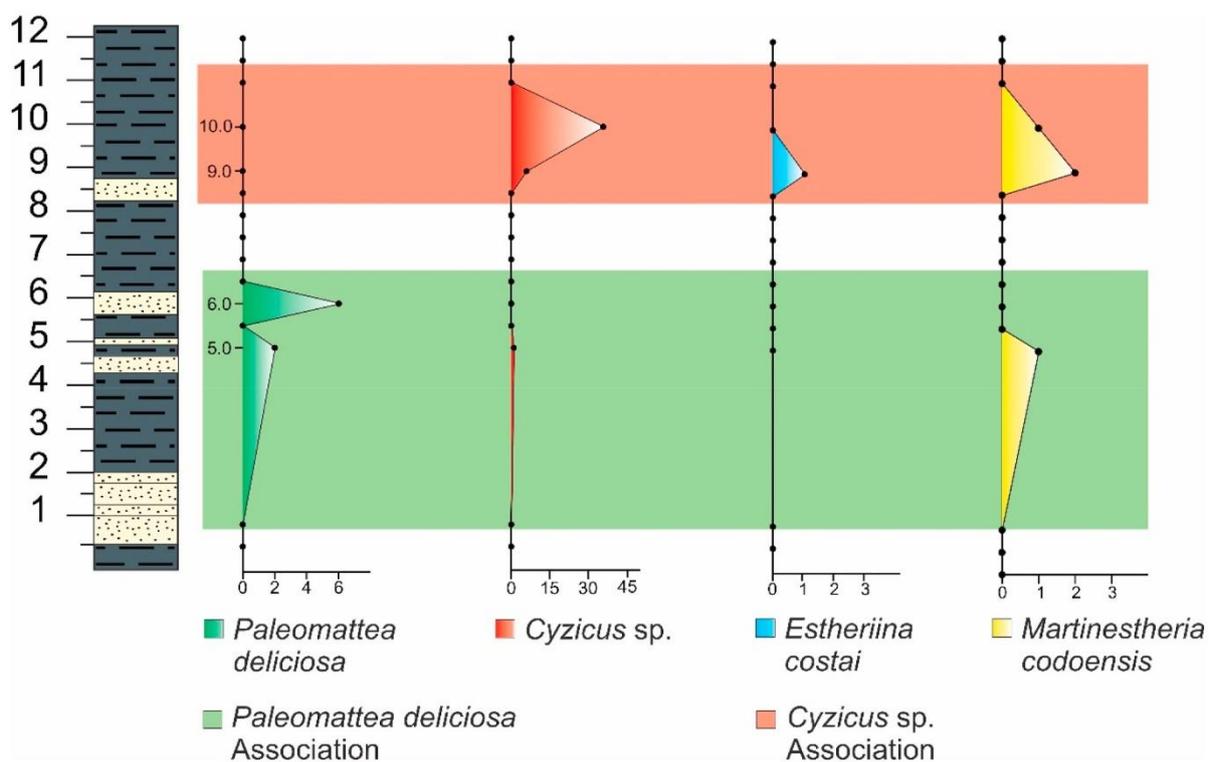


Fig. 10. Stratigraphic distribution of fossil associations given as total abundance values in the Vale do Silício section.

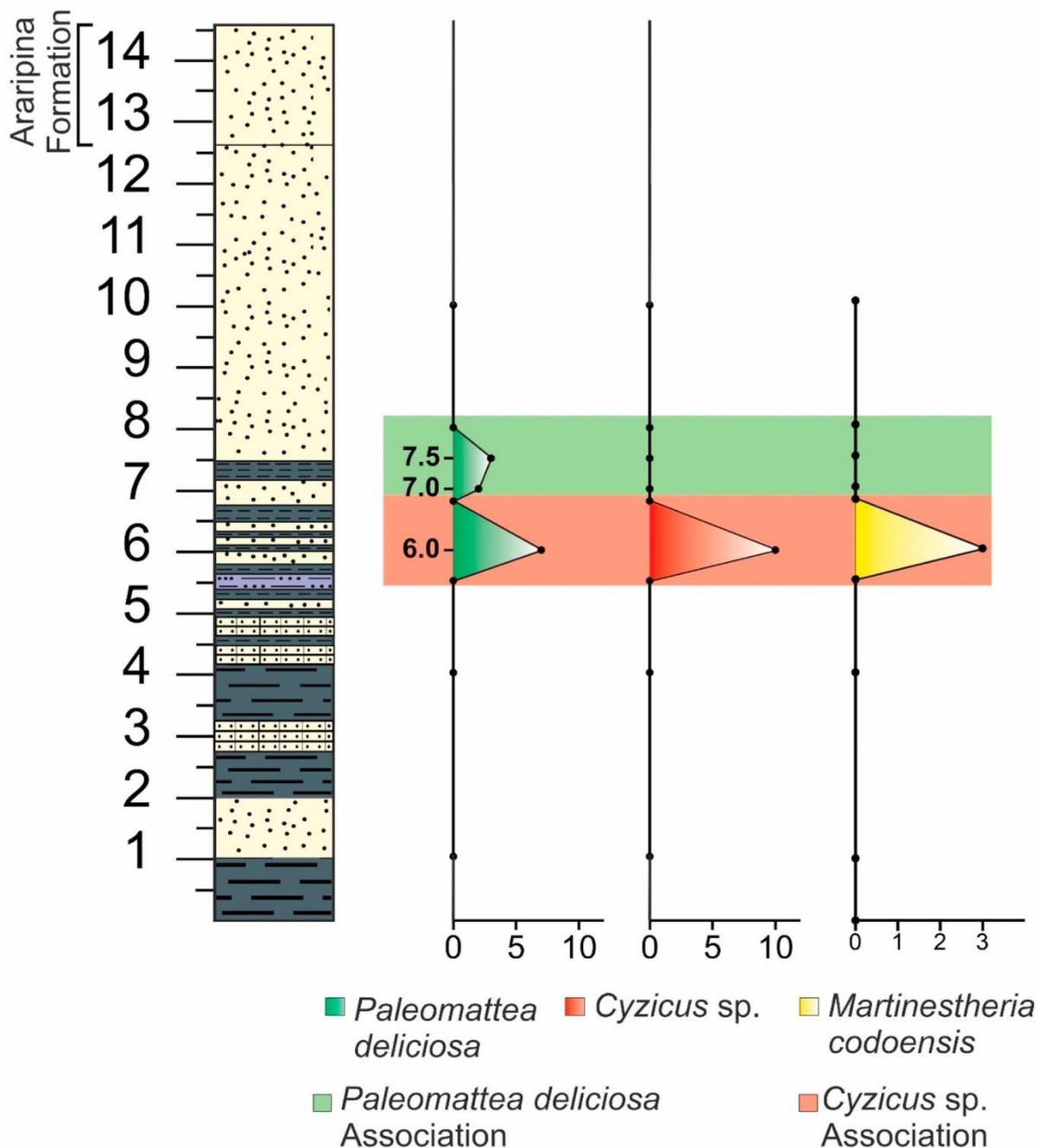


Fig. 11. Stratigraphic distribution of the fossil associations given as total abundance values in the Gregório Mine section.

According to McKenzie (1981), modern Spinicaudata do not tolerate water with salinity above 3200 ppm, where the salinity of sea water is 35,000 ppm and fresh water is 500 ppm, based on current parameters. Naticids are typical of shallow seas, and sergestid shrimp can be found in both shallow and deep seas (Tavares and Martin, 2010). Thus, it is possible that the paleoenvironment of the *Cyzicus sp.* association presented a transitional feature, with salinities between 500 and 3200 ppm, which would allow the survival of both fauna. Furthermore, due to the much higher proportion of Spinicaudata abundance in relation to the other taxa, it is plausible to infer that the brackish paleoenvironment, although affected by the increase in salinity, would not have caused the

elimination of Spinicaudata fauna. In the case of the 9.0 m and 10.0 m layers of the Vale do Silício mine, the absence of marine taxa can be explained by a drop in salinity that would have resulted in their disappearance. These inferences are in agreement with Fürsich et al. (2007) proposal for layers with Spinicaudata occurrence in the outcrops of the Romualdo Formation in Sobradinho and Serra do Mãozinha, Ceará, eastern portion of the Araripe Basin.

Considering that most bioclasts are complete and well-preserved, sometimes still articulated, without corrosion or bioerosion, the temporal mixing effects, if present, would have been very small. The low rates of fragmentation and abrasion and the absence of the preferential

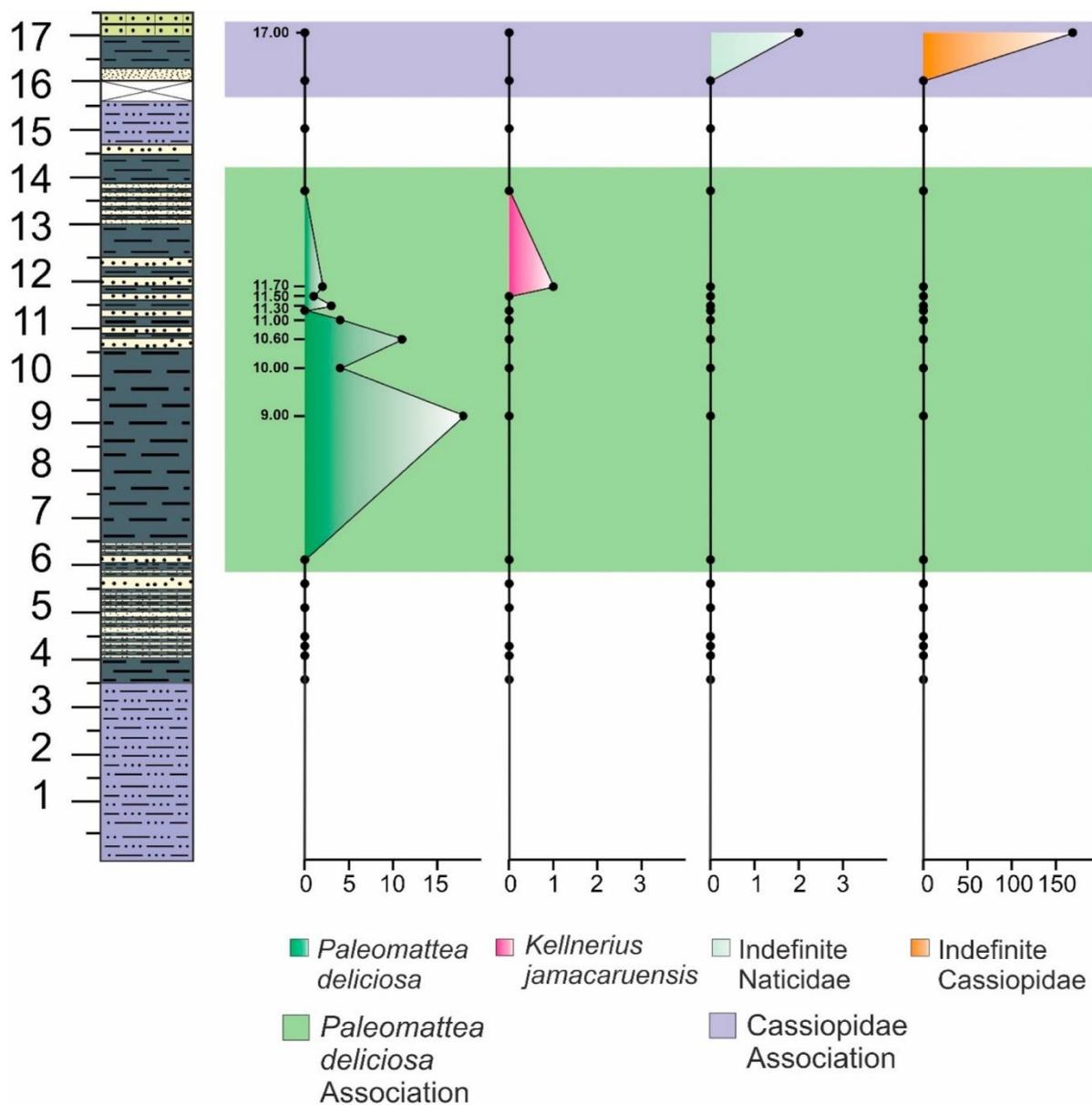


Fig. 12. Stratigraphic distribution of fossil associations given as total abundance values in the Serrolândia section.

direction of bioclasts are evidence of fossils that did not show a high degree of reworking, thus we can infer that the fauna is autochthonous or para-autochthonous. Regarding size, the Spinicaudata specimens of this sample presented a size variation between 2 mm and 7 mm, possibly referring to juvenile and senile individuals.

The *Cyzicus* sp. association shows good preservation (complete and articulated specimens) as it occurs exclusively in shales, indicating the poor remanence of the remains in the Taphonomically Active Zone-TAZ, being buried episodically as the fine sedimentation rate increased (Schmidt-Neto et al. 2014). As they are more common in the VMB mine than in the Vale do Silício and Gregório mines, it is possible that this first deposit had, at the time of deposition, greater resource availability, enabling the survival of the group.

Carvalho (1993) mentions that due to the use of carbonates for the construction of its valves, "*Cyzicus*" *codoensis* presents an adaptation to environments with higher levels of salinity. This inference is corroborated in the present work, since the only Spinicaudata species identified

in association with shrimp (5.0 m in the Vale do Silício mine and 6.0 m in the Gregório mine), indicating higher levels of water salinity, was *Martinstheria codoensis*.

Souza et al. (2022a) found similar fossil associations in outcrops of the Marizal Formation, Aptian of the Tucano Basin, correlated with the Romualdo Formation of the Araripe Basin. Both the preservation of the specimens and the association with shrimp are similar to those found in the Vale do Silício and Gregório mines. Regarding articulation, open and closed articulated valves and a low degree of fragmentation were observed, which were similar to specimens from the VMB mine. According to the authors, these features were also caused by a rapid burial, where Spinicaudata specimens with open valves died shortly before burial, and those with closed valves, likely died as a result of the burial event itself, corroborating the interpretations made in the present study.

#### 4.4.2. Marine incursion I

Marine Incursion I was associated with intervals with greater

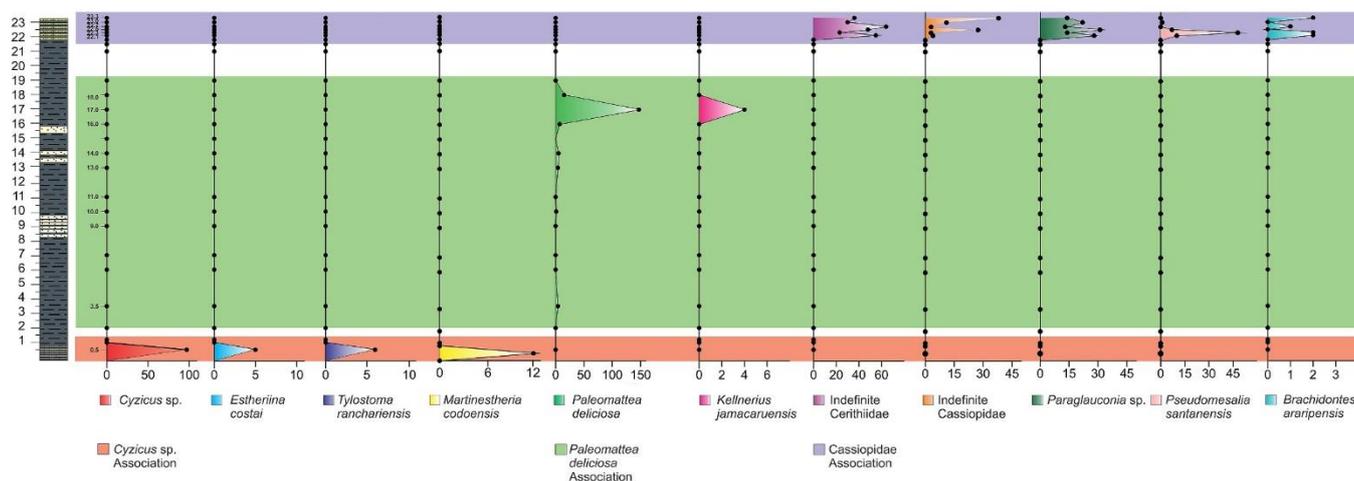


Fig. 13. Stratigraphic distribution of fossil associations given as total abundance values in the VMB section.

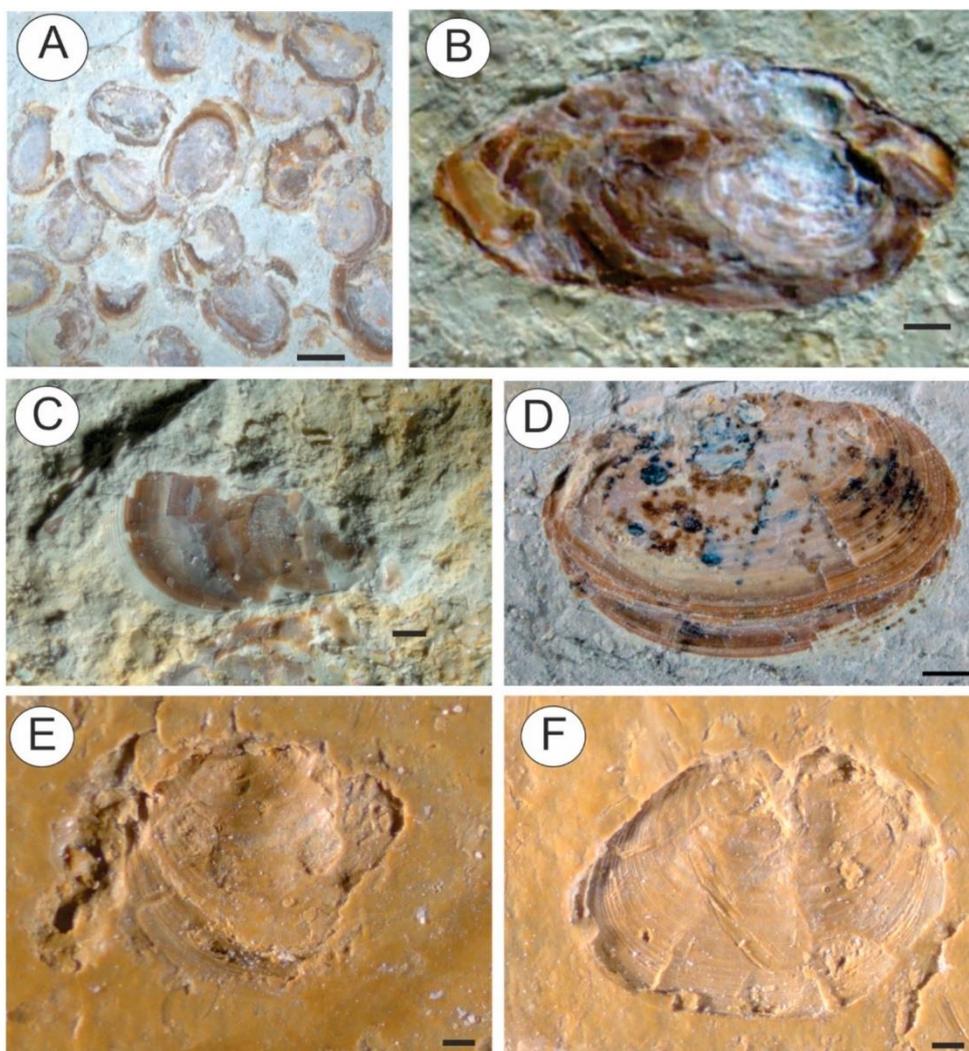


Fig. 14. *Cyzicus* sp. association. A. Valves open, intact, with dense packing, without preferential meaning, VMB mine (DGeo-CTG-UFPE-9328); B. Articulated Spinicaudata with closed valves, VMB mine (DGeo-CTG-UFPE-9323); C. Disarticulated and fragmented valve, VMB mine (DGeo-CTG-UFPE-9323); D. Articulated Spinicaudata with partially open valves, VMB mine (DGeo-CTG-UFPE-9328); E. Fragmented disarticulated valve, Gregório mine (DGeo-CTG-UFPE-9297); F. Complete disarticulated valve, Gregório mine (DGeo-CTG-UFPE-9297); Scale bars: A = 1 mm; B–F = 0.5 mm.

abundances of nektonic marine organisms, such as shrimps and the absence of benthos. Thus, it can be inferred that this level corresponds to the most distal portion of the deposits, which is validated by the low sedimentation energy, common in deeper areas.

In the Vale do Silício, Gregório and Serrolândia sections there is little variation in shrimp abundance. However, in the VMB section there is a sudden simultaneous increase in the number of *P. deliciosa* specimens and the appearance of carids in the 17.0 m sample. This phenomenon

**Table 2**  
Spinicaudata taphonomic features.

Layer	Number	Fragmentation		Articulation			Orientation in plan view	Packing
		Complete	Fragmented	Articulated (Partially open)	Articulated (Closed)	Disarticulated		
0.5 m VMB	696	466	230	20	3	673	Polymodal	Dense
5.0 m VS	1	1	0	0	0	1	–	Disperse
9.0 m VS	25	25	0	0	0	25	Polymodal	Loose
10.0 m VS	90	90	0	0	0	90	Polymodal	Loose
6.0 m MG	12	12	0	0	0	12	Polymodal	Disperse

**Table 3**  
Naticidae taphonomic features.

Layer	Fragmentation			Orientation in section view			Orientation in plan view	Packing
	Complete	Partially complete	Fragmented	Concordant	Oblique	Perpendicular		
0.5 m VMB	4	3	1	–	–	–	Polymodal	Loose

**Table 4**  
Sizes of the fossil from the *Cyzicus* sp. association.

Layer	Spinicaudata			Tylostoma ranchariensis		
	Number	Size (mm)	Ontogeny	Number	Size (mm)	Ontogeny
0.5 m VMB	466	0.2–0.7		7	6.0–9.0	
5.0 m VS	1	0.4		0	–	
9.0 m VS	25	0.3–0.4		0	–	
10.0 m VS	90	0.3–0.5		0	–	
6.0 m MG	12	0.2–0.3		0	–	

may be indicative of an improvement in the marine environment, i.e., a potential increase in salinity resulting from the rise in sea level. This environmental condition allowed the successful development of fauna that present well-defined ontogenetic stages.

The *Paleomattea deliciosa* association occurs exclusively in shales in the Serrolândia and VMB sections. In the latter, an increase in disarticulation along the profile is noticeable, contrary to the former, where articulated specimens are in the majority. The presence of mainly disarticulated and articulated shrimps with carapace and disconnected pleon suggest different residence times in the TAZ (temporal mixture), as observed by Prado et al. (2019), only in the Serrolândia mine. According to Plotnick (1986), this disarticulation would occur about two weeks after his death. Disarticulation can also be related to rework, as it is directly related to energy flow intensity. Considering the absence of fragmentation, even if there was rework, it would not have been significant.

In the Gregório and Vale do Silício sections, bioclasts occur predominantly in shales, but are also found in fine sandstones, implying a slightly higher energy depositional event. Articulated specimens were predominant in all samples from these outcrops, which indicates that specimens were quickly buried after death.

Fürsich et al. (2007) also observed a fossil association named *Paleomattea deliciosa*, in the Serra do Mãozinha and Sobradinho, but with the presence of benthos, including some euryhaline taxa (bivalves *Brachidontes araripensis* and *Corbulomina* sp.) and anoxic substrates such as Lucinidae bivalves. Their absence in the studied samples indicates a more distal and oxygenated environment from the Araripe Sea in the Pernambuco portion of the basin.

#### 4.4.3. Marine incursion II

Marine Incursion II was linked to the Cassiopidae association and occurs in the shell bed intervals in calcarenites that predominate marine benthic organisms, including the group's namesake and the cerithid and naticid gastropods (Mennessier, 1984; Sohl, 1987; Cleevely and Morris, 1988). The smaller amount of the bivalve *Brachidontes araripensis*, is typical of intertidal zones and zones with great tolerances to salinity

variations (Terranova et al., 2007), indicating an instability in the marine environment, caused by salinity variations (Terranova et al., 2007).

It is important to highlight the *Brachidontes araripensis* are restricted to the top of the layers and presents epifaunal habit fixed by bissus. Prado et al. (2019) recognized this same phenomenon in some shell beds in the Romualdo Formation, inferring “allogenic taphonomic feedback” (*sensu* Kidwell and Jablonski, 1983), i.e., the accumulation of skeletal remains deposited on the substrate by storms would have been the necessary condition for the fixation and colonization of the environment by *B. araripensis*.

In the VMB Mine, all the taxa described above, with the exception of naticids, are found. In the Serrolândia mine section, bivalves and ceritids were absent and naticids were present. Due to the absence of euryhaline species in the Serrolândia shell beds, it is likely that the marine environment was more stable than in the VMB Mine.

The taphonomic features are similar in both outcrops, such as abrupt and erosive basal contact, loose to dense packing, high fragmentation, bioclast disarticulation and polymodal orientation, and specimens in different ontogenetic stages, indicating catastrophic death from rapid burial, caused by storms in proximal areas (Fürsich and Oschmann, 1993; Holz and Simões, 2002). Very similar fossil associations were found in other outcrops of the Romualdo Formation, differing only in terms of faunal composition (Prado et al., 2015; Sales, 2005; Pereira et al., 2017). As noted by Prado et al. (2016), the large number of fragmented bioclasts found without corrosion or bioerosion marks could be mainly related to transport and not to biotic activities. This factor also points to a short time in the TAZ, and burial shortly after death.

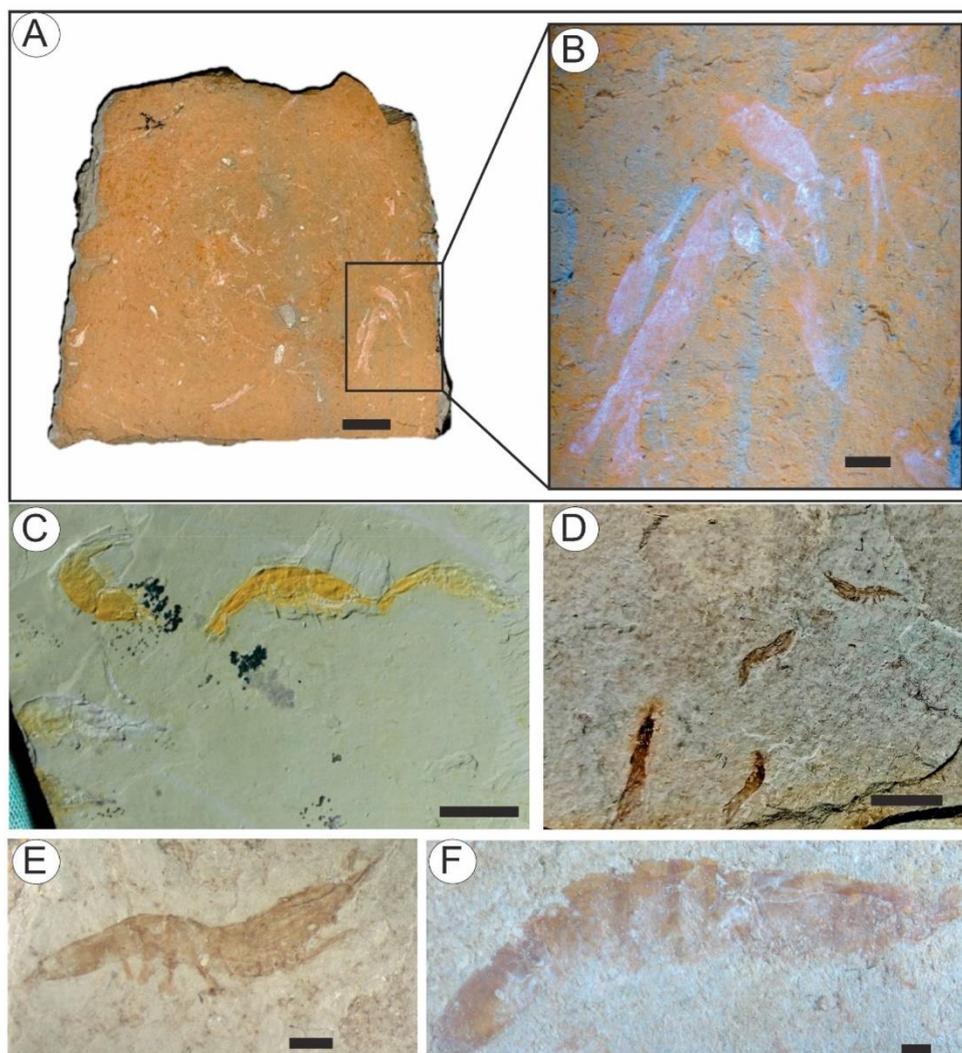
Therefore, these results indicate the presence of two marine incursions in a transitional environment in the Romualdo Formation, in the southern portion of the Araripe Basin (Fig. 18). This is corroborated by Araripe et al. (2022), who presented the same result through a cluster analysis of micro and macrofossils in the outcrop of Santo Antônio, Exu, PE, south-central portion of the basin.

#### 4.5. Stratigraphic correlation

The transitional environment evidenced by the Spinicaudata in the Vale do Silício, VMB and Gregório mines, presents sufficient salinity for the development of marine and lacustrine invertebrates. This occurred in predominantly sandy and silty sediments and was not observed in the Serrolândia mine section.

Sequentially with marine incursion I, there was an increase in sea level, characterizing the most distal portion in the sections evidenced by the presence of sergestids in the *Paleomattea deliciosa* association, typical of deeper seas. The environment is evident in the four outcrops, and it consisted predominantly of claystone and shale lithologies.

In the Vale do Silício mine, a return to the transitional environment is observed, evidenced again by the presence of Spinicaudata, however,



**Fig. 15.** *Paleomattea deliciosa* association. A-B. Sample with disarticulated shrimp, VMB mine (DGEO-CTG-UFPE-9334); C. Sample with articulated shrimp, VMB mine; D. Sample with articulated shrimp, Serrolândia mine (DGEO-CTG-UFPE-9283); E. Articulated shrimp, Serrolândia mine (DGEO-CTG-UFPE-9283); F. Shrimp partially articulated, Vale do Silício mine (DGEO-CTG-UFPE-9331). Scale bars: A, C and D = 1 cm; B, E, F = 1 mm.

**Table 5**

Taphonomic features of the fossils from the *Paleomattea deliciosa* association.

Layer	Number	Fragmentation	Articulation			Orientation in plan view	Packing
			Fully articulated	Partially articulated	Disarticulated		
3.5 m VMB	4	Absent	3	0	1	Polymodal	Disperse
10.0 m VMB	1	Absent	1	0	0	Polymodal	Disperse
13.0 m VMB	4	Absent	3	0	1	Polymodal	Disperse
14.0 m VMB	5	Absent	5	0	0	Polymodal	Disperse
16.0 m VMB	7	Absent	3	0	4	Polymodal	Disperse
17.0 m VMB	147	Absent	24	5	121	Polymodal	Loose
18.0 m VMB	15	Absent	4	1	7	Polymodal	Loose
6.0 m MG	7	Absent	5	0	2	Polymodal	Disperse
7.0 m MG	2	Absent	2	0	0	Polymodal	Disperse
7.5 m MG	3	Absent	2	0	1	Polymodal	Disperse
5.0 m VS	2	Absent	2	0	0	Polymodal	Disperse
6.0 m VS	6	Absent	6	0	0	Polymodal	Disperse
9.0 m Serro	18	Absent	17	0	0	Polymodal	Loose
10.0 m Serro	4	Absent	0	2	0	Polymodal	Disperse
10.6 m Serro	11	Absent	6	0	5	Polymodal	Disperse
11.0 m Serro	4	Absent	2	0	1	Polymodal	Disperse
11.3 m Serro	3	Absent	1	0	2	Polymodal	Disperse
11.5 m Serro	1	Absent	1	0	0	Polymodal	Disperse
11.7 m Serro	2	Absent	0	0	6	Polymodal	Disperse

**Table 6**  
Sizes of the fossils from the *Paleomattea deliciosa* association.

Layer	<i>Paleomattea deliciosa</i>		<i>Kellnerius jamacaruensis</i>	
	Number	Length (mm) ontogeny	Number	Length (mm) ontogeny
3.5 m VMB	4	12.0–23.0	0	–
10.0 m VMB	1	10.0	0	–
13.0 m VMB	4	13.0–14.0	0	–
14.0 m VMB	5	16.0–21.0	0	–
16.0 m VMB	7	4.0–19.0	0	–
17.0 m VMB	15	7.0–22.0	4	16.0–22.0
18.0 m VMB	15	10.0–22.0	0	–
7.0 m MG	2	10.0–12.0	0	–
7.5 m MG	3	10.0–15.0	0	–
5.0 m VS	2	11.0–17.0	0	–
6.0 m VS	6	12.0–30.0	0	–
9.0 m Serro	18	10.0–22.0	0	–
10.0 m Serro	4	20.0–22.0	0	–
10.6 m Serro	11	6.0–29.0	0	–
11.0 m Serro	4	10.0–17.0	0	–
11.3 m Serro	3	8.0–17.0	0	–
11.5 m Serro	1	15.0	0	–
11.7 m Serro	2	4.0–9.0	1	11.0

due to the absence of marine taxa, a characteristic of lower salinity was attributed, making the establishment of such invertebrates impossible. Since the return of these environmental conditions was only observed in the Vale do Silício mine, it was not possible to correlate it with the other outcrops.

**Table 7**  
Gastropod taphonomic features.

Layer	Number	Fragmentation			Orientation in section view			Orientation in plan view	Packing
		Complete	Partially complete	Fragmented	Concordant	Oblique	Perpendicular		
0.5 m VMB	8	4	3	1	–	–	–	Polymodal	Dense-Loose
22.1 m VMB	150	24	56	70	30	10	5	Polymodal	Dense-Loose
22.3 m VMB	150	14	50	86	45	13	6	Polymodal	Dense-Loose
22.5 m VMB	150	15	58	76	43	19	7	Polymodal	Dense-Loose
22.7 m VMB	150	10	33	107	22	20	5	Polymodal	Dense-Loose
23.0 m VMB	150	9	69	72	55	27	18	Polymodal	Dense-Loose
23.3 m VMB	150	7	78	65	55	22	6	Polymodal	Dense-Loose
17.0 m Serro	180	36	59	85	32	16	7	Polymodal	Loose

**Table 8**  
Bivalve taphonomic features.

Layer	<i>Brachidontes araripensis</i>		Fragmentation			Articulation			Orientation in plan view	Packing
	Number	Size (mm)	Complete	Partially complete	Fragmented	Articulated (Open)	Articulated (Closed)	Disarticulated		
22.1 m VMB	2	4.0–5.0	2	0	0	0	0	2	Polymodal	Dense-Loose
22.3 m VMB	2	4.0	2	0	0	0	0	2	Polymodal	Dense-Loose
22.5 m VMB	1	4.0	1	0	0	0	0	1	Polymodal	Dense-Loose
23.0 m VMB	2	3.0–4.0	2	0	0	0	0	2	Polymodal	Dense-Loose

Finally, there is an increase in salinity at the top of the VMB and Serrolândia mines, evidenced by marine incursion II, which marks the occurrence of a shallow storm-dominated sea. This corresponds to the Cassiopidade association, with predominant calcarenite sediments. The presence of euryhaline species implies an unstable marine environment. Furthermore, the presence of gastropods implies a shallow sea environment. The result of the correlation between the four sections is shown in Fig. 19.

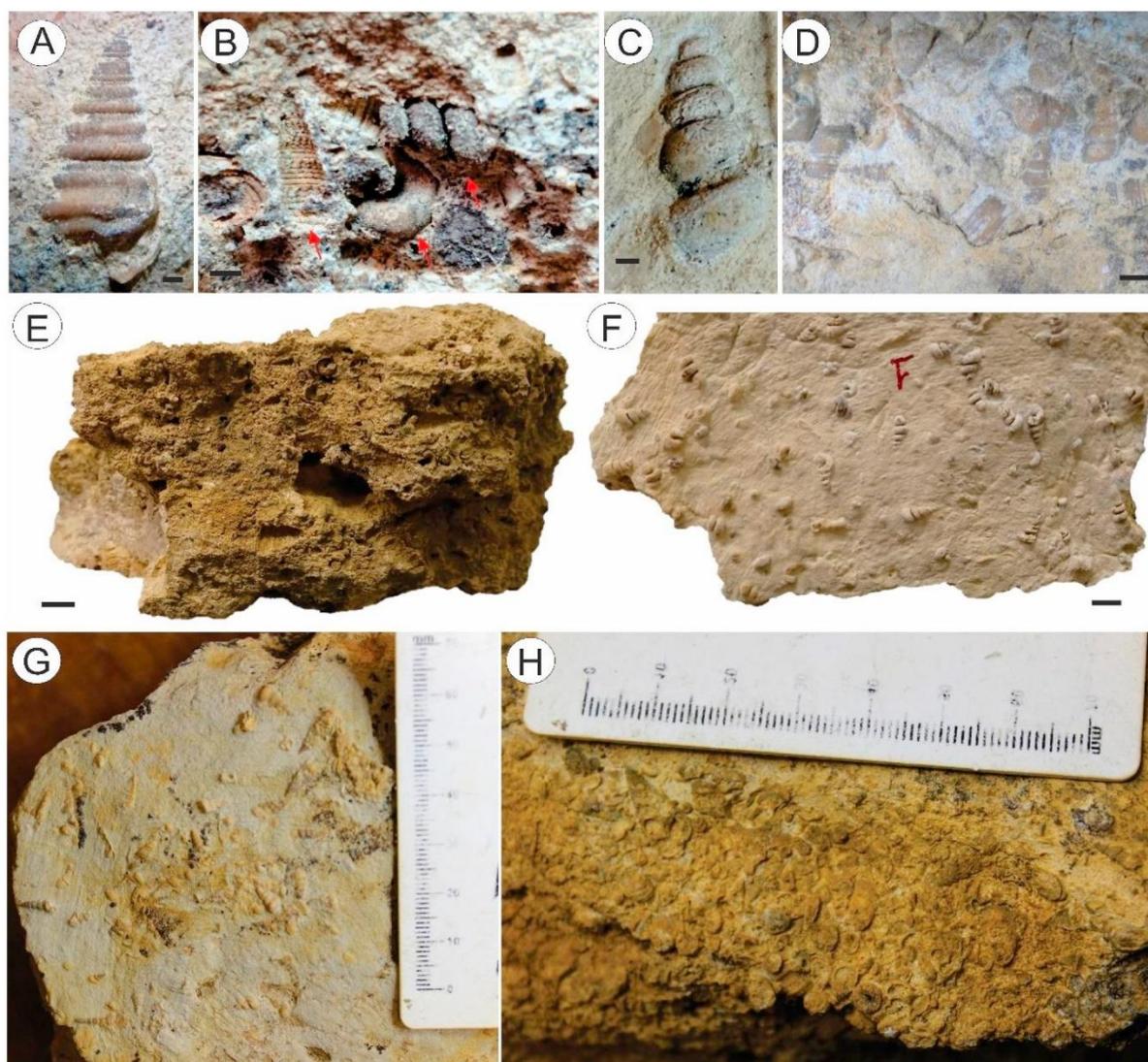
#### 4.6. Paleogeography

Regarding the paleogeographic origin of the marine incursion, there are three hypotheses regarding its entry route into the Araripe Basin: through the Potiguar Basin (Lima, 1978), Parnaíba Basin (Arai, 2014) and Tucano Basin (Assine et al., 2014). The first two hypotheses point to an incursion with a tetian characteristic, since it would enter the Northeastern region of Brazil through the north and northeast, respectively. Lima (1978)'s hypothesis was based on the southwestern direction faults in the Potiguar Basin, which could connect it to the Araripe et al. (2022b) carried out studies on zircons dating from Araripe Basin sandstones, followed by age comparisons of such minerals from the Potiguar and Parnaíba basins. To the authors, during the late-Aptian, the Araripe Basin was probably connected to the Proto-Equatorial Atlantic Ocean through the Potiguar Basin from a system of interconnected saline lakes. On the other hand, Arai (2014), studying the paleogeographic distribution of Ecozone *Subtilisphaera*, a Tethyan genus of dinoflagellate restricted to the Aptian in Brazil, proposed that the route of entry into Araripe was through the Parnaíba Basin and the São Luís Basin, i.e., basins where the Ecozone was most prominent. Finally, Assine et al. (2014) used the paleocurrents of the Barbalha (Araripe Basin) and Marizal (Tucano Basin) Formations to infer a southeast-to-northwest incursion, from the Recôncavo–Tucano–Jatobá basins.

Through natural history, genera and family records of the species found in the four analyzed sections, it is possible to contribute infer their paleogeographic origins in the Araripe Sea. Cassiopids and the genus *Tylostoma* have a notorious Tethyan affinity, being found during the Aptian-Albian in Latin American and African countries, such as Mexico,

**Table 9**  
Gastropod size in the Cassiopidae association.

Layer	<i>Paraglauconia</i> sp.		<i>Pseudomesalia santanensis</i>		Indefinite Cerithiidae		Indefinite Cassiopidae		Indefinite Naticidae	
	Number	Size (mm) Ontogeny	Number	Size (mm) Ontogeny	Number	Size (mm) Ontogeny	Number	Size (mm) Ontogeny	Number	Size (mm) Ontogeny
22.1 m VMB	16	8.0–16.0	9	5.0–12.0	36	4.0–10.0	3	7.0–13.0	0	–
22.3 m VMB	3	6.0–17.0	32	4.0–12.0	16	4.0–15.0	0	–	0	–
22.5 m VMB	14	8.0–20.0	7	5.0–14.0	33	4.0–16.0	5	8.0–17.0	0	–
22.7 m VMB	3	7.0–21.0	0	–	31	3.0–11.0	1	10.0	0	–
23.0 m VMB	13	7.0–15.0	1	4.0	29	3.0–13.0	1	12.0	0	–
23.3 m VMB	9	6.0–13.0	0	–	25	4.0–12.0	20	7.0–15.0	0	–
17.0 m Serro	0	–	0	–	0	–	95	4.0–20.0	2	13.0–20.0



**Fig. 16.** Cassiopidae association. A. Complete gastropod, VMB mine; B. Gastropod molds, VMB mine (DGEO-CTG-9279); C. Complete gastropod mold, VMB mine (9233); D. Partially intact and fragmented gastropods, VMB mine (DGEO-CTG-9277); E. Sectional view of shell bed, with no preferential direction, with dense packing and predominantly fragmented bioclasts, Serrolândia mine (DGEO-CTG-9233); F. Plan view of shell bed, bioclasts without preferential direction, with loose packing, mixture of intact and fragmented bioclasts, Serrolândia mine (DGEO-CTG-9233); G. Plan view of shell bed, non-preferential bioclasts, with loose packing, mixture of intact and fragmented bioclasts, VMB mine (DGEO-CTG-9277); H. Sectional view of shell bed, no preferential direction, densely packed, predominantly fragmented bioclasts, VMB mine (9278). Scale bars: A and D = 2 mm; B and C = 1 mm; E and F = 1 cm.

Egypt, Angola (Aboul Ela et al., 1991; Allison, 1955; Choffat and Loriol, 1888). In Brazil, there are occurrences of cassiopids in Sergipe and Parnaíba basins, and of *Tylostoma* in the Sergipe basin (Beurlen, 1964;

Mennessier, 1984; Maury, 1936). However, while in the Parnaíba and Sergipe-Alagoas basins they are found in sedimentary deposits of age correlated to the Romualdo Formation (i.e. Codó and Riachuelo

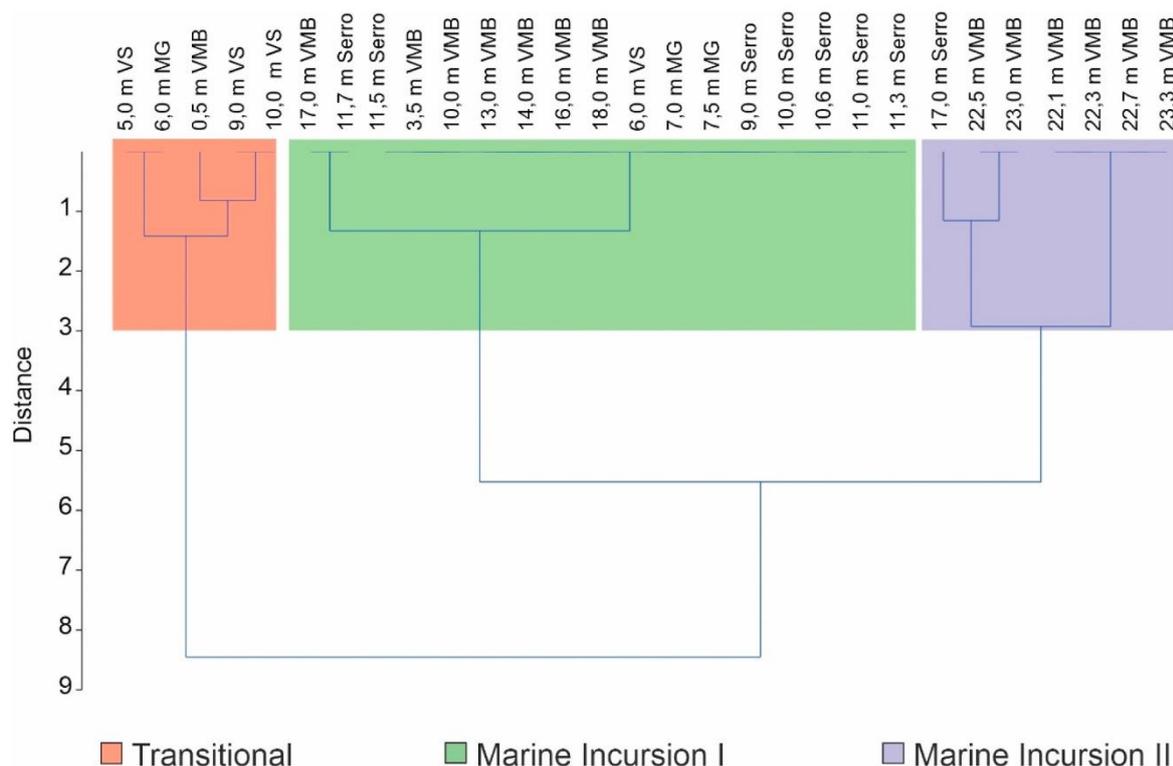


Fig. 17. Cluster analysis (Ward's method) based on marine, euryhaline and lacustrine taxa, with distance index of  $\sim 3$ .

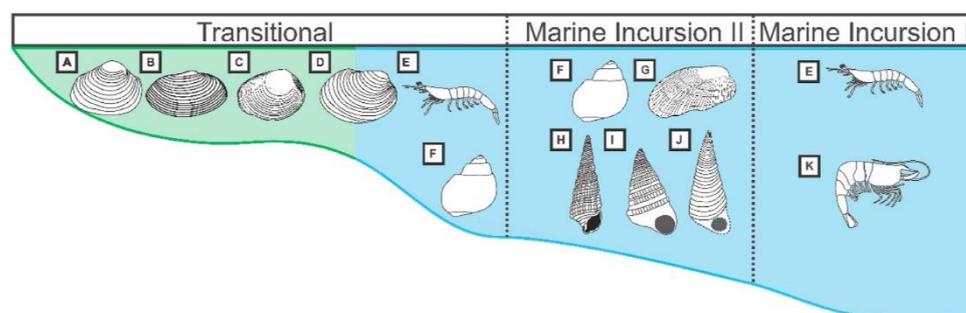


Fig. 18. Paleoenvironmental representation of the Romualdo Formation in the studied sections. A. *Estheriina costai*; B. *Cyzicus brauni*; C. *Cyzicus pricei*; D. *Martiniestheria codoensis*; E. *Palaemonetes deliciosa*; F. *Tylostoma ranchariensis*; G. *Brachidontes araripensis*; H. *Cerithiidae*; I. *Paraglauconia* sp.; J. *Pseudomesalia* ('*Pseudomesalia*') *santanensis*; K. *Kellnerius jamacaruensis*. Green indicates lacustrine water, while blue indicates marine water.

formations), in the Potiguar Basin they occur during the late Cretaceous, in the Jandaíra Formation of Turonian age (Cassab, 2003).

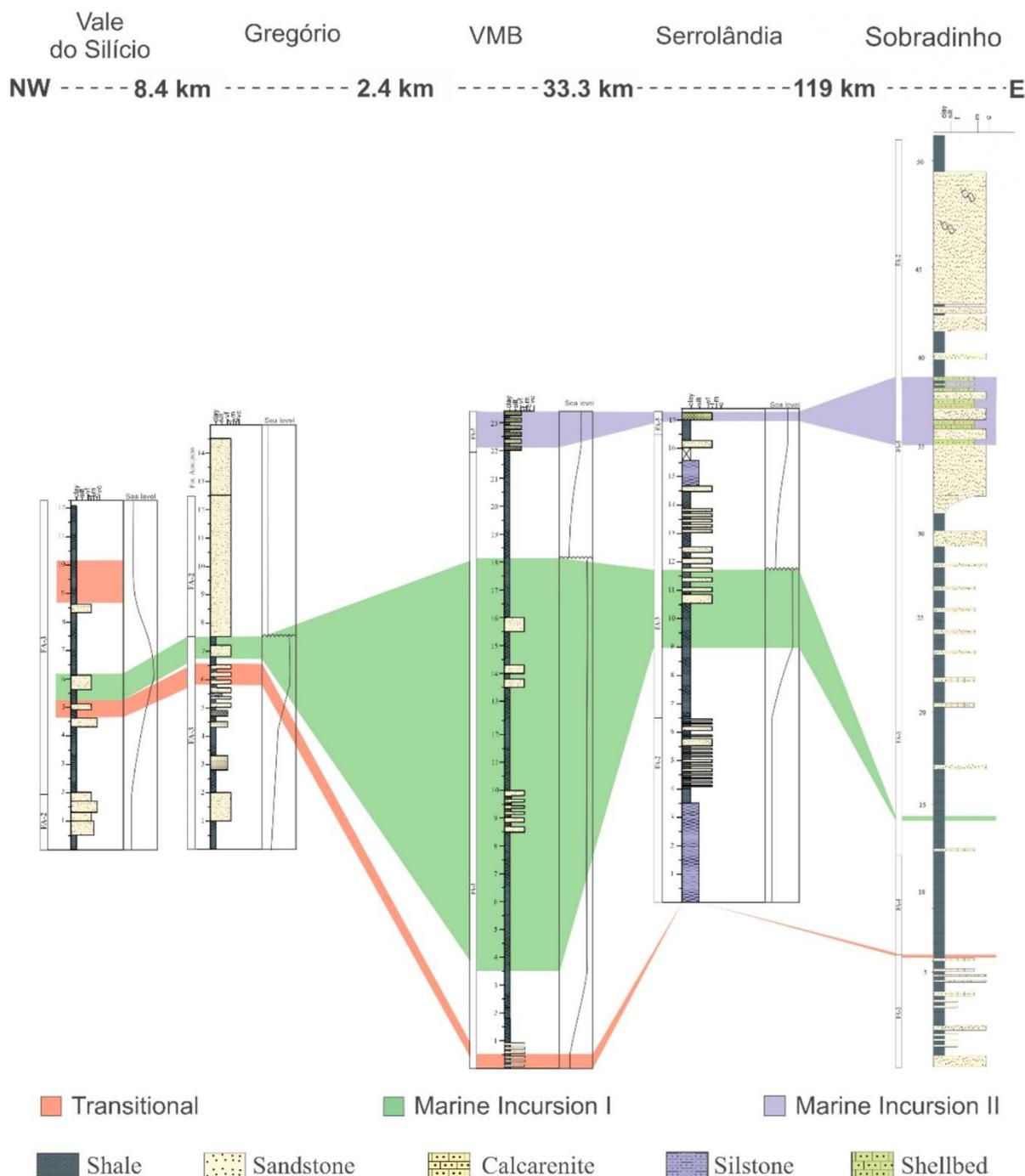
The Spinicaudata genus *Cyzicus* occurs in Brazil and Argentina since late Jurassic (Melo and Carvalho, 2017; Rich et al., 1997). The first Brazilian record of Limnadiidae dates to the Triassic, while Antronestheriidae dates to the Aptian-Albian. However, there are very few worldwide records of these three Spinicaudata taxa during the Early Cretaceous, through Asia, South and North America, Europe and Africa (Cook and Ross, 1996; Dodson et al., 1998; Heggemann et al., 1990; Slaughter, 1965), while in Brazil they occur in the Cedro, Barro, Potiguar and Parnaíba basins (Carvalho, 1993). Although more data is needed to trace Antronestheriidae's paleogeographic origin, it is possible to infer that *Cyzicus* and Limnadiidae already inhabited the Brazil before the marine ingression, which is justified because they are lacustrine taxa.

Relative to shrimp, sergestids have a very restricted distribution during the Cretaceous, limited to Brazil, Lebanon and Mexico (Bravi

et al., 2013; Vega et al., 2022). The carids found have been inserted into the Palaemonidae family with doubt, which is limited to Italy during the Early Cretaceous (Garassino and Bravi, 2003). These factors make it impossible to assign a paleogeographic interpretation to such taxa.

Mytilid bivalves have been recorded during the Cretaceous on all continents, with the exception of Antarctica, some of which have been found in formations influenced by the Pacific since the Jurassic (Liu et al., 2018). In Brazil, its occurrence is limited to the Araripe Basin during the Early Cretaceous (Pereira et al., 2018).

Thus, considering only the geographic distribution of the families identified in the Romualdo Formation during the Early Cretaceous, the marine influence of the Tethys Sea can be seen in the Parnaíba, Araripe and Sergipe-Alagoas basins, suggesting that this would have been the direction of the Aptian-Albian ingression in Northeast Brazil (Fig. 20).



**Fig. 19.** Correlation between the outcrops with distance between them, including the type section of the Romualdo Formation (Sobradinho site), location of the associations and their environments. Sea level is represented by lines, traced lines represent sampled levels with no paleoinvertebrates, where sea level is only inferred.

## 5. Conclusions

The VMB, Serrolândia, Vale do Silício and Gregório sections have diverse macroinvertebrate fauna. Through the paleoecological and taphonomic analysis of macroinvertebrates, three associations were identified: *Cyzicus* sp., *Paleomattea deliciosa* and Cassiopidae, which correspond respectively to transitional environments, marine incursion I and II. While the *Cyzicus* sp. and *Paleomattea deliciosa* associations show evidence of low-energy environments, the Cassiopidae association

implies tempestitic burial.

Tethyan taxa were identified, such as Cassiopidae and *Tylostoma ranchariensis*. Through fauna comparison and stratigraphic correlation, it was possible to point the Parnaíba Basin as the most plausible proposition as the Aptian-Albian marine incursion route through the interior basins of Northeastern Brazil.

Thus, the analyzed sections suggest a transgressive characteristic towards the top of the Romualdo Formation, increasing the spatial distribution of paleoinvertebrates, corroborating the incursion in the N-

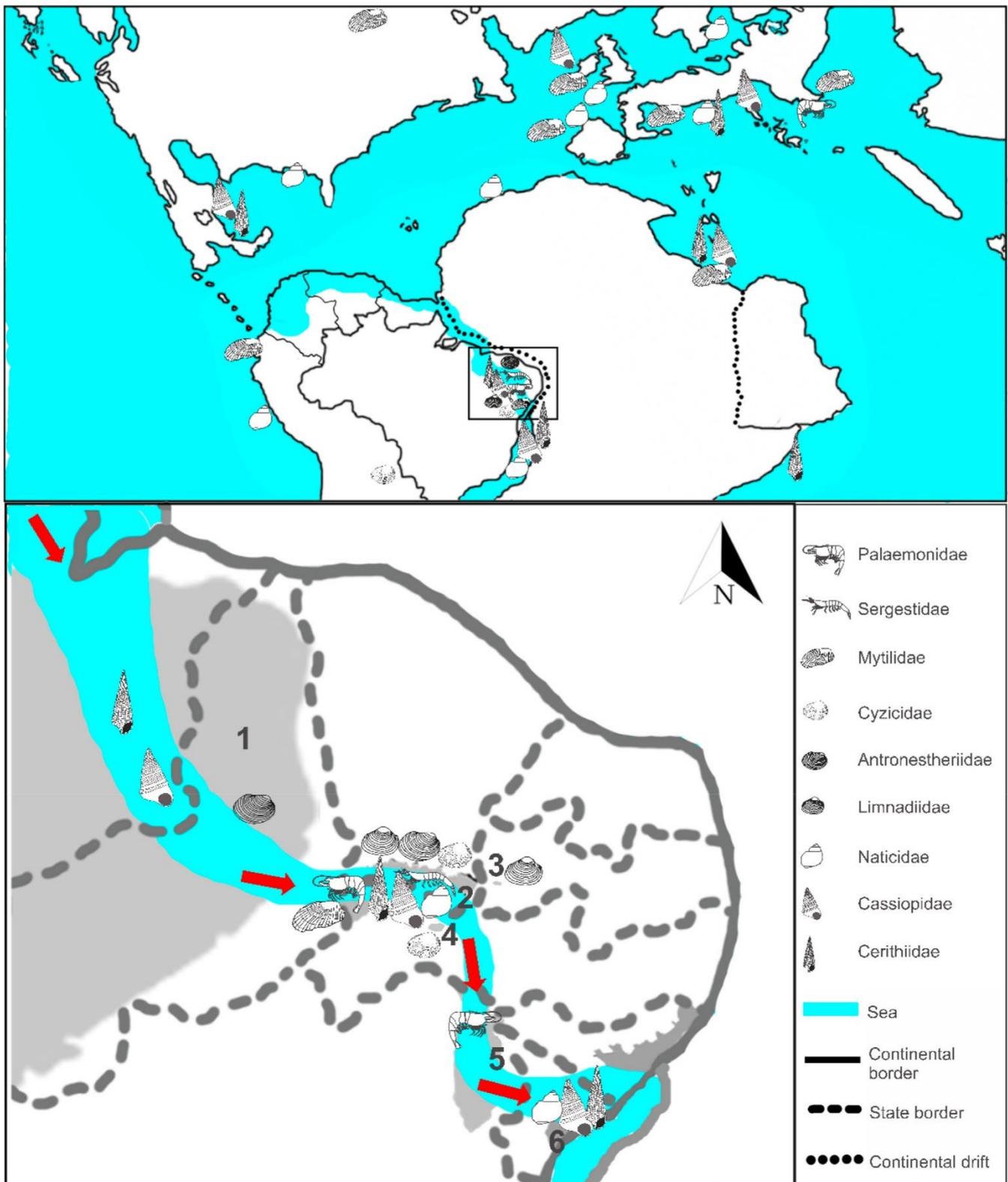


Fig. 20. Paleogeographic distribution of the invertebrate families collected in the studied sections during the Aptian-Albian. 1. Parnaíba Basin; 2. Araripe Basin; 3. Barro Basin; 4. Cedro Basin; 5. Tucano Basin; 6. Sergipe Basin. The red arrows indicating the direction of ingression. Modified from Scotese (2014), Schweitzer et al. (2016), Barros et al. (2020), Pereira (2016) and Prado et al. (2019).

NW direction to the South and contributing new data to the paleontological knowledge about the southwest portion of the Araripe Basin.

#### CRedit authorship contribution statement

**Bruno de Araújo Gomes:** Writing – original draft, Software, Methodology, Investigation, Formal analysis. **Ludmila Alves Cadeira do Prado:** Writing – review & editing, Supervision, Software, Methodology, Investigation, Conceptualization. **Alcina Magnólia Franca Barreto:** Writing – review & editing, Validation, Project administration, Methodology, Funding acquisition.

#### Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

#### Data availability

No data was used for the research described in the article.

#### Acknowledgments

The authors are grateful to PETROBRAS for financial support (Grant No. 2018/00305-0 Projeto Araripe Análise Paleoecológica e Bioestratigráfica do Albiano-Aptiano da Bacia do Araripe baseado em microfósseis carbonáticos e palinóforos), to the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), for the scholarship granted to the first author of this paper, to FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) for the research grant conceded to the second author of the paper (Grant No. 01326694/2022), and to CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) for the scholarship granted to the third author of this paper (Grant No. 303040 / 2017-3).

#### Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104249>.

#### References

- About Ela, N.M., Abdel-Gawad, G.L., Aly, M.F., 1991. Albian fauna of gabal manzour, maghara area, north sinai, Egypt. *J. Afr. Earth Sci.* 13, 201–220.
- Alencar, D.R., Pinheiro, A.P., Saraiva, A.A.F., Oliveira, G.R., Santana, W., 2018. A new genus and species of solenoceridae (crustacea, decapoda, dendrobranchiata) from the cretaceous (aptian/albian) of the araripe sedimentary Basin, Brazil. *Zootaxa* 4527, 494–500.
- Allison, E.C., 1955. Middle cretaceous gastropoda from punta China, baja California, Mexico. *J. Paleontol.* 29, 400–432.
- Arai, M., 2014. Aptian/albian (early cretaceous) paleogeography of the South atlantic: a paleontological perspective. *Braz. J. Genet.* 44, 339–350.
- Arai, M., Assine, M.L., 2020. Chronostratigraphic constraints and paleoenvironmental interpretation of the Romualdo Formation (Santana group, Araripe Basin, northeastern Brazil) based on palynology. *Cretac. Res.* 116, 104610.
- Arai, M., Coimbra, J.C., 1990. Análise paleoecológica do registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana (Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe). In: 1º Simpósio Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, pp. 226–233. Atas.
- Araripe, R.C., Oliveira, D.H., Tomé, M.E.T.R., Mello, R.M., Barreto, A.M.F., Sial, A.N., 2019. Análise isotópica de oxigênio e carbono em microfósseis da Formação Romualdo, cretáceo inferior, bacia do Araripe, Pernambuco, nordeste do Brasil. *Geochim. Bras.* 33, 133–142.
- Araripe, R.C., Oliveira, D.H., Tomé, M.E.T.R., Mello, R.M., Barreto, A.M.F., 2021. Foraminifera and ostracoda from the lower cretaceous (Aptian–lower albian) Romualdo Formation, Araripe Basin, northeast Brazil: paleoenvironmental inferences. *Cretac. Res.* 122, 104766.
- Araripe, R.C., Lemos, F.A.P., Prado, L.A.C., Tomé, M.E.T.R., Oliveira, D.H.D., Pereira, P. A., Nascimento, L.R.S.L., Asakura, Y., Ng, C., Viviers, M.C., Barreto, A.M.C., 2022. Upper aptian–lower albian of the southern central Araripe Basin, Brazil: microbiostratigraphic and paleoecological inferences. *J. S. Am. Earth Sci.* 116, 103814.
- Assine, M.L., 2007. Bacia do Araripe. *Bol. Geociências Petrobras* 15, 371–389.
- Assine, M.L., Perinotto, J.A.J., Custódio, M.A., Neumann, V.H., Varejão, F.G., Mescolotti, P.C., 2014. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Bol. Geociências Petrobras* 22, 3–28.
- Barbosa, J.A., Hessel, M.H., Neumann, V.H., 2004. Bivalves da Formação Crato, Bacia do Araripe. *Paleontologia em Destaque* 20, 41–42.
- Barros, O.A., Viana, M.S.S., Saraiva, A.A.F., SILVA, J.H., 2020. The first occurrence of fossil shrimps (Crustacea, Decapoda) in the Ipubi Formation (Lower Cretaceous, Araripe Basin). *Research, Society and Development* 9 e251985576.
- Batista, M.E.P., Sales, A.M.F., Pinheiro, A.P., Barros, O.A., 2015. Tafonomia de moluscos do sítio Barreiros, município de Moreilândia, PE, Bacia do Araripe. *Estudos Geológicos* 25, 53–60.
- Berthou, P.Y., Viana, M.V., Campos, D.A., 1990. Coupe de La Formation Santana dans Le secteur de “Pedra Branca” (Santana do Cariri) (Bassin D’ Araripe, NE du Br’ esil). 71 Contribution a l’ étude de la sedimentologie et des paleoenvironnements. In: 1º Simpósio Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, p. 173. Atas.
- Beurlen, K., 1962. Posição estratigráfica e paleogeográfica da chapada do Araripe. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia* 16, 2.
- Beurlen, K., 1963. Geologia e estratigrafia da chapada do Araripe. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia* 17, 1–47.
- Beurlen, K., 1964. As Espécies Dos Cassiopinae, Nova Subfamiliados Turriteliidae, no Cretáceo do Brasil. *Arquivo de Geologia da UFPE* 5, 1–43.
- Beurlen, K., 1966. Novos equinóides no Cretáceo do nordeste do Brasil. *An Acad. Bras Ciências* 38, 455–464.
- Bittencourt, J.S., Rohn, R., Gallego, O.F., Monferran, M.D., Uhlein, A., 2018. The morphology and systematics of the clam shrimp *Platyestheria* gen. nov. *abaetensis* (Cardoso) (Crustacea, Spinicaudata) from the Lower Cretaceous of the Sanfranciscana Basin, southeast Brazil. *Cretac. Res.* 91, 274–286.
- Bravi, S., Garassino, A., Schweigert, G., 2013. New decapod Crustacean community from the middle jurassic (Bajocian–Bathonian) of monte fallano (caserta, campania, southern Italy). *Symposium on Mesozoic and Cenozoic Decapod Crustaceans Book of Abstracts Field Trip Guidebook* 5, 13–15.
- Cardoso, R.N., 1966. Conchostráceos do grupo bahia: brasil. *Ouro Preto* 1, 76. *Boletim do Instituto de Geologia*.
- Carlucci, J.R., Westrop, S.R., 2012. Trilobite biofacies along an Ordovician (Sandbian) carbonate buildup to basin gradient, southwestern Virginia. *Palaios* 27, 19–34.
- Carvalho, I.S., 1993. Os Conchostráceos Fósseis das Bacias Interiores do Nordeste do Brasil. Ph.D. thesis. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Carvalho, I.S., 2014. Conchostráceos das Bacias Interiores do Nordeste brasileiro: indicadores climáticos do Cretáceo inferior. *Paleontologia: Cenários de vida - Paleoclimas* 5, 121–134.
- Cassab, R.C.T., 2003. Paleontologia da Formação Jandaíra, Cretáceo Superior da Bacia Potiguar, com ênfase na paleobiologia dos gastrópodos. Ph. D. thesis. Rio de Janeiro university.
- Choffat, P., Loriol, P. de, 1888. Matériaux pour l’ étude stratigraphique et paléontologique de la province d’ Angola. *Mem. Soc. Phys. Hist. Nat. Geneve* 30, 1–116.
- Cleevely, R.J., Morris, N.J., 1988. Taxonomy and ecology of cretaceous Cassiopidae (mesogastropoda). *Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.) Geol. Suppl.* 44, 233–291.
- Cook, E., Ross, A.J., 1996. The stratigraphy, sedimentology and palaeontology of the lower weald clay (hauterivian) at keymer tileworks, west sussex, southern england. *Proc. Geologists’ Assoc.* 107, 231–239.
- Cotteau, G., Péron, A., Gauthier, V.A., 1878. Etage Cénomanién. In: Masson, G. (Ed.), *Échinides fossiles de l’ Algérie: description des espèces déjà recueillies dans ce pays et considérations sur leur position stratigraphique*, pp. 145–235.
- Custódio, M.A., Quaglio, F., Warren, L.V., Simões, M.G., Fürsich, F.T., Perinotto, J.A.J., Assine, M.L., 2017. The transgressive-regressive cycle of the Romualdo Formation (Araripe Basin): sedimentary archive of the early cretaceous marine ingression in the interior of northeast Brazil. *Sediment. Geol.* 359, 1–15.
- Dodson, P., Krause, D.W., Forster, C.A., Sampson, S.D., Ravoavy, F., 1998. Titanosaurid (sauropoda) osteoderms from the late cretaceous of Madagascar. *J. Vertebr. Paleontol.* 18, 563–568.
- Fambrini, G.L., Silvestre, D.C., Barreto Junior, A.M., Silva Filho, W.F., 2020. Stratigraphy of the Araripe Basin: state of the art, critical review, and new results. *Geol. Usp. Série Científica* 20, 169–212.
- Fürsich, F.T., Oschmann, W., 1993. Shell beds as tools in basin analysis: the Jurassic of Kachchh, western India. *J. Geol. Soc.* 150, 169–185.
- Fürsich, F.T., Sha, J., Jiang, B., Pan, Y., 2007. High resolution palaeoecological and taphonomic analysis of Early Cretaceous lake biota, western Liaoning (NE-China). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 253, 434–457.
- Gallego, O.F., Monferran, M.D., Astrop, T.I., Zacarias, I.A., 2013. Reassignment of *loestheria codoensis* Cardoso (spinicaudata, anthronestheriidae) from the lower cretaceous of Brazil: systematics and paleoecology. *Rev. Bras. Palaontol.* 16, 47–60.
- Garassino, A., Bravi, S., 2003. Palaemon antonellae new species (Crustacea, Decapoda, Caridea) from the lower Cretaceous “Platydolomite” of Profeti (Caserta, Italy). *Journal of Paleontology* 77, 589–592.
- Ghilardi, R.P., 1999. Paleoauteoecologia dos bivalves do grupo passa dois (Neopermiano) no estado de São Paulo: bivalves fósseis como indicadores da dinâmica sedimentar. Ph.D. thesis. Universidade de São Paulo.
- Guerreiro, A., Reiner, F., 2000. Moluscos marinhos da ilha de São Vicente (Arquipélago Cabo Verde). *Europress. Povia de Santo Adriaio*, p. 279.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2006. *Past-Palaeontological Statistics*. University of Oslo ver. 1.32.
- Heggenmann, H., Kohring, R., Schlüter, T., 1990. Fossil plants and arthropods from the phra wihan formation, presumably middle jurassic, of northern Thailand. *Alcheringa* 14, 311–316.

- Hessel, M.H., Filizola, N.P., 1991. Algumas espécies de Aguilera (Bivalvia) do Albiano inferior de Sergipe. *Anais do Congresso Brasileiro de Paleontologia* 11, 301–316.
- Holz, M., Simões, M.G., 2002. Elementos Fundamentais de Tafonomia. Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 231.
- Kidwell, S.M., Holland, S.M., 1991. Field description of coarse bioclastic fabrics. *Palaios* 6, 426–434.
- Kidwell, S.M., Jablonski, D., 1983. Taphonomic feedback ecological consequences of shell accumulation. In: *Biotic Interactions in Recent and Fossil Benthic Communities*. Springer, Boston, MA, pp. 195–248.
- Lima, M.R., 1978. *Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)*. Ph.D. thesis. Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 335.
- Liu, J., Liu, H., Zhang, H., 2018. Phylogeny and evolutionary radiation of the marine mussels (Bivalvia: Mytilidae) based on mitochondrial and nuclear genes. *Mol. Phylogenet. Evol.* 126, 233–240.
- Maisey, J.G., Carvalho, M.G.P., 1995. First records of fossil sergestid decapods and fossil Brachyuran crab larvae (Arthropoda, Crustacea), with remarks on some supposed palaeonid fossils, from the Santana Formation (Aptian-Albian, NE Brazil). *Ann. Mus. Novit.* 3132, 20.
- Manso, C.L.C., Hessel, M.H., 2012. Novos equinoides (Echinodermata: Echinoidea) do Albiano da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Geociências* 42, 187–197.
- Martill, D.M., Brito, P.M., Washington-Evans, J., 2008. Mass mortality of fishes in the Santana formation (lower cretaceous, ?albian) of northeast Brazil. *Cretac. Res.* 29, 649–658.
- Martins-Neto, R.G., Mezzalana, S., 1991. Descrição de novos crustáceos (*Caridea*) da Formação Santana, Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. *An. Acad. Bras. Ciências* 63, 155–160.
- Maury, C.J., 1936. *O Cretáceo de Sergipe, Brasil*, vol. 283. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil.
- Mckenzie, K.G., 1981. Palaeobiogeography of some salt lake faunas. *Hydrobiologia* 82, 407–418.
- Melo, B.G.V., Carvalho, I.S., 2017. A Fauna da Formação Brejo Santo, Neojurássico da Bacia do Araripe, Brasil: Interpretações Paleoambientais, vol. 40. Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ, pp. 62–74.
- Menessier, G., 1984. Revision des gastropodes appartenant à la famille des Cassiopidae Kollmann (= Glauconiidae Pchelintsev). *Trav. Dep. Geol. Univ. Picardie, Amiens* 1, 190.
- Neumann, V.H.M.L., 1999. Cabrera, L. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, nordeste de Brasil. V Simpósio Cretáceo Brasileiro, Serra Negra, pp. 279–285.
- Pereira, P.A., 2016. *Moluscos da Formação Romualdo, Aptiano da Bacia Sedimentar do Araripe, NE do Brasil*. Ph.D. thesis, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Pereira, P.A., Cassab, R.C.T., Barreto, A.M.F., Almeida, J.A.C., 2015. Moluscos da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Cienc. Nat.* 10, 231–246.
- Pereira, P.A., Cassab, R.C.T., Barreto, A.M.F., 2017. Paleocologia e Paleogeografia dos Moluscos e Equinoides da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano da Bacia do Araripe, Brasil, vol. 40. Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ, pp. 180–198.
- Pereira, P.A., Cassab, R.C.T., Barreto, A.M.F., 2018. As Famílias Veneridae, Trochidae, Akeridae e Acteonidae (Mollusca), na Formação Romualdo: Aspectos Paleocológicos e Paleobiogeográficos no Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, NE do Brasil, vol. 41. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, pp. 137–152.
- Pinheiro, A.P., Saraiva, A.A.F., Santana, W., 2014. Shrimps from the Santana group (cretaceous: albian): new species (Crustacea: Decapoda: dendrobranchiata) and new record (Crustacea: Decapoda: Caridea). *An. Acad. Bras. Cienc.* 86, 663–670.
- Plotnick, R.E., 1986. Taphonomy of a modern shrimp: implications for the arthropod fossil record. *Palaios* 1, 286–293.
- Polck, M.A.R., Carvalho, M.S.S., Miguel, R., Gallo, V., 2015. Estratigrafia, Origem e Evolução da Bacia do Araripe. In: Polck, M.A.R., Carvalho, M.S.S., Miguel, R., Gallo, V. (Eds.), *Guia de Identificação de Peixes das Formações Crato e Santana da Bacia do Araripe*. Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Rio de Janeiro, pp. 15–19.
- Ponte, F.C., 1992. Origem e evolução das pequenas bacias cretácicas do interior do nordeste do Brasil. 2º Simpósio Sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras 55–58. *Resumos Expandidos*.
- Ponte, F.C., Ponte Filho, F.C., 1996. Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. Departamento Nacional da Produção Mineral, 4º e 10º Distritos Regionais, Delegacias do Ministério das Minas e Energia em Pernambuco e Ceará 68.
- Prado, L.A.C., Pereira, P.A., Sales, M.F.S., Barreto, A.M.F., 2014. Análise tafonômica e taxonômica da concentração de invertebrados fósseis do topo da Formação Romualdo, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe em Araripe, Ceará (CE). *Estudos Geológicos* 24, 53–64.
- Prado, L.A.C., Pereira, P.A., Sales, A.M.F., Barreto, A.M.F., 2015. Taphonomic and paleoenvironmental considerations for the concentrations of macroinvertebrate fossils in the romualdo member, Santana formation, late aptian-early albian, Araripe Basin, Araripina, NE Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 62, 218–228. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2015.06.005>.
- Prado, L.A.C., Pereira, P.A., Sales, A.M.F., Barreto, A.M.F., 2016. Tafonomia Dos Invertebrados Do Sítio Canastra, Formação Romualdo, Cretáceo Inferior, Bacia Do Araripe, Araripina, Pernambuco, Brasil, vol. 39. Anuário do Instituto de Geociências, pp. 77–87.
- Prado, L.A.C., Luque, J., Barreto, A.M.F., Palmer, A.R., 2018a. New brachyuran crabs from the aptian-albian Romualdo Formation, Santana group of Brazil: evidence for a tethyan connection to the Araripe Basin. *Acta Palaeontol. Pol.* 63, 737–750.
- Prado, L.A.C., Fambrini, G.L., Barreto, A.M.F., 2018b. Tafonomy of macroinvertebrates and albian marine ingression as recorded by the Romualdo Formation (cretaceous, Araripe Basin, Brazil). *Braz. J. Genet.* 48, 519–531.
- Prado, L.A.C., Calado, T.C.S., Barreto, A.M.F., 2019. New records of shrimps from the lower cretaceous Romualdo formation, Araripe Basin, northeastern Brazil, with new taxa of penaeoidea (Crustacea: Decapoda: dendrobranchiata). *Cretac. Res.* 99, 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2019.02.023>.
- Rich, T., Giménez, H.O., Cúneo, R., Puerta, P.F., Vacca, R., Vickers-Rich, P.A., 1997. Primer registro de un camarasaurido primitivo en el Gondwana patagónico [First record of a primitive camarasaurid in Patagonian Gondwana]. *Ameghiniana* 34, 540.
- Rodrigues, M.G., 2020. *Bivalves Bakevelliidae da Formação Romualdo (andar Alagoas, Cretáceo inferior), Bacia do Araripe, NE Brasil: significado paleoambiental e paleogeográfico*. Ph.D. dissertation. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro.
- Rodrigues, M.G., Varejão, F.G., Matos, S.A., Fürsich, F.T., Warren, L.V., Assine, M.L., Simões, M.G., 2022. High-resolution taphonomy and sequence stratigraphy of internally complex, bakevelliid dominated shell beds from the Aptian Romualdo Formation, Araripe Basin, NE Brazil. *Mar. Petrol. Geol.* 143 <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2022.105814>, 105814. ISSN: 02648172.
- Sales, A.M.F., 2005. Análise tafonômica das ocorrências fossilíferas de macroinvertebrados do Membro Romualdo (Albiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe, NE do Brasil: significado estratigráfico e paleoambiental. Ph.D. thesis. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Sales, A.M.F., Simões, M.G., Ghilardi, R.P., 2001. Ocorrência de Mytilidae (Bivalvia, Mollusca) nos calcários superiores do Membro Romualdo (Formação Santana, Albiano, Bacia do Araripe): implicações paleoecológicas e paleogeográficas, vol. 19. Simpósio de Geologia do Nordeste, pp. 18–19.
- Sälgeback, J., Savazzi, E., 2006. Constructional morphology of cerithiform gastropods. *Paleontological Research* 10, 233–259.
- Santana, W., Pinheiro, A.P., Silva, C.M.R., Saraiva, A.A.F., 2013. A new fossil caridean shrimp (Crustacea: Decapoda) from the cretaceous (albian) of the Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. *Zootaxa* 36, 293–300.
- Santana, W., Tavares, M., Martins, C.A.M., Melo, J.P.P., Pinheiro, A.P., 2022. A new genus and species of brachyuran crab (Crustacea, Decapoda) from the Aptian-Albian (Cretaceous) of the Araripe Sedimentary Basin, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 116, 103848 <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103848>.
- Schmidt-Neto, H., Netto, R.G., Tognoli, W., 2014. Taphonomic analysis of fossil concentrations from rio bonito formation, Taió region, Southern Brazil. *Rev. Bras. Palaontol.* 17, 207–224.
- Scotese, C.R., 2014. Atlas of Permo-Carboniferous Paleogeographic Maps (Mollweide Projection), Maps 53–64, Volumes 4. The Late Paleozoic, PALEOMAP Atlas for ArcGIS, PALEOMAP Project, Evanston, IL.
- Simões, M.G., Rodrigues, S.C., Bertoni-Machado, C., 2010. Procedimentos metodológicos em tafonomia. In: CARVALHO, I.S. (Org. (Ed.)), *Paleontologia*. 3, vol. 1. Interciência, Rio de Janeiro, pp. 413–429.
- Slaughter, B.H., 1965. A therian from the lower cretaceous (albian) of Texas. *Postilla* 93, 1–18.
- Sohl, N.F., 1987. Cretaceous gastropods: contrasts between Tethys and the temperate provinces. *J. Paleontol.* 61, 1085–1111.
- Souza, T.G.L., Matos, S.A., Varejão, F.G., Rodrigues, M.G., Ribeiro, A.C., Freitas, B.T., Warren, L.V., Assine, M.L., Simões, M.G., 2022a. High-resolution taphonomy of the lower cretaceous “amargosa biota”. Central Tucano Sub-Basin, Bahia, Brazil: Implications for the paleoenvironmental dynamics of a new Konservat-Lagerstätte. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 592, 110908.
- Souza, J.F.G., Iozaki, Y., Tsutsumi, Y., Schmitt, R.S., Medeiros, S.R., De Almeida, C.N., Araujo, B.C., Richetti, P., Da Silva, E.A., Netto, A.M.R., 2022b. Provenance analysis of the Araripe intracontinental basin, northeast Brazil—Routes for proto-Atlantic marine incursions in northwest Gondwana. *Sediment. Geol.* 440, 106243.
- Tavares, C., Martin, J., 2010. Suborder dendrobranchiata bate, 1888. In: Schram, F., von Vaupel Klein, C., Charmanier-Daures, M., Forest, J. (Eds.), *Treatise on Zoology—Anatomy, Taxonomy, Biology e The Crustacea, Decapoda, Volume 9, Part A, Eucarida: Euphausiacea, Amphionidacea, and Decapoda (partim)*. Koninklijke Brill NV, Leiden, The Netherlands, pp. 99–164.
- Terranova, M.S., Lo Brutto, S., Arculeo, M., Mitton, J.B., 2007. A mitochondrial phylogeography of *Brachidontes variabilis* (Bivalvia: Mytilidae) reveals three cryptic species. *J. Zool. Syst. Evol. Res.* 45, 289–298.
- Vega, F.J., Alvarado-Ortega, J., Luque, J., Porras-Múzquiz, H., Carbot-Chanona, G., González Rodríguez, K.A., Cevallos-Ferriz, S.R.R., Ifrim, C., 2022. Cretaceous Crustacea from plattenkalk deposits of Mexico. *J. S. Am. Earth Sci.* 116, 103839.
- Wenz, W., 1938. *Gastropoda teil I: allgemeiner teil und prosobranchia*. In: Schindewolf, O.H. (Ed.), *Handbuch der Paläozoologie*, pp. 481–720. Berlin, Band.

6.2. ARTIGO 2 - Invertebrados da Formação Romualdo, Bacia do Araripe:  
Análise de dados paleoecológicos e paleogeográficos

**Invertebrados da Formação Romualdo, Bacia do Araripe: Análise de  
dados paleoecológicos e paleogeográficos**

**BRUNO DE ARAÚJO GOMES<sup>1</sup>, LUDMILA ALVES CADEIRA DO  
PRADO<sup>2</sup>, ALCINA MAGNÓLIA FRANCA BARRETO<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Tecnologia e Geociências – CTG-UFPE, 1235, 50670-901, Cidade Universitária, Recife, PE; <sup>2</sup>Museu de Paleontologia Plácido Cidade Nuvens, Universidade Regional do Cariri-URCA, Santana do Cariri, CE; <sup>3</sup>Laboratório de Paleontologia – PALEOLAB, Centro de Tecnologia e Geociências, – CTG-UFPE, 1235, 50670-901, Cidade Universitária, Recife, PE; bruno.agomes@ufpe.br; prado.lac@gmail.com; alcinabarreto@gmail.com

**Resumo**

Os invertebrados fósseis são bons indicadores paleoambientais devido à sensibilidade às condições abióticas, trazendo boas contribuições ao entendimento do Aptiano-Albiano da Bacia do Araripe. Contudo, boa parte das informações paleoecológicas e paleobiogeográficas destes organismos encontra-se dispersa na literatura. Este trabalho tem como objetivo compilar dados pertinentes aos macroinvertebrados da Formação Romualdo, analisar e apontar as lacunas do conhecimento. Para tal, foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica, utilizando publicações científicas baseada nas famílias de Spinicaudata, equinoides, gastrópodes, bivalves, camarões e caranguejos da Formação Romualdo e sua distribuição no Brasil e no mundo ao longo do Aptiano-Albiano, utilizando bancos de dados online especializados. Foram compilados dados paleoecológicos e paleogeográficos referentes a 46 táxons de invertebrados, evidenciando-se aqueles com rotas de origem mais bem estudadas. Desta forma, foi possível evidenciar a carência de dados quanto ao modo de vida de certas famílias de moluscos e problemas sistemáticos quanto a identificação de famílias de várias espécies de camarões. Por fim, mostrou-se a predominância de táxons de águas marinhas (34), salobras (7) e lacustres (5). Destes, 18 táxons com distribuição tipicamente tetiana e outros 12 que

apresentam ocorrências também nos domínios Austral, Boreal ou ambos. O único grupo típico de água doce foi Spinicaudata, marcando ambientes com pouca ou nenhuma influência marinha e com raras ocorrências durante o Aptiano-Albiano.

## 1. INTRODUÇÃO

Os macroinvertebrados são bons indicadores paleoambientais devido a sua sensibilidade às condições abióticas. Por isso, são animais de grande importância para o entendimento paleoambiental do Aptiano-Albiano da Bacia do Araripe, ainda não bem compreendido quanto ao número e proveniência geográfica dos pulsos de transgressão marinha que culminaram com a deposição da Formação Romualdo. A ingressão trouxe consigo uma fauna exótica à Bacia do Araripe de hábitos marinhos com tolerância a diferentes salinidades, incluindo peixes, microfósseis e invertebrados (Araripe, 2021; Barbosa, Hessel & Neumann, 2004; Beurlen, 1966; Carvalho, 1993, 2014; Hessel & Filizola, 1991; Lima, 2013; Maisey & Carvalho, 1995; Manso & Hessel, 2012; Martins-Neto & Mezzalira, 1991; Pereira et al. 2016; Prado et al., 2018; Prado, Fambrini & Barreto, 2018; Sales, Simões & Ghilardi, 2001). Os invertebrados incluem moluscos gastrópodes e bivalvíos, equinodermas, decápodes e Spinicaudata.

O estudo dos macroinvertebrados fósseis na Formação Romualdo teve início na década de 60 com Beurlen (1962, 1963, 1964, 1966), Albuquerque (1963), Anjos (1963), Costa (1963) e Leite (1963) com a observação de gastrópodes, bivalves, equinoides, camarões e Spinicaudata. Porém, com exceção de Beurlen (1964, 1966) que descreve as primeiras espécies de gastrópodes e equinoides da Formação Romualdo, esses registros consistem em citações ou relatos de ocorrência. Os primeiros decápodes, por sua vez, foram identificados apenas na década de 1980, com a descrição do primeiro camarão por Martins-Neto (1987) e caranguejo por Maisey & Carvalho (1995).

Desde o final dos anos 2000 nota-se um grande aumento no número de espécies de invertebrados descritas para a Formação Romualdo, com destaque para os moluscos e decápodes (Alencar et al. 2018; Manso & Hessel, 2007; Pereira et al, 2015, 2016, 2018; Pinheiro, Saraiva & Santana, 2014; Prado et al.,

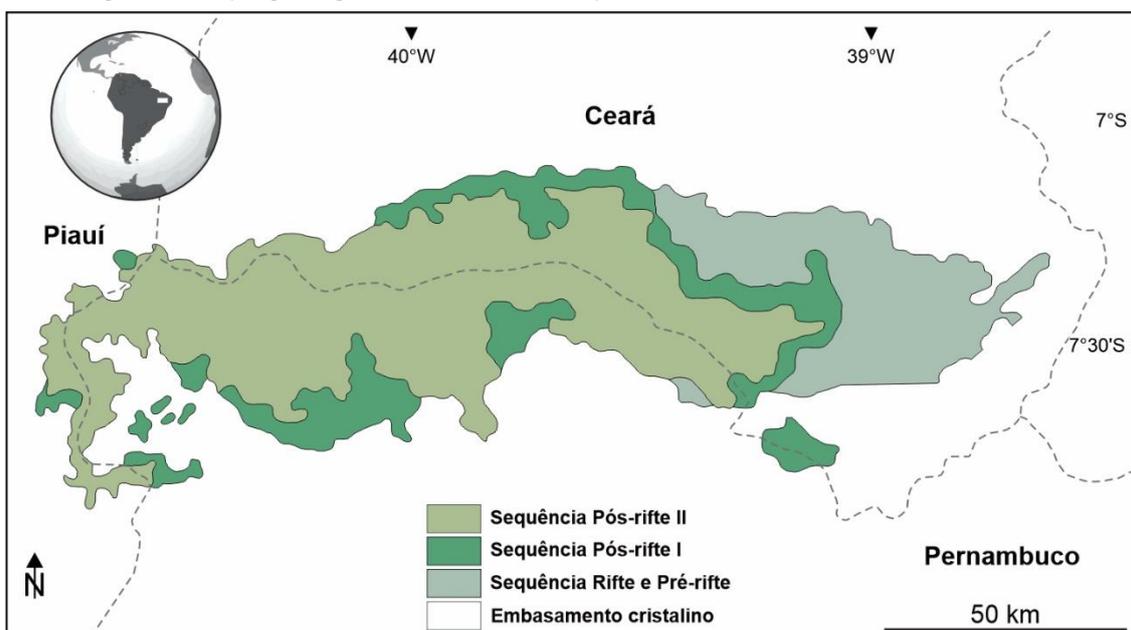
2015; 2018; Rodrigues et al., 2020; Santana *et al.*, 2013, 2022; Saraiva, Pinheiro & Santana, 2018).

Contudo, boa parte das informações paleoecológicas e paleogeográficas destes organismos encontram-se dispersas na literatura. Desta forma, este trabalho tem como objetivo compilar dados paleoecológicos e paleobiogeográficos pertinentes a respeito das espécies de macroinvertebrados da Formação Romualdo a fim de interpretar o paleoambiente da Formação Romualdo e também apontar as lacunas do conhecimento.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do Araripe localiza-se na região Nordeste do Brasil, e é considerada, dentre todas as bacias interiores, a mais extensa, tendo uma área de aproximadamente 9.000 km<sup>2</sup> (Fig. 1). Sua área de ocorrência inclui os limites da Chapada do Araripe e estende-se também pelo Vale do Cariri (Assine, 1992). Situando-se nos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, a bacia apresenta um rico registro fossilífero (Fambrini *et al*, 2020).

Figura 1: Mapa geológico da Bacia do Araripe.



Fonte: Adaptado de Assine (2007); Araripe et al., (2022).

Cinco sequências estratigráficas compõem a Bacia do Araripe, a Paleozoica, Pré-Rifte, Rifte, Pós-Rifte I e II. A primeira, composta por apenas pela Formação Cariri, datando entre o Neordoviciano e o Eossiluriano. Está assentada ao embasamento é composta, em sua maioria, por arenitos brancos, amarelados e acinzentados, sendo interpretada como fácies de sistemas fluviais entrelaçados (Assine, 2007; Fambrini *et al.*, 2020).

A Supersequência Pré-Rifte apresenta as formações Brejo Santo e Missão Velha, ambas de idade neojurássica, interpretadas como deposição lacustre e fluvial entrelaçado, respectivamente (Assine, 2007; Fambrini, 2020).

A Supersequência Rifte data do Neocomiano e é representada apenas pela Formação Abaiara. Esta apresenta alternância entre arenitos médios a finos e siltitos argilosos e folhelhos avermelhados a esverdeados. Sua interpretação é dada como composta por ambientes lacustres rasos, passando por sistema fluvial entrelaçado e por fim, ambiente continental (Assine, 1992, 2007; Fambrini, 2020).

A Supersequência Pós-Rifte I é composta pelo Grupo Santana. Este por sua vez, tem idade neoptiana-eoalbiana e inclui as Formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo. Na Formação Barbalha predominam arenitos finos a médios intercalados a folhelhos avermelhados e é interpretada como dois ciclos fluviais com a ocorrência de três breves incursões marinhas (Fauth *et al.*, 2022). Já na Formação Crato são encontrados calcários laminados ricos em fósseis e é caracterizada como um ambiente de sedimentação lacustre, embora Arai (2012) reporte a presença de ingressões marinhas pela presença de dinoflagelados. A Formação Ipubi é composta por uma camada de gipsita em associação com folhelhos verdes e pretos que tal como os evaporitos, representa ambientes costeiros. Por fim, a Formação Romualdo consiste em camadas de arenitos interestratificados e folhelhos escuros, com nódulos calcários. Apresenta fácies sedimentares de planície costeira, fácies costeira dominada por maré, fácies marinha de plataforma interna, fácies de plataforma interna para externa e fácies marinha dominada por tempestade, com concentração de invertebrados associados a calcarenitos (Assine, 2007; Custódio, 2017; Fambrini, 2020).

A última Supersequência da Bacia do Araripe é a Pós-Rifte II, composta pelas formações Araripina e Exu. A primeira é composta por ritmitos areníticos e argilitos amarelos a roxos e interpretada como planícies de leques aluviais

medianos a distais depositados em ambiente lagunar e planície de inundação em condições oxidantes. A última, constituída de arenitos conglomeráticos na base, seguidos por arenitos grossos e fácies pelíticas ao topo, é interpretada como sistema fluvial entrelaçado de origem torrencial (Assine, 2007; Fambrini, 2020; Valença, 1987).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Foi realizada uma extensa pesquisa bibliográfica, utilizando publica es científicas a respeito das famílias de Spinicaudata, equinoides, gastrópodes, bivalves, camarões e caranguejos da Forma o Romualdo e sua distribui o no Brasil e no mundo. Para isso, foram consultadas as bases de dados *Google Acadêmico*, portal de periódicos da Coordena o de Aperfei amento de Pessoal de Nível Superior (portal CAPES), *Web of Science* e *The Paleobiology Database*. Em seguida, foram selecionados os dados acerca da paleoecologia e paleobiogeografia dos animais e compilados por grupo. Além disso, foram apontadas as espécies das quais tais dados são escassos ou ausentes.

### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **4.1. INVERTEBRADOS DA FORMA O ROMUALDO**

Foram compiladas 46 espécies de macroinvertebrados formalmente descritos em 25 famílias (Decapoda: 7 famílias, 11 espécies; Spinicaudata: 4 famílias, 5 espécies; Mollusca: 10 famílias, 22 espécies; Echinoidea: 3 famílias, 4 espécies).

##### **4.1.1. DECAPODA**

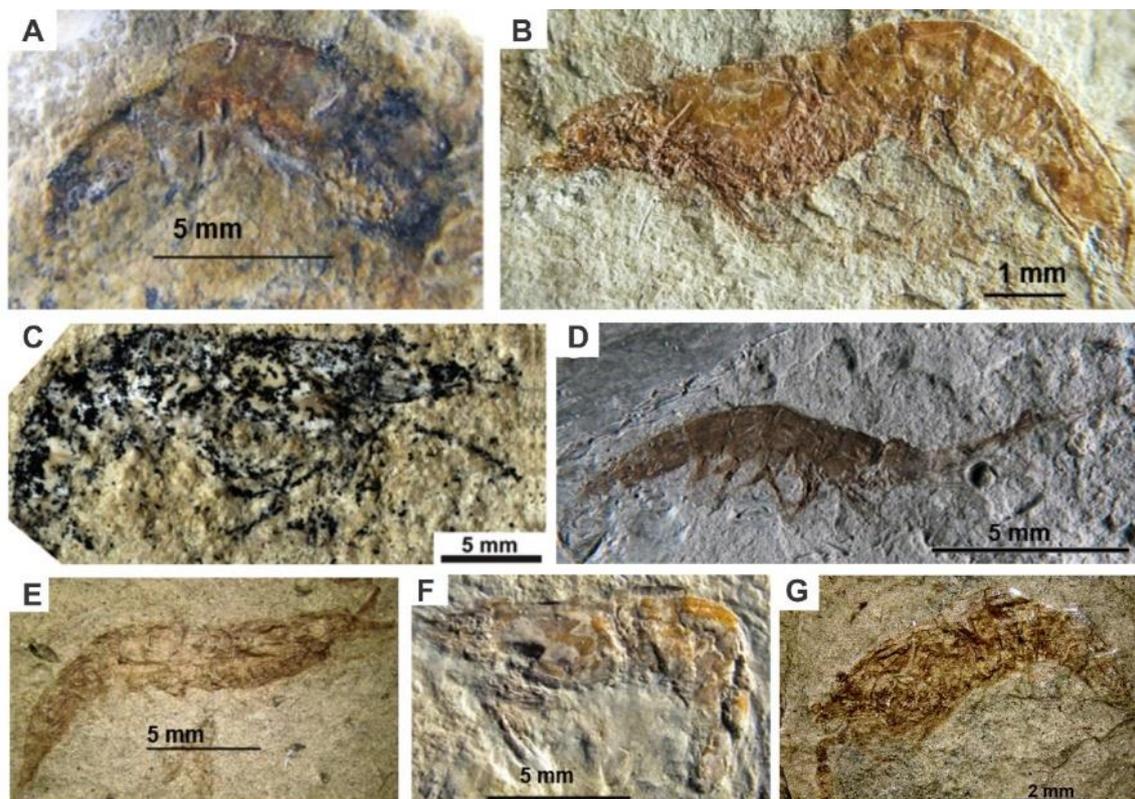
Os decápodes encontrados na Forma o Romualdo são agrupados em três grandes grupos: infraordem Caridea, infraordem Stenopodidea, subordem Dendrobranchiata (camarões) e infraordem Brachyura (caranguejos).

##### **4.1.1.1. CAMARÕES**

A Bacia do Araripe compreende uma das maiores diversidades em camarões do Cretáceo (Barros, 2020). Dentre eles, já foram encontradas na Formação Romualdo os dendrobranquiados *Sume marcosi*, *Cretainermis pernambucensis*, *Priorhyncha feitosai*, *Araripenaeus timidus* e *Paleomattea deliciosa*, o Stenopodidea *Dubiostenopus parvus* e o carídeo *Kellnerius jamacaruensis* (Alencar et al., 2018; Maisey & Carvalho, 1995; Pinheiro, Saraiva & Santana, 2014; Prado, Calado & Barreto, 2019; Santana et al., 2013; Saraiva, Pinheiro & Santana, 2018), representados na Figura 2 e listados na Tabela 1. Ressalta-se que as espécies *P. feitosai* e *S. marcosi*, representam as únicas ocorrências das famílias Solenoceridae e Luciferidae, respectivamente, no mundo.

Há registros destes animais nos municípios de Missão Velha, Santana do Cariri, Jardim (CE), Ouricuri, Ipubi, Araripina, Exu e Trindade (PE) (Alencar et al., 2018, 2020; Fürsich et al., 2019; Maisey & Carvalho, 1995; Pinheiro, Saraiva & Santana, 2014; Prado et al. 2019; Saraiva et al., 2009; Saraiva, Pinheiro & Santana, 2018).

Figura 2: Espécies de camarões encontradas na Formação Romualdo. A. *Araripenaeus timidus*; B. *Priorhyncha feitosai*; C. *Cretainermis pernambucensis*; D. *Sume marcosi*; E. *Paleomattea deliciosa*; F. *Kellnerius jamacaruensis*; G. *Dubiostenopus parvus*.



Fonte: Adaptado de Alencar *et al.*, 2018, 2020, 2023; Pinheiro, Saraiva & Santana, 2013; Prado *et al.*, 2019; Santana *et al.*, 2013; Saraiva, Pinheiro & Santana, 2018.

Tabela 1: Lista de espécies de camarões ocorrentes na Formação Romualdo e seus respectivos dados paleoecológicos e paleogeográficos. PI, Plactônico; P, Pelágico; B, Bentônico.

Família	Espécie	Modo de vida	Ambiente	Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Brasil)	Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Mundial)
Sergestidae	<i>Paleomattea deliciosa</i> Maisey & Carvalho, 1995	PI	Marinho profundo	Bacia do Araripe (Fursich <i>et al.</i> , 2019; Maisey & Carvalho, 2005, Prado <i>et al.</i> , 2019, Alencar <i>et al.</i> 2020).	-
Luciferidae	<i>Sume marcosi</i> Saraiva, Pinheiro & Santana, 2018	PI	Marinho	Bacia do Araripe (Saraiva, Pinheiro & Santana, 2018)	-
Incertae Sedis	<i>Cretainermis pernambucensis</i> Prado <i>et al.</i> , 2015	B	Marinho	Bacia do Araripe (Prado <i>et al.</i> , 2015)	-
Solenoceridae	<i>Priorhyncha feitosa</i> Alencar <i>et al.</i> 2018	B	Marinho profundo	Bacia do Araripe (Alencar <i>et al.</i> 2018)	-
<i>Incertae Sedis</i>	<i>Araripenaeus timidus</i> Pinheiro, Saraiva & Santana, 2014	P	Marinho	Bacia do Araripe (Pinheiro, Saraiva & Santana, 2014; Alencar <i>et al.</i> , 2020)	-
<i>Incertae Sedis</i>	<i>Dubiostenopus parvus</i> Alencar <i>et al.</i> , 2023	PI	Marinho	Bacia do Araripe (Alencar <i>et al.</i> , 2023)	-

Palaemonidae?	<i>Kellnerius jamacaruensis</i> Santana, Pinheiro, Silva, & Saraiva, 2013	?	Marinho	Bacia do Araripe (Santana, Pinheiro, Silva, & Saraiva, 2013; Pinheiro, Saraiva & Santana, 2014; Martins-Neto & Mezzalira, 1991).	<b>Europa:</b> Itália (Garassino & Bravi, 2003).
---------------	---	---	---------	--	--

### Sergestidae

Hábito: Segundo Tavares & Martin (2010), os sergestídeos são predominantemente de águas marinhas profundas. *Paleomattea deliciosa* apresentava pleópodes compridos e bem desenvolvidos, podendo ser evidência de um modo de vida pelágico (Saraiva et al., 2009), visto que a espécie passava boa parte da vida em colunas d'água (Vereshchaka, 2000), usando-os para natação. Inclusive, em Araripe et al. (2022), estes crustáceos foram observados em associação com nanofósseis que sugeriram deposição em mar aberto.

Paleogeografia: Os únicos registros de sergestídeos que datam da Formação Romualdo (Aptiano-Albiano) são provenientes da Bacia do Araripe, nos municípios de Missão Velha, Santana do Cariri, Jardim (CE), Ouricuri, Ipubi, Araripina, Exu e Trindade (PE) (Maisey & Carvalho, 1995; Alencar *et al.*, 2020; Fürsich *et al.*, 2019; Saraiva *et al.*, 2009; Prado *et al.* 2019).

### Luciferidae

Hábito: A família Luciferidae apresenta hábitos exclusivamente planctônicos pelágicos, sendo por isso, atribuído à *Sume marcosi* o mesmo caráter. Seu holótipo foi encontrado em associação com *Paleomattea deliciosa* e *Araripenaeus timidus* (Saraiva, Pinheiro & Santana, 2018).

Paleogeografia: O holótipo de *Sume marcosi* é o único exemplar fóssil registrado para a Luciferidae, este oriundo da Formação Romualdo (Aptiano-Albiano) da Bacia do Araripe, no município de Trindade, PE (Saraiva, Pinheiro & Santana, 2018).

### Solenoceridae

Hábito: A família Solenoceridae inclui animais vivos de hábitos bentônicos e de mares profundos (Chan, 2012; Crosnier & Forest 1969; 1973; De Grave et al. 2009; Pérez Farfante 1977), sendo atribuído a *Priorhyncha feitosai* o mesmo hábito (Alencar et al., 2018; Saraiva, Pinheiro & Santana, 2018).

Paleogeografia: *Priorhyncha feitosai* é a única espécie de Solenoceridae fóssil que data do Cretáceo, coletado na Formação Romualdo (Aptiano-Albiano) da Bacia do Araripe, entre os municípios de Trindade e Ipubi, PE (Alencar et al., 2018).

### *Incertae Sedis*

#### *Araripenaeus timidus*

Hábito: *A. timidus* apresenta ambos holótipo e parátipo incompletos, ambos sem carapaça. Dada a ocorrência no nível das concreções calcárias onde ocorrem vertebrados eurialinos e marinhos e ausência de organismos tipicamente marinhos (ex. equinoides), foi indicado mesmo habitat para a referida espécie (Pinheiro, Saraiva & Santana, 2014). Segundo Alencar et al. (2020), *A. timidus* é considerado pelágico.

Paleogeografia: Encontrado na Formação Romualdo (Aptiano-Albiano) da Bacia do Araripe, nos municípios de Jardim, CE e Trindade, PE (Alencar et al., 2020; Pinheiro, Saraiva & Santana, 2014).

### *Incertae Sedis*

#### *Cretainermis pernambucensis*

Hábito: *C. pernambucensis* é representado apenas por um espécime mal preservado encontrado no nível das concreções calcárias da Formação Romualdo. Este teria hábito pelágico bentônico marinho e/ou transicional, assim como *Araripenaeus timidus* (Alencar et al., 2020; Prado et al., 2019).

Paleogeografia: Encontrado na Formação Romualdo (Aptiano-Albiano) da Bacia do Araripe, no município de Araripina, PE (Prado et al., 2019).

*Incertae Sedis**Dubiostenopus parvus*

Hábito: *D. parvus* foi registrado no mesmo estrato onde também foi encontrado *Sume marcosi*, indicando hábitos planctônicos (Alencar *et al.*, 2023).

Paleogeografia: Encontrado na Formação Romualdo (Aptiano-Albiano) da Bacia do Araripe, no município de Trindade, PE (Alencar *et al.*, 2023).

## Palaemonidae?

Hábito: Os palemonídeos são camarões cosmopolitas, porém a grande maioria ocupa mares rasos até profundidades de 1285 m (Davie, 2002). O holótipo e parátipo de *Kellnerius jamacaruensis*, oriundos do município de Jardim, CE, apresentam poucos detalhes morfológicos devido a sua preservação. Porém, visto que seu parátipo foi encontrado na mesma concreção calcárea que o holótipo de *Araripenaeus timidus*, seus ambientes inferidos foram semelhantes, mares rasos e/ou estuarinos (Pinheiro, Saraiva & Santana, 2014).

Paleogeografia: *Kellnerius jamacaruensis* ocorre na Formação Romualdo (Aptiano-Albiano) da Bacia do Araripe nos municípios de Jardim (CE) e Ipubi (PE) (Gomes *et al.*, 2023; Pinheiro, Saraiva & Santana, 2014). Os palemonídeos da Bacia do Araripe são encontrados também na Formação Crato (Aptiano), com *Beurlenia araripensis*. A família em questão também ocorre durante o Aptiano-Albiano na Formação Marizal, na Bacia Tucano Central (Souza *et al.*, 2022). Por fim, também há registros de Palaemonidae na Itália, dentro do Domínio Tetiano (Garassino & Bravi, 2003).

**4.1.1.2. CARANGUEJOS**

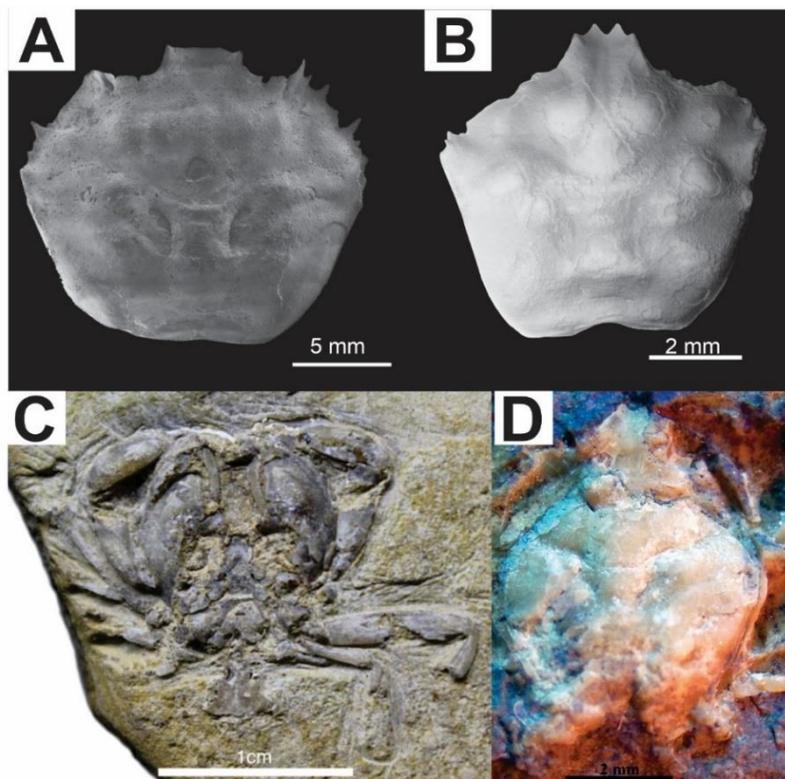
Até então foram registradas quatro espécies de caranguejos braquiúros na Formação Romualdo, *Exucarcinus gonzagai*, *Chronocancer camilosantanae*, *Araripecarcinus ferreirai* e *Romualdocarcinus salesi*, representados na Figura 3 e listados na Tabela 2.

Tabela 2: Lista de espécies de caranguejos ocorrentes na Formação Romualdo e seus respectivos dados paleoecológicos e paleogeográficos. B. Bentônico; I. Infaunal.

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>Modo de vida</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Brasil)</b>	<b>Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Mundial)</b>
Orithopsidae	<i>Exucarcinus gonzagai</i> Prado & Luque, 2018	B, I?	Marinho raso	Bacia do Araripe (Prado <i>et al.</i> , 2018;	<b>América do Sul:</b> Colômbia (Rathbun, 1937).
	<i>Chronocancer camilosantanai</i> Santana <i>et al.</i> , 2022	B, I?	Marinho raso	Santana <i>et al.</i> , 2022).	
Necrocarcinidae?	<i>Araripecarcinus ferreirai</i> Martins-Neto, 1987	B, I?	Marinho raso	Bacia do Araripe (Martins-Neto, 1987).	<b>América do Norte:</b> EUA (Rathbun, 1935). <b>Ásia:</b> Japão (Takeda & Fujiyama, 1983).
Eogeryonidae?	<i>Romualdocarcinus salesi</i> Prado & Luque, 2018	B?	Marinho bentônico	Bacia do Araripe (Prado <i>et al.</i> , 2018)	-

Segundo Klompmaker *et al.* (2013), estes caranguejos desempenhavam um papel importante nas comunidades marinhas bentônicas do Mesozóico, quando diversificaram-se e tornaram-se o grupo de decápodes dominantes de uma série de ambientes diferentes. Contudo, seu registro na Formação Romualdo é drasticamente reduzido, em comparação com outros grupos.

Figura 3: Espécies de caranguejo encontradas na Formação Romualdo. A. *Romualdocarcinus salesi*; B *Exucarcinus gonzagai*; C. *Araripecarcinus ferreirai*; D. *Chronocancer camilosantanai*.



Fonte: Adaptado de Luque, 2013; Prado *et al.*, 2018; Santana *et al.*, 2022.

### Seção Raninoida

Hábito: *Exucarcinus gonzagai*, *Chronocancer camilosantanai* e *Araripecarcinus ferreirai* pertencem ao grupo Raninoida, o qual é composto por espécies, viventes e extintas, que habitam exclusivamente zonas marinhas subtidais (Luque, 2015; Aller, 1982, Davies *et al.*, 1989). Ademais, Prado *et al.* (2018), identificaram exemplares de *E. gonzagai* associados a equinoides, invertebrados também de hábitos exclusivamente marinhos rasos, corroborando com o hábito atribuído ao braquiúro.

*Chronocancer camilosantanai*, por sua vez, foi encontrado em uma concreção oriunda de uma camada estratigráfica de deposição interpretada como marinha. Outras concreções da mesma camada também apresentaram fragmentos de caranguejos e também camarões (Santana *et al.*, 2022; Prado *et al.*, 2021).

Apesar de ter sido descrita em Martins-Neto (1987) como Portunoidea, *Araripecarcinus ferreirai* é incluído dentro de Raninoidea, possivelmente da família Necrocarcinidae, composta exclusivamente de espécies marinhas de hábito infaunal. Porém, devido ao seu plano corporal largo e ornamentado (“crab-like”), é possível que este táxon apresentasse hábito epifaunal (Luque, 2014).

É válido ressaltar que, devido ao exemplar de *Araripecarcinus ferreirai* encontrar-se em face ventral, e a *Chronocancer camilosantanae* e *Exucarcinus gonzagai* em face dorsal, é possível que o primeiro corresponda à carapaça dorsal de um dos demais (Prado et al., 2018).

Paleogeografia: O registro de tal seção durante o Aptiano-Albiano do Brasil resume-se à Formação Romualdo. A família Orithopsidae ocorre nos municípios de Exu e Moreilândia, PE, enquanto Necrocarcinidae, apenas em Exu, PE. Fora do Brasil, a primeira tem registros na Colômbia, parte do Domínio Tetiano (Rathbun, 1937), enquanto a última ocorre tanto em Domínio Tetiano e Boreal, nos EUA e Japão, respectivamente (Rathbun, 1935; Takeda & Fujiyama, 1983).

#### Eogeryonidae?

Hábito: Inserido na seção Eubrachyura, *Romualdocarcinus salesi* é incluído com dúvida na família Eogeryonidae, cuja superfamília Portunoidea é exclusiva de ambientes marinhos. Exemplares da espécie foram observadas junto a *E. gonzagai* (Prado et al., 2018) e não apresenta o último pereópode na forma de pá (Ossó, 2016), típica dos indivíduos natantes.

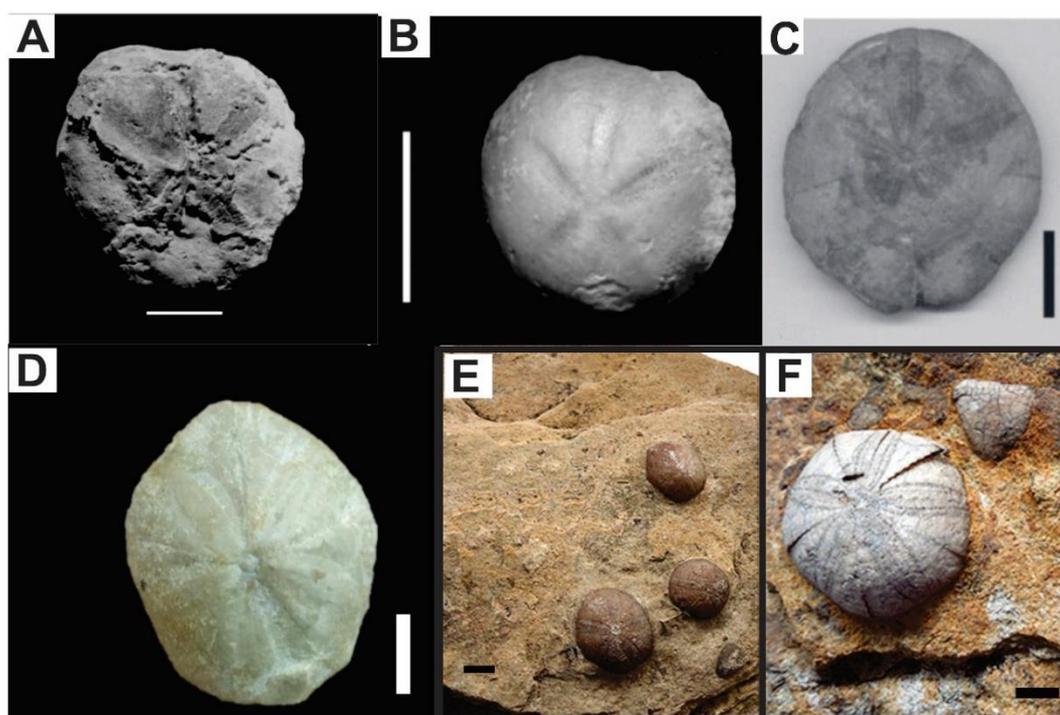
Paleogeografia: os únicos registros da família Eogeryonidae durante o Aptiano-Albiano são os espécimes de *Romualdocarcinus salesi* na Formação Romualdo, município de Exu, PE (Prado et al., 2018).

#### 4.1.2. EQUINOIDES

As quatro espécies de equinoides identificadas até o momento na Formação Romualdo: *Bothryopneustes araripensis*, *Pygurus tinocoi*, *Hemiaster proclivus* e *Douvillaster benguellensis*, ocorrem em áreas próximas umas das outras, na porção oeste da Bacia do Araripe, onde podem ser encontrados espécimes completamente articulados (Prado et al., 2016). Esta proximidade

indica que estas espécies provavelmente dividiram o mesmo ambiente, mas ocupavam nichos diferentes. No caso, Cassiduloida (*B. araripensis* e *P. tinoco*) seria epifaunal ou semiendofaunal e Spatangoida (*H. proclivus* e *D. benguellensis*) seria endofaunal (Manso & Hessel, 2012). São frequentemente encontrados em coquinas, em associação com moluscos (Pereira *et al.*, 2015, 2016; Prado, 2015; Prado *et al.*, 2016). Tais espécies estão representadas na Figura 4 e listadas na Tabela 3.

Figura 4: Espécies de equinóides encontradas na Formação Romualdo. A. *Douvillaster benguellensis*; B. *Hemiaster proclivus*; C. *Bothryopneustes araripensis*; D. *Pygurus tinoco*; E-F. Equinóides em coquinas calcáreas. Barra de escala: 1 cm.



Adaptado de Manso & Hessel, 2007, 2012; Pereira *et al.*, 2017.

Tabela 3: Equinoides da Formação Romualdo e seus respectivos dados paleoecológicos e paleogeográficos. I: infaunal; S-I: Semi-infaunal; E: epifaunal.

Família	Espécie	Modo de vida	Ambiente	Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Brasil)	Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Mundial)
Toxasteridae	<i>Douvillaster benguellensis</i> Loriol, 1888	I	Marinho raso	Bacia do Araripe (Manso & Souza-Lima, 2012), Bacia Sergipe (Manso & Souza-Lima, 2003).	<b>África:</b> Argélia, Egito, Marrocos, Angola, Madagascar (Abdelhamid & Azab, 2003; Alloiteau, 1958; Choffat & Loriol, 1888; Emberger, 1954; Rey <i>et al.</i> , 1988). <b>América do Sul:</b> Chile, Peru, (Arévalo, 2005; Benavides-Carceres, 1956). <b>América do Norte:</b> México, EUA, (Allison, 1955; Clark & Twitchell, 1915). <b>Europa:</b> Reino Unido, Hungria, Espanha, Sérvia e Montenegro (Casey, 1961; Calzada & Mar Urquiola, 1995; Jankicevic, 1979; Szörenyi, 1960).
Hemiasteridae	<i>Hemiaster proclivus</i> Cotteau, Peron & Gauthier, 1878	I	Marinho raso	Bacia do Araripe, Bacia Sergipe (Manso, 2003; Manso & Hessel, 2012; Smith & Bengtson, 1991).	<b>África:</b> Egito, Madagascar, África do Sul (Alloiteau, 1958; Kennedy & Klinger, 1975; Mekawy, 2013; Neraudeau & Breton, 1993). <b>América do Norte:</b> EUA, México, Groelândia (Donovan, 1949; Kellum, 1956; Kues, 1997). <b>Antártica:</b> Antártica (Doyle, 1987). <b>Europa:</b> Espanha, França, Suíça (Delamette <i>et al.</i> , 1997; Gallemi <i>et al.</i> , 1997).
Clypeidae	<i>Bothryopneustes araripensis</i> Manso & Hessel, 2007	E? S-I?	Marinho raso	Bacia do Araripe, Bacia Sergipe (Beurlen, 1963; Manso & Hessel, 2007).	<b>África:</b> Angola, Egito (Choffat & Loriol, 1888; El Qot, 2021) <b>Europa:</b> Suíça, França (Jaccard, 1869).
	<i>Pygurus (Echinopygus) tinocoi</i> Beurlen, 1966	E	Marinho raso		

### Toxasteridae

Hábito: a morfologia *Douvillaster benguellensis*, da família Toxasteridae, aponta que esta espécie habitaria mares com pouca disponibilidade de oxigênio, devido à morfologia de sua carapaça (Manso & Souza-Lima, 2003).

Paleogeografia: No Brasil, existem registros da família Toxasteridae na Formação Romualdo, no município de Rancharia, PE (Pereira *et al.*, 2017; Manso & Hessel, 2012). Também ocorre na Bacia Sergipe (Manso & Souza-Lima 2003, 2012). No exterior, ocorre durante o Aptiano-Albiano por regiões do Domínio Tetiano, como o Peru, Angola, Egito, Madagascar, a região do Golfo do México e Europa (Abdelhamid & Azab, 2003; Allison, 1955; Alloiteau, 1958; Benavides-Carceres, 1956; Casey, 1961; Calzada & Mar Urquiola, 1995; Choffat & Loriol, 1888; Clark & Twitchell, 1915; Emberger, 1954; Jankicevic, 1979; Rey *et al.*, 1988; Szörenyi, 1960), além do Chile (Arévalo, 2005), que se encontra no Domínio Austral.

### Hemiasteridae

Hábito: A família Hemiasteridae é representada na Formação Romualdo por *Hemiaster proclivus*. Segundo Manso & Hessel (2012), a morfologia de sua carapaça indica que esta espécie teria também hábito epifaunal marinho. Os petaloides pouco sulcados aparentam ser pouco eficientes na fixação do oxigênio, indicando que tal espécie habitaria ambientes mais rasos bem oxigenados.

Paleogeografia: No Cretáceo brasileiro, Hemiasteridae foi observada na Bacia do Araripe, no município de Rancharia, PE (Manso & Heassel, 2012) e na Bacia Sergipe (Manso, 2003; Smith & Bengtson, 1991). Fora do Brasil, os registros do Aptiano-Albiano em regiões tetianas são oriundos dos Golfo do México, oeste Europeu, Egito (Alloiteau, 1958; Delamette *et al.*, 1997; Gallemi *et al.*, 1997; Kellum, 1956; Kues, 1997; Mekawy, 2013; Neraudeau & Breton, 1993), além de registros no Domínio Austral, como na África do Sul e Antártida (Doyle, 1987; Kennedy & Klinger, 1975), e no Domínio Boreal, como na Groelândia (Donovan, 1949).

## Clypeidae

Hábito: *Bothryopneustes araripensis* e *Pygurus (Echinopygus) tinocoi* são as espécies representantes da família Clypeidae na Formação Romualdo. Ambas foram encontradas associadas umas às outras, além de gastrópodes e bivalves de hábitos marinhos ou eurialinos (Beurlen, 1963, 1966; Sales & Leal, 1993; Cavalcanti & Viana, 1990; Pereira, 2016). Segundo Manso & Hessel (2007), devido à carapaça de *B. araripensis* apresentar um contorno anterior arredondado, a espécie seria da infauna rasa. Já à *P. tinocoi*, foram atribuídos os hábitos epifaunal ou semi-endofaunal

Paleogeografia: No Brasil a família ocorre na Bacia do Araripe, nos municípios de Araripina, Exu (Pereira *et al.*, 2015, 2016; Prado, 2019; Sales, 2005) e na Bacia Sergipe (Beurlen, 1963; Manso & Hessel, 2007). Mundialmente, a família está distribuída em países da Europa, no Egito e Angola durante o Aptiano-Albiano, dentro dos limites tetianos (Choffat & Loriol, 1888; El Qot, 2021; Jaccard, 1869).

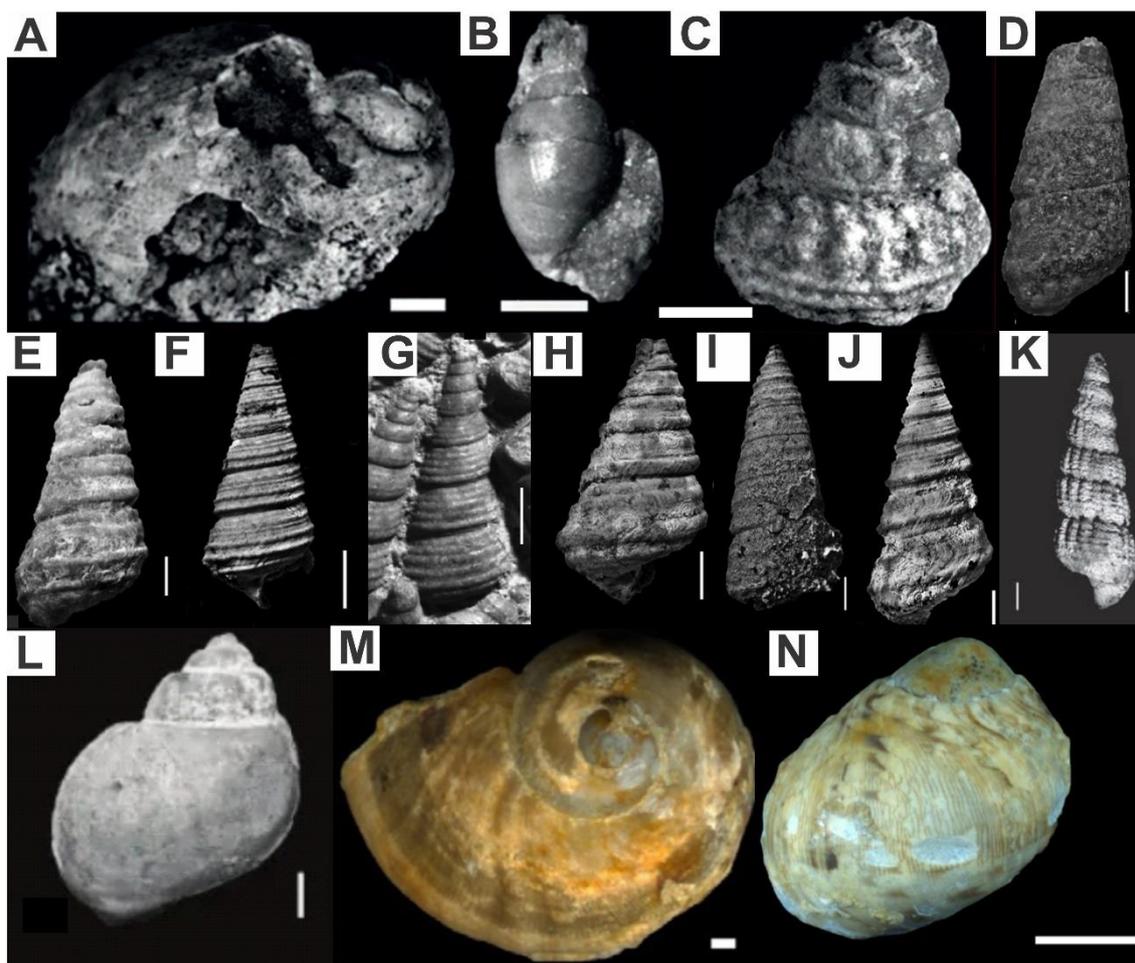
### 4.1.3. MOLLUSCA

Os moluscos encontrados na Formação Romualdo são divididos nas classes Gastropoda e Bivalvia.

#### 4.1.3.1. GASTRÓPODES

Os gastrópodes são moluscos cosmopolitas que apresentam diversos modos de vida (Brusca *et al.*, 2018). Na Formação Romualdo são encontradas as famílias Cassiopidae, Cerithiidae, Naticidae, Trochidae, Actenoidae e Akeridae (Berthou *et al.*, 1990; Beurlen, 1963; Cavalcanti & Viana, 1990; Fürsich *et al.*, 2019; Martill, 1993; Pereira *et al.*, 2015, 2016, 2017; Prado, 2019; Sales & Leal, 1996; Sales *et al.*, 1999; Santos, 1982). Tais espécies estão representadas na Figura 5.

Figura 5: Gastrópodes da Formação Romualdo. Akeridae: A. *Akera* sp.; Acteonidae: B. *Acteon* sp.; Trochidae: C. *Calliostoma* sp.; Cassiopidae: D. *Gymnentome* (*Gymnentome*) *carregozica*; E. *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *lyrica*; F. *Pseudomesalia*' (*Pseudomesalia*) *mennessieri*; G. *Pseudomesalia*' (*Pseudomesalia*) *santanensis*; H. *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *araripensis*; I. *Gymnentome* (*Gymnentome*) *romualdoi*; J. *Gymnentome* (*Craginia*) *beurleni*; Cerithiidae: K. *Cerithium* *sergipensis*; Naticida: L. *Tylostoma* *ranchariensis*; M. *Natica* sp.; N. *Euspira* sp. Barra de escala: A, C, D, E, G, H, K e L = 1 mm; B = 0,5 mm; F, I, J, M e N = 2 mm.



Fonte: Adaptado de Pereira *et al.*, 2015, 2016, 2018, 2022.

### Cassiopidae

Hábito: Os Cassiopídeos são representados na Formação Romualdo pelas espécies *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *araripensis*, *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *lyrica*, *Gymnentome* (*Gymnentome*) *romualdoi*, *Gymnentome* (*Gymnentome*) *carregozica*, *Gymnentome* (*Craginia*) *beurleni*, *Pseudomesalia*' (*Pseudomesalia*) *mennessieri* e *Pseudomesalia*' (*Pseudomesalia*) *santanensis* (Tabela 4).

Segundo Pereira *et al.* (2017), os cassiopídeos eram epifaunais e habitavam ambientes marinhos, desde a zona entremarés até profundidades de 50 m, e águas salobras. Neste último, é comum apresentarem tamanhos de conchas reduzidos e populações mais numerosas (Remane, 1963).

Paleogeografia: Na Formação Romualdo, já foram registrados cassiopídeos nos municípios de Ipubi, Araripina, Exu, Trindade (Pernambuco), Santana do Cariri, Nova Olinda, Jardim, Missão Velha e Crato (Ceará) (Araripe, 2022; Berthou *et al.*, 1990; Beurlen, 1963, 1964; Cavalcanti & Viana, 1990; Fürsich *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2015, 2016; Prado *et al.*, 2021; Martill, 1993; Sales *et al.*, 1999; Sales & Leal, 1996; Santos, 1982). O grupo também tem registros, durante o Aptiano-Albiano, na Bacia Sergipe, Pernambuco e Parnaíba, (Maury, 1936; Beurlen, 1964; Mennessier, 1984; Cassab, 2003). Os cassiopídeos apresentam ocorrência dentro dos limites tetianos no Aptiano-Albiano do Egito, Angola, México, oeste dos EUA, e oeste europeu (Aboul Ela *et al.*, 1991; Allison, 1955; Casey, 1961; Choffat & Loriol, 1888; Czabalay, 1985; Scott, 1970; Rey, 1972; Steuber, 1999), e no Japão (Kase, 1984), no Domínio Boreal.

Tabela 4: Lista de espécies de cassiopídeos ocorrentes na Formação Romualdo e seus respectivos dados paleoecológicos e paleogeográficos. E: epifaunal.

<b>Espécie</b>	<b>Modo de vida</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Distribuição geografica da família no Aptiano-Albiano (Brasil)</b>	<b>Distribuição geografica da família no Aptiano-Albiano (Mundial)</b>
<i>Paraglauconia</i> ( <i>Diglauconia</i> ) <i>araripensis</i> (Beurlen, 1964)	E	Marinho (zona intertidal - infralitoral)	Bacia Sergipe, Bacia Pernambuco, Bacia do Parnaíba, Bacia do Araripe (Maury, 1936; Beurlen, 1964; Mennessier, 1984; Pereira et al., 2016; Cassab, 2003).	<b>África:</b> Egito, Angola (Aboul Ela <i>et al.</i> , 1991; Choffat & Loriol, 1888). <b>América do Norte:</b> México, EUA (Allison, 1955; Scott, 1970). <b>Ásia:</b> Japão (Kase, 1984). <b>Europa:</b> Reino Unido, Portugal, Espanha, Grécia, Hungria (Casey, 1961; Czabalay, 1985; Rey, 1972; Steuber, 1999).
<i>Paraglauconia</i> ( <i>Diglauconia</i> ) <i>lyrica</i> Maury 1936	E			
<i>Gymnentome</i> ( <i>Gymnentome</i> ) <i>romualdoi</i> (Beurlen, 1964)	E			
<i>Gymnentome</i> ( <i>Gymnentome</i> ) <i>carregozica</i> Maury, 1936	E			
<i>Gymnentome</i> ( <i>Craginia</i> ) <i>beurleni</i> Pereira et al., 2016	E			
<i>Pseudomesalia</i> ' ( <i>Pseudomesalia</i> ) <i>mennessieri</i>	E			
<i>Pseudomesalia</i> ' ( <i>Pseudomesalia</i> ) <i>santanensis</i>	E			

### Cerithiidae

Hábito: Na Formação Romualdo, os ceritídeos são representados pelo gênero *Cerithium*, com a espécie *C. sergipensis* e *Cerithium* sp. (Maury, 1936; Prado *et al.*, 2015) (Tabela 5). Segundo Sälgeback & Savazzi (2006), a grande maioria dos ceritídeos atuais são epifaunais móveis e típicos de ambientes marinhos rasos. O espessamento ventro-lateral, sua abertura ampla e seu lábio

externo fletido são apontados como adaptações a substratos mais duros, permitindo maior fixação e estabilidade (Pereira *et al.*, 2017).

Paleogeografia: Na Formação Romualdo, os registros dos ceritídeos são provenientes dos municípios de Fronteiras, Simões (PI), Exu, Araripina, Ipubi, Trindade (PE), Araripe, Jardim (CE) (Fürsich *et al.*, 2019; Gomes *et al.*, 2022; Pereira *et al.*, 2015, 2016, 2017; Prado, 2019; Santos, 1982). Durante o Aptiano-Albiano, ocorre também na Bacia de Sergipe (Maury, 1936) e ocorrem exclusivamente dentro dos limites tetianos, como na Europa Ocidental, África, República dominicana, Califórnia e México (Aboul Ela *et al.*, 1991; Allison, 1955; Besairie & Collingnon, 1972; Bosellini *et al.*, 1999; Choffat & Loriol, 1888; Jaccard, 1869; Kiel *et al.*, 2008; Myczynski & Iturralde-Vinent, 2005; Viera *et al.*, 1984).

Tabela 5: Ceritídeos da Formação Romualdo e seus respectivos dados paleoecológicos e paleogeográficos. EM: Epifaunal móvel.

<b>Espécie</b>	<b>Modo de vida</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Brasil)</b>	<b>Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Mundial)</b>
<i>Cerithium sergipensis</i> Maury, 1936	EM	Marinho raso	Aptiano-Albiano da Bacia do Araripe (Pereira <i>et al.</i> , 2015, 2016, 2017); Aptiano da Bacia do Parnaíba (Ferreira & Cassab, 1987); Albiano da Bacia de Sergipe (Maury, 1936).	<b>África:</b> Etiópia, Angola, Egito, Madagascar (Aboul Ela <i>et al.</i> , 1991; Besairie & Collingnon, 1972; Bosellini <i>et al.</i> , 1999; Choffat & Loriol, 1888). <b>América Central:</b> República Dominicana (Myczynski & Iturralde-Vinent, 2005). <b>América do Norte:</b> México, EUA (Allison, 1955; Kiel <i>et al.</i> , 2008). <b>Europa:</b> Espanha, França, Suíça (Jaccard, 1869; Viera <i>et al.</i> , 1984).
<i>Cerithium</i> sp. Prado <i>et al.</i> , 2015	M			

#### Naticidae

Hábito: Os naticídeos, representados na Formação Romualdo por *Natica* sp., *Euspira* sp. e *Tylostoma ranchariensis* (Tabela 6). Segundo Wenz (1938) os

naticídeos são epifaunais móveis e costumam habitar substratos de granulometria mais fina, em profundidades rasas a médias.

**Paleogeografia:** Os naticídeos foram encontrados durante o Aptiano-Albiano na Formação Romualdo, nos municípios de Araripina, Ipubi e Exu (PE) (Araripe *et al.*, 2022; Gomes *et al.*, 2022; Pereira *et al.*, 2015, 2016; Prado *et al.*, 2018) e na Bacia Sergipe, (Maury, 1924). O grupo apresenta registros nos três domínios paleobiogeográficos: tetiano, na Califórnia, México, oeste europeu e em diversos países da África (Aboul Ela *et al.*, 1991; Allison, 1955; Alloiteau, 1958; Casey, 1961; Canérot & Collignon, 1983; Choffat & Loriol, 1888; Emberger, 1954; Föster, 1975; Haegg, 1940; Jaccard, 1869; Kollmann, 1982, 2002; Murphy, 1956; Musavu Moussavou and Mabicka Obame, 2015; Rey, 1972); austral, na Austrália (Skwarko, 1967); e boreal, no Japão e Groelândia (Donovan, 1949; Kase, 1984; Smith and Xu, 1988).

Tabela 6: Naticídeos da Formação Romualdo e seus respectivos dados paleoecológicos e paleogeográficos. EL: Epifaunal livre.

<b>Espécie</b>	<b>Modo de vida</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Brasil)</b>	<b>Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Mundial)</b>
<i>Tylostoma ranchariensis</i> Pereira <i>et al.</i> , 2015	EL	Marinho raso	Bacia do Ararape, Bacia Sergipe, (Maury, 1924, 1936, Beurlen, 1964, Pereira <i>et al.</i> , 2015, 2017).	<b>África:</b> Argélia, Angola, Madagascar, Moçambique, Egito, Gabão (Aboul Ela <i>et al.</i> , 1991; Alloiteau, 1958; Choffat & Loriol, 1888; Emberger, 1954; Föster, 1975; Musavu Moussavou and Mabicka Obame, 2015).
? <i>Natica</i> sp. Pereira <i>et al.</i> , 2022	?	Marinho raso	Bacia do Ararape (Pereira <i>et al.</i> , 2022)	<b>América do Norte:</b> México, EUA, Groelândia (Allison, 1955; Donovan, 1949; Murphy, 1956). <b>Ásia:</b> Japão (Kase, 1984).
? <i>Euspira</i> sp. Pereira <i>et al.</i> , 2022	?	Marinho raso	Bacia do Ararape (Pereira <i>et al.</i> , 2022)	<b>Europa:</b> Áustria, Alemanha, Espanha, Reino Unido; França, Portugal, Suíça, Suécia (Casey, 1961; Haegg, 1940; Jaccard, 1869; Kollmann, 1982, 2002; Canérot & Collignon, 1983; Rey, 1972). <b>Oceania:</b> Austrália (Skwarko, 1967).

## Trochidae

Hábitos: Espécies viventes da família Trochidae habitam a zona intermaré em profundidades a partir de 300 m e a zona entremarés (Preston *et al.*, 1996) e certas espécies apresentam tolerância a variações de salinidade (Pereira *et al.*, 2018). A família é representada na Formação Romualdo por *Calliostoma* sp. (Tabela 7), a qual foi encontrada em associação com espécies marinhas e salobras.

Paleogeografia: A família Trochidae tem registros durante o Aptiano-Albiano do Brasil foi na Formação Romualdo (Aptiano-Albiano) da Bacia do Araripe no município de Exu (PE) (Araripe *et al.*, 2022; Pereira *et al.*, 2018). Em relação ao registro mundial, no Aptiano-Albiano, a família era bastante difundida pela Europa, África, EUA e México, dentro do Domínio Tetiano, e no Japão, Domínio Boreal (Ayoub-Hannaa & Fürsich, 2012; Besairie & Collignon, 1972; Dieni *et al.*, 1973; Förster, 1975; Jaccard, 1869; Kase, 1984; Lagneau-Herenger, 1962; Scott, 1970).

Tabela 7: Família Trochidae da Formação Romualdo e seus respectivos dados paleoecológicos e paleogeográficos.

<b>Espécie</b>	<b>Modo de vida</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Distribuição geografica da família no Aptiano-Albiano (Brasil)</b>	<b>Distribuição geografica da família no Aptiano-Albiano (Mundial)</b>
<i>Calliostoma</i> sp. Pereira <i>et al.</i> , 2018	B	Marinho (zona intertidal – intermaré)	Bacia do Araripe (Pereira <i>et al.</i> , 2018).	<b>África:</b> Moçambique, Madagascar, Egito (Ayoub-Hannaa & Fürsich, 2012; Besairie & Collignon, 1972; Förster, 1975). <b>América do Norte:</b> México, EUA (Allison, 1955; Scott, 1970). <b>Ásia:</b> Japão (Kase, 1984). <b>Europa:</b> Espanha, França, Suíça, Itália, Reino Unido (Casey, 1961; Dieni <i>et al.</i> , 1973; Jaccard, 1869; Lagneau-Herenger, 1962).

### Akeridae

Hábitos: A família Akeridae apresenta um único gênero, *Akera*, o qual é ainda existente. Segundo Pereira *et al.* (2018), este habita mares rasos ou lagunas. Na Formação Romualdo foi registrada a ocorrência de *Akera* sp. (Tabela 8) em associação com pequenos naticídeos e bivalves do gênero *Eocallista*. Pouco se conhece acerca do modo de vida desta família, porém certas espécies viventes apresentam hábitos bentônicos escavadores (Nakhaev, 2014; Valdés, 2019).

Paleogeografia: Akeridae apresenta poucos registros fósseis no Aptiano-Albiano, limitando-se à Formação Romualdo no município de Exu, e na Angola, Domínio Tetiano (Newton, 1917; Pereira *et al.*, 2018).

Tabela 8: Família Akeridae da Formação Romualdo e seus respectivos dados paleoecológicos e paleogeográficos. B: Bentônico.

<b>Espécie</b>	<b>Modo de vida</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Brasil)</b>	<b>Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Mundial)</b>
<i>Akera</i> sp. Pereira et al., 2018	B	Marinho/ lagunar	Bacia do Araripe (Pereira <i>et al.</i> , 2018).	<b>África:</b> Angola (Newton, 1917).

### Actenoidae

Hábito: O gênero *Acteon*, da família Actenoidae, apresenta pouca diversidade de espécies viventes, porém é abundante em mares mais quentes, com certas espécies apresentando tolerância a águas salobras. São predominantemente epibiontes (Kiel, 2001; Shol, 1964). Na Formação Romualdo foi registrada a ocorrência de *Acteon* sp. (Tabela 9) em associação com bivalvíos dos gêneros *Eocallista* e *Corbula*, gastrópodes cassiopídeos e ceritídeos e, caranguejos braquiúros, todos típicos de ambientes marinhos rasos (Pereira *et al.*, 2018).

Paleogeografia: No Aptiano-Albiano brasileiro, Actenoidae ocorre apenas na Formação Romualdo da Bacia do Araripe, no município de Exu, PE (Pereira *et al.*, 2017). Mundialmente, há registros no oeste europeu, em poucos países americanos e africanos, parte dos limites tetianos (Ayoub-Hannaa, 2011; Casey,

1961; Choffat & Loriol, 1888; Jaccard, 1869; Kiel, 2006; Rey, 1972; Scott, 1970), e no Japão, Domínio Boreal (Kase, 1984).

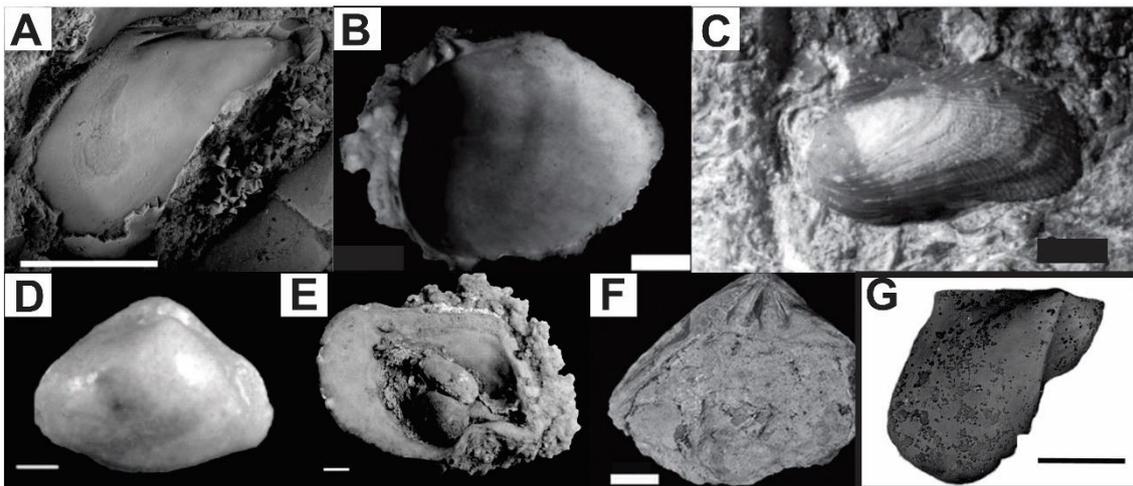
Tabela 9: Família Acteonidae da Formação Romualdo e seus respectivos dados paleoecológicos e paleogeográficos. E: Epibionte.

<b>Espécie</b>	<b>Modo de vida</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Brasil)</b>	<b>Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Mundial)</b>
<i>Acteon</i> sp. Pereira et al., 2018	E	Marinho	Bacia do Araripe (Pereira et al., 2017).	<b>África:</b> Angola, Egito, Madagascar (Ayoub-Hannaa, 2011; Choffat & Loriol, 1888; Kiel, 2006). <b>América do Norte:</b> EUA, México (Allison, 1955; Scott, 1970). <b>Ásia:</b> Japão (Kase, 1984). <b>Europa:</b> Reino Unido, Alemanha (Casey, 1961; Kollmann, 1982).

#### 4.1.3.2. BIVALVES

Os bivalvíos são moluscos exclusivamente aquáticos e ocorrem em ambientes marinhos, salobros ou dulcícolas (Brusca et al, 2018). Na Formação Romualdo, ocorrem as espécies *Araripevella musculosa*, *Aguileria dissita*, *Aguileria romualdoensis*, *Aguileria* sp., *Corbula* sp., *Brachidontes araripensis* e *Eocallista* sp. (Figura 6).

Figura 6: Bivalves da Formação Romualdo. A. *Araripevella muskulosa*; B. *Eocallista* sp.; C. *Brachidontes araripensis*; D. *Corbula* sp., E. *Aguileria dissita*; F. *Eocallista* sp.2; G. *Aguileria romualdoensis*. Barra de escala: A e G = 5 mm; B e F = 1 mm; C, D e E = 2 mm.



Fonte: Adaptado de Pereira *et al.*, 2015, 2018; Rodrigues *et al.*, 2020.

#### Bakevelliidae

Hábito: A família Bakevelliidae é representada por dois gêneros e três espécies na Formação Romualdo, *Araripevella muskulosa*, *Aguileria dissita* e *Aguileria romualdoensis* (Tabela 10). Segundo Rodrigues *et al.* (2020) os Bakevelliidae são um diverso grupo de biválvios marinhos epibentônicos. Já Pereira *et al.* (2017), sugere adaptação de *Aguileria* à águas agitadas, devido às valvas espessas, subequivalves e biconvexas e presença de bisso. Até o momento, foram observados na Formação Romualdo associados a outros gastrópodes marinhos (ceritídeos, cassiopídeos e naticídeos), biválvios eurialinos (*Brachidontes araripensis* e *Corbula* sp.) e equinoides (Pereira *et al.*, 2017).

Paleogeografia: As ocorrências de Bakevelliidae durante o Aptiano-Albiano foram registradas para os municípios de Simões (PI), Araripina, Exu (PE) e Jardim (CE), na Formação Romualdo da Bacia do Araripe (Beurlen, 1963; Pereira *et al.*, 2015, 2016; Rodrigues *et al.*, 2020). Também ocorrem na Bacia Sergipe (Hessel, 2004; Mello *et al.*, 2007). Mundialmente, ocorrem na África e Europa, além de registros em países da América do Norte e no Líbano, parte do Domínio Tetitano (Casey, 1961; Dhondt & Dieni, 1989; Douvillé, 1916; Förster, 1975; Gonzáles-Léon *et al.*, 2008; Jaccard, 1869; Jankicevic, 1979; Smettan, 1997; Stoyanow, 1949; Vokes, 1946), e no Japão, Domínio Boreal (Hayami, 1975).

Tabela 10: Família Bakevelliidae da Formação Romualdo e seus respectivos dados paleoecológicos e paleogeográficos. EB: Epibentônico.

Espécie	Modo de vida	Ambiente	Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Brasil)	Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Mundial)
<i>Aguileria dissita</i> White, 1887	EB	Marinho	Bacia Sergipe, Bacia do Araripe (Hessel, 2004; Mello <i>et al.</i> , 2007)	<p><b>África:</b> Moçambique, África do Sul, Egito (Douvillé, 1916; Förster, 1975; Kennedy &amp; Klinger, 1975).</p> <p><b>América do Norte:</b> México, EUA (González-Léon <i>et al.</i>, 2008; Stoyanow, 1949).</p> <p><b>Ásia:</b> Japão (Hayami, 1975).</p> <p><b>Europa:</b> Reino Unido, França, Suíça, Sérvia e Montenegro, Itália, Alemanha (Casey, 1961; Delamette <i>et al.</i>, 1997; Dhondt &amp; Dieni, 1989; Jaccard, 1869; Jankicevic, 1979; Smettan, 1997).</p> <p><b>Oriente Médio:</b> Líbano (Vokes, 1946).</p>
<i>Aguileria romualdoensis</i> Rodrigues <i>et al.</i> , 2020	EB			
<i>Araripevella musculosa</i> Rodrigues <i>et al.</i> , 2020	EB			

### Corbulidae

Hábito: *Corbula* sp. (Tabela 11) pertence à família Corbulidae. Segundo Pereira *et al.* (2017), sua concha apresenta adaptações atribuídas ao hábito semi infaunal lento. São comuns em ambientes transicionais, como estuários, e são adaptados a variações de salinidade (Thompson & Parchaso, 2010; Greene *et al.*, 2011).

Paleogeografia: Corbulidae está presente durante o Aptiano-Albiano na Formação Romualdo, da Bacia do Araripe, nos municípios de Missão Velha (CE), Exu, Araripina e Ipubi (PE) (Fürsich *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2015, 2016) e no Aptiano-Albiano da Bacia Sergipe (Maury, 1936). Fora do Brasil, ocorrem no em países do Oeste europeus, África, Américas e no Líbano, dentro dos limites tetianos (Allison, 1955; Alloiteau, 1958; Benavides-Caceres, 1956; Casey, 1961; Czabalay, 1985; Förster, 1975; Jaccard, 1869; Kollmann & Peza, 1997; Luque *et al.*, 2012; Mekawy, 2013; Rey, 1972; Scott, 1970; Vokes, 1946), e no Japão, Domínio Boreal (Hayami, 1975).

Tabela 11: Corbulídeos da Formação Romualdo e seus respectivos dados paleoecológicos e paleogeográficos. EB: epibentônico.

Espécie	Modo de vida	Ambiente	Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Brasil)	Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Mundial)
<i>Corbula</i> sp. Pereira et al, 2015	EB	Transicional	Bacia do Araripe, Bacia Sergipe (Maury, 1936; Pereira et al., 2015).	<p><b>África:</b> Egito, Madagascar, Moçambique (Alloiteau, 1958; Förster, 1975; Mekawy, 2013).</p> <p><b>América do Norte:</b> México, EUA (Allison, 1955; Scott, 1970).</p> <p><b>América do Sul:</b> Colômbia, Peru (Benavides-Caceres, 1956; Luque et al., 2012).</p> <p><b>Ásia:</b> Japão (Hayami, 1975).</p> <p><b>Europa:</b> Albânia, Reino Unido, Suíça, Hungria (Casey, 1961; Czabalay, 1985; Jaccard, 1869; Kollmann &amp; Peza, 1997).</p> <p><b>Oriente Médio:</b> Líbano (Vokes, 1946).</p>

### Mytilidae

**Hábito:** A família Mytilidae tem como único representante na Formação Romualdo a espécie *Brachidontes araripensis* (Tabela 12). Segundo Pereira et al. (2017), o gênero *Brachidontes* representa organismos colonizadores, típicos de ambientes lagunares instáveis, com variações de temperatura e salinidade. Segundo os mesmos autores, apresentam hábitos epibiontes, fixos a substratos duros e são frequentemente encontrados em coquinas, associados à gastrópodes, bivalves e equinoides.

**Paleogeografia:** Os únicos registros da família Mytilidae no Aptiano-Albiano brasileiro são referentes a Formação Romualdo da Bacia do Araripe nos municípios de Simões (PI), Ipubi, Exu, Araripina (PE), Santana do Cariri, Missão Velha, Jardim (CE), na Formação Romualdo (Araripe et al., 2022; Beurlen, 1963, 1966; Cavalcanti & Viana, 1990; Santos, 1982; Fürsich et al., 2019; Pereira et al., 2015, 2016; Sales & Leal, 1993, 1996; Sales et al., 1999). Mundialmente, a família tem registro nos três domínios paleobiogeográficos: Tetiano, em países

africanos, europeus, norte americanos, no Oriente Médio e no Equador (Aliev, 1958; Ayoub-Hannaa, 2011; Besairie & Collingnon, 1972; Casey, 1961; Dhondt & Dieni, 1989; Choffat & Loriol, 1888; Dhondt & Jaillard, 2005; Förster, 1975; Jaccard, 1869; Jeletzky, 1961; Lagneau-Herenger, 1962; Scott, 1970; Vokes, 1946); Boreal, no Japão e na China (Hayami, 1975; Wen, 2000); Austral, Austrália e Nova Zelândia (Speden, 1975; Skwarko, 1967).

Tabela 12: Mitilídeos da Formação Romualdo e seus respectivos dados paleoecológicos e paleogeográficos. EB: Epibentônico.

<b>Espécie</b>	<b>Modo de vida</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Brasil)</b>	<b>Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Mundial)</b>
<i>Brachidontes araripensis</i> Pereira <i>et al.</i> , 2015	EB	Marinho/ transicional	Bacia do Araripe (Pereira et al, 2018).	<p><b>África:</b> Angola, Madagascar, Moçambique, Egito (Ayoub-Hannaa, 2011; Besairie &amp; Collingnon, 1972; Choffat &amp; Loriol, 1888; Förster, 1975).</p> <p><b>América do Norte:</b> Canadá, EUA (Jeletzky, 1961; Scott, 1970).</p> <p><b>América do Sul:</b> Equador (Dhondt &amp; Jaillard, 2005).</p> <p><b>Ásia:</b> Japão, China (Hayami, 1975; Wen, 2000).</p> <p><b>Europa:</b> Reino Unido, Espanha, França, Suíça, Itália (Casey, 1961; Dhondt &amp; Dieni, 1989; Jaccard, 1869; Lagneau-Herenger, 1962).</p> <p><b>Oceania:</b> Austrália, Nova Zelândia (Speden, 1975; Skwarko, 1967).</p> <p><b>Oriente Médio:</b> Líbano, Azerbaijão (Aliev, 1958; Vokes, 1946).</p>

## Veneridae

Hábito: O gênero *Eocallista*, inserido na família Veneridae apresenta hábitos eurialinos e tem preferência por águas com variações de salinidade. Espécies viventes habitam em fundos areno-lodosos de enseadas e estuários da região entre marés ao infralitoral raso até 5m, onde escavam superficialmente. Na Formação Romualdo foram encontrados dois morfotipos diferentes, *Eocallista sp* e *Eocallista sp2* (Tabela 13) associados a bivalvíos corbulídeos, gastrópodes cassiopídeos, ceritídeos e do gênero *Acteon* e caranguejos braquiúros (Pereira *et al.*, 2018).

Paleogeografia: a família Veneridae foi encontrada durante o Aptiano-Albiano na Formação Romualdo, da Bacia do Araripe, no município de Exu (PE) e na Bacia Sergipe (Maurt, 1936; Pereira *et al.*, 2018). Fora do Brasil, a família apresenta registros em países europeus, americanos, africanos e no Irã, pertencentes ao Domínio Tetiano (Aboul Ela *et al.*, 1991; Besairie & Collingnon, 1972; Casey, 1961; Czabalay, 1985; Förster, 1975; Haegg, 1940; Jaccard, 1869; Kennedy & Klinger, 1975; Kummel, 1948; Moghaddam *et al.*, 2016; Santafé-Llopis *et al.*, 1981; Scott, 1970); na Oceania, parte do Domínio Austral (Skwarko, 1967; Speden, 1975); Japão e Groelândia, Domínio Boreal (Donovan, 1949; Hayami, 1975).

Tabela 13: Representantes da família Veneridae da Formação Romualdo e seus respectivos dados paleoecológicos e paleogeográficos.

Espécie	Modo de vida	Ambiente	Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Brasil)	Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Mundial)
<i>Eocallista</i> sp. Pereira et al., 2018	?	Transicional	Bacia do Araripe, Bacia Sergipe (Maury, 1936; Lopes & Simone, 2012; Pereira et al., 2015).	<b>África:</b> Moçambique, Egito, Madagascar e África do Sul (Aboul Ela et al., 1991; Besairie & Collingnon, 1972; Czabaly, 1985; Förster, 1975; Kennedy & Klinger, 1975). <b>América do Norte:</b> EUA, Groelândia (Donovan, 1949; Scott, 1970). <b>América do Sul:</b> Peru (Kummel, 1948). <b>Ásia:</b> Japão (Hayami, 1975). <b>Europa:</b> Espanha, França, Suíça, Suécia, Reino Unido, Hungria (Casey, 1961; Haegg, 1940; Jaccard, 1869; Santafé-Llopis et al., 1981). <b>Oceania:</b> Nova Zelândia, Austrália (Skwarko, 1967; Speden, 1975). <b>Oriente Médio:</b> Irã (Moghaddam et al., 2016).
<i>Eocallista</i> sp.2 Pereira et al., 2018	?			

#### Outros bivalvíos

Em Fürsich et al. (2019) foram registradas ocorrências de espécies indeterminadas, ainda não descritos formalmente, da família Lucinidae (infauna profunda) e dos gêneros *Sinonia* sp. (infauna profunda) *Calva* sp. e *Corbulomina* sp. (infauna rasa) todos no município de Jardim (CE). Segundo estes mesmos autores, com exceção de *Sinonia* que seria estenoalina marinha, o restante apresentaria hábitos eurialinos. Os táxons estão listados na Tabela 14.

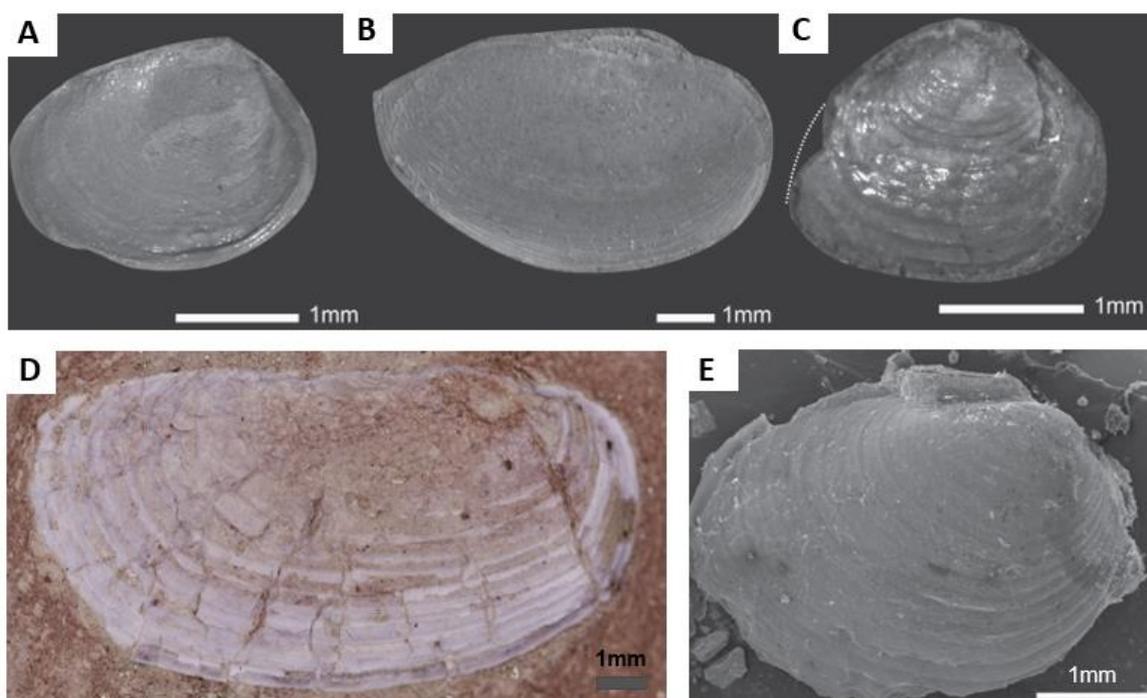
Tabela 14: Bivalves com ocorrência registrada e não formalmente descritos. IR: Infauna rasa; IP: Infauna profunda.

Família	Espécie	Modo de vida	Ambiente
Corbulidae	<i>Corbulomina</i> sp.	IR	Marinho/Transicional
Lucinidae	Não-identificada	IP	Marinho/ Transicional
Veneridae	<i>Calva</i> sp.	IR	Marinho/Transicional
	<i>Sinonia</i> sp.	IP	Marinho

#### 4.1.4. SPINICAUDATA

Os Spinicaudata são um grupo de crustáceos pouco estudado na Bacia do Araripe. Cinco espécies são encontradas no grupo Santana: *Cyzicus brauni*, *Cyzicus pricei*, *Martinesstheria codoensis*, *Platyestheria abaetensis* e *Estheriina costai* (Carvalho, 2014), listados na Tabela 15 e representados na Figura 7. Os trabalhos que abordam Spinicaudata na Formação Romualdo limitam-se ao registro de ocorrência e na grande maioria não foi indicado o município onde foram coletados (Beurlen, 1963; Mabeoone & Tinoco, 1973; Lima, 1971), com exceção de Fürsich *et al.* (2019) e Gomes *et al.* (2022).

Figura 7: Spinicaudata da Formação Romualdo. A. *Cyzicus pricei*; B. *Cyzicus brauni*; C. *Estheriina costai*; D. *Platyestheria abaetensis*; E. *Martinesstheria codoensis*.



Fonte: Adaptado de Bittencourt *et al.*, 2018; Carvalho, 2014; Gallego *et al.*, 2013.

Tabela 15: Spinicaudata da Formação Romualdo e seus respectivos dados paleoecológicos e paleogeográficos. BE: Bentônico escavador.

Família	Espécie	Modo de vida	Ambiente	Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Brasil)	Distribuição geográfica da família no Aptiano-Albiano (Mundial)
Cyzicidae	<i>Cyzicus brauni</i> (Cardoso, 1966)	BE	Lacustre	Bacia do Araripe, Bacia de Cedro, Bacia do Barro (Carvalho, 2014).	<b>América do Sul:</b> Argentina (Bonaparte, 1978). <b>Ásia:</b> Mongólia (Jähnichen & Kahlert, 2000).
	<i>Cyzicus pricei</i> (Cardoso, 1966)				
Antronestheriidae	<i>Martinesstheria codoensis</i> (Cardoso, 1962)	BE	Lacustre	Bacia do Araripe, Bacia do Parnaíba (Carvalho, 2014; Gallego <i>et al.</i> , 2013).	-
Loxomegaglyptidae?	<i>Platyestheria abaetensis</i> (Cardoso, 1971)	BE	Lacustre	Bacia do Araripe, Bacia Sanfranciscana (Cardoso, 1971; Carvalho, 2014).	-
Limnadiidae	<i>Estheriina costai</i> (Cardoso, 1966)	BE	Lacustre	Bacia do Araripe, Bacia do Barro, Bacia Potiguar (Carvalho, 2014; Lana & Carvalho, 2002).	-

Hábitos: Os conchostráceos são um grupo predominantemente de água doce, ocorrendo em corpos d'água rasos, pequenos e efêmeros, cavernas, pântanos e lagos (Brusca *et al.*, 2018; Carvalho, 1993). A grande maioria das espécies viventes são bentônicas escavadoras, mas há registros de espécies nadantes ou rastejadoras (Tasch, 1969; Webb, 1979). Em Carvalho (2014), foi indicado que *Martinesstheria codoensis* utilizaria o carbonato presente na água para a construção de suas valvas, representando uma adaptação a ambientes de maior salinidade. Já em Gomes *et al.* (2023), foram observadas as espécies *Estheriina costai*, *Cyzicus brauni*, *Cyzicus pricei* e *Martinesstheria codoensis* em associação com gastrópodes naticídeos e camarões sergestídeos.

### Cizicidae

Paleogeografia: No Brasil, cizicídeos ocorrem na Formação Romualdo (Aptiano-Albiano) da Bacia do Araripe, Cedro e Barro (Carvalho, 2014). Mundialmente, os registros limitam-se à Mongólia e Argentina, durante o Aptiano-Albiano (Bonaparte, 1978; Jähnichen & Kahlert, 2000).

### Antronestheriidae

Paleogeografia: Os únicos registros da família Antronestheriidae no Aptiano-Albiano vêm da Formação Romualdo da Bacia do Araripe e Parnaíba (Carvalho, 2014; Gallego *et al.*, 2013).

### Loxomegaglyptidae?

Paleogeografia: Durante o Cretáceo, a família Loxomegaglyptidae ocorre durante o Barremiano-Aptiano da Bacia Sanfranciscana (Cardoso, 1971); Aptiano-Albiano da Bacia do Araripe, na Formação Romualdo (Carvalho, 2014).

### Limnadiidae

Paleogeografia: Os limnadiídeos apresentam ocorrência cretácea apenas no Brasil, no Aptiano-Albiano da Bacia do Barro e da Bacia do Araripe, na Formação Romualdo (Carvalho, 2014) e Valanginiano-Aptiano da Bacia Potiguar (Lana & Carvalho, 2002).

## 5. INTERPRETAÇÕES PALEOGEOGRÁFICAS

Através da distribuição dos táxons estudados, representadas nas Figura 8 e 9, as famílias Clypeidae, Palaemonidae, Akeridae, Cassiopidae, Trochidae, Corbulidae, Orithopsidae e Necrocarcinidae apresentaram distribuição de caráter tetiano, predominantemente na Europa, no norte Africano, no litoral mexicano, sul dos EUA e algumas ocorrências no norte da América do Sul. Todavia, deve-se destacar que o número de registros dos táxons Clypeidae,

Palaemonidae e Akeridae, mesmo todos dentro do Domínio Tetiano, raros. Já os Cerithiidae e Acteonidae são apontados como não característicos da fauna tetiana (Pereira *et al.*, 2017, 2018), apesar de apresentarem boa parte de seus registros durante Aptiano-Albiano dentro do Domínio Tetiano.

Dentre esses táxons, algumas ocorrem no Japão (Cassiopidae, Corbulidae, Trochidae e Necrocarcinidae), representado os únicos registros fora do Domínio Tetiano. Segundo Sohl (1987), isto justifica-se pela mistura faunística no limite dos Domínios Tetianos e Boreal, dada basicamente pela temperatura, que agia como um filtro. Assim, as espécies com maior tolerância a variações térmicas conseguiam ultrapassar os limites entre os domínios. Estes limites, entretanto, não eram estáticos, variando entre posições ora mais ao sul, ora mais ao norte com o tempo. Desta forma, é possível que os táxons citados previamente tenham alcançado territórios nipônicos através do fenômeno relatado.

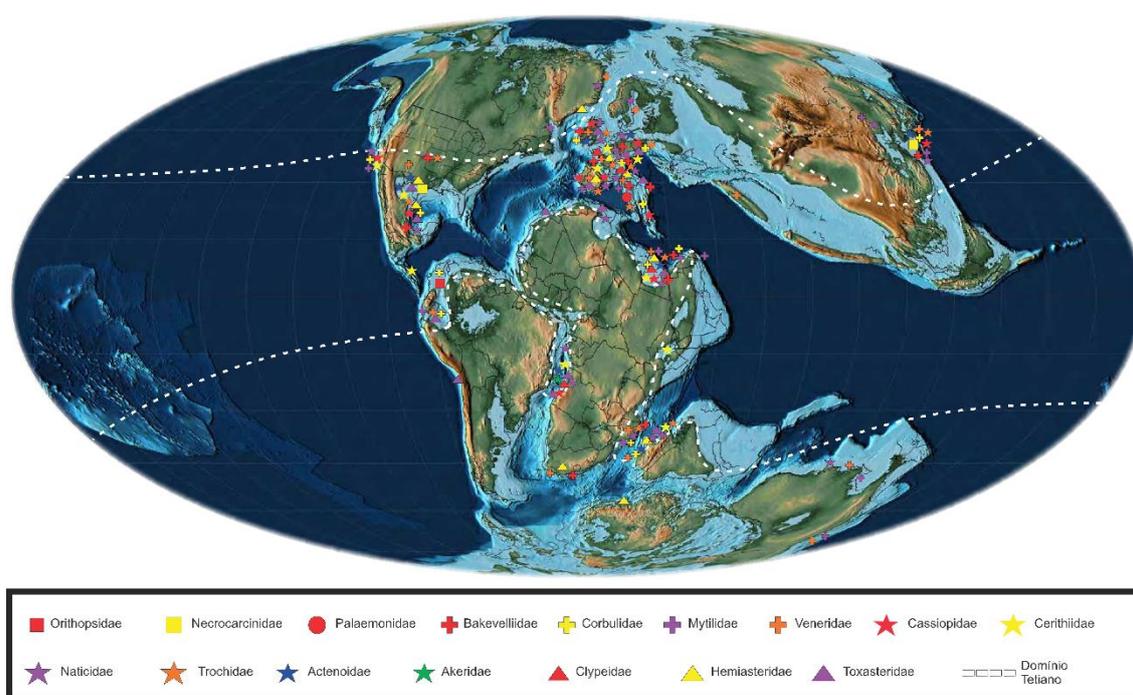
Naticidae, por sua vez, apresenta distribuição cosmopolita, dentro das três regiões paleobiogeográficas. Porém, o gênero *Tylostoma* é atrelado à uma origem paleogeográfica do Mar Tétis, por ser encontrado em rotas típicas de colonização de fauna tetiana, como a *Western Interior Seaway* (Cassab, 2011; Scott, 1986; Sohl, 1987). Sua ocorrência no Aptiano-Albiano é traçada do oeste europeu, México, Angola, Egito, Gabão e Japão. Esta última ocorrência pode estar relacionada ao mesmo fenômeno descrito por Sohl (1987) para mistura de fauna.

As famílias Bakevelliidae, Mytillidae, Veneridae e os demais representantes da família Naticidae apresentaram amplo registro em Domínio Tetiano durante o Aptiano-Albiano, mas com múltiplas ocorrências tanto no Domínio Boreal quanto Austral, o que as atribui caráter cosmopolita. O sucesso adaptativo de Mytillidae e Veneridae aos variados domínios paleobiogeográficos pode ter se dado devido a seus hábitos eurialinos e adaptação a temperatura dos ambientes aos quais foram expostos (Terra Nova, *et al.*, 2007). Já Bakevelliidae e Naticidae, apesar de apresentarem afinidade e terem sido encontrados em associação com táxons eurialinos, não há estudos que os atribuam tal hábito.

Os equinoides Hemiasteridae e Toxasteridae apresentam registros em regiões tetianas, mas também em regiões austrais com significativa distância dos limites do Domínio Tetiano, como no Chile, África do Sul e Antártida, conferindo assim um caráter cosmopolita as famílias.

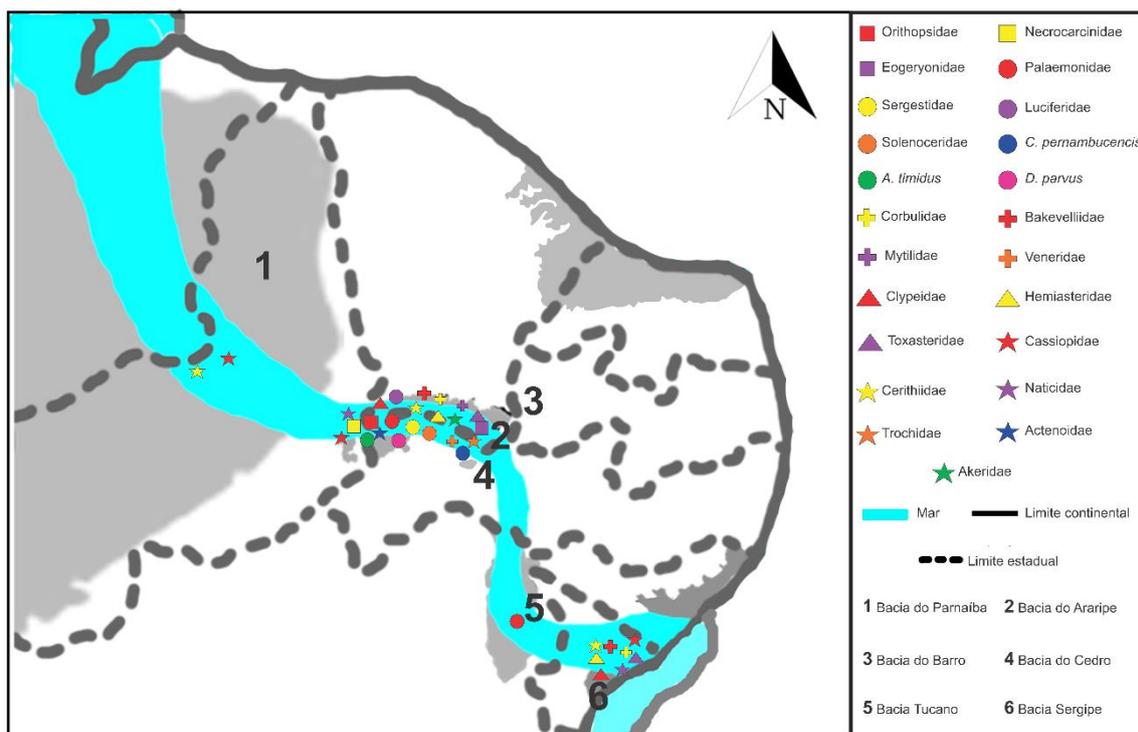
Os Spinicaudata não apresentam origem paleobiogeográfica tetiana por comporem a fauna lacustre da Bacia do Araripe, previamente à ingressão marinha. Segundo Carvalho (1995), a dispersão do grupo é facilitada pela ação não só do transporte dos ovos em meio aquático, mas também aéreo e de outros animais, apresentando capacidade de eclosão mesmo após passarem pelo trato digestivo de anfíbios. Este fator contribuiu para a colonização de lagos que não estivessem necessariamente conectados por volume de água doce.

Figura 8: Representação da distribuição das famílias de invertebrados fósseis da Formação Romualdo além do Brasil.



Fonte: Modificado de Scotese, 2001

Figura 9: Representação da distribuição dos invertebrados fósseis marinhos/eurialinos da Formação Romualdo no Nordeste do Brasil.



Fonte: Modificado de Scotese (2014), Schweitzer *et al.* (2016) e Prado *et al.* (2021)

## 6. INTERPRETAÇÕES PALEOAMBIENTAIS

Através da biodiversidade de invertebrados identificados e de seus hábitos, foram identificados ambientes de caráter transicional e marinhos para a Formação Romualdo (Araripe *et al.*, 2022; Gomes *et al.*, 2023; Pereira *et al.*, 2017). Os primeiros caracterizados pela predominância de táxons lacustres ou eurialinos e os segundos, pela de táxons marinhos.

Os Spinicaudata compõem a fauna presente na Bacia do Araripe previamente à transgressão marinha do Aptiano-Albiano, o que se justifica principalmente pelo hábito lacustre destes crustáceos. Porém, através dos dados apresentados por Carvalho *et al.* (2014) e Gomes *et al.* (2023), é possível que as espécies da Formação Romualdo apresentem maior tolerância a aumento de salinidade do que se imaginava.

Associações típicas de ambientes mixohalinos são vistas na porção cearense da Bacia do Araripe (Fürsich *et al.*, 2019), tal como os invertebrados eurialinos: lucinídeos, *Brachidontes araripensis*, *Calva* sp. e *Corbulomina* sp. Estes indicam instabilidade no ambiente marinho, seja por variações de

temperatura ou de salinidade (Terra Nova *et al.*, 2007). Os Lucinidae e a baixa biodiversidade da associação indicam também ambientes anóxicos (Fürsich *et al.*, 2019).

Há estratos dominados por espécies nectônicas marinhas, como camarões (Gomes *et al.* 2023). Na porção cearense, a espécie de camarão *Paleomattea deliciosa* ocorre associada a invertebrados eurialinos (*Brachidontes araripensis* e *Corbulomina* sp.) o que não é visto nos afloramentos localizados no estado de Pernambuco. Isto implica num ambiente mais distal, estável e oxigenado do Mar Araripe para porção oeste da Bacia.

Os invertebrados predominantemente marinhos ocorrem em toda a Bacia do Araripe na forma de coquinas. São compostos pelos gastrópodes Cassiopidae, Naticidae, Cerithiidae, *Acteon* sp., *Akera* sp., bivalvíos Bakevelliidae e equinoides *Bothryopneustes araripensis*, *Pygurus tinocoi*, *Hemiaster proclivus* e *Douvillaster benguellensis*, sendo estes últimos notórios por serem indicadores de mares rasos (Beurlen, 1963) e apresentam ocorrência de espécimes íntegros e articulados apenas na porção pernambucana da Formação Romualdo (Prado *et al.*, 2016). Nas coquinas, invertebrados eurialinos, como *Brachidontes araripensis* e *Corbula* sp., são também encontrados (Pereira *et al.*, 2016, 2017; Prado *et al.*, 2018; Gomes *et al.*, 2023), ou seja, mesmo na fase marinha da Formação Romualdo, haveria variações de salinidade, evidenciando uma certa instabilidade ambiental (estresse ecológico) para os organismos.

## 7. CONCLUSÕES

A diversidade da fauna de invertebrados implica na existência de ambientes marinhos e salobros para a Formação Romualdo. A fauna de decápodes e de equinoides são os grupos menos diversos da Formação Romualdo e ambas sugerem deposição em ambientes marinhos mais rasos. Estes últimos, por sua vez, são evidência irrefutável da ingressão marinha no Nordeste brasileiro e são o grupo com mais informações paleoecológicas disponíveis na literatura.

Os gastrópodes mostraram-se o grupo mais diverso dentre os invertebrados da Formação Romualdo. São predominantemente epibentônicos de ambientes marinhos rasos.

A fauna de Bivalves, embora apresente pouca diversidade, tem uma boa distribuição na bacia, com predomínio de espécies de pequeno porte, epibentônicos e de ambientes marinhos e transicionais.

Os Spinicaudata indicam a presença de ambientes com pouca ou nenhuma influência da ingressão marinha, ou seja, com níveis de salinidade baixos. Estes crustáceos são comumente encontrados nas camadas mais basais ou superiores da Formação Romualdo, referentes à intervalos iniciais e finais da transgressão marinha, respectivamente.

As espécies da família Cassiopidae, *Tylostoma ranchariensis*, *Acteon* sp., *Eocallista* sp., *Corbula* sp., *Exucarcinus gonzagai*, *Chronocancer camilosantanaei*, *Araripecarcinus ferreirai* apresentam caráter tetiano. As demais apresentam distribuição nos domínios Boreais e Austrais, conferindo caráter cosmopolita.

Há certa escassez de informações paleoecológicas mais aprofundadas a respeito dos moluscos das famílias Verenidae e Trochidae. Quanto os crustáceos, muitas espécies permanecem sem famílias definidas, como os camarões *Cretainermis pernambucensis*, *Araripenaeus timidus* e *Dubiostenopus parvus*, ou foram identificadas com dúvida, como o camarão *Kellnerius jamacaruensis*, os caranguejos *Romualdosalesi salesi* e *Araripecarcinus ferreirai* e o Spinicaudata *Platyestheria abaetensis*. Além disso, aponta-se a necessidade de uma revisão taxonômica a respeito dos Spinicaudata *Cyzicus brauni* e *Cyzicus pricei*.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à PETROBRAS pelo suporte financeiro (Grant No. 2018/00305-0 Projeto Araripe Análise Paleoecológica e Bioestratigráfica do Albiano-Aptiano da Bacia do Araripe baseado em microfósseis carbonáticos e palinórfos), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor, e à FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de pesquisador visitante concedida à segunda autora (Grant No. 01326694/2022).

**REFERÊNCIAS**

- ABDELHAMID, M. A.; AZAB, M. M. Aptian-Cenomanian Echinoids From Egypt. **Revue De Paleobiologie, Geneve**. v. 22, n. 2, p. 851-876. 2003.
- ABOUL ELA, N. M.; ABDEL-GAWAD, G. L.; ALY, M. F. Albian fauna of Gabal Manzour, Maghara area, north Sinai, Egypt. **Journal of African Earth Sciences**. v. 13, n. 2, p. 201-220. 1991.
- ALENCAR, D. R.; PINHEIRO, A. P.; SARAIVA, A. A. F.; OLIVEIRA, G. R.; SANTANA, W. A new genus and species of solenoceridae (crustacea, decapoda, dendrobranchiata) from the cretaceous (aptian/albian) of the araripe sedimentary Basin, Brazil. **Zootaxa**, v. 4527, n. 4, p. 494–500, 2018.
- ALENCAR, D. R.; DE OLIVEIRA, G. R.; PINHEIRO, A. P.; SARAIVA, A. A. F. New findings on Dendrobranchiata fossils of the Romualdo Formation, Araripe Basin, Northeast of Brazil. **ZOOTAXA**. v. 4731, p. 63-74, 2020.
- ALIEV, R. A. On records of re-deposited Lower Cretaceous fauna on northern slope of the south-east Caucasus. **Bulletin of the Academy of Sciences of the Azerbaijani SSR, Series of Geological-Geographical Sciences**. v. 6, p. 63-77. 1958.
- ALLER, R.C. Carbonate dissolution in nearshore terrigenous muds: the role of physical and biological reworking. **Journal of Geology**. v. 90, p. 79-95. 1982.
- ALLISON, E. C. Middle Cretaceous gastropoda from Punta China, Baja California, Mexico. **Journal of Paleontology**. v. 29, n. 3, p. 400-432. 1955.
- ALLOITEAU, J. Monographie des madreporaires fossiles de Madagascar (Monograph of fossil corals from Madagascar). **Annales Geologiques de Madagascar**. v. 25, p. 1-218. 1958.
- ANDRADE, E. J. 2005. **Turonian inoceramids and biostratigraphy of the Sergipe Basin, northeastern Brazil: an integrated study of the Votorantim and Nassau quarries**. Tese de Doutorado. Heidelberg, Univ., Diss. 2005.
- ARARIPE, R. C.; LEMOS, F. A. P.; PRADO, L. A. C.; TOMÉ, M. E. T. R.; OLIVEIRA, D. H.; PEREIRA, P. A.; NASCIMENTO, L. R. S. L.; ASAKURA, Y.; CHRISTIANO, F. G.; VIVIERS, M. C.; BARRETO, A. F. Upper Aptian–lower Albian of the southern-central Araripe Basin, Brazil: Microbiostratigraphic and paleoecological inferences. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 116. 2022.
- ARÉVALO, C. **Carta Los Loros, Región de Atacama**. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, Santiago. v. 92, p. 53. 2005.

AYOUB-HANNA, W. S. **Taxonomy and palaeoecology of the Cenomanian-Turonian macroinvertebrates from Eastern Sinai, Egypt.** Julias-Maximilians Universität, Tese de PhD, p. 386. 2011.

AYOUB-HANNA, W.; FÜRSICH, F. T. *Apricardia noncarinata* n. sp. (Bivalvia, Requieniidae) from the Cenomanian (Upper Cretaceous) of central-east Sinai, Egypt. **Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen.** v. 263, n. 1, p. 75-84. 2012.

BARBOSA, J.A., HESSEL, M.H. & NEUMANN, V.H. Bivalves da Formação Crato, Bacia do Araripe. **Paleontologia em Destaque**, Porto Alegre, v. 20, n. 49, p. 41-42. 2004.

BARROS, O. A.; VIANA, M. S. S.; SARAIVA, A. Álamo F.; SILVA, J. H. da. The first occurrence of fossil shrimps (Crustacea, Decapoda) in the Ipubi Formation (Lower Cretaceous, Araripe Basin). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 2020. e251985576, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.5576.

BENAVIDES-CACERES, V. E. Cretaceous system in northern Peru. **Bulletin of the American Museum of Natural History.** v. 108, n. 4, p. 1-493. 1956.

BERTHOU, P.Y., VIANA, M.V., CAMPOS, D.A. Coupe da La Formation Santana dans Le secteur de "Pedra Branca" (Santana do Cariri) (Bassin D' Araripe, NE du Brésil). 71 Contribution a l' étude de la sedimentologie et des paleoenvironnements. In: **1º Simpósio Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste**, Atas, p. 173–1991. 1990.

BESAIRIE, H.; COLLIGNON, M. Geologie de Madagascar I. Les Terrains Sedimentaires. **Annales Geologiques de Madagascar.** v. 35, p. 1-463. 1972.

BEURLLEN, K., Geologia e estratigrafia da chapada do Araripe. **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia.** v. 17, p. 1-47. 1963.

BEURLLEN, K. As espécies dos Cassiopinae, nova subfamília dos Turriteliidae, no Cretáceo do Brasil. **Arquivo de Geologia da UFPE.** v. 5, p. 1-43. 1964.

BEURLLEN, K. Novos equinóides no Cretáceo do nordeste do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.38, n.3/4, p. 455-464. 1966.

BITTENCOURT, J. S.; ROHN, R.; GALLEGRO, O. F.; MONFERRAN, M. D.; UHLEIN, A. The morphology and systematics of the clam shrimp *Platyestheria* gen. nov. *abaetensis* (Cardoso) (Crustacea, Spinicaudata) from the Lower Cretaceous of the Sanfranciscana Basin, southeast Brazil. **Cretaceous Research**, v. 91, p. 274–286. 2018.

BONAPARTE, J. F. El Mesozoico de America de Sur y sus Tetrapodos. **Opera Lilloana.** v. 26, p. 1-596. 1978.

BOSELLINI, A.; RUSSO, A. & SCHROEDER, R. Stratigraphic evidence for an Early Aptian sea-level fluctuation: the Graua Limestone of south-eastern Ethiopia. **Cretaceous Research**. v. 20, p. 783-791. 1999.

BRAVI, S.; GARASSINO, A. New biostratigraphic and palaeoecologic observations on the "Plattenkalk" of the Lower Cretaceous (Albian) of Pietraroia (Benevento, S Italy), and its decapod crustaceans assemblage. **Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale in Milano**. v. 138, n. 1-2, p. 119-171. 1998.

BRUSCA, R. C., MOORE, W., SHUSTER, S. M. **Invertebrados**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

CALZADA, S.; MAR URQUIOLA, M. Algunos nerineidos del Cretacico de Castellon. **Batalleria (Barcelona)**. v. 5, p. 59-63. 1995.

CANÉROT, J.; COLLIGNON, M. La faune albienne de Traiguera (Province de Castellon - Espagne). **Documents du Laboratoire de Géologie de l'Université de Lyon, Hors Série**. v. 6, n. 1981, p. 227-249. 1983.

CARDOSO, R. N. Alguns conchostráceos mesozóicos do Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**. v. 11, p. 21-40. 1962.

CARDOSO, R.N., 1966. Conchostráceos do Grupo Bahia. **Boletim do Instituto de Geologia**. v. 1, n. 2, p. 43-89.

CARDOSO, R. N. Contribuição ao estudo da Formação Areado: estratigrafia e descrição dos filópodos fósseis. **Arquivos do Museu de História Natural**. v. 1, p. 9-47. 1971.

CARVALHO, I. DE S. **Os Conchostráceos Fósseis das Bacias Interiores do Nordeste do Brasil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1993.

CARVALHO, ISMAR DE SOUZA. Conchostráceos das Bacias Interiores do Nordeste brasileiro: indicadores climáticos do Cretáceo inferior. **Paleontologia: Cenários de vida - Paleoclimas**, v. 5, p. 121–134, 2014. ISBN: 9788571933439. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/260883811>.

CASEY, R. The stratigraphical palaeontology of the Lower Greensand. **Palaeontology**. v. 3, n. 4, p. 487-621. 1961.

CASSAB, R. C. T. O Gênero *Tylostoma* (Mollusca-Gastropoda) na Formação Jandaíra, Turoniano Inferior da Bacia Potiguar, RN, Nordeste do Brasil. *In: I. S. CARVALHO, N. K; SRIVASTAVA, O.; STROHSCHOEN, JR. & LANA, C. C. (Eds.), Paleontologia: cenários da vida*. v. 4. p. 251-262. 2011.

CAVALCANTI, V.M.M. & VIANA, M.S.S. Faciologia dos sedimentos não lacustres da Formação Santana (Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil). *In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1, Crato, 1990. Atas, Crato, DNPM*, p. 173-192. 1990.

CHOFFAT, P.; LORIOL, P. de. Matériaux pour l'étude stratigraphique et paléontologique de la province d'Angola. **Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève**. v. 30, n. 2, p. 1-116. 1888.

CLARK, W. B.; TWITCHELL, M. W. The Mesozoic and Cenozoic Echinodermata of the United States. **United States Geological Survey Bulletin**. v. 54, p. 1-341. 1915.

CROSNIER, A. & FOREST, J. Note préliminaires sur les pénéides recueillis par l'"Ombango" au large du plateau continental, du Gabon à l'Angola (Crustacea Decapoda Natantia). **Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle**. v. 41, p. 544–554. 1969

CROSNIER, A. & FOREST, J. Les crevettes profondes de l'Atlantique oriental tropical. **Faune Tropicale**. v. 19, p. 1–409. 1973.

CZABALAY, L. Die paläoökologische, biostratigraphische und paläogeographische Auswertung der Mollusken-Fauna der Zirc-Kalk-Formation. **Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen, Österreichische Akademie der Wissenschaften**. v. 7, p. 119-147. 1985.

DAVIE, P.J.F. Crustacea: Malacostraca: Phyllocarida, Hoplocarida, Eucarida (Part 1). In: Wells, A. & Houston, W.w.K. (eds) **Zoological Catalogue of Australia**. v. 19, n. 3A, p. 551. 2002.

DAVIES, D.J., POWELL, E.N., STANTON, R.J. Relative rates of shell dissolution and net sediment accumulation –a commentary: Can shell beds form by the gradual accumulation of biogenic debris on the sea floor? **Lethaia**. v. 22, p. 207–12. 1989.

DE GRAVE, S., PENTCHEFF, N.D., AHYONG, S.T., CHAN, T.-Y., CRANDALL, K.A., DWORSCHAK, P.C., FELDER, D.L., FELDMANN, R.M., FRANSEN, C.H.IM., GOULDING, L.Y.D., LEMALTRE, R., LOW, M.E.Y., MARTIN, I.W., NG, P.L., SCHWELTZER, C.E., TAN, S.H., TSHUDY, D. & WETZER, R. A classification of living and fossil genera of Decapod crustacean. **Raffles Bulletin of Zoology, Supplements**. v. 21, p. 1–109. 2009.

DELAMETTE, M.; CHAROLLAIS, J.; DECROUEZ, D.; CARON, M. Les grès verts helvétiques (Aptien moyen-Albien supérieur) de Haute-Savoie, Valais et Vaud (Alpes occidentales franco-suisses). **Publications du Département de Géologie et Paléontologie. Section des Sciences de la Terre**. v. 23, p. 1-400. 1997.

DHONDT, A. V.; DIENI, I. The Sardinian Early Cretaceous Bivalves and their Paleobiogeographic Affinities. In J. Wiedmann (ed.), **Cretaceous of the Western Tethys. Proceedings 3rd International Cretaceous Symposium, Tuebingen**. p. 281-297. 1989.

DHONDT, A. V.; JAILLARD, E. Cretaceous bivalves from Ecuador and northern Peru. **Journal of South American Earth Sciences**. v. 19, n. 3, p. 325-342. 2005.

DIENI, I.; MIDDLEMISS, F. A.; OWEN, E. F. The Lower Cretaceous Brachiopods of east-central Sardinia. **Bollettino della Società Paleontologica Italiana**. v. 12, n. 2, p. 166-216. 1973.

DONOVAN, D. T. Observations on the Mesozoic Rocks of Geographical Society O, East Greenland. **Meddeleser Om Gronland**. v. 149, p. 5, p. 3-13. 1949.

DOUVILLÉ, H. Les terrains secondaires dans le massif du Moghara a Test de l'isthme de Suez, d'après les exploration de M. Couyat-Barthoux. *Paleontologie. Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France*. v. 54, p. 11-84. 1916.

DOYLE, P. The Cretaceous Dimitobelidae (Belemnitida) of the Antarctic Peninsula region. **Palaeontology**. v. 30, n. 1, p. 147-177. 1987.

DUQUE, R. R. C.; BARRETO, A. M. F. New fossiliferous sites of the romualdo formation, lower cretaceous, Araripe Basin, Exu, Pernambuco, Northeast of Brazil. **Anuario do Instituto de Geociencias**, v. 41, n. 1, p. 5–14. 2018.

EL QOT, G. M. Late Cretaceous macrofossils from Sinai, Egypt. **Beringeria**. v. 36, p. 3-163. 2006.

EL QOT, G. M. Aptian-Cenomanian echinoids from northern Sinai, Egypt. **Cretaceous Research**. v. 126, p. 1-27. 2021.

EMBERGER, J. Note sur la stratigraphie et la paléontologie de l'Aptien de Bordj Oultem, région de Bou Sâada (Dép. d'Alger), Algérie. **Bulletin de la Société Géologique de France**. v. 4, n. 1-3, p. 145-150. 1954.

FAUTH, G., KERN, H. P., VILLEGAS-MARTÍN, J., DE LIRA MOTA, M. A., DOS SANTOS FILHO, M. A. B., SANTA CATHARINA, A.; LEANDRO, L. M.; LUFT-SOUZA, F.; STROHSCHOEN JR., O.; NAUTER-ALVES, A.; TUNGO, E. J. F.; BRUNO, M. D. R.; CEOLIN, D.; BAECKER-FAUTH, S.; BOM, M. H. H.; LIMA, F. H. O.; ASSINE, M. L. (2022). Primeval Aptian marine incursions in the interior of Northeastern Brazil following the Gondwana breakup. (Preprint). In Review. 10.21203/rs.3.rs-1674479/v1.

FERREIRA, C. S., & CASSAB, R. C. T. O gênero *Paranomía* Conrad, 1850 (Mollusca-Bivalvia) no Cretáceo do Brasil. Seu possível aproveitamento como fóssil guia. In **Congresso Brasileiro De Paleontologia**. v. 10, p. 471-477. 1987.

FORNER, E. Una nova espècie del gènere *Leptosalenia* Smith & Wright, 1990 (Echinoidea: Saleniidae) de l'Albià de Traiguera (Conca del Maestrat, NE de la península Ibèrica). **Treballs del Museu de Geologia de Barcelona**. v. 20, p. 5–13. 2014.

FÖRSTER, R. Die geologische Entwicklung von Süd-Mozambique seit der Unterkreide und die Ammoniten-Fauna von Unterkreide und Cenoman. **Geologisches Jahrbuch, Reihe B**. v. 12, p. 3-324. 1975.

FRITSCH, C. H. Neue Kreide fauna aus Sudamerika (Chile, Bolivia, Peru, Colombia). **Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie**. v. 50, p. 1- 56. 1924.

FÜRSICH, F. T.; CUSTÓDIO, M. A.; MATOS, S. A.; HETHKE, M.; QUAGLIO, F.; WARREN, L. V.; ASSINE, M. G.; SIMOES, M. (2019). Analysis of a Cretaceous (late Aptian) high-stress ecosystem: The Romualdo Formation of the Araripe Basin, northeastern Brazil. **Cretaceous Research**. v. 95, p. 268-296. 10.1016/j.cretres.2018.11.021.

GALLEMI, J.; LOPEZ, G.; MARTINEZ, R.; MUNOZ, J.; PONS, J. M. Albian-Cenomanian and Campanian-Maastrichtian biostratigraphy of southeast Spain. **Cretaceous Research**. v. 18, n. 3, p. 355-372. 1997.

GARASSINO, A. The macruran decapod crustaceans of the Lower Cretaceous (Lower Barremian) of Las Hoyas (Cuenca, Spain). **Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano**. v. 137, n. 1-2, p. 101-126. 1997.

GARASSINO, A.; BRAVI, S. Palaemon antonellae new species (Crustacea, Decapoda, Caridea) from the lower Cretaceous "Platydolomite" of Profeti (Caserta, Italy). **Journal of Paleontology**. v. 77, n. 3, p. 589-592. 2003.

GARASSINO, A.; DE ANGELI, A.; PASINI, G. New decapod assemblage from the Upper Cretaceous (Cenomanian-Turonian) of Gara Sbaa, southeastern Morocco. **Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano**. v. 149, n. 1, p. 37-67. 2008.

GIERS, R. Die Großfauna der Mukronatenkreide (unteres Obercampan) im östlichen Münsterland. **Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.** v. 7, p. 213-294. 1964.

GREENE, V.E.; SULLIVAN, L.J.; THOMPSON, J.K. & KIMMERER, W.J. Grazing impact of the invasive clam *Corbula murensis* on the microplankton assemblage of the northern San Francisco Estuary. **Marine Ecology Progress Series**. v. 431. p. 183-193. 2011.

HAEGG, R. Die Mollusken und Brachiopoden der Kreide bei Tormarp in Schweden. **Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar**. v. 62, n. 3, p. 214-233. 1940.

HAYAMI, I. A systematic survey of the Mesozoic Bivalvia from Japan. **The University Museum, The University of Tokyo, Bulletin**. n. 10, p. 1-249. 1975.  
HERNÁNDEZ, R.; KIRKLAND, J. I. The rediscovery of a rich uppermost Campanian dinosaur locality in the Cerro del Pueblo Fm., Coahuila, Mexico. **Journal of Vertebrate Paleontology**. v. 13, n. 3, p. 41 A. 1993.

HESSEL, M. H. Gervillia (Gervillia) solenoidea DeFrance, 1820 (Bivalvia Bakevelliidae) do Neo-Aptiano de Sergipe, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**. v. 7, n. 1, p. 67-76. 2004.

HESSEL, M.H. & FILIZOLA, N.P. Algumas espécies de Aguilera (Bivalvia) do Albiano Inferior de Sergipe. **Congresso Brasileiro de Paleontologia**, Curitiba, 11, Anais, v. 11, n. 1, p. 301-316. 1991.

HUDLESTON, W. H. Excursion to Swindon and Faringdon. June 5th (Whit-Monday), and following day. **Proceedings of the Geologists' Association**. v. 4, p. 543-554. 1876.

JACCARD, A. Jura Vaudois et Neuchatelois. **Matériaux pour la carte géologique de la Suisse**. v. 6, p. 1-340. 1869.

JÄHNICHEN, H.; KAHLERT, E. First record of Ephemeroptera, Coptoclava, Coleoptera inc. sed. and Turfanograptus from Lower Cretaceous paper-shales of the western-most site of Mongolia. **Mitteilungen aus dem Museum für Naturkunde in Berlin, Geowissenschaftliche Reihe**. v. 3, p. 77-86. 2000.

JANKICEVIC, J. L'Urgonien de la partie mediane des Carpatho-Balkanides Yougoslaves (Serbie Orientale) [The Urgonian of the middle part of the Yugoslavian Carpatho-Balkanid area (East Serbia)]. **Geobios, Memoire Special**. v. 3, p. 177-182. 1979.

JELETZKY, J. A. Uppermost Jurassic and Cretaceous rocks of Aklavik Range, Northeastern Richardson Mountains, Northwest Territories. **Geological Survey of Canada, Paper**. v. 58, n. 2, p. 1-84. 1958.

KASE, T. Early Cretaceous marine and brackish-water Gastropoda from Japan. **National Science Museum Monographs**. v. 1, p.1-262. 1984.

KELLUM, L. B. Cretaceous invertebrates of the Aurora Limestone. **Papers of the Michigan Academy of Science, Arts, and Letters**. v. 41, p. 205-231. 1956.

KENNEDY, W. J.; KLINGER, H.C. Cretaceous faunas from Zululand and Natal, South Africa. Introduction, Stratigraphy. **Bulletin of the British Museum of Natural History**. v. 25, n. 4, p. 265-315. 1975.

KIEL, S. **Taxonomy and Biogeography of Late Cretaceous Gastropoda**. Departamento Ciências da Terra, Universidade de Hamburgo, Tese de Doutorado, p. 237. 2001.

KIEL, S. New and little-known gastropods from the Albian of the Mahajanga Basin, northwestern Madagascar. **Journal of Paleontology**. v. 80, n. 3, p. 455-476. 2006.

KIEL, S. K.; CAMPBELL, K. A. C.; ELDER, W. P.; LITTLE, C. T. S. Jurassic and Cretaceous Gastropods from Hydrocarbon Seeps in Forearc Basin and Accretionary Prism Settings, California. **Acta Palaeontologica Polonica**. v. 53, n. 4, p. 679-703. 2008.

KLOMPMAKER, A.A.; SCHWEITZER, C.E.; FELDMANN, R. M.; KOWALEWSKI, M. The influence of reefs on the rise of Mesozoic marine crustaceans. **Geology**. v. 41, p. 1179-1182. 2013. [10.1130/G34768.1](https://doi.org/10.1130/G34768.1)

KOLLMANN, H. A. Gastropoden-Faunen aus der höheren Unterkreide Nordwestdeutschlands. **Geologisches Jahrbuch**, v. 65, p. 517-551. 1982.

KOLLMANN, H. A.; PEZA, L. H. *Diptyxis oppenheim* (Nerineacea, Gastropoda) from the Lower Cretaceous of Albania. On the distribution of the genus *Diptyxis*. **Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. Serie A für Mineralogie und Petrographie, Geologie und Paläontologie, Anthropologie und Prähistorie**. v. 98, p. 17-33. 1997.

KOLLMANN, H. A. Gastropods from the Lower Cretaceous of Vorarlberg, Austria. A systematic review. **Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien. Serie A für Mineralogie und Petrographie, Geologie und Paläontologie, Anthropologie und Prähistorie**, p. 23-73, 2002.

KUES, B. S. New bivalve taxa from the Tucumcari Formation (Cretaceous, Albian), New Mexico, and the biostratigraphic significance of the basal Tucumcari fauna. **Journal of Paleontology**. v. 71, n. 5, p. 820-839. 1997.

KUMMEL, B. Geological reconnaissance of the Contamana region, Peru. **Geological Society America Bulletin**. v. 59, p. 1217-1265. 1948.

LAGNEAU-HERENGER, L. Contribution a l'etude des spongiaires siliceux du Cretace inferieur. **Memoires de la Societe Geologique de France**. v. 95, p. 1-252. 1962.

LIMA, F. J. **Taxonomia E Posicionamento Estratigráfico De Vegetais Fósseis Da Formação Romualdo, Cretáceo Inferior Da Bacia Do Araripe**. Dissertação de Mestrado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

LUQUE, J.; FELDMANN, R. M.; SCHWEITZER, C. E.; JARAMILLO, C.; CAMERON, C. B. The oldest frog crabs (Decapoda: Brachyura: Raninoidea) from the Aptian of northern South America. **Journal of Crustacean Biology**. v. 32, p. 405-420. 2012.

MAISEY, J.G. & CARVALHO, M.G.P. 1995. First records of fossil sergestid decapods and fossil Brachyuran crab larvae (Arthropoda, Crustacea), with remarks on some supposed palaeomonid fossils, from the Santana Formation (Aptian-Albian, NE Brazil). **American Museum Novitates**, New York, v. 3132, p. 20. 1995.

MANSO, C. L. C. & SOUZA-LIMA, W. O equinóide *Douvillaster Lambert* 1917 na Formação Riachuelo, Sub-bacia de Sergipe, Brasil. **Rev. Bras.Paleo**. v. 5, p. 29-37. 2003.

MANSO C. L. C., SOUZA-LIMA W. Novos equinóides para o intervalo Aptiano Albiano (Cretáceo Inferior) da Sub-bacia de Sergipe, Nordeste do Brasil. **Geociências**. v. 31, n. 4, p. 584-605. 2012.

MANSO C. L. C. & HESSEL M. H. Revisão de *Pygidiolampas araripensis* (Beurlen, 1966), (Echinodermata Cassiduloidea) da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Geociências**. v. 26, n. 3, p. 271-277. 2007.

MANSO, C. L. DE C.; HESSEL, M. H. Novos equinoides (Echinodermata: Echinoidea) do Albiano da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 187–197, 2012.

MARTILL, D. M. *Fossils of the Santana and Crato Formations, Brazil*. **Palaeontological Association**, London, 1993.

MARTINS-NETO, R.G. Primeiro registro de decápode na Formação Santana, Bacia do Araripe (Cretáceo Inferior), Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 39, n. 4, p. 406–410. 1987.

MAURY, C. J. O Cretáceo da Paraíba do Norte. **Monografia do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil**. v. 8, p. 305. 1930.

MAURY, C. J. **O Cretáceo de Sergipe, Brasil**. Rio de Janeiro, Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. p. 283. 1936.

MEKAWY, M. S. Taphonomy of Aptian-Albian Beds in the Gebel Mistan, Maghara Area, Northern Sinai, Egypt. **Earth Science and Climatic Change** v. 4, n. 2, p. 5. 2013.

MELLO, L. H. C.; MELLO, F. T.; ZUCON, M. H. A new species of Gervillia DeFrance (Bivalvia, Bakevelliidae) from the Aptian-Albian transition of Sergipe, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**. v. 10, n. 1, p. 63-69. 2007.

MENDOZA, I. M. C.; SÁNCHEZ, B. E. B. Early Cretaceous gastropods from the Pihuamo region, Jalisco, Mexico. Paleocological and paleogeographic considerations. **Paleontología Mexicana**. v. 10, n. 2, p. 93–103. 2021.

MENNESSIER, G. Revision des gasteropodes appartenant à la famille des Cassiopidae Kollmann (= Glauconiidae Pchelintsev). **Trav. Dep. Geol. Univ. Picardie, Amiens**. v. 1, p. 190. 1984.

MOGHADDAM, I. M.; SHAMS, P.; SHIRAZI, M. P. N. Systematic of Albian - Cenomanian Gastropods and Bivalves from the Kazhdumi Formation, Zagros Basin. **Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran**. v. 27, n. 3, p. 237-252. 2016.

MURPHY, M. A. Lower Cretaceous stratigraphic units of Northern California. **Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists**. v. 40, n. 9, p. 2098-2119. 1956.

MUSAVU MOUSSAVOU, B.; MABICKA OBAME, R. Taxonomy and paleoecology of Albian Madiela Formation gastropods, Gabonese coastal basin: N'Toum quarry section. **Bulletin de la Société Géologique de France**. v. 186, p. 35-42. 2015.

MYCZYNSKI, R.; ITURRALDE-VINENT, M. The Late Lower Albian Invertebrate Fauna of the Río Hatillo Formation of Pueblo Viejo, Dominican Republic. **Caribbean Journal of Science**. v. 41, n. 4, p. 782-796. 2005.

NEKHAEV, I. O. Marine shell-bearing Gastropoda of Murman (Barents Sea): an annotated check-list. **Ruthenica**. v. 24, n. 2, p. 75-121. 2014.

NERAUDEAU, D.; BRETON, G. Un assemblage de *Macraster* cf. *Polygonus*, spatangoïde primitif de l'Albien moyen de Saint-Jouin (Seine-Maritime): développement ontogénique, démographie, paléoécologie. **Bulletin trimestriel de la société géologique de Normandie et Amis Muséum du Havre**. v. 80, n. 3-4, p. 53-62. 1993.

NEWTON, R. B. On some Cretaceous Brachiopoda and Mollusca from Angola, Portuguese West Africa. **Transactions of the Royal Society of Edinburgh**. v. 51, p. 561-580. 1917.

OSSÓ, À. *Eogeryon elegius* n. gen. and n. sp. (Decapoda: Eubrachyura: Portunoidea), one of the oldest modern crabs from late Cenomanian of the Iberian Peninsula. **Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana**. v. 68, n. 2, p. 231-246. 2016.

PEREIRA, P.A.; CASSAB, R.C.T.; ALMEIDA, J.A.F. & BARRETO, A.M.F. Moluscos da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Boletim de Ciências Naturais do Museu Paraense Emílio Goeldi**. v. 10, n. 2, p. 23-246. 2015.

PEREIRA, P.A.; CASSAB, R.C.T. & BARRETO, A.M.F. Cassiopidae gastropods, influence of Tethys Sea the Romualdo Formation (Aptian-Albian), Araripe Basin, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**. v. 70, p. 211-223. 2016.

PEREIRA, P. A.; CASSAB, R.; BARRETO, A. M. F. The Families Veneridae, Trochidae, Akeridae and Acteonidae (Mollusca), in the Romualdo Formation: Paleocological and Paleobiogeographic Aspects in the Lower Cretaceous of the Araripe Basin, NE of Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**. v. 41, p. 137-152. 2018.

PÉREZ FARFANTE, I. American solenocerid shrimps of the genera *Hymenopenaeus*, *Haliporoides*, *Pleoticus*, *Hadropenaeus* new genus, *Andmesopenaeus* new genus. **Fishery Bulletin**. v. 75, p. 261–346. 1977.

PÉREZ FARFANTE, I.; KENSLEY, B. Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. **Mémoires du Muséum National d'Histoire naturelle**. v. 175, p. 1-233. 1997.

PINHEIRO, A. P.; SARAIVA, A. Á. F.; SANTANA, W. Shrimps from the Santana Group (Cretaceous: Albian): New species (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) and new record (Crustacea: Decapoda: Caridea). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 2, p. 663–670. 2014.

POUTIERS, J. M. Gastropods in: **FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes: The living marine resources of the Western Central Pacific Volume 1**. Seaweeds, corals, bivalves and gastropods. Rome, FAO, 1998. p. 399. 1998.

PRADO L.A.C., PEREIRA P.A., SALES A.M.F, BARRETO A.M.F. Taphonomic and paleoenvironmental considerations for the concentrations of macroinvertebrate fossils in the Romualdo Member, Santana Formation, Late Aptian-Early Albian, Araripe Basin, Araripina, NE, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences.** v. 62, p. 218-228. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2015.06.005>.

PRADO L.A.C., PEREIRA P.A., SALES A.M.F, BARRETO A.M.F. Tafonomia dos invertebrados do Sítio Canastra, Formação Romualdo, Cretáceo Inferior, Bacia do Araripe, Araripina, Pernambuco, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências.** v. 39, p. 77-87. 2016. [http://dx.doi.org/10.11137/2016\\_2\\_77\\_87](http://dx.doi.org/10.11137/2016_2_77_87).

PRADO, L. A. C.; LUQUE, J.; BARRETO, A. M. F.; PALMER, R. New brachyuran crabs from the Aptian-Albian Romualdo Formation, Santana Group of Brazil: Evidence for a Tethyan connection to the Araripe Basin. **Acta Palaeontologica Polonica.** v. 63, n. 4. 2018.

PRADO, L.A.C.; CALADO, T.C.S.; BARRETO, A.M.F. New records of shrimps from the lower cretaceous Romualdo formation, Araripe Basin, northeastern Brazil, with new taxa of penaeoidea (Crustacea: Decapoda: dendrobranchiata). **Cretac. Res.** 99, 96–103. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2019.02.023>

PRADO, L. A. C. **Tafonomia e Taxonomia das Concentrações de Macroinvertebrados da Formação Romualdo nos Estados de Pernambuco e Piauí: Considerações Paleoambientais da Transgressão Marinha Cretácea na Bacia do Araripe.** Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

PRADO, L. A. C.; BARBOSA, G. L. L.; PEREIRA, P. A.; ARARIPE, R. V. C.; OLIVEIRA, D. H.; LEMOS, F. A. P.; NASCIMENTO, L. R. L. S.; TOMÉ, M. T. R.; BARRETO, A. M. F. A Incomum Associação De Peixes E Caranguejos Da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano Da Bacia Sedimentar Do Araripe, Ne Do Brasil. **Revista Brasileira De Paleontologia.** v. 24, n. 2, p. 149-162. 2021.

REMANE, A. Biologische Kriterien zur Unterscheidung von Süsz-und Saizwassersedimenten Fortschr. **Geol Rheinl West Krefeld.** v. 10, p. 10-112. 1963.

REY, J. Recherches géologiques sur le Crétacé inférieur de l'Estremadura (Portugal). **Serviços Geológicos de Portugal.** v. 21, p. 1-477. 1972.

RIEPPPEL, O.; HEAD, J. J. New specimens of the fossil snake genus Eupodophis Rage and Escuillié, from the mid-Cretaceous of Lebanon. **Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e Museo Civico di Storia Naturale di Milano.** v. 23, n. 2, p. 1-26. 2004.

RODRIGUES, M.G.; MATOS, S.A.; VAREJÃO, F.G.; FÜRSICH, F.T.; WARREN, L.V.; ASSINE, M.L.; SIMÕES, M.G. Short-lived “Bakevelliid-Sea” in the Aptian Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **Cretaceous Research.** v. 115, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2020.104555>.

RUSSELL, L. S.; LANDES, R. W. Geology of the Southern Alberta Plains. Part II. Paleontology of the marine formations of the Montana Group. **Geological Survey of Canada Memoir**. p. 221-223. 1937.

SALES, A.M.F. **Análise tafonômica das ocorrências fossilíferas de macroinvertebrados do Membro Romualdo (Albiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe, NE do Brasil: significado estratigráfico e paleoambiental**. Ph.D. Thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

SALES, A. M. F. & LEAL NETO A. Mapeamento Geológico da porção centro Norte da Bacia do Araripe e Embasamento cristalino Adjacente. Trabalho de Conclusão de Curso; (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Ceará, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. 1996.

SALES, A. M. F. & LEAL NETO A. Estudo da composição mineralógica e textural dos testemunhos de sondagem da Formação Santana (sudoeste da Bacia do Araripe - PE). *In: XII Encontro Universitário de iniciação a pesquisa e I Encontro de Pós-Graduação*. Ed. UFC, Fortaleza, resumos. v. 1, p. 55. 1993.

SALES, A. M. F.; GHILARDI, R. P.; LIMA FILHO, F- P. SOBRE as coquinas calcáreas do Membro Romualdo, Formação Santana (cretáceo) Bacia do Araripe, uma contribuição estratigráfica. *In: Congresso Brasileiro De paleontologia, 10, Crato, 1999*. Resumos. Crato, CE. p. 93. 1999.

SALES, A. M. F., M. G. SIMÕES & R. P. GHILARDI. Ocorrência de Mytilidae (Bivalvia, Mollusca) nos calcários superiores do Membro Romualdo (Formação Santana, Albiano, Bacia do Araripe): implicações paleoecológicas e paleogeográficas. **Simpósio de Geologia do Nordeste**, v.19, p. 18-19. 2001.

SANTAFÉ, J. V.; CASANOVAS, M. L.; SANZ, J. L.; CALZADA, Y. S. Geologia y Paleontología (Dinosaurios) de las Capas rojas de Morella (Castellón, España). **Diputación Provincial de Castellón y Diputación de Barcelona**. p.1-169. 1982.

SANTAFÉ-LLOPIS, J. V.; CASANOVAS-CLADELLAS, M. L.; SANZ-GARCÍA, J. L.; CALZADA-BADÍA, S. Un nuevo yacimiento de Dinosaurios en el Aptiense inferior de Morella (Castellón). **Acta Geológica Hispánica**. v. 16, n. 3, p. 139-143. 1981.

SANTANA, W., PINHEIRO, A.P., SILVA, C.M.R., SARAIVA, A.Á.F. A new fossil caridean shrimp (Crustacea: Decapoda) from the Cretaceous (Albian) of the Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **Zootaxa**. v. 36, p. 20, p. 293-300. 2013.

SANTOS, M. E. C. M. Ambiente deposicional da Formação Santana, Chapada do Araripe (PE, P|, CE). *In: Congresso Brasileiro Geologia, 32*. Salvador. v. 3, p. 1412-1426. 1982.

SARAIVA, A. A.; PRALON, B. G. N.; GREGATI, R. A. Taxonomic remarks on Brazilian Cretaceous Decapoda from Araripe Basin, Brazil, and ecological inferences. **Gaea – Journal of Geoscience**. v. 5, n. 2, 70-74. 2009.

SARAIVA, A. A. F.; PINHEIRO, A. P.; SANTANA, W. A remarkable new genus and species of the planktonic shrimp family Luciferidae (Crustacea, Decapoda) from the Cretaceous (Aptian/Albian) of the Araripe Sedimentary Basin, Brazil. **Journal of Paleontology**. v. 92, n. 3, p. 459–465. 2018. doi: <https://doi.org/10.1017/jpa.2018.5>

SCHÄFER W. **Ecology and paleoecology of marine environments**. Chicago, University of Chicago Press. p. 568. 1972.

SCOTSE, C. R. Atlas of Earth History. **Paleomap Project**. v.1, p.1-55. 2001.

SCOTT, R. W. Paleoecology and Paleontology of the Lower Cretaceous Kiowa Formation, Kansas. **The University of Kansas Paleontological Contributions**. v. 52, p. 1-94. 1970.

SCOTT, R. W. Biogeographic influences on Early Cretaceous paleocommunities, Western Interior. **Journal of Paleontology**. v. 60, p. 197-207. 1986.

SKWARKO, S. K. Lower Cretaceous Mollusca of the Great Artesian Basin Type in the Gibson Desert, Central Western Australia. **Bureau of Mineral Resources, Geology, and Geophysics Bulletin**. v. 75, p. 1-38. 1967.

SMETTAN, K. Bivalven, Gastropoden und Serpuliden aus den Branderfleckschichten (Cenoman) der Fahrenbergmulde (Nördliche Kalkalpen, Bayern): Taxonomie und Palökologie. **Zitteliana**. v. 21, p. 99-158. 1997.  
SMITH, A.B.; BENGTSON, P. Cretaceous echinoids from north-eastern Brazil. **Fossils and Strata**, v. 31, p. 1-88. 1991.

SMITH, A. B.; XU, J. Palaeontology of the 1985 Geotraverse, Lhasa to Golmud. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A, Mathematical and Physical Sciences**. v. 327, n. 1594, p. 53-105. 1988.

SOHL, N.F. GASTROPODS FROM THE COFFEE SAND (UPPER CRETACEOUS) OF MISSISSIPI. **Geological Survey Professional Paper**. v. 331, p. 345-394. 1964.

SOHL, N. F.; KOCH, C. F. Upper Cretaceous (Maestrichtian) larger invertebrate Fossils from the Haustator bilira Assemblage Zone in the west gulf Coastal Plain. **USGS Open File Report**. v. 83, p. 1-282. 1984.

SOHL, N. F. Cretaceous gastropods: contrasts between Tethys and the temperate provinces. **Journal of Paleontology**. v. 61, n. 6, p. 1085-1111. 1987.  
SPEDEN, I.G. 1975. Cretaceous stratigraphy of Raukumara Peninsula. **New Zealand Geological Survey Bulletin**. n. 91, p. 1-70. 1975.

STEUBER, T. Cretaceous rudists of Boeotia, Central Greece. **Special Papers in Palaeontology**. v. 61, p. 5-229. 1999.

SZÖRENYI, E. Echinides du Crétacé inférieur de la Hongrie. **Geologica Hungarica**. v. 32, p. 326-367. 1960.

TASCH, Paul. **Fossil Conchostraca of the Southern Hemisphere and continental drift: Paleontology, biostratigraphy, and dispersal**. Geological Society of America, 1987.

TASCH, P. Branchiopoda. In: Moore, R.C. **Treatise on Invertebrate Paleontology**. Geological Society of America and University of Kansas, Part R., Arthropoda. v. L, n. 4, p. R128-R191. 1969.

TAVARES, C., MARTIN, J., Suborder Dendrobranchiata Bate, 1888. In: Scram, Fr, et al. (Eds.), **Treatise on Zoology- Anatomy, Taxonomy, Biology e The Crustacea, Decapoda, Volume 9, Part A, Eucarida: Euphausiacea, Amphionidacea, and Decapoda**. Koninklijke Brill NV, Leiden, The Netherland, p. 99-164. 2010.

TCHECHMEDJIEVA, V. L. Paleoecologie des Madreporaires du Cretace superieur dans le Srednogorie de l'Ouest (Bulgarie occidentale). **Geologica Balcanica**. v. 16, n. 5, p. 55-81. 1986.

THOMPSON, J. V. Memoir III. On the luminosity of the ocean. In: Thompson JV, editor. 1828–34. **Zoological Researches, and Illustrations; or natural history of nondescript or imperfectly known animals, in a series of memoirs: King and Ridings, Cork, Ireland**. v. 2, n. 3, p. 37–61. 1829

THOMPSON, J.K. & PARCHASO, F. *Corbula amurensis*: conceptual model. **Geological Survey**. p. 39. 2010.

VALDÉS, A. Northeast Pacific benthic shelled sea slugs. **Zoosymposia**. v. 13, p. 242-304. 2019, available online at <http://dx.doi.org/10.11646/zoosymposia.13.1.21>

VAN BAKEL, B.W.M., GUINOT, D., ARTAL, P., FRAAIJE, R.H.B., JAGT, J.W.M. A revision of the Palaeocorystoidea and the phylogeny of raninoidian crabs (Crustacea, Decapoda, Brachyura, Podotremata). **Zootaxa**. v. 3215, n. 1, p. 1–216. 2012.

VERESHCHAKA, A. L.; OLESEN, J.; LUNINA, A. A. A phylogeny-based revision of the family Luciferidae (Crustacea: Decapoda). **Zoological Journal of the Linnean Society**. v. 178, p.15–32. 2016.

VERESHCHAKA, A.L. Revision of the genus *Sergia* (Decapoda: Dendrobranchiata: Sergestidae): taxonomy and distribution. **Gala-thea Report**. v. 18, p. 69-207. 2000.

VIERA, L. I.; TORRES, J. A.; AGUIRREZABALA, L. M. El Weald de Munilla (La Rioja) y sus icnitas de dinosaurios. (II). **Munibe**. v. 36, p. 3-22. 1984.

VOKES, H. E. Contributions to the paleontology of the Lebanon Mountains, Republic of Lebanon. **Bulletin of the American Museum of Natural History**. v. 87, n. 3, p. 139-216. 1946.

VON DER MARCK, W. Ueber einige Wirbelthiere, Kruster und Cephalopoden der Westfälischen Kreide. **Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft**. v. 10, p. 231-271. 1858.

WEBB, J.A. A Reappraisal of the Palaeoecology of conchostracans (Crustacea, Branchiopoda). **Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen**. Berlin, v. 158, n.2, p. 259-275, 1979.

WEN, S. X. Cretaceous bivalves of Kangpa Group, South Xizang, China and their biogeography. **Acta Palaeontologica Sinica**. v. 39, n. 1, p. 1-27. 2000.

WENZ W. Gastropoda teil I: allgemeiner teil und prosobranchia. *In*: Schindewolf O.H. (Ed.). **Handbuch der Paläozoologie**. Berlin, Band. p. 948. 1938.

YANBIN, S.; GARASSINO, A.; TERUZZI, G. Studies on permo-trias of Madagascar. 4. Early triassic conchostracans from Madagascar. **Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale in Milano**, v. 143, p. 3-11, 2002.

## 7 CONCLUSÃO

Os novos sítios fossilíferos da Formação Romualdo estudados neste trabalho apresentam uma diversa fauna de macroinvertebrados, composta por 13 táxons. Estes evidenciam uma origem tetiana, apontando para uma ingressão marinha através da Bacia do Parnaíba.

Tal fauna foi agrupada em três associações fósseis: *Cyzicus* sp. *Paleomattea deliciosa* e Cassiopidae. Através dela, foram obtidos dados que apontam para a presença de três ambientes: transicional, incursão marinha I e II. Enquanto as associações *Cyzicus* sp. e *Paleomattea deliciosa* evidenciam ambientes de baixa energia, a associação Cassiopidae implica em soterramento tempestítico. Desta forma, as seções analisadas evidenciaram um caráter marinho para o topo da Formação Romualdo e aumentam a distribuição espacial dos táxons dentro da porção pernambucana da unidade estratigráfica.

Quanto ao trabalho bibliográfico, há registro de 46 táxons de invertebrados, dos quais foi apontada a predominância de hábitos marinhos e em menor número transicionais, com 18 táxons com caráter tetiano. Também foi possível notar uma escassez de informações paleoecológicas mais aprofundadas a respeito dos moluscos das famílias Verenidae e Trochidae, o carídeo *Kellnerius jamacaruensis* e o caranguejo *Romualdocarcinus salesi*. Muitas espécies de invertebrados permanecem sem famílias definidas ou foram inseridos com dúvida, como *Kellnerius jamacaruensis*, os caranguejos *Romualdocarcinus salesi* e *Araripecarcinus ferreirai* e o Spinicaudata *Platyestheria abaetensis*. Além disso, aponta-se a necessidade de uma revisão taxonômica a respeito dos Spinicaudata *Cyzicus brauni* e *Cyzicus pricei*.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P. R. F.; ANDRADE, J. A. F. G.; SALES, A. M. F. Traços fósseis da Formação Cariri (Paleozóico) da Bacia do Araripe, CE. In: X Congresso Brasileiro de Paleontologia, 1999, Crato, CE. **X Congresso Brasileiro de Paleontologia**. v. 1. p. 11-12. 1999.
- ALENCAR, D. R.; PINHEIRO, A. P.; SARAIVA, A. A. F.; OLIVEIRA, G. R.; SANTANA, W. A new genus and species of solenoceridae (crustacea, decapoda, dendrobranchiata) from the cretaceous (aptian/albian) of the araripe sedimentary Basin, Brazil. **Zootaxa**, v. 4527, n. 4, p. 494–500, 2018.
- ALBUQUERQUE, J. P. T. Geologia da área sudeste de Rancharia, sul de Araripina, Estado de Pernambuco. **Boletim de Geologia**. v. 3, p. 46-48. 1963.
- ANJOS, N. F. R. Conteúdo fóssil e idade da série Araripe. **Symposium**. v. 5, n. 1-2, p. 175-178. 1963.
- ARAI, M. Aptian/Albian (Early Cretaceous) paleogeography of the South Atlantic: a paleontological perspective. **Brazilian Journal of Geology**, V.44, n. 2, p. 339-350. 2014.
- ARARIPE, R. C.; OLIVEIRA, D. H.; TOMÉ, M. E. T. R.; MELLO, R. M.; BARRETO, A. M. F. Foraminifera and Ostracoda from the Lower Cretaceous (Aptian–lower Albian) romualdo formation, Araripe basin, northeast Brazil: Paleoenvironmental inferences. **Cretaceous Research** v. 122. 2021.
- ASSINE, M. L. **Sedimentação e Tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado). Rio Claro: IGCE/UNESP, p.124. 1990.
- 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. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências – Petrobras**, v.15, n.2, p. 371- 389. 2007.
- ASSINE, M.L., PERINOTTO, J.A.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. **Bol. Geociências Petrobras**. v. 22, p. 3–28. 2014.
- BARBOSA, J.A., HESSEL, M.H. & NEUMANN, V.H. Bivalves da Formação Crato, Bacia do Araripe. **Paleontologia em Destaque**, Porto Alegre, v. 20, n. 49, p. 41-42. 2004.
- BARROS, F. C. Sobre a sistemática da Série do Araripe. **Revista Engenharia Minas Metal**. v. 218, n. 52. 1963.
- BARROS, O. A.; VIANA, M. S. S.; SARAIVA, A. Álamo F.; SILVA, J. H. da. The first occurrence of fossil shrimps (Crustacea, Decapoda) in the Ipubi Formation

(Lower Cretaceous, Araripe Basin). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 2020. e251985576, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.5576.

BAUDIN, F.; BERTHOU, P.-Y.; HERBIN, J.P. & CAMPOS, D.A. Matière organique et sédimentation argileuse dans le Crétacé du bassin d'Araripe – comparaison avec les données du Crétacé d'autres bassins brésiliens. In: **Simpósio Sobre A Bacia Do Araripe E Bacias Interiores Do Nordeste**, 1. Atas, p. 83-93. 1990.

BEHRENSMEYER, A. K., KIDWELL, S. M. & GASTALDO, R. A. Taphonomy and paleobiology. In: ERWIN, D.H. & WING, S.L., (Ed.). **Deep Time: Paleobiology's Perspective**. Lawrence: The Paleontological Society. p 103-147. 2000.

BELFORT, P. L.; ARAÚJO-JÚNIOR, H. I. DE. Peixes Fósseis Do Grupo Santana (Cretáceo Inferior Da Bacia Do Araripe) Da Coleção De Paleontologia Da Uerj: Aspectos Taxonômicos E Tafonômicos. **Estudos Geológicos**, v. 29, n. 1, p. 55–75. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/estudosgeologicos>>.

BERTHOU, P.Y., VIANA, M.V., CAMPOS, D.A. Coupe de La Formation Santana dans Le secteur de "Pedra Branca" (Santana do Cariri) (Bassin D' Araripe, NE du Brésil). 71 Contribution a l' étude de la sédimentologie et des paleoenvironnements. In: **1º Simpósio Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste**, Atas, p. 173–1991. 1990.

BEURLEN, K., Posição estratigráfica e paleogeográfica da chapada do Araripe. **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia**. v. 16, p. 2. 1962a.

BEURLEN, K., A geologia da chapada do Araripe. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 34, n. 3, p. 365-370. 1962b.

BEURLEN, K. Geologia e estratigrafia da chapada do Araripe. **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia**. v. 17, p. 1-47. 1963.

BEURLEN, K. As espécies dos Cassiopinæ, nova subfamília dos Turriteliidae, no Cretáceo do Brasil. **Arquivo de Geologia da UFPE**. v. 5, p. 1-43. 1964.

BEURLEN, K. Novos equinóides no Cretáceo do nordeste do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.38, n.3/4, p. 455-464. 1996.

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

BITTENCOURT, J. S.; ROHN, R.; GALLEGU, O. F.; MONFERRAN, M. D.; UHLEIN, A. The morphology and systematics of the clam shrimp *Platyestheria* gen. nov. *abaetensis* (Cardoso) (Crustacea, Spinicaudata) from the Lower

Cretaceous of the Sanfranciscana Basin, southeast Brazil. **Cretaceous Research**, v. 91, p. 274–286. 2018.

BRAUN, O. P. G. **Estratigrafia dos Sedimentos da Parte Inferior da Região Nordeste do Brasil (Bacias do Tucano- Jatobá, Mirandiba e Araripe)**. Rio de Janeiro: Divisão de Geologia e Mineralogia/DNPM, p. 75. 1966.

BRITO, I.A.M. 1981. O gênero *Hemiaster* no Cretáceo do Brasil (Echinoidea, Spatangoidea). *In*: Congr. LatinoAmericano de Paleontologia, 2, **Anais**, p. 399-414.

BRUSCA, R. C., MOORE, W., SHUSTER, S. M. **Invertebrados**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

CARVALHO, I. DE S. **Os Conchostráceos Fósseis das Bacias Interiores do Nordeste do Brasil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1993.

CARVALHO, I. S. Conchostráceos das Bacias Interiores do Nordeste brasileiro: indicadores climáticos do Cretáceo inferior. **Paleontologia: Cenários de vida - Paleoclimas**, v. 5, p. 121–134, 2014. ISBN: 9788571933439. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/260883811>.

CARVALHO, R. R., NEUMANN, V. H. M. L., FAMBRINI, G. L., ASSINE, M. L., VIEIRA, M. M., ROCHA, D. E. G. A., RAMOS, G. M. S. The basal siliciclastic Silurian-Devonian Tacaratu Formation of the Jatobá Basin, analysis of fácies, provenance and palaeocurrents. **Journal of South American Earth Sciences**. v. 88, p. 94-106. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.07.004>.

CHAN, T.Y. Shrimps and Prawns. *In*: Carpenter, K.E., Niem, V.H. **The living marine resources of the Western Central Pacific**, v. 2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1998.

COIRO, M., DOYLE, J. A., & HILTON, J. How deep is the conflict between molecular and fossil evidence on the age of angiosperms? **New Phytologist**. v. 223, n. 1, p. 83-99. 2019. doi:10.1111/nph.15708

COHEN, K. M.; FINNEY, S. C.; GIBBARD, P. L.; FAN, J. X. The ICS International Chronostratigraphic Chart. **Episodes**, v. 36, n. 3, p. 199-204. 2013.

COSTA, M. J. Geologia da região oeste de Rancharia, município de Araripina, PE. **Boletim de Geologia**. v. 3, p. 49-51. 1963.

CUSTÓDIO, M. A. et al. 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.

DA SILVA, D. A., LEAL, L. A., & BERNARDES, E. S. Insetos do Membro Crato, Formação Santana, Aptiano/Albiano da Bacia do Araripe. **Boletim Paranaense de Geociências**. v.77, n. 6, p. 40-45. 2020.

DE LIMA, F. J., SARAIVA, A. A. F., & SAYÃO, J. M. Revisão da paleoflora das formações Missão Velha, Crato e Romualdo, Bacia do Araripe Nordeste do Brasil. **Estudos Geológicos**. v. 22, p. 99-115. 2012.

DOMINGOS, A. L. R. S.; ABAGARO, B.T.O.; BEZERRA, J. N.; SILVA, J. H.; RIBEIRO, T. S.; BARROS, LARA NÁGELA L.C. ANÁLISE DE CRISTALINIDADE DE PEIXES FÓSSEIS DA FORMAÇÃO IPUBI, BACIA DO ARARIPE, ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE ESPECTROSCOPIA VIBRACIONAL. In: **III Encontro de Iniciação Científica da UFCA, 2017**, Juazeiro do Norte. Anais do III Encontro de Iniciação Científica da UFCA, 2017.

DUQUE, R. R. C.; BARRETO, A. M. F. New fossiliferous sites of the romualdo formation, lower cretaceous, Araripe Basin, Exu, Pernambuco, Northeast of Brazil. **Anuario do Instituto de Geociencias**, v. 41, n. 1, p. 5–14. 2018.

EFREMOV, J. A. Taphonomy: New Branch of Paleontology. **Pan-American Geologist**, Moscou, v. 74, n. 2, p. 81-93, 1940.

FAMBRINI, G. L., TESSER JR., S., NEUMANN, V. H. M. L., SOUZA, B. Y. C., SILVA FILHO, W. F. Fácies e sistemas deposicionais na área-tipo da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe, CE. **Estudos Geológicos**. v. 19, n. 1, p. 163-191. 2009. Disponível

em:<[https://www.researchgate.net/publication/277712928\\_Facies\\_e\\_Sistemas\\_Deposicionais\\_na\\_Area\\_Tipo\\_da\\_Formacao\\_Missao\\_Velha\\_Bacia\\_do\\_Araripe\\_Nordeste\\_do\\_Brasil/](https://www.researchgate.net/publication/277712928_Facies_e_Sistemas_Deposicionais_na_Area_Tipo_da_Formacao_Missao_Velha_Bacia_do_Araripe_Nordeste_do_Brasil/)>. Acesso em: 26 jul. 2022.

FAMBRINI, G. L., LEMOS, D. R., TESSER JR., S., ARAÚJO, J. T., SILVA-FILHO, W. F., SOUZA, B. Y. C., NEUMANN, V. H. M. L. Estratigrafia, Arquitetura Depositional e Faciologia da Formação Missão Velha (Neojurássico-Eocretáceo) na Área-Tipo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil, Exemplo de Sedimentação de Estágio de Início de Rife a Clímax de Rife. **Geologia USP. Série Científica**. v. 11, n. 2, p. 55-87. 2011. <https://doi.org/10.5327/Z1519-874X2011000200004>.

FAMBRINI, G. L., MENEZES-FILHO, J. A. B., JESUÍNO, P. C. L., ARAÚJO, J. T., DURVAL, L. G. L., NEUMANN, V. H. M. L. Sucessão faciológica da Formação Barbalha (Aptiano), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Estudos Geológicos**. v. 25, p. 137-164. 2015. <http://doi.org/10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v25n1p137-164>.

FAMBRINI, G. L., NEUMANN, V. H. M. L., MENEZES-FILHO, J. A. B., SILVA-FILHO, W. F., OLIVEIRA, E. V. Facies architecture of fluvial Missão Velha Formation (Neojurassic-Eocretaceous), Araripe Basin, Northeast Brazil, paleogeographic and tectonic implications. **Acta Geologica Polonica**. v. 67, n. 4, p. 515-545. 2017. <https://doi.org/10.1515/agp-2017-0029>

FAMBRINI, G. L.; SILVESTRE, D. C.; BARRETO JUNIOR; A. M.; SILVA-FILHO, W. F. Stratigraphy of the Araripe Basin: State of the art, critical review, and new results. **Geologia USP - Serie Científica**. v. 20, n. 4, p. 169–212. 2020.

FAUTH, G., KERN, H. P., VILLEGAS-MARTÍN, J., DE LIRA MOTA, M. A., DOS SANTOS FILHO, M. A. B., SANTA CATHARINA, A.; LEANDRO, L. M.; LUFT-SOUZA, F.; STROHSCHOEN JR., O.; NAUTER-ALVES, A.; TUNGO, E. J. F.; BRUNO, M. D. R.; CEOLIN, D.; BAECKER-FAUTH, S.; BOM, M. H. H.; LIMA, F. H. O.; ASSINE, M. L. (2022). Primeval Aptian marine incursions in the interior of Northeastern Brazil following the Gondwana breakup. (Preprint). In Review. 10.21203/rs.3.rs-1674479/v1.

FERNANDES, A. C. S., CARVALHO, I. S., SRIVASTAVA, N. K., HENRIQUES, M. H. P., REIS, R.P.B. P. Icnofósseis da Bacia do Araripe (Formação Arajara-Cretácico) Brasil. **V Congresso Nacional de Geologia**, 84, A197-A200. Lisboa: Comunicações do Serviço Geológico de Portugal, Sociedade Geológica de Portugal. 1998.

FREITAS, F. I. De; HESSEL, M. H.; NOGUEIRA NETO, J. A. Troncos fósseis da Formação Missão Velha na porção leste da Bacia do Araripe, Ceará. **Revista de Geologia**, v. 21, n. 2, p. 193–206. 2009. Disponível em: <www.revistadegeologia.ufc.br>.

GALLEGO, O.F.; CALDAS, E.B. Breves comentarios sobre la fauna de conchostracos de la Formación Santana (Cretácico inferior) del Estado de Ceará, Nordeste de Brasil. *In: Congresso Brasileiro De Paleontologia*, 14, 1995. Atas, Uberaba, SBP, p. 52. 1995.

GALLEGO, O.F. & CALDAS, E.B. Critical revision of the Family Afrograptidae Novojilov, 1957 (Conchostraca), its validity and probable southamerican members. *In: Simpósio Sobre A Bacia De Araripe E Bacias Interiores Do Nordeste*, 1-2, 1990-1997.

GALLEGO, O.F. A new crustacean clam shrimp (Spinicaudata: Eosestheriidae) from the Upper Triassic of Argentina and its importance for “conchostracan” taxonomy. **Alcheringa**. v. 34, p. 1-17. 2010. doi:10.1080/03115510903546152.

GALLEGO, O. F.; MONFERRAN, M. D.; ASTROP, T. I.; ZACARIAS, I. A. Reassignment of Lioestheria codoensis Cardoso (Spinicaudata, Anthronestheriidae) from the lower cretaceous of Brazil: Systematics and paleoecology. **Revista Brasileira de Paleontologia**. v. 16, n. 1, p. 47–60. 2013.

GASPARY, J.; ANJOS, N. F. R. **Estudo Hidrogeológico de Juazeiro do Norte - Ceará**. Recife: SUDENE, p. 25. (Série Hidrogeologia 3). 1964.

GHILARDI, R. P. **Paleoautoecologia dos bivalves do grupo passa dois (Neopermiano), no estado de São Paulo: bivalves fósseis como indicadores da dinâmica sedimentar**. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

HALL, D.; HUBER, B. Ocean through time. Smithsonian Institution. Disponível em: <https://ocean.si.edu/through-time/ocean-through-time>. Acesso em: 19/03/2023.

HESSEL, M.H. & FILIZOLA, N.P. Algumas espécies de *Aguilera* (Bivalvia) do Albiano Inferior de Sergipe. **Congresso Brasileiro de Paleontologia**, Curitiba, 11, Anais, v. 11, n. 1, p. 301-316. 1991.

HOLZ, M. & SIMÕES, M. G. **Elementos Fundamentais de Tafonomia**. Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 231. 2002.

KIDWELL S.M., BOSENCE D.W. Taphonomy and time- averaging of marine shelly faunas In: Allison P.A., Briggs D.E.G. (Eds.). **Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record**. New York, Plenum Press, p. 115-209. 1991.

KIDWELL, S.M.; FÜRSICH, F.T.; AIGNER, T. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. ***Palaios***. v. 1, p. 228–238. 1986.

KIDWELL, S.M., HOLLAND, S.M. Field description of coarse bioclastic fabrics. ***Palaios***. v.6, p. 426-434. 1991.

LEITE, W. A. Geologia da folha norte de Rancheira Pernambuco. **Boletim de Geologia**. v. 3, p. 58-60. 1963.

LIMA, M.R. **Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)**. Ph.D. thesis. Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 335. in Portuguese. 1978.

LIMA, F. J. **Taxonomia E Posicionamento Estratigráfico De Vegetais Fósseis Da Formação Romualdo, Cretáceo Inferior Da Bacia Do Araripe**. Dissertação de Mestrado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

LIMA, F. De J. **Contribuição A Paleobotânica Do Grupo Santana: Novas Espécies De Macrofósseis E Análise De *Charcoal***. Tese de Doutorado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2017.

LUQUE, J. A puzzling frog crab ( Crustacea : Decapoda : Brachyura ) from the Early Cretaceous Santana Group of Brazil : frog first or crab first ? **Journal of Systematic Palaeontology**. v. 13, n. 2, p. 14772019, 2015.

LYMAN, R. L. What taphonomy is, what it isn't, and why taphonomists should care about the difference. **Journal of Taphonomy**, Columbia, v. 8, n. 1, p. 1-16, 2010.

MABESOONE, J. M., TINOCO, I. M. Paleoeology of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. v. 14, n. 2, p. 97-118. 1973. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(73\)90006-0](https://doi.org/10.1016/0031-0182(73)90006-0).

MAISEY, J.G. & CARVALHO, M.G.P. 1995. First records of fossil sergestid decapods and fossil Brachyuran crab larvae (Arthropoda, Crustacea), with remarks on some supposed palaeomonid fossils, from the Santana Formation (Aptian-Albian, NE Brazil). **American Museum Novitates**, New York, v. 3132, p. 20. 1995.

MARTINS-NETO, R.G. Primeiro registro de decápode na Formação Santana, Bacia do Araripe (Cretáceo Inferior), Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 39, n. 4, p. 406–410. 1987.

MARTINS-NETO, R.G. & MEZZALIRA, S. 1991. Descrição de novos crustáceos (*Caridea*) da Formação Santana, Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro. v.63, n.2, p. 155-160. 1991.

MANSO, C. L. DE C.; HESSEL, M. H. Novos equinoides (Echinodermata: Echinoidea) do Albiano da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 187–197, 2012.

MORAES, J. F. S., SANTOS, J. S., MASCARENHAS, J. C. **Projeto Santana**. Etapa I. Recife: DNPM/CPRM. v. I. 269p. (Relatório Final). 1976.

NEUMANN, V. H. M. L., CABRERA, L. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, nordeste de Brasil. **V Simpósio Cretáceo Brasileiro**. p. 279-285. Serra Negra. 1999.

OLIVEIRA, G. R.; SARAIVA, A. A. F.; SILVA, H. P.; ANDRADE, J. A. F. G.; KELLNER, A. W. A. First turtle from the ipubi formation (early cretaceous), Santana Group, Araripe Basin, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**. v. 14, n. 1, p. 61–66. 2011.

OSSÓ, À. *Eogeryon elegius* n. gen. and n. sp. (Decapoda: Eubrachyura: Portunoidea), one of the oldest modern crabs from late Cenomanian of the Iberian Peninsula. **Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana**. v. 68, n. 2, p. 231-246. 2016.

PALMER, D. **Atlas du Monde préhistorique**. Paris: Éditions Larousse. p. 224. 2002.

PEREIRA, P. A. et al. Moluscos da Formação Romualdo , Aptiano- Albiano , Bacia do Araripe , Nordeste do Brasil. **Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Ciências Nat.** v. 533, n. January, p. 231–246, 2015.

PEREIRA, P. A. **Moluscos da Formação Romualdo, Aptiano da Bacia Sedimentar do Araripe, NE do Brasil**. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

PEREIRA, P.A., CASSAB, R.C.T., BARRETO, A.M.F. Cassiopidae gastropods, influence of Tethys Sea of the Romualdo Formation (AptianeAlbian), Araripe Basin, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**. v.70, p. 211-223. 2016.

PEREIRA, P. A., CASSAB, R. C. T., BARRETO, A. M. F. Paleoecologia e Paleogeografia dos Moluscos e Equinoides da Formação Romualdo, Aptiano–Albiano da Bacia do Araripe, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. v.40, n.2, p. 180-198. 2017.

- PEREIRA, P. A., CASSAB, R. C. T., BARRETO, A. M. F. As Famílias Veneridae, Trochidae, Akeridae e Acteonidae (Mollusca), na Formação Romualdo: Aspectos Paleoecológicos e Paleobiogeográficos no Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, NE do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. v. 41, n. 3, p. 137-152. 2018.
- PÉREZ FARFANTE, I.; KENSLEY, B. Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. **Mémoires du Muséum National d'Histoire naturelle**. v.175, p. 1-233. 1997.
- PINHEIRO, A. P.; SARAIVA, A. Á. F.; SANTANA, W. Shrimps from the Santana Group (Cretaceous: Albian): New species (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) and new record (Crustacea: Decapoda: Caridea). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 2, p. 663–670, 2014.
- POLCK, M. A. R.; CARVALHO, M. S. S.; MIGUEL, R; GALLO, V. Estratigrafia, Origem e Evolução da Bacia do Araripe. *In*: Polck, M. A. R.; Carvalho, M. S. S.; Miguel, R; Gallo, V. **Guia de Identificação de Peixes das Formações Crato e Santana da Bacia do Araripe**. Rio de Janeiro: Serviço Geológico do Brasil – CPRM. p. 15-19. 2015.
- PONTE, F. C., APPI, C. J. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. **XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia**. v. I, p. 211-226. Natal: SBG. 1990.
- PONTE, F. C., PONTE FILHO, F. C. Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. **Departamento Nacional de Produção Mineral, 4º/10º, Distritos Regionais, Relatório Interno**. p. 68. 1996.
- PRADO, L. A. C. Análise Tafonômica e Taxonômica da Concentração de Invertebrados Fósseis do Topo da Formação Romualdo, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe em Araripe, Ceará (CE). Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.
- PRADO, L. A. C. **Tafonomia e Taxonomia das Concentrações de Macroinvertebrados da Formação Romualdo nos Estados de Pernambuco e Piauí**: Considerações Paleoambientais da Transgressão Marinha Cretácea na Bacia do Araripe. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.
- PRADO, L. A. C. DO, FAMBRINI, G. L., & BARRETO, A. M. F. Tafonomy of macroinvertebrates and Albian marine ingression as recorded by the Romualdo Formation (Cretaceous, Araripe Basin, Brazil). **Brazilian Journal of Geology**, v. 48, n. 3, p. 519–531. 2018.
- PRADO, L. A. C. et al. New brachyuran crabs from the Aptian-Albian Romualdo Formation, Santana Group of Brazil: Evidence for a Tethyan connection to the Araripe Basin. **Acta Palaeontologica Polonica**. v. 63, n. 4, p. 737–750, 2018.

- PRADO, L. A. C. **Tafonomia e Taxonomia das Concentrações de Macroinvertebrados da Formação Romualdo nos Estados de Pernambuco e Piauí: Considerações Paleoambientais da Transgressão Marinha Cretácea na Bacia do Araripe.** Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.
- QUEIROZ, H. G. D. **Crustáceos decapoda excepcionalmente fossilizados, formação crato, cretáceo, bacia do Araripe, Brasil, e suas implicações paleoambientais e paleoecológicas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista. 2022.
- RAY, D. C., VAN BUCHEM, F. S., BAINES, G., DAVIES, A., GRÉSELLE, B., SIMMONS, M. D., & ROBSON, C. The magnitude and cause of short-term eustatic Cretaceous sea-level change: A synthesis. **Earth-Science Reviews**, v. 197, p. 102901, 2019.
- REMANE, A. Biologische Kriterien zur Unterscheidung von Süsz-und Saizwassersedimenten Fortschr. **Geol Rheinl West Krefeld**. v. 10, p. 10-112. 1963.
- RODLAND, D. L.; KOWALEWSKI, M.; SIMÕES, M. G.; CARROLL, M. Colonization of a 'Lost World': encrustation patterns in modern subtropical brachiopod assemblages. **Palaios**. v. 19, p. 384-399. 2004.
- RODLAND, D. L.; KOWALEWSKI, M.; CARROLL, M.; SIMÕES, M. G. The temporal resolution of epibiont assemblages: are they ecological snapshots or overexposures? **Journal of Geology**. v. 114, p. 313-324. 2006.
- SALES, A. M. F., M. G. SIMÕES & R. P. GHILARDI. Ocorrência de Mytilidae (Bivalvia, Mollusca) nos calcários superiores do Membro Romualdo (Formação Santana, Albiano, Bacia do Araripe): implicações paleoecológicas e paleogeográficas. **Simpósio de Geologia do Nordeste**. v.19, p. 18-19. 2001.
- SALES, A.M.F. **Análise tafonômica das ocorrências fossilíferas de macroinvertebrados do Membro Romualdo (Albiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe, NE do Brasil: significado estratigráfico e paleoambiental.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.
- SANTANA, W., PINHEIRO, A.P., SILVA, C.M.R., SARAIVA, A.Á.F. A new fossil caridean shrimp (Crustacea: Decapoda) from the Cretaceous (Albian) of the Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **Zootaxa**. v. 36, n. 20, p. 293-300. 2013.
- SANTANA, E. M. G; PINHO, G. G.; LIMA, F. J.; BANTIM, R. A. M.; SARAIVA, A. A. F. Ecologia E Comportamento Predatório Em Aranhas Do Cretáceo Inferior Da Formação Crato, Bacia Do Araripe. **XXIII Semana de Iniciação Científica**. 2020.
- SANTOS, J. C. **Descrição De Um Novo Espécime De Pterossauro (Pterodactyloidea, Tapejaridae) Da Formação Crato, Cretáceo Inferior Da**

**Bacia Do Araripe (CE, Brasil) Fortaleza 2020.** Dissertação (Mestrado). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2020.

SARAIVA, A. A.; PRALON, B. G. N.; GREGATI, R. A. Taxonomic remarks on Brazilian Cretaceous Decapoda from Araripe Basin, Brazil, and ecological inferences. **Gaea – Journal of Geoscience**. v. 5, n. 2, 70-74. 2009.

SÄLGEBACK, J.; SAVAZZI, E. Constructional morphology of cerithiform gastropods. **Paleontological Research**, v. 10, n. 3, p. 233–259. 2006.

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.

SHEN, Y. B. Jurassic conchostracans from Carapace Nunatak, southern Victoria Land, Antarctica. **Antarctic Science**. v. 6, p. 105–113. 1994.

SILVA, M. A. M. **The Araripe Basin, Northeastern Brazil, Regional Geology and Fácies Analysis of a Lower Cretaceous Evaporitic Depositional Complex.** Tese (Doutorado). Estados Unidos: Columbia University, 290 p. 1983.

SILVA, M. A. M. Lower Cretaceous unconformity truncating evaporite-carbonate sequence, Araripe Basin, Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 16, n. 3, p. 306-310. 1986. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.1986306310>.

SILVA D A; LEAL, L. A.; BERNARDES, E. S.; MARTELLO A R. Insetos do Membro Crato, Formação Santana, Aptiano/Albiano da Bacia do Araripe. **Boletim Paranaense De Geociências**. v. 77, p. 40-45. 2020.

SILVA-SANTOS, R.; VALENÇA, J. G. A Formação Santana e sua paleoictiofauna. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 40, n. 3, p. 339-358. 1968.

SIMÕES, M. G.; RODRIGUES, S. C.; BERTONI-MACHADO, C. Procedimentos Metodológicos em Tafonomia. *In*: CARVALHO, I. de S. (Org.). **Paleontologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência. v. 1, p. 413–429. 2010.

SMALL, H. **Geologia e Suprimento de Água Subterrânea no Piauhye Parte do Ceará.** Recife: Insp. Obras Contra Secas, p. 80. 1913.

SOUZA, D.; PIOVESAN, E.; NEUMANN, V. OSTRACODES DO APTIANO–ALBIANO DA BACIA DO ARARIPE: IMPLICAÇÕES PALEOAMBIENTAIS E BIOESTRATIGRÁFICAS. **Estudos Geológicos**, v. 27, n. 1, p. 3–18. 2017.

SPEYER, S. E.; BRETT, C. E. TAPHOFACIES MODELS FOR EPEIRIC SEANVIRONMENTS: MIDDLE PALEOZOIC EXAMPLES. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. v. 63, p. 225–262. 1988.

SPIX, J. B.; MARTIUS, C. F. P. *Reise in Brasilien in den Jahren 1817 bis 1820*. **Munich: Lindauer, Lentner**. v. 2-3, p. 40. 1823.

VAIL, P.R., MITCHUM, R.M.JR., THOMPSON, S. *Seismic Stratigraphy and Global Changes of Seal Level, Part 4: Global Cycles of Relative Changes of Sea Level*. In: PAYTON, C.E. (ed.). **Seismic Stratigraphy – Applications to hydrocarbon explonation**, p. 83-97. 1977.

VALENÇA, L. M. M. **Estudos dos sedimentos que capeiam a Chapada do Araripe**. Dissertação (Mestrado em Geociências). Recife: UFPE, p. 82. 1987.

WEBB, J.A. A Reappraisal of the Palaeoecology of conchostracans (Crustacea, Branchiopoda). **Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie Abhandlungen**. Berlin, v. 158, n. 2, p. 259-275. 1979.

ZHANG, W.; SHEN, Y.; NIU, S. Discovery of Jurassic conchostracans with well-preserved soft parts and notes on its biological significance. **Palaeontologia Cathayana**. v. 5, p. 311-352. 1990.