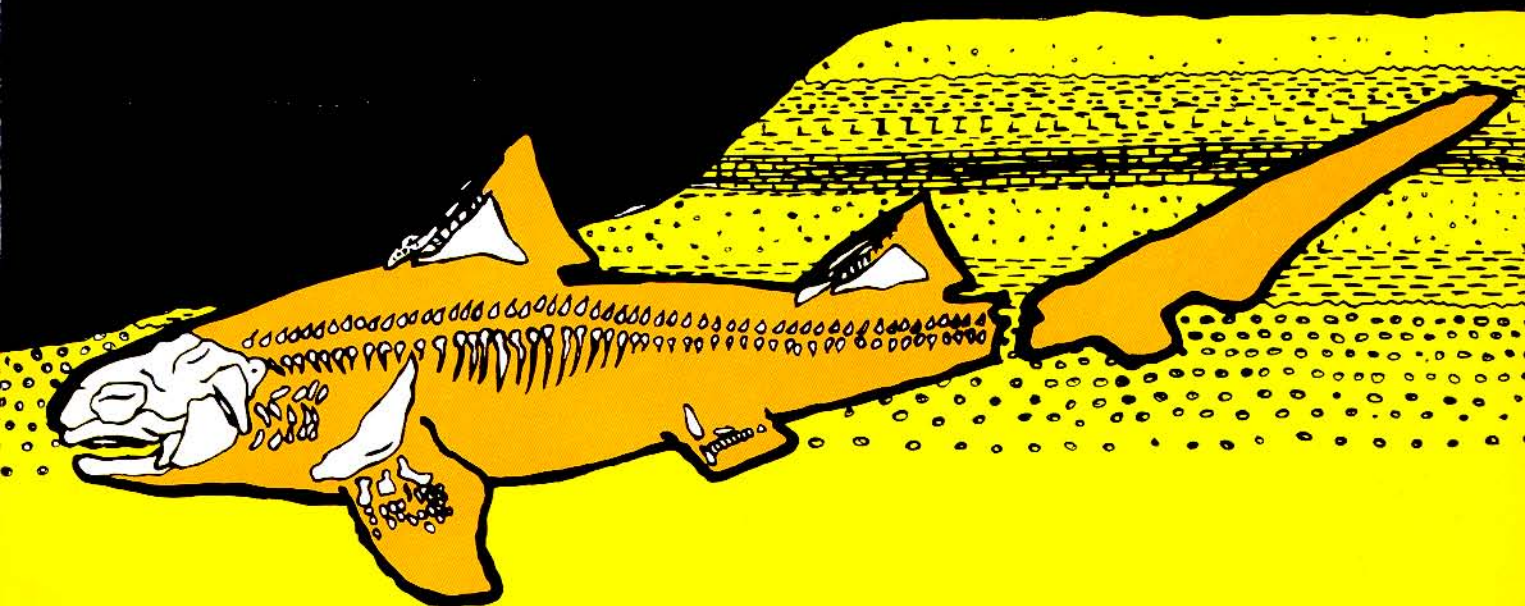


I e II Simpósios Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste

Realizados em Junho de 1990 e Novembro de 1997

Coleção Chapada do Araripe — Nº 1



Promoção:

Departamento Nacional de Produção Mineral - 10º Distrito / DNPM
Universidade Regional do Cariri - URCA
Sociedade Brasileira de Paleontologia - SBP

**CRATO - CE
2001**

ICNOFÓSSEIS DE INVERTEBRADOS DA BACIA DE SOUSA (ESTADO DA PARAÍBA, BRASIL): A LOCALIDADE DE SERROTE DO LETREIRO

Antonio Carlos Sequeira FERNANDES^{1,2}
Ismar de Souza CARVALHO³

ABSTRACT

The Sousa Basin ichnocoenosis group diverse ichnofaunas of fish trails, dinosaur footprints, and invertebrate trace fossils. At Serrote do Letreiro (Sousa County), a locality in the northern border of the basin, it is found a siliciclastic succession that shows two stratigraphic levels with invertebrate trace fossils. There also occur sauropod and theropod footprints in an ancient alluvial fan setting. There were recognized the ichnogenera *Taenidium* and *?Lophoctenium*, besides other specimens classified by their ethology. The low diversity of the invertebrate trace fossils assemblages can be associate with the low amount of nutrients in the substrate. Sedimentological aspects such as the texture and the granulometric sorting of the ichnofossil bearing strata were also considered restrictive parameters to invertebrate bioturbation.

RESUMO

As icnocenoses da bacia de Sousa compreendem icnofaunas constituídas por pistas de peixes, pegadas e pistas de dinossauros, e por icnofósseis de invertebrados. Na localidade de Serrote do Letreiro, situada na borda norte da bacia, uma sucessão de rochas siliciclásticas possui, em dois níveis estratigráficos, icnofósseis de locomoção e alimentação, atribuídos à atividade de invertebrados. Estes ocorrem associados a pegadas de saurópodes e terópodes, num contexto paleoecológico pouco favorável à preservação de icnitos - o de um antigo leque aluvial. Foram reconhecidos os icnogêneros *Taenidium* e *?Lophoctenium*, além de outras formas classificadas apenas etologicamente. A baixa diversidade desta localidade icnofossilífera deve relacionar-se com o reduzido conteúdo de nutrientes do substrato, bem como com os aspectos relativos à textura e seleção granulométrica dos níveis estratigráficos em que são encontrados.

1. INTRODUÇÃO

Pouco se conhece sobre os icnofósseis de invertebrados nos terrenos cretáceos brasileiros, em particular com referência às bacias interiores do Nordeste (Carvalho, 1989; Carvalho & Fernandes, 1993). Os estudos na região têm se limitado à identificação das pistas e pegadas produzidas por

¹² Departamento de Geologia e Paleontologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Fax: (021) 568-1314.

¹³ Departamento de Estratigrafia e Paleontologia, Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, Bloco A, sala 4030-A, Maracanã, CEP 20559-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Fax: (021) 254-6675.

¹⁴ Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Ilha do Fundão, CEP 21949-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Fax: (021) 598-3280.

vertebrados, revelando importantes dados sobre a fauna dinossauriana que aí habitava. Este estudo objetiva descrever as pistas produzidas pela atividade de invertebrados encontradas associadas às pegadas de dinossauros na localidade de Serrote do Letreiro, situada na bacia de Sousa, auxiliando assim no conhecimento dos grupos paleobiológicos e na interpretação paleoambiental.

2. O CONTEXTO GEOLÓGICO

Abrangendo uma área de 1.250 km², a bacia de Sousa localiza-se no Oeste do estado da Paraíba, nos municípios de Sousa e Uiraúna (Figura 1). O embasamento Pré-Cambriano alinha-se preferencialmente nas direções nordeste-sudoeste e este-oeste, sendo formado principalmente por rochas metamórficas de alto grau. Preenchendo-a, ocorrem rochas clásticas como brechas e conglomerados brechóides, arenitos, siltitos, argilitos e folhelhos, por vezes com cimentação carbonática. Em alguns casos, tal carbonato compõe margas e níveis centimétricos de calcários.

Todo o preenchimento sedimentar, de idade cretácea, tem uma espessura total de 2.870 m (Dantas & Caula, 1982), tendo sido formalizado como Grupo Rio do Peixe (Mabesoone, 1972 e Mabesoone & Campanha, 1973/1974), subdividido em três formações: Antenor Navarro, Sousa e Piranhas. Próximo às bordas da bacia, as formações Antenor Navarro e Piranhas são compostas por sedimentos imaturos, mal selecionados, representados por brechas e conglomerados brechóides com seixos e blocos de rochas metamórficas e ígneas, inclusos numa matriz arcoseana grossa. Já em direção ao depocentro da bacia ocorrem arenitos grossos e conglomeráticos e arenitos mais finos, por vezes intercalados com siltitos e folhelhos. As principais estruturas sedimentares são: estratificações cruzadas acanaladas e tabulares, *climbing-ripples* e marcas de ondas. A Formação Sousa é constituída principalmente por argilitos e folhelhos, intercalados ou não com níveis de arenitos e siltitos, podendo ocorrer também nódulos carbonáticos e margas. Nesta unidade são comuns as gretas de contração, estruturas convolutas, marcas de ondas, *climbing-ripples* e marcas de gotas de chuva. De modo geral, todas essas rochas apresentam uma coloração marrom avermelhada, ocorrendo também níveis de coloração esverdeada a acinzentada.

De acordo com Lima Filho (1991), a acumulação dos sedimentos na bacia de Sousa relaciona-se diretamente a sucessivos estágios de evolução tectônica. Durante o tempo Dom João, originou-se uma bacia sigmoidal em decorrência da inflexão das falhas nordeste-sudoeste e este-oeste, devido à extensão crustal. A partir do tempo Rio da Serra, e ainda submetida aos mesmos esforços, a bacia teve sua área ampliada com o abatimento de alguns blocos, tomando a forma romboidal. Em um último estágio, que teria ocorrido provavelmente no final do tempo Aratu, com a modificação dos esforços extensionais, deu-se então início à fase de entulhamento da bacia.

3. A LOCALIDADE DE SERROTE DO LETREIRO

A localidade de Serrote do Letreiro situa-se junto à borda norte da bacia de Sousa, a qual pode ser acessada pela rodovia PB-391 (Sousa-Uiraúna) e, a partir desta, através de estradas vicinais (Figura 1).

A seqüência estratigráfica da localidade, representada pelos sedimentos da Formação Antenor Navarro, caracteriza-se pela sucessão de corpos tabulares de arenitos conglomeráticos, arenitos grossos e níveis centimétricos de arenitos finos e siltitos, evidenciando uma nítida granulodecrescência em três ciclos deposicionais (níveis A, B e C). Neles ocorrem feições sedimentares caracterizadas por

estratificações cruzadas acanaladas e plano-paralelas, além de gretas de contração que podem ser observadas no nível C. Nos topos dos níveis A e C ocorrem tanto icnofósseis de invertebrados como de vertebrados (pegadas de dinossauros), mas camadas de arenitos finos e dos siltitos arenosos (Carvalho, 1989).

4. A ICNOCENOSE DO SERROTE DO LETREIRO

Os icnofósseis de invertebrados do nível A da Formação Antenor Navarro no Serrote do Letreiro ocorrem nas porções mais finas de um arenito mal selecionado. Situam-se numa mesma superfície de estratificação, e não apresentam fobotaxia. As maiores pistas podem ter comprimento de 1,5 m e uma largura média de 1,0 cm. Normalmente não revelam qualquer tipo de estrutura interna, mas em alguns casos observam-se meniscos incipientemente desenvolvidos. Neste nível, entretanto, predominam as pistas sem qualquer estrutura interna, preenchidas somente com um arenito fino semelhante ao da matriz que as circunda.

No nível C da seção estratigráfica do Serrote do Letreiro, as pistas de invertebrados parecem corresponder a estruturas de alimentação (*Fodinichnia*) e de locomoção (*Repichnia*). As primeiras foram identificadas como pertencentes ao icnogênero *Taenidium*. A granulometria dos sedimentos que preenchem estas escavações é menor que a da matriz encaixante, mas mesmo assim são arenitos quartzosos muito finos. Outro tipo de estrutura de alimentação também presente seriam as pistas sinuosas de aspecto ramificado, com meandros altamente complexos, e possivelmente correspondentes ao icnogênero *Lophoctenium*. Ao contrário dos anteriores, estes icnitos ocorrem sobre uma película argilosa, na qual desenvolveram-se gretas de contração com aspecto poligonal bastante regular. As pistas sobrepõem-se às gretas, tendo conseqüentemente sido formadas durante a exposição subaérea dos sedimentos.

No nível C ocorrem também pistas retas a levemente sinuosas, com comprimentos de até 80 cm, preservadas em epirrelêvo côncavo, sem qualquer tipo de preenchimento. Sua distribuição, entretanto, é restrita e pouco significativa. É possível que essas pistas correspondam a formas de *Taenidium* em que a má preservação, ou a exposição recente das camadas, não tenham conservado seus respectivos preenchimentos.

5. SISTEMÁTICA

Taenidium ichnosp.

Descrição. Pistas alongadas, retas ou sinuosas, não ramificadas, com paredes paralelas, preservadas ao longo dos planos de estratificação em epirrelêvo côncavo. As pistas podem apresentar comprimentos variáveis de 0,1 a 1,5 m, e largura média de 1 a 2 cm. Internamente podem apresentar meniscos preservados em epirrelêvo convexo. Os meniscos formam anéis consecutivos tendo cada um a espessura de 2 mm. O preenchimento é constituído por material arenoso de granulometria menor que o da matriz circundante (Figura 2).

Material. Exemplares observados *in loco*.

Discussão. A origem desses icnofósseis tem sido atribuída a invertebrados vermiformes de corpo mole (anelídeos oligoquetas), com exoesqueleto (em especial artrópodes como conchostráceos e insetos), e mesmo a vertebrados como peixes e répteis (Buatois & Mángano, 1996), que atuam

ativamente no retrabalhamento de sedimentos continentais normalmente úmidos e semiconsolidados. A ação de conchostráceos ocorre particularmente nas margens e no fundo de lagos rasos sujeitos ao ressecamento periódico. Os anelídeos podem atuar tanto nos sedimentos de fundo de lagos como em regiões em que o sedimento apresente uma grande umidade. Já os insetos retrabalham os sedimentos das margens de lagos ou rios, assim como nos depósitos mais secos afastados de corpos aquosos. Considerado como um icnito de alimentação, *Taenidium* também tem sido interpretado como simples estrutura de locomoção (Graham & Pollard, 1982). Organismos vermiformes, ao se deslocarem no interior do sedimento, ingeririam o material detrítico para a retirada dos nutrientes necessários ao seu metabolismo, resultando na formação de escavações com estruturas meniscóides internas, em virtude do empacotamento do sedimento. Tal deslocamento dar-se-ia através de um mecanismo peculiar: uma “ancoragem” posterior evitaria que o animal retrocedesse quando a região anterior do corpo fosse projetada para a frente, e outra “ancoragem”, anterior ou terminal, permitiria à porção posterior do corpo o movimento para a frente. Existe uma simultaneidade entre a fixação do animal (por pressões produzidas pela contração peristáltica dos últimos anéis musculares) e a projeção de sua porção terminal anterior, a qual é feita através da distensão dos anéis musculares. Após a fixação desta região, ocorrem contrações musculares que movimentam a parte distal no sentido de sua porção anterior, permitindo assim o deslocamento do animal, e a formação de uma pista com características meniscóides (Heinberg, 1973, *apud* Heinberg, 1974). Os meniscos seriam então resultantes da alternância de dois tipos de sedimentos, em que os pacotes que assemelham-se litologicamente à matriz corresponderiam ao sedimento não ingerido, e os meniscos de granulação fina seriam de origem coprolítica, produto da dejeção de restos fecais de organismos como os anelídeos (D’Alessandro & Bromley, 1987).

O movimento de artrópodes que escavam ativamente também poderia originar meniscos através do transporte dos sedimentos sobre sua superfície, desde a região frontal, até o espaço vazio posterior criado pelo deslocamento do organismo, com a prensagem consecutiva dos sedimentos. Este, no entanto, não parece ser o caso das pistas estudadas, as quais têm caráter interestratal.

O estado de preservação das pistas não permitiu uma identificação concreta a nível de icnoespécie. Ressalta-se, entretanto, que suas características aproximam esses exemplares à icnoespécie *T. satanassi* D’Alessandro & Bromley, 1987, já registrada anteriormente por Fernandes et al. (1990) para a Formação Botucatu, na bacia do Paraná.

?*Lophoctenium* ichnosp.

Descrição. Pistas preservadas em epirrelêvo côncavo e convexo, retas ou suavemente curvas, dispostas aleatoriamente, e portadoras de um eixo principal com comprimento de até 4 cm, apresentando ramificações laterais dispostas por vezes em ambos os lados do eixo principal, formando com este ângulos de 45°. O comprimento das ramificações é variável, com 1,5 a 2,0 cm na sua porção reta, inclinando-se então para dentro e formando ramificações secundárias, pouco visíveis nas amostras estudadas (Figura 3).

Material. Observações *in loco* e duas amostras depositadas na coleção de paleoinvertebrados do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional/UFRJ, sob o nº 5.610-I.

Discussão. As pistas assemelham-se às formas descritas para o icnogênero *Lophoctenium*, normalmente interpretadas como traços de alimentação produzidos por organismos escavadores. No Brasil, o único registro deste icnogênero deve-se à Muniz (1979) que o assinalou nos sedimentos devonianos da Formação Inajá (bacia de Jatobá), no estado de Pernambuco. Pistas de pastagem produzidas pelo gastrópode *Ilyanassa*, formam rendilhados com certa semelhança à *Lophoctenium*,

tais como as ilustradas por Frey & Pemberton (1985) em sedimentos argilosos recentes de ambientes de intermarés.

Estas estruturas encontram-se amplamente distribuídas nos arenitos finos da localidade de Serrote do Letreiro, associadas às pistas e pegadas de saurópodes. Podem ser interpretadas como estruturas biogênicas ou mesmo inorgânicas. Como estruturas biogênicas seriam pistas resultantes da atividade de gastrópodes continentais aquáticos, à semelhança das observadas por Frey & Pemberton (1985); como estruturas inorgânicas, poderiam resultar da fluidização dos sedimentos, decorrentes de inúmeros filetes d'água "micro-meandantes" que ao se deslocarem pelo sedimento arenoso formariam sulcos curvilíneos. Na possibilidade de confirmação futura desta última interpretação, estas estruturas poderão ser consideradas como pseudoicnofósseis.

6. SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL

Após o clássico reconhecimento de uma única icnofácies continental definida por Seilacher (1967) como icnofácies *Scoyenia*, estudos recentes têm sugerido a existência de três icnofácies para os ambientes continentais: *Termitichnus*, *Scoyenia* e *Mermia* (Buatois & Mángano, 1996). A icnofácies *Termitichnus*, proposta por Smith et al. (1993), corresponderia aos ambientes subaéreos onde somente se encontram associações terrestres de icnofósseis, normalmente resultantes da atividade de insetos como cupins, abelhas e coleópteros. A icnofácies *Mermia*, proposta por Buatois & Mángano (1995), constituiria um ambiente permanentemente subaquático, com predomínio de icnitos horizontais e subhorizontais de pastagem e alimentação, com uma icnodiversidade maior do que as das demais icnofácies citadas. Ao contrário das outras duas icnofácies, a de *Scoyenia* representaria uma transição entre o ambiente subaéreo e o subaquático, caracterizando-se por uma diversidade baixa, por vezes monoicnoespecífica, constituída principalmente por icnitos de habitação, alimentação e locomoção, e representada por escavações verticais, pistas meniscóides, pegadas de vertebrados e marcas de raízes. Entre as estruturas sedimentares presentes destacam-se as gretas de contração. É no contexto desta icnofácies que encontra-se o ambiente de deposição dos sedimentos da Formação Antenor Navarro na localidade de Serrote do Letreiro. Caracterizado como de origem fluvial, tais depósitos arenosos foram acumulados durante regimes torrenciais bem próximos às áreas fontes, compondo um sistema de leques aluviais.

Os ambientes fluviais de canais, ao contrário das planícies de inundação, caracterizam-se pela alta energia e flutuações das taxas de sedimentação e erosão, resultando em um ambiente impróprio para a formação e preservação de estruturas biogênicas (Buatois & Mángano, 1996). Além disso, a quantidade insuficiente de nutrientes impossibilita a manutenção de uma fauna diversificada. Estes fatos podem levar a um registro icnofossilífero pobre. No Serrote do Letreiro, os icnitos atribuídos à atividade de invertebrados, são encontrados nos sedimentos mais finos acumulados em condições de baixa energia, no topo de barras arenosas e margens dos canais. De forma análoga à Formação Molteno do Triássico do Lesotho e África do Sul (Turner, 1978), as pistas de invertebrados preservadas nos arenitos da Formação Antenor Navarro sugerem que os sedimentos eram firmes e coesos quando os organismos por eles se deslocaram, permitindo assim sua preservação. Tais condições ocorrem mais comumente durante as interrupções periódicas na sedimentação, no momento em que as barras arenosas de canal encontram-se expostas como decorrência das flutuações na descarga. É durante a exposição e o baixo afluxo d'água que a atividade biogênica será mais comum. As pegadas de saurópodes associadas também auxiliam no esclarecimento do ambiente deposicional (Carvalho, 1989). Suas pistas favorecem a interpretação de uma postura ereta desses animais em ambiente de terra firme, ao contrário

da noção de que os saurópodes dependeriam de um ambiente aquático para a manutenção de sua estabilidade.

A assembléia continental, formada por prováveis anelídeos, gastrópodes e répteis (saurópodes, carnossauros e celurossauros), deixou portanto seu registro em sedimentos arenosos úmidos, expostos durante as épocas de baixo afluxo d'água. A presença desses icnofósseis auxilia assim no esclarecimento dos aspectos paleoambientais locais, além da interpretação da existência de grupos animais que, em decorrência das condições tafonômicas, não foram fossilizados.

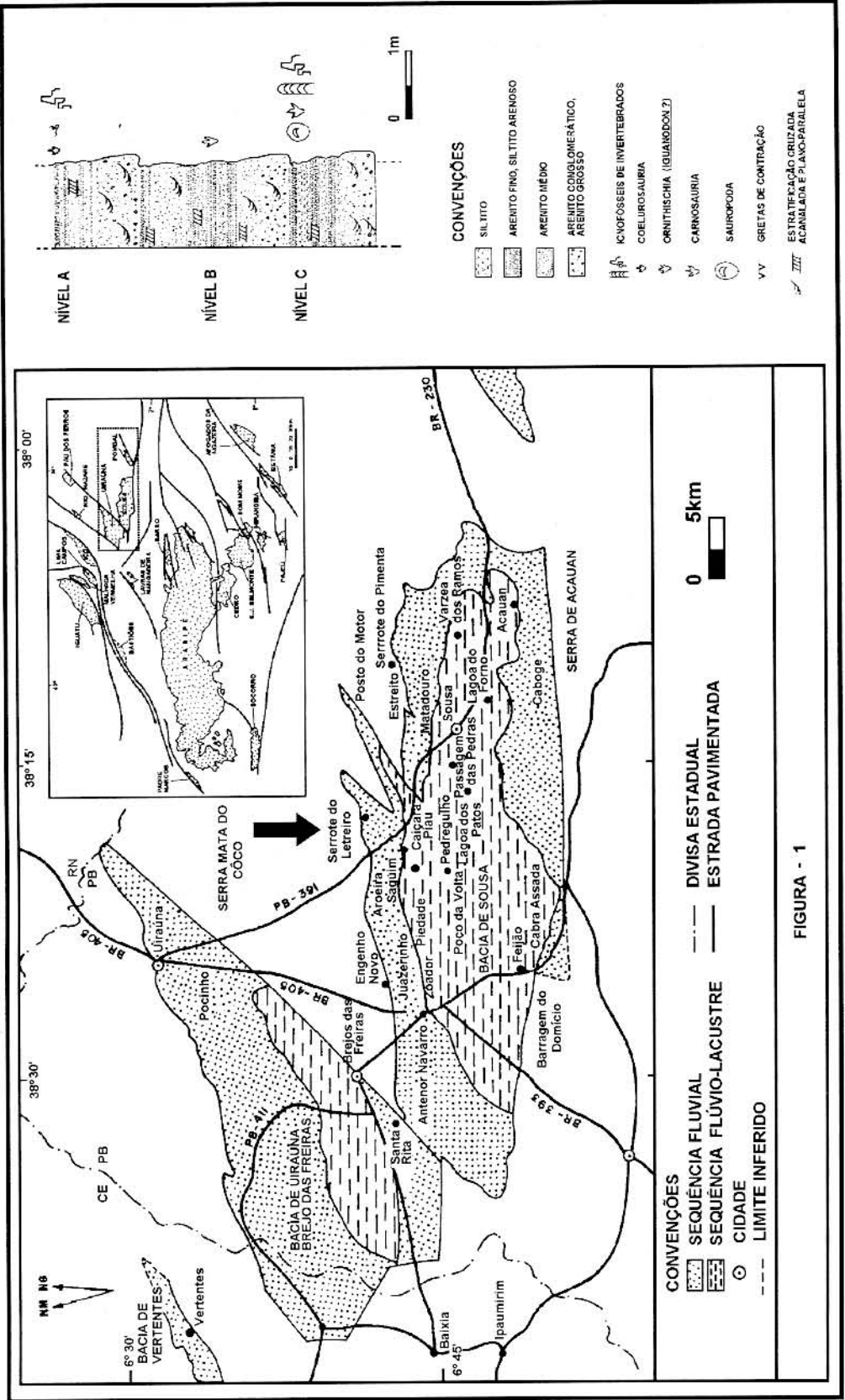
7. AGRADECIMENTOS

Ao Professor Giuseppe Leonardi por seu auxílio nas atividades de campo. À Fundação Universitária José Bonifácio (UFRJ) pelo apoio financeiro para as atividades laboratoriais. Este estudo é uma contribuição ao IGCP 381/UNESCO (South Atlantic Mesozoic Correlations).

8. BIBLIOGRAFIA

- BUATOIS, L.A. & MANGANO, M.G., 1995, The paleoenvironmental and paleoecological significance of the *Mermia* ichnofacies: na archetypical subaqueous nonmarine trace fossil assemblage. *Ichnos*, 4: 151-161.
- BUATOIS, L.A. & MANGANO, M.G., 1996, Icnologia de ambientes continentales: problemas y perspectivas. In: REUNIÓN ARGENTINA DE ICNOLOGIA, 1. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 4, p. 5-30.
- CARVALHO, I.S., 1989, Icnocenosos continentais: Bacias de Sousa, Uiraúna-Brejo das Freiras e Mangabeira. Instituto de Geociências/UFRJ, Tese de Mestrado (Inédita), vol. 1, 167 p.
- CARVALHO, I.S. & FERNANDES, A.C.S., 1993, Icnologia da Bacia de Mangabeira, Cretáceo do Ceará. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 65 (3): 253-264.
- D'ALESSANDRO, A. & BROMLEY, R.G., 1987, Meniscate trace fossils and the *Muensteria-Taenidium* problem. *Palaeontology*, 30 (4): 743-763.
- DANTAS, J.R.A. & CAULA, J.A.L., 1982, Estratigrafia e geotectônica. In: SERM/CDRM, Mapa Geológico do Estado da Paraíba. Texto explicativo, João Pessoa, SERM/CDRM, 134 p.
- 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.
- FREY, R.W. & PEMBERTON, S.G., 1985, Biogenic structures in outcrops and cores. I - Approaches to *Ichnology*. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 35 (3): 333-357.

- GRAHAM, J.R. & POLLARD, J.E., 1982, Occurrence of the trace fossil *Beaconites antarcticus* in the Lower Carboniferous fluviatile rocks of County Mayo, Ireland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 38: 257-268.
- HEINBERG, C., 1974, A dynamic model for a meniscus filled tunnel (*Ancorichnus* n. ichnogen.) from the Jurassic Pecten Sandstone of Milne Land, East Greenland. Kobenhavn, *Gronlands Geologiske Undersogelse*, 20 p. (Rapport 62).
- LIMA FILHO, M.F., 1991, Evolução tectono-sedimentar da Bacia do Rio do Peixe - PB. Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de Mestrado, 99 p.
- MABESOONE, J.M., 1972, Sedimentos do Grupo Rio do Peixe (Paraíba). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26, Belém, 1972. *Resumos das Comunicações...* Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, Boletim 1, p. 236.
- MABESOONE, J.M. & CAMPANHA, V.A., 1973/1974, Caracterização estratigráfica dos grupos Rio de Peixe e Iguatu. *Estudos Sedimentológicos* (Imprensa Universitária/ Universidade Federal do Rio Grande do Norte), 3/4: 21-41.
- MUNIZ, G.C.B., 1979, Novos ichnofósseis devonianos da Formação Inajá, no Estado de Pernambuco. *Anais da Academia brasileira de Ciências*, 51 (1): 121-132.
- SEILACHER, A., 1967, Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology*, 5: 413-428.
- SMITH, R.M.H., MASON, T.R. & WARD, J.D., 1993, Flash-flood sediments and ichnofacies of the Late Pleistocene Homeb Silts, Kuiseb River, Namibia. *Sedimentary Geology*, 85: 579-599.
- TURNER, B.R., 1978, Trace fossils from the Upper Triassic fluviatile Molteno Formation of the Karoo (Gondwana) Supergroup, Lesotho. *Journal of Paleontology*, 52 (5): 959-963.



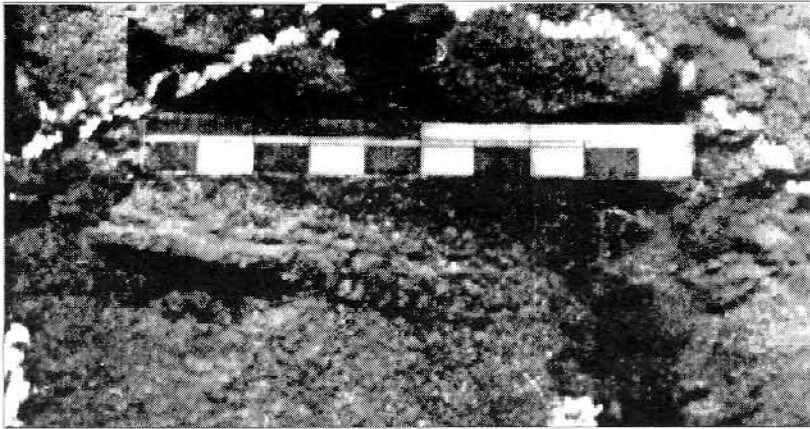


FIGURA 2

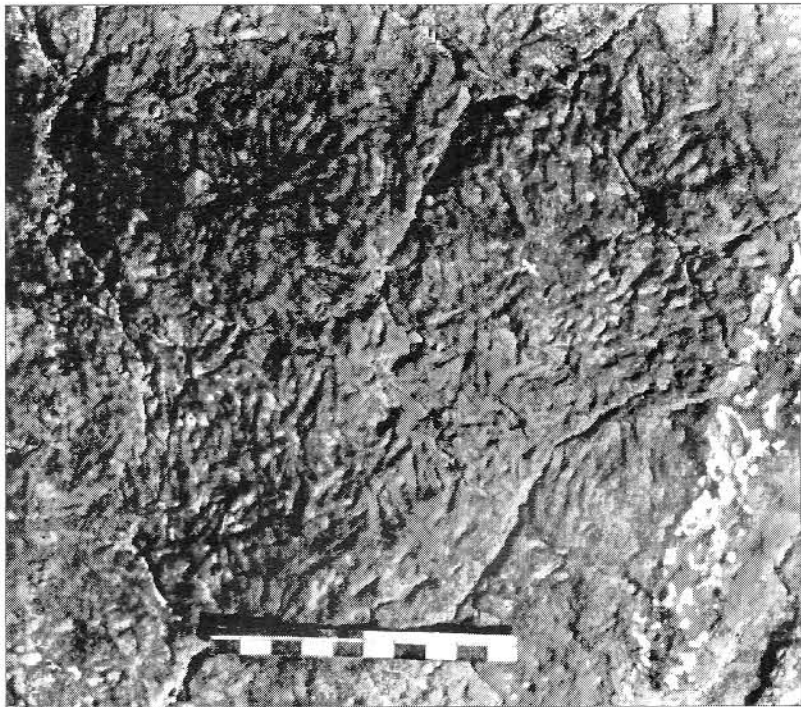


FIGURA 3

Figura 2 - *Taenidium ichnosp.*, o qual evidencia o retrabalhamento de sedimentos por anelídeos ou artrópodes (fotografia tomada *in loco*). Escala em centímetros.

Figura 3 - *?Lophoctenium ichnosp.*, estruturas de alimentação provavelmente produzidas por moluscos gastrópodes (fotografia tomada *in loco*). Escala em centímetros