

OCORRÊNCIA DE *TAENIDIUM BARRETI* NA FORMAÇÃO RIO DA BATATEIRA, CRETÁCEO DA BACIA DO ARARIPE

José Antonio Barbosa¹

Maria Helena Hessel²

Maria Caroline do Nascimento¹

Virgínio Henrique Neumann³

1 PPGeo-UFPE PRH-26/ANP/FINEP/UFPE, barboant@hotmail.com

2 Pesquisadora Visitante PRH-26/ANP/FINEP/UFPE, helenahessel@ufpe.br

3 DGEO-UFPE, neumann@ufpe.br

RESUMO: Pela primeira vez foi identificada a presença de *Taenidium barreti* (Bradshaw, 1981) em siltitos da Formação Rio da Batateira (Aptiano), Bacia do Araripe, aflorantes próximo à cidade do Crato, Ceará. Esta ocorrência amplia a distribuição vertical e horizontal do icnogênero *Taenidium* no Brasil, e pode ser relacionada à forma de *Taenidium* sp. reconhecida na Formação Arajara (Aptiano-Albiano) da Bacia do Araripe. *Taenidium barreti* ocorre junto com *Planolites* e *Skolithos*, caracterizando uma associação da icnofácies Scoyenia. Aparentemente os organismos geradores de *T. barreti* eram adaptados a condições de baixa energia de ambientes transicionais, frequentemente inundados ou expostos, provavelmente relacionadas a fácies distais de planícies de inundação, interfácies flúvio-lacustres ou áreas de espraiamento de distributários deltaicos.

Palavras Chave: Icnofóssil, *Taenidium*, Bacia do Araripe, Formação Rio da Batateira, Aptiano

ABSTRACT: The ichnospecies *Taenidium barreti* (Bradshaw, 1981) was identified for the first time in siltstones of the Rio da Batateira Formation (Aptian), Araripe Basin, exposed near Crato, Ceará State, northeastern Brazil. This occurrence extends the vertical and horizontal distribution of this ichnogenus in Brazil. This occurrence can also be related to *Taenidium* sp. recognized in the Arajara Formation (Aptian-Albian), Araripe Basin. *T. barreti* occurs together with *Planolites* and *Skolithos*, being the assemblage assigned to the Scoyenia ichnofacies. Apparently, the burrowers were adapted to conditions of low energy in transitional environments, frequently flooded, or exposed, probably related to distal facies of floodplains, fluvial-lacustrine systems and deltaic spreading plains.

KeyWords: ichnofossil, *Taenidium*, Araripe Basin, Rio da Batateira Formation, Aptian

INTRODUÇÃO

A Bacia do Araripe ocupa parte dos estados do Piauí, de Pernambuco e do Ceará. Está situada entre os meridianos 38°30'W e 40°50'W e os paralelos 7°05'S e 7°50'S, totalizando uma área de aproximadamente 8.000 km², sendo considerada a mais extensa das bacias interiores do Nordeste do Brasil (Fig. 1).

Ponte & Ponte Filho (1996) identificaram três estágios sucessivos na evolução tectônica da Bacia do Araripe: pré-rifte, por estiramento crustal (formações Brejo Santo e Missão Velha), sin-rifte (Formação Abaiara) e pós-rifte (Grupo Santana). Neumann (1999) propôs que a seqüência sedimentar relativa a este último estágio tenha suas unidades tratadas como entidades estratigráficas individualizadas, incluindo então as formações Rio da Batateira, Crato, Ipubi, Romualdo e Arajara.

A Formação Rio da Batateira foi definida por Ponte & Appi (1990), sendo citada por Assine (1990) como Formação Barbalha. Sua idade, obtida a partir de análises palinológicas, foi determinada como neoptiana (Assine, 1992). Apresenta uma espessura de, aproximadamente, 200m e é formada por duas associações de fácies (Martill, 1993). A parte basal é constituída predominantemente por fácies arenosas com

intercalações de delgados níveis de conglomerados e lamitos avermelhados e amarelados. Os arenitos são finos a médios, com grãos sub-arredondados a sub-angulares, em geral bastante friáveis, argilosos e micáceos, por vezes seixosos e/ou portadores de feldspatos caulinizados e bolas de argila. Na base, ocorrem estratificações cruzadas, de pequeno a médio porte, tabulares ou tangenciais e sigmoidais (Assine, 1992). Esta porção é interpretada como depositada em ambiente fluvial.

Na base da associação de fácies superior da Formação Rio da Batateira ocorrem lutitos carbonáticos, definidos por Farina (1974) como a “seqüência plumbífera do Araripe” e denominadas por Hashimoto *et al.* (1987) como camadas Batateira. Trata-se de uma brecha calcárea mineralizada com sulfetos, entre lutitos argilosos e pirobetumínicos com estruturas algálicas (Neumann, 1999). Estas camadas representam uma redução paulatina de energia no ambiente fluvial então existente, constituindo-se no primeiro registro de um amplo sistema lacustre, inicialmente restrito, com águas rasas e pouco oxigenadas (Assine, 1992). Na porção superior desta mesma associação de fácies, há uma seqüência sedimentar granodecrescente constituída por arenitos médios a finos, avermelhados a ama-

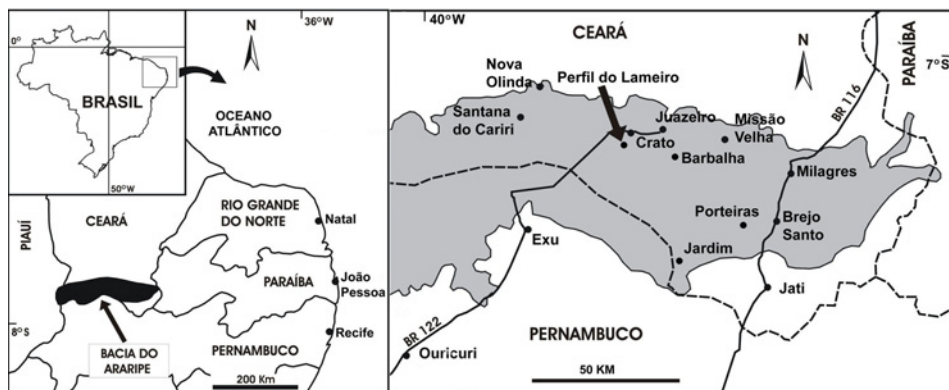


Figura 1 – Localização da área de ocorrência de *Taenidium barreti* na Bacia do Araripe.

relados, com estratificações cruzadas de grande porte, e lutitos de coloração cinza. No topo há uma seqüência deltaico-lacustre, com 20 a 30m de espessura, constituída por arenitos cinzentos, de médios a finos (Fig. 2), relacionados lateralmente com a Formação Crato (Neumann, 1999).

Syrio & Rios-Netto (2002) estudaram a associação de ostracodes existente na porção superior da Formação Rio da Batateira, próximo ao contato com a Formação Crato, identificando seis espécies que caracterizaram a biozona da Petrobras NRT-11 que corresponde ao andar Alagoas. Ponte & Appi (1990) atribuíram esta porção à palinozona P-270 da Petrobras. Os autores interpretaram estes estratos como sendo depositados em águas doces a mixohalinas, em ambiente lacustre de baixa energia. Segundo Coimbra *et al.* (2002), os microfósseis encontrados nas formações Rio da Batateira e Crato sugerem uma idade aptiana para estes estratos.

O icnofóssil aqui descrito foi observado em depósitos junto ao topo da Formação Rio da Batateira, aflorantes nas margens do rio que dá nome à unidade, próximo à cidade do Crato (Fig. 1). Neste local, ocorrem folhelhos esverdeados a cinza-escuro, siltitos e arenitos de coloração cinzenta a esbranquiçada. As esca-

vações foram observadas em uma camada de siltito fino, com intraclastos de argila, intercalado com folhelhos de cor verde (Fig. 2). Neste nível, os depósitos de siltito e arenito fino a médio apresentam estratificações cruzadas acanaladas de pequeno a médio porte, laminações do tipo *climbing ripples* e estruturas sigmoides características de frentes deltaicas. Também ocorrem intraclastos de folhelho nas camadas de siltito e *drapes* de argila. Estes aspectos sugerem o registro de uma deposição em margem lacustre rasa.

MATERIAL E MÉTODOS

Os espécimes aqui descritos foram encontrados às margens do rio da Batateira, no local conhecido como perfil do Lameiro, no bairro do Lameiro (Fig. 2) da cidade do Crato, Ceará, caracterizando escavações atribuídas a *Taenidium barreti*. A coleta de amostras contendo as escavações é quase impossível, por ser a rocha muito friável, fragmentando todo registro. Assim, foram realizadas fotografias e tomadas as medidas *in loco*.

O afloramento é constituído por uma seção de cerca de 8 m de altura na margem direita do rio, em uma extensão de aproximadamente 30m (Figs 2). Por ocorrer entre as camadas de siltito, as escavações ficam

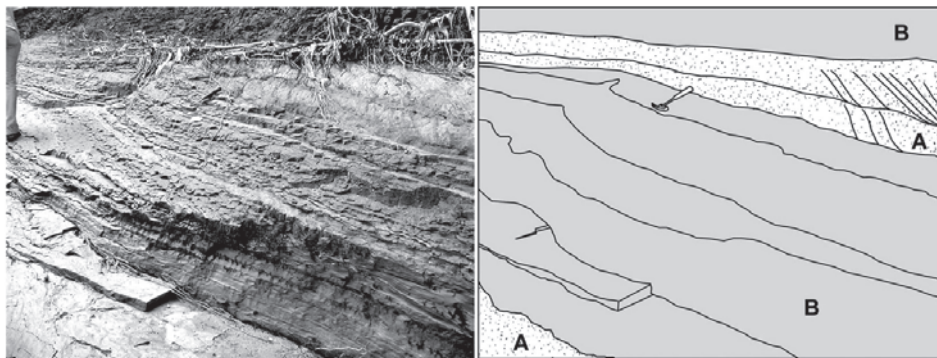


Figura 2 – Estratos da Formação Rio da Batateira nas margens do rio da Batateira, no perfil do Lameiro, próximo à cidade do Crato, Ceará. Camadas de siltito (A), intercaladas com camadas de folhelhos esverdeados (B). As escavações meniscadas foram observada na superfície erodida das camadas de siltito.

mais visíveis com o desgaste natural das camadas pela erosão do talvegue do rio.

Posteriormente foi executado o estudo comparativo, a descrição e os desenhos esquemáticos, assim como sua interpretação paleoambiental.

OCORRÊNCIA DE *TAENIDIUM*

Taenidium é um icnogênero bastante comum em sedimentos finos desde o Devoniano (Bradshaw, 1981; Buatois & Mángano, 1998), ainda que já tenha sido reconhecido também no Siluriano da Austrália (Gouramanis et al., 2003). A icnoespécie *T. barreti* é comumente relacionada a ambientes transicionais não marinhos, como margens de lagos e planícies de inundação. Já as icnoespécies *T. serpentium*, *T. cameronensis* e *T. satanassi* são registradas em depósitos associados a ambiente marinho (Keighley & Pickerill, 1994). Zonneveld et al. (2001) mencionam a ocorrência do icnogênero *Taenidium* em depósitos de intermaré associados a uma plataforma carbonática-siliciclástica, Savary et al. (2004) observaram a sua ocorrência em rochas carbonáticas turbidíticas do Cretáceo da França, relacionadas à região central de um delta marinho, e Malpas et al. (2005) descreveram sua ocorrência em sedimentos de ambiente marinho raso (*shoreface*) do Mioceno do rifte de Suez.

Taenidium foi registrado em sedimentos de diversas idades e continentes, sendo mais freqüente em depósitos do Mesozóico e Cenozóico, como comprovam os trabalhos de Zonneveld et al. (2001) no Triássico da Columbia Britânica, Savary et al. (2004) no Cretáceo da França, Kim et al. (2005) no Cretáceo da Coreia, D'Alessandro & Bromley (1987) do Eoceno da Itália, e Malpas et al. (2005) no Mioceno do Egito.

No Brasil, *Taenidium* foi descrito em depósitos permianos, triássicos e cretáceos da Bacia do Paraná (Faccini et al., 1989; Fernandes et al., 1990; Netto et al., 1994; Balis-

tieri et al., 2001; Balistieri & Netto, 2001; Fairchild et al., 2001). Também foi registrado em estratos cretáceos das bacias de Sousa – Formação Antenor Navarro (Carvalho, 1989; Fernandes & Carvalho, 2001), do Grajaú – Grupo Itapecuru (Anaisse et al., 2001; Lima & Rossetti, 2001; Rossetti, 2002), e do Araripe – Formação Arajara (Fernandes et al. 1998a; 1998b), em siltitos e arenitos avermelhados de origem fluvial. Também foram descritas ocorrências de *Taenidium* em depósitos de planície fluvial do Cretáceo-Terciário da Bacia de Marajó – Formação Ipixuna (Santos Jr. & Rossetti, 2003) e estuarinos do Mioceno da Bacia de São Luís – Formação Barreiras (Netto & Rossetti, 2003).

Os organismos produtores deste icnofóssil são possivelmente anelídeos (Bromley, 1990; Buatois et al., 2002), embora algumas escavações deste icnogênero sejam atribuídas a artrópodos indeterminados (Draganits et al., 2001; Gouramanis et al., 2003) e a miriápodos paleozóicos de grande porte (Bradshaw, 1981). *Taenidium*, juntamente com os icnogêneros *Scoyenia* e *Beaconites*, é um componente típico da icnofácies *Scoyenia* caracterizada pela abundância de escavações horizontais meniscadas produzidas em ambientes transicionais fluvio-lacustres (Frey & Pemberton, 1984; Buatois et al., 2002). Nestas condições ambientais, os substratos submersos são periodicamente expostos ou sofrem periódica submersão, se expostos. Nesta icnofácies são comuns também trilhas de artrópodes e marcas de caminhada de vertebrados (Frey & Pemberton, 1984; Buatois et al., 2002), assim como escavações verticais simples ou em U.

ICNOLOGIA SISTEMÁTICA

Ícnogênero Taenidium Heer, 1877

Taenidium barreti (Bradshaw, 1981)

Descrição: Os icnofósseis encontrados na Formação Rio da Batateira represen-

tam escavações horizontalizadas, ligeiramente sinuosas, sem ramificações, preenchidas por meniscos em forma de traço arqueado, como mencionaram Keighley & Pickerill (1994) em sua diagnose revisada. Os bordos da escavação são lisos e desprovidos de revestimento. Os meniscos são bastante arqueados, preservados em epi-relevo positivo, individualizados. A espessura dos pares de meniscos é bem inferior a largura da escavação. O preenchimento é segmentado, com meniscos claros, compostos pela matriz circundante, e meniscos escuros, de espessura similar (Fig. 3A e 3B).

Vários espécimes de *Taenidium* foram encontrados no campo. As escavações observadas variaram, de modo geral, entre 15 até 29cm de comprimento e até 15mm de largura (Fig. 3A). Os meniscos tendem a sofrer um maior arqueamento nas extremidades. Os meniscos escuros, apresentam uma coloração esverdeada, e a textura um pouco diferente dos meniscos consituídos

de material igual ao da rocha matriz. Não se observou estruturas com mergulho, sendo a ocorrência horizontal dominante. Aparentemente todas as escavações pertencem a mesma icnoespécie (Fig. 3A).

Comparação: As icnoespécies de *Taenidium* são diferenciadas principalmente pela morfologia dos meniscos (D'Alessandro & Bromley, 1987). Segundo Keighley & Pickerill (1994), são conhecidas quatro icnoespécies de *Taenidium*: *T. serpentinum* Herr, 1877; *T. cameronensis* (Brady, 1947); *T. satanassi* D'Alessandro & Bromley, 1987; e *T. barreti* (Bradshaw, 1981; Fig. 3C).

T. serpentinum é conhecido em sedimentos triássicos da Columbia Britânica (Zonneveld *et al.*, 2001), neocretácicos da Polônia (Rotnicka, 2005) e cretácicos da Coreia (Kim *et al.*, 2005), caracterizando-se por meniscos bastante espaçados, cuja distância é igual ou pouco menor do que a espessura da escavação (Fig. 3C-1), diferindo dos espécimes aqui descritos.

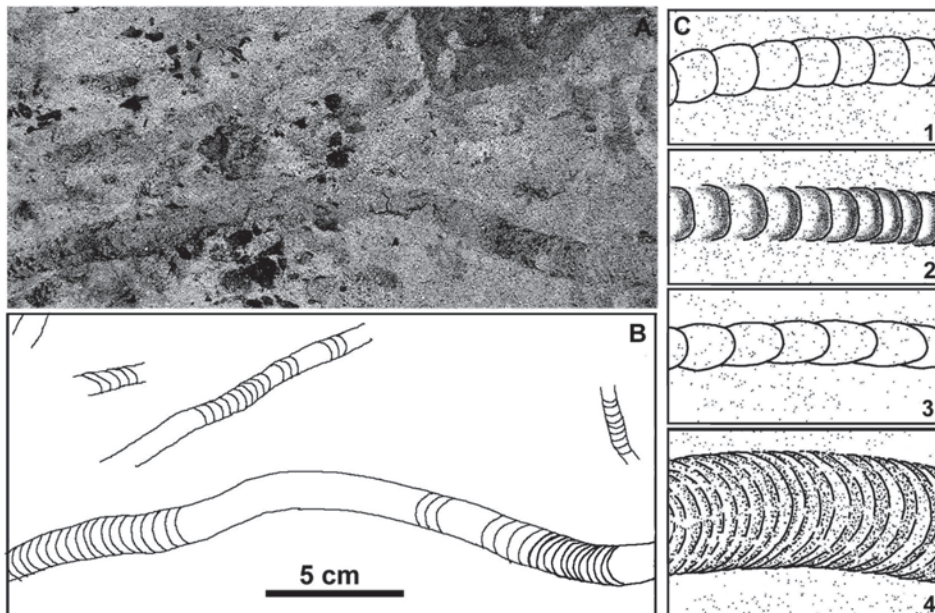


Figura 3 – *Taenidium barreti* da Formação Rio da Batateira, perfil do Lameiro: A. fotografia in loco; B. desenho esquemático; C. icnoespécies de *Taenidium* de acordo com a morfologia e preenchimento: 1. *T. serpentinum*; 2. *T. satanassi*; 3. *T. cameronensis*; 4. *T. barreti* (a partir de Keighley & Pickerill, 1994).

T. cameronensis é conhecido do Permiano do Arizona (Brady, 1947), tendo sido objeto de detalhada revisão taxonômica por D'Alessandro & Bromley (1987). Caracteriza-se por meniscos bastante alongados, maiores do que a espessura da escavação, com pronunciado relevo côncavo entre eles e ramificações secundárias (Fig. 3C-3). Nenhuma destas feições morfológicas foi observada os espécimes analisados.

T. satanassi foi descrito originalmente em depósitos do Eoceno da Itália (D'Alessandro & Bromley, 1987) e, apesar de possuir certa similaridade com *T. barretti*, difere deste por possuir o arqueamento dos meniscos menos esférico, quase parabólico (Fig. 3C-2). A forma encontrada na Formação Rio da Batateira mostra alguma semelhança com a descrição de *T. satanassi* quanto à individualização dos meniscos. Contudo, *T. satanassi* possui os meniscos mais espaçados e menos esféricos do que os exemplares aqui descritos.

T. barretti, inicialmente descrito como *Beaconites barretti* em depósitos devonianos da Antártida (Bradshaw, 1981), foi posteriormente realocado como uma icnoespécie de *Taenidium* (Keighley & Pickerill, 1994). Possui meniscos hemisféricos a muito arqueados, bastante estreitos, que frequentemente formam finos segmentos (Fig. 3C-4). Os meniscos podem emergir lateralmente próximo aos bordos, produzindo uma pseudoparede, o que dá um aspecto irregular ou crenulado aos limites da escavação. Alguns espécimes paleozóicos podem atingir tamanhos gigantescos (450mm de largura da escavação), embora existam exemplares bem menores, com cerca de 5mm (Keighley & Pickerill, 1994). A forma encontrada na Formação Rio da Batateira é reconhecida como pertencente a esta icnoespécie, considerando o pronunciado arqueamento dos meniscos, estreitamente apertados, assim como a espessura dos meniscos ser bastante inferior a largura da escavação.

T. barretti ainda não foi registrado em depósitos sedimentares do Brasil. Além de outras citações genéricas, há uma espécie registrada no Brasil, que é *T. satanassi*, ocorrente na Formação Botucatu (Jurássico) da Bacia do Paraná (Fernandes et al., 1990). As outras ocorrências, por serem precariamente ou não-ilustradas, inviabilizam uma comparação morfológica. Dentre elas, está uma forma atribuída a *Taenidium* reconhecida na Formação Arajara (Aptiano-Albiano; da Bacia do Araripe, a cerca de 30km a NW de Araripina, Pernambuco (Fernandes et al., 1998a, 1998b), mostra alguma semelhança com a ocorrência aqui descrita, ainda que a primeira seja de menores dimensões.

CONSIDERAÇÕES PALEOECOLÓGICAS

Escavações horizontalizadas com preenchimento meniscado têm sido atribuídas a organismos vermiformes ou a ação de artrópodos. Escavações com a ocorrência de meniscos heterogêneos, segmentados, onde existe alguma alteração do sedimento original, são interpretadas como resultantes da atividade excretora do animal enquanto se locomove (Keighley & Pickerill, 1994). O preenchimento meniscado no qual há alternância de meniscos compostos por sedimento original e meniscos com material fecal, sugere a ação de organismos depositívoros (Bromley, 1990), caracterizando uma escavação de alimentação (*fodinichnia*), como seria o caso de *T. barretti* aqui estudado.

A icnofácies Scoyenia, da qual *Taenidium* é um dos icnogêneros participantes, apresenta uma mistura de traços de invertebrados depositívoros, detritívoros ou predadores, vertebrados e plantas. Além de escavações com preenchimento meniscado, como *Scoyenia* e *Taenidium*, há trilhas, traços contínuos e tubos verticais, cilíndricos a irregulares, sem revestimento nas paredes (Frey & Pemberton, 1984; Buatois et al., 2002). É uma icnofácies caracterizada por baixa diversidade de icnofósseis, repre-

sentando em geral estruturas de alimentação, de deslocamento e de moradia (Frey & Pemberton, 1984).

A natureza dos organismos geradores do icnogênero *Taenidium* ainda é controversa, assim como o ambiente de sua ocorrência, pois formas descritas como *Taenidium* foram registradas tanto em depósitos marinhos como continentais. A icnoespécie *T. barreti* ocorre em depósitos flúvio-lacustres do Grupo Wealden, Eocretáceo da Inglaterra, tidos anteriormente como marinhos (Goldring & Pollard, 1995). *T. barreti* também foi registrado em estratos de ambiente praias no Devoniano da Formação Muth, Hymalaia (Draganitz *et al.*, 2001; Draganitz & Noffke, 2004) e em depósitos de canais distributários de deltas marinhos do Siluriano da Austrália (Gouramanis *et al.*, 2003). Contudo, Keighley & Pickerill (1994) verificaram que, de modo geral, *T. barreti*

ocorre essencialmente em depósitos transicionais flúvio-lacustres. Já as outras icnoespécies, *T. cameronensis*, *T. serpentinum* e *T. satanassi*, estão associadas a depósitos marinhos, desde planícies de maré até ambientes abissais.

T. barreti possui ampla distribuição temporal, desde o Ordoviciano até o Pleistoceno, (Keighley & Pickerill, 1994), sendo praticamente cosmopolita. A Formação Rio da Batateira foi datada por Assine (1992) e Arai *et al.* (2001) como neo-aptiano (andar Alagoas) com base em palinórfos e ostracodes, de modo que esta idade é assumida para a ocorrência de *Taenidium barreti* aqui descrita.

Nos depósitos onde foram encontradas as escavações de *Taenidium barreti* na Formação Rio da Batateira, ocorrem abundantes restos carbonizados de vegetais e carapaças de conchostráceos e ostracodes, estes últimos nos níveis mais argilosos. Tam-

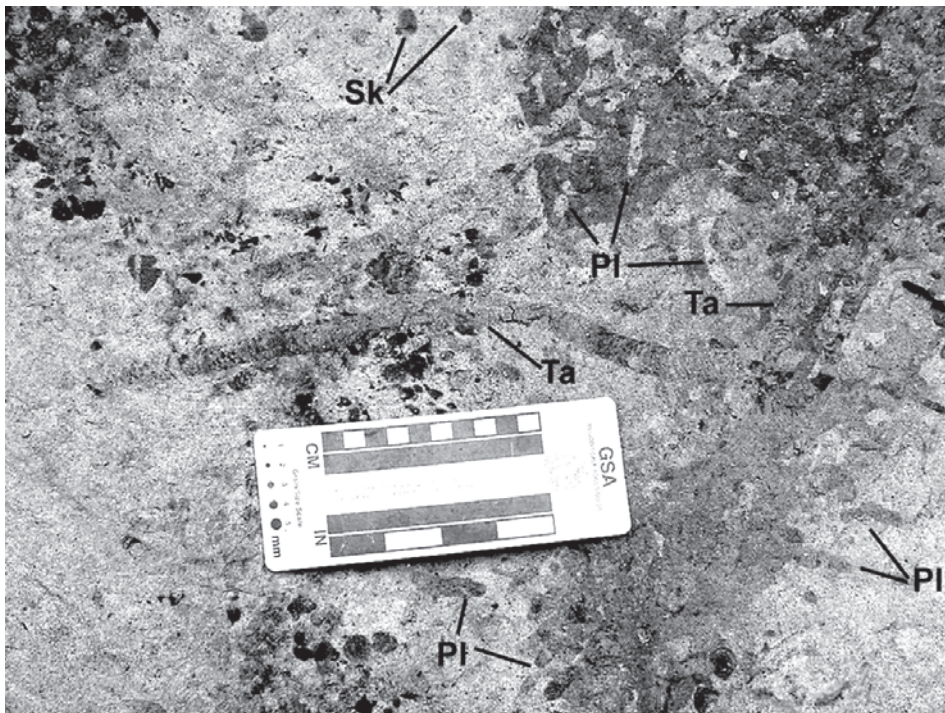


Figura 4 – Na parte central da foto é observada a pista de *Taenidium* (Ta) entre outras escavações deste mesmo icnogênero, embora menos evidentes, e de Planolites (PI) e de Skolithos (Sk).

bém se observa uma baixa diversidade de icnofósseis, mas com relativa abundância de indivíduos, em especial dos icnogêneros *Planolites* e *Skolithos* (Fig. 4). A litologia, a associação faunística e florística encontradas juntamente com as escavações de *T. barreti* na Formação Rio da Batateira, assim como o registro da ocorrência mundial desta icnoespécie, sugerem um ambiente de deposição fluvio-lacustre de águas rasas.

Aparentemente, os organismos relacionados à icnofácies Scoyenia estão adaptados a condições de baixa energia, com exposição subaérea, como a margem de lagos e planícies fluviais (Frey & Pemberton, 1984; Buatois et al., 2002). Esta icnofácies está associada a sedimentos arenosos a argilosos submersos e constantemente expostos, e também a sedimentos subaéreos freqüentemente submersos, em geral atribuídos a depósitos de planícies de inundação, barras de canais, lagos efêmeros e margens de lagos (Frey & Pemberton, 1984; Buatois & Mángano, 1998; Buatois et al., 2002). Assim, os organismos geradores de *Taenidium* viveriam em locais de lâmina d'água rasa, com periódicas exposições subaéreas, provavelmente relacionados à fácies distais de planícies de inundação, interfácies fluvio-lacustres ou áreas de espraçamento de distributários deltaicos.

Estruturas sedimentares, como gretas de dessecação, *climbing ripples* e *tool marks* podem estar também associadas a esta icnofácies, assim como feições características de barras de canal do tipo *braided* e de pequenos canais de planície de inundação (Frey & Pemberton, 1984). Nos depósitos da Formação Rio da Batateira também se observou a existência de estratificações cruzadas de médio a pequeno porte, laminações plano-paralelas, *climbing ripples* e estruturas sigmoides, assim como camadas de folhelho carbonático, confirmando a hipótese de que o ambiente onde as escavações foram produzidas caracteri-

zava um sistema deposicional fluvio-lacustre, com influência carbonática.

CONCLUSÕES

As características morfológicas dos icnofósseis encontrados em siltitos da Formação Rio da Batateira, no local conhecido como perfil do Lameiro, Crato, Ceará, Bacia do Araripe, as margens do rio homônimo, permitiram reconhecer a icnoespécie *Taenidium barreti* (Bradshaw, 1981).

Esta ocorrência amplia a distribuição vertical e horizontal deste icnogênero no Brasil, e aumenta sua abrangência nos depósitos da Bacia do Araripe devido ao registro anterior de *Taenidium* sp. descrito em rochas da Formação Arajara (Aptiano-Albiano), Bacia do Araripe.

Apesar da ampla distribuição temporal de *T. barreti* sua ocorrência na Formação Rio da Batateira é datada como neo-aptiana.

As escavações de *Taenidium barreti* ocorrem junto com restos carbonizados de vegetais, carapaças de conchostráceos e ostracodes, além dos icnogêneros *Planolites* e *Skolithos*. Também foram observadas estruturas sedimentares como estratificações cruzadas, *climbing ripples* e estruturas sigmoides. Estas informações permitem inferir que estes icnofósseis foram produzidos em substratos de ambiente fluvio-lacustre raso, com influência carbonática, caracterizando uma icnocenose da icnofácies Scoyenia, confirmando a interpretação corrente a respeito do ambiente deposicional da Formação Rio da Batateira.

Agradecimentos

Nossos agradecimentos ao Dr. Alex Antunes (UFRN), pela gentileza de executar as fotos que ilustram este trabalho, e ao Dr. Antonio Carlos Sequeira Fernandes (Museu Nacional/UFRJ) e Dra. Sonia Agostinho da Silva (UFPE), pela cessão de literatura específica. Aos leitores críticos anônimos, também agradecemos pelas proveitosas sugestões.

REFERÊNCIAS

- Anaisse Jr, J., Truckenbrodt, W., Rossetti, D.F., Góes, A.M. 2001. Fácies de um sistema estuarino -lagunar no Grupo Itapeturu, área de Açailândia/MA, Bacia do Grajaú. In: D.F. Rossetti, A.M. Góes, & W. Truckenbrodt (eds) *O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 119-150.
- Arai, M., Coimbra, J.C., Telles Jr, A.C.S. 2001. Síntese bioestratigráfica da Bacia do Araripe (nordeste do Brasil). *II Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, Comunicações*, 109-117.
- Assine, M.L. 1990. Sedimentação e tectônica da Bacia do Araripe (Nordeste do Brasil). Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em Geociências – UNESP. 117p.
- Assine, M.L. 1992. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 22(3): 289-300.
- Assine, M.L. 1996. Fácies, icnofácies, paleoocorrentes e sistemas deposicionais da Formação Furnas no flanco sudeste da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 29(3): 357-370.
- Balistieri, P.R.M.N. & Netto, R.G. 2001. Reconstrução paleoambiental da sucessão sedimentar Mafra/Rio do Sul (Permo-Carbonífero, Bacia do Paraná, SC) com base nas assembléias de traços fósseis. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 2: 143-144.
- Balistieri, P.R.M.N., Netto, R.G., Weinschutz, L.C. 2001. Paleoicnologia da porção superior do Grupo Itararé (base da Formação Rio do Sul, Permo-Carbonífero, Bacia do Paraná) na região de Mafra, SC. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 2: 88-89.
- Bradshaw, M.A. 1981. Palaeoenvironmental interpretations and systematics of Devonian trace fossils from the Taylor Group (Lower Beacon Supergroup), Antarctica. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 24: 615-652.
- Brady, L.F. 1947. Invertebrate tracks from the Coconino Sandstone of Northern Arizona. *Journal of Paleontology*, 21: 466-472.
- Bromley, R.G. 1990. *Trace Fossils: biology and taphonomy*. London, Unwin Hyman, 280p.
- Buatois L.A. & Mángano, M.G. 1998. Trace fossil analysis of lacustrine facies and basins. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 140: 367-382.
- Buatois, L., Mángano, G., Aceñolaza, F. 2002. *Trazas fósiles: señales de comportamiento en el registro estratigráfico*. Chubut, Museo Paleontológico Egidio Feruglio, 381p.
- Carvalho, I.S. 1989. Icnocenoses continentais: bacias de Sousa, Uiraúna-Brejo das Freiras e Mangabeira. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Geologia – UFRJ. 167p.
- Coimbra, J.C., Arai, M., Carreño, A.L. 2002. Biostratigraphy of Lower Cretaceous microfossils from the Araripe Basin, Northeastern Brazil. *Geobios*, 35: 687-698.
- D'Alessandro, A. & Bromley, R.G. 1987. Meniscate trace fossils and the *Muens-teria-Taenidium* problem. *Paleontology*, 30(4): 743-763.
- Draganits, E., Braddy, S.J., Briggs, D.E.G. 2001. A Gondwanan coastal arthropod ichnofauna from the Muth Formation (Lower Devonian, Northern India): Palaeoenvironment and tracemaker behavior. *Palaos*, 16: 126-147.
- Draganits, E. & Noffke, N. 2004. Siliciclastic stromatolites and other microbially induced sedimentary structures in an Early Devonian barrier-island environment (Muth Formation, NW Himalayas). *Journal of Sedimentary Research*, 74(2): 191-202.
- Faccini, U.F., Paim, P.S.G., Netto, R.G., Nowatzki, C.H. 1989. A seqüência deposicional Botucatu (RS). In: *I Simpósio de Geologia Regional RJ-ES, Anais*, 1: 183-194.

- Fairchild, T.R., Nogueira, A.C.R., Suguio, K., Sousa, S.H.M., Hiruma, S. 2001. Ichnofossils from the Passa Dois Group (Permian) near Santa Rosa de Viterbo, SP, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 2: 154.
- Farina, M. 1974. Sequência plumbífera do Araripe. Mineralização singenética sulfatada no Cretáceo sedimentar brasileiro. In: *XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Anais*, 6: 61-77.
- Fernandes, A.C.S., Carvalho, I.S., Netto, R.G. 1990. Icnofósseis de invertebrados da Formação Botucatu, São Paulo (Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 62(1): 45-49.
- Fernandes, A.C.S., Carvalho, I.S., Srivastava, N.K., Henriques, M.H.P., Reis, R.P.B.P. 1998a. Icnofósseis da Bacia do Araripe (Formação Arajara – Cretácico), Brasil. In: *I Congresso Nacional de Geologia, Actas*, 1: A197-A200.
- Fernandes, A.C.S., Srivastava, N.K., Reis, R.P.B.P., Henriques, M.H.P., Carvalho, I.S. 1998b. A icnofauna de invertebrados da Formação Arajara (Bacia do Araripe, Cretáceo Inferior). In: *XL Congresso Brasileiro de Geologia, Boletim de Resumos*: 443.
- Fernandes, A.C.S. & Carvalho, I.S. 2001. *Icnofósseis de vertebrados da Bacia de Sousa (Estado da Paraíba, Brasil): a localidade de Serrote do Letreiro*. DNPM, URCA & SBP, Coleção Chapa-da do Araripe 1: 147-155.
- Fernandes, A.C.S., Borghi, L., Carvalho, I.S., Abreu, C.J. 2002. *Guia dos icnofósseis de invertebrados do Brasil*. Rio de Janeiro, Interciência. 260p.
- Frei, R.W. & Pemberton, S.G. 1984. Trace fossil facies models. In: R.G. Walker (ed.) *Facies Model*. 2ª ed. Newfoundland, Geoscience Canada, 189-207.
- Goldring, R. & Pollard, J.E. 1995. A re-evaluation of *Ophiomorpha* burrows in the Wealden Group (Lower Cretaceous) of Southern England. *Cretaceous Research*, 16: 665-680.
- Gouramanis, C., Webb, J.A., Warren, A.A. 2003. Fluviodeltaic sedimentology and ichnology of part of the Silurian Grampians Group, western Victoria. *Australian Journal of Earth Sciences*, 50: 811-825.
- Hashimoto, A.T., Appi, C.J., Soldan, A.L., Cerqueira, J.R. 1987. O Neo-alagoas nas bacias do Ceará, Araripe e Potiguar (Brasil): caracterização estratigráfica e paleoambiental. *Revista Brasileira de Geociências*, 17(2): 118-122.
- Heer, O. 1877. *Flora Fossilis Helvetiae. Die vorweltliche Flora der Schweiz*. Zürich, J. Wurster & Co., 182p.
- Keighley, D.G. & Pickerill, R.K., 1994. The ichnogenus *Beaconites* and its distinction from *Ancorichnus* and *Taenidium*. *Palaeontology*, 37: 305-337.
- Kim, J.Y., Keighley, D.G., Pickerill, R.K., Hwang, W., Kim, K. 2005. Trace fossils from marginal lacustrine deposits of the Cretaceous Jinju Formation, southern coast of Korea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 218: 105-124.
- Lima, R.D. & Rossetti, D.F. 2001. Análise faciológica e sequencial de depósitos de delta de baía (Neocretáceo), leste da Bacia do Grajaú. In: D.F. Rossetti, A.M. Góes, & W. Truckenbrodt (eds) *O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 151-174.
- Malpas, J.A., Gawthorpe, R.L. Pollard, J.E., Sharp, I.R. 2005. Ichnofabric analysis of the shallow marine Nukhul Formation, Miocene, Suez rift, Egypt: Implications for depositional processes and sequence stratigraphic evolution. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 215: 239-264.
- Martill, D.M. 1993. *Fossils of the Santana and Crato Formations, Brazil*. London, The Paleontological Association, 159p.
- Neumann, V.H. 1999. Estratigrafía, sedimentología, geoquímica y diagénesis de los

- Sistemas Lacustres Aptiense-Albienses de la Cuenca de Araripe (Noreste de Brasil). Tese de Doutorado – Universidade de Barcelona. 244p.
- Netto, R.G. 2000. Paleoicnologia do Rio Grande do Sul. In: M. Holz & L.F. De Ros (eds) *Paleontologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, UFRGS, 25-43.
- Netto, R.G., Nowatzki, C.H., Faccini, U.F. 1994. Icnofósseis das unidades triássicas da fronteira Brasil-Uruguay. In: *XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Boletim de Resumos*, 3: 217-218.
- Netto, R.G. & Rossetti, D.F. 2003. Ichnology and salinity fluctuations: a case study from the Early Miocene (Lower Barreiras Formation) of São Luís Basin, Maranhão, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 6: 5-18.
- Ponte, F.C. & Appi, C.J. 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: *XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia, Anais*, 211-226.
- Ponte, F.C. & Ponte Filho, F.C. 1996. Evolução tectônica e classificação da Bacia do Araripe. In: *IV Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, Boletim de Resumos*, 123-133.
- Rossetti, D.F. 2002. Modelo deposicional de delta fluvial influenciado por tempestades para o Albiano na borda sul da Bacia de São Luís-Grajaú. In: *VI Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, Boletim de Resumos*, 13-18.
- Rotnicka, J. 2005. Ichnofabrics of the Upper Cretaceous fine-grained rocks from the Stolowe Mountains (Sudetes, SW Poland). *Geological Quarterly*, 49(1): 15-30.
- Savary, B., Olivero, D., Gaillard, C. 2004. Calciturbidite dynamics and endobenthic colonization: Example from a Late Barremian (Early Cretaceous) succession in Southeastern France. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 211: 221-239.
- Santos Jr, A.E. & Rossetti, D.F. 2003. Paleoambiente e estratigrafia da Formação Ipixuna, área do rio Capim, leste da Sub-bacia de Cametá. *Revista Brasileira de Geociências*, 33(3): 313-324.
- Syrro, V.N. & Rios-Netto, A.M. 2002. Estudo bioestratigráfico e paleoambiental preliminar de ostracodes da Formação Rio da Batateira, bacia sedimentar do Araripe, Brasil. In: *VI Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, Boletim de Resumos*, 67-70.
- Zonneveld, J.P., Gingras, M.K., Pemberton, S.G. 2001. Trace fossil assemblages in a Middle Triassic mixed siliciclastic-carbonate marginal marine depositional system, British Columbia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 166: 249-276.