

Icnofauna de ritmitos do topo da Formação Mafra (Permo-Carbonífero da Bacia do Paraná) em Rio Negro, Estado do Paraná (PR), Brasil

Patricia BALISTIERI¹, Renata Guimarães NETTO¹ e Ernesto Luiz Correa LAVINA¹

Abstract. ICHNOFAUNA FROM RHYTHMITES AT THE TOP OF THE MAFRA FORMATION (PERMIAN-CARBONIFEROUS OF THE PARANÁ BASIN) IN RIO NEGRO, PARANÁ STATE (PR), BRAZIL. The first occurrence of trace fossils from rhythmites at the top of the Mafra Formation (the middle unit of the Itararé Group, Paraná Basin, southern Brazil) is recorded at the Rio Negro quarry (Rio Negro, Paraná State). The assemblage consists of arthropod intrastratal trails and trackways, and is similar to those documented in the Rio do Sul Formation (top of the Itararé Group) by previous authors. The assemblage includes: *Cruziana*, *Diplichnites*, *Diplopodichnus* and *Protichnites*. *Diplichnites* is dominant commonly forming monospecific suites. The Rio Negro quarry succession consists of tabular, rhythmic deposits of parallel-laminated mudstones and siltstones, forming thickening and shallowing upward cycles. Mudstones, diamictites and sandstones overlie the rhythmites. Integrated ichnologic and sedimentologic analysis of these deposits suggests deposition in mud flats associated to marginal marine environments. The trace fossil assemblage resembles those recorded in modern backshore dunes and interdunes and non marine environments, being equivalent to others assigned to backshore, alluvial plains and lacustrine margins in Paleozoic rocks. However, no archetypical ichnofacies could be recognized.

Resumo. Registra-se, na pedreira da Prefeitura de Rio Negro (PR, sul do Brasil), a ocorrência de traços fósseis em ritmitos do topo da Formação Mafra (Grupo Itararé, Bacia do Paraná). A assembléia é composta por trilhas de deslocamento e pistas intraestratais de artrópodes, sendo similar a outras previamente descritas para a Formação Rio do Sul, sobrejacente. A icnoassembléia contém *Cruziana*, *Diplichnites*, *Diplopodichnus* e *Protichnites*, com dominância de *Diplichnites*, em geral formando suítes monoespecíficas. A sucessão sedimentar exposta na pedreira de Rio Negro consiste de depósitos rítmicos, tabulares, formados por pares milimétricos a centimétricos de siltitos com laminação plano-paralela e argilitos maciços, formando ciclos de arrasamento estratocrescentes. Argilitos laminados, diamictitos e arenitos sobrepõem-se aos ritmitos. A análise integrada da icnologia e da sedimentologia dos depósitos sugere deposição em planícies lamosas associadas a ambientes marginais marinhos. A icnoassembléia é semelhante àquelas registradas em depósitos de dunas e interdunas em praias modernas e em depósitos não marinhos, sendo equivalente a outras registradas em depósitos de *backshore*, planícies aluviais e margens lacustres, em depósitos paleozóicos. Contudo, não foi possível relacioná-la a qualquer das icnofácies arquetípicas conhecidas.

Key words. Trace fossils. Ichnology. Permo-Carboniferous. Brazil. Glaciation. Itararé Group. Mafra Formation.

Palavras chave. Traços fósseis. Permo-Carbonífero. Brasil. Ambientes glaciais. Grupo Itararé. Formação Mafra.

Introdução

O estudo de traços fósseis, integrado à análise sedimentológica, tem permitido efetuar importantes considerações relacionadas aos parâmetros ambientais que dominam a arquitetura das seqüências deposicionais (Frey e Pemberton, 1984). Os ambientes glaciais, por serem complexos, são especiais no que diz respeito a seus padrões deposicionais. As assembléias de traços fósseis de depósitos glaciais têm evidenciado características muito específicas, geral-

mente apresentando baixa icnodiversidade e dominância de poucos ou de um único icnogênero.

A icnofauna aqui discutida pertence a uma pedreira do município de Rio Negro (Estado do Paraná), na fronteira entre os estados do Paraná e Santa Catarina, cujas rochas correspondem ao topo da Formação Mafra (Grupo Itararé). A análise preliminar das estruturas biogênicas foi realizada no próprio afloramento e o refinamento icnotaxonômico teve por base a descrição de amostras coletadas especificamente para esse fim.

Contexto geológico regional

O final do Carbonífero e início do Permiano foi marcado, no Gondwana, por uma extensiva

¹PPGeo UNISINOS, Av. Unisinos, 950, 93022-000 São Leopoldo RS, Brasil

patricia@euler.unisinos.br

nettorg@euler.unisinos.br

lavina@euler.unisinos.br

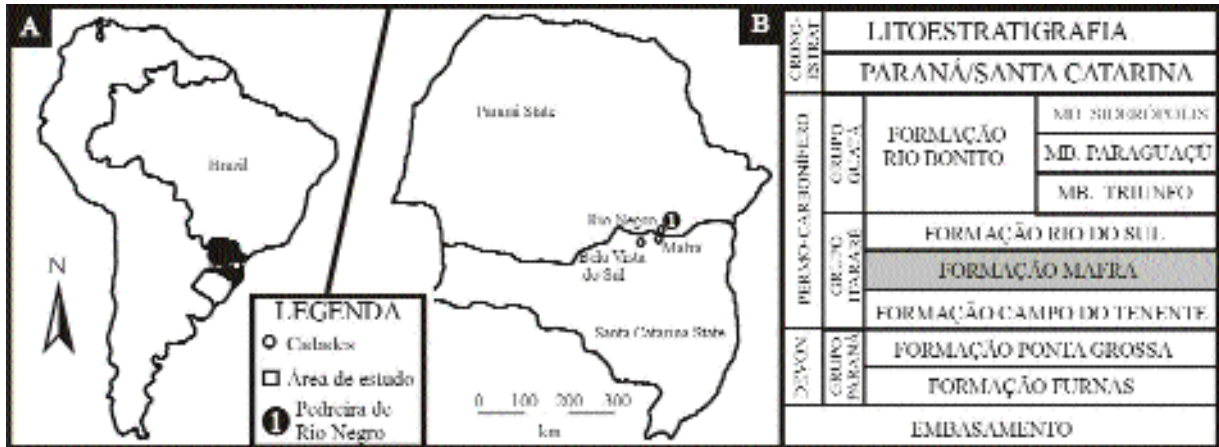


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. **A**, Mapa de localização dos estados do Paraná e Santa Catarina na América do Sul, com a área de estudo demarcada, e mapa de localização do afloramento estudado (detalhe); **B**, Coluna estratigráfica dos estados do Paraná e Santa Catarina a partir de Schneider *et al.* (1974), com a unidade estudada destacada em cinza. / Location map of the Rio Negro quarry. **A**, location map of the states of Paraná and Santa Catarina, South America, and Rio Negro quarry (detail); **B**, Litho and chronostratigraphic chart for the states of Paraná and Santa Catarina (modified from Schneider *et al.*, 1974) showing the studied formation in grey.

glaciação, que abrangeu, praticamente, todas as terras posicionadas em paleolatitudes maiores que 35° S (sul da América do Sul, da África, Antártica, Austrália e Índia). Os sedimentos permo-carboníferos associados a esse importante evento de glaciação global têm sido alvo de diversos trabalhos, desde o fim do século XIX. No Brasil, o primeiro trabalho a relatar a existência destes sedimentos foi o de White (1908), na Bacia do Paraná, o qual citou, inclusive, a cidade de Rio Negro (Paraná).

Desde então, diversos trabalhos foram realizados buscando uma melhor compreensão das características deposicionais destes sedimentos e de seu significado na evolução da Bacia do Paraná (Mendes, 1962; Rocha-Campos, 1963; Loczy, 1964; Frakes e Crowell, 1969; Rocha-Campos *et al.*, 1969; Schneider *et al.*, 1974; Soares *et al.*, 1977; Gravenor e Rocha-Campos, 1983; Lopes *et al.*, 1986; Gama Júnior *et al.*, 1992).

Os depósitos glaciais da porção brasileira da Bacia do Paraná foram descritos, nomeados e reunidos por Schneider *et al.* (1974) no Grupo Itararé, que compreende, na região sul do Brasil, as formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul (figura 1).

A Formação Campo do Tenente é constituída por depósitos lacustres, gerados em ambientes altamente oxidantes e sob influência glacial direta, representados por argilitos castanho avermelhados com clastos pingados e, secundariamente, por ritmitos e diamictitos de matriz arenosa e mesma coloração. A Formação Mafra é dominada por arenitos finos a médios amarelados compondo uma complexa associação de fácies, indicadoras de ambiente com características fluviais, na base, e marinhas, na sua porção média e superior, ainda sob influência de clima glacial. Ritmitos siltico-argilosos (entre eles o afloramento aqui analisado) e diamictitos aparecem subordinados aos arenitos, no topo da sucessão. A

Formação Rio do Sul, que encerra o ciclo deposicional Itararé na Bacia do Paraná, é composta por depósitos essencialmente marinhos, localmente evidenciando a influência de marés, caracterizados por uma sucessão de folhelhos cinza escuros e pretos, ritmitos finamente laminados, diamictitos de matriz siltico-argilosa e arenitos finos (Schneider *et al.*, 1974).

Sedimentologia

Os traços fósseis documentados na pedra de Rio Negro estão contidos em ritmitos siltico-argilosos (figura 2), compostos por delgadas lâminas ou camadas centimétricas de silte, de geometria tabular, gradando para lâminas de argila no topo, formando sucessivos pares de silte-argila. Tanto a porção silte quanto a porção argila de cada par pode conter clastos caídos, em tamanhos que variam desde grânulo até cerca de 20 cm de diâmetro (matação de granito). O ritmo siltico-argiloso icnofossilífero é sobreposto por um argilito laminado vermelho, com 18 m de espessura, onde não foram observados traços fósseis. No topo do afloramento, em contato erosivo com o argilito vermelho, ocorre um nível de diamictito de matriz siltica, com clastos dispersos, com cerca de 10 m de espessura. Sobre o diamictito, arenitos amarelados, muito finos a finos, com laminação ondulada truncada (*hummocky cross-stratification*), se intercalam a arenitos médios, quartzosos, bem selecionados, apresentando estratificação cruzada acanalada de pequeno a grande porte (*trough cross-stratification*) e laminação cruzada cavalgante (*climbing-ripple lamination*).

A sucessão de fácies de ritmitos siltico-argilosos pode ser subdividida em três grandes pacotes, de acordo com a espessura das lâminas de silte e de argila de cada par e com a assembléia icnofossilífera pre-

sente. Cada um destes pacotes contém ciclos grano e estratocrescentes, com espessuras entre 0,5 e 3 m. Da base para o topo da pedreira, podem ser diferenciados: (i) 2,5 m de ritmitos onde as lâminas de silte e de argila apresentam espessura média de 0,8 mm, podendo, em alguns ritmos, a quantidade de silte chegar a ser menor que a de argila. Neste pacote, o icnogênero *Diplichnites* é comumente observado, com índice de bioturbação horizontal entre 1 e 2 (Miller e Smail, 1993); (ii) 6 m de ritmitos em que a espessura média das lâminas de silte e de argila de pode chegar a 3 mm e onde não há registro de traços fósseis; e (iii) 14,5 m de ritmitos onde a quantidade de silte pode ser até dez vezes maior que a de argila, com espessuras médias de 10 mm para 1 mm, apresentando uma icnofauna dominada pelo icnogênero *Diplopodichnus*, com *Diplichnites*, *Cruziana* e *Protichnites* subordinados e índice de bioturbação entre 4 e 5.

A sucessão sedimentar da pedreira de Rio Negro reflete deposição em ambiente marginal marinho, transgressivo. A sedimentação inicial se dá em planícies marginais, representadas pela associação de fácies de ritmitos siltico-argilosos, em ambiente subaquático muito raso, que posteriormente é inundado (argilitos vermelhos e diamictitos), dando lugar a depósitos transgressivos de shoreface, caracterizados pelos arenitos, cujas estratificações foram geradas pela ação de onda e de correntes de maré.

Registros icnofossilíferos do Grupo Itararé

Apesar da profusão de trabalhos versando sobre as rochas glaciais da Bacia do Paraná, pouco se escreveu sobre a icnofauna destes depósitos. O primeiro registro coube a Maury (1927), que reconheceu, em uma “ardósia quase preta” de Anitápolis (SC), trilhas que a autora descreveu como “rastros franjados que parecem ter sido produzidos por anelídeos ou por formas a ele correlacionadas, como se rastejassem por cima da argila fina...”. Após Maury (1927), Rocha-Campos (1967) fez menção à presença de icnofósseis em ritmitos do Grupo Itararé, em São Paulo, atribuídos ao intervalo médio da Formação Rio do Sul, estudados preliminarmente por Glaessner (1957) e, posteriormente, por Fernandes *et al.* (1987), que reconheceram ali a ocorrência dos icnogêneros *Isopodichnus* e *Diplichnites*. Marques-Toigo *et al.* (1989) promoveram uma análise integrada da palinologia e da paleoicnologia da Formação Rio do Sul (topo do Grupo Itararé), registrando a presença dos icnogêneros *Umfolozia*, *Isopodichnus*, *Kouphichnium*, *Gordia* e *Gyrochorte*, além de estruturas de repouso e de escape.

Estudos que visam a utilização da icnofauna na análise estratigráfica dos depósitos da Formação Rio do Sul aflorantes próximos a Trombudo Central (SC)

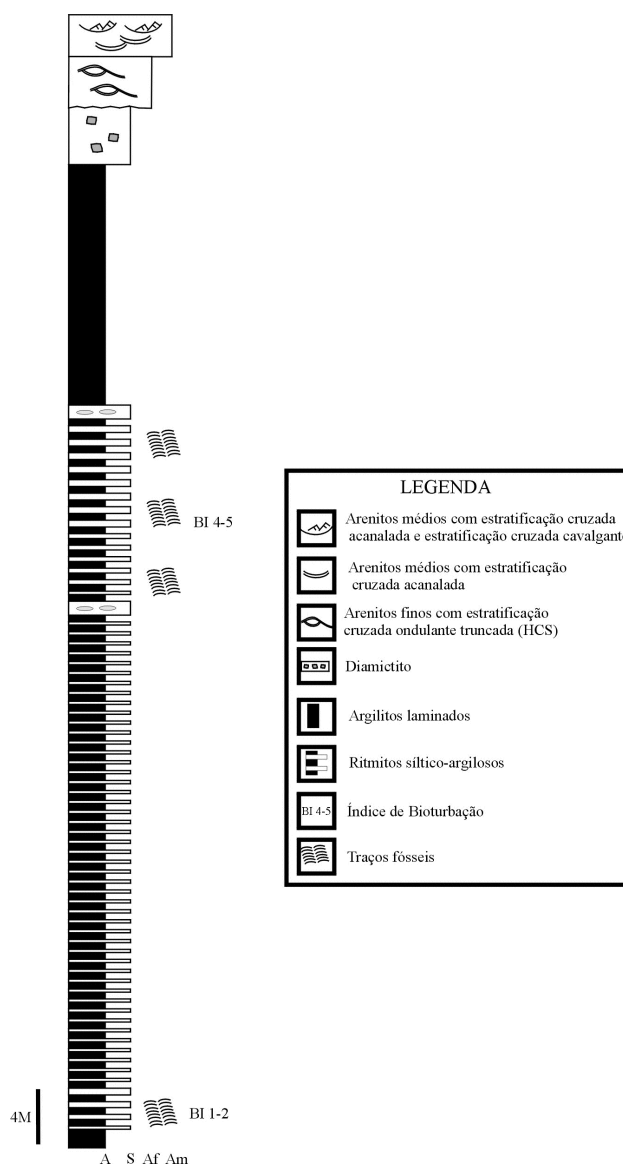


Figura 2. Perfil esquemático do afloramento da Pedreira da Prefeitura de Rio Negro. / *Generalized graphic log of the Rio Negro quarry section.*

foram efetuados por Nogueira e Netto (2001), que reconheceram a presença dos icnogêneros *Umfolozia*, *Diplopodichnus*, *Diplichnites*, *Helminthoidichnites*, *Neonereites*, *?Hormosiroidea*, *Cruziana*, *Rusophycus* e *Gluckstadtella*.

ICNOLOGIA SISTEMÁTICA

As amostras coletadas na pedreira de Rio Negro fazem parte do acervo do Centro Paleontológico de Mafra (SC), catalogadas com o prefixo CP. A partir das diagnoses originais constantes em Häntzschel (1975) e em estudos de revisão, quatro icnogêneros foram reconhecidos na pedreira, dentre eles *Cruziana*, *Diplichnites*, *Diplopodichnus* e *Protichnites*,

com uma grande dominância do icnogênero *Diplichnites* em relação aos demais.

ICNOGÊNERO *Cruziana* d'Orbigny, 1842

Cruziana isp.

Figura 3.A

Descrição. Pista intraestratal bilobada, com sulco mediano bem marcado e finas estrias dispostas obliquamente em relação ao sulco mediano, arranjados com um padrão de chevron. Largura de 0,5 cm. Preservada em hiporrelevo positivo.

Material. Dois espécimens das amostras CP/P 13 e 24.

Discussão. O icnogênero *Cruziana* corresponde a pistas intraestratais, superficiais a relativamente profundas, geralmente interpretadas como estruturas de locomoção por ação sincronizada de múltiplos apêndices, ou de locomoção combinada a alimentação (Crimes, 1970; Seilacher, 1955, 1970). Embora seja atribuído à atividade de trilobitomorfos (Häntzschel, 1975) e considerado como indicativo de ambientes marinhos, alguns autores o citam como componente de icnofaunas não marinhas paleozóicas e pós-paleozóicas (Bromley e Asgaard, 1979; Gradzinski e Uchman, 1994; MacNaughton e Pickerill, 1995; Zhang *et al.*, 1998). Da mesma forma, escavações bilobadas estriadas atribuídas a *Isopodichnus* (sinônimo júnior de *Cruziana* / *Rusophycus*) têm sido reportadas para depósitos continentais paleozóicos e pós-paleozóicos, e interpretadas como atividade de deslocamento de crustáceos notostráceos, sincarídeos e pericarídeos, e de miriápodes (Savage, 1971; Bromley e Asgaard, 1979; Anderson, 1981; Pollard, 1985; Guerra-Sommer *et al.*, 1985; Fernandes *et al.*, 1987; Dias-Fabrizio e Guerra-Sommer, 1989; Marques-Toigo *et al.*, 1989; Aceñolaza e Buatois, 1993).

ICNOGÊNERO *Diplichnites* Dawson, 1873

Diplichnites gouldi (Gevers, in Gevers *et al.*, 1971)

Figuras 3.B, C e D

Descrição. Trilhas simples e bisseriadas, consistindo de duas fileiras de impressões que apresentam grande variabilidade preservacional. As impressões são retilíneas ou elipsóides, orientadas obliquamente ao eixo da trilha. Preservadas em hiporrelevo positivo e em epirrelevo negativo. A trilha apresenta largura externa de 5 mm.

Material. 28 espécimens das amostras CP/P 12 a 16, 21a, 24, 25, 27, 39, além de muitos espécimens observados no afloramento.

Discussão. Embora o icnogênero *Diplichnites* não tenha sido originalmente considerado por Dawson (1873) como consequência do deslocamento de trilobitas, Seilacher (1955), Gevers *et al.* (1971) e

Mángano *et al.* (2001) o assumem como tal. Para Buatois *et al.*, (1998a), o modo de locomoção inferido pela icnoespécie *D. gouldi*, documentada em depósitos transicionais de ambiente fluvial a estuarino, no Carbonífero do Kansas, é mais sugestivo de deslocamento de miriápodos. O tipo de preservação de *Diplichnites* pode refletir processos tafonômicos e padrões comportamentais. De acordo com Gevers *et al.* (1971), *D. gouldi* e *Diplopodichnus* apresentam diferenças morfológicas sutis, o que dificulta o reconhecimento de um ou de outro icnogênero. Buatois *et al.* (1998a) consideraram a existência de uma transição morfológica entre *Diplichnites* e *Diplopodichnus*, incluindo os exemplares de *D. gouldi* descritos por Gevers *et al.* (1971) que apresentavam sulcos no icnogênero *Diplopodichnus*, enquanto aqueles sem sulcos foram considerados como *Diplichnites*. Experimentos realizados por Johnson *et al.* (1994) com o *Oniscus asellus* (pequeno inseto que habita troncos e solos úmidos) mostraram que os sulcos (atribuídos ao icnogênero *Diplopodichnus*) são produzidos em substratos úmidos, e as trilhas sem sulcos (*Diplichnites*) se formam em substrato mais seco. A preservação destas trilhas em sedimento úmido e firme também foi registrada no Siluriano de Newfoundland por Wright *et al.* (1995), e no Permo-Carbonífero brasileiro por Nogueira e Netto (2001). *D. gouldi* tem sido registrado em fácies transicionais lacustres a subaéreas do Ordoviciano da Inglaterra (Johnson *et al.*, 1994), e em fácies fluviais do Siluriano da Austrália (Trewin e McNamara, 1995). Espécimens do Permiano de New Mexico foram encontradas em depósitos de planície de maré, transicionais entre argilitos marinhos e sedimentos continentais (Braddy, 1995). Esta icnoespécie parece distribuir-se desde ambientes transicionais marinhos até não marinhos, bem como de ambientes subaquáticos de água doce até os terrestres (Buatois *et al.*, 1998a). Em relação à pedreira de Rio Negro, *D. gouldi* é dominante na assembléia icnofossilífera, que algumas vezes chega a ser monoespecífica. Neste caso, de acordo com os trabalhos acima citados, a grande quantidade de trilhas em algumas superfícies parece indicar a presença de um substrato firme e, no máximo, úmido, pois no caso de substratos encharcados ou subaquáticos, as delicadas trilhas do tipo *Diplichnites* não seriam preservadas, dando lugar a traços do tipo *Diplopodichnus*. Esta hipótese pode ser corroborada pelo fato de não terem sido observados, na pedreira de Rio Negro, traços fósseis e grânulos ocorrendo na mesma camada. Enquanto os grânulos e pequenos seixos pingados estão associados às lâminas de siltito, o que indica deposição subaquática, as trilhas de *Diplichnites* são encontradas no topo das lâminas de folhelho.

Figura 3. Traços fósseis encontrados na pedreira de Rio Negro. / *Trace fossils from the Rio Negro quarry.* **A,** *Cruziana* isp.; **B, C e D,** *Diplichnites gouldi*; **E,** *Diplopodichnus bififormis*; **F,** *Protichnites* isp.

Icnogênero ***Diplopodichnus*** Brady, 1947

Diplopodichnus bififormis Brady, 1947

Figura 3.E

Descrição. Trilha bisserial simétrica, de trajetória predominantemente retilínea, formada por duas calhas rasas paralelas, separadas por uma crista de baixo relevo, sem ramificações e com limites bem marcados. Muitos intercruzamentos entre os espécimens. A largura de cada calha é de cerca de 2 mm, tendo a crista mediana largura de até 6 mm, gerando uma largura total máxima de 10 mm. Os comprimentos são variados. Preservação preferencial em hiporrelevo, mas espécimes preservados em epirrelevo também são observados. Impressões muito mal preservadas nas calhas, o que impede sua visualização.

Trilhas compactadas.

Material. 45 espécimens das amostras CP/P 38, 40, 41, 42, além de inúmeros espécimens observados em afloramento.

Discussão. O icnogênero *Diplopodichnus* tem sido registrado exclusivamente no Paleozóico, aparecendo do Ordoviciano ao Permiano (Johnson *et al.*, 1994; Brady, 1947). Assim como a icnoespécie *D. gouldi*, mas com pouquíssimas exceções, todas as ocorrências de *Diplopodichnus* são de ambientes marinhos marginais a ambientes não marinhos (Buatois *et al.*, 1998b). São interpretados como traços de locomoção (Repichnia). São provavelmente produzidos por miriápodos em ambientes terrestres ou por animais semelhantes aos miriápodos nos ambientes aquáticos (Buatois *et al.*, 1998b).

Diplopodichnus biformis é interpretado como traço de locomoção de artrópodos (Repichnia), sendo comparado por Brady (1947) a traços formados por milípedes modernos, especialmente pelos diplópodos. Para Johnson *et al.* (1994), *D. biformis* é produzido por organismos aquáticos semelhantes a miriápodos. Este autor registrou a icnoespécie em sedimentos ordovicianos transicionais de água doce a terrestres da Inglaterra. Pollard e Walker (1984) a registraram em fácies marginais lacustres da Escócia. Já Aceñolaza e Buatois (1991) comentaram sua ocorrência em sedimentos de lagos abertos do Carbonífero da Argentina. Em se considerando a transição morfológica entre *Diplichnites* e *Diplopodichnus*, experimentos realizados por Johnson *et al.* (1994) mostraram que os traços com sulcos (atribuídos ao icnogênero *Diplopodichnus*) são produzidos em substratos úmidos, enquanto as trilhas sem sulcos (*Diplichnites*) se formam em substrato mais seco, como foi discutido acima. Com isto, a presença de *Diplopodichnus* em alguns níveis e de *Diplichnites* em outros possivelmente indique a presença de substratos diferentes em relação ao teor de água.

Ícnogênero ***Protichnites*** Owen, 1852

Protichnites isp.

Figura 3.F

Descrição. Traços preservados como epirrelevo negativo, retilíneos a levemente recurvados, mal preservados, apresentando muitas vezes os dois sulcos centrais intermitentes mais nítidos que as impressões dispostas obliquamente em relação ao eixo.

Material. Um espécimen na amostra CP/P 77.

Discussão. Pouco se conhece sobre o significado de *Protichnites*, em geral interpretados como trilhas de deslocamento de trilobitas. Limúlídeos também têm sido aventados (Häntzschel, 1975).

Considerações paleoecológicas e paleoambientais

Depósitos de ritmitos siltico-argilosos de idade permo-carbonífera no Brasil têm sido tratados, na literatura, como “varvitos”, e foram amplamente estudados em trabalhos de mapeamento no Grupo Itararé em várias regiões da Bacia do Paraná (Leinz, 1937; Carvalho *et al.*, 1942; Maack, 1946; Beurlen, 1953; Mendes, 1962; Loczy, 1964). O termo “varvito” está relacionado a depósitos lacustres rítmicos cuja ciclicidade é induzida por sazonalidade climática, onde cada par silte-argila representar uma deposição de verão (silte) e de inverno (argila).

Nestes sedimentos permo-carboníferos gonduânicos icnocenoses dominadas por trilhas de artrópodes já foram documentadas (Savage, 1971; Guerra-Sommer *et al.*, 1985; Fernandes *et al.*, 1987; Dias-

Fabício e Guerra-Sommer, 1989; Marques-Toigo *et al.*, 1989; Buatois e Mángano, 1993; 1995), assim como em ritmitos semelhantes, de várias idades, na Europa e na América do Norte (Gibbard e Dreimanis, 1978).

Salamuni *et al.* (1966 - que trabalharam, inclusive, com o afloramento aqui estudado) e Rocha-Campos (1967), já na década de 60, comentavam que a origem dos depósitos rítmicos do Grupo Itararé merecia revisão, já que a estrutura gradacional perfeita e outras estruturas primárias associadas aos depósitos rítmicos aflorantes em Rio Negro e Mafra indicavam que os mesmos pudessem ter sido originados por correntes turbidíticas.

Estudos mais recentes mostram que ritmitos semelhantes aos descritos para o Permo-Carbonífero, e normalmente interpretados como glacio-lacustres, podem ser gerados também em bacias marinhas (inclusive de clima glacial), pela sazonalidade no aporte sedimentar (Domack, 1984), e pela presença das marés, provocando ciclicidade no tamanho de partículas e na distribuição areal dos sedimentos (Mackiewicz *et al.*; 1984; Williams, 1989; Kvale *et al.*, 1989; Kvale e Archer, 1990; Smith *et al.*, 1990). Para estes ambientes marginais marinhos, icnocenoses com as mesmas características já foram registradas por Nogueira e Netto (2001) e Pazos (2002).

A baixa icnodiversidade e o tamanho diminuto dos traços fósseis encontrados na pedreira de Rio Negro são aspectos geralmente observados em faunas r-estrategistas, que se adaptam a variáveis ecológicas limitantes para a maioria dos animais (Arnaud, 1977; Bromley, 1996). Estas faunas são comumente encontradas em ambientes marginais marinhos, como estuários, fiordes e baías restritas, onde a energia do meio, o aporte sedimentar, a espessura da lâmina d'água, a disponibilidade de alimento e a salinidade podem flutuar até diariamente. A composição da icnocenose, entretanto, difere consideravelmente daquelas descritas em geral para ambientes marginais marinhos mixohalinos, que se caracterizam pela mistura de escavações horizontais e verticais feitas por generalistas tróficos (Howard e Frey, 1973; 1975; Wightman *et al.*, 1987; Pemberton e Witghman, 1992). Por outro lado, *Diplichnites* e *Cruziana* são estruturas comuns na Icnofácies *Cruziana* (Seilacher, 1967), em especial no Paleozóico Inferior, onde são relacionadas à atividade de trilobitas. Entretanto, trilhas de deslocamento de artrópodes têm sido reportadas na literatura como resultado da atividade de crustáceos, miriápodes e, ainda, em ambientes não marinhos (Savage, 1971; Bromley e Asgaard, 1979; Anderson, 1981; Pollard, 1985; Guerra-Sommer *et al.*, 1985; Fernandes *et al.*, 1987; Dias-Fabício e Guerra-Sommer, 1989; Marques-Toigo *et al.*, 1989; Aceñolaza e Buatois, 1993; Draganits *et al.*, 2001). Assim sendo, a icnocenose da

pedreira de Rio Negro não caracteriza uma associação arquetípica de Icnofácies *Cruziana*.

A presença de uma assembléia icnofossilífera composta exclusivamente por estruturas de deslocamento de artrópodes reforça a idéia de ambientes muito rasos, ou até mesmo de substratos encharcados, os quais, quando marginais marinhos, estão sujeitos à flutuações de salinidade (Arnaud, 1977, Bromley, 1996; Buatois e Mángano, 1993; 1995). A dominância do icnogênero *Diplichnites* (mais de 90% dos espécimes) sobre *Diplopodichnus*, *Cruziana* e *Protichnites*, além do bom potencial de preservação das impressões podiais, sugerem uma maior compactação dos grãos que compõem o substrato, entre softground e firmground (Keighley e Pickerill, 1996), reforçando o caráter marginal dos depósitos. Essas inferências, associadas à análise faciológica e ao contexto glacial dos depósitos (refletido pela presença de clastos caídos ao longo de toda a sucessão), sugere que a sucessão sedimentar da Pedreira de Rio Negro caracterize o preenchimento de um vale inciso, em resposta aos processos de deglaciação que se estabelecem ao final do Permo-Carbonífero.

Agradecimentos

Ao Centro Paleontológico de Maфра (SC) pelo convite de trabalho nos afloramentos daquela região e por albergar as amostras coletadas. À Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, pelo suporte à pesquisa através do projeto PROENPE/UNISINOS nº 31.00.006/1-0, e, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul - FAPERGS (projeto nº 98/0962.5). Agradecemos também a Luis A. Buatois, M. Gabriela Mángano, Jordi de Gibert, Richard Bromley e Alfred Uchman pelas discussões e contribuições ao incremento deste trabalho. Contribuição ao Projeto IGCP nº 471.

Referências

- Aceñolaza, F. G. e Buatois, L. A. 1991. Trazas fósiles del Paleozoico superior continental argentino. *Ameghiniana* 28: 89-108.
- Aceñolaza, F. G. e Buatois, L. A. 1993. Nonmarine perigondwanic trace fossils from the late Paleozoic of Argentina. *Ichnos* 2: 183-201.
- Anderson, A. M. 1981. The *Umfolozia* arthropod trackways in the Permian Dwyka and Ecca Series of South Africa. *Journal of Paleontology* 55: 84-108.
- Arnaud, P. M. 1977. Adaptations within the Antarctic marine benthic ecosystem. En: G.A. Llano, (ed.), *Adaptations within Antarctic ecosystems*. Scientific Committee for Antarctic Research Special Publication, pp. 135-157.
- Beurlen, K. 1953. [Estratigrafia e paleogeografia das formações Gondwânicas no sul do Brasil. *Notas Preliminares*, Departamento Nacional de Pesquisa Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, 10 pp. Inédito].
- Braddy, S. J. 1995. A new arthropod trackway and associated invertebrate ichnofauna from the Lower Permian Hueco Formation of the Robledo Mountains, Southern New Mexico. En: S. G. Lucas e A. B. Heckert (eds.), *Early Permian footprints and facies*. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin 6: 101-105.
- Brady, L. F. 1947. Invertebrate tracks from the Coconino Sandstone of Northern Arizona. *Journal of Paleontology* 21: 466-472.
- Bromley, R. G. 1996. *Trace fossils. Biology, taphonomy and applications*. Chapman & Hall, 361 p, Londres.
- Bromley, R. G. e Asgaard, U. 1979. Triassic freshwater ichno-coenoses from Carlsberg Fjord, East Greenland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 28: 39-80.
- 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. e Mángano, M. G. 1995. The paleoenvironmental and paleoecological significance of the lacustrine *Mermia* ichnofacies: an archetypical subaqueous nonmarine trace fossil assemblage. *Ichnos* 4: 1-12.
- Buatois, L. A., Mángano, M. G., Maples, C. G. e Lanier, W. P. 1998a. Taxonomic reassessment of the ichnogenus *Beaconichnus* and additional examples from the Carboniferous of Kansas, USA. *Ichnos* 5: 287-302.
- Buatois, L. A., Mángano, M. G., Maples, C. G. e Lanier, W. P. 1998b. Ichnology of an Upper Carboniferous fluvio-estuarine paleovalley, the Tonganoxie Sandstone, Buildex Quarry, Eastern Kansas, USA. *Journal of Paleontology* 72: 152-180.
- Carvalho, P. F., Miranda, J. e Alvim, P. A. 1942. [Geologia de Maфра. Boletim 105 Departamento Nacional de Pesquisa Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, p. 41. Inédito].
- Crimes, T. P. 1970. Trilobite tracks and other trace fossils from the Upper Cambrian of North Wales. *Geological Journal* 7: 47-68.
- Dawson, J. W. 1873. Impressions and footprints of aquatic animals and imitative markings on Carboniferous rocks. *American Journal of Science and Arts* 105: 16-24.
- Dias-Fabrizio, M. E. e Guerra-Sommer, M. 1989. Síntese dos estudos icnológicos do Grupo Itararé no Rio Grande do Sul. *Pesquisas* 22: 71-88.
- Domack, E. W. 1984. Rhythmically bedded glaciomarine sediments on Whidbey Island, Washington. *Journal of Sedimentary Petrology* 54: 589-602.
- Draganits, E., Braddy, S. J. e Briggs, D. E. G. 2001. A Gondwanan coastal arthropod ichnofauna from the Muth Formation (Lower Devonian, Northern India): paleoenvironment and tracemaker behaviour. *Palaios* 16: 126-147.
- Fernandes, A. C. S., Carvalho, I. S. e Netto, R. G. 1987. Comentários sobre os traços fósseis do paleolago de Itu, São Paulo. Atas 6º Simpósio Regional de Geologia (Rio Claro 1987). *Sociedade Brasileira de Geologia* 1: 297-311.
- Frakes, L. A. e Crowell, J. C. 1969. Late Paleozoic Glaciation: I, South America. *Geological Society of America Bulletin* 80: 1107-1042.
- Frey, R. W. e Pemberton, S. G. 1984. Trace fossil facies models. En: R.G. Walker (ed.), *Facies Models*, Geoscience of Canada Reprint Series 1: 189-207.
- Gama Jr., E. G., Perinotto, J. A. J., Ribeiro, H. J. P. S. e Padula, E. K. 1992. Contribuição ao estudo da ressedimentação no Subgrupo Itararé: tratos de fácies e hidrodinâmica deposicional. *Revista Brasileira de Geociências* 22: 228-236.
- Gevers, T. W., Frakes, L. A., Edwards, L. N. e Marzolf, J. E. 1971. Trace fossils in the Lower genetic unit Beacon sediments (Devonian), Darwin Mountains, southern Victoria Land, Antarctic. *Journal of Paleontology* 45: 81-94.
- Gibbard, P. L. e Dreimanis, A. 1978. Trace fossils from late Pleistocene glacial lake sediments in southwestern Ontario, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences* 15: 1967-1976.
- Glaessner, M.F. 1957. Palaeozoic arthropod trails from Australia. *Paläontologische Zeitschrift* 31:103-109.
- Gradzinski, R. e Uchman, A. 1994. Trace fossils from interdune deposits-an example from the Lower genetic unit Triassic aeolian Tumlin Sandstone, central Poland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 108: 121-138.
- Gravenor, C. P. e Rocha-Campos, A. C. 1983. Patterns of Late Paleozoic Glacial Sedimentation on the southeast side of the Paraná Basin, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 43: 1-39.

- Guerra-Sommer, M., Mendes-Piccoli, A. E. e Dias-Fabrcio, M. E. 1985. Icnofósseis em varvitos do Grupo Itararé, Permiano Inferior, Bacia do Paraná, RS, Brasil. *Atas 3º Congresso Latinoamericano de Paleontología* (México 1985), *Memoria* pp. 130-139.
- Häntzschel, W. 1975. Trace Fossils and Problematica. En: C. Teichert (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part W, Miscellanea*. Geological Society of America and University of Kansas Press, Supplemente 1, 269 p.
- Howard, J. D. e Frey, R. W. 1973. Characteristic physical and biogenic sedimentary structures in Georgia estuaries. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 5: 1169-1184.
- Howard, J. D. e Frey, R. W. 1975. Estuaries of the Georgia coast, U.S.A.: sedimentology and biology. II. Regional animal-sediment characteristics of Georgia estuaries. *Senckenbergiana Maritima* 7: 33-103.
- Johnson, E. W., Briggs, D. E. G., Sutren, 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.
- 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.
- Kvale, E. P e Archer, A. W. 1990. Tidal deposits associated with low-sulfur coals, Brazil Fm. (Lower Pennsylvanian), Indiana. *Journal of Sedimentary Petrology* 60: 563-574.
- Kvale, E. P, Archer, A. W. e Johnson, H. R. 1989. Daily, monthly, and yearly tidal cycles within laminated siltstones of the Mansfield Formation (Pennsylvanian) of Indiana. *Geology* 17: 365-368.
- Leinz, V. 1937. [Estudo sobre a glaciação Permocarbonífera do sul do Brasil. Boletim 21. Departamento Nacional para Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, 47p. Inédito].
- Loczy, L. de. 1964. [Problemas da Estratigrafia e Paleogeografia Carbonífera da Bacia do Paraná. Boletim 214 Departamento Nacional para Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, p. 113. Inédito].
- Lopes, R. da C., Lavina, E.L. e Signoreli, N. 1986. Fácies sedimentares e evolução paleoambiental do Supergrupo Tubarão na borda leste da Bacia do Paraná. Uma seção regional nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 34º Congresso Brasileiro de Geologia (Goiânia 1986), *Sociedade Brasileira de Geologia, Anais* 1: 206-213.
- Maack, R. 1946. Geologia e Geografia da Região de Vila Velha (Paraná) e Considerações sobre a glaciação Carbonífera no Brasil. *Arquivos do Museu Paranaense* 5: 305.
- MacNaughton, R.B. e Pickerill, R.K. 1995. Invertebrate ichnology of the nonmarine Lepreau Formation (Triassic), southern New Brunswick, eastern Canada. *Journal of Paleontology* 69: 160-171.
- Mackiewicz, N.E., Powell, R.D., Carlson, P. R. e Molnia, B. F. 1984. Interlaminated ice-proximal glacialine sediments in Muir Inlet, Alaska. *Marine Geology* 57: 113-147.
- Mángano, M.G., Buatois, L.A. e Moya, M.C. 2001. Trazas fósiles de trilobites de la Formación Mojotoro (Ordovícico Inferior-Medio de Salta, Argentina): implicancias paleoecológicas, paleobiológicas y bioestratigráficas. *Revista Española de Paleontología* 16: 9-28.
- Marques-Toigo, M., Dias-Fabrcio, 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. 11º Congresso Brasileiro de Paleontologia (Curitiba 1989). *Sociedade Brasileira de Paleontologia, Anais* 1: 125-150.
- Maury, C.J. 1927. [Fósseis silurianos do Estado de Santa Catharina. Boletim 23 Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Rio de Janeiro, 15 pp. Inédito].
- Mendes, J.C. 1962. Problemas Paleogeográficos e Estratigráficos do Grupo Tubarão (Carbonífero Superior). *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia* 11: 71-74.
- Miller, M.F. e Smail, S.E. 1997. A semiquantitative method for evaluating bioturbation on bedding planes. *Palaios* 12: 391-396.
- Nogueira, M.S. e Netto, R.G. 2001. A presença de *Cruziana* nos sedimentos da Formação Rio do Sul (Grupo Itararé, Permocarbonífero da Bacia do Paraná) na Pedreira Itaú-Itauna, Santa Catarina, Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia* 24: 387-396.
- D'Orbigny, A. 1842. *Voyages dans l'Amérique méridionale (le Brésil, la République Orientale de l'Uruguay, la République Argentine, la Patagonie, la République du Chili, la République de Bolívia, la République du Pérou) exécuté pendant les années 1826, 1827, 1828, 1829, 1830, 1831, 1832, et 1833*. v. 3, pt 4 (Paléontologie). Pitois-Leverault, 188 p, Paris.
- Owen, R. 1852. Description of the impressions and footprints of the *Protichnites* from the Potsdam sandstone of Canada. *Geological Society of London, Quarterly Journal* 8: 214-225.
- Pazos, P.J. 2002. Palaeoenvironmental Framework of the Glacial-Postglacial Transition (Late Paleozoic) in the Paganzo-Calingasta Basin (Southern South America) and the Great Karoo-Kalahari Basin (Southern Africa): Ichnological Implications. *Gondwana Research* 5: 619-640.
- Pemberton, S.G. e Wightman, D.M. 1992. Ichnological characteristics of brackish water deposits. En: S.G. Pemberton (ed.), *Applications of ichnology to petroleum exploration - a core workshop*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core Workshop 17: 141-167.
- Pollard, J.E. 1985. *Isopodichnus*, related arthropod trace fossils and notostracans from Triassic fluvial sediments. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 76: 273-385.
- Pollard, J.E. e Walker, E. 1984. Reassessment of sediments and trace fossils from Old Red Sandstone (Lower Devonian) of Dunure, Scotland, described by John Smith (1909). *Geobios* 17: 567-576.
- Rocha-Campos, A.C. 1963. Deformações penecontemporâneas em sedimentos glácio-lacustres do Grupo Tubarão. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia* 12: 49-56.
- Rocha-Campos, A.C. 1967. The Tubarão Group in the Brazilian portion of Paraná Basin. En: Bigarella, J. J. Becker, R.D. e Pinto, I.D. (eds), *Problems in Brazilian Gondwana Geology*, 1st International Symposium on the Gondwana Stratigraphy and Paleontology, Curitiba, pp. 27-95.
- Rocha-Campos, A. C., Farjallat, J. E. S. e Yoshida, R. 1969. Fácies e Paleogeografia do Subgrupo Itararé na Bacia do Paraná. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 41: 210-213.
- Salamuni, R., Marques Filho, P.L. e Sobanski, A. 1966. Considerações sobre os turbiditos da Formação Itararé (Carbonífero Superior), Rio Negro - PR. e Maíra - SC. *Boletim Sociedade Brasileira de Geologia* 15: 6-31.
- Savage, N.M. 1971. A varvite ichnocoenosis from the Dwyka Series of Natal. *Lethaia* 4: 217-233.
- Schneider, R.L., Muhlmann, H., Tommazi, E., Medeiros, R.A., Daemon, R.F. e Nogueira, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. 27º Congresso Brasileiro de Geologia (Porto Alegre 1971). *Sociedade Brasileira de Geologia, Anais* 1: 41-66.
- Seilacher, A. 1955. Spuren und Lebensspuren der Trilobiten. En: O.H. Schindewolf e A. Seilacher (eds.), *Beitrage zur Kenntniss des Kambriums in der Salt Range (Pakistan)*. Akademie der Wissenschaften und der Literatur zu Mainz, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, Abhandlungen 10: 373-399.
- Seilacher, A. 1967. Bathimetry of trace fossils. *Marine Geology* 5: 413-428.
- Seilacher, A. 1970. *Cruziana* stratigraphy of "non-fossiliferous" Palaeozoic sandstones. En: T.P. Crimes e J.C. Harper (eds.), *Trace Fossils*, Geological Journal Special Issue 3: 447-476.
- Smith, N.D., Phillips, A.C. e Powell, R.D. 1990. Tidal drawdown: a mechanism for producing cyclic sediment laminations in glaciomarine deltas. *Geology* 18: 10-13.
- Soares, P.C., Landim, P.M.B., Sinelli, O., Wernick, E., Wu, F.T. e

- Fiori, A.P. 1977. Associações litológicas do Subgrupo Itararé e sua interpretação ambiental. *Revista Brasileira de Geociências* 7: 131-149.
- Taylor, A.M. e Goldring, R. 1993. Description and analysis of bioturbation and ichnofabric. *Journal of the Geological Society of London* 150: 141-148.
- Trewin, N.H. e McNamara, K.J. 1995. Arthropods invade the land: trace fossils and palaeoenvironments of the Turnblagooda Sandstone (?late Silurian) of Kalbarri, Western Australia. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences* 85: 177-210.
- White, I.C. 1908. [Relatório sobre as "Coal Measures" e rochas associadas do sul do Brazil. Comissão de Estudos de Minas de Carvão de Pedra do Brazil, Brasília, Departamento Nacional para Produção Mineral, Rio de Janeiro (reprodução: 1988), 617 p.]
- Wightman, D.M., Pemberton, S.G. e Singh, C. 1987. Depositional modelling of the Upper Mannville (Lower Cretaceous), East Central Alberta: implications for the recognition of brackish water deposits. En: R.W. Tillman e K.L. Weber (eds.), *Reservoir Sedimentology*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 40: 189-220.
- Williams, G.E. 1989. Late Precambrian tidal rhythmites in South Australia and the history of the Earth's rotation. *Journal of the Geological Society of London* 146: 97-111.
- Wright, J., Quinn, I., Briggs, D.E.G. e Williams, S.H. 1995. A sub-aerial arthropod trackway from the Upper Silurian Clam Bank Formation of Newfoundland. *Canadian Journal of Earth Sciences* 32: 304-313.
- Zhang, G., Buatois, L.A., Mángano, M.G. e Aceñolaza, F.G. 1998. Sedimentary facies and environmental ichnology of a ?Permian playa-lake complex in western Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 138: 221-243.

Recibido: 3 de diciembre de 2001.