

Paleoicnologia e a palinologia dos ritmitos do Grupo Itararé na pedreira de Águas Claras (Santa Catarina, Brasil)

Rosana Gandini, Renata Guimarães Netto

UNISINOS, Programa de Pós-graduação em Geologia, Av. Unisinos, 950, 93022-000 São Leopoldo RS, Brasil. gringasaxbio@gmail.com, nettorg@unisinos.br

Paulo Alves de Souza

UFRGS, Instituto de Geociências, Depto. Paleontologia e Estratigrafia, Av. Bento Gonçalves, 9500, 91501-970, Porto Alegre RS, Brasil. paulo.alves.souza@ufrgs.br

RESUMO

O presente estudo faz uma análise integrada da paleoicnologia e da palinologia dos ritmitos siltico-argilosos da Formação Rio do Sul aflorantes na pedreira de Águas Claras, com vistas à sua caracterização paleoambiental. A assembléia icnofossilífera é dominada por pistas de moluscos e por trilhas de crustáceos pericarídeos ou sincarídeos e merostomados, preservadas como subimpressões. *Protovirgularia* isp., seguida por *Diplichnites gouldi* e *Diplopodichnus bififormis* são as icnoespécies mais comuns, além de *Maculichna varia* e *Umfolozia sinuosa*. Escavações rasas de organismos vermiformes (*Cochlichnus anguineus*, *Hormosiroidea meandrica* e *Treptichnus* isp.) e impressões de repouso de artrópodes (*Gluckstadella cooperi*) complementam a assembléia icnofossilífera. A análise palinológica realizada em amostras dos mesmos níveis onde se registra a icnofauna revelou elementos palinológicos escassos, com dominância de grãos de pólen monossacados e fitoclastos opacos. A presença de *Vittatina vittifera*, *Protohaploxypinus goraiensis* e *Illinites unicus* permite sugerir idade permiana inferior, correspondente à Subzona *Protohaploxypinus goraiensis* base da Zona *Vittatina costabilis*. A dominância de *Protovirgularia* isp. sobre as demais icnoespécies, sua ocorrência na maior parte dos níveis rítmicos da sucessão e a abundância de marcas de enrugamento geradas por esteiras microbianas sugerem deposição em planícies marginais marinhas, na zona de intermaré. A ocorrência localizada de escavações rasas de organismos dulciaquícolas revela que essas planícies eram periodicamente inundadas pelas águas de degelo. Por outro lado, a presença comum de trilhas de artrópodes de hábito terrestre por sobre as suites subaquáticas sugere períodos de exposição subaérea desses substratos. O domínio de grãos de pólen e a grande quantidade de fitoclastos opacos reforçam um posicionamento mais distal à área fonte, com forte influência continental.

Palavras-chave: paleoicnologia, palinologia, Formação Rio do Sul, Grupo Itararé, Bacia do Paraná.

ABSTRACT

PALEOICHOLOGY AND PALYNOLOGY OF ITARARÉ GROUP RHYTHMITES FROM ÁGUAS CLARAS QUARRY (SANTA CATARINA STATE, SOUTH OF BRAZIL). This paper focuses on an integrated analysis of the paleoichnology and the palynology of the Rio do Sul siltstone-mudstone rhythmites cropping out at Águas Claras Quarry, Santa Catarina State, south of Brazil. Trace fossil assemblage is dominated by mollusk trails and perycaridean or syncaridean crustacean and merostomate trackways, preserved as undertracks. *Protovirgularia* isp., followed by *Diplichnites gouldi* and *Diplopodichnus bififormis* are the commonest ichnospecies, but *Maculichna varia* and *Umfolozia sinuosa* are also frequent. Shallow burrows of soft-bodied animals (*Cochlichnus anguineus*, *Hormosiroidea meandrica*, and *Treptichnus* isp.) and arthropod resting traces (*Gluckstadella cooperi*) are also present. Palynological analysis carried through in the samples of the same levels where ichnofaunas are found it disclosed scarce palynological elements, with dominance of monosaccate pollen grains and opaque phytoclasts. The presence of *Vittatina vittifera*, *Protohaploxypinus goraiensis* and *Illinites unicus* suggests a lower Permian age, with correspondence with *Protohaploxypinus goraiensis* subzone base for the *Vittatina costabilis* zone. The dominance of *Protovirgularia* isp. and its presence in almost all bedding surfaces, allied with the abundance of wrinkle marks in these beddings suggest deposition in marginal marine mud flats possibly influenced by tides. The local occurrence of freshwater shallow burrows points to periodic freshwater influx into these flats, as a consequence of deglaciation pulses. Otherwise, the common occurrence of myriapod and merostomate trackways preserved as palimpsest over the aquatic suites also reveals the periodically subaerial exposure of the substrate. These data are coherent with the dominance of pollen grains and the great amount of cloudy phytoclasts, strengthening a distal positioning to the source area, with strong continental influence.

Key words: paleoichnology, palynology, Rio do Sul Formation, Itararé Group, Paraná Basin.

INTRODUÇÃO

Os ritmitos da Formação Rio do Sul (Permiano Inferior, Grupo Itararé, Bacia do Paraná) compõem parte dos depósitos do final do período de *Ice House* do

Gondwana, representando a sedimentação em ambientes costeiros e marinhos rasos, influenciados por marés (Rocha-Campos, 1967; Schneider *et al.*, 1974; Santos *et al.*, 1996). Possui um registro abundante, mas localizado, de macrofósseis

vegetais (Flora *Glossopteris*) e de invertebrados marinhos, além de “uma intensa atividade biológica [refletida em] trilhas produzidas por artrópodes crustáceos e [por] tubos de vermes” (Rocha-Campos, 1967).

Ícnofósseis são estruturas autóctones e preservadas *in situ* e compõem o registro microfóssil mais extensivo do Grupo Itararé, presente em quase todos os níveis dos ritmitos e de heterolitos presentes no terço superior de sua sucessão sedimentar. Os palinomorfos, comuns nesses mesmos níveis, fornecem informações bioestratigráficas significativas e a análise da relação de seus componentes permite o estudo de palinofácies, subsidiando as interpretações paleoambientais. Assim, a correta compreensão dos processos envolvidos no evento de degelo do Gondwana passa, necessariamente, pela análise integrada de ambos os registros.

Ao longo dos últimos anos, tanto a icnofauna quanto os palinomorfos têm sido alvo de estudo no Grupo Itararé, mas nem sempre de forma integrada (e.g., Guerra-Sommer *et al.*, 1985; Fernandes *et al.*, 1987; Netto, 1987; Dias-Fabrizio e Guerra-Sommer, 1989; Nogueira e Netto, 2001a,b; Balistieri, 2003; Balistieri e Netto, 2002; Balistieri *et al.*, 2002, 2003; Souza e Marques-Toigo, 2003, 2005; Lermen, 2006; Souza, 2006). A única tentati-

va nesse sentido deve-se a Marques-Toigo *et al.* (1989), mas limitou-se a uma descrição preliminar dos icnofósseis.

Este trabalho tem por objetivo caracterizar e analisar, de forma integrada, a paleoicnologia e a paleopalínologia dos ritmitos do topo do Grupo Itararé aflorantes na área de estudo, buscando calibrar as caracterizações paleoambientais vigentes para esses depósitos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material aqui discutido é proveniente da pedraira de Águas Claras, município de Dr. Pedrinho, Estado de Santa Catarina (Figura 1). Os icnofósseis foram descritos e registrados com a sigla UMVT, e fazem parte da coleção de icnofósseis do Museu da Vida e da Terra da Unisinos. Três amostras de rocha foram coletadas, uma em cada um dos níveis de ritmitos portadores dos icnofósseis aqui analisados, para recuperação de palinomorfos. O material foi processado no Laboratório de Sedimentologia da Unisinos, por maceração e dissolução com HF e HCl, e

posterior peneiramento para concentração da fração entre 250 e 25 μm . Todas as amostras mostraram-se férteis e permitiram a montagem de seis lâminas palinológicas, identificadas pelo código AC-187, P1 (1, 2 e 3) e P2 (1, 2 e 3). A varredura das lâminas e a identificação do material palinológico foram realizadas em microscópio Olympus BX-40. Os palinomorfos foram fotografados com câmera Olympus, do Laboratório de Palinologia da UFRGS.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A área de estudos situa-se na localidade de Águas Claras, município de Dr. Pedrinho, norte-nordeste do Estado de Santa Catarina (coordenadas UTM 647154E/4054888N, Figura 1). Trata-se de uma pedraira municipal ativa, que expõe sucessão sedimentar correspondente à Formação Rio do Sul.

A Formação Rio do Sul encerra o ciclo deposicional Itararé na Bacia do Paraná, sendo composta por depósitos decorrentes da total deglaciação do Gondwana,

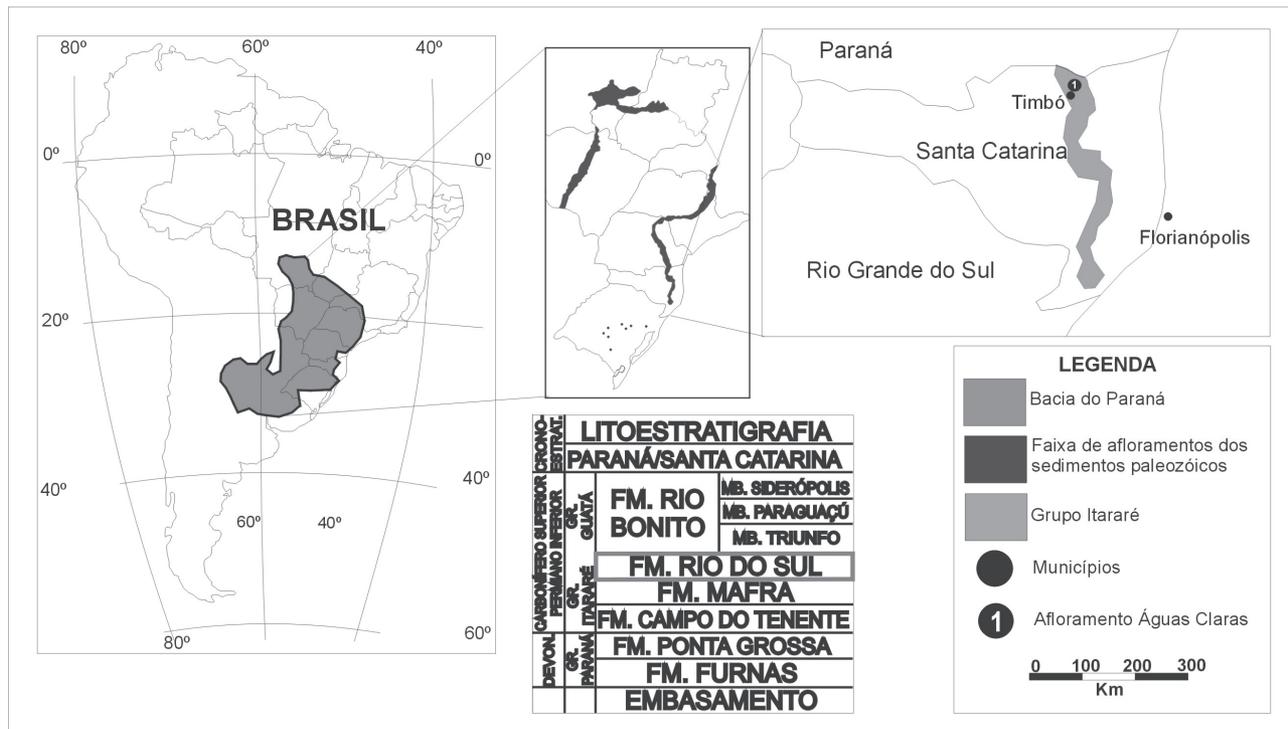


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo e coluna litoestratigráfica (modificada de Schneider *et al.*, 1974).
Figure 1. Location map of the studied area and lithostratigraphic chart (modified from Schneider *et al.*, 1974).

durante o Permiano Inferior. Caracteriza-se por uma sucessão de folhelhos cinza escuros e pretos, ritmitos finamente laminados, diamictitos de matriz siltico-argilosa e arenitos finos, interpretados como predominantemente marinhos (Schneider *et al.*, 1974), localmente evidenciando influência de marés (Schneider *et al.*, 1974; Nogueira e Netto, 2001a,b). Os ritmitos da Formação Rio do Sul contêm evidências de intensa atividade biológica em seus diversos horizontes, representadas predominantemente por icnofósseis (Rocha-Campos, 1967; Marques-Toigo *et al.*, 1989; Netto, 1987; Nogueira e Netto, 2001a,b; Balistieri *et al.* 2002, 2003; Balistieri e Netto, 2002).

A sucessão aflorante na pedreira de Águas Claras (Figura 2) possui, aproximadamente, 28 m de espessura e é composta por três fácies sedimentares distintas: (i) fácies de siltitos; (ii) fácies de arenitos finos amalgamados (Figura 2B); e (iii) fácies de ritmitos (Figura 2C). As fácies de ritmitos e de siltitos caracterizam a parte da sucessão correspondente à Formação Rio do Sul. A fácies de arenitos finos amalgamados se assenta discordantemente sobre o pacote anterior e caracteriza os depósitos basais da Formação Rio Bonito, na área.

A fácies de ritmitos é composta por intercalações rítmicas entre delgadas camadas de siltitos maciços cinza médio (de escala centimétrica) e camadas milimétricas de argilitos negros, na maioria das vezes contendo clastos caídos de pequeno porte, predominantemente grânulos (Figuras 3A, B). Icnofósseis e palinomorfos são comuns em praticamente todos os níveis de ritmitos, estando preservados tanto no topo quanto na base dos níveis silticos. A fácies de siltitos contém exclusivamente siltitos cinza claro, às vezes maciços, às vezes sugerindo a presença de laminação cruzada cavalgante. As camadas são tabulares, com topos em geral ondulados (Figura 3C). Calhas de argila são comuns nos estratos contendo laminação cruzada cavalgante (Figura 3D). Não se observa ocorrência de icnofósseis nessa fácies. Ambas as fácies mostram-se intimamente relacionadas, a última correspondendo a depósitos subaquáticos ge-

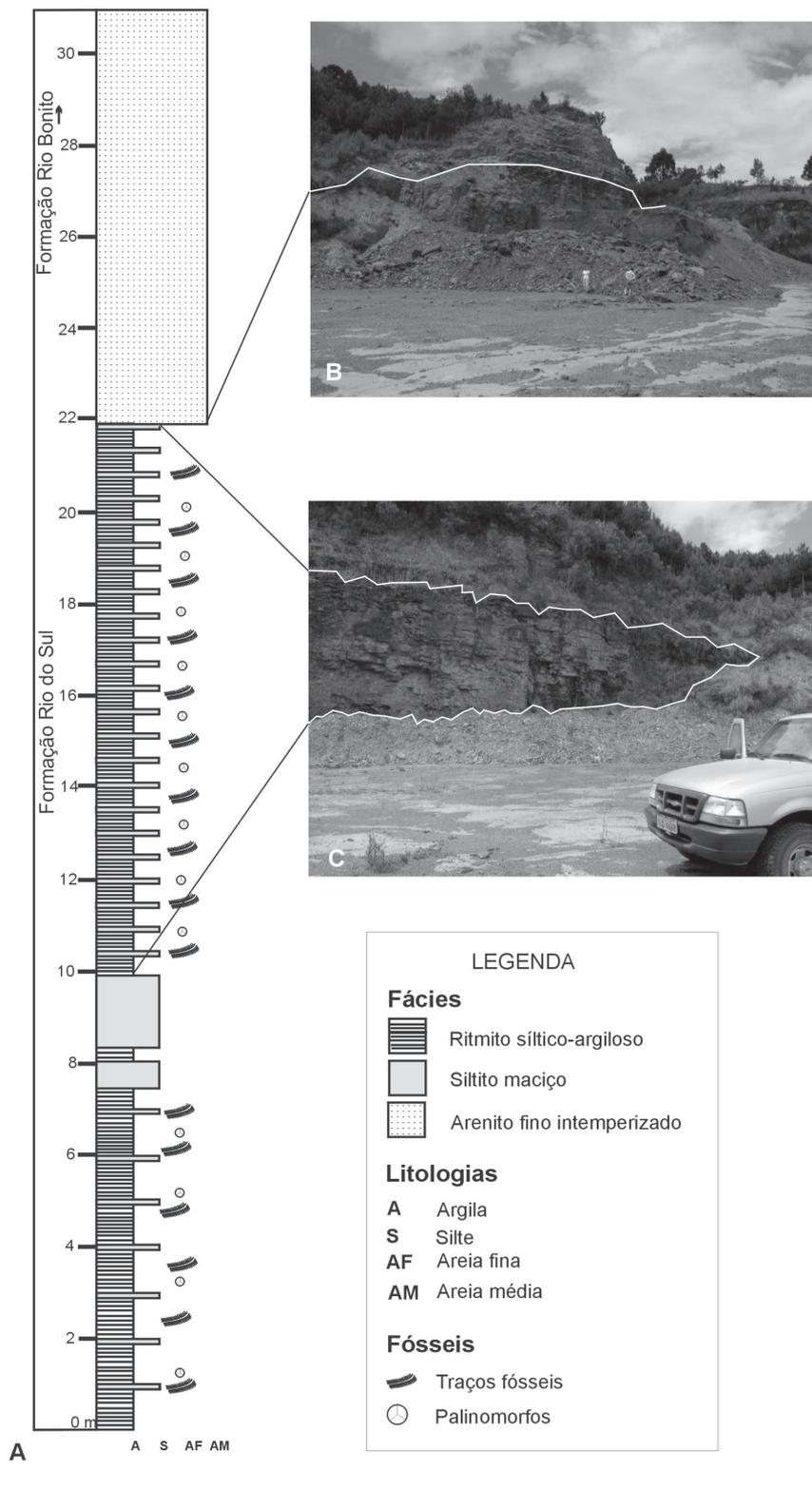


Figura 2. A. Perfil geral do afloramento de Águas Claras. B. Vista geral do afloramento. C. Fácies de ritmitos silticos-argilosos, contendo as suítes de traços fósseis. **Figure 2.** A. Measured vertical profile representative of the Águas Claras Quarry succession. B. General view of the quarry. C. Rhythmic siltstone-mudstone sedimentary facies bearing the trace fossil suites.

rados por fluxos gravitacionais de maior intensidade e a primeira sugerindo desaceleração desses fluxos.

A fácies de arenitos amalgamados é composta por arenitos finos a médios, amarelados, intemperizados, de base erosiva e aspecto maciço, onde não se observam clastos caídos ou presença de icnofauna (Figura 2B).

Os depósitos basais da pedra de Águas Claras se organizam em ciclos estratodécrescentes, distribuídos ao longo dos primeiros 7 m da sucessão (Figura 2A). Icnofósseis são abundantes nestes níveis, representados por trilhas (*Diplichnites*, *Diplopodichnus*, *Umfolozia* e *Maculichnia*) e impressões de repouso de artrópodes (*Gluckstadella*), pistas de pastoreio de bivalves (*Protovirgularia*) e discretas escavações rasas de organismos vermiformes (*Cochlichnus*, *Hormosiroidea*, *Treptichnus*), gerados em substratos ricos em marcas de enrugamento associadas a esteiras microbianas (*wrinkle marks*). Nos mesmos estratos, registra-se uma assembléia palinológica composta por pólenes de Gymnospermae (monossacados, bissacados, estriados e precolpados). Os 3 m seguintes são marcados por espessos pacotes de siltitos maciços, estéreis quanto à presença de organismos, capeados por mais 10 m de intercalações entre as fácies de ritmitos e de siltitos. Um espesso pacote com cerca de 8 m de depósitos da fácies de arenitos amalgamados encerra a sucessão e caracterizam os depósitos basais da Formação Rio Bonito na área de estudo.

O conjunto das fácies aflorantes na pedra de Águas Claras sugere depósitos distais de fluxos gravitacionais subaquáticos, a julgar pela ausência de pacotes de granulometria mais grossa, como arenitos médios e paraconglomerados, comum nos depósitos do Grupo Itararé na região. A presença constante de grânulos caídos sugere um ambiente com predomínio de influência glacial. Esse ciclo de degelo é encerrado com o estabelecimento dos depósitos basais e transgressivos da Formação Rio Bonito.

SISTEMÁTICA ICNOLÓGICA

Nos depósitos rítmicos da região de Dr. Pedrinho (Águas Claras, SC), foram

reconhecidas as icnoespécies *Cochlichnus anguineus*, *Diplichnites gouldi*, *Diplopodichnus bififormis*, *Gluckstadella cooperi*, *Hormosiroidea meandrica*, *Maculichnia varia*, *Protovirgularia* isp., *Treptichnus* isp. e *Umfolozia sinuosa*, descritas a seguir.

Icnogênero *Cochlichnus* Hitchcock, 1858

Cochlichnus anguineus Hitchcock, 1858
Figura 3E

Descrição. Trilha fecal horizontal, lisa, com bordos lisos, sem ramificações e morfologia sinusoidal. Comprimento variável, entre 57,65 e 90,60 mm. Largura entre 2 e 2,60 mm. Preservação em hipor-relevo positivo.

Material. Dois espécimes na amostra UMVT-5552.

Discussão. *Cochlichnus* tem sido interpretado como pistas de pastoreio, de locomoção ou como escavações rasas de alimentação (Buatois *et al.*, 1997). Em *C. anguineus*, as anulações e as marcas laterais presentes em outras icnoespécies (*C. antarcticus* e *C. annulatus*) estão ausentes (Buatois *et al.*, 1997). O padrão morfológico sinusoidal é a mais forte característica diagnóstica de *Cochlichnus* (Häntzschel, 1975), apesar de diagnoses mais recentes descreverem-no também como semelhante a uma espiral condensada e alongada (Uchman, 1998). Por ser uma estrutura tridimensional, o padrão em espiral caracteriza escavações rasas de alimentação enquanto que o padrão sinusoidal seria resultante do deslocamento ou do pastoreio do animal sobre o substrato. Apesar de Uchman (1998) ter assumido essa semelhança na diagnose de *C. anguineus*, os exemplares aqui estudados refletem exclusivamente o padrão sinusoidal, não se tratando, portanto, de estruturas de alimentação. Espécimes semelhantes foram registrados por Balistieri *et al.* (2002), nos ritmitos do topo da Formação Mafra, em Mafra (SC), interpretados como resultantes do deslocamento de nematódeos ou anelídeos. *Cochlichnus* possui uma ampla distribuição temporal e é registrado tanto em ambientes marinhos e marginais-marinhos quanto em depósitos continentais (Buatois *et al.*, 1997).

Icnogênero *Diplichnites* Dawson, 1873

Diplichnites gouldi Gevers *in* Gevers *et al.*, 1971
Figuras 3F, 4A, B

Descrição. Trilha horizontal, retilínea a sinuosa, às vezes apresentando forma de laço. A trilha consiste em duas fileiras paralelas de impressões podiais duplas, contínuas, dispostas oblíqua a lateralmente ao eixo mediano da trilha. Alguns espécimes caracterizam trilhas bastante ornamentadas. Comprimento das impressões podiais de 2,5 a 5 mm, largura variando entre 0,3 e 0,5 mm. Largura do eixo mediano de 1 a 3,5 mm. Largura total da trilha de 5 a 10 mm.

Material. Três espécimes na amostra UMVT-5558.

Discussão. *Diplichnites gouldi* é interpretado como traço de locomoção produzido por artrópodes miriápodes (Draganits *et al.*, 2001; Buatois *et al.*, 1998a; Balistieri *et al.*, 2002, 2003), provavelmente diplópodes (Paz *et al.*, 2002; Lermen, 2006). Tem sido registrado em zonas de transição entre ambientes subaquáticos de água doce e ambientes terrestres (Buatois *et al.*, 1998a). *D. gouldi* é o icnofóssil mais comum e abundante nos ritmitos do Grupo Itararé, tendo seu registro sido reportado por Nogueira e Netto (2001b) na Formação Rio do Sul, em Trombudo Central (SC), por Balistieri *et al.* (2002, 2003) na Formação Mafra (Mafra, SC) e por Lermen (2006) no RS.

Icnogênero *Diplopodichnus* Brady, 1947

Diplopodichnus bififormis Brady, 1947
Figura 4B

Descrição. Trilha ou pista meandrante a sinuosa, formada por dois sulcos rasos paralelos entre si, contínuos, ornamentadas ou não, e separados por uma distância igual ou maior que a largura de cada sulco. A ornamentação por impressões podiais, quando presentes, mostra discretas estrias dispostas de modo perpendicular a oblíquo em relação ao eixo mediano. A largura de cada sulco é de até 1,15 mm e a largura média do eixo mediano é de 2 mm. A largura total da trilha varia entre 4 e 5 mm. Preservadas em hiporrelevo positivo.

Material. Dois espécimes na amostra UMVT-5558.

Discussão. *Diplopodichnus biformis* é uma variação preservacional de trilhas de miriápodes (Brady, 1947; Johnson

et al., 1994; Draganits *et al.*, 2001), produzida pelo mesmo organismo produtor de *Diplichnites gouldi*. É comum encontrar as duas morfologias em uma mesma estrutura biogênica no registro

fóssil, uma dando lugar à outra, de forma gradativa (Keighley e Pickerill, 1996; Buatois *et al.*, 1998a; Balistieri *et al.*, 2002, 2003). Experimentos efetuados por Johnson *et al.* (1994) e Paz *et al.*

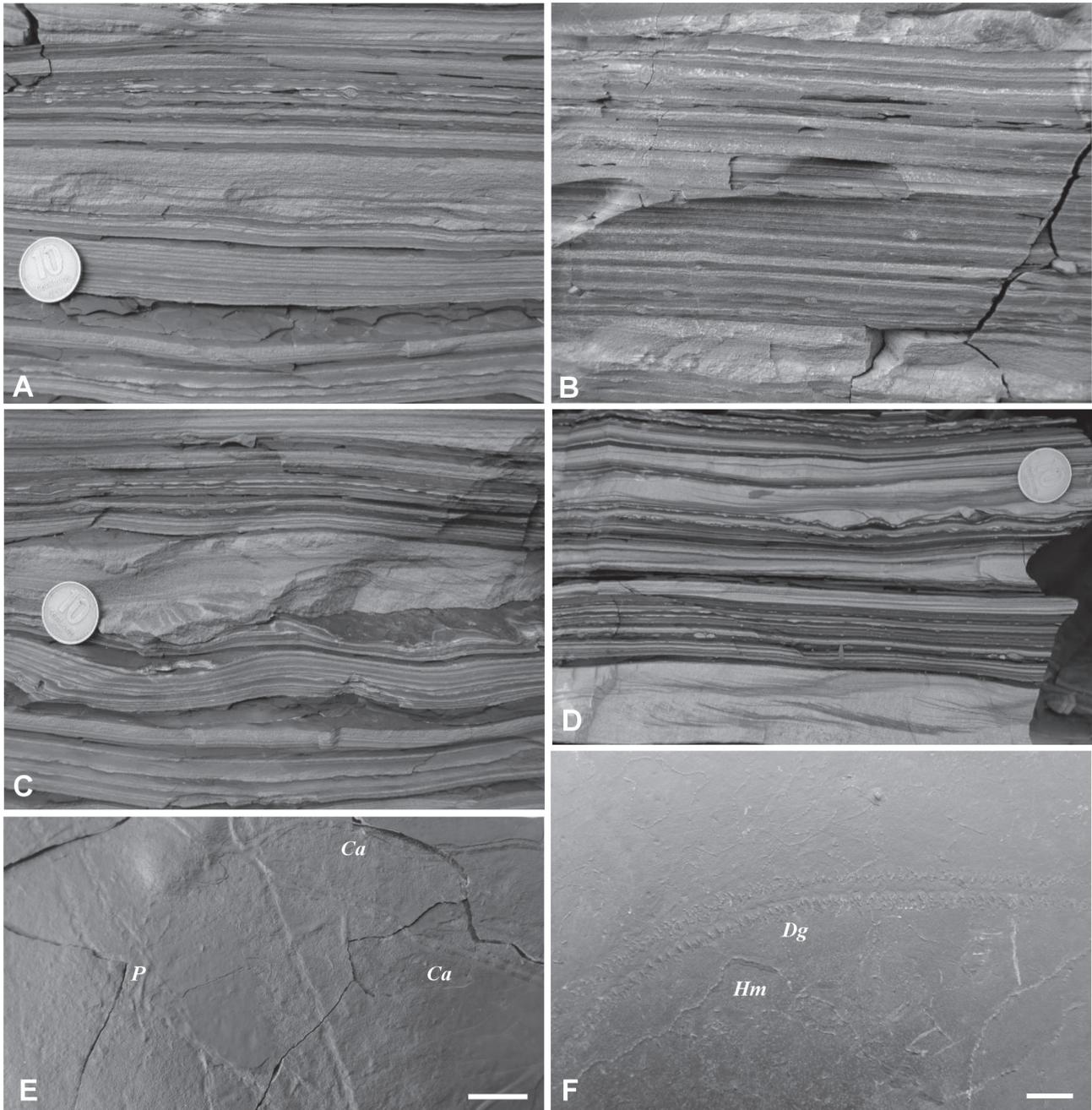


Figura 3. A-B. Intercalação da fácies de siltito maciço com argilitos contendo clastos caídos. C. Fácies de siltito maciço apresentando topos ondulados. D. Detalhes da laminação cruzada cavalgante e calhas de argila na fácies de siltito. E. *C. anguineus* (*Ca*) associado à *Protovirgularia* isp. (*P*). F. Preservação em palimpsesto de um dos exemplares de *D. gouldi* (*Dg*) sobre *H. meandrica* (*Hm*). Diâmetro da moeda: 20 mm; barra de escala: 10 mm.

Figure 3. A-B. Massive siltstone sedimentary facies intercalated with mudstone sedimentary facies bearing dropstones. C. Massive siltstones showing wavy tops. D. Detail of climbing ripples and mud drapes in siltstones. E. *C. anguineus* (*Ca*) associated to *Protovirgularia* isp. (*P*). F. Palimpsest preservation of *D. gouldi* (*Dg*) upon *H. meandrica* (*Hg*). Coin diameter: 20 mm; scale bar: 10 mm.

(2002) mostraram que as diferentes morfologias nada mais são do que respostas tafonômicas à consistência do substrato, onde *D. gouldi* representa o deslocamento em substratos mais secos (*stiffgrounds*) e *D. bifformes* em substratos mais empapados (*softgrounds*). No Grupo Itararé, as assembléias dominadas por *D. bifformis* e *D. gouldi* encontram-se associadas, em geral, à ocorrência de *wrinkle marks* (marcas de enrugamento que refletem a deformação das esteiras microbianas pelas correntes de fundo, Porada e Bouougri, 2007; Noffke *et al.*, 2002; 2003), sugerindo deslocamento do animal em áreas úmidas expostas esporadicamente. Atualmente, diplópodes são miriápodes herbívoros, pastadores de detritos e algas em esteiras microbianas (Clarkson, 1996). Assim como *D. gouldi*, *D. bifformis* é bastante comum nos ritmitos do Grupo Itararé, tanto em Santa Catarina quanto no Rio Grande do Sul (Nogueira e Netto, 2001b; Balistieri *et al.*, 2002, 2003; Lermen, 2006). Até o momento, *D. bifformes* tem sido documentado apenas em depósitos do Paleozóico, e em ambientes não-marinhos Buatois *et al.* (1998a).

Ichnogênero *Gluckstadella* Savage, 1971

Gluckstadella cooperi Savage, 1971
Figuras 4C, D

Descrição. Impressão de artrópode composta por um par de impressões podiais anteroventral, quatro pares lateroventrais e um posteroventral. As impressões anteroventrais são mais profundas que as demais, medindo 6,55 mm de comprimento e 0,33 até 0,48 mm de largura; dispõe-se de forma subparalela a oblíqua em relação ao eixo mediano da impressão, formando um ângulo de 30°. As impressões podiais lateroventrais são menores, medindo até 3,65 mm de comprimento e 0,30 até 0,50 mm de largura, com disposição posterolateral oblíqua em relação ao eixo da impressão. As impressões podiais posteroventrais medem até 1,44 mm de comprimento e 0,26 a 0,38 mm de largura, e mostram-se subparalelas e mais próximas ao eixo medi-

ano da impressão. A largura média das impressões é 19 mm e comprimento varia de 20,88 a 23,18 mm. Preservação em epirrelevo negativo.

Material. Quatro espécimes na amostra UMVT-5549.

Discussão. Savage (1971) descreveu originalmente *G. cooperi* em depósitos glacio-lacustres do topo do Grupo Dwyka (Bacia do Karoo), na África do Sul, interpretando-a como impressão de repouso de crustáceos sincarídeos ou pericarídeos. *G. cooperi* tem sido registrada exclusivamente em depósitos não-marinhos do Paleozóico Superior e está presente em ritmitos do Grupo Itararé em Santa Catarina (Formação Rio do Sul, Marques-Toigo *et al.*, 1989; Nogueira e Netto, 2001 b) e no Rio Grande do Sul (Lermen, 2006).

Ichnogênero *Hormosiroidea* Schaffer, 1928

Hormosiroidea meandrica Balistieri *et al.*, 2002
Figura 5A

Descrição. Escavação horizontalizada, meandriforme, não ramificada, formada por câmaras separadas, conectadas por um pequeno túnel conector. Apresenta curvas sinuosas, formando laços. Largura das câmaras inferior a 0,5 mm, e dos conectores inferior a 0,3 mm. Preservação em hiporrelevo positivo e em epirrelevo negativo.

Material. 25 espécimes nas amostras UMVT-5558.

Discussão. *Hormosiroidea meandrica* foi descrita originalmente por Balistieri *et al.* (2002) em ritmitos do topo da Formação Mafra aflorantes em Mafra (SC), interpretando-a como estrutura de alimentação, sem descartar a possibilidade de tratar-se de uma galeria de nidificação. Contudo, nenhum organismo foi aventado como possível produtor. As dimensões extremamente pequenas dos espécimes sugerem terem sido produzidas por organismos vermiformes. Nogueira e Netto (2001b) registraram também a presença de escavações atribuídas tentativamente a *Hormosiroidea* nos ritmitos da Formação Rio do Sul em Trombudo Central (SC), associadas a outros ichnogêneros atribuídos a organismos vermiformes.

Ichnogênero *Maculicbna* Anderson, 1975

Maculicbna varia Anderson, 1975
Figura 5B

Descrição. Trilha contínua e retilínea, formada por duas fileiras paralelas de pontos. Em cada fileira, estes se agrupam aos pares, formando séries. O ponto anterior de cada série é maior e mais bem marcado que o posterior. As séries se dispõem obliquamente em relação à linha mediana da trilha, formando um ângulo de 15°. A largura externa (total) varia de 6,75 a 13 mm e a largura interna (entre cada par de séries) varia de 5 a 7 mm. Distância entre os pontos de uma mesma série varia entre 0,5 até 1 mm e a distância de repetição das séries varia de 1,5 a 2,5 mm. Diâmetro do ponto varia de 1,25 a 3 mm. Preservada em epirrelevo positivo.

Material. Dois espécimes (amostras UMVT-5554 e UMVT-5558).

Discussão. Séries pareadas contendo seqüências de dois pontos, o anterior em posição mais distal que o posterior, em relação ao eixo da trilha. Trata-se de uma das quatro formas preservacionais de *M. varia* (Anderson, 1975). Merostomados são os artrópodes com características mais próximas àquelas inferidas por Anderson (1975) para produtores desse ichnogênero e eram comuns nos bentos rasos e em depósitos marginais marinhos no Paleozóico Superior (Lermen, 2006). *Maculicbna varia* é registrada originalmente em depósitos glaciais da Série Dwyka, Permiano inferior, na Bacia de Karoo, África do Sul (Anderson, 1975). É encontrada também nos depósitos das bacias de San Rafael, Puna e Paganzo, na Argentina (Aceñolaza e Buatois, 1993). No Grupo Itararé, *M. varia* ocorre em ritmitos do RS (Lermen, 2006) e nos depósitos aqui estudados.

Ichnogênero *Protovirgularia* MacCoy, 1850

Protovirgularia isp.
Figuras 5C, D

Descrição. Pista horizontal, meandriante, com seção transversal triangular, em forma de quilha, e mostrando uma diáfana ornamentação por delicadas estri-

as oblíquas ao eixo mediano da escavação, formando um padrão tipo *chevron*, às vezes falhado ou pouco preservado. Largura variando de 2 a 4 mm. Preservadas em hiporrelevo positivo e em epirrelevo negativo.

Material. 49 espécimes nas amostras UMVT-5548, UMVT-5549, UMVT-5550, UMVT-5551, UMVT-5552 e UMVT-5557.

Discussão. *Protovirgularia* representa o deslocamento de moluscos, preferencialmente bivalves (Seilacher e Seilacher, 1994). As escavações caracterizam-se por comporem sulcos semelhantes a uma quilha, com seção transversal trapezoidal, triangular ou em forma de amêndoa e por possuírem uma ornamentação estriada ao longo da pista, em forma de *chevron* (Uchman, 1998), que pode mostrar-se mais ou menos acentuada, de acordo com a profundidade da escavação e com a consistência do substrato. As características morfológicas dos espécimes aqui analisa-

dos são coerentes com aquelas observadas por Uchman (1998) em exemplares atribuídos a *Protovirgularia* isp. Estas formas foram registradas por Balistieri *et al.* (2002), além de *P. ?pennatus*, nos ritmitos da Formação Rio do Sul em Mafra (SC).

Ícnogênero *Treptichnus* Miller, 1889

Treptichnus isp.
Figura 5E

Descrição. Escavação rasa, horizontalizada, delicadamente recurvada, quase formando um padrão de ziguezague, apresentando pequenas ramificações provenientes do ângulo de junção. Comprimento das escavações variando de 54,38 mm a 56,2 mm e diâmetro de 1,15 mm. Preservação em epirrelevo negativo.

Material. Dois espécimes na amostra UMVT-5556.

Discussão. *Treptichnus* é interpretado

como estrutura de alimentação e cultivo, provavelmente produzida por organismos vermiformes (Buatois e Mángano, 1993). Os dois espécimes descritos apresentam ramificações alternadas que saem dos ângulos de junção com o túnel principal, formando um padrão de ziguezague. Estas características são próprias de *T. bifurcus*. Contudo, as ramificações observadas nos espécimes analisados mostram-se muito curtas, fazendo com que, por vezes, preservem-se apenas as aberturas junto à junção, uma característica própria de *T. pollardi*. A presença de características exclusivas de duas ícnospecies de *Treptichnus* e o pequeno número de espécimes não permitem, pois, alocar os espécimes estudados em qualquer uma das ícnospecies conhecidas de *Treptichnus*. *Treptichnus* foi descrito no Namurian-Westphalian da Formação Água Colorada, Carbonífero Superior, em sedimentitos glaciolacustres da Bacia de Paganzo, na Argentina (Buatois e Mángano,

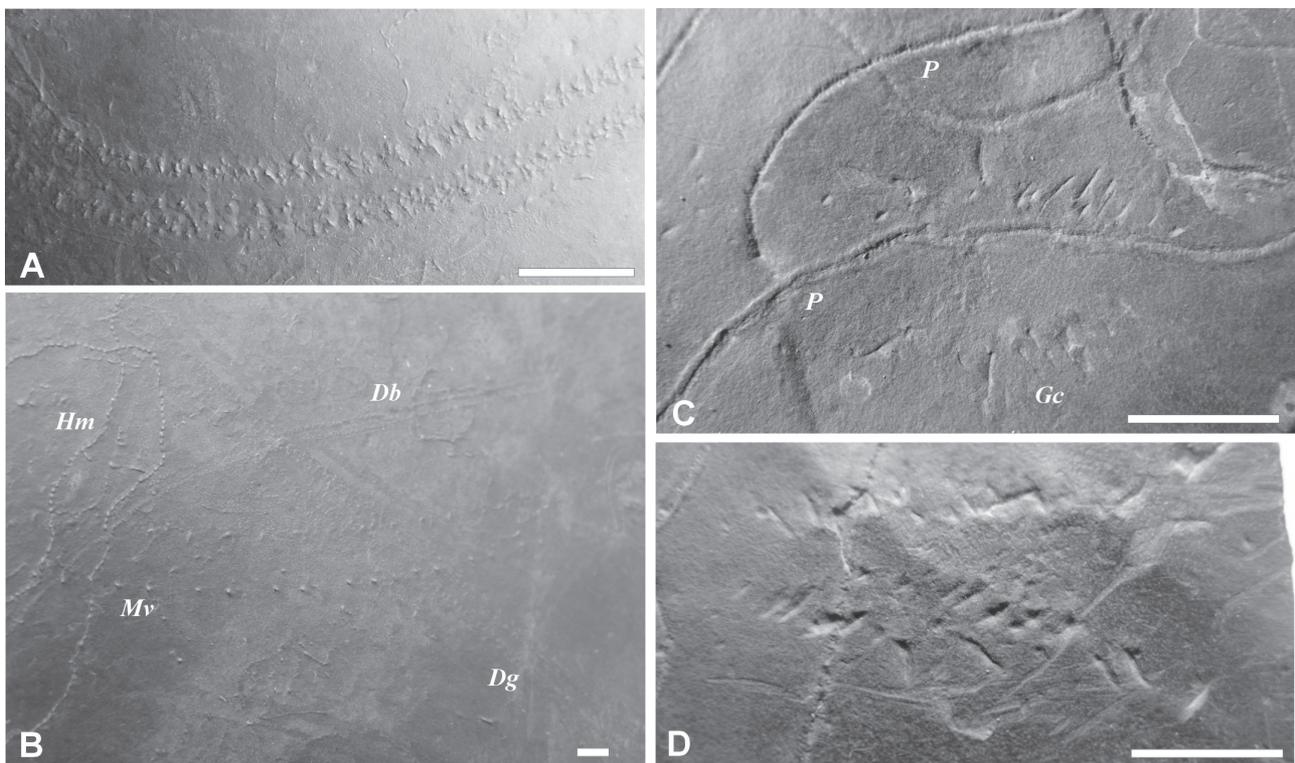


Figura 4. A. Detalhe da ornamentação em *D. gouldi*. B. *D. biformis* (*Db*) associada a *M. varia* (*Mv*), *H. meandrica* (*Hm*) e *D. gouldi* (*Dg*). C. Impressão de repouso de *G. cooperi* (*Gc*) preservada em palimpsesto sobre *Protovirgularia* isp. (*P*). D. Detalhe de impressões sequenciais de *G. cooperi*, evidenciando o deslocamento de seu produtor. Escala: 10 mm.

Figure 4. A. Detail of ornamentation in *D. gouldi*. B. *D. biformis* (*Db*) associate with *M. varia* (*Mv*) and *H. meandrica* (*Hm*). C. Rest impression of *G. cooperi* (*Gc*) preserved as palimpsest over *Protovirgularia* isp. (*P*). D. Detail of sequential impression of *G. cooperi*, evidencing is producer's displacement. Scale bar: 10 mm.

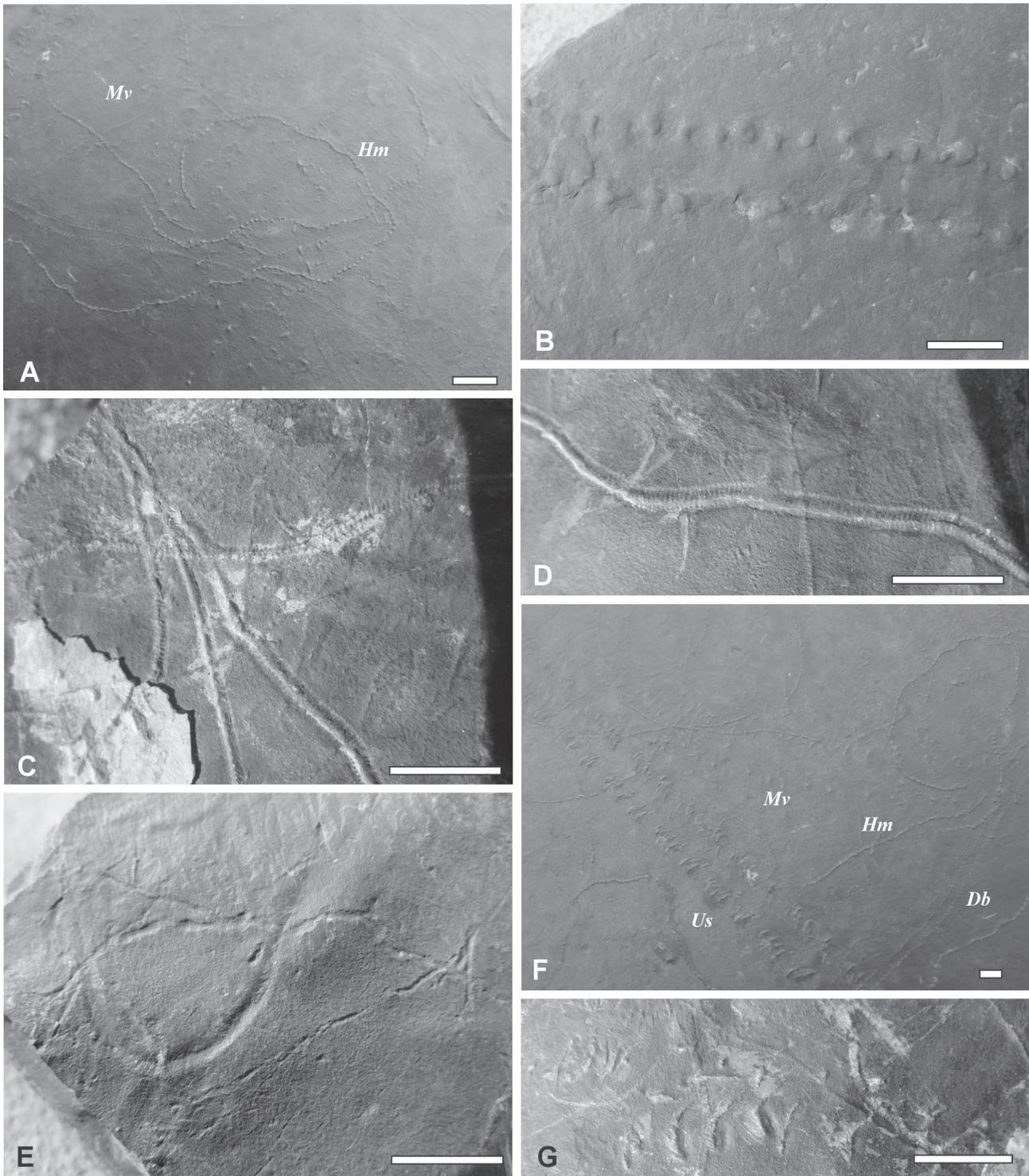


Figura 5. A. *H. meandrica* (*Hm*), sobreposta em palimpsesto por *M. varia* (*Mv*). B. Detalhe da preservação de *M. varia* em hiporrelevo positivo. C. *Protovirgularia* isp. D. Detalhe do padrão em *chevron* de *Protovirgularia* isp. E. *Treptichnus* isp. F. Detalhe da trilha de *U. sinuosa* (*Us*), ocorrendo associada a trilhas de *D. biformis* (*Db*) e *M. varia* (*Mv*), preservadas em palimpsesto sobre *H. meandrica* (*Hm*). G. Detalhe de *U. sinuosa*. Escala: 10 mm.

Figure 5. A. *H. meandrica* (*Hm*), palimpsestic overlapped by *M. varia* (*Mv*). B. Detail of preservation of *M. varia* in positive hyporelief. C. *Protovirgularia* isp. D. Detail of the chevron pattern of *Protovirgularia* isp. E. *Treptichnus* isp. F. Close view of *U. sinuosa* (*Us*), occurring together with *D. biformis* (*Db*) and *M. varia* (*Mv*) and preserved as palimpsest over *H. meandrica* (*Hm*). G. Close view of *U. sinuosa*. Scale bar: 10 mm.

1993a). *T. pollardi* tem sido registrada em ritmitos do Grupo Itararé, tanto em Santa Catarina (Balistieri *et al.*, 2002) quanto no Rio Grande do Sul (Lermen, 2006).

Icnogênero *Umfolozia* Savage, 1971

Umfolozia sinuosa Savage, 1971
Figuras 5F, G

Descrição. Trilha horizontalizada, retilínea a levemente sinuosa, formada por duas fileiras de impressões podiais, organizadas em séries de quatro pares cada. As impressões podiais são bem marcadas, laterais a oblíquas, formando um ângulo de 45° a 60° com o eixo principal da trilha. Cada quatro impressões podiais compõem uma série e as séries se dispõem de forma sucessiva, ao longo de cada fileira. A largura total da trilha é de 7,40 a 25 mm. A distância entre as duas fileiras varia de 2,5 até 11,75 mm, mantendo-se constante em cada exemplar. Comprimento das impressões podiais entre 1,15 e 7,21 mm. Distância entre as séries entre 2 e 6,25 mm. Distância entre os pódios varia de 0,5 a 3,81 mm. Preservação em epi-relevo positivo.

Material. Quatro espécimes, um na amostra UMVT-5550 e três na amostra UMVT-5558.

Discussão. *Umfolozia* foi descrito originalmente em ritmitos do Grupo Dwyka (Bacia do Karoo, África do Sul, Savage, 1971; Anderson, 1975). Trata-se de uma trilha de artrópodes, e foi interpretada por Savage (1971) como resultado do deslocamento de crustáceos sincarídeos ou pericarídeos. Contudo, merostomados, em especial eurípterídeos, são também candidatos a gerarem *Umfolozia*, levando-se em conta a presença de restos de *Hastimima* (Eurypterida) nos depósitos do Permo-Carbonífero da Bacia do Paraná (Mendes, 1977). É comum encontrar *U. sinuosa* relacionada a suítes compostas por outras trilhas de deslocamento de artrópodes, tais como *Diplichnites gouldi* e *Maculichna varia* tanto na área de estudo quanto em depósitos glaciais e periglaciais equivalentes, como os da Bacia de Paganzo (Aceñolaza e Buatois, 1993) e do Grupo Itararé da Bacia do Paraná (Marques-Toigo *et al.*, 1989; Nogueira e Netto, 2001b).

PALEOICNOCENOSE E SUÍTES DE TRAÇOS FÓSSEIS

A paleoicnocenose registrada na pedreira de Águas Claras permite reconhecer a existência de três suítes de traços fósseis distintas: uma composta por organismos de hábito dulciaquícola, outra por organismos de hábito eurihalino e uma terceira por organismos de hábito terrestre.

A suíte dulciaquícola é composta por *Cochlichnus anguineus*, *Gluckstadtella cooperi*, *Hormosiroidea meandrica* e *Treptichnus* isp., onde *H. meandrica* é o componente mais comum. Concentra, preferencialmente, estruturas de alimentação de invertebrados vermiformes de hábito dulciaquícola. É caracterizada por escavações muito superficiais, o que sugere anoxia ou ausência de nutrientes nas camadas mais internas do endobento. O padrão meandriforme de *H. meandrica* é próprio de atividade de pastoreio, reforçando o caráter superficial das escavações. A observação de projeções laterais curtas nos exemplares de *Treptichnus* isp. também pode ser consequência deste deslocamento mais superficial. As projeções laterais em *Treptichnus* nada mais são que a expressão tafonômica de túneis laterais que se projetam verticalmente, conectando o túnel principal da escavação à superfície do substrato (Buatois e Mángano, 1993). Quanto mais curtas são estas projeções, mais próximo da superfície se encontra o túnel principal.

G. cooperi é o único componente epies-tratal da suíte, preservando-se como subimpressões. Segundo Goldring e Seilacher (1971), as subimpressões são relíquias endoestruturais das impressões originais feitas pelos pódios sobre um substrato plástico.

A suíte eurihalina é composta por *Protovirgularia* isp., *Maculichna varia* e *Umfolozia sinuosa*, onde a primeira é o icnotaxon mais abundante na paleoicnocenose da pedreira de Águas Claras. As pistas possuem trajetória relativamente longa e, muitas vezes, sinuosa. Segundo Mángano *et al.* (1998), *Protovirgularia* é bastante comum em substratos sujeitos a evaporação e redução da lâmina de água em zonas tidais, sendo resultado do deslocamento de pelecípodes em busca de substratos mais úmidos, durante a maré baixa. Alguns dos exem-

plares de *Protovirgularia* estão preservados em níveis contendo *G. cooperi*, que ocorre em palimpsesto por sobre *Protovirgularia* isp., sugerindo que as pistas de moluscos tenham precedido as delicadas impressões de repouso de crustáceos. Este padrão de preservação revela uma mudança nas condições ambientais, onde um maior fluxo de água doce possibilitou a recolonização do substrato antes ocupados por organismos de hábito salino por outros de hábito dulciaquícola.

Já as trilhas de deslocamento, representadas nesta suíte por *M. varia* e *U. sinuosa*, preservam-se preferencialmente associadas a níveis ricos em *wrinkle marks*, refletindo assim um hábito pastador para seus produtores (merostomados).

A suíte terrestre é dominada por *Diplichnites gouldi*, contendo ainda *Diplopodichnus bififormis*. A presença exclusiva de trilhas atribuídas a diplópodes nesta suíte revela o caráter terrestre de colonização, já que tais organismos possuem hábito terrestre desde sua origem (Brady, 1947; Buatois *et al.*, 1998b; Draganits *et al.*, 2001; Balistieri *et al.*, 2002). Sua preservação como subimpressões sugere a pastagem sobre esteiras microbianas aqui representadas pelas *wrinkle marks*. Discreta ocorrência de *U. sinuosa* associada a esta suíte foi observada localmente.

CARACTERÍSTICAS DA PALINOFLORA

Em termos palinológicos, a diversidade é relativamente pequena, em comparação com assembléias de outras localidades e mesma posição estratigráfica. A preservação de palinomorfos é moderada e a abundância é baixa. A maior participação é de grãos de pólen monossacados radiais (*Cannanoropollis* e *Plicatipollenites*) e bilaterais (*Potonieisporites* e *Cabeniasaccites*) (Tabela 1), alguns dos quais ilustrados na Figura 6. Os grãos de pólen teniados são representados por *Protobaploxyppinus goraiensis* e *Illinites unicus*, e os poliPLICADOS por espécies de *Vittatina*. Os esporos são raros (*Cristatisporites*) e elementos relativos ao microplâncton não foram registrados. A baixa abundância de palinomorfos nas amostras impediu a análise de palinofácies.

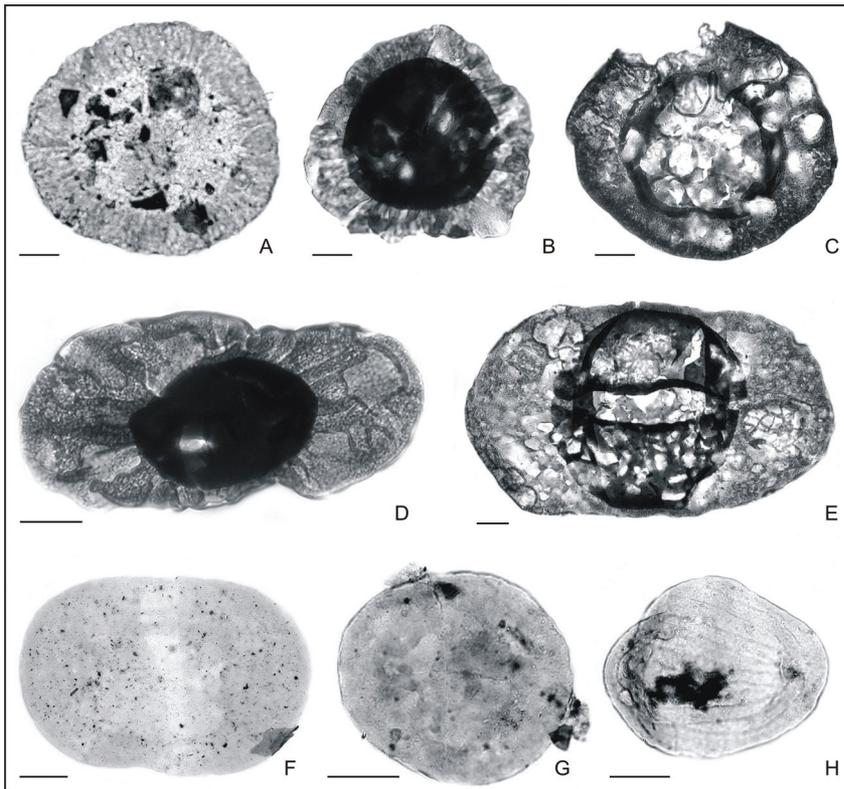


Figura 6. Fotomicrografias de esporomorfos selecionados. A. *Cannanoropollis janakii* (lâmina UMVT PL 07, coordenada England Finder V37); B. *Cannanoropollis densus* (UMVT PL 08, T39); C. *Plicatipollenites trigonalis* (UMVT PL 07, V53); D. *Caheniasaccites flavatus* (UMVT PL 07, Z57); E. *Potonieisporites marleniae* (UMVT PL 07, X45); F. *Protobaploxypinus goraiensis* (UMVT PL 14, Z43); G. *Illinites unicus* (UMVT PL 17, F23); H. *Vittatina vittifera* (UMVT PL 17, L48). Escala: 20 µm.
Figure 6. Photomicrography of selected sporomorphs. Scale bar: 20 µm.

Em termos de componentes da matéria orgânica particulada, os elementos dominantes são os fitoclastos opacos e, subordinadamente, não-opacos, arredondados a alongados, de dimensões variáveis (maioria entre 25-100 µm).

A presença de *Protobaploxypinus goraiensis* e *Illinites unicus* permite o posicionamento dos níveis amostrados na Subzona *Protobaploxypinus goraiensis*, base da Zona *Vittatina costabilis* (Souza e Marques-Toigo, 2003, 2005). Espécies guias das zonas subjacente (zonas *Abrensisporites cristatus* e *Crucisaccites monoletus*) e suprajacente (Zona *Lueckisporites virkekia*) são ausentes (Souza, 2006). Os grãos de pólen monossacados registradas são comuns em praticamente toda a seqüência sedimentar do Paleozóico Superior da bacia, não constituindo elementos guias para posicionamento bioestratigráfico.

DISCUSSÃO

Paleoecologia e paleoambiente

O Grupo Itararé caracteriza o registro da glaciação permocarbonífera na Bacia do Paraná. Enquanto seus depósitos mais basais refletem o total domínio dos eventos glaciais e seus produtos, o terço superior da sucessão registra a deposição decorrente do período de dominância dos processos de degelo que encerraram o ciclo glacial (Schneider *et al.*, 1974; Balistieri, 2003). Os depósitos tabulares rítmicos de granulometria muito fina gerados por fluxos gravitacionais e os frequentes grânulos caídos são sinais discretos dessa influência na pedraira de Águas Claras. Os espessos pacotes de diamictitos e de arenitos fluidizados

observados na região de Mafra por Balistieri (2003) não ocorrem na área de estudo, a qual se assemelha à fácies de ritmitos da Unidade 6 da pedraira de Bela Vista, da mesma região. Segundo a autora, estes depósitos correspondem a ritmitos associados a planícies de marés, dada a freqüente ocorrência de *drapes* de lama entre os siltitos e arenitos finos que compõem os ritmitos por ela observados. A presença de *Protovirgularia* e *Lockeia*, que ocorrem exclusivamente nestes depósitos, foi determinante para a interpretação paleoambiental. *Dipllichnites gouldi* e *Diplopodichnus biformis* são os icnotáxons mais comuns na pedraira Bela Vista e complementam a paleoicnocenose ali observada (Balistieri *et al.*, 2002, Balistieri, 2003).

A paleoicnocenose registrada na pedraira de Águas Claras é, comparativamente, bem mais diversa, reunindo estruturas biogênicas produzidas por organismos continentais e eurihalinos. O material palinológico, proveniente dos mesmos níveis onde ocorrem as suítes icnofossilíferas, revelam uma abundância de fitoclastos opacos, que representam a contribuição continental.

A maior percentagem de fitoclastos opacos revela certa proximidade da área fonte; porém, a predominância de grãos de pólen monossacados por sobre os bisacados e o alto grau de fragmentação apresentado pelos palinomorfs são evidências de transporte prolongado do material palinológico. As descargas de degelo provavelmente foram responsáveis por este transporte, revelando um ambiente mais distal da área fonte.

A icnofauna registrada nos níveis portadores de paleopalinomorfs na pedraira de Águas Claras também reflete esse paleoceanário. A ocorrência de traços fósseis de organismos de hábito dulciaquícola revela que a deposição dos estratos estudados se deu, pelo menos em parte, em corpos de água continentais. Por outro lado, *Protovirgularia* isp. é o icnotáxon mais abundante na sucessão estudada, sugerindo ingresso freqüente de águas marinhas nesses corpos de água e um contexto mais marginal marinho para os depósitos.

Um outro aspecto interessante revelado pela icnofauna é a dinâmica entre perfí-

odos dominados por processos de degelo, onde essas áreas marginais eram inundadas, e subseqüentes períodos de maior estabilidade climática, durante os quais os corpos de água mais rasos formados durante o degelo praticamente secavam, por evaporação ou por queda do nível de base. Essa dinâmica é revelada pela preservação em palimpsesto das suítes dulciaquícola e terrestre e já havia sido observada em outras áreas de ocorrência de ritmitos do Grupo Itararé (Balistieri *et al.*, 2002; Balistieri, 2003; Lermen, 2006).

Estudos preliminares de ciclicidade sugerem que cada par silte-argila dos ritmitos do Grupo Itararé nas pedreiras municipais de Rio Negro (PR) e Fazenda Potreiro (Mafra, SC) corresponda a um intervalo estimado de 18 a 25 anos (Balistieri, 2003). Esse intervalo representa tempo suficiente para que corpos de água rasos possam secar em um clima glacial ou periglacial, onde a umidade relativa do ar costuma ser baixa. Nesses períodos, o meio também experimentaria uma redução na quantidade de água em estado líquido, o que contribuiria para um recuo do nível de base.

Nesse sentido, a grande quantidade de marcas de enrugamento (*wrinkle marks*), observadas nos níveis contendo traços fósseis é um fator relevante. O desenvolvimento de esteiras microbianas em profusão em geral acontece em ambientes aquáticos rasos e quietos, onde a ação de correntes junto ao fundo é mínima (Noffke *et al.*, 2002, 2003). Estas condições de baixíssima circulação geram uma forte disaerobiasa junto ao substrato, reduzindo significativamente a ação bioturbadora e favorecendo o florescimento das esteiras. Compostas por cianobactérias filamentosas (Noffke *et al.*, 2002, 2003), servem como nutrientes para a escassa fauna endobentônica que aí consegue se estabelecer, alimentando-se de outros organismos e de resíduos acumulados na base da esteira. Comportamento similar foi utilizado por Seilacher e Plüfger (1994) para explicar a “revolução agrônômica” ocorrida ao final do Ediacarano, cuja presença incipiente de metazoários endobiontes favoreceu o desenvolvimento extensivo das esteiras microbianas. A rápida diversificação desses metazoários na passagem Pro-

terozóico-Fanerozóico, contudo, potencializou a atividade bioturbadora e inibiu drasticamente a formação de esteiras sobre o substrato, passando as mesmas a se desenvolver ao redor de grãos ou de aglomerados de grãos de sedimentos, dentro do substrato (Seilacher e Plüfger, 1994).

Esteiras microbianas ocupando extensivamente a superfície de substratos subaquáticos são comuns, hoje, apenas em ambientes hipersalinos (Porada e Bouougrí, 2007; Noffke *et al.*, 2002, 2003). A alta concentração de sal inibe a vida animal junto ao substrato nesses ambientes e favorece o crescimento das esteiras, formando inclusive estruturas estromatolíticas.

No caso do Grupo Itararé, as baixas temperaturas devem ter sido o principal fator responsável por criar um ambiente favorável para a proliferação dessas esteiras. Em condições de lâmina de água espessa, como em lagos periglaciais, a superfície da água congela, mas o fundo não. A fauna endobentônica não é afetada pelas baixas temperaturas, mas a oxigenação junto ao fundo fica comprometida pela falta de circulação de correntes de fundo, eliminando as comunidades bentônicas, mas não necessariamente afetando a ação bacteriana. Por outro lado, em condições de lâmina de água rasa, como em banhados de planícies de *rainout*, o congelamento da superfície da água afeta diretamente a comunidade de fundo, pela redução drástica no suprimento de oxigênio livre e pela variação da temperatura do fundo, que tende a acompanhar a da superfície. Apenas as bactérias estariam aptas a resistir a tais condições ambientais (Rupert e Barnes, 1996).

A presença de trilhas de miriápodes por sobre as marcas de enrugamento nos ritmitos analisados sugere que os fundos desses corpos de água ficavam parcial ou totalmente expostos com frequência. A redução da lâmina de água expôs as esteiras ao ar, que serviram de alimento aos artrópodes terrestres. A umidade retida no interior da esteira e a concentração de sedimentos plásticos (argila) entre seus filamentos favoreceram a preservação de subimpressões dos pódios desses artrópodes, preservando suas trilhas (Goldring e Seilacher, 1971). Essa mesma

umidade impede que a superfície do substrato resseque, durante a exposição, o que explicaria a ausência de fendas de ressecamento.

Assim, aumentos significativos na temperatura gerariam ciclos de degelo, aportando um volume de água doce significativo nas zonas marginais marinhas, e acumulando estas águas em baixios de planícies distais. A maior umidade disponível no sistema nesses períodos favoreceria ao desenvolvimento da vegetação higrófila e geraria uma maior oxigenação do substrato, permitindo a bioturbação endoestratal. Quando as condições de temperatura mais baixas retornassem e o degelo cessasse, os corpos de água ficariam estagnados e a oxigenação junto ao fundo se reduziria, favorecendo o desenvolvimento das esteiras microbianas.

A julgar pela moderna distribuição de artrópodes terrestres (dominâncias de insetos dípteros sobre os demais grupos, Ruppert e Barnes, 1996) em altas latitudes, esses períodos deveriam coincidir com um novo ciclo de aumento da temperatura.

CONCLUSÕES

Nos depósitos rítmicos da pedreira de Águas Claras, foram reconhecidas as icnoespécies *Cochlichnus anguineus*, *Diplichnites gouldi*, *Diplopodichnus bififormis*, *Gluckstadella cooperi*, *Hormosiroidea meandrica*, *Maculichna varia*, *Protovirgularia* isp., *Treptichnus* isp. e *Umfolozia sinuosa*. Três suítes de traços fósseis foram identificadas e de acordo com o hábito terrestre, dulciaquícola e salobro/marinho de seus produtores. A dominância de trilhas de deslocamento de artrópodes terrestres e aquáticos preservadas sobre marcas de enrugamento e de escavações rasas de organismos vermiformes sugere a busca por nutrientes como principal desencadeador da atividade biogênica nesses substratos, tanto por meio da coleta de detritos nas camadas mais superficiais do substrato quanto pelo pastoreio nas esteiras microbianas. A presença de trilhas de miriápodes em praticamente todos os pares silte-argila da fácies de ritmitos exposta no intervalo basal da sucessão estudada demonstra a ciclicidade desses eventos e sugere que os corpos

de água, formados durante os períodos de degelo, eram rasos.

O conteúdo palinológico com uma associação com predominância de grãos de pólen monossacados radiais e bilaterais (*Campanoropollis*, *Plicatipollenites*, *Potoneisporites*, *Cabeniasaccites*), e a pequena ocorrência de tipos teniados (*Protobaploxypinus*, *Illinites*) e de esporos, confirma a proximidade com o continente. A fragmentação da maior parte do material esporopolínico e seu retrabalhamento sugere longo transporte desde a área fonte até a bacia de deposição e a presença de quantidade razoável de matéria orgânica amorfa revela a forte influência continental.

Em termos estratigráficos, a presença de grãos de pólen das espécies *Protobaploxypinus*, *Illinites* e *Vittatina* sugere correlação do material com a Subzona de *Protobaploxypinus goraiensis*, base da Zona de intervalo de *Vittatina costabilis* (VcZ), posicionada no Permiano Inferior (Asseliano/Sakmario).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Patrícia Balistieri, Roberto D'Ávila, Ariane dos Santos e Anamaria Stranz pela colaboração em campo e pelas prolicuas discussões; ao CNPq (processos 474345/03-3, 304811/2004-1 e 474153/2004-5), pelo financiamento do trabalho de campo e suporte a RGN e PAS, na forma de bolsa de produtividade em pesquisa; à FAPERGS, pelo suporte a RG, na forma de bolsa de iniciação científica; à UNISINOS (PPGeo e NITGeo/Lavigea) e à UFRGS (Lab. de Palinologia/Inst. Geociências) pela infraestrutura laboratorial e suporte técnico; à Ubiratan Faccini, Tânia Dutra, Angeles Beri e Patricia Balistieri, pela avaliação dos originais, cujos comentários foram fundamentais para seu aprimoramento.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, A.M. 1975. Turbidites and arthropod trackways in the Dwyka glacial deposits (Early Permian) of Southern Africa. *Transactions of the Geological Society of South Africa*, **78**:265-273.
- ACEÑOLAZA, F.G. e BUATOIS, L.A. 1993. Nonmarine perigondwanic trace fossils from the Paleozoic of Argentina. *Ichnos*, **2**:183-201.
- BALISTIERI, P.R.M.N. 2003. *Paleoicnologia da porção superior do Grupo Itararé na região de Mafra (SC): limitações paleoecológicas, paleoambientais e estratigráficas*. São Leopoldo, UNISINOS, Tese de Doutorado, 247 p.
- BALISTIERI, P. e NETTO, R.G. 2002. A Glossifungites suite in deposits of the Itararé Group (Upper Carboniferous-Lower Permian of the Paraná Basin) at Mafra region, north of Santa Catarina State, Brazil: ichnotaxonomy, and paleoecological and stratigraphical constraints. *Acta Geologica Leopoldensia*, **55**:91-106.
- BALISTIERI, P.; NETTO, R.G. e LAVINA, E.L. 2002. Ichnofauna from the Upper Carboniferous-Lower Permian rhythmites from Mafra, Santa Catarina State, Brazil: ichnotaxonomy. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **4**:13-26.
- BALISTIERI, P.; NETTO, R.G. e LAVINA, E.L. 2003. Ichnofauna de ritmitos do topo da Formação Mafra (Permo-Carbonífero da Bacia do Paraná) em Rio Negro, Estado do Paraná (PR), Brasil. *Publicación Especial de la Asociación Paleontológica Argentina*, **9**:131-139.
- BRADY, L.F. 1947. Invertebrate tracks from the Coconino sandstone of northern Arizona. *Journal of Paleontology*, **21**(5):466-472.
- BUATOIS, L.A.; JALFIN, G. e ACEÑOLAZA, F.G. 1997. Permian nonmarine invertebrate fossils from Southern Patagonia, Argentina: ichnologic signatures of substrate consolidation and colonization sequences. *Journal of Paleontology*, **71**(2):324-336.
- BUATOIS, L.A. e MÁNGANO, M.G. 1993. Trace fossils from a Carboniferous turbiditic lake: implications for the recognition of additional nonmarine ichnofacies. *Ichnos*, **2**:237-258.
- BUATOIS, L.A.; MÁNGANO, M.G. e LANIER, W.P. 1998a. Allostratigraphic and sedimentologic applications of the trace fossils to the study of incised estuarine valleys: an example from the Virgilian Tonganoxie Sandstone Member of Eastern Kansas. *Current Research in Earth Sciences*, **241**:1-27.
- BUATOIS, L.A.; MÁNGANO, M.G. e LANIER, W.P. 1998b. Taxonomic reassessment of the ichnogenus *Beaconichnus* and additional examples from the carboniferous of Kansas, USA. *Ichnos*, **5**:287-302.
- CLARKSON, E.N.K. 1996. *Invertebrate paleoecology and Evolution*. 3ª ed., Londres, Chapman e Hall, 434 p.
- DIAS-FABRÍCIO, M.E. e GUERRA-SOMMER, M. 1989. Síntese dos estudos icnológicos do Grupo Itararé no Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, **22**:71-88.
- DRAGANITS, E.; BRADY, S.J. e BRIGGS, D.E.G. 2001. A Gondwanan coastal arthropod ichnofauna from the Muth Formation (Lower Devonian, Northern India): paleoenvironment and tracemaker behavior. *Palaaios*, **16**:126-147.
- FERNANDES, A.C.S.; CARVALHO, I. de S. e NETTO, R.G. 1987. Co-men-tário sobre os traços fósseis do paleolago de Itu, SP. In: SIM-PÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, Rio Claro, SP, *Anais*, SBG, **1**:297-312.
- GANDINI, R.; BALISTIERI, P.; SOUZA, P.A. e NETTO, R.G. 2004. Análise palinológica de folhelhos pretos do Grupo Itararé aflorantes em Mafra (SC): estudos preliminares. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16, Porto Alegre, *Resumos*, UFRGS, p. 111.
- GOLDRING, R. e SEILACHER, A. 1971. Limulid undertracks and their sedimentological implications. *Neues Jahrbuch Geologie und Paläontologie, Abh.*, **137**(3):422-442.
- GUERRA-SOMMER, M.; PICCOLI, A.E.M. e DIAS-FABRÍCIO, M.E. 1985. Icnofósseis em varritos do Grupo Itararé, Permiano Inferior, Bacia do Paraná, RS, Brasil. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 3, México, *Anais*, p. 130-139.
- HANTZSCHEL, W. 1975. *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Part W, Miscellaneous, supplement 1, Trace fossils and problemática. University of Kansas and Geological Society of America, Kansas, 269 p.
- LERMEN, R. 2006. *Assinaturas icnológicas em depósitos glaciogênicos do Grupo Itararé no RS*. São Leopoldo, UNISINOS, Dissertação de Mestrado, 84 p.
- KEIGHLEY, D.G. e PICKERILL, R.K. 1996. Small *Cruziana*, *Rusophycus*, and related ichnotaxa from eastern Canada: the nomenclatural debate and systematic ichnology. *Ichnos*, **4**:261-285.
- JOHNSON, E.W.; BRIGGS, D.E.G.; SUTHERN, R.J.; WRIGHT, J.L. e TUNNICLIFF, S.P. 1994. Non-marine arthropod traces from the subaerial Ordovician Borrowdale Volcanic Group, English Lake District. *Geological Magazine*, **131**:395-406.

- MÁNGANO, M.G.; BUATOIS, L.A.; WEST, R.R. e MAPLES, C.G. 1998. Contrasting behavioural and feeding strategies recorded by tidal-flat bivalve trace fossils from the Upper Carboniferous of eastern Kansas. *Palaio*, **13**:335-351.
- MARQUES-TOIGO, M.; DIAS-FABRÍCIO, M.E.; GUERRA-SOMMER, M.; CAZZULO-KLEPZIG, M. e PICCOLI, A.E.M. 1989. Afloramentos da área de Trombudo Central, Permiano Inferior, Santa Catarina: palinologia, icnologia e sedimentologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, Curitiba, *Anais*, SBP, p. 125-150.
- MENDES, J.C. 1977. *Paleontologia geral*. São Paulo, USP, 342 p.
- NETTO, R.G. 1987. Sobre a ocorrência de *Neonereites* Seilacher, 1960 no Permiano do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, Rio de Janeiro, *Anais*, SBP, **1**:285-290.
- NOFFKE, N.; KNOLL, A.H. e GROTZINGER, J.P. 2002. Sedimentary controls on the formation and preservation of microbial mats in siliciclastic deposits: a case study from the Upper Neoproterozoic Nama Group, Namibia. *Palaio*, **17**:533-544.
- NOFFKE, N.; GERDES, G. e KLENKE, T. 2003. Benthic cyanobacteria and their influence on the sedimentary dynamics of peritidal depositional systems (siliciclastic, evaporitic salty, and evaporitic carbonatic). *Earth-Science Reviews*, **62**:163-176.
- NOGUEIRA, M.S. e NETTO, R.G. 2001a. A presença de *Cruziana* nos sedimentos da Formação Rio do Sul (Grupo Itararé, Permiano da Bacia do Paraná) na pedreira Itaú-Itaúna, Santa Catarina, Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, **52/53**:387-396.
- NOGUEIRA, M.S. e NETTO, R.G. 2001b. Icnofauna da Formação Rio do Sul (Grupo Itararé, Permiano da Bacia do Paraná) na pedreira Itaú-Itaúna, Santa Catarina, Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, **52/53**:397-406.
- PAZ, C.P.; NETTO, R.G. e BALISTIERI, P. 2002. Biomecânica de decápodes e variações morfológicas das assinaturas icnológicas, de acordo com a natureza e a consistência do substrato. *Paleontologia em Destaque*, **40**:22.
- PORADA, H. e BOUOUGRI, E.H. 2007. Wrinkle structures – a critical review. *Earth-Science Reviews*, **81**:199-215.
- ROCHA-CAMPOS, A.C. 1967. The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná basin. In: J.J. BIGARELLA; R.D. BECKER e I.D. PINTO (eds.), *Problems in Brazilian Gondwana Geology*, Curitiba, IUGS, p. 27-102.
- RUPERT, E.E. e BARNES, R.D. 1996. *Zoologia dos Invertebrados*. 6ª ed., São Paulo, Roca, 1.029 p.
- SANTOS, P.R.; CAMPOS, A.C. e CANUTO, J.R. 1996. Patterns of late Paleozoic deglaciation in the Paraná Basin, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **125**:165-184.
- SAVAGE, N.M. 1971. A varvite ichnocoenosis from the Dwyka Series of Natal. *Lethaia*, **4**:217-233.
- SCHNEIDER, R.L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F. e NOGUEIRA, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, *Anais*, SBG, **1**:41-65.
- SEILACHER, A. e PFLÜGER, F. 1994. From biomats to benthic agriculture: a biohistoric revolution. In: W.E. KRUMBEIN; D. M. PETERSON e L.J. STAL (eds.), *Biostabilization of sediments. Bibliotheks und Informationssystem der Carl von Ossietzky, Universität Odenburg*, 97-105.
- SEILACHER, A. e SEILACHER, E. 1994. Bivalvian trace fossils: a lesson from actupaleontology. *Courier Forschung, Senckenberg*, **169**:5-15.
- SOUZA, P.A. 2006. Late Carboniferous palynostratigraphy of the Itararé Subgroup, northeastern Paraná Basin, Brazil. *Review of Paleobotany and Palynology*, **138**:9-29.
- SOUZA, P.A.; MARQUES-TOIGO, M. 2003. An overview on the palynostratigraphy of the Upper Paleozoic strata of the Brazilian Paraná Basin. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, nueva serie*, **5**:205-214.
- SOUZA, P.A. e MARQUES-TOIGO. 2005. Progress on the palynostratigraphy of the Permian strata in Rio Grande do Sul State, Paraná Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **77**(2):353-365.
- UCHMAN, A. 1998. Taxonomy and ethology of flysch trace fossils: revision of the Marian Książkiewicz collection and studies of complementary material. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **68**:105-218.

Submetido em 06/08/2007

Aceito em 10/11/2007