

ANÁLISE TAFONÔMICA E TAXONÔMICA DA CONCENTRAÇÃO DE INVERTEBRADOS FÓSSEIS DO TOPO DA FORMAÇÃO ROMUALDO, CRETÁCEO INFERIOR DA BACIA DO ARARIPE EM ARARIPE, CEARÁ (CE).

Ludmila Alves Cadeira do Prado^{1, 2}

Priscilla Albuquerque Pereira^{1, 2}

Alexandre Magno Feitosa Sales³

Alcina Magnólia Franca Barreto^{1, 4}

doi:10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v24n1p53-64

¹Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco/UFPE, prado.lac@gmail.com, palbuquerquep@hotmail.com.

²PALEOLAB - Laboratório de Paleontologia do Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.

³Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Regional do Cariri/URCA, amfsales@uol.com.br.

⁴ Pesquisador do CNPq, alcinabarreto@gmail.com.

RESUMO

Na Bacia Sedimentar do Araripe, as rochas que caracterizam a Formação Romualdo, Neoaptiano-Eoalbio (Cretáceo Inferior), tiveram sua deposição em ambiente lagunar com influência marinha. No distrito de Brejinho, porção noroeste da bacia, município de Araripe (CE), foi encontrado um afloramento da Formação Romualdo, com concentração de conchas de moluscos (gastropodes e bivalvíos) que possibilitou estudos tafonômicos. Nesse local, realizou-se: (1) coletas, seguindo procedimentos tafonômicos, (2) análises tafonômicas, (3) descrição de tafofácies, (4) identificação taxonômica e (5) interpretação paleoambiental. A análise tafonômica permitiu a caracterização de cinco tafofácies primariamente biogênicas, depositadas em condições de tempestades, que exibem em geral: fragmentação, variação de tamanho e distribuição complexa e caótica de bioclastos, tanto em planta como em seção e contatos bruscos e erosivos. Foram identificados gastropodes da família Epitoniidae e do gênero *Cerithium* sp. e bivalvíos indeterminados. A identificação desses táxons sugere ambiente transicional a marinho raso. Os resultados dos dados paleontológicos do afloramento de Brejinho, em Araripe, corroboram com ação de tempestades em ambiente marinho raso e expandem os limites paleogeográficos da transgressão marinha Cretácea da Formação Romualdo, para noroeste da Bacia do Araripe.

Palavras chave: Formação Romualdo, Tafofácies, Tempestitos, Moluscos, Transgressão marinha Cretácica.

ABSTRACT

In Araripe Sedimentary Basin, the rocks that characterize the Romualdo Formation, Neoaptian-Eoalbian (Lower Cretaceous), had its deposition in a lagoon environment with marine influence. In the District of Brejinho, Northwest portion of the basin, Araripe city, Ceará State, found an outcrop of calcarenite Romualdo Formation, containing a concentration of fossil mollusks (gastropods and bivalves) that allowed taphonomic studies. At this site was performed (1) sample collection, following taphonomic procedures, (2) taphonomic analysis, (3) description of taphofacies, (4) taxonomic identification and (5) interpretation of paleoenvironment. The taphonomic

analysis allowed the characterization of five taphofacies, deposited in storm conditions, which in general: exhibit fragmentation, size variation and complex and chaotic distribution of bioclasts, both in plan and in section and sharp and erosive contacts. Gastropods from the family Epitoniidae and the genus *Cerithium* sp. were identified and, also, undetermined bivalves. The identification of these taxons suggest transitional to shallow marine environment. The results of paleontological data from the Brejinho outcrop in Araripe, corroborate the action of storms in the marine environment and expand the paleogeographic limits of Cretaceous transgression, Romualdo Formation, to the northwest of the basin.

Keywords: Romualdo Formation, Taphofacies, Tempestites, Molluscs, Cretaceous marine transgression.

INTRODUÇÃO

As rochas que compõem a porção superior da Formação Romualdo, afloram em bancos calcareníticos com fósseis de moluscos (gastropodes e bivalvíos), associados por vezes a equinóides, cujas tafofácies indicam gênese relacionada à ação de tempestades, acentuadas pela ação de marés, constituindo um importante marco cronolitoestratigráfico na referida bacia (Sales 2005), a exemplos de Batista (2011) e Prado *et al.* (2012). Entretanto, o nível estratigráfico formado por vertebrados, localizado abaixo das concentrações de invertebrados da Formação Romualdo, é interpretado possivelmente como um grande golfo com afluxo de águas fluviais, onde ocasionalmente havia entrada de água marinha (Bruno & Hessel 2006, Della Fávera 1987, Silva-Santos & Valença 1968).

Historicamente, a malacofauna da Formação Romualdo passou a ser conhecida a partir de citações e relatos de ocorrências (Beurlen 1962, 1963, 1966, 1971, Mabessone & Tinoco 1973, Maisey 1991). A primeira descrição taxonômica foi realizada por Beurlen em 1964, com os gastropodes *Gymnentome romualdoi* e *Craginia araripensis* e desde então, descrições formais não foram realizadas. Breves interpretações paleoambientais através de conchas de macroinvertebrados foram realizadas nos trabalhos de Mabessone & Tinoco (1973), sugerindo deposição em ambiente instável e energético, visto a presença de fragmentação e concentrações coquinóides e, em Santos (1982), que associou a ocorrência de clastos

de folhelhos subarredondados em meio matriz carbonática com invertebrados de ambiente marinho raso, com um paleoambiente próximo a linha de praia. Contudo, só a partir da do final da década de 90, os trabalhos de cunho tafonômico com os macroinvertebrados da Formação Romualdo se tornaram mais frequentes, buscando interpretações paleoambientais (Sales & Simões 2000, 2003, Sales 2005, Sales *et al.* 1999).

Este trabalho tem por objetivo, o estudo tafonômico e taxonômico da concentração de invertebrados (gastropodes e bivalvíos) da Formação Romualdo, no distrito de Brejinho, município de Araripe, CE, para identificar a sua gênese, com estabelecimento de tafofácies e malacofauna, visando contribuir para a integração da interpretação regional do comportamento paleogeográfico e paleoambiental de acordo com a influência marinha do Cretáceo, na Bacia do Araripe.

DESCRIÇÃO ESTRATIGRÁFICA E GEOLÓGICA DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE

A Bacia Sedimentar do Araripe localiza-se entre os limites dos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí, sobre o embasamento cristalino da Província Borborema com aproximadamente 9.000 km² de extensão (Assine 1992) (Fig. 1). Sua evolução tem relação direta com a fragmentação do supercontinente Gondwana e formação do Oceano Atlântico Sul, acontecimento que propiciou a formação da margem continental brasileira (Ponte & Ponte Filho 1996).

Várias são as nomenclaturas propostas para a sequência estratigráfica da Bacia do

Arapipe. Aqui será apresentada a proposta de Assine (2007), que a considera como formada por quatro seqüências estratigráficas limitadas por discordâncias regionais ou descontinuidades deposicionais: 1. *seqüência paleozóica*, representada por sedimentos fluviais da Formação Cariri, de idade Neo-ordoviciana-Siluriana; 2. *seqüência pré-rifte*, situada no Jurássico Superior, composta por sedimentos lacustres e fluviais das Formações Brejo Santo e Missão Velha, respectivamente; 3. *seqüência rifte*, de idade Neocomiana, representada pela Formação Abaiara, cuja sedimentação ocorreu em ambiente lacustre raso e fluvial; 4. *seqüência pós-rifte*, separada em duas, a pós-rifte I, de idade Neoaptiana-Eoalbiana, formada por sedimentos fluviais e lacustres da Formação Barbalha, lacustres carbonáticos, evaporitos costeiros e transicionais a marinho raso da Formação Santana e, pós-rifte II, composta por sedimentos aluviais da Formação Araripina,

idade Mesoalbiana e fluviais da Formação Exu, Albiano-Cenomaniano.

Neumann & Cabrera (1999), elevaram a Formação Santana para a categoria de grupo e seus antigos membros Crato, Ipubi e Romualdo para a categoria de formação. A Formação Romualdo representa a única litologia Mesozóica das bacias interiores do Nordeste, com evidências da transgressão marinha Cretácica (Ponte 1992). Geologicamente é formada por arenitos e folhelhos na base, seguidos por folhelhos verdes ricos em ostracodes, depositados em ambientes costeiros mixohalinos (Arai & Coimbra 1990). Nos folhelhos escuros sobrepostos, ocorrem os famosos nódulos calcários com vertebrados fósseis, na sua maioria em excelente grau de preservação (Maisey 1991). Os calcários que abrigam as concentrações fossilíferas de macroinvertebrados encontram-se no topo da formação (Assine 2007).

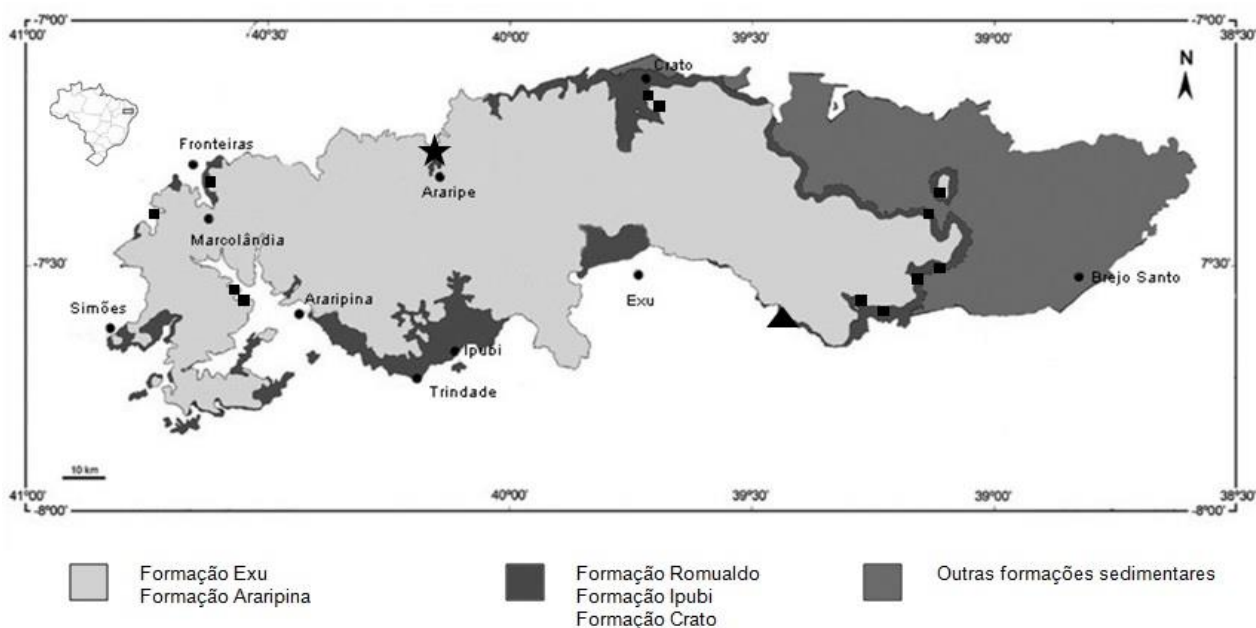


Figura 1: Mapa geológico da Bacia Sedimentar do Araripe, com pontos de ocorrência das concentrações fossilíferas de macroinvertebrados da Formação Romualdo. Os quadrados representam as concentrações estudadas por Sales (2005), o triângulo refere-se a concentração estudada por Batista (2011) e a estrela figura a nova concentração do município de Araripe, CE. (Modificado de Assine 1992, Sales 2005).

MATERIAL E MÉTODOS

O afloramento fossilífero estudado localiza-se no município de Araripe, estado do Ceará (7° 11' 19.3" S - 40° 01' 59.8" W) e possui aproximadamente 4 m de extensão e 2,70 m de espessura (Figs. 1 e 2). É constituído por um nível de argilito com concreções carbonáticas (principalmente ictiólitos) na base, sotoposto a calcarenito, com cerca de 30 cm de espessura, onde foram coletados fósseis de moluscos e realizada

análise tafonômica, intercalado a argilitos cor cinza-esverdeada (Fig. 2).

Durante a coleta seguiu-se os procedimentos indicados para estudos tafonômicos (Ghilardi 1999, Holz & Simões 2002, Simões & Ghilardi 2000). Ao longo da extensão lateral do afloramento, foram escavadas trincheiras, com a retirada de blocos de rochas que continham a concentração de invertebrados, em três pontos distintos, denominados P.1, P.2 e P.3, da base para o topo, respectivamente (Fig. 2).

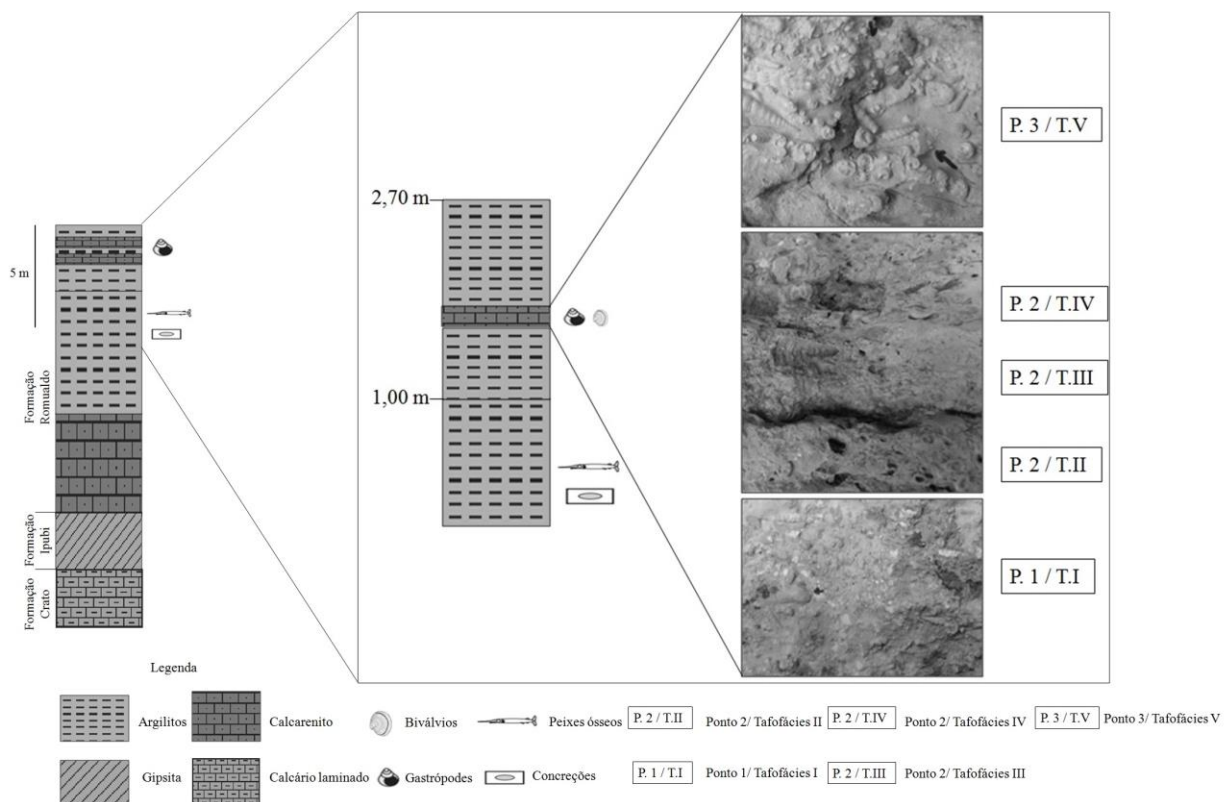


Figura 2: Perfil colunar das Formações Crato, Ipupi e Romualdo (modificado de Martill 2007), com detalhe do afloramento de Brejinho, Araripe (CE) e suas respectivas tafofácies, dispostas verticalmente de acordo com ponto de coleta.

Para análise dos dados sedimentológicos e bioestratinômicos da concentração de invertebrados fósseis, tais como estruturas sedimentares, grau de empacotamento, contatos estratigráficos, biotrama e orientação dos bioclastos, utilizou-se Kidwell *et al.* (1986), Kidwell & Holland (1991), Kidwell & Bosence (1991). A classificação genética da concentração seguiu Fürsich & Oschmann (1993). As tafofácies do afloramento foram estabelecidas com base nas feições macroscópicas sedimentológicas,

estratigráficas, bioestratinômicas e paleoecológicas dos bioclastos (Holz & Simões 2002).

Em relação a sistemática paleontológica, não foi possível realizar a identificação taxonômica dos bivalvíos, uma vez que não foram visualizados caracteres morfológicos fundamentais para classificação, restringindo este tópico a Classe Gastropoda. Foram utilizadas as bibliografias de referência: Keen (1960); Magalhães e Mezzalira (1953); Stanton (1947); Wenz (1944); Maury (1937); White (1887) e sites

institucionais seashellsofnsw.org.au.;
conchasbrasil.org.br.

RESULTADOS

A análise tafonômica dos bioclastos do depósito resultou na descrição de cinco

tafófácies denominadas T.I, T.II, T.III, T.IV e T.V (Tab. 1), da base para o topo, respectivamente (Fig. 2). As feições macroscópicas identificadas encontram-se descritas abaixo.

Tabela 1: Descrição das tafófácies da concentração fossilífera de Brejinho, Araripe, CE (T.I, T.II, T.III, T.IV e T.V), baseadas nas feições macroscópicas, como proposto por Holz e Simões (2002).

Tafófácies	T.I	T.II	T.III	T.IV	T.V
Espessura (cm)	16,0	2,2	2,5	3,0	8,0
Estruturas	Contatos bruscos e erosivos, conchas e moldes (externos e internos) de concha	Contatos bruscos e erosivos, aninhamento de bivalvíos desarticulados, conchas e moldes (externos e internos) de concha	Contatos bruscos e erosivos, conchas e moldes (externos e internos) de concha	Contatos bruscos e erosivos, conchas e moldes (externos e internos) de concha	Contatos bruscos e erosivos, conchas e moldes (externos e internos) de concha
*Bioclastos Total	30	55	40	55	30
*Bioclastos Fragmentados	85	90	90	90	60
*Bivalvíos Total	2	2	2	2	2
*Bivalvíos Fragmentados/ Desarticulados	5	5	5	5	5
*Bivalvíos Articulados e Fechados	95	95	95	95	95
*Gastrópodes Total	98	98	98	98	98
*Gastrópodes Fragmentados	95	80	80	80	60
Classes de Tamanho dos Bioclastos (< 2,0 cm e 2,0 a 4,0 cm)	2	2	1	2	2
*Distribuição dos Bioclastos em Seção	Conc. : 70 Oblí. : 20 Perp. : 10	Conc. : 80 Oblí. : 15 Perp. : 5	Conc. : 80 Oblí. : 15 Perp. : 5	Conc. : 80 Oblí. : 15 Perp. : 5	Conc. : 70 Oblí. : 20 Perp. : 10
Orientação dos Bioclastos em Planta	Polimodal	Polimodal	Polimodal	Polimodal	Polimodal

*Dados em percentagem (%), Conc: concordante, Oblí.: oblíqua, Perp.: perpendicular.

De modo geral as feições sedimentológicas observadas são: 1- empacotamento denso a frouxo dos bioclastos na matriz sedimentar; 2- gastrópodes predominando sobre os bivalvíos, representando aproximadamente 98% do total de bioclastos; 3- aninhamento de bivalvíos pequenos e desarticulados (raros) na tafofácies T. II e 4- conchas e moldes externos e internos de conchas em todas as tafofácies.

As feições bioestratinômicas dos bioclastos vistas são: 1- disposição caótica dos bioclastos em planta e em seção, contudo, aqueles em posição concordante ao substrato, são a maioria; 2- bioclastos fragmentados, em média cerca de 85 a 90% do total. A tafofácies T.V em especial, mostrou um maior número de bioclastos inteiros (40%); 3- conchas de bivalvíos articuladas e fechadas (95%), algumas em posição de vida, as conchas fragmentadas/desarticuladas são raras (5%).

Quanto às feições estratigráficas da assembleia fossilífera nota-se que: 1- a espessura das tafofácies varia de 2,2 cm (T. II) a 16,0 cm (T.I); 2- as tafofácies encontram-se sempre limitadas por contatos inferiores e superiores bruscos e erosivos; 3- as cinco tafofácies evidenciam uma microestratigrafia complexa para a concentração de Brejinho, com episódios sucessivos. Não foi possível estabelecer a forma geométrica do depósito, por este ser descontínuo.

Por fim, as feições paleoecológicas da assembleia fossilífera visualizadas são: 1- bioclastos com duas classes de tamanho, representando indivíduos juvenis de até 2 cm e indivíduos senis de até 4 cm e 2- identificação dos espécimes de gastrópodes *Cerithium* sp. e Epitoniidae Berry, 1910. Os caracteres morfológicos utilizados na sistemática encontram-se descritos a seguir.

Sistemática Paleontológica

A identificação dos caracteres morfológicos foi realizada com fósseis da tafofácies T.V, visto ser a que apresenta menor índice de fragmentação.

Filo Mollusca Linnaeus, 1758

Classe Gastropoda Cuvier, 1797

Ordem Caenogastropoda Cox, 1959

Família Cerithiidae Fleming, 1822

Gênero *Cerithium* Brugière, 1789

Cerithium sp.

(Figura 3 A-1)

Estrato tipo: Topo da Formação Romualdo, Neoaptiano-Eoalbiano, Bacia do Araripe.

Localidade tipo: Distrito de Brejinho, Araripe, CE.

Material: A amostra consiste em exemplares fragmentados e dois inteiros compactados.

Descrição: Concha turriculada, esguia, alongada, composta por 14 voltas, em torno de 15 mm de altura. Flanco levemente abaulado e sutura bem marcada, pouco escavada. Ornamentação persistente em todas as voltas, mais visível a partir da décima volta. Ornamentação composta por duas linhas espirais na parte anterior das voltas, próximo a sutura anterior, sendo a linha próxima, a sutura mais espessa e lisa. Cada volta é cortada por costelas axiais finas, bem marcadas e equidistantes. Em $\frac{1}{2}$ da última volta conta-se 9 costelas. A base apresenta duas linhas espirais, não sendo possível observar detalhes de lábio interno e externo, mas provavelmente a abertura é oval.

Discussão: O gênero *Cerithium* evoluiu durante o Mesozoico e atingiu seu máximo no Eoceno, tem como característica a presença de linhas espirais e estruturas axiais distintas como costelas, varizes e tubérculos e abertura oblonga a oval com canal anterior curto (Magalhães & Mezzalira 1953, Stanton 1947, Wenz 1944). As espécies de *Cerithium* identificadas na Formação Riachuelo, Albiano Médio da bacia de Sergipe são *Cerithium sergipensis*, *C. riachuelanum*, *C. riachuelanum lyrae* e *C. spiculatum*. Apresentam-se turriculadas, com muitas voltas, não ultrapassando 20 mm, marcadas pela presença de linhas espirais e finas costelas axiais ornamentando as voltas, sendo a última espécie identificada com dúvida por White (Maury 1937, White 1887). Lima (1979) cita a presença de *C. riachuelanum* na Formação Codó, Aptiano da bacia do Parnaíba. Não é possível observar detalhes em relação a linhas espirais do exemplar identificado, mas devido a presença de linhas nas últimas voltas e a persistência da ornamentação, é possível que as demais espiras apresentem linhas em sua estrutura.

Família Epitoniidae Berry, 1910

(Figura 3 A-2)

Estrato tipo: Topo da Formação Romualdo, Neoaptiano-Eoalbio, Bacia do Araripe.

Localidade tipo: Distrito de Brejinho, Araripe, CE.

Material: A amostra consiste em sua maioria de exemplares fragmentados com ausência de abertura e voltas iniciais, no qual para a descrição foi utilizado dois espécimes.

Descrição: Conchas incompletas, cônicas e ausência de primeiras e últimas voltas. A mais completa com 7 voltas. Espirais muito arredondadas, globulares, flancos amplamente abaulados, sutura profunda. Ornamentação persistente composta por costelas axiais fortes, regulares e equidistantes. Não foi visualizado linhas espirais.

Discussão: Os espécimes apresentam características compatíveis com aqueles que correspondem a família Epitoniidae. Além da forma delgada e cônica, espirais muitas vezes arqueadas e abertura arredondada, essa família é caracterizada pela presença de costelas axiais regulares. Em alguns gêneros, podem ser helicoidais, caso do *Scala* (Keen 1960; Magalhães & Mezzalira 1953; Stanton 1947; Wenz 1944). *Epitonium riachuelanum* Maury, 1937 e *Epitonium pyrene* White, 1887 são identificados na Formação Riachuelo, se assemelhando apenas ao descrito neste trabalho pela convexidade das espiras e pela sutura profunda presente no *E. pyrene* (Maury 1937, White 1887).

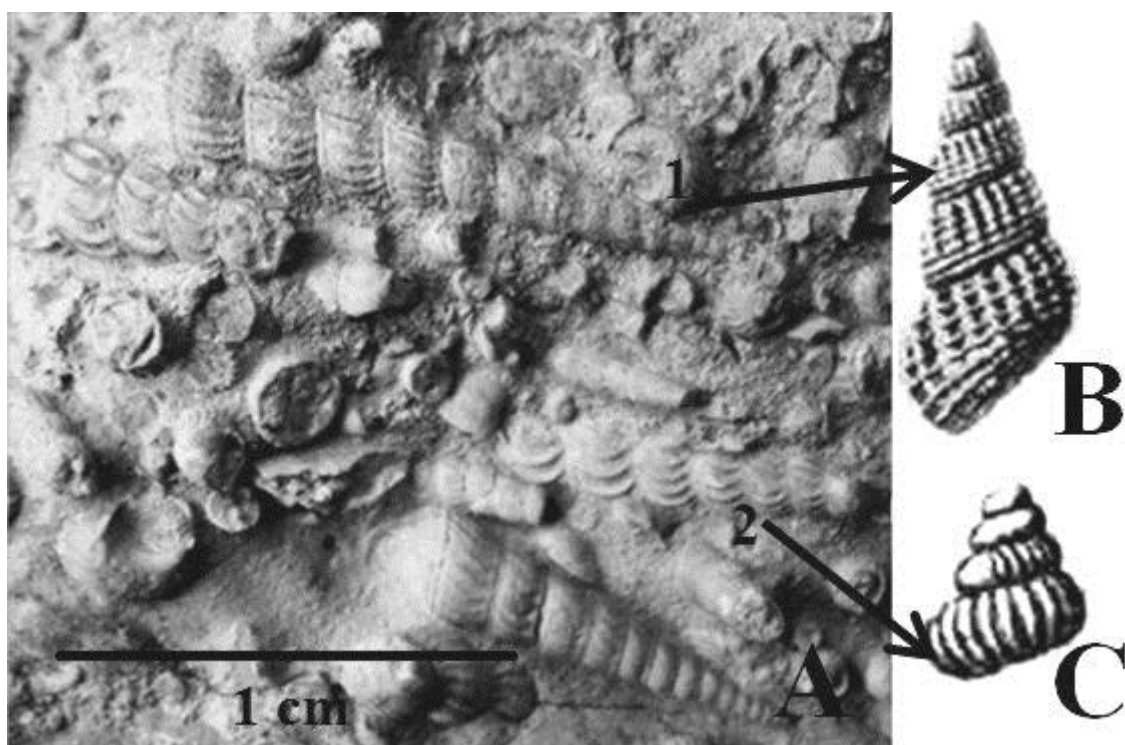


Figura 3: Espécimes do gênero *Cerithium* e família Epitoniidae. A) concentração de macroinvertebrados fósseis da Formação Romualdo, Bacia do Araripe, Araripe, CE, 1 - *Cerithium* sp. e 2 - Epitoniidae Berry, 1910; B) *Cerithium riachuelanumlyrae* Maury, 1937, Formação Riachuelo, Bacia de Sergipe-Alagoas, Riachuelo, SE, (Simone & Mezzalira 1994); C) *Epitonium pyrene* (White, 1887), Formação Riachuelo, Bacia de Sergipe-Alagoas, Jacaranha e Riachuelo, SE, (Simone & Mezzalira 1994). Notar semelhanças em *Cerithium* sp. e *Cerithium riachuelanumlyrae* Maury, 1937, como sutura bem marcada, duas linhas espirais e costelas axiais finas e, em Epitoniidae Berry, 1910 e *Epitonium pyrene* (White, 1887) a sutura profunda e costelas axiais fortes.

Paleoecologia de Ceritídeos e Epitonídeos

De uma maneira geral os ceritídeos e epitonídeos são marinhos, mas podem ser encontrados em diversos habitats. Epitonídeos são encontrados desde a região entre marés até grandes profundidades abissais. Os ceritídeos habitam águas marinhas e salobras, sendo mais comuns em águas rasas. Alguns gêneros vivem nas costas dos mares abertos, enquanto outros têm preferência pelas lagoas e estuários. O gênero *Cerithium* Brugière está associado a faunas litorais e de águas salobras, como moluscos de mares temperados a tropicais (Oliveira 1971, Stanton 1947, Maury 1937).

DISCUSSÃO

A concentração fossilífera formada por cinco tafofácies apresenta características de depósitos gerados a partir de ondas de tempestades, visto a presença de adensamento frouxo a denso da concentração esquelética, contatos bruscos e erosivos, distribuição caótica dos bioclastos em seção e polimodal em planta, biotrama aninhada de conchas de bivalvíos desarticulados, especificamente na T. II, e variação das classes de tamanho de bioclastos.

Ao exemplo da concentração do município de Jardim, descrita por Sales (2005), a concentração de Brejinho representa uma assembleia primariamente biogênica, por apresentar baixa seleção de bioclastos, bivalvíos frequentemente articulados e raramente fragmentados. A concentração é formada por alguns organismos autóctones, representados, por exemplo, por bivalvíos articulados e fechados, alguns em posição de vida, indicando soterramento a partir de eventos episódicos, como tempestades. O alto índice de fragmentação dos gastrópodes (epifaunais) é resultado da energia de

transporte das ondas de tempestades, entretanto tal energia envolvida no processo tempestítico não seria suficiente para transportá-los para fora de seu habitat (Kidwell & Bosence 1991), sugerindo parautoctonia.

A presença de alguns fósseis de gastrópodes e bivalvíos inteiros, sem vestígios de bioerosão e incrustação, indicam que os organismos permaneceram por um curto período de tempo na interface água/sedimento e, conseqüentemente, seus restos esqueléticos foram pouco afetados pelos processos sedimentares e biogênicos da Zona Tafonomicamente Ativa (TAZ), antes da deposição final.

Há indícios de mistura temporal, como gastrópodes fragmentados e inteiros e bivalvíos articulados fechados e fragmentados/desarticulados coexistindo em todas as tafofácies. Segundo Flessa & Kowalski (1994), a mistura temporal em depósitos fossilíferos formados por macroinvertebrados em ambiente marinho raso tem uma duração média de 1.250 anos. A presença da mesma fauna em todas as tafofácies da concentração indica que provavelmente não houve mudanças significativas das condições ambientais.

Segundo Soares (2013), Brejinho se localizaria durante a época de deposição, próximo a uma fonte de suprimento sedimentar siliciclástico, como por exemplo, um ambiente de sedimentação deltaica. Com a identificação de Epitonídeos, típicos de ambiente marinho raso e Ceritídeos, que habitam desde ambientes transicionais a marinho raso, entende-se que o afloramento de Brejinho, representasse um ambiente marinho raso, com uma suposta influência deltaica, cujas condições ambientais proporcionaram o desenvolvimento de uma fauna especializada, sem a ocorrência de organismos tipicamente marinhos como equinóides irregulares, encontrados na

porção oeste da bacia, no município de Araripina, PE (Beurlen 1963).

CONCLUSÕES

A descrição taxonômica dos espécimes de moluscos do afloramento fossilífero de Brejinho, Araripe, CE, representa a primeira descrição formal da família Epitoniidae Berry, 1910 e gênero *Cerithium* Brugière, 1789 para a Formação Romualdo, sugerindo um paleoambiente marinho raso.

Poucos são os registros de tafofácies descritas, baseadas em invertebrados na Bacia do Araripe. Embora algumas tafofácies tempestíticas da Formação Romualdo já tivessem sido estudadas por Sales (2000, 2003, 2005) e Batista (2011), a porção noroeste ainda seguia pouco conhecida. O novo afloramento fossilífero representa uma concentração primariamente biogênica, gerada a partir de cinco eventos tempestíticos em ambiente marinho raso com uma provável influência deltaica.

Este afloramento e suas tafofácies expandem os limites paleogeográficos do Mar Cretáceo a noroeste da Bacia do Araripe e abre possibilidades de discussões sobre o paleoambiente dos depósitos tempestíticos marinhos da Formação Romualdo.

Agradecimentos Nossos sinceros agradecimentos ao CNPq pelo apoio financeiro (processo 127054/2011-1), a José Oreste de Oliveira e família e integrantes do grupo de pesquisa Chapada do Araripe, pela companhia no trabalho de campo e proveitosas discussões.

REFERÊNCIAS

Arai, M. & Coimbra, J. C. 1990. Análise paleoecológica do registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana (Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe). In: *I Simpósio Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 1990... Atas p. 225-239.*

Assine, M. L. 1992. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 22 (3): 289-300.

Assine, M. L. 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15 (2):371-389.

Batista, M. E. P. 2011. *Evidências de depósitos de tempestitos fossilíferos cretáceos na região de Moreilândia, borda sul da Bacia do Araripe.* Monografia de Graduação, Departamento de Ciências Biológicas - URCA. 51 p.

Beurlen, K. 1964. As espécies dos Cassiopinae, nova subfamília dos Turritellidae, no Cretáceo do Brasil. *Arquivos de Geologia*, 5: 1-44.

Beurlen, K. 1962. A geologia da Chapada do Araripe. *Anais Academia Brasileira de Ciências*, 34 (3):365-370.

Beurlen, K. 1963. Geologia e estratigrafia da Chapada do Araripe. In: *SBG XVII Congresso Nacional de Geologia*, Recife, 1963... *Anais 1 p. 47.*

Beurlen, K. 1966. Novos Equinóides no Cretáceo do Nordeste do Brasil. *Anais Academia Brasileira de Ciências*, 38:455-464.

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

Bruno, A. P. & Hessel, M. P. 2006. Registros paleontológicos do Cretáceo marinho na Bacia do Araripe. *Estudos Geológicos*, 16 (1): 30 – 49.

Della Fávera, J. C. 1987. Tempestades como agentes de poluição ambiental e mortandade em massa no passado geológico: caso das formações Santana (Baciado Araripe) e Irati (Bacia do Paraná).

- Boletim de Geociências da Petrobras*, 1(2): 239-240.
- Della Fávera, J. C. 2001. *Fundamentos da Estratigrafia Moderna*. Rio de Janeiro: EdUERJ, 264 p.
- Elementos de Estratigrafia. T. A. Queiroz, USP, São Paulo, 12: 566 p.
- Flessa, K. W. & Kowaleski, M. 1994. Shell survival and time-averaging in nearshore and shelf environments: estimates from the radiocarbon literature. *Lethaia*, 27 (2): 153-165.
- Fürsich, F. T. & Oschmann, W. 1993. Shell beds as tools in basin analysis: the Jurassic Kachchh, western India. *Journal of Geological Society*, 150 (1): 169-185.
- Ghiliardi, R. P. 1999. *Paleoautoecologia dos bivalves do Grupo Passa Dois (Neopermiano), no Estado de São Paulo: bivalves fósseis como indicadores da dinâmica sedimentar*. Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Geociências - USP. 160 p.
- Holz, M. & Simões, M. G. 2002. Elementos Fundamentais de Tafonomia. Porto Alegre: ed. Universidade Federal de Rio Grande do Sul, 231 p.
- Keen, A. M. 1960. Sea Shells of Tropical West America. 1960. Stanford University Press, California, 624 p.
- Kellner, A. W. A. 2002. Membro Romualdo da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE – Um dos mais importantes depósitos fossilíferos do Cretáceo brasileiro. SIGEP 6 In: Schobbenhaus, C.; Campos, D. A.; Queiroz, E. T.; Winge, M.; Berbetborn, M. L. C. (Edits.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 1. ed. Brasília: DNPM/CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos (SIGEP), 2002. 01:121-130.
- Kidwell, S. M. & Bosence, D. W. 1991; Taphonomy and time- averaging of marine shelly faunas. In: P. A. Allison & D. E. G. Briggs (eds.) Taphonomy: Releasing the data locked in the fossil record. Plenum Press p. 115-209.
- Kidwell, S. M. & Holland, S. M. 1991. Field description of coarse bioclastic fabrics. *Palaaios*, 6 (4): 426-434.
- Kidwell, S. M., Fürsich, F. T., Aigner, T. 1986. Conceptual framework for the analysis of fossil concentrations. *Palaaios*, 1: 228-238.
- Lima, M. R. 1979. Considerações Sobre a Subdivisão Estratigráfica da Formação Santana- Cretáceo do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 9: 116 - 121
- Mabesoone, J. M. & Tinoco, I. M. 1973. Paleocology of the Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 14: 97-118.
- Magalhães, J. & Mezzalana, S. 1953. Moluscos Fósseis do Brasil. Departamento de Imprensa Nacional, Rio de Janeiro, 283 p.
- Maisey, J. G. 1991. Santana Fossil an Illustrated Atlas. Tropical Fish Hobbyist Publications, 459 p.
- Martill, D. M. 2007. The age of the Cretaceous Santana Formation fossil Konservat Lagerstätte of North - east Brazil: a historical review and an appraisal of the biochronostratigraphic utility of its palaeobiota. *Cretaceous Research*, 28: 895 - 920.
- Maury, C. J. O. 1937. *Cretáceo de Sergipe*. Monografia do Serviço Geológico e Mineralógico, DNPM , 11: 283p+28pls.
- Mendes, J. C. 1984.

- Neumann, V. H. & Cabrera, L. 1999. Una nueva propuesta estratigráfica para La tectonosecuencia post-rifte de lacuena de Araripe, Noreste de Brasil. In: *V Simpósio Cretáceo Brasileiro, 1999... Boletim de Resumo p. 279-285.*
- Oliveira, M. I. M. 1971. Contribuição ao estudo da malacofauna Intertidal de arrecifes de arenito do Nordeste brasileiro. *Arquivo de Ciências, Câmara Cascudo, Rio Grande do Norte*, 11 (2): 83-86.
- Ponte, F. C. & Ponte Filho, F. C. 1996. Evolução tectônica e classificação da Bacia do Araripe. In: *IV Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 1996... Boletim p. 123-133.*
- Ponte, F. C. 1992. Origem e evolução das pequenas bacias cretácicas do interior do nordeste do Brasil. In: *II Simpósio Sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras, 1992... Resumos Expandidos p. 55-58.*
- Prado, L. A. C. 2012. *Estudo tafonômico da concentração de moluscos fósseis do sítio Brejinho, Formação Santana, Bacia do Araripe, CE.* Monografia de graduação, Departamento de Ciências Biológicas - URCA. 40 p.
- Prado, L. A. C., Oliveira, J. O., Freitas, C. F., Fernandes, N. S., Sales, A. M. F., Batista, M. E. P. 2012. Novos achados tempestíticos com acumulações fossilíferas conchíferas do mar Albiano, Cretáceo da Bacia do Araripe, PE e CE: In: *SBPC LXIV Reunião Anual da SBPC, 2012... Anais, p. 8201.*
- Sales, A. M. F. & Simões, M. G. 2000. Tafonomia como suporte a estudos estratigráficos: exemplo das concentrações fossilíferas de invertebrados da Formação Santana (Cretáceo), Bacia do Araripe, NE do Brasil. In: *Paleo – 2000, SP... Boletim de Resumos p. 17.*
- Sales, A. M. F. & Simões, M. G. 2003. Análise tafonômica das concentrações fossilíferas de macroinvertebrados do Membro Romualdo (Albiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe, NE do Brasil: significado estratigráfico, temporal e paleoambiental. In: *II Workshop Científico de Pós – Graduação do IGc – USP. São Paulo, SP... Boletim de Resumos p. 08.*
- 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.* Tese de doutorado, Pós-graduação em Geociências - USP. 160 p.
- Sales, A. M. F., Ghilardi, R. P., Lima Filho, F. P. 1999. Sobre as coquinas calcáreas do Membro Romulado, Formação Santana (Cretáceo) Bacia do Araripe, uma contribuição estratigráfica. In: *X Congresso Brasileiro de Paleontologia... Resumos, 93 p.*
- Santos, M. E. C. M. 1982. Ambiente deposicional da Formação Santana, Chapada do Araripe (PE, PI, CE). In: *SBG XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, 1982... Anais 3 p. 1412-1426.*
- Silva-Santos, R. & Valença, J.G. 1968. A Formação Santana e sua paleoictiofauna. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 40(3): 339-358.
- Simões, M. G. & Ghilardi, R. P. 2000. Protocolo tafonômico/paleoautológico como

- ferramenta nas análises paleossinecológicas: exemplos de aplicação em concentrações fossilíferas do Paleozóico da Bacia do Paraná. *Pesquisas em Geociências*, 27 (2): 3-13.
- Simone, L. R. L. & Mezzalana, S. 1994. Fossil Molluscs of Brasil. *Boletim do Instituto Geológico* 11 p. 202.
- Soares, R. C. 2013. *Gênese dos níveis coquinóides do Membro Romualdo, Formação Santana na porção central e leste da Bacia do Araripe*. Dissertação de mestrado, Pós-graduação em Geologia - UFC. 76 p.
- Speyer, S. E. & Brett, C. E. 1988. Taphofacies models for sea environments: middle Paleozoic examples. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology*, 63: 225-262.
- Stanton, T. W. 1947. Studies of some Comanche Pelecypods and Gastropods. United States Government printing office, Washington, 253 p.
- Viana, M. S. S. 1998. The Proto-Atlantic Albian way and its influence on the South American-African life. In: *Boletín de la Asociación Paleontológica del Golfo San Jorge (Edición Especial)*, 2 (1): 32-34.
- Wenz, W. 1944. Gastropoda Teil I: Allgemeiner und Prosobranchia. In: Schindewolf, O. H., *Handbuch der Paläozoologie*. Berlin, 1639 p.
- White, C. A. 1887. Contribuições a Paleontologia do Brasil. Arquivos do Museu Nacional, 7: 273p+28pls.
- Conquiliologistas do Brasil. Disponível em: <<http://conchasbrasil.org.br/>>. Acessado em 28 de Abril de 2013.
- The Seashells of New South Wales. Disponível em: <<http://seashellsofnsw.org.au/>>. Acessado em 18 de Abril de 2013.