



Tafonomia dos Invertebrados do Sítio Canastra, Formação Romualdo, Cretáceo Inferior, Bacia do Araripe, Araripina, Pernambuco, Brasil

Invertebrate Taphonomy of Sítio Canastra, Romualdo Formation, Lower Cretaceous, Araripe Basin, Araripina, Pernambuco, Brazil

Ludmila Alves Cadeira do Prado¹; Priscilla Albuquerque Pereira¹;
Alexandre Magno Feitosa Sales² & Alcina Magnólia Franca Barreto³

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Geociências,

Centro de Tecnologia e Geociências – CTG-UFPE, 1235, 50670-901, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco

² Universidade Regional do Cariri, Departamento de Ciências Biológicas, Campus Pimenta, 1161, 63.100-000, Crato, Ceará

³ Universidade Federal de Pernambuco, Laboratório de Paleontologia – PALEOLAB,

Centro de Tecnologia e Geociências, – CTG-UFPE, 1235, 50670-901, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco

E-mails: prado.lac@gmail.com; palbuquerquep@hotmail.com; amfsales@uol.com.br; alcinabarreto@gmail.com

Recebido em: 13/10/2015 Aprovado em: 12/04/2016

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2016_2_77_87

Resumo

A Formação Romualdo, Bacia do Araripe, corresponde a rochas sedimentares de ambiente transicional a marinho raso depositadas durante o Neoaptiano-Eoalbio. No sítio Canastra, município de Araripina, Estado de Pernambuco, observam-se argilitos gradando para calcarenitos na base do afloramento. Nódulos calcários que na maioria das vezes abrigam peixes, são frequentemente encontrados nos argilitos. O paleoambiente é interpretado como transicional com variação de energia, sugerindo sucessivos ciclos transgressivos. No topo ocorrem rochas calcareníticas com presença de fósseis de moluscos e equinóides, permitindo o estabelecimento de tafofácies que auxiliaram na interpretação paleoambiental da área. A partir da análise tafonômica foram identificadas três tafofácies (T.I, T.II, T.III). A identificação de organismos marinhos nas tafofácies, como equinóides das espécies *Pygurus tinocoi* e *Bothryopneustes araripensis* em associação a gastrópodos cassiopídeos e bivalvíos mitilídeos, sugere deposição das espécies em ambiente marinho. Carapaças de equinóides articuladas bem preservadas ocorrendo associadamente aos bivalvíos articulados e fechados na T.I indicam uma comunidade vivente primariamente biogênica, gerada por depósitos de sufocamento (= *obrutition deposits*). Nas T.II e T.III a fragmentação é comum, sendo encontrados bioclastos de várias classes de tamanho. As concentrações fossilíferas são pobremente selecionadas, com empacotamento complexo e caótico, tanto em planta como em seção vertical, feições estas típicas de eventos tempestíticos em áreas proximais. Conclui-se que o afloramento fossilífero de Canastra, representa a evolução da paleolaguna Araripe, que sofreu a influência de uma transgressão e gradou para um ambiente marinho raso com ocorrências de soterramento e transporte dos organismos macrobentônicos, entre a zona de praia e a plataforma de Araripina, através da ação de tempestades, corroborando com os dados obtidos para outras porções da bacia.

Palavras-chave: tafofácies; equinóides; moluscos; transgressão marinha; tempestades

Abstract

The Romualdo Formation, Araripe Basin, corresponds to sedimentary rocks of shallow marine to transitional environment deposited during the late Aptian-early Albian. In the Sítio Canastra section, municipality of Araripina, Pernambuco State, are observed mudstones grading to calcarenites at the base of the outcrop. Calcareous nodules bearing fossil fishes are frequently found in the mudstones. The paleoenvironment is interpreted as transitional with fluctuating energy, suggesting successive transgression cycles. Towards the top the section, there are calcareous sandstones with fossils molluscs and echinoids, allowing the establishment of different taphofacies, supporting the paleoenvironmental interpretation of the area. Through the taphonomic analysis, three taphofacies (T.I, T.II, T.III) were identified. The presence of marine organisms in the taphofacies, such as the echinoids of the species *Pygurus tinocoi* and *Bothryopneustes araripensis* in association cassiopid gastropods and mitilid bivalves, suggest a deposition in a of the species marine environment. Well preserves articulated equinoid shells occurring in association to articulated and closed bivalves in T.I indicate a mostly biogenic living community generated by *obrutition deposits*. In T.II and T.III, fragmentation is frequent, with bioclasts of several sizes. The fossil concentrations are poorly sorted with complex and chaotic packing, both in plant and vertical section, the above features are typical of tempestitic events in proximal areas. We concluded that the Canastra fossil site, represents the evolution of the Araripe paleolagoon, with an initial transgression gradating to a shallow marine environment with transport and burial of macrobenthic organisms between the beach and the platform (Araripina), through the action of storms, in agreement with data obtained in other areas of the basin.

Keywords: taphofacies; mollusks; echinoids; marine transgression; storms

1 Introdução

A Bacia Sedimentar do Araripe representa a única Bacia no interior do Nordeste do Brasil que guarda o registro da transgressão marinha durante o Cretáceo Inferior (Ponte, 1992). A Formação Romualdo (Neoaptiano/Eoalbio) representa o mais importante jazigo fossilífero da Bacia do Araripe, em termos qualitativos e quantitativos (Cavalcante & Viana, 1990). Dentre uma fauna diversificada, representada por peixes, répteis, dinoflagelados, moluscos, crustáceos e plantas (Branner, 1915; Beurlen, 1963; Beurlen, 1964; Beurlen, 1966; Silva-Santos & Valença, 1968; Arai & Coimbra, 1990; Maisey, 1991; Bruno & Hessel, 2006; Lima *et al.*, 2012; Pinheiro *et al.*, 2014), a presença de organismos bentônicos marinhos, como moluscos e principalmente equinóides na Formação Romualdo, merece destaque por constituir uma evidência de deposição em ambiente marinho raso (Beurlen, 1963, 1964).

As concentrações de invertebrados fósseis encontram-se localizadas estratigraficamente na porção superior da Formação Romualdo em calcarenitos que afloram ao longo da Bacia do Araripe (Sales, 2005). Trabalhos tafonômicos realizados com os invertebrados, sobretudo no setor norte-nordeste da Bacia do Araripe, sugerem que tempestades que atuavam em ambiente marinho raso foram as causas da deposição final. Estas concentrações fossilíferas foram identificadas como primariamente biogênicas, tempestitos proximais e distais e resíduos transgressivos (Sales 2005; Batista 2011; Soares, 2013; Prado *et al.*, 2014, Prado *et al.*, 2015), ver Figura 1.

O município de Araripina, PE (sudoeste da Bacia do Araripe), desde a década de 1960, é citado na literatura devido à presença dos invertebrados da Formação Romualdo (Beurlen, 1962). Este município merece destaque por apresentar os melhores indícios paleoambientais marinhos na

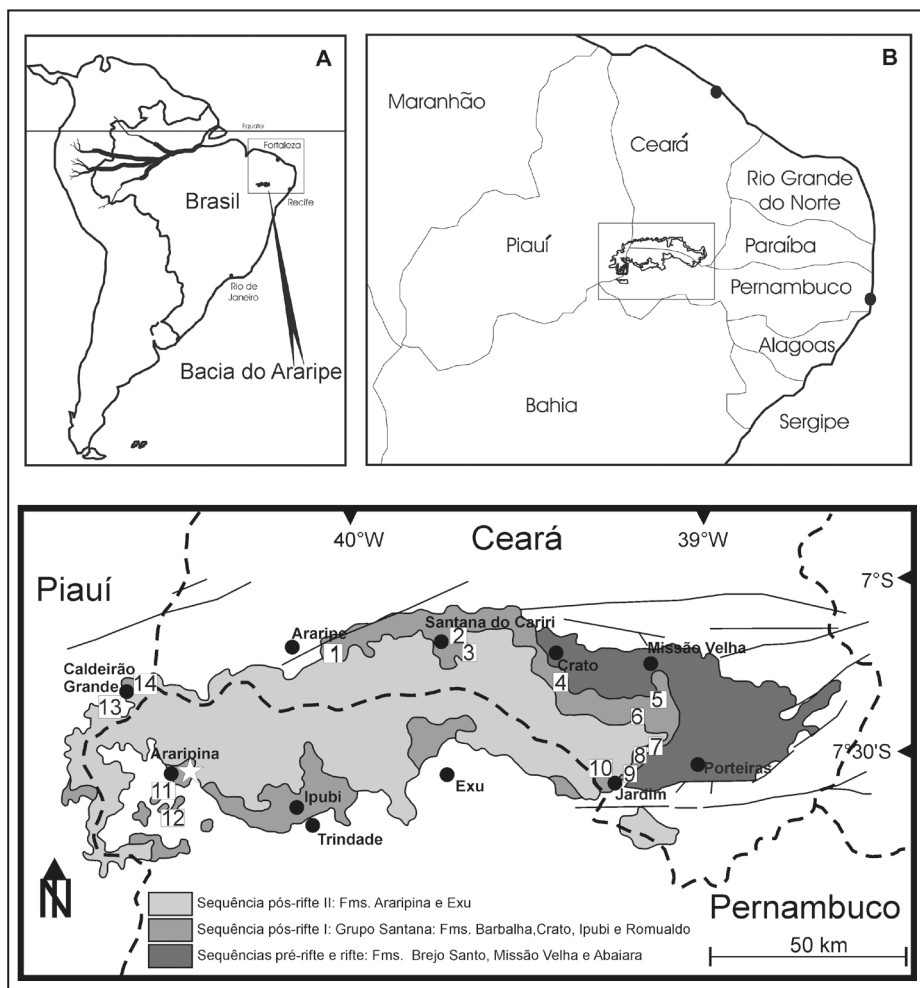


Figura 1 Mapa de localização da Bacia do Araripe com os pontos de ocorrência das concentrações de macroinvertebrados da Formação Romualdo. Tempestitos proximais: 4- sítio Romualdo (Crato), 5- Serra da Mãozinha (Missão Velha), 6- Jamacaru (Missão Velha), 7- sítio Saco (Porteiras), 9- sítio dos Negros (Jardim), 11- sítio Torrinha (Araripina), 12- sítio Torre Grande (Araripina), 14- sítio Caboclos (Fronteiras); Tempestitos distais: 2- Santana do Cariri, 3- sítio São Gonçalo (Santana do Cariri), 5- Serra da Mãozinha (Missão Velha), 8- sítio Jatobá (Porteiras), 12- sítio Torre Grande (Araripina), 13- Marcolândia; Concentrações primariamente biogênicas: 1- sítio Brejinho (Araripina), 10- sítio Engenho (Jardim); Resíduos transgressivos: 4- sítio Romualdo (Crato). A estrela figura a nova concentração do sítio Canastra, município de Araripina, PE (modificado de Assine, 1992; Sales, 2005). Fms.: Formações.

referida bacia, sendo o único onde ocorrem carapaças de equinoides articuladas e de onde provêm também todas as espécies de equinoides já identificadas: *Pygurus tinocoi* Beurlen, 1966, *Bothryopneustes araripensis* (Beurlen, 1966) Manso & Hessel, 2007, *Douvillaster benguellensis* Manso & Hessel, 2012 e *Hemiaster proclivus* Manso & Hessel, 2012.

Visando contribuir com as interpretações sobre o ambiente deposicional da Formação Romualdo, foram realizadas análises tafonômicas com as concentrações de invertebrados do afloramento do sítio Canastra, Araripina, estabelecendo distintas tafofácies.

2 Contexto Geológico e Localização da Área de Estudo

A Bacia do Araripe estende-se entre os limites dos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí (38°30' a 40°55' W - 7°07' a 7°49' S), ocupando uma área de cerca de 9.000 km² (Assine, 1992), sobre o embasamento cristalino da Zona Transversal da Província Borborema. É formada por sequências sedimentares limitadas por discordâncias regionais que representam o registro fragmentário de quatro bacias geneticamente distintas (Assine, 1992, 2007), são elas: paleozoica (Formação Cariri), pré-rifte (Formações Brejo Santo e Missão Velha), rifte (Formação Abaiara) e pós-rifte (subdividida em I - Formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo e II - Formações Araripina e Exu), ver Figura 1.

Na sequência pós-rifte, Neoptiano-Eoalbio, encontra-se a Formação Romualdo (*sensu* Neumann & Cabrera, 1999). Trata-se de uma sequência de margas e argilitos onde são encontradas concreções calcárias e bancos calcários (Beurlen, 1963). Como em um processo transgressivo, os arenitos e folhelhos costeiros que ocorrem na base da formação dão lugar a folhelhos verdes ricos em ostracodes, depositados em ambientes costeiros mixohalinos (Arai & Coimbra, 1990), seguidos pelos folhelhos escuros, onde ocorrem os famosos nódulos calcários com vertebrados fósseis. No topo da unidade são encontrados bancos calcários contendo os macroinvertebrados fósseis (moluscos e equinoides) de ambiente marinho raso, que segundo Assine (2007), representam a superfície de inundação máxima na sequência pós-rifte. Por fim,

acima do nível dos macroinvertebrados, pode aflorar um nível contendo folhelhos interdigitados a siltitos e arenitos com a presença de fósseis de água doce, caracterizando condições regressivas (Beurlen, 1971; Assine, 2007).

O afloramento fossilífero do sítio Canastra localiza-se próximo a cidade de Araripina, Estado de Pernambuco (Figura 1), na fazenda de mesmo nome. Possui cerca de 100 m de extensão lateral com exposição de blocos de calcarenitos, na superfície do terreno, por vezes bastante intemperizados.

3 Material e Métodos

No afloramento foi aberta uma trincheira com uma área de 2 m x 2,50 m e mais de 3 m de profundidade, para estudo (Figura 2). A coleta seguiu os procedimentos aplicados em estudos tafonômicos conhecidos, como a retirada de blocos de rochas contendo a concentração de invertebrados em perfil litoestratigráfico, marcação de topo e base e orientação azimutal das amostras (Simões & Ghilardi, 2000; Holz & Simões, 2002).

Para o estabelecimento das tafofácies foram analisados cerca de 120 bioclastos em cada acumulação esquelética, sendo considerados somente aqueles bioclastos maiores que 2 mm. Os bioclastos com tamanho inferior a 2 mm não foram analisados visto que são difíceis de ser identificados quanto a sua origem, além de representar no presente trabalho uma parcela ínfima do total de bioclastos nas acumulações. Os bioclastos foram agrupados em treze classes de tamanho, com intervalos de 2 mm cada, a fim de observar o grau de seleção dos bioclastos (Kidwell & Holland, 1991; Kidwell *et al.*, 2001).

A análise das feições sedimentológicas e bioestratigráficas das concentrações, tais como a biotrama e estruturas sedimentares, seguiu Kidwell *et al.* (1986), Kidwell & Bosence (1991) e Kidwell & Holland (1991). As feições paleoecológicas (classes de tamanho, abundância e composição taxonômica) também foram observadas. Para identificar as classes de tamanho dos bioclastos (idade), utilizou-se apenas aqueles inteiros, baseando-se no maior eixo de comprimento dos espécimes. Ressalta-se

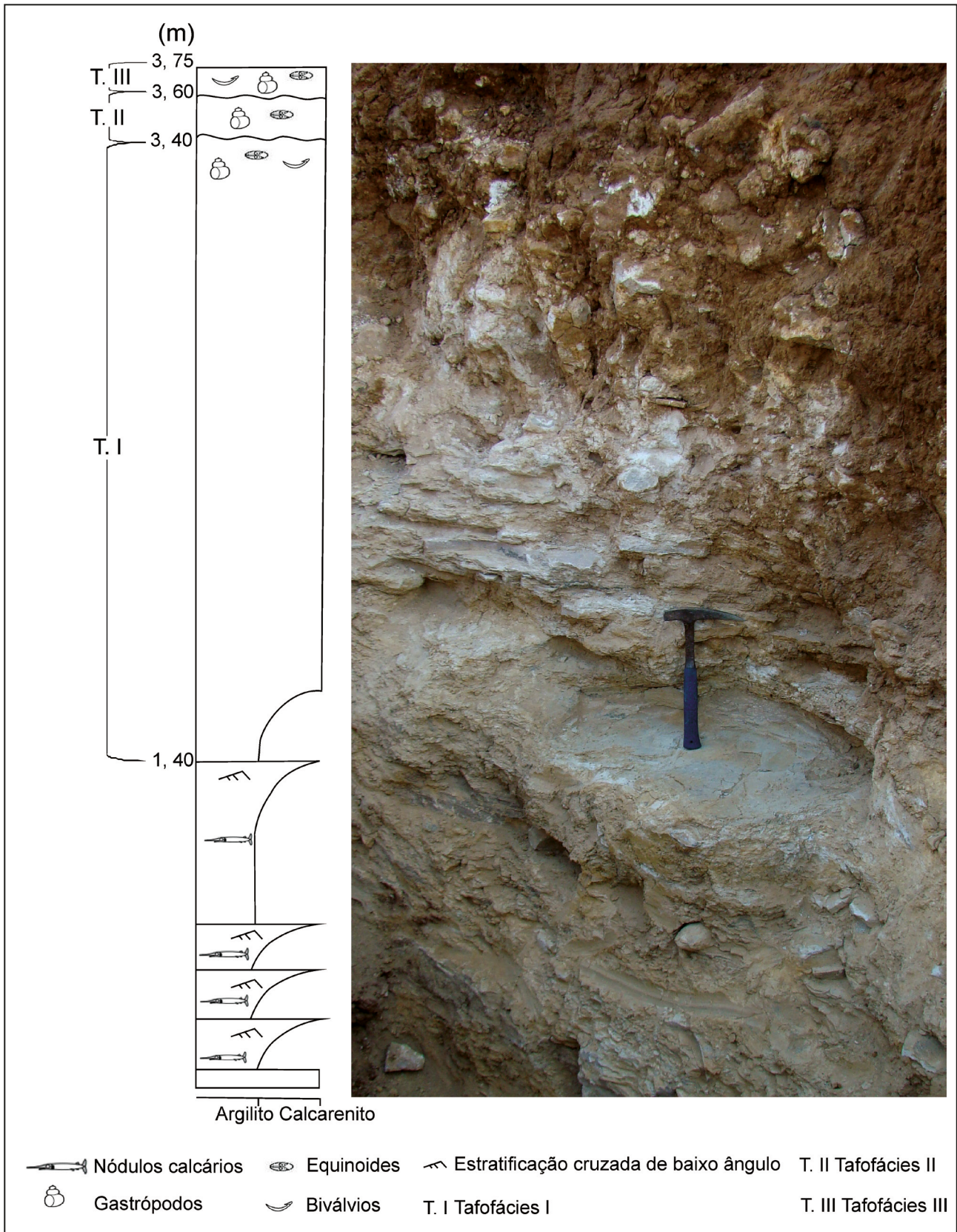


Figura 2 Perfil colunar do afloramento fossilífero do sítio Canastra, Araripina, PE, com identificação das tafofácies (T.I, T.II, T.III).

que quanto as classes de tamanho, os dados obtidos devem ser tomados com reserva, já que os bioclastos fragmentados não foram analisados e podem derivar de espécimes cujos tamanhos reais não são visualizados na concentração. Dentre as feições estratigráficas observou-se a espessura das camadas e posição na sequência deposicional. A classificação genética das concentrações fossilíferas seguiu Fürsich & Oschmann (1993).

4 Resultados

A porção basal do afloramento (~ 1,40 m) é caracterizada por um padrão de sedimentação cíclica de argilitos gradando para calcarenitos esbranquiçados com estratificação cruzada de pequeno porte (ciclos de granocrescência ascendente), sugerindo sucessivos pulsos transgressivos na área. Ainda nas camadas argilosas são encontradas concreções calcárias de cor amarela a alaranjada que encerram fósseis de peixes (*Vinctifer comptoni* e *Tharrhias* sp.) parcialmente articulados. Acima deste nível encontra-se a concentração de invertebrados. A análise tafonômica desta concentração resultou na descrição de três tafofácies identificadas como T.I, T.II e T.III, da base para o topo (Figura 2). Os dados das tafofácies encontram-se detalhados nas Tabelas 1 e 2.

Tafofácies I (T.I)

A T.I (Figura 3) possui aproximadamente 2 m de espessura. A concentração é pobremente selecionada e sustentada pela matriz calcarenítica, com

empacotamento que varia de frouxo a disperso. Em seção, os bioclastos dispõem-se concordantemente e, em menor quantidade, obliquamente ao plano de acamamento. Em planta, a distribuição é polimodal. Ocorre em maior quantidade bivalvíos mitilídeos predominantemente articulados fechados, com tamanho variando entre 7 e 10 mm de comprimento. Há presença de carapaças articuladas de equinoides de quatro classes de tamanho (15 mm, 20 mm, 23 mm e 30 mm de comprimento). Foram identificadas as espécies *Pygurus tinocoi* e *Bothryopneustes araripensis*. Em menor quantidade são encontrados gastrópodos ceritídeos, em sua maioria inteiros, com 10 mm de comprimento.

Tafofácies II (T.II)

A T.II (Figura 4) tem cerca de 20 cm de espessura. É formada por uma camada de calcarenito que abriga uma concentração fossilífera pobremente selecionada e frouxamente empacotada. Os bioclastos distribuem-se de forma caótica em planta e seção. Ocorre em maior número carapaças fragmentadas de equinoides. Dentre as poucas carapaças de equinoides inteiras, são identificadas três classes de tamanho (20 mm, 25 mm e 30 mm de comprimento). Conchas de bivalvíos mitilídeos são encontradas em menor quantidade, predominantemente articuladas fechadas, todas com 6 mm de comprimento.

Tafofácies III (T.III)

A T.III (Figura 5) é formada por calcarenitos, com aproximadamente 15 cm de espessura. A

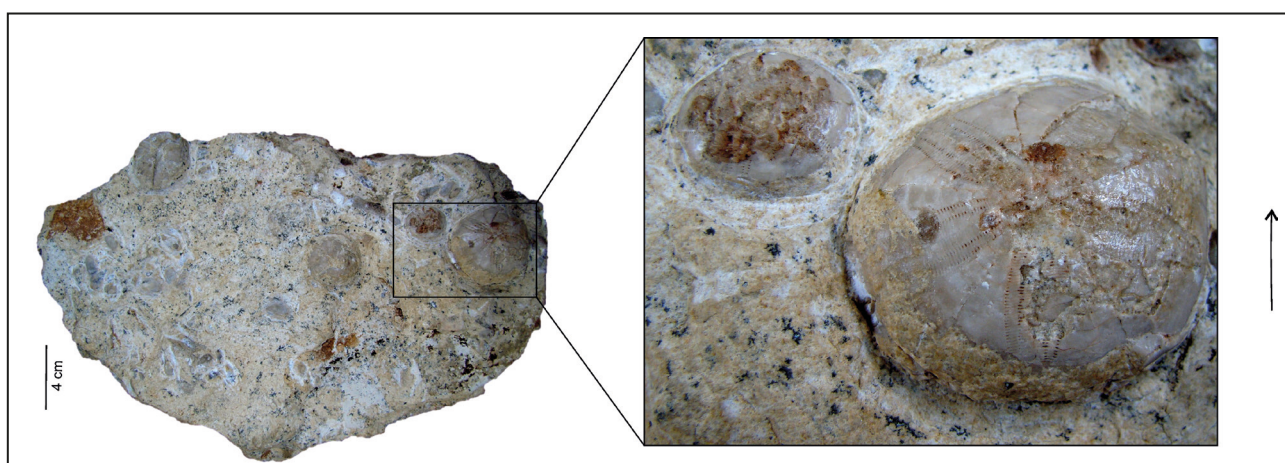


Figura 3 Visualização em planta do topo da tafofácies T.I. Notar bivalvíos articulados e fechados e equinoides bem preservados em destaque.

concentração é pobremente selecionada, densamente empacotada e sustentada pelos bioclastos. Os bioclastos encontram-se caoticamente distribuídos em seção e planta, sendo os fragmentos encontrados em maior quantidade. Predominam bivalvíos, mas também ocorrem gastrópodos e equinóides em menor quantidade. Devido à fragmentação e a alteração diagenética dos bioclastos não foi possível realizar a identificação taxonômica. Foram encontradas duas classes de tamanho de gastrópodos (8 mm e 10 mm de comprimento) e três de bivalvíos (10 mm, 12 mm e 15 mm). Conchas de bivalvíos aninhadas são frequentemente observadas.

5 Discussão

As várias classes de tamanho dos bioclastos (idade) de diferentes grupos taxonômicos nas tafofácies indicam sedimentação episódica, comum em processos de sedimentação tempestítica, onde todos os organismos são afetados (Fursich & Oschmann, 1986; Holz & Simões, 2002). A ausência de corrosão e incrustação sugere que estes organismos permaneceram pouco tempo na Zona Tafonômica Ativa (ZTA; *Taphonomically Active Zone* – TAZ, Davies *et al.*, 1989), como observado por Sales (2005) em outras concentrações de invertebrados da Formação Romualdo.

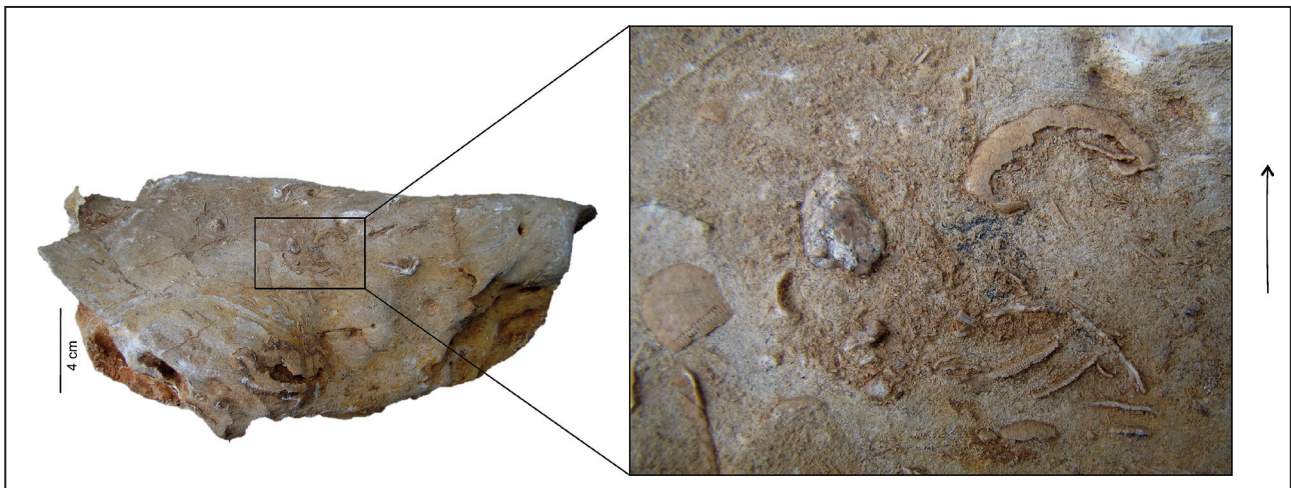


Figura 4 Vista em seção da tafofácies T. II, representando uma concentração frouxamente empacotada com predomínio de equinóides, em sua maioria fragmentados. A seta indica o topo da camada.

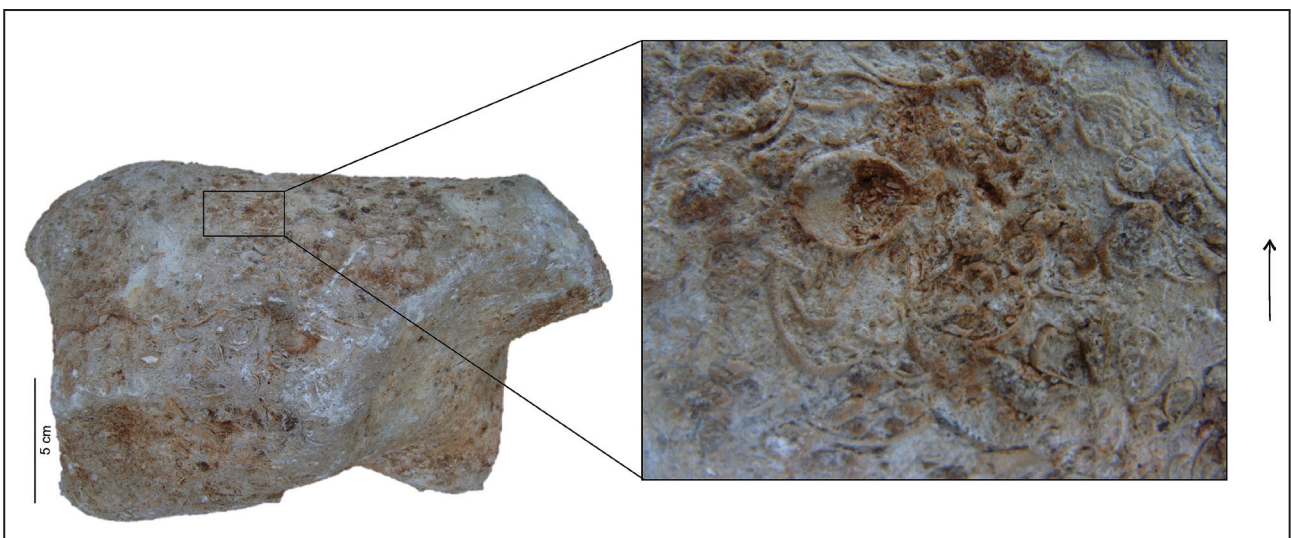


Figura 5 Vista em seção da tafofácies T. III, exibindo uma concentração densamente empacotada com predomínio de bioclastos fragmentados. A seta indica o topo da camada.

Na T.I são encontrados gastrópodos ceritídeos, que habitam desde ambiente marinho a salobro, bivalvíos mitilídeos que suportam diferentes concentrações de salinidade (Simone & Mezzarila, 1994) e os equinóides cassiduloides *Pygurus tinocoi* e *Bothryopneustes araripensis*, que representam no afloramento o melhor grupo taxonômico para inferir paleoambiente. Segundo Manso & Hessel (2007), os cassiduloides da Formação Romualdo teriam participado da epifauna ou semi-endofauna, dividindo com as outras espécies de equinóides o mesmo ambiente marinho restrito, mas ocupando diferentes nichos, de acordo com as variações granulométricas e disponibilidade de oxigênio.

Levando-se em conta a relativa fragilidade do esqueleto, que rapidamente sofre desarticulação, seja pela ação de organismos escavadores, bioturbadores ou alguma agitação no ambiente (Kidwell & Baumiller, 1990), a alta concentração de equinóides bem preservados na T.I, sugere que eles foram preservados *in situ*. O alto índice de bioclastos concordantes ao acamamento pode derivar da concentração de elevado número de organismos epifaunais no sedimento.

A baixa seleção de bioclastos associada à preservação *in situ* de equinóides e conchas de bivalvíos mitilídeos articuladas e fechadas implica em uma acumulação primariamente biogênica (Fürsich & Oschmann, 1993), gerada a partir de um soterramento episódico, com pequeno ou nenhum distúrbio *post-mortem*, situação comumente gerada pela ação de tempestades distais, por depósitos de rápida sedimentação (*obruition deposits*, Brett, 1995). Na Formação Romualdo, concentrações primariamente biogênicas formadas por gastrópodos turrítelídeos, naticídeos, ceritídeos, epitonídeos e neritídeos junto a bivalvíos mitilídeos em posição de vida são também encontradas nos sítios 10-Engenho (Jardim) e 1-Brejinho (Araripe), Estado do Ceará (Sales, 2005; Prado *et al.*, 2014), localizados na Figura 1. Os perfis estratigráficos da Formação Romualdo onde as concentrações de invertebrados são encontradas, classificadas como primariamente biogênicas e tempestitos proximais, detalhados a seguir, podem ser vistos na Figura 6, com exceção daquela localizada no sítio dos Negros (Jardim), cuja ocorrência não é acessível.

Manso & Souza-Lima (2005) descreveram situação similar na Formação Riachuelo, Bacia de Sergipe-Alagoas, de idade correlata à Formação

Romualdo, onde cassiduloides bem preservados, embora coletados em sedimentos interpretados como de alta energia, fariam parte de uma concentração também primariamente biogênica. Estes dados iniciais sugerem que a formação desse tipo particular de concentração composta por invertebrados teria caráter regional, ocupando e ultrapassando os limites paleobiogeográficos da Bacia do Araripe.

Nas T.II e T.III não há indícios de sedimentação *in situ*. O alto índice de fragmentação nestas tafofácies decorre do transporte dos macroinvertebrados para fora do seu ambiente de vida (aloctonia), devido os processos tempestíticos que atuavam entre a zona de praia e a plataforma de Araripina. Alguns bioclastos são encontrados inteiros e articulados, mas não são encontrados em posição de vida, podendo ter sido transportados pelas tempestades por curtas distâncias, mas ainda dentro do seu ambiente, isto é, são parautóctones. O significado dos termos “aloctonia” e “parautoctonia” citados acima segue o sentido de Kidwell *et al.* (1986), importante obra que trata sobre remobilização e transporte de bioclastos. Adicionalmente, a distribuição caótica dos bioclastos e a presença de aninhamento de conchas de bivalvíos especificamente na T.III implicam em deposição por eventos episódicos de alta energia, como tempestades (ver Kidwell *et al.*, 1986; Fürsich & Oschmann, 1993; Simões & Kowalewski, 1998).

Levando em consideração que a deposição dos bioclastos no sítio Canastra teria início em área distal, seguida por deposição em área proximal, haveria no afloramento uma diminuição da paleobatimetria do ambiente da base para o topo, ou seja, da T.I para T.III. A mesma situação tafonômica é encontrada no afloramento 12- sítio Torre Grande (Figuras 1 e 6), também localizado no município de Araripina, onde Prado *et al.* (2015) identificaram tafofácies tempestíticas geradas inicialmente em ambiente distal e posteriormente proximal. Estas camadas poderiam ser correlatas as encontradas no afloramento de Canastra, dado as semelhanças tafonômicas, como soterramento dos macrobentos autóctones na tafofácies basal, evidenciado pela alta quantidade de organismo inteiros e articulados, seguida de tafofácies com indícios de transporte de bioclastos, como o alto índice de fragmentação e distribuição caótica dos bioclastos, além da composição taxonômica, como equinóides irregulares, gastrópodes ceritídeos e ainda bivalvíos indeterminados.

Tempestitos proximais formados por conteúdo biogênico de moluscos da Formação Romualdo

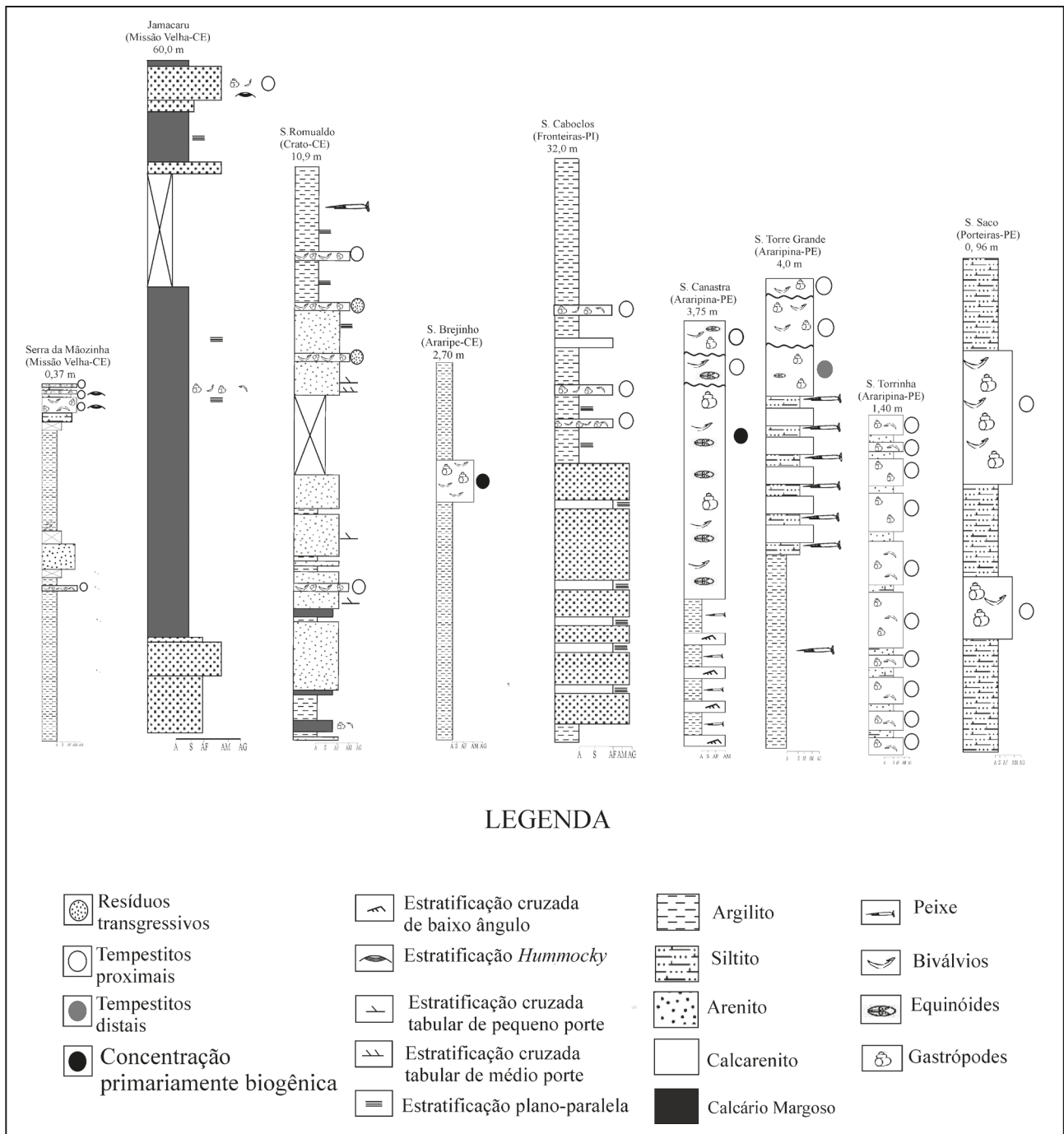


Figura 6 Perfis estratigráficos do topo da Formação Romualdo com as concentrações de invertebrados classificadas como primariamente biogênicas e tempestitos proximais nos municípios localizados nos estados do Ceará (Crato, Araripe, Porteiras e Missão Velha), Pernambuco (Araripina) e Piauí (Caboclos) (Modificado de Sales, 2005).

também foram encontrados nas localidades: 5- Serra da Mãozinha e 6- Jamararu (Missão Velha), 9- sítio dos Negros (Jardim), 4- sítio Romualdo (Crato), 7- sítio Saco (Porteiras), ambos no Estado do Ceará, 14- Caboclos (Fronteiras), no Estado do Piauí, 11- sítio Torrinha, Araripina, no Estado de Pernambuco, como pode ser visto nas Figuras 1 e 6. Dentre as

similaridades encontradas nestas concentrações fossilíferas, destacam-se aquelas: (1) tafonômicas: distribuição caótica dos bioclastos em planta e seção, empacotamento denso a frouxo de bioclastos, com uma proporção volumétrica de 15% a 70%, presença de bioclastos alóctones e parautóctones, aninhamento de conchas e baixa seleção e, (2)

taxonômicas: presença de gastrópodes turrítelídeos, cerítídeos, naticídeos, cassiopídeos e turrítelídeos e, bivalvíos corbulídeos e outros indeterminados (Sales, 2005, Prado *et al.*, 2015).

A fauna de invertebrados do topo da Formação Romualdo encontrada na forma de concentrações primariamente biogênicas e tempestitos proximais, sugere a presença de um ambiente marinho, onde a ação de tempestades era frequente e responsável pela deposição final das concentrações. Entretanto, a diferença da composição taxonômica em cada uma das concentrações indica que haveria vários microhabitats, cujas características paleoambientais favoreceriam o desenvolvimento de um determinado grupo biológico em detrimento de outros.

6 Conclusões

A história de sedimentação do afloramento de Canastra tem início com a deposição de argilitos e calcarenitos da Formação Romualdo. A transgressão marinha cretácea na porção sudoeste da Bacia do Araripe é confirmada pelas sequências de calcarenito com fósseis de organismos bentônicos marinhos. De acordo com a análise tafonômica, as concentrações fossilíferas foram depositadas a partir de tempestades, sendo a T.I uma concentração primariamente biogênica relacionada a tempestades distais (*obrutition*) e as T.II e T.III a tempestades proximais, indicando raseamento do ambiente para o topo.

As concentrações primariamente biogênicas e tempestitos proximais, mesmo formadas por moluscos e equinóides, mostram entre si uma variação na composição faunística, a nível de família, propondo que o ambiente marinho raso da Formação Romualdo seria formado por diferentes microhabitats, devido provavelmente a diferenças entre as condições ambientais locais.

A ampla distribuição destas concentrações sugere que os eventos de tempestade atuavam em ambiente marinho raso alcançando várias áreas da bacia, sendo responsáveis pela deposição final das concentrações de invertebrados localizadas no topo da Formação Romualdo.

7 Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro, processos 131216/2013-9, 407148/2010-3 e 201716/2010-0. Sinceros agradecimentos ao Professor Vicente Alexandre Alves, proprietário do sítio Canastra.

8 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: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1, Crato, 1990. *Atas*, Crato, DNPM, 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 Petrobras*, 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*. Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Regional do Cariri, Monografia de Graduação, 51 p.
- 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: CONGRESSO NACIONAL DE GEOLOGIA, 17, Recife, 1963. *Anais*, Recife, SBG/SUDENE, p. 1-47.
- Beurlen, K. 1964. As espécies dos Cassiopininae, nova subfamília dos Turrítellidae, no Cretáceo do Brasil. *Arquivos de Geologia*, 5: 1-44.
- 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.
- Branner, J.C. 1915. *Geologia Elementar*. Rio de Janeiro, Francisco Alves & Cia, 396 p.
- Brett, C.E. 1995. Sequence stratigraphy, biostratigraphy and taphonomy in shallow marine environments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 10: 597-616.
- Bruno, A.P. & Hessel, M.P. 2006. Registros paleontológicos do Cretáceo marinho na Bacia do Araripe. *Estudos Geológicos*, 16 (1): 30-49.
- Cavalcanti, V.M.M. & Viana, M.S.S. 1990. 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.
- Davies, D.J.; Powell, E.N. & Stanton Jr., R.J. 1989. Taphonomic signature as a function of environmental process: shells and shell beds in a hurricane-influenced inlet on the Texas Coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 72: 317-356.

	Tafofácies I			Tafofácies II			Tafofácies III		
Espessura*	200			20			15		
Estruturas							Aninhamento de bivalvíos		
Bioclastos Total	10%			15%			55%		
Bioclastos fragmentados	15%			65%			75%		
Bivalvíos Total	65%			5%			60%		
Bivalvíos fragmentados	10%			20%			60%		
Bivalvíos desarticulados	30%						30%		
Bivalvíos Articulados	Aberto	Fechado		Aberto	Fechado		Aberto	Fechado	
		60%			80%			10%	
Gastrópodos Total	5%						25%		
Gastrópodos inteiros	90%						40%		
Gastrópodos fragmentados	10%						60%		
Equinoides Total	30%			95%			15%		
Equinoides fragmentados	20%			70%			100%		
Equinoides articulados	80%			30%					
Classes de tamanho dos bioclastos (idade)**	Mitilídeos: 7 - 10 Ceritídeos: 10 Equinoides: 15 - 20 - 25			Mitilídeos: 6 Equinoides: 20 - 25 - 30			Gastrópodos: 8 - 10 Bivalvíos: 10 - 12 - 15. Equinoides: ?		
Tamanho dos bioclastos	I: 6,00% II: 48,00% III: 12,00% IV: 10,00% V: 14,00% VII: 2,00% X: 4,00% XII: 2,00% XIII: 2,00%			I: 17,53% II: 28,84% III: 23,07% IV: 7,70% VII: 3,80% VIII: 1,92% IX: 3,80% X: 1,92% XI: 3,80% XII: 5,70% XIII: 1,92%			I: 29,26% II: 29,26% III: 9,75% IV: 17,07% V: 9,80% VI: 2,43% IX: 2,43%		
Distribuição dos bioclastos em seção	Con.	Obl.	Per.	Con.	Obl.	Per.	Con.	Obl.	Per.
	95%	5%		80%	15%	5%	80%	15%	5%
Distribuição dos bioclastos em planta	Polimodal			Polimodal			Polimodal		

Tabela 1 Descrição das tafofácies T.I, T.II e T.III da concentração de invertebrados fósseis da Formação Romualdo, no afloramento de Canastra, Araripina, Pernambuco.

*Dados em centímetro (cm), ** Dados em milímetros (mm), ?: indeterminados, Con.: concordante, Obl.: oblíqua, Per.: perpendicular, I: 2,0 mm a 3,9 mm; II: 4,0 mm a 5,9 mm; III: 6,0 mm a 7,9 mm; IV: 8,0 mm a 9,9 mm; V: 10 mm a 11,9 mm; VI: 12,0 mm a 13,9 mm; VII: 14,0 mm a 15,9 mm; VIII: 16,0 mm a 17,9 mm; IX: 18,0 mm a 19,9 mm; X: 20,0 mm a 21,9 mm; XI: 22,0 mm a 23,9 mm; XII: 24,0 mm a 25,9 mm; XIII: 30,0 mm a 31,9 mm.

Fürsich, F.T. & Oschmann, W. 1986. Storm shell beds of *Nanogyra virgula* in the Upper Jurassic of France. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, 172: 141-161.

Fürsich, F.T. & Oschmann, W. 1993. shell beds as tools in basin analysis: the Jurassic Kachchh, Western India. *Journal of Geological Society*, 150: 169-185.

Holz, M. & Simões, M.G. 2002. *Elementos Fundamentais de Tafonomia*. Porto Alegre, Universidade/UFRGS, 231p.

Kidwell, S.M. & Baumiller, T. 1990. Experimental desintegration

of regular echinoids: roles of temperature, oxygen and decay thresholds. *Paleobiology*, 16 (3): 247-271.

Kidwell, S.M. & Bosence, D.W. 1991. 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*. Plenum Press, p. 115-209.

Kidwell, S.M.; Fürsich, F.T. & Aigner, T. 1986. Conceptual framework for the analysis of fossil concentrations.

Nome	Sigla	Descrição	Interpretação
Tafofácies I	T.I	Empacotamento frouxo/disperso; distribuição caótica dos bioclastos em planta; em seção os bioclastos encontram-se na posição oblíqua e principalmente concordante ao acamamento; bioclastos pobremente selecionados; predomínio de bioclastos inteiros e articulados (<i>in situ</i>)	Acumulação primariamente biogênica (<i>obrutition deposits</i>), gerada pela ação de tempestades distais
Tafofácies II	T.II	Empacotamento frouxo; distribuição caótica dos bioclastos em planta e seção; bioclastos pobremente selecionados; predomínio de bioclastos fragmentados	Transporte de bioclastos por tempestades proximais
Tafofácies III	T.III	Empacotamento denso; distribuição caótica dos bioclastos em planta e seção; bioclastos pobremente selecionados; predomínio de bioclastos fragmentados; aninhamento de bivalvíos	Transporte de bioclastos por tempestades proximais

Tabela 2 Descrição das tafofácies e interpretação dos ambientes tafonômicos de deposição.

- Palaios*, 1: 228-238.
- Kidwell, S.M. & Holland, S.M. 1991. Field description of coarse bioclastic fabrics. *Palaios*, 6 (4): 426-434.
- Kidwell, S.M.; Rothfus, T.A. & Best, M.M.R. 2001. Sensitivity of taphonomic signatures to sample size, sieve size, damage scoring system, and target taxa. *Palaios*, 16: 26-52.
- Maisey, J.G. 1991. *Santana Fossil: an Illustrated Atlas*. New Jersey, Neptune: Tropical Fish Hobbyist Publications, 459 p.
- Lima, F.J.; Saraiva, A.A.F. & Sayão, J.M. 2012. Revisão da paleoflora das Formações Missão Velha, Crato e Romualdo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*, 22 (1): 99-115.
- Manso, C.L.M. & Hessel, M.H. 2007. Revisão sistemática *Pygidiolampas araripensis* (Beurlen, 1966), (Echinodermata: Cassiduloida) da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Geociências*, 26 (3): 271-277.
- Manso, C.L.C. & Hessel, M.H. 2012. Novos equinóides (Echinodermata: Echinoidea) do Albiano da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 42 (1): 187-197.
- Manso, C.L.M. & Souza-Lima, W. 2005. Os equinóides *Pygorhynchus Colombianus* (Cooke, 1955) e *Pseudholaster Altiusculus* (White, 1887) no Nealbiano da Bacia de Sergipe, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 8 (3): 229-238.
- Neumann, V.H. & Cabrera, L. 1999. Una nueva propuesta estratigráfica para la Tectono Secuencia Post-Rifte de Lacuena de Araripe, Noreste de Brasil. In: SIMPÓSIO CRETÁCEO BRASILEIRO, 5, Serra Negra, 1999. *Boletim de Resumo*, Serra Negra, UNESP, p. 279-285.
- Pinheiro, A.P.; Saraiva, A.A. & Santana, W. 2014. Shrimps from the Santana Group (Cretaceous: Albian): new species (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) and new record (Crustacea: Decapoda: Caridea). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86 (2): 663-670.
- Ponte, F.C. 1992. Origem e evolução das pequenas bacias cretácicas do interior do Nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁCIAS BRASILEIRAS, 2, Rio Claro, 1992. *Resumos Expandidos*, Rio Claro, UNESP, p.55-58.
- Prado, L.A.C.; Pereira, P.A.; Sales, A.M.F & 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 (1): 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. *Journal of South American Earth Sciences*, 62: 218-228.
- 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*. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 160 p.
- 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/paleoautoecológico como ferramenta nas análises paleossinecológicas: exemplos de aplicação em concentrações fossilíferas do Paleozóico da Bacia do Paraná. *Pesquisas em Geociências*, 27(2): 3-13.
- Simões, M.G. & Kowalewski, M. 1998. Shell beds as paleoecological puzzles: a case study from the Upper Permian of the Paraná Basin, Brazil. *Facies*, 38: 175-196.
- Simone, L.R.L. & Mezzarila, S. 1994. Fossil molluscs of Brazil. *Boletim do Instituto Geológico*, 11: 1-202.
- Soares, R.C. 2013. *Gênese dos níveis coquinóides do Membro Romualdo, Formação Santana na porção central e leste da Bacia do Araripe*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Ceará, Dissertação de Mestrado, 76 p.