

Estado da arte da Paleocnologia do Grupo Itararé no estado de Santa Catarina e município de Rio Negro, PR, Brasil

Paleoichnology of the Itararé Group in the State of Santa Catarina and Rio Negro City (PR), Brazil: a revision

Estado del arte de la paleoicnología del Grupo Itararé en el estado de Santa Catarina y municipio de Rio Negro (PR), Brasil

Patricia da R.M.N. Balistieri

<https://orcid.org/0000-0002-4352-9006>

pbalistieri@furb.br

Universidade Regional de Blumenau, FURB, Blumenau, SC

Renata Guimarães Netto

<https://orcid.org/0000-0003-0168-9105>

nettorg@unisinov.br

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS, São Leopoldo, RS

Daniel Sedorko

<https://orcid.org/0000-0002-9324-3460>

sedorko@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Monte Carmelo, MG

Resumo: A icnofauna dos depósitos do Grupo Itararé aflorantes em Santa Catarina vem sendo registrada desde o trabalho de Maury, em 1927, na cidade de Anitápolis, no sul do estado. Já no sul do estado do Paraná, na região da cidade de Rio Negro, a primeira descrição de assembleias icnofossilíferas foi realizada em 2003 por Balistieri e colaboradores, apresentando alta densidade de trilhas de artrópodes. Este trabalho visa identificar e analisar a produção bibliográfica sobre a paleocnologia do Grupo Itararé de todo o Estado de Santa Catarina, e da região de Rio Negro, buscando a compreensão das abordagens adotadas para as análises das sucessões deposicionais. Foram localizados, analisados e discutidos 17 trabalhos com descrições da icnofauna de seis afloramentos, em cinco municípios.

Palavras-chave: Depósitos glaciais, Icnofácies Mermia, Icnofácies Scoyenia, *Cruziana*, *Diplichnites*.

Abstract: The ichnofauna of the Itararé Group cropping out in Santa Catarina State (southern Brazil) has been recorded since the work of Maury, in 1927, in the southern city of Anitápolis. In the south of the State of Paraná, in the region of the city of Rio Negro, the first description of ichno assemblages was carried out in 2003 by Balistieri and

collaborators, presenting a high density of arthropod traces. This work aims to identify and analyze the bibliographic production in paleoichnology of the Itararé Group throughout the State of Santa Catarina, and the Rio Negro region, seeking understand the approaches adopted for the analysis of depositional successions. Sixteen studies with descriptions of the ichnofauna of six outcrops in five municipalities were found, analyzed and discussed..

Keywords: Glacial deposits, Mermia ichnofacies, Scoyenia ichnofacies, *Cruziana*, *Diplichnites*.

Resumen: La icnofauna de los depósitos del Grupo Itararé en em estado de Santa Catarina (sur de Brasil) ha sido registrada desde la obra de Maury en 1927, en la ciudad de Anitápolis, en el sur del estado. Ja en el sur de Paraná, en la región de Rio Negro, la primera descripción de asambleas icnofosilíferas fue realizada en 2003 por Balistieri y colaboradores, presentando una alta densidad de rastros de artrópodos. Este trabajo tiene como objetivo identificar y analizar la producción bibliográfica sobre la paleoicnología del Grupo Itararé de todo el Estado de Santa Catarina, y la región de Rio Negro, buscando comprender los enfoques adoptados para el análisis de sucesiones deposicionales. Se encontraron 17 trabajos, con descripciones de la icnofauna de seis afloramientos, en cinco municipios, los cuales fueron analizados y discutidos

Palabras clave: Depósitos glaciares, Icnofacies Mermia, Icnofacies Scoyenia, *Cruziana*, *Diplichnites*.

INTRODUÇÃO

Os depósitos do Grupo Itararé fazem parte da sucessão sedimentar da Bacia do Paraná, uma bacia sedimentar intracratônica cujo preenchimento ocorreu entre o Siluro-Devoniano e o Cretáceo Superior. Possuem idade Carbonífera e são relacionados ao terceiro evento de *Ice House* do Gondwana (Zalán et al., 1991), o mais longo evento de glaciação contínua do Fanerozóico (Eyles, 1993; Isbell, Miller, Wolfe & Lenaker, 2003). Registram ambientes glacio-marinhos e glacio-lacustres, com incremento da influência marinha para o topo da sucessão. No Brasil estão expostos nas bordas leste, sudeste e noroeste da bacia, aflorando nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

No estado de Santa Catarina traços fósseis do Grupo Itararé vêm sendo reportados desde o início do século XX (Maury, 1927), em estudos icnotaxonômicos, análises paleo-ambientais, estratigráficas, paleoecológicas e etológicas, que reconheceram assembleias icnofossilíferas e possibilitaram discutir o seu significado nas fácies sedimentares em que ocorrem. Esse trabalho tem o objetivo de identificar e analisar a produção bibliográfica para compor um inventário do que se conhece até o momento para Santa Catarina, que inclui também um afloramento do município de Rio Negro, no sul do Paraná. Para tanto, apresenta: a) uma contextualização do Permo-Carbonífero da Bacia do Paraná, b) a análise dos artigos científicos encontrados que descrevem, comentam ou que, simplesmente, citam a paleoicnofauna dos depósitos do Permo-Carbonífero em afloramentos de Santa Catarina e de um afloramento de Rio Negro, sul do Paraná, e c) uma discussão sobre que contribuições a análise paleoicnológica já deu para a compreensão desta sucessão sedimentar.

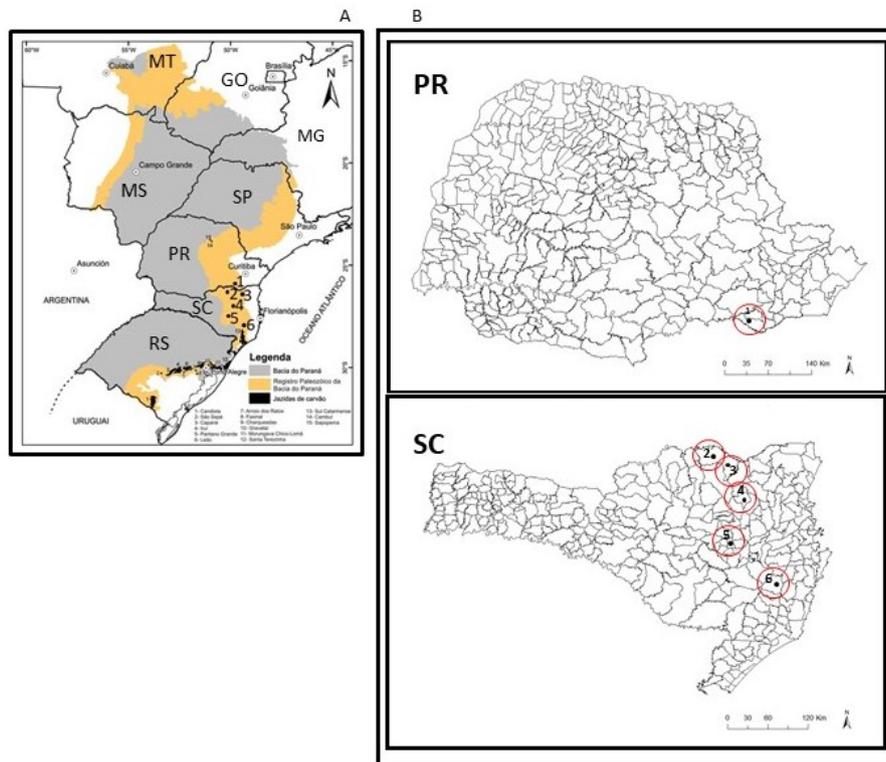
O CONTEXTO DEPOSICIONAL DO GRUPO ITARARÉ

Três unidades litoestratigráficas foram propostas por Schneider et al. (1974) para o Grupo Itararé nos estados do Paraná e Santa Catarina, nomeadas, da base para o topo do Grupo como formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul.

A Formação Campo do Tenente é composta por argilitos castanho avermelhados com clastos pingados e, secundariamente, 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 com ritmitos siltico-argilosos e diamictitos subordinados no topo da sucessão. A Formação Rio do Sul, que encerra o ciclo deposicional Itararé na Bacia do Paraná, é composta por uma sucessão de folhelhos cinza escuros e pretos, ritmitos finamente laminados, diamictitos de matriz siltico-argilosa e arenitos finos (Schneider et al., 1974).

Os afloramentos icnofossilíferos citados no conjunto de trabalhos aqui analisados pertencem às fácies de ritmitos e heterolitos das Formações Mafra e Rio do Sul. Estão localizados nas regiões norte, central e sul de Santa Catarina, ao longo da faixa de afloramentos paleozoicos da Bacia do Paraná (Fig. 1). O afloramento do estado do Paraná foi incluído nesta revisão por estar muito próximo, na fronteira com o estado de Santa Catarina, e ser citado e descrito em alguns dos trabalhos encontrados.

Figura 1: Localização dos afloramentos icnofossilíferos na faixa de afloramentos da bacia do Paraná (A, em amarelo) e nos estados do Paraná e Santa Catarina (B). 1 -Rio Negro (PR), 2 – Bela Vista do Sul (SC), 3 – Fazenda Potreiro (SC), 4 – Dr. Pedrinho (SC), 5 – Trombudo Central (SC),6 – Anitápolis (SC).



Fonte: A: Adaptado de Cagliari, Lopes, Lavina & Paim (2019), B: www.terrabrasilis.org.br

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa bibliográfica foi realizada de janeiro e fevereiro de 2021, nos portais de pesquisa de periódicos Scopus, Web of Science e Dimensions, sem limite de data de publicação, empregando os descritores: “Paleoicnologia”, “Permo-Carbonífero”, “Brasil”, “Santa Catarina”, “Grupo Itararé”, “icnologia”, “icnofósseis”, “traços fósseis”, “Formação Mafra”, “Formação Rio do Sul”, “Paleoichnology”, “Permo-Carboniferous”, “Brazil”, “Paleoichnology”, “Itararé Group”, “ichnology”, “trace fossils”, “Mafra Formation”, “Rio do Sul Formation”.

Foram utilizados os operadores booleanos “AND” e “OR” para a combinação dos descritores. Além dos trabalhos localizados nos portais de busca de periódicos científicos, também foi utilizado material do acervo pessoal dos autores.

A PALEOICNOLOGIA DO GRUPO ITARARÉ NOS ESTADOS DO PARANÁ E SANTA CATARINA

A primeira menção de um icnofóssil para Santa Catarina foi feita por Maury (1927), que descreveu o anelídeo *Oliverania santa catharinae* e seus “rastros franjados”, encontrados em uma rocha que nomeou de “ardósia”, em Anitápolis, cidade na região sul do estado de Santa Catarina.

Somente na década de 1980, quase 60 anos depois, um novo trabalho voltou-se ao estudo de icnofósseis em rochas do mesmo estado, na ocasião em que Fernandes e Netto (1985) atribuíram aos “rastros franjados” de Maury (1927) a icnoespécie *Dydimaulichnus furnai*.

Quatro anos depois, Marques-Toigo, Dias-Fabrizio, Guerra-Sommer, Cazzulo-Klepzig e Piccolli (1989), em uma análise integrada da palinologia, icnologia e sedimentologia das pedreiras de Itaú e Trevo, no município de Trombudo Central (no Vale do Itajaí, SC), documentaram os icnogêneros *Isopodichnus*, *Gordia*, *Gyrochorte*, *Koupichnium* e *Umfolozia* nos ritmitos da Formação Rio do Sul, que são ali explorados comercialmente. As autoras interpretaram estes ritmitos como depósitos glacio-lacustres.

No início do século XXI, Nogueira e Netto (2001a) descreveram a icnofauna da mesma pedreira, nomeada Itaú-Itaúna (UTM 619637/6981821), e identificaram duas suítes de traços fósseis: uma caracterizada por pistas e escavações superficiais atribuídas ao deslocamento e repouso de artrópodes (*Cruziana*, *Diplichnites*, *Diplopodichnus*, *Gluckstadtella*, *Rusophycus* e *Umfolozia*) e outra dominada por escavações de pastagem de organismos vermiformes em condições subaquáticas não marinhas (*Helminthoidichnites*, *?Hormosiroidea* e *Neonereites*). Pela presença de tasmanitídeos e de pirita framboidal consideraram a existência de corpos d’água marginais marinhos, abrigando uma icnofauna que parecia responder a parâmetros continentais. Reportaram ainda a baixa icnodiversidade e o tamanho reduzido dos espécimes, atribuindo estas características a uma adaptação das populações de invertebrados às baixas temperaturas, e a dominância de estruturas de deslocamento de artrópodes em toda a sucessão sedimentar, sugerindo a prevalência de depósitos rasos.

No mesmo ano, Nogueira e Netto (2001b) analisaram a presença de *Cruziana* na pedreira Itaú-Itaúna. O icnogênero mostrou ter o tamanho mais reduzido e ser o menos abundante entre todos os identificados na pedreira, mas de ocorrência em todos os níveis expostos. Considerando-se esta presença constante de *Cruziana*, a pequena quantidade de traços em cada nível estratigráfico foi interpretada como tendo sido provocada pelo baixo potencial de preservação de substratos encharcados. As autoras avaliaram a possibilidade dos traços de *Cruziana*, *Rusophycus*, *Diplopodichnus* e *Diplichnites* serem formas preservacionais de uma mesma estrutura biogênica, a qual se diferencia à medida que o produtor (um trilobitomorfo) modifica sua profundidade de penetração no substrato, como proposto por Keighley e Pickerill (1996). Observaram ser *Cruziana* (uma escavação intraestratal) o primeiro traço produzido no sedimento (em cada nível da pedreira), sendo sobreposto por estruturas biogênicas menos profundas em relação à superfície do substrato como *Diplichnites*, *Diplopodichnus* e *Umfolozia* (trilhas de deslocamento epiestratais). Atribuíram este fato a uma dificuldade de se explorar o interior do substrato à medida que o fundo do corpo d'água raso vai sendo assoreado, e associaram tal padrão de comportamento a depósitos rasos em áreas encharcadas que ficam expostas periodicamente. Concluíram que essa suíte se preservou em ambientes de planícies costeiras associadas a um corpo d'água raso e restrito, de influência marinha, mas apresentando baixa salinidade provocada pelas águas do degelo, o que pode ter causado a baixa icnodiversidade.

Balistieri, Netto & Lavina (2002) realizaram a análise icnotaxonômica dos traços fósseis encontrados em afloramentos da cidade de Rio Negro (PR, Formação Mafra), na localidade de Fazenda Potreiro (Mafra, SC, Formação Mafra), e na localidade de Bela Vista do Sul (SC, Formação Rio do Sul). As amostras coletadas e utilizadas fazem parte da coleção do Centro Paleontológico de Mafra como CP/P. Seus números de registro e local de coleta são apresentados no Quadro 1, assim como a quantidade de espécimes reconhecidos.

A icnofauna documentada nos três sítios apresenta: (i) dominância de trilhas de artrópodes (*Diplichnites gouldi*, *Diplopodichnus biformis*, *Protichnites* isp.) em relação às escavações intraestratais (*Cochlichnus anguineus*, *Cruziana* cf. *problematica*, *Gordia arcuata*, *Gordia marina*, *Hormosiroidea meandrica*, *Lockeia siliquaria*, *Protovirgularia* isp., *Protovirgularia ?pennatus*, *Rusophycus* cf. *carbonarius*, e *Treptichnus pollardi*); (ii) a presença de espécimes de tamanho reduzido e (iii) alta densidade e baixa icnodiversidade, com suítes monoespecíficas, sugerindo ambientes de baixa salinidade (Pemberton & Wightman, 1992). Ficou claro para os autores o ambiente deposicional glacial em contexto marginal-marinho a marinho raso recebendo grandes volumes de água doce, pelo derretimento das capas de gelo.

Na pedreira de Rio Negro, descreveram ritmitos síltico-argilosos de geometria tabular em ciclos que se espessam em direção ao topo, contendo uma icnofauna com dominância de *Diplichnites*, *Diplopodichnus* e *Protichnites*, além de *Cruziana*, subordinadamente. Na pedreira da localidade de Fazenda Potreiro, registraram ritmitos síltico-argilosos de geometria tabular do topo da Formação Mafra, com clastos facetados e chuva de detritos no interior das camadas, apresentando, no topo das camadas, uma icnofauna composta pelos icnogêneros *Cochlichnus*, *Cruziana*, *Diplichnites*, *Diplopodichnus*, *Gordia*, *Hormosiroidea* e *Treptichnus*. Uma nova icnoespécie, *Hormosiroidea meandrica*, foi descrita neste afloramento.

O afloramento de Bela Vista do Sul (topo da Formação Rio do Sul) é composto por ritmitos síltico-argilosos gradando para síltico-arenosos em direção ao topo, com acamamento ondulado e uma icnofauna composta por *Cruziana*, *Diplichnites*, *Diplopodichnus*, *Lockeia*, *Protovirgularia* e *Rusophycus*.

Quadro1: Icnospecies reconhecidos por Balistieri, Netto & Lavina (2002), quantidade de espécimes reconhecidos nas amostras coletadas, local de coleta e números de registro das amostras na coleção do Centro Paleontológico de Mafra.

Iconospecie	Número de espécimes	Números de registro	Local de coleta
<i>Cochlichnus anguineus</i> Hitchcock, 1858	3	Amostras CP/P 66, 81, 108	Fazenda Potreiro
<i>Cruziana</i> cf. <i>problematica</i> Schindewolf, 1921	2	Amostras CP/P 13, 24	Rio Negro, Fazenda Potreiro, Bela Vista do Sul
<i>Diplichnites gouldi</i> Gevers, Frakes, Edwards & Marzolf, 1971	77	Amostras CP/P 12 a 16, 21a, 24, 25, 2, 39, 43, 55, 68, 69, 75, 78, 80, 81, 83, 84, 86, 87, 89, 92, 94a, 94b, 95, 96, 108, e 109	Rio Negro, Fazenda Potreiro, Bela Vista do Sul
<i>Diplopodichnus biformis</i> Brady, 1947	68	Amostras CP/P 38, 40, 41, 42, 49d, 50c, 53, 56, 90, 91	Rio Negro, Fazenda Potreiro, Bela Vista do Sul
<i>Gordia arcuata</i> Emmons, 1844	Não consta	Amostras CP/P 93, 108	Fazenda Potreiro
<i>Gordia marina</i> Ksiazkiewicz, 1977	Não consta	Amostras CP/P 71, 93, 101, 103, 108	Fazenda Potreiro
<i>Hormosiroidea meandrica</i> n. isp.	101	Amostras CP/P 66, 68, 69, 72, 83, 85, 86, 89, 93, 94a, 94b, 95, 96, 108(holótipo)	Fazenda Potreiro
<i>Lockeia siliquaria</i> James, 1879	137	Amostras CP/P 44, 51a, 51b, 52	Bela Vista do Sul
<i>Protichnites</i> isp.	1	Amostra CP/P 77	Rio Negro
<i>Protovirgularia ?pennatus</i> Eichwald, 1860	3	Observado em afloramento	Bela Vista do Sul
<i>Rusophycus</i> cf. <i>carbonarius</i> Dawson, 1873	2	Amostras CP/P 69, 78	Fazenda Potreiro
<i>Treptichnus pollardi</i> Buatois & Mángano, 1993	7	Amostras CP/P 66, 69, 89, 95, 108	Fazenda Potreiro

No afloramento de Campo da Lança, também na região de Mafra, Balistieri e Netto (2002) registraram uma associação de traços endoestratais em depósitos heterolíticos síltico-arenosos, os quais guardam uma icnocenose endobêntica preservada em icnofábrica, formada por *Arenicolites*, *Diplocraterion*, *Chondrites*, *Palaeophycus*, *Planolites*, *?Rhizocorallium* e *Thalassinoides* (Quadro 2). Para as autoras, essa associação de traços fósseis é indicativa de uma icnocenose *Cruziana* empobrecida, apresentando baixa diversidade, grande intensidade de bioturbação, estruturas simples das icnofácies Skolithos e *Cruziana*, com a ocorrência de icnogêneros que indicam hábitos oportunistas como *Diplocraterion*, *Palaeophycus* e *Thalassinoides*, típicos de icnofaunas marinhas empobrecidas registradas para água salobra. Configura a assinatura icnológica de uma superfície transgressiva, de forma que a recorrência destes depósitos heterolíticos contendo a icnocenose *Cruziana* empobrecida na sucessão sedimentar parece indicar uma melhoria climática na transição da Formação Mafra para a Formação Rio do Sul.

Recobrando os depósitos heterolíticos, um siltito argiloso maciço corresponde à base da Formação Rio do Sul. Contém uma suíte de traços fósseis endobênticos menos diversa, composta por *Diplocraterion* isp., *Palaeophycus striatus*, *Palaeophycus tubularis*, *?Rhizocorallium* isp. e *Thalassinoides* isp. Apresenta características de uma suíte *Glossifungites*, a qual foi descrita e interpretada. O siltito argiloso maciço é sobreposto, no Campo da Lança, pelo folhelho fossilífero conhecido como Folhelho Lontras (Woodworth, 1912). As amostras coletadas e utilizadas fazem parte da coleção do Centro Paleontológico de Mafra como CP.

Quadro2: Icnospécies reconhecidos em Balistieri e Netto (2002), quantidade de espécimes reconhecidos nas amostras coletadas, local de coleta.e números de registro das amostras na coleção do Centro Paleontológico de Mafra.

Icnospécie	Número de espécimes	Número de registro	Local de coleta
<i>Diplocraterion</i> isp.	35	Amostras CP 105, 164, 182, 369, 373, 443, 459, 460, 471, 487, 489, 494, 496, 504, 508, 524, 526, 624, 633, 641, 644, 646, 652, 659a, 659b, 660, 676, 680, 933, 968, 975, 976, 980, 981	Campo da Lança
<i>Palaeophycus striatus</i> Hall, 1852	60	Amostras CP 100, 105, 106, 107, 165, 166a, 166b, 169, 173, 179, 188, 368a, 368b, 368c, 440, 441, 446, 448, 450, 451, 454, 455, 462, 463, 472, 474, 476, 477, 480, 481, 483, 490, 491, 492, 497, 498, 499, 501, 506, 527, 617-619, 622, 626, 628, 630, 632, 633, 636, 652, 670, 677, 677, 679, 681, 684, 704, 962, 969, 974, 981, 983-985, 987-989	
<i>Palaeophycus tubularis</i> Hall, 1847	40	Amostras CP 161, 171, 174, 177, 178, 186, 449, 487, 492-495, 503-505, 507, 508, 513, 514, 517, 520, 522, 525, 530, 531, 638, 639, 642, 645, 649, 651, 652, 683, 963-965, 967-969, 701	
<i>?Rhizocorallium</i> isp.	10	Amostras CP 459, 470, 494, 504, 521, 523, 621, 652, 633, 966	
<i>Thalassinoides</i> isp.	30	Amostras CP 99, 100, 106, 367, 376, 377, 454, 456, 469, 479, 488, 521, 527, 528, 627, 652, 654, 655, 668, 670, 672, 674, 679, 682, 683, 704, 971, 983, 987	

Na mesma pedreira da cidade de Rio Negro, Balistieri et al. (2003) realizaram a análise taxonômica da icnofauna presente na fácies de ritmitos síltico-argilosos aflorante. As amostras coletadas e utilizadas fazem parte da coleção do Centro Paleontológico de Mafra como CP/P (Quadro 3).

A icnofauna documentada foi subdividida em três intervalos, de acordo com a espessura das lâminas de cada par silte/argila, e com a assembleia icnofossilífera presente: um intervalo onde o icnogênero *Diplichnites* é dominante; um em que não há registro icnofossilífero; e o último, onde a icnofauna (com maior densidade de traços) é dominada pelo icnogênero *Diplopodichnus*, com *Diplichnites*, *Cruziana* e *Protichnites* subordinados.

Quadro 3: Icnospecies reconhecidos em Balistieri et al. (2003), quantidade de espécimes reconhecidos nas amostras coletadas, local de coleta e números de registro das amostras na coleção do Centro Paleontológico de Mafra.

Icnospecie	Número de espécimes	Número de registro	Local de coleta
<i>Cruziana</i> isp.	2	Amostras CP/P 13 a 24	Rio Negro
<i>Diplichnites gouldi</i> Gevers et al., 1971	28	Amostras CP/P 12-16, 21a, 24, 25, 27, 39	
<i>Diplopodichnus biformis</i> Brady, 1947	45	Amostras CP/P 38, 40, 41, 42	
<i>Protichnites</i> isp.	1	Amostra CP/P 77	

De acordo com a análise realizada, a ocorrência de uma assembleia de traços fósseis composta exclusivamente por estruturas de deslocamento de artrópodes sugere um contexto de ambientes muito rasos ou substratos encharcados, marginais e sujeitos à flutuação de salinidade. A dominância de *Diplichnites*, a presença de estruturas de enrugamento nas mesmas superfícies em que ocorrem e o bom potencial de preservação das impressões podais sugerem a presença extensiva de esteiras microbianas. Considerou-se que a baixa icnodiversidade e o tamanho diminuto dos traços fósseis de Rio Negro são aspectos geralmente observados em faunas r-estrategistas, e que a icnocenose não caracteriza uma associação arquetípica de icnofácies Cruziana.

Buatois et al. (2006) analisaram os efeitos da retração das geleiras do Paleozoico Superior no ambiente físico e na biota encontrada nas bacias gonduânicas de Paganzo, Tarija (Argentina) e Paraná (Brasil). Segundo os autores, a compreensão do impacto dos eventos de deglaciação nas comunidades de organismos do Gondwana fica dificultada pela ausência de fósseis corpóreos nestes depósitos (devido ao baixo potencial de preservação da fauna em ambientes marinhos glaciais). As evidências trazidas pela icnofauna tornam-se, assim, valiosas, fornecendo subsídios para uma reconstrução de alta resolução destes ambientes afossilíferos. Interpretações de ambientes deposicionais pós-glaciais marcados por eventos transgressivos têm sido controversas, pois enquanto corpos d'água de ambientes marinhos rasos não influenciados pela glaciação apresentam icnofaunas marinhas com boa diversidade, estes depósitos glaciais gonduânicos possuem baixa icnodiversidade e apresentam, basicamente, traços de alimentação simples, não especializados, trilhas de deslocamento de artrópodes e marcas de nado de peixes. Sendo traços típicos de ambientes de água doce, representados nas icnofácies *Mermia* e *Scoyenia*, sugerem que na América do Sul tais condições tenham prevalecido devido ao grande volume de água do degelo das massas de gelo continentais (mesmo havendo esporádicas incursões de água salgada marcadas pela presença de acritarcas).

Para a Bacia do Paraná, utilizaram as icnofaunas documentadas por Nogueira e Netto (2001a) e por Balistieri et al. (2002, 2003) atribuindo-as a depósitos subaquáticos indicativos da icnofácies *Mermia* (*Cochlichnus anguineus*, *Gordia arcuata*, *Gordia marina*, *Helminthoidichnites*, *?Hormosiroidea*, *Hormosiroidea meandrica* isp., *Nereites* e *Treptichnus pollardi*), e a substratos com exposição subaérea, que corresponderiam à icnofácies *Scoyenia* (*Cruziana*, *Diplichnites*, *Diplopodichnus*, *Protichnites* isp, *Rusophycus* e *Umfolozia*). Os autores

ainda citaram que, em ambos os casos, as icnocenoses apresentam baixa icnodiversidade e alta densidade de traços pouco especializados e de tamanho diminuto. Comentaram, ainda, a existência de eventos de máxima inundação no intervalo médio da Formação Maфра e no intervalo inferior da Formação Rio do Sul, marcados por folhelhos marinhos fossilíferos. Por fim, indicaram a ocorrência da fácies sedimentar heterolítica com expressões empobrecidas da icnofácies Cruziana entre o intervalo superior da Formação Maфра (sobrepondo os ritmitos com que preservam icnofácies continentais) e o intervalo médio da Formação Rio do Sul. Marcando a base da Formação Rio do Sul, uma camada de siltito sobreposta aos heterolitos e sotoposta ao folhelho marinho fossilífero Lontras contém suítes da icnofácies Glossifungites, sinalizando uma superfície de inundação marinha. Estas são as icnofaunas com maior influência marinha do Grupo Itararé de Santa Catarina, até o momento.

Balistieri (2003) aprofundou os estudos das icnofaunas do Grupo Itararé de Santa Catarina. A partir da descrição das fácies sedimentares e compreensão da sucessão sedimentar existente, reuniu análises prévias (Balistieri & Netto, 2002, Balistieri, Netto & Lavina, 2002, 2003), caracterizaram a icnofauna presente nos depósitos do Grupo Itararé no norte de Santa Catarina e na cidade de Rio Negro (sul do Paraná) e analisou seu significado paleoecológico, paleoambiental e estratigráfico. Foram reconhecidas duas paleoicnocenoses na sucessão sedimentar. A Paleoicnocenose 1 (PI1, descrita em Balistieri, Netto & Lavina, 2002), composta predominantemente por *Cochlichnus anguineus*, *Cruziana cf. problematica*, *Diplichnites gouldi*, *Diplopodichnus biformis*, *Gordia arcuata*, *Gordia marina*, *Hormosiroidea meandrica*, *Protichnites* isp., *Rusophycus cf. carbonarius* e *Treptichnus pollardi*, interpretada como uma associação da icnofácies *Mermia*, e a Paleoicnocenose 2 (PI2), essencialmente infaunal, composta por *Diplocraterion* isp., *Lockeia siliquaria*, *Palaeophycus striatus*, *Palaeophycus tubularis*, *Protovirgularia ?pennatus*, *?Rhizocorallium* isp., e *Thalassinoides* isp., além de icnofábricas de *?Arenicolites*, *Chondrites*, *Diplocraterion*, *Palaeophycus*, *Planolites* e *Thalassinoides*, interpretada como uma associação de traços da icnofácies Cruziana empobrecida.

Em um afloramento na localidade de Águas Claras, município de Dr. Pedrinho, Gandini, Netto e Souza (2007) realizaram uma análise integrando a paleoicnologia e a paleopalinologia em ritmitos da Formação Rio do Sul. Avaliaram que os ritmitos de Águas Claras podem ser correlacionados com aqueles de Bela Vista do Sul (Balistieri, Netto & Lavina, 2002). Comparativamente, a paleoicnocenose registrada na pedra de Águas Claras (coordenadas UTM 647154E/4054888N) é bem mais diversa, reunindo estruturas biogênicas atribuídas a produtores continentais e a marinhos estritos. É composta por três suítes de traços fósseis: uma suíte com produtores que apresentam hábito dulcícola (*Cochlichnus anguineus*, *Gluckstadtella cooperi*, *Hormosiroidea meandrica* e *Treptichnus* isp.), uma com produtores de hábito eurialino (*Protovirgularia* isp., *Maculichna varia* e *Umfolozia sinuosa*) e uma com produtores de hábito terrestre (*Diplichnites gouldi*, *Diplopodichnus biformis*). As amostras coletadas e utilizadas fazem parte da coleção de icnofósseis do Museu da Vida e da Terra da Unisinos e foram registradas com a sigla UMVT (Quadro 4).

Quadro 4: Icnospecies reconhecidos em Gandini, Netto e Souza (2007), quantidade de espécimes reconhecidos nas amostras coletadas, local de coleta e números de registro das amostras na coleção do Centro Paleontológico de Mafra.

Icnospecie	Número de espécimes	Número de registro	Local de coleta
<i>Cochlichnus</i> Hitchcock, 1858	2	Amostra UMVT-5552	Dr. Pedrinho – Pedreira de Águas Claras
<i>Diplichnites gouldi</i> Gevers et al., 1971	3	Amostra UMVT-5558	
<i>Diplopodichnus biformis</i> Brady, 1947	45	Amostras UMVT-5558	
<i>Gluckstadella cooperi</i> Savage, 1971	4	Amostra UMVT-5549	
<i>Hormosiroidea meandrica</i> Balistieri et al., 2002	25	Amostra UMVT-5558	
<i>Maculichna varia</i> Anderson, 1981	2	Amostras UMVT-5554 e UMVT-5558	
<i>Protovirgularia</i> isp.	49	Amostras UMVT-5548, UMVT-5549, UMVT-5550, UMVT-5551, UMVT-5552, UMVT-5557	
<i>Treptichnus</i> isp.	2	Amostra UMVT-5556	
<i>Umfolozia sinuosa</i> Savage, 1971	4	Amostras UMVT-5550, UMVT-5558	

Enquanto os traços de organismos de hábito dulcícola revelam a deposição de estratos em corpos de água continentais, a presença abundante de *Protovirgularia* isp. sugere frequentes ingressões marinhas no sistema e um contexto marginal marinho para os depósitos. A presença de marcas de enrugamento com traços fósseis é, também, destacada por Gandini, Netto e Souza (2007). O material palinológico proveniente dos mesmos níveis dos traços fósseis corroboram a análise paleoicnológica, indicando contribuição continental e transporte prolongado, provavelmente associado às descargas de degelo.

Netto, Buatois, Mángano & Balistieri (2007) analisaram espécimes “do tipo *Gyrolithes*” pertencentes ao nível de siltito maciço, correspondente à base da Formação Rio do Sul, aflorante no Campo da Lança (descrito por Balistieri & Netto, 2002). Os espécimes analisados pertencem à suíte *Glossifungites* documentada para este nível. Para os autores, a presença de traços espiralados semelhantes a *Gyrolithes* em depósitos marginais marinhos do Permiano sugerem uma arquitetura de escavação específica para a sobrevivência em ambientes de água salobra, numa estratégia adaptativa obtida no Paleozoico Superior.

Em 2009, Netto et al. voltaram a analisar a icnofauna dos ritmitos das pedreiras de Rio Negro (PR) e Mafra (SC) com o objetivo de caracterizar uma assinatura icnológica para estes depósitos, discutir as implicações paleoecológicas das suítes de traços fósseis neles existentes e rever sua interpretação paleoambiental. Avaliando as assembleias registradas nos afloramentos, concluíram que: (i) embora os depósitos da Formação Mafra expostos na região apresentem estruturas sedimentares que suportem uma origem glacio-marinha, a icnofauna preservada nos ritmitos é característica de uma icnocenose mista *Scoyenia-Mermia*, própria de ambientes de água doce; (ii) a dominância da suíte de traços composta exclusivamente por trilhas de miriápodes em todas as unidades de ritmitos estudadas (*Diplichnites* e *Diplopodichnus*, em Balistieri, 2003) reflete o hábito terrestre e evidencia a exposição periódica do substrato, representando uma assinatura icnológica atípica da

icnofácies Scoyenia; (iii) em um dos ritmitos, a ocorrência de uma suíte com maior icnodiversidade, composta por escavações rasas e pistas de pastagem de artrópodes, nematódeos e outros animais vermiformes, assim como pistas de peixes, caracteriza uma comunidade bêntica lacustre, sendo um exemplo clássico da icnofácies Mermia; e que (iv) a análise icnológica e sedimentológica de alta resolução permite propor que estes lagos foram formados por fortes descargas de água de degelo na porção superior de estuários associados a fiordes. A presença comum, nesses ritmitos, de uma suíte de trilhas de artrópodes sobre esteiras microbianas e a preservação em palimpsesto sobre a suíte com escavações e pistas de pastagem sugere a periódica drenagem destes lagos rasos, formando áreas pantanosas de água doce que podem ter secado em alguns momentos. Buatois et al. (2010) deram suporte à hipótese de que o padrão das icnofaunas dos depósitos glaciais do Paleozoico Superior seja condicionado pelas fortes descargas de água doce introduzidas no ambiente costeiro pelo degelo, assim como pelos fatores ambientais estressantes impostos à fauna, em uma análise do significado paleoecológico e paleoambiental de icnofauna de oito diferentes bacias sedimentares ao longo das margens gonduânicas do Panthalassa (bacias de Paganzo, São Rafael e Tarija, na Argentina; do Paraná, no Brasil; Karoo, na África do Sul; Falkland, nas Ilhas Falkland; Sydney, na Austrália; e da Bacia Transantártica, na Antártica).

Netto, Tognoli, Gandini, Lima, & Gilbert (2012) documentaram o registro icnofossilífero do Fanerozoico do Sul do Brasil desde a década de 1980, com a intenção de mostrar o quanto a Icnologia é uma útil fonte de informações e interpretações deposicionais. Os trabalhos sobre a icnofauna do Grupo Itararé de Santa Catarina foram citados para a compreensão dos depósitos permocarboníferos. Para os autores a boa preservação dos detalhes morfológicos dos traços fósseis preservados nos siltitos argilosos e folhelhos contribuiu para a diagnose de assembleias com elementos particulares das icnofácies Mermia e Scoyenia. Detacou-se a importância da integração entre dados da Icnologia, do conteúdo de microfósseis, das estruturas sedimentares e da sequência deposicional no estudo de depósitos glaciais com alternância do gradiente de salinidade e energia (condições associadas ao processo de deglaciação e descarga de água doce em sistemas deposicionais costeiros).

Retornando aos afloramentos de Trombudo Central (Formação Rio do Sul, SC), Lima, Netto, Correa & Lavina (2015) estudaram os ritmitos expostos nas pedreiras Waltrick (UTM 620026/6981727), Itaú-Itaúna (UTM 619637/6981821) e Fama (UTM 619813/6981938). Comentaram o aumento verificado no volume de conhecimento à cerca dos ambientes glaciais de ambientes antigos e recentes, o que forneceu informações adicionais sobre a distribuição dos traços fósseis em ambientes glacio-marinhos, glacio-lacustres e glacio-fluviais. Assim como na taxonomia após a abordagem proposta por Bertling et al. (2006), que levou a estudos de revisão de vários icnotáxons, incluindo-se alguns daqueles já descritos para depósitos da Formação Rio do Sul.

Seu objetivo neste trabalho foi, portanto, descrever e rever a icnofauna dos depósitos do Carbonífero Superior expostos na região de Trombudo Central, analisar seu padrão de ocorrência e fornecer informação para futuros estudos da paleoecologia e dos paleoambientes da Formação Rio do Sul. As amostras utilizadas fazem parte da coleção do Laboratório de História da Vida e da Terra (LaViGea) da Universidade do Vale do Rio

dos Sinos, com as siglas UMVT e ULVG, e da coleção do Laboratório de Geociências da universidade Federal do Rio Grande do Sul, registradas com a sigla IC (Quadro 5).

A icnofauna estudada é composta por trilhas bem preservadas e escavações rasas. Estruturas de deslocamento são dominantes (*Diplichnites gouldi*), seguidas pelas de pastagem e de repouso. Ela apresenta espécimes de tamanho compatível com aqueles previamente registrados para os depósitos glaciais gonduânicos, porém com maior abundância e diversidade de estruturas de bioturbação, até mesmo se comparada com icnofaunas do Pleistoceno e Holoceno. Os traços fósseis ocupam, pelo menos, 80% de todas as superfícies das camadas expostas, sendo ausentes em cortes verticais, ocorrendo a preservação, preferencialmente, nas lâminas de argila.

Dois suítes de traços fósseis foram reconhecidas: uma endostratal, composta por traços de pastagem abaixo de esteiras microbianas, com dominância de *Helminthoidichnites tenuis*, contendo também *Mermia carickensis*, *Treptichnus pollardi* e *Cruziana problematica*; e uma composta por pastadores sobre as esteiras microbianas (MISS: estruturas sedimentares primárias formadas pela interação entre as esteiras microbianas e os sedimentos; Nofke, Gerdes, Klenke & Krumbein, 2001), composta por grande número de trilhas e impressões de repouso. Há predominância de *Diplichnites gouldi*, *Cruziana problematica* e *Umfolozia sinuosa*, com *Diplopodichnus biformis*, *Glaciichnium liebegastensis*, *Gluckstadtella elongata* (nova icnoespécie proposta por Lima et al. (2015), com base em amostras coletadas em Trombudo Central) e *Protovirgularia dichotoma* com ocorrência subordinada. Os autores inferiram que as assembleias de traços fósseis representam a colonização de corpos d'água localizados em ambiente marginal marinho. Contudo, a prevalência de suítes de traços fósseis não marinhos sugere que a salinidade era constantemente reduzida pela entrada de água doce, proveniente do degelo no sistema, formando lagos rasos (ou mesmo em substratos terrestres úmidos) em um contexto glacio-lacustre em ambientes marinhos costeiros.

Quadro 5: Icnospecies reconhecidos por Lima et al. (2015), números de registro das amostras nas coleções do Laboratório de História da Vida e da Terra (LaViGea, sigla UMVT e ULVG), da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, e do Laboratório de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (sigla IC).

Icnospecie	Número de registro	Local de coleta
<i>Cruziana problematica</i> Schindewolf, 1921	Amostras ULVG-11550 a ULVG-11552, ULVG-11555 a ULVG-11561, ULVG-11563, ULVG-11564, ULVG-11570, ULVG-10707, UMVT-10711, UMVT-10715, UMVT-10717, UMVT-10718, UMVT-10719, UMVT-10721	Trombudo Central - Pedreiras Waltrick, Itaú-Itauna e Fama.
<i>Diplichnites gouldi</i> Gevers et al., 1971	Amostras ULVG-11550-11552, ULVG-11555 a ULVG-11561, ULVG-11563, ULVG-11564, ULVG-11570, ULVG-11570, UMVT-10707, UMVT-10711, UMVT-10715 a UMVT-10718, UMVT-10719, UMVT-10721	
<i>Diplopodichnus biformis</i> Brady, 1947	Amostras ULVG-11565, ULVG-11569	
<i>Glaciichnium liebegastensis</i> Walter, 1985	Amostras ULVG-11576, ULVG-11577	
<i>Gluckstadtella elongata</i> isp. nov.	Amostras ULVG-11562A-D (holótipo em D)	

continua

conclusão

Ícnoespécie	Número de registro	Local de coleta
<i>Helminthoidichnites tenuis</i> Fitch, 1850	Amostras ULVG-11550, ULVG-11551, ULVG-11554, ULVG-11556, ULVG-11557, ULVG-11561, ULVG-11562, ULVG-11564, ULVG-11572 a ULVG-11574, UMVT-10708 a UMVT-10711, UMVT-10713, UMVT-10715 a UMVT-10717	Trombudo Central - Pedreiras Waltrick, Itaú-Itauna e Fama.
<i>Mermia carickensis</i> Smith, 1909	Amostras ULVG-11574, UMVT-10707, UMVT-10712, UMVT-10715	
<i>Protovirgularia dicothoma</i> McCoy, 1850	Amostra UMVT-10716	
<i>Treptichnus pollardi</i> Buatois e Mángano, 1993	Amostras ULVG-11566-11568	
<i>Umfolozia sinuosa</i> Savage, 1971	Amostras ULVG-11551 a ULVG-11553, ULVG-11556, ULVG-11565, ULVG-11561, ULVG-11562, ULVG-11563, ULVG-11565, ULVG-11571, ULVG-11574, ULVG-11575, ULVG-10707, ULVG-10714, ULVG-10716, ULVG-10717	

Lima, Minter e Netto (2017) discorreram sobre os organismos considerados como possíveis produtores dos traços fósseis registrados por Lima et al. (2015) em Trombudo Central. A análise paleobiológica dos produtores da icnofauna preservada na Formação Rio do Sul permitiu inferir que tanto animais terrestres (milípedes) quanto aquáticos (crustáceos e larvas de insetos) colonizaram os substratos, indicando que o ambiente deposicional era dinâmico, e mudanças nos parâmetros químicos e físicos condicionaram a biota.

Netto, Corrêa, Lima, Sedorko & Villegas-Martín (2021) analisaram estruturas biogênicas produzidas por miriápodes modernos, com o intuito de compreender a morfologia dos traços fósseis do Grupo Itararé atribuídos a este grupo (como *Diplichnites gouldi* e *Diplopodichnus bifformes*), bem como compreender a dinâmica populacional dos miriápodes em um ambiente glacial do Carboníferos Superior. O experimento neoicnológico controlado envolveu a análise da morfologia dos traços produzidos pelo animal observando-se a composição, plasticidade e umidade do substrato. Foram produzidas trilhas semelhantes a *Diplichnites gouldi*, pistas semelhantes à *Diplopodichnus biformis* e escavações rasas que se parecem com *Cruziana problematica*. Outra morfologia produzida (e também observada nos depósitos carboníferos) é uma pista em forma de “clave de fá”, o que levou os autores a proporem o novo icnotáxon *Clavifasulcus jordii*. A análise morfométrica de cinquenta espécimens de *Diplichnites gouldi* do registro fossilífero do Grupo Itararé revelou a existência de sete diferentes classes entre os *D. gouldi*. Tal quantidade de classes do icnogênero *D. gouldi* coincide com o número de estágios ontogenéticos do grupo dos miriápodes. Este fato indica que a icnodiversidade encontrada no registro fóssil pode não estar associada à biodiversidade dos produtores, mas sim, à existência de indivíduos de um mesmo táxon mas de idades diferentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De 1927, quando Maury fez a primeira descrição de um traço fóssil em Anitápolis, até o momento (2021), é pequena a quantidade de trabalhos publicados que utilizam os traços fósseis para análise paleoecológica e paleoambiental dos depósitos sedimentares do Grupo Itararé em Santa Catarina, considerando-se o quanto esta ferramenta pode contribuir para a compreensão deste evento glacial e das estratégias fisiológicas e etológicas que os invertebrados desenvolveram para sobreviver a ele.

A Quadro 6 traz uma síntese dos dados levantados nesta revisão. Dezesete trabalhos que utilizam a icnofauna do Grupo Itararé como ferramenta de análise foram encontrados em dez afloramentos descritos em 5 municípios: Rio Negro (único no Paraná), Mafra, Doutor Pedrinho, Trombudo Central e Anitápolis.

Pode-se observar a baixa icnodiversidade registrada tanto nos ritmitos siltico-argilosos das pedreiras de Anitápolis, Itaú-Itauna, Trevo, Fazenda Potreiro, Bela Vista do Sul e Rio Negro (29 icnogêneros), quanto na fácies de depósitos heterolíticos encontrada nos afloramentos do Campo da Lança e de Bela Vista do Sul (8 icnogêneros) e no siltito de Campo da Lança. Foram reconhecidas as icnofácies *Mermia*, *Scoyenia*, *Cruziana* empobrecida e *Glossifungites*, além de icnofácies mistas *Mermia-Scoyenia* e *Scoyenia-Cruziana* empobrecida e icnofácies *Scoyenia* atípica.

Quadro 6: Relação cronológica dos trabalhos encontrados na literatura, indicando os afloramentos utilizados para análise, as icnofaunas descritas para cada trabalho e a análise ambiental existente.

Autor	Mun/Est.	Local	Afloram.	Formação	Icnogêneros identificados	Icnofaunas/ Icnofácies Reconhecidas	Análise ambiental
Maury (1927)	Anitápolis - SC	-	-	Rio do Sul	"rastros franjados"	-	-
Fernandes e Netto (1985)	Anitápolis - SC	-	-	Rio do Sul	<i>Dydimaulichnus furnai</i>	-	-
Marques-Toigo et al. (1989)	Trombudo Central - SC	-	Pedreiras Itaú e Trevo (ativa)	Rio do Sul	<i>Isopodichnus</i> , <i>Gordia</i> , <i>Gyrochorte</i> , <i>Koupichmium</i> , <i>Umfolozia</i>	-	Glacio-lacustre
Nogueira e Netto (2001a)	Trombudo Central - SC	-	Pedreira Itaú-Itauna (ativa)	Rio do Sul	<i>Cruziana</i> , <i>Diplichmites</i> , <i>Diplopodichnus</i> , <i>Gluckstadtella</i> , <i>Rusophycus</i> , <i>Umfolozia</i> <i>Helminthoidichnites</i> , <i>?Hormosiroidea</i> , <i>Nereites</i>	-	-
Nogueira e Netto (2001b)	Trombudo Central - SC	-	Pedreira Itaú-Itauna (ativa)	Rio do Sul	<i>Cruziana</i>	-	Corpo d'água raso, restrito, salobro, com incursões marinhas, icnofauna de condicionamento terrestre

continua

continuação

Balistieri, Netto & Lavina (2002)	Mafra - SC	Fazenda Potreiro	pedreira abandonada	Mafra	<i>Cochlinus</i> , <i>Cruziana</i> , <i>Diplichnites</i> , <i>Diplopodichnus</i> , <i>Gordia</i> , <i>Hormosiroidea</i> , <i>Treptichnus</i>		
		Bela Vista do Sul	pedreira abandonada	Rio do Sul	<i>Cruziana</i> , <i>Diplichnites</i> , <i>Diplopodichnus</i> , <i>Locketa</i> , <i>Protovirgularia</i> , <i>Rusophycus</i>	-	-
	Rio Negro - PR	-	Pedreira abandonada	Mafra	<i>Cruziana</i> cf <i>problematica</i> , <i>Diplichnites gouldi</i> , <i>Diplopodichnus biformis</i> , <i>Protichnites</i> isp.	-	-
Balistieri e Netto (2002)	Mafra - SC	Campo da Lança	Pedreira abandonada	Mafra	<i>Icnofábricas de Arenicolites</i> , <i>Diplocraterion</i> , <i>Chondrites</i> , <i>Palaeophycus</i> , <i>Planolites</i> , <i>?Rhizocorallium</i> e <i>Thalassinoides</i>	Icnofácies Cruziana empobrecida	Níveis icnofossilíferos com maior influência marinha da sucessão analisada.
					<i>Diplocraterion</i> isp., <i>Palaeophycus striatus</i> , <i>Palaeophycus tubularis</i> , <i>?Rhizocorallium</i> isp., <i>Thalassinoides</i> isp.	Suíte Glossifungites	
Balistieri, Netto & Lavina (2003)	Rio Negro - PR	-	Pedreira abandonada	Mafra	<i>Cruziana</i> isp. <i>Diplichnites gouldi</i> , <i>Diplopodichnus biformis</i> , <i>Protichnites</i> isp.		Substrato <i>softground/ firmground</i>
Balistieri (2003)	Rio Negro - PR	-	Pedreira abandonada	Mafra	PI1, suíte DgDb: <i>Cruziana</i> cf <i>problematica</i> , <i>Diplichnites gouldi</i> , <i>Diplopodichnus biformis</i> , <i>Protichnites</i> isp.	Icnofácies Scoyenia	Condicionamento terrestre
	Mafra - SC	Fazenda Potreiro	Pedreira abandonada	Mafra	PI1, suite DbDg: <i>Cruziana</i> cf <i>problematica</i> , <i>Diplichnites gouldi</i> , <i>Diplopodichnus biformis</i> , <i>Protichnites</i> isp. PI1, suite HG: <i>Cochlichnus anguineus</i> , <i>Gordia arcuata</i> , <i>Gordia marina</i> , <i>Hormosiroidea meandrica</i> , <i>Rusophycus</i> cf. <i>carbonarius</i> , <i>Treptichnus pollardi</i>	Icnofácies Scoyenia Icnofácies Mermia	Condicionamento não marinho em substrato subaquático

continua

continuação

Balistieri (2003)	Mafra - SC	Campo da Lança	Pedreira abandonada	Rio do Sul	PI2, suite TP: Icnofábricas de <i>Thalassinoides-Palaeophycus</i> , <i>?Arenicolites</i> , <i>Diplocraterion</i> , <i>Chondrites</i> , <i>Planolites</i> , <i>Rhizocorallium</i> . PI2, suite Gl: <i>Diplocraterion</i> isp. <i>Thalassinoides</i> isp. <i>Palaeophycus striatus</i> <i>Palaeophycus tubularis</i> <i>?Rhizocorallium</i> isp. <i>Thalassinoides</i> isp.	Icnofácies de Cruziana empobrecida	Níveis icnofossilíferos com maior influência marinha da sucessão analisada.	
		Bela Vista do Sul	Pedreira abandonada	Rio do Sul	PI1, suite DbDg <i>Diplichnites gouldi</i> , <i>Diplopodichnus biformis</i> PI2, suite PL: <i>Lockeia siliquaria</i> <i>Protovirgularia</i> isp. <i>Protovirgularia ?pennatus</i> <i>Rusophycus</i> cf. <i>carbonarius</i>		Condicionamento não marinho em substrato subaéreo.	
Buatois et al. 2006	Rio Negro - PR	-	Pedreira abandonada	Topo da Fm. Mafra	Assembleia de <i>Diplichnites gouldi</i> <i>Diplopodichnus biformis</i>	Icnofácies Scoyenia	Condicionamento terrestre	
	Mafra - SC	Campo da Lança	pedreira abandonada		-	Icnofácies Cruziana empobrecida	Ambiente mixohalino	
	Mafra - SC	Fazenda Potreiro	Pedreira abandonada		Assembleia de <i>Cochlichnus anguineus</i> <i>Gordia arcuata</i> <i>Gordia marina</i> <i>Helminthoidichnites</i> <i>Hormosiroidea meandrica</i> <i>Rusophycus</i> cf. <i>carbonarius</i> <i>Treptichnus pollardi</i> <i>Undichna consulca</i>	Icnofácies Mermia	Condicionamento terrestre	
	Mafra - SC	Campo da Lança	Pedreira abandonada		Base da Fm. Rio do Sul	-	Inofácies Glossifungites	Ambiente mixohalino
	-	-	-		Intervalo médio da Fm. Rio do Sul	-	Icnofácies Cruziana empobrecida	Ambiente mixohalino
Netto et al. 2007	Mafra - SC	Campo da Lança	Pedreira abandonada	Base da Fm. Rio do Sul	<i>Glossifungites</i> suite (Gl): <i>Diplocraterion</i> isp. <i>Thalassinoides</i> isp. <i>Palaeophycus striatus</i> <i>Palaeophycus tubularis</i> <i>?Rhizocorallium</i> isp. <i>Thalassinoides</i> isp.	Icnofácies Glossifungites	<i>Firmground</i> Ambiente mixohalino	

continua

continuação

Gandini et al. (2007)	Dr. Pedrinho - SC	Águas Claras	Pedreira abandonada	Rio do Sul	<i>Cochlichnus anguineus</i> , <i>Gluckstadtella cooperi</i> , <i>Hormosiroidea meandrica</i> , e <i>Treptichnus isp</i>	suíte com produtores de hábito dulciaquícola	-
					<i>Protovirgularia isp.</i> , <i>Maculichna varia</i> e <i>Umfolozia sinuosa</i>	suíte com produtores de hábito eurialino	-
					<i>Diplichmites gouldi</i> , <i>Diplopodichnus biformis</i>	suíte com produtores de hábito terrestre	-
Netto et al., 2009	Rio Negro - PR	-	Pedreira abandonada	Mafra	suíte DgDb: <i>Diplichmites gouldi</i> , <i>Diplopodichnus biformis</i>	Icnofácies Scoyenia Atípica	Condicionamento terrestre
	Mafra - SC	Fazenda Potreiro	Pedreira abandonada	Mafra	suíte HG: <i>Cochlichnus anguineus</i> <i>Cruziana</i> cf. <i>problematica</i> <i>Gordia arcuata</i> <i>Gordia marina</i> <i>Helminthoidichmites</i> isp. <i>Hormosiroidea meandrica</i> <i>Protichmites</i> isp. <i>Rusophycus</i> cf. <i>carbonarius</i> <i>Treptichnus pollardi</i> <i>Undichna consulca</i>	Icnofácies Mermia Preservação em palimpsesto - Icnofácies mista Mermia-Scoyenia	lagos de água doce não perenes em ambiente estuarino proximal em fiorde.
Buatois et al., 2010	Rio Negro - PR	-	Pedreira abandonada	Intervalo médio da Fm. Mafra	Assembleia <i>Diplichmites-Diplopodichnus</i>	-	-
	Mafra - SC	Fazenda Potreiro	Pedreira abandonada		Assembleia Mermia: <i>Cochlichnus anguineus</i> <i>Cruziana</i> cf. <i>problematica</i> <i>Gordia arcuata</i> <i>Gordia marina</i> <i>Gluckstadtella</i> isp. <i>Helminthoidichmites</i> isp. <i>Hormosiroidea meandrica</i> <i>Rusophycus</i> cf. <i>carbonarius</i> <i>Treptichnus pollardi</i> <i>Undichna consulca</i>	Icnofácies Mermia	-
	Mafra - SC	Campo da Lança	Pedreira abandonada	Topo da Fm. Mafra	? <i>Arenicolites</i> isp. <i>Chondrites</i> isp. <i>Diplocraterion</i> isp. <i>Palaeophycus</i> isp. <i>Planolites</i> isp. <i>Rhizocorallium</i> isp. <i>Thalassinoides</i> isp.	Icnofácies mista Skolithos-Cruziana empobrecida	-

continua

continuação

Buatois et al., 2010	Mafra - SC	Campo da Lança	Pedreira abandonada	Base da Fm. Rio do Sul	<i>Diplocraterion</i> isp. <i>Thalassinoides</i> isp. <i>Palaeophycusstriatus</i> <i>Palaeophycustubularis</i> <i>?Rhizocorallium</i> isp. Escavações tipo <i>Gyrolithes</i>	suite Glossifungites	-
	Dr. Pedrinho - SC	Águas Claras	Pedreira abandonada	intervalo inferior da Fm. Rio do Sul	<i>Cochlichnus anguineus</i> , <i>Gluckstadtella cooperi</i> , <i>Hormosiroidea meandrica</i> , e <i>Treptichnus</i> isp <i>Diplichmites gouldi</i> , <i>Diplopodichnus biformis</i> <i>Protovirgularia</i> isp., <i>Maculichna varia</i> e <i>Umfolozia sinuosa</i>	-	-
	Trombudo Central - SC	-	Pedreira Itaú-Itauna	Topo da Fm. Rio do Sul	<i>Cruziana</i> isp. <i>Diplichmites</i> isp. <i>Diplopodichnus</i> isp. <i>Gluckstadtella</i> isp. <i>Helminthoidichnites</i> isp. <i>?Hormosiroidea</i> isp. <i>Nereites</i> isp. <i>Rusophycus</i> isp. <i>Umfolozia</i> isp.	-	-
Netto et al., 2012	Rio Negro - PR	-	Pedreira abandonada	Mafra	<i>Gluckstadtella cooperi</i> <i>Diplichmites gouldi</i> , <i>Diplopodichnus biformis</i> <i>Maculichna varia</i> <i>Umfolozia sinuosa</i>	Assembleia dos ritmitos	
	Dr. Pedrinho - SC	Águas Claras	-	Rio do Sul			
	Mafra - SC	Fazenda Potreiro	Pedreira abandonada	Mafra	<i>Cochlichnus</i> <i>Cruziana problematica</i> <i>Gordia</i> <i>Helminthoidichnites</i> <i>Hormosiroidea meandrica</i> <i>Treptichnus pollardi</i> <i>Palaeophycus</i> isp. <i>Planolites</i> isp. <i>Rusophycus</i> isp. <i>Lockeia</i> <i>Protovirgularia</i> <i>Arenicolites</i> <i>Diplocraterion</i> <i>Undichna consulca</i>	Assembleia de "ritmitos da deglaciação"	Icnocenos Mermia e Scoyenia em palimpsesto
	Mafra - SC	Campo da Lança	Pedreira abandonada	Rio do Sul			
	Mafra - SC	Campo da Lança	Pedreira abandonada	Rio do Sul	<i>Diplocraterion</i> isp. <i>Thalassinoides</i> isp. <i>Palaeophycusstriatus</i> <i>Palaeophycustubularis</i> <i>?Rhizocorallium</i> isp. Escavações tipo <i>Gyrolithes</i>	Glossifungites suite	

continua

conclusão

	Mafra - SC	Campo da Lança	Pedreira abandonada	Rio do Sul	? <i>Arenicolites</i> isp. <i>Chondrites</i> isp. <i>Diplocraterion</i> isp. <i>Palaeophycus</i> isp. <i>Planolites</i> isp. <i>Rhizocorallium</i> isp. <i>Thalassinoides</i> isp.	Ichnofácies Cruziana empobrecida	
Lima et al. (2015)	Trombudo Central - SC	-	Pedreiras Waltrick, Itaú-Itauna e Fama	Rio do Sul	<i>Helminthoidichnites tenuis</i> , <i>Mermia carickensis</i> , <i>Treptichnus pollardi</i> e <i>Cruziana problematica</i>	Suíte abaixo de esteiras microbianas	Lagos rasos de água doce em ambiente marginal marinho.
					<i>Diplichnites gouldi</i> , <i>Cruziana problematica</i> , e <i>Umfolozia sinuosa</i> , <i>Diplopodichnus biformis</i> , <i>Glaciichnium liebegastensis</i> , <i>Gluckstadtella elongata</i> <i>Protovirgularia dichotoma</i>	Suíte acima de esteiras microbianas	
Netto et al. (2021)	-	-	-	Mafra e Rio do Sul	<i>Diplichnites gouldi</i> <i>Clavifasulcus jordii</i>	-	-

A baixa icnodiversidade já foi atribuída ao fato de poucos organismos serem capazes de se adaptar às condições extremas de temperatura e salinidade. No caso dos ambientes do Carbonífero Superior, períodos mais frios, de avanço das geleiras e retirada da água dos ecossistemas continentais e marinhos costeiros, alternavam-se com períodos de melhoria climática, recuo das geleiras e entrada de grandes quantidades de água doce no sistema. À medida que aumenta o aporte de água de degelo nas áreas marinhas costeiras, a queda na taxa de salinidade dos corpos d'água se torna, além da baixa temperatura, um importante fator limitante à diversidade de vida (McGhee, 1989).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ambiente glacial permocarbonífero constitui-se de um complexo contexto de fácies sedimentares, com processos deposicionais de alta e baixa energia ocorrem lateralmente ou em sobreposição. Assim, quanto mais informações puderem ser incluídas à análise, mais fundamentada estará a reconstrução paleoambiental. Um novo olhar, a partir de novos elementos, tende a enriquecer o debate. Neste escopo, a paleicnologia traz sua contribuição e, com ela, algumas novas interpretações, por vezes contradizendo as anteriormente aceitas e estabelecidas. Os poucos trabalhos aqui documentados não refletem o fascínio que estes depósitos e suas assembleias icnofossilíferas causam na comunidade acadêmica.

A análise de alta resolução da icnofauna existente no Grupo Itararé a mostra como determinante na compreensão dos antigos ambientes glaciais formados na porção oeste

do Gondwana durante a glaciação permocarbonífera. Além da região de Mafra (SC) e a região contígua do município de Rio Negro (PR), apenas afloramentos dos municípios de Dr. Pedrinho, Trombudo Central e Anitápolis, em Santa Catarina, foram estudados. Todo o restante dos depósitos da faixa aflorante das Formações Mafra e Rio do Sul neste estado “aguarda” por novas pesquisas.

Em decorrência das discussões mundiais atuais em torno das mudanças climáticas do Recente e seus efeitos sobre as comunidades de organismos, percebe-se um aumento no interesse da comunidade científica em compreender as eras glaciais do passado e as consequências de seu estabelecimento e do período de degelo sobre a biota. Novos trabalhos que contribuam para a compreensão das estratégias adaptativas utilizadas pelos organismos que conviviam em ambientes periglaciais durante o mais longo período glacial do Fanerozoico poderão colaborar tanto para o estabelecimento de padrões na icnofauna ocorrentes em todo o Gondwana quanto para a compreensão da magnitude dos processos deposicionais vigentes.

REFERÊNCIAS

- Anderson, A. (1981). The Umfolozia arthropod trackways in the Permian Dwyka and Ecca Series of South Africa. *Journal of Paleontology*, 55, 84-108.
- Balistieri, P.R.M.N. (2003). *Paleoicnologia da porção superior do Grupo Itararé na região de Mafra: limitações paleoecológicas, paleoambientais e estratigráficas*. Tese de Doutorado em Paleontologia. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNIVALE, São Leopoldo, RS.
- Balistieri, P.R.M.N., & Netto, R.G. (2002). A *Glossifungites* suite in deposits of the Itararé Group (Upper Carboniferous-Lower Permiano of Paraná Basin) at Mafra Region, North of Santa Catarina State, Brazil: Ichnotaxonomic, Paleoecological and Stratigraphical Constrains. *Acta Geologica Leopoldensia*, 55, 91-106.
- Balistieri, P.R.M.N., Netto, R.G., & Lavina, E.L.C. (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.R.M.N., Netto, R.G., & Lavina, E.L.C. (2003). Icnofauna de ritmitos do topo da Formação Mafra (Permo-Carbonífero da Bacia do Paraná) em Rio Negro, Estado do Paraná (PR), Brasil. In L.A. Buatois, M.G. Mángano (Eds.). *ICNOLOGÍA: hacia una convergencia entre geología y biología*. *Publicación Especial de la Asociación Paleontológica Argentina*, 9, 131-139.
- Bertling, M., Braddy, S.J., Bromley, R.G., Demathieu, G.R., Radek, J.G., ... & Uchman, A. (2006). Names for trace fossils: a uniform approach. *Lethaia*, 39(3), 265-286. <https://doi.org/10.1080/00241160600787890>
- Brady, L.F. (1947). Invertebrate tracks from the Coconino Sandstone of Northern Arizona. *J. Paleontol.*, 21, 466-472.
- Buatois, L.A., & Mangano, M.G. (1993). The ichnotaxonomic status of *Plangtichnus* and *Treptichnus*. *Ichnos*, 2, 217-224.
- Buatois, L.A., Zeballo, F.J., Albanesi, G.L., Ortega, G., Vaccari, N.E., & Mangano, M.G. (2006). Depositional environments and stratigraphy of the Upper Cambrian-Lower Ordovician - Santa Rosita formation at the alfarcito area, Cordillera Oriental, Argentina: integration of biostratigraphic data within a sequence stratigraphic framework. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 13(1), 1-29
- Buatois, L.A., Netto, R.G., & Mangano, M.G. (2010). Ichnology of late Paleozoic postglacial transgressive deposits in Gondwana: reconstructing salinity conditions in coastal ecosystems affected by Strong meltwater discharge. *The Geological Society of America Special Paper*, 468, 149-173.

- Cagliari, J., Lopes, R.C., Lavina, E.L.C., & Paim, P.S.G. (2019). Ambientes deposicionais associados às principais jazidas de carvão do Brasil. In M.V.B. Ade, C.V. Araújo, & C.F. Rodrigues (Eds.). *Carvões Gonduânicos no Brasil*. (pp.1-22). Rio de Janeiro: Ed. UERJ Recuperado de <https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/7735>
- Dawson, J.W. (1873). Impressions and footprints of aquatic animals and imitative markings on Carboniferous rocks. *Am. J. Sci.*, 5, 16-24.
- Eichwald, E. (1860-1868). *Lethaea rossica, ou Paléontologie de la Russie*. V.1 (1860), Atlas (1868). Stuttgart: E. Schweizerbart.
- Eyles, N. (1993). Earth's glacial record and its tectonic setting. *Earth-Sci. Rev.*, 35, 1-248.
- Emmons, E. (1844). *The Taconic system based on observations in New-York, Massachussets, Maine, Vermont, and Rhode-Island*. Albany: Carrol and Cook.
- Fernandes, A.C.S., Netto, R.G. (1985). O estado atual da paleoicnologia no Paleozoico da Bacia do Paraná. In *Resumos do Congresso Brasileiro de Paleontologia*, Fortaleza, CE, Brasil, 9, p.41.
- Fitch, A. (1850). A historical, topographical and agricultural survey of the County of Washington. Part 2-5. *Trans. N. Y. Agric. Soc.*, 9, 753-944.
- Gandini, R., Netto, R.G., Souza, P.A. (2007). Paleoicnologia e a palinologia dos ritmitos do Grupo Itararé na pedreira de Águas Claras (Santa Catarina, Brasil). *Gaea*, 3(2), 47-49.
- Gevers, T.W., Frakes, L.A., Edwards, L.N., Marzolf, J.E. (1971). Trace fossils in the lowerBeacon sediments (Devonian), Darwin Mountains, southern Victoria Land, Antarctica. *J. Paleontol.*, 45, 81-94.
- Hall, J. (1852). *Paleontology of New York*. Albany: C. Van Benthuisen, v.2.
- Hitchcock, E. (1858). *Ichnology of New England. A reporton Sandstone of the Connecticut Valley, especially its fossil footmarks*. Boston: W. White.
- Isbell, J.L., Miller, M.F., Wolfe, K.L., & Lenaker, P.A. (2003). Timing of Late Paleozoic glaciation in Gondwana: was glaciation responsible for the development of Northern hemisphere cyclothems? In M.A. Chan, & A.W. Archer (Eds.). *Extreme Depositional Environments: Mega End Members in Geologic Time. Geological Society of America, Special Paper 370*, 5-24.
- James, U.P. (1879). Descriptions of the new species of fossils and remarks on some others from the Lower and Upper Silurian rocks of Ohio. *The Paleontologist*, 3, 17-24.
- Keighley, D.G., & Pickerill, R.K. (1996). Small *Cruziana*, *Rusophycus*, and related ichnotaxa from eastern Canada: the nomenclatural debate and systematic ichnology. *Ichnos*, 4, 261-285. <http://dx.doi.org/10.1080/10420949609380136>
- Ksiazkiewicz, M. (1977). Trace fossils in the Flysch of the Polish Carpathians. *Palaeontologica Polonica*, 36, 1-274.
- Lima, J.H.D., Netto, R.G., Correa, C.G., & Lavina, E.L.C. (2015). Ichnology of deglaciation deposits from the Upper Carboniferous Rio do Sul Formation (Itararé Group, Paraná Basin) at central-east Santa Catarina State (Southern Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 63,137-148. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2015.07.008>
- Lima, J.H.D., Minter, N.J., & Netto, R.G. (2017). Insights from functional morphology and neoichnology for determining tracemakers: a case study of the reconstruction of an ancient glacial arthropod-dominated fauna. *Lethaia*, 50, 576-590.
- Mauray, C.J. (1927). *Fósseis silurianos de Santa Catarina*. Rio de Janeiro: Serv. Geol. Min. Bras. (Boletim 23).
- Marques-Toigo, M., Dias-Fabré, M.E., Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., & Piccolli, A.E.M. (1989). Afloramentos da área de Trombudo Central, Permiano Inferior, Santa Catarina: palinologia, icnologia e sedimentologia. *Anais do Congresso Brasileiro de Paleontologia*. Curitiba, PR, Brasil, 11. pp. 43-44.
- McCoy, F. (1850). On some genera and species of Silurian Radiata in the collection of the University of Cambridge. *Ann. Mag. Nat. Hist. Ser.*, 2(6), 270-290.

- McGhee, G. (1989). Catastrophes in the history of life. In: K.C. Allen & D.E.G. Briggs (eds.). *Evolution and the Fossil Record*. (pp. 26-50). Washington: Smithsonian.
- Netto, R.G., Buatois, L.A., Mángano, M.G., & Balistieri, P. (2007). *Gyrolithes* as a multipurpose burrow: an ethologic approach. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 10(3), 157-168. <http://dx.doi.org/10.4072/rbp.2007.3.03>
- Netto, R.G., Balistieri, P.R.M.N., Lavina, E.L.C., & Silveira, D.M. (2009). Ichnological signatures of shallow freshwater lakes in the glacial Itararé Group (Mafra Formation, Upper Carboniferous–Lower Permian of Paraná Basin, S Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 272, 240–255. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2008.10.028>
- Netto, R.G., Tognoli, F.M.W., Gandini, R., Lima, J.H.D., & Gilbert, J.M. (2012). Ichnology of the Phanerozoic deposits of Southern Brazil: synthetic review. In R.G. Netto, N.B. Carmona, F.M.W. Tognoli (Eds.). *Ichnology of Latin America Selected Papers. Monografias da Sociedade Brasileira de Paleontologia*, 2, 37-68.
- Netto, R.G., Corrêa, C.G., Lima, J.H.D., Sedorko, D., & Villegas-Martín, J. (2021). Deciphering myriapoda population dynamics during Gondwana deglaciation cycles through neoichnology. *Journal of South American Earth Sciences*, 109, 103247. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103247>
- Noffke, N., Gerdes, G., Klenke, T., & Krumbein, W.E. (2001). Microbially Induced Sedimentary Structures: A New Category within the Classification of Primary Sedimentary Structures. *Journal of Sedimentary Research*, 71(5), 649.
- Nogueira, M.S., & Netto, R.G. (2001a). Icnofauna da Formação Rio do Sul (Grupo Itararé, Permiano da Bacia do Paraná) na Pedreira Itaú-Itauna, Santa Catarina, Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, 52/53, 397-406.
- Nogueira, M.S., & Netto, R.G. (2001b). A presença de *Cruziana* nos sedimentos da Formação Rio do Sul (Grupo Itararé, Permo-Carbonífero da Bacia do Paraná) na Pedreira Itaú-Itauna, Santa Catarina, Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, 52/53, 387-396.
- Pemberton, S.G., & Wightman, D.M. (1992). Ichnological characteristics of brackish water deposits. In: S.G. Pemberton (ed.) *Applications of ichnology to petroleum exploration – a core workshop*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, pp. 141-167.
- Savage, N.M. (1971). A varviteichnocoenosis from the Dwyka Series of Natal. *Lethaia*, 4, 217-233.
- Schneider, R.L., Müllmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R.A., Daemon, R.F., & Nogueira, A.A. (1974). Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*, Porto Alegre, RS, Brasil, 18. pp.41-65.
- Schindewolf, O.H. (1921). Studienaus dem Marburger Buntsandstein, I-II. *Senckenbergiana*, 3, 33-49.
- Smith, J. (1909). *Upland fauna of the Old Red Sandstone Formation of Carrick, Ayrshire*. Kilwinning: A. W. Cross.
- Walter, H. (1985). Zur Ichnologie des Pleistozäns von Liebegast. *Freiberger Forschungsh*, 400, 101-116.
- Woodworth, J.B. (1912). Geological expedition to Brazil and Chile. 1908-1912. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 56(1), 3-137.
- Zalán, P.V., Wolff, S., Astolfi, M.A.M., Vieira, I.S., Conceição, J.C.J., Appi, V.T., ... & Marques, A. (1990). The Paraná Basin, Brazil. In M.W. Leighton, D.R. Kolata, D.F. Oltz, & J.J. Eidel (Eds.). *Interior cratonic Basins*. (Memoir 51, pp. 681-708). Tulsa: American Association of Petroleum Geologists.

Data de submissão: 09/jul./2021

Data de aceite: 22/set./2021