

Tafofácies e Correlação Estratigráfica de Afloramentos Devonianos na Região Nordeste do Estado do Paraná, Brasil

Taphofacies and Stratigraphic Correlation of Devonian Outcrops in Northwestern Region of State of Paraná, Brazil

Tafofácies y Correlación Estratigráfica de Afloramientos Devónicos en La Región Noreste del Estado de Paraná, Brasil

Lucinei José Myszynski Junior
<https://orcid.org/0000-0003-0238-7053>
lucinei.junior@ifpr.edu.br
*Instituto Federal do Paraná, IFP,
Campus Jaguariaíva, Jaguariaíva, PR*

Daniel Sedorko
<https://orcid.org/0000-0002-9324-3460>
sedorko@ufu.br
*Universidade Federal de Uberlândia,
UFU, Monte Carmelo, MG*

Elvio Pinto Bosetti
<https://orcid.org/0000-0003-1120-4933>
elviobosetti@gmail.com
*Universidade Estadual de Ponta Grossa,
UEPG, Ponta Grossa, PR*

Paula Mendlowicz Mauller
<https://orcid.org/0000-0002-1790-9830>
mendlowicz@gmail.com
*Universidade Federal do Rio de Janeiro,
UFRJ, Rio de Janeiro, RJ*

Leonardo Borghi
<https://orcid.org/0000-0002-3296-2840>
borghi66@gmail.com
*Universidade Federal do Rio de Janeiro,
UFRJ, Rio de Janeiro, RJ*

Gabrieli Goltz
<https://orcid.org/0000-0002-5664-8872>
gabrieligoltz@gmail.com
*Universidade Estadual de Ponta Grossa,
UEPG, Ponta Grossa, PR*

Sandro Marcelo Scheffler
<https://orcid.org/0000-0002-6965-4550>
schefflersm@mn.ufrj.br
*Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Museu Nacional, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ*

Resumo: A região nordeste do estado do Paraná ainda é pouco conhecida em seus aspectos paleontológicos e estratigráficos. Este trabalho enfocou afloramentos devonianos localizados em Arapoti e Piraí do Sul e buscou o reconhecimento das fácies sedimentares e a definição de tafofácies com a intenção de interpretação paleoambiental e de correlação estratigráfica. Foram identificadas três diferentes fácies que representam

ambientes do *shoreface* ao *offshore*, e foram definidas três tafofácies: T1 caracteriza os ambientes mais proximais e destrutivos; T2 representa ambientes de *shoreface* inferior; T3, originada no *offshore*. A base da seção é correlacionada com os momentos iniciais do Devoniano, Formação Ponta Grossa, Sequência Siluro-Devoniana (Neopraguiano-Eoemsiano) devido ao contato visível com arenitos da Formação Furnas. Já o topo é posicionado na Formação São Domingos pela presença de microfósseis, Sequência Devoniana I (Neoemsiano-Eoeifeliano).

Palavras-chave: Bacia do Paraná, Fácies Sedimentares, Tafonomia

Abstract: The northeastern region of the state of Paraná, Brazil, is still little known in its paleontological and stratigraphic aspects. This work focused on Devonian outcrops located in Arapoti and Piraí do Sul, and aimed at the recognition of sedimentary facies and the definition of taphofacies, with the intention of paleoenvironmental interpretation and stratigraphic correlation. Three different facies were identified, representing shoreface to offshore environments, and also three taphofacies were defined: T1 characterizes the most proximal and destructive environments, T2 represents lower shoreface environments and T3, originated offshore. The base of the section is correlated to the early Devonian, Ponta Grossa Formation, Siluro-Devonian Sequence (Neopraguian-Eoemsian) due to the visible contact with sandstones of the Furnas Formation, and the top, due to the presence of microfossils, is positioned in the São Domingos Formation, Devonian Sequence I (Neoemsian-Eoeifelian).

Keywords: Paraná Basin, Sedimentary Facies, Taphonomy

Resumen: La región noreste del estado de Paraná, Brasil, es aún poco conocida en sus aspectos paleontológicos y estratigráficos. Este trabajo se centró en afloramientos devónicos ubicados en Arapoti y Piraí do Sul y buscó el reconocimiento de fácies sedimentarias y la definición de tafofácies, con la intención de interpretación paleoambiental y correlación estratigráfica. Se identificaron tres facies diferentes que representan ambientes desde el litoral hasta el mar adentro, y se definieron tres tafofácies, siendo T1 la que caracteriza los ambientes más proximales y destructivos, T2, que representa ambientes de costas inferiores, y T3, que se origina en alta mar. La base de la sección se correlaciona con los momentos iniciales del Devónico, Formación Ponta Grossa, Secuencia Siluro-Devónica (Neopraguiano-Eoemsiano) debido al contacto visible con areniscas de la Formación Furnas, mientras que la parte superior, debido a la presencia de microfósiles, se posiciona en la secuencia de la Formación São Domingos, Devónico I (Neoemsiano-Eoeifeliano).

Palabras clave: Cuenca del Paraná, Fácies Sedimentaria, Tafonomia

INTRODUÇÃO

Os estratos do Devoniano no estado do Paraná têm sido analisados e descritos em detalhe desde o início do século XX, principalmente nos municípios de Ponta Grossa, Tibagi e Jaguariaíva (Oliveira, 1912; Clarke, 1913). Porém, camadas de idade Devoniana foram mapeadas em vários outros municípios dos Campos Gerais (e.g. São Luís do Purunã, Carambeí, Ventania, Piraí do Sul, Arapoti, Sengés e São José da Boa Vista; MINEROPAR, 2006). O presente trabalho enfoca áreas devonianas aflorantes nos municípios de Arapoti e Piraí do Sul ainda não descritas em detalhe na literatura. É aqui apresentada uma nova seção colunar (Seção Mutuca), que compreende uma sucessão de camadas sedimentares

representando as formações Furnas e Ponta Grossa (*sensu* Grahn, Mendlowicz Mauller, Bergamaschi & Bosetti, 2013) evidenciando contextos deposicionais marinhos de *shoreface* a *offshore*, além de camadas arenosas que encobrem a seção e que ainda carecem de estudos para a compreensão da sua gênese e idade. Os depósitos foram analisados e descritos buscando a definição de litofácies e tafofácies, com a intenção da reconstrução paleoambiental, da correlação estratigráfica e da inserção destas camadas nos arcabouços estratigráficos já conhecidos para o estado do Paraná.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

Os afloramentos analisados neste trabalho inserem-se na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná, no estado do Paraná. Milani et al. (2007) identificaram para a bacia seis Supersequências deposicionais, estendendo-se do Ordoviciano ao Neocretáceo. As rochas em questão representam parte da Supersequência Paraná e refletem ciclos transgressivo-regressivos relacionados a oscilações do nível do mar e ciclos de subsidência (Bergamaschi & Pereira, 2001; Sedorko, Netto & Horodyski, 2019; Vargas et al., 2020). Assine (1996) definiu três sequências deposicionais para o intervalo: Sequência Lochkoviano; Sequência Praguiano/Eifeliano e Sequência Eifeliano/Frasniano. Posteriormente, Bergamaschi (1999) e Grahn et al. (2013) reconheceram seis sequências de 3ª ordem datadas do Pridoliano ao Frasniano: sequências A, B, C, D, E e F. Recentemente, Sedorko, Bosetti e Guimarães (2018a) utilizaram dados sedimentológicos e icnológicos de superfície para definir 4 sequências deposicionais: Sequência Siluriano Inferior; Sequência Siluro-Devoniana; Sequência Devoniano I; e Sequência Devoniano II. Para este trabalho adota-se a concepção litoestratigráfica que define as Formações Furnas, Ponta Grossa e São Domingos (Grahn, 1992; Grahn et al., 2013).

Rochas devonianas aflorantes foram registradas em áreas adjacentes às analisadas neste trabalho. Petri (1948) descreveu em detalhe mais de 100 metros de folhelhos e arenitos devonianos na região do vale do Lamberdor (Ventania) desde o contato entre as formações Furnas e Ponta Grossa até os arenitos grossos dispostos no topo e interpretados como sendo de origem glacial carbonífera. O Topo desta seção situa-se no vale a NNW da área de estudo, a aproximadamente quatro quilômetros. Maack (1946, 1951) e Petri e Fúlfaro (1966) observaram o contexto deposicional destas camadas, bem como a região da Serra do Monte Negro (Piraí do Sul/Arapoti, cuja seção era situada a aproximadamente oito quilômetros a SE da área de estudo) e discutiram sobre as possíveis idades e origens dos registros litológicos e paleontológicos desta área. Maack (1951) entendeu que os arenitos que encobrem a Formação Ponta Grossa no topo da seção Lamberdor são semelhantes àqueles descritos no município de Tibagi por Maack (1934) na região do Barreiro (Formação São Domingos, *sensu* Grahn et al., 2013), já Petri e Fúlfaro (1966) interpretaram os mesmos arenitos como sendo de idade permo/carbonífera. Melo (1985) propôs novas interpretações sobre o posicionamento estratigráfico do Vale do Lamberdor e, mais a sudeste, Ciguel (1989) descreveu o afloramento Rio Guaricanga (próximo ao Rio Fortaleza, tributário do

Guaricanga) em suas feições litológicas e taxonômicas, posicionando-o no Neoemiliano/ Eoemiliano. Myszynski Jr e Bosetti (2016) analisaram o mesmo afloramento enfocando a tafonomia e os ambientes deposicionais confirmando, pela presença de *Dictyotriletes richardsonii*, a idade neopraguiana/eoemiliana para estas camadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foca na caracterização sedimentológica e tafonômica de afloramentos localizados nos cortes de estradas internas da Fazenda Mutuca, cujo domínio territorial abrange os municípios de Arapoti e Piraí do sul, estado do Paraná e, ainda, nos cortes da estrada de ferro Ramal Monte Alegre, proximidades da antiga estação ferroviária Romário Martins. Os fósseis provenientes dessa abordagem estão armazenados no Laboratório de Paleontologia e Estratigrafia, Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa sob as siglas DEGEO/MPI: 10883 a 10929, 11086 a 11092, 11146 a 11172 e 11964 a 12004. No total, doze áreas de exposição rochosa (Quadro 1) foram observadas descritas e interpretadas objetivando sua correlação, empilhamento e posicionamento estratigráfico, além da compreensão dos processos que levaram à formação dos depósitos (Fig. 1). Foi realizada coleta sistemática de material fóssilífero bem como a identificação das suas assinaturas tafonômicas e faciológicas.

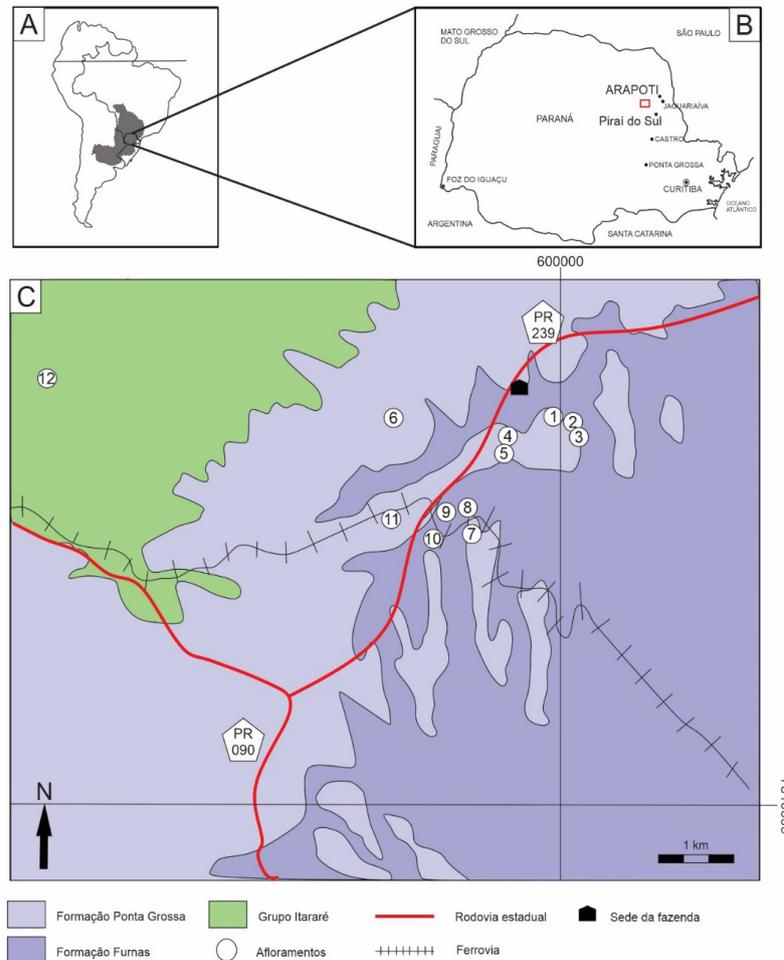
Quadro 1: Afloramentos estudados

Afloramento	Coordenadas	Altitude	Afloramento	Coordenadas	Altitude
1	S 24° 17' 20.1" O 50° 05' 16.9"	909	7	S 24° 17' 53.6" O 50° 07' 21.5"	988
2	S 24° 17' 14.60" O 50° 5' 20.55"	916	8	S 24° 17' 46.53" O 50° 7' 18.08"	977
3	S 24° 17' 20.676" O 50° 5' 14.024"	910	9	S 24° 17' 51.29" O 50° 7' 29.75"	987
4	S 24° 16' 52.4" O 50° 06' 12.8"	922	10	S 24° 17' 50.87" O 50° 7' 34.92"	997
5	S 24° 17' 06.8" O 50° 06' 15.4"	921	11	S 24° 17' 30.6" O 50° 07' 57.8"	1003
6	S 24° 16' 37.0" O 50° 08' 0.20"	927	12	S 24° 16' 12.26" O 50° 8' 59.84"	967

Na intenção de dirimir a perda de informações tafonômicas os trabalhos seguiram o Protocolo Tafonômico/Paleoautoecológico de Simões e Ghillardi (2000). A coleta sistemática foi realizada com controle vertical e registrando o posicionamento dos fósseis em relação ao plano de acamamento, grau de fragmentação e grau de articulação. A interpretação das informações tafonômicas e identificação das tafofácies apoiou-se no reconhecimento dos padrões apresentados pelas concentrações fóssilíferas associadas ao contexto sedimentológico, evidenciado pelas fácies sedimentares (Brett & Baird 1986; Speyer & Brett, 1988, 1991).

A correlação estratigráfica destes afloramentos com áreas adjacentes já descritas (Petri, 1948; Petri & Fúlfaro, 1966; Lange & Petri, 1967; Melo, 1985; Ciguel, 1989; Grahn et al., 2010, 2013; Bosetti et al., 2009, 2013; Myszynski Jr e Bosetti, 2016; Myszynski Jr, 2018) foi realizada a partir da observação das características faciológicas, tafonômicas e paleontológicas em cada um dos afloramentos, incluindo nas áreas analisadas pelos autores citados. Análises palinológicas foram realizadas no Laboratório de Geologia Sedimentar (LAGESED), do Departamento de Geologia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro e mostraram resultado positivo para amostras coletadas no topo da seção.

Figura 1: Localização dos afloramentos (1-12), Arapoti e Piraí do Sul, PR.



Fonte: Adaptado de MINEROPAR (2006).

SEÇÃO MUTUCA

A seção possui 100 metros de espessura onde foram reconhecidos estratos das Formações Furnas e Ponta Grossa e ainda arenitos cujo posicionamento estratigráfico é incerto (Fig. 3, perfil 2).

Na base da seção ocorrem arenitos grossos, com estratificação cruzada acanalada (Fig. 2-A) correspondentes ao topo da Formação Furnas (Fig. 1, afloramento 2) (Assine, 1996; Bergamaschi, 1999; Sedorko et al., 2017). Acima (Fig. 1, afloramentos 1 e 3), ocorrem arenitos finos a médios, maciços, intercalados a finas camadas de siltitos e argilitos, sendo reconhecidos como a base da Formação Ponta Grossa (sensu Grahn et al., 2013). Os afloramentos 1, 2 e 3 localizam-se a, aproximadamente, 1 km a sudeste da sede da fazenda. Nos primeiros 13 metros da seção (Fig. 1, afloramentos 4, 5 e 6) ocorrem siltitos com laminação plano-paralela, intercalados por arenitos muito finos com *ripples* simétricas a localmente maciços. Os afloramentos 4 e 5 localizam-se na estrada interna da fazenda, na primeira descida ao sul da sede, ao lado do córrego. Já o afloramento 6 localiza-se do outro lado da PR 239, aproximadamente 2 km a SO da sede da fazenda. Em direção ao topo a seção apresenta tendência transgressiva, com depósitos de argilitos e folhelhos ricamente fossilíferos sendo sucedidos por intercalações de siltitos em níveis argilosos (Fig. 1, afloramentos 7, 8, 9 e 10). Estes afloramentos estão localizados nos cortes do Ramal Ferroviário Monte Alegre.

Acima destes siltitos, próximo à antiga estação ferroviária Romário Martins (Fig. 1, afloramento 11), ocorrem camadas de arenitos que compreendem um depósito de aproximadamente 6 m de espessura com intercalações que variam de arenitos finos a conglomeráticos, amarelados ou avermelhados, maciços e friáveis, com grãos mal selecionados e subangulosos e clastos facetados e estriados (Fig. 2-B). O contato destes depósitos com os siltitos abaixo não puderam ser observados pela presença de um dique espesso e por estar parcialmente encoberto. Foram reconhecidas estruturas muito semelhantes às tecas de conularídeos (Fig. 2-C), entretanto não é possível perceber em seus moldes externos qualquer evidência de ornamentação, comuns a estes cnidários. Nestes arenitos foram coletados também espécimes reconhecidos na fauna devoniana, como fragmentos de vegetais (Fig. 2-D, 2-E e 2-F), Haplostigma sp. (Fig. 2-G), Spongiophyton? sp. (Fig. 2-H), braquiópodes *Orbiculoidea baini*. (Fig. 2-I e 2-J) e lingulídeo infaunal (Fig. 2-K). É possível identificar ao longo do trilho do trem sentido Piraí do Sul e descendo topograficamente, até a ponte com a PR 239, outras fácies destes arenitos, variando de médios a grossos, com seixos angulosos, bem selecionados, de cor avermelhada e também arenitos muito finos com lentes de argila seguidos por arenitos grossos e arroxeados.

Maack (1947, 1951) reconheceu arenitos semelhantes a estes no topo da seção Lambedor, situado aproximadamente quatro quilômetros a N-NW, e correlacionou estas camadas com o Arenito Barreiro já reconhecido nos arredores do município de Tibagi que, segundo sua interpretação, representam um Devoniano glacial (Eifeliano/Givetiano). O topo da seção Lambedor pode ser visitado pelos autores, que confirmam a presença das camadas correlatas ao afloramento 11. Petri (1948) e Melo (1985) entendem que estes arenitos, embora semelhantes em alguns aspectos, não representam aqueles de idade devoniana e sim os depósitos glaciais do Grupo Itararé. Entretanto, achados de elementos típicos da fauna e da flora devonianas para este trabalho não corroboram esta afirmação. Petri e Fúlfaro (1966) afirmam que a presença de seixos de folhelhos e arenitos é resultado do retrabalhamento dos depósitos devonianos por agentes flúvio-glaciais permo-carboníferos. Sobre esta interpretação, entendemos que a preservação de espécimes inteiros, como

relatado, não seria possível em caso de retrabalhamento, visto a capacidade destrutiva que estes eventos exercem sobre os restos esqueléticos, mesmo que já fossilizados.

Embora haja a presença de alguns elementos que podem auxiliar na correlação destas camadas, como *Orbiculoidea baini*, cujo range temporal se restringe ao Devoniano, uma correta interpretação e inserção nos arcabouços estratigráficos só poderá ser realizada com a continuidade dos estudos na região.

Figura 2: Conteúdo fóssilífero e fácies sedimentares. A – topo da Formação Furnas; B - arenitos do topo; C - ? conulariídeo; D, E, F - fragmentos vegetais; G - *Haplostigma* sp.; H - *Spongiophyton?* sp.; I e J - *Orbiculoidea baini*; K - lingulídeo infaunal; L e M - fácies arenosas representantes da litofácies Amg; N e O - siltitos finos, bioturbados, litofácies St; P e Q - fácies argilosas no topo da Seção Mutuca, litofácies Ar.

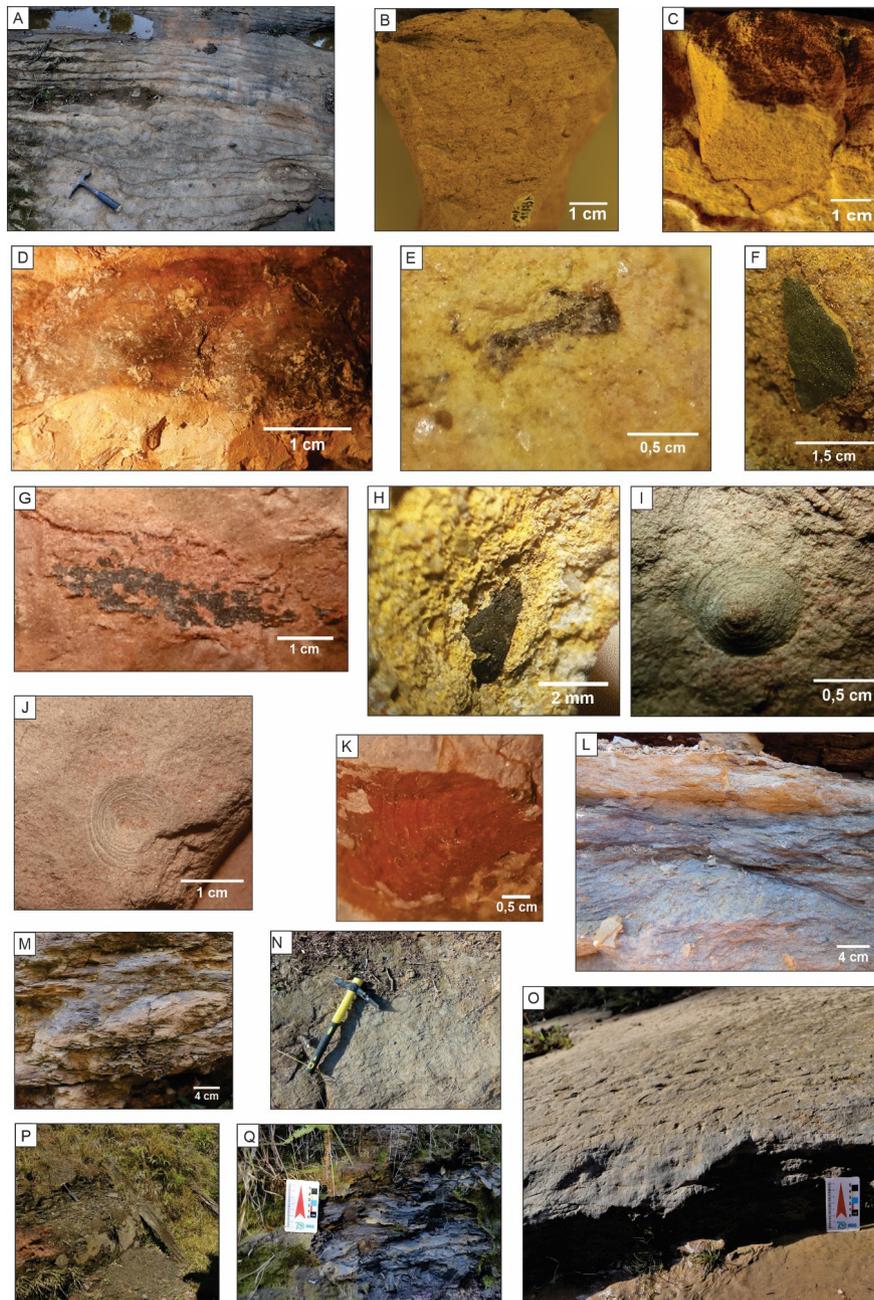
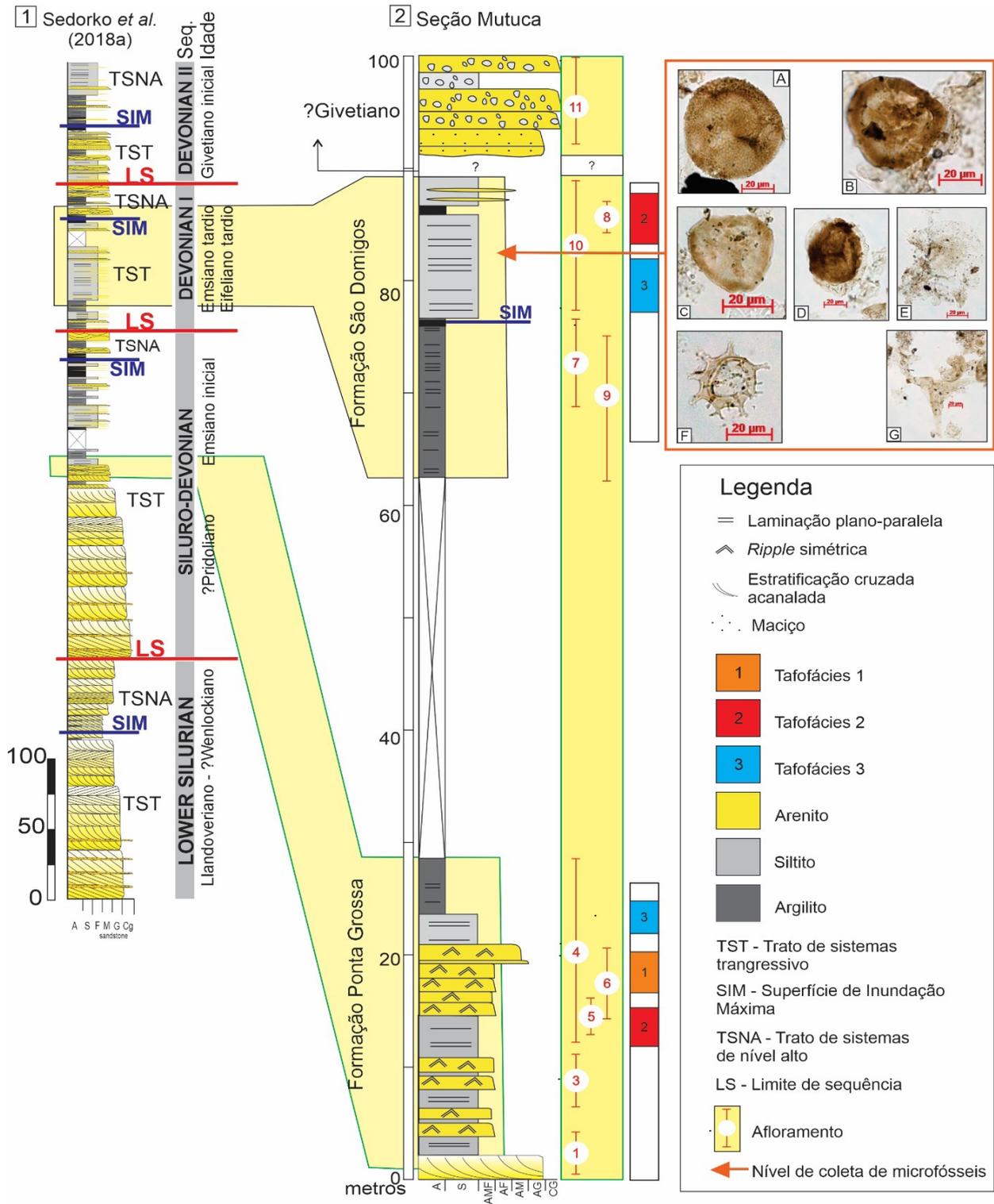


Figura 3: Perfil estratigráfico composto da seção Mutuca e correlação com o arcabouço estratigráfico de Sedorko, Bosetti e Guimarães (2018a). A - *Acinosporites lindlarensis* Riegel, 1968 (EF: T52); B - *Knoxisporites riondae* Cramer & Díez, 1975 (EF: O53); C - *Emphanisporites mcgregorr.* (EF: M46); D - *Zonotriletes* sp. (EF: C54/1-2); E - *Pterospermella* sp. (EF: C47/3-4); F - *Pyloferites escobaides* Cramer (1964) comb. nov. (EF: P46/2); G - *Veryhachium trispininflatum* Cramer, 1964 (EF: L49/2).



FÁCIES SEDIMENTARES

Na Seção Mutuca foram identificadas três fácies (Quadro 2). Não foram considerados os estratos representantes da Formação Furnas e os arenitos que capeiam a seção, mas, apenas aqueles reconhecidos como pertencentes às formações Ponta Grossa e São Domingos (*sensu* Grahn et al., 2013).

Quadro 2: Fácies sedimentares reconhecidas na seção Mutuca.

	Textura	Estruturas sedimentares	Cor	Geometria	Processos sedimentares
Amg	Arenito médio a grosso	<i>ripples</i> simétricas	Amarelado e localmente avermelhado	Lenticular	Fluxos oscilatórios originados acima do nível de base de ondas de tempo bom
St	Siltito	Laminação plano-paralela	Cinza claro	Tabular	Decantação interrompida episodicamente por fluxos de tempestades acima do nível de base de ondas de tempestade
Ar	Argilito localmente intercalado por lâminas de areia fina	Laminação plano-paralela	Cinza claro a escuro	Tabular	Decantação interrompida episodicamente por fluxos de tempestades abaixo do nível de base de ondas de tempestade, no contexto de plataforma externa

A fácies Amg ocorre em arenitos médios a grossos, apresentando *ripples* simétricas interpretadas como resultado da ação de ondas, situadas na base da seção Mutuca. Os depósitos possuem geometria lenticular e são de coloração amarelada a avermelhada, sugerindo ambientes mais oxigenados (Fig. 3, perfil 2). As características estruturais dos depósitos permitem inferir que foram gerados a partir da ação de fluxos oscilatórios originados acima do nível de base de ondas normais (Fig. 2-L e 2-M).

As assinaturas tafonômicas identificadas em estratos onde ocorre a fácies Amg refletem as condições ambientais a que foram submetidos os organismos desde o momento de sua morte até o soterramento final. Nestas camadas o alto grau de desarticulação das valvas de braquiópodes articulados e o moderado grau de fragmentação sugerem ambientes altamente energéticos e dominados pela ação de ondas.

A fácies St foi identificada em seis níveis da Seção Mutuca (Fig. 2-N e 2-O), da base até o topo. Na porção basal os siltitos finos a médios são, por vezes, entremeados por finas lentes de areia, apresentam laminação plano paralela, com depósitos de geometria tabular e de coloração cinza claro (Fig. 3, perfil 2). Entende-se que o processo de sedimentação envolveu a decantação de sedimentos acima do nível de base de ondas de tempestade, sendo episodicamente perturbada pela ação destas ondas que, por serem mais energéticas, depositaram os sedimentos com granulometria mais grossa em ambientes mais profundos que aqueles identificados na litofácies Amg, no momento da sedimentação.

Analisando os atributos tafonômicos é possível observar que a maioria dos fósseis se encontram articulados e paralelos ao plano de acamamento. Foram registrados ainda organismos em posição oblíqua. Este fato pode ser explicado a partir de dois fatores, a

intensa atividade biogênica infaunal e as entradas episódicas das lentes de areia que acabam retrabalhando o substrato inconsolidado e, por vezes, exumando e tornando à zona tafonomicamente ativa organismos que haviam sido previamente soterrados.

Sendo a fácies que representa os ambientes mais profundos, a Ar (Fig. 2-P e 2-Q) ocorre em porções intermediárias da seção e é caracterizada por depósitos de argilitos localmente intercalados por lentes de areia fina, alternando camadas maciças com camadas laminadas de coloração cinza claro a cinza escuro e geometria tabular (Fig. 3, perfil 2). Entende-se que estes depósitos tenham sido originados a partir da decantação de partículas em suspensão e de fluxos de materiais mais grossos, transportados por eventos episódicos de tempestade, originados em ambientes mais proximais.

Ocorrem nestas camadas fósseis predominantemente articulados, a maioria paralelos ao plano de acamamento, alguns em posição oblíqua em relação ao plano de acamamento e ainda outros em aparente posição de vida. De acordo com estas características é possível inferir que as concentrações fossilíferas e os depósitos sedimentares tenham sido originados em ambiente de baixa energia, no *offshore* superior, abaixo do nível de base de ondas de tempestade.

TAFOFÁCIES

Foram definidas três tafofácies. A Tafofácies 1 (T1) é observada entre o 16^o metro e o 20^o metro da seção em arenitos finos a médios apresentando *ripples* simétricas com depósitos originados em ambientes de *shoreface* dominado pela ação de ondas normais, bastante oxigenados e com baixa taxa de sedimentação (Fig. 3). Os fósseis apresentam graus de articulação e de bioturbação baixos e fragmentação moderada. A maioria dos organismos encontra-se dispostos paralelos ao plano de acamamento, entretanto foram registrados também elementos em posição oblíqua.

Esta tafofácies representa, de acordo com o modelo estabelecido por Speyer e Brett (1988), a que apresenta os ambientes mais destrutivos, onde o tempo de exposição na interface água/sedimento propicia a desarticulação, fragmentação, reorientação, abrasão e até mesmo a destruição de elementos mais robustos. A fauna fóssil reconhecida nestas camadas é interpretada como sendo parautóctone/alóctone (Fig. 4-A, B, C, D e E). Os icnofósseis são expressos principalmente por *Skolithos*, *Arenicolites* e *Rosselia* em baixo grau de bioturbação, embora no afloramento 6 ocorra uma densa ichnofábrica de *Asterosoma-Teichichnus* (Sedorko, Bosetti & Guimarães, 2018a, b), com elevado grau de bioturbação. Em conjunto, predominam expressões proximais da ichnofácies Cruziana, com restrita expressão arquetípica no afloramento 6 (Sedorko, Netto & Savrda, 2018b).

A Tafofácies 2 (T2) foi reconhecida próximo à base e no topo da seção (Quadro 3, Fig. 3). Ocorre em siltitos finos a grossos, com laminação ondulada e lentes de areia fina. Apresenta taxas de energia, de articulação e de bioturbação elevadas e grau de fragmentação baixo. Os fósseis estão predominantemente dispostos paralelos ao plano de acamamento e associados ocorrem espécimes em posição oblíqua. Estas associações foram depositadas

em ambiente de *shoreface* inferior sob influência de ondas de tempestade e, devido às suas características tafonômicas, são interpretadas como sendo parautóctones, tendo sofrido pouco transporte do seu sítio original de vida até o soterramento final, causado pela ação de fluxos gravitacionais originados pela ação de ondas de tempestade. Associados a esses intervalos ocorrem icnofósseis indicativos de ambientes de moderada a alta energia hidrodinâmica, tais como *Skolithos*, *Rosselia*, *Cylindrichnus* e *Arenicolites*, além de, menos comuns, *Palaeophycus*, *Teichichnus*, *Asterosoma*, *Chondrites* e *Zoophycos*. Em conjunto, predominam expressões proximais da ichnofácies Cruziana (Sedorko, Netto & Savrda, 2018b).

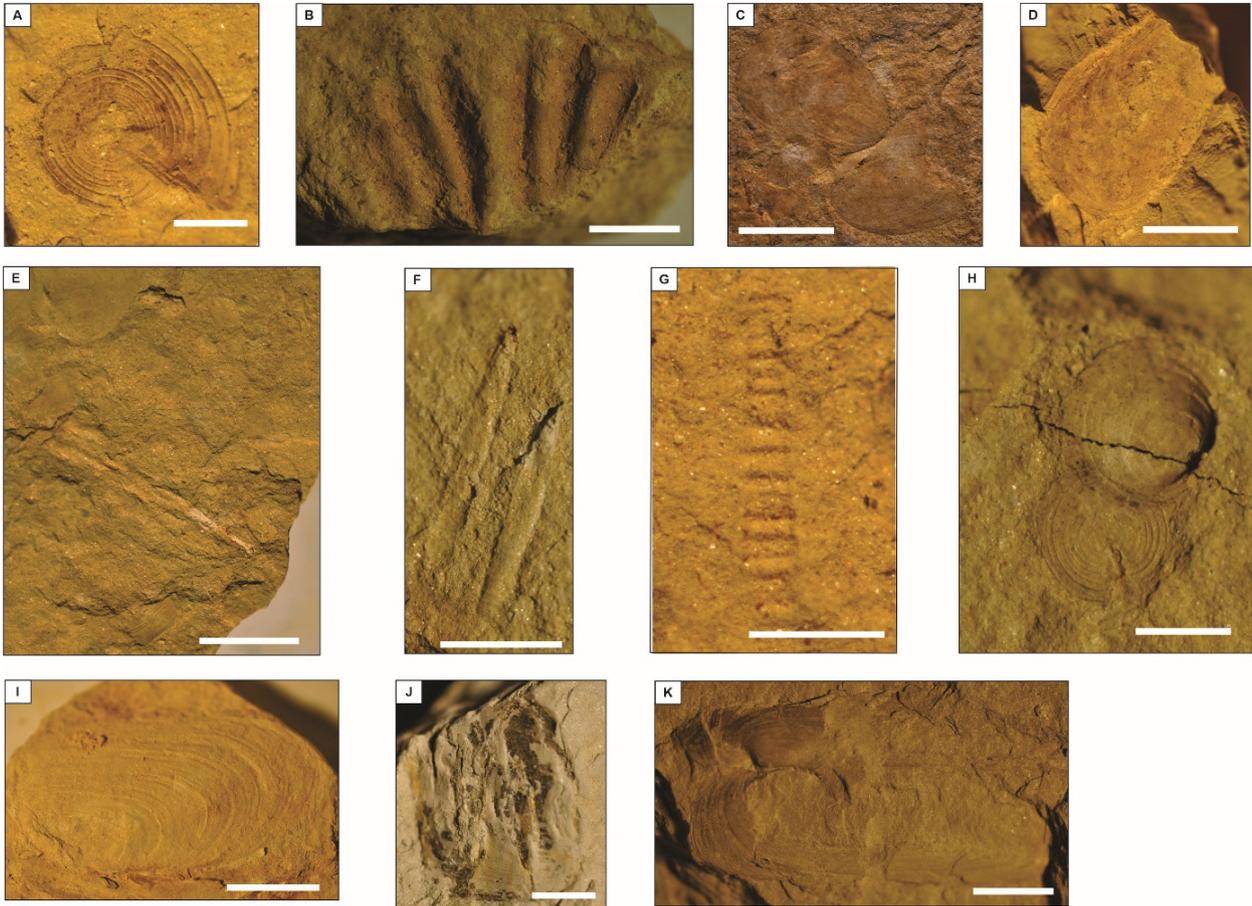
Quadro 3: Tafofácies. TF - tafofácies; GA - grau de articulação; Pos - posição em relação ao acamamento; PA - posição de acamamento; PO - posição oblíqua; PV - posição de vida; GB - grau de bioturbação; GF - grau de fragmentação

TF	Energia	GA	Pos	Laminação	GB	Litologia	Ambiente	GF
1	Alto	Baixo	PA/PO	Ondulada	Baixo	Arenito fino a médio	<i>Shoreface</i>	Moderado
2	Moderado	Alto	PA/PO	Ondulada	Alto	Siltito médio a grosso	<i>Shoreface</i> inferior	Baixo
3	Baixo	Alto	PA/PV	Plano paralela	Moderado	Siltito fino	<i>Offshore</i> proximal	Baixo

A ausência de abrasão associada ao alto grau de articulação permite inferir que o tempo de exposição na interface água/sedimento foi curto, portanto, reduzindo as ações destrutivas originadas na zona tafonomicamente ativa (TAZ). Esta tafofácies se diferencia da T1 por apresentar um aumento na taxa de sedimentação, dirimindo as perdas tafonômicas causadas em ambientes de maior energia e menor aporte sedimentar, já que tende a diminuir o tempo de exposição dos organismos na interface água/sedimento, gerando assinaturas tafonômicas semelhantes, porém não tão extremas quanto na tafofácies anterior (Fig. 4-F, G e H).

A Tafofácies 3 (T3) ocorre em siltitos com laminação plano paralela e indica deposição em ambientes de baixa energia, no *offshore* superior (Quadro 3, Fig. 3). Apresenta alto grau de articulação, moderado grau de bioturbação e baixo grau de fragmentação, com fósseis dispostos paralelos ao plano de acamamento e alguns em aparente posição de vida. Associados a estas camadas ocorrem *Chondrites*, *Planolites*, *Teichichnus* e *Phycosiphon* com baixo a localmente moderado grau de bioturbação. Para Brett e Baird (1986), a desarticulação em esqueletos bivalves ocorre tipicamente de forma muito rápida. Então, depósitos de braquiópodes ou outras conchas bivalves intactas podem marcar depósitos de sufocamento rápido. Segundo Speyer e Brett (1988) a presença de conchas bivalves articuladas com a região umbonal voltada para baixo indica depósitos rápidos sem resposta de escape (Fig. 4-I, J e K).

Figura 4: Conteúdo fossilífero da seção Mutuca. A - *Orbiculoidea baini* (afl. 4).; B - *Australospirifer* sp (afl. 4).; C - lingulídeos infaunais, inteiro e fragmentado (alf. 4); D - lingulídeo infaunal em posição oblíqua (afl. 4); E - *Tentaculites* sp. associado a fragmentos de lingulídeos (afl. 4); F - *Tentaculites* sp. (afl.10); G - *Tentaculites* sp. (afl. 4); H - lingulídeos infaunais (alf. 4); I - molusco bivalvio (afl. 4); J - lingulídeo infaunal em aparente posição de vida (afl. 10); k - molusco bivalvio com as valvas em *butterfly* (afl. 10). Afl = afloramento.



A presença de braquiópodes fora do plano ou em posição oblíqua em relação ao acamamento reflete duas possibilidades para a sua origem: ou o organismo encontra-se depositado *in situ* e sua posição representa uma tentativa de escape após um evento de rápida deposição ou o organismo pode ter sido previamente soterrado paralelo ao acamamento e a atividade biogênica pode ter causado a reorientação do esqueleto.

A Tafofácies 3 reflete as condições químicas mais severas dentre os ambientes observados nesta seção. Potenciais baixos níveis de oxigenação limitam a diversidade de táxons e, conseqüentemente, influenciam na quantidade de material esquelético disponível inibindo a atividade biogênica intraestratal, responsável muitas vezes pela perda de informações tafonômicas.

PALINOMORFOS

Dentre os palinomorfos encontrados estão presentes esporos, acritarcos e prasinófitas. Entre o grupo dos esporos foram identificados *Acinosporites lindlarensis*, *Emphanisporites anulatus*, *Emphanisporites mcgregorii*, *Knoxisporites riondae*, *Synorisporites papillensis*, *Scylaspora costulosa* e *Zonotriletes* sp.

Em relação aos acritarcos e prasinófitas foi possível identificar: *Pyloferites escobades*, *Navifusa bacilla*, *Pterospermella* sp., *Tasmanites* spp., *Triangulina alargada* e *Veryhachium trispininflatum*.

O esporo *Acinosporites lindlarensis* marca o final do Emsiano e o início do Eifeliano. É encontrado na Bacia do Paraná, no poço RSP-1; Formação São Domingos; no intervalo Eifeliano/Frasniano (Loboziak, Streeck & Burjack, 1988) e no furo de sondagem RVR-1, Formação São Domingos, no intervalo Neoemsiano/Eogivetiano (Mendlowicz Mauller, 2008). *Emphanisporites annullatus* é encontrada na Bacia do Paraná, no furo RVR-1, nos níveis correspondentes ao Neoemsiano/Eogivetiano (Mendlowicz Mauller, 2008).

A espécie *Navifusa bacilla* possui distribuição ampla, podendo ser encontrada do Emsiano ao Famenniano (Lé Herissé, 2011).

Dessa maneira, a assembleia de palinomorfos encontrada indica o intervalo de tempo Neoemsiano/Eifeliano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a região Arapoti-Mutuca foram identificadas três litofácies e três tafofácies que evidenciam os diferentes processos sedimentares que originaram os depósitos desta seção de afloramentos. Fica evidente que quanto maior for a energia do processo, maior é a influência de fatores que possibilitam a perda de fidedignidade da biocenose, de modo que as tafofácies que apresentam maiores graus de desarticulação, fragmentação e transporte ocorrem associadas às litofácies de maior granulometria (ambientes mais proximais) e com estruturas sedimentares que evidenciam maior energia do meio.

Em contrapartida, os depósitos que apresentam altos graus de articulação e fósseis perpendiculares ou oblíquos em relação ao plano de acamamento evidenciam deposição em ambientes mais distais, tendo sofrido pouco ou nenhum transporte, onde a energia do meio tende a sofrer perturbações apenas durante eventos episódicos, predominando processos de decantação, geralmente menos destrutivos.

O posicionamento estratigráfico dos afloramentos desta região foi possível devido à correlação realizada com afloramentos da Seção Lambedor, os contatos com as unidades geológicas inferior e superior, dos perfis acessórios elaborados por Petri (1948) e às análises palinológicas realizadas para este trabalho. Para o afloramento Rio Guaricanga foi conferida a idade Neopraguiano/Eoemsiano, Sequência B (Bergamaschi, 1999), Formação Ponta Grossa (Grahn et al., 2013), sendo este correlato à base da Seção Mutuca, onde foi observado o contato entre as formações Furnas e Ponta Grossa.

De acordo com o conteúdo palinológico identificado, confere-se ao topo da Seção Mutuca a idade Neoemiano/Eoemifiano, Sequência C (Bergamaschi, 1999), Formação São Domingos (Grahn et al., 2013), Sequência Devonian I (Sedorko, Bosetti & Guimarães, 2018a).

Embora tenham sido identificados elementos típicos devonianos, a inserção dos arenitos que capeiam a Seção Mutuca próximos à estação Romário Martins nos arcabouços estratigráficos propostos para o Devoniano do Paraná somente será possível com a continuidade dos trabalhos de prospecção na região.

REFERÊNCIAS

- Assine, M. L. (1996). *Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil*. Doutorado em Geologia. Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, SP, Brasil. Recuperado de <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44136/tde-10112015-154800/pt-br.php>
- Bergamaschi, S. (1999). *Análise estratigráfica do Siluro-Devoniano (Formações Furnas e Ponta Grossa) da sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil*. Tese de Doutorado em Geologia Sedimentar. Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, SP, Brasil. Recuperado de <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44136/tde-18112015-101431/pt-br.php>
- Bergamaschi, S., & Pereira, E. (2001). Caracterização de sequências deposicionais de 3º ordem para o Siluro-Devoniano na sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil. *Ciência-Técnica-Petróleo, seção: Exploração de Petróleo*, 20, 2001. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/286151460_Caracterizacao_de_sequencias_deposicionais_de_3a_ordem_para_o_Siluro-Devoniano_na_Sub-bacia_de_Apucarana_Bacia_do_Parana_Brasil
- Bosetti, E.P., Godoy, L.C., Myszynski Jr, L.J., Horodyski, R.S., & Zabini, C. (2009). Interpretação paleoambiental na sequência basal da Formação Ponta Grossa (Devoniano) do município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. *Terr@ Plural*, 3, 137-156. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/273647419_Interpretacao_paleoambiental_na_sequencia_basal_da_formacao_Ponta_Grossa_Devoniano_do_municipio_de_Ponta_Grossa_Parana_Brasil
- Bosetti, E.P., Horodyski, R.S., Matsumura, W.M.K., Myszynski Jr, L.J., & Sedorko, D. (2013). Análise estratigráfica e tafonômica da sequência Neopraguiana - Eoemiana do setor nordeste do sítio urbano de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. *Terr@ Plural*, 7, 145-168. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/271239162_Analise_estratigrafica_e_tafonomica_da_sequencia_Neopraguiana-Eoemiana_do_setor_nordeste_do_sitio_urbano_de_Ponta_Grossa_Parana_Brasil
- Brett, C.E., & Baird, G.C. (1986). Comparative taphonomy a key for paleoenvironmental reconstruction. *Palaos*, 1, 207-227. <https://doi.org/10.2307/3514686>
- Ciguel, J.H.G. (1989). *Bioestratigrafia dos Tentaculitoidea no Flanco Oriental da Bacia do Paraná e sua Ocorrência na América do Sul (Ordoviciano-Devoniano)*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, SP, Brasil.
- Clarke, J.M. (1913). Fósseis devonianos do Paraná. *Monographias do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, 1-353, <https://doi.org/10.11606/D.44.1989>
- Cross, T.A., & Homewood, P.W. (1997). Amanz Gressly's Role in Founding Modern Stratigraphy. *Geological Society of America Bulletin*, 109, 1617-1630.
- Grahn, Y. (1992). Revision of Silurian and Devonian strata of Brazil. *Palynology*, 16, 35-61. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1997\)109<1617:AGSRIF>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1997)109<1617:AGSRIF>2.3.CO;2)
- Grahn, Y., Breuer, P., Bosetti, E.P., Bergamaschi, S., & Pereira, E. (2010). The Furnas/Ponta Grossa contact and the age of the lowermost Ponta Grossa Formation in the Apucarana Sub-Basin (Paraná Basin, Brazil): integrated palynological age determination. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 13(2), 89-102. <https://doi.org/10.4072/rbp.2010.2.02>

- Grahn, Y., Mendlowicz Mauller, P.M., Bergamaschi, S., & Bosetti, E.P. (2013). Palynology and sequence stratigraphy of three Devonian rock units in the Apucarana Sub-basin (Paraná Basin, south Brazil): additional data and correlation. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 198, 27-44, <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2011.10.006>
- Gressly, A. (1838). Observations géologiques sur le Jura soleurois: Nouveaux mémoires de la Société Helvetique des Sciences Naturelles. *Neuchâtel*, 2, 349.
- Lange, F.W., & Petri, S. (1967). The Devonian of the Paraná Basin. *Boletim Paranaense de Geociências*, 21/22, 5-55.
- Lé Herissé, A., 2011. A reappraisal of F.W. Lange's 1967 algal microfossil studies. In: Bosetti, E.P., Grahn, Y., & J.H.G. Melo (Eds.), *Essays in Honour of Frederico Waldemar Lange e Pioneer of Brazilian Micropaleontology*. (pp. 151-179). Rio de Janeiro: Interciência.
- Loboziak, S., Strel, M., & Burjack, M.I.A. (1988). Miospores du Dévonien moyen et supérieur du bassin du Paraná, Brésil: systématique et stratigraphie. *Sciences Géologiques Bulletin*, 41(3-4), 351-377.
- Maack, R. (1934). Die Gondwanaschichten in Südbrasilien und ihre Beziehungen zur Kaokoformation Südwest-Afrikas (The Gondwana strata in southern Brazil and its relations with the Kaokoformation South West Africa). *Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde*, 194-222.
- Maack, R. (1946). Notas preliminares sobre uma nova estratigrafia do Devoniano do Estado do Paraná. *Anais do: Congresso Panamericano de Engenharia de Minas e Geologia*, 2, Rio de Janeiro, RJ, Brasil..
- Maack, R. (1947). Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e de Santa Catarina. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*. 1(2), 63-154.
- Maack, R. (1951). Vestígios pré-devonianos de glaciação e a sequência de camadas devonianas no Estado do Paraná. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 5(6), 197-230.
- Melo, J.H. (1985). *A Província Malvinocáfrica no Devoniano do Brasil*. 1985. Dissertação de Mestrado em Geologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/301956369_A_Provincia_Malvinocafica_no_Devoniano_do_Brasil_MSc_Dissertation_UFRJ_1985_vol_13_part_one_pp_1-308
- Mendlowicz Mauller, P. (2008). *Bioestratigrafia do Devoniano da Bacia do Paraná, Brasil, com ênfase na sub-bacia de Alto-Garças*. Tese de Doutorado em Paleontologia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil..
- Milani, E.J., Melo, J.H.G., Souza, P.A., Fernandes, L.A., & França, A.B. (2007). Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15(2), 265-287. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/265291564_Bacia_do_Parana
- MINEROPAR (2006).. *Mapa Geológico do Estado do Paraná*. Curitiba. Escala 1:650.000. Recuperado de <http://www.documentador.pr.gov.br/documentador/pub.do?action=d&uuid=@gtf-escribaminerop@2b637c85-1c5d-4177-88b5-6c6de6657257>.
- Myszynski, Jr, L.J. (2018). *Caracterização paleoambiental e correlação estratigráfica de afloramentos devonianos da região nordeste do estado do Paraná, Brasil..* Tese de Doutorado em Geografia. Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG, Ponta Grossa, PR, Brasil. Recuperado de <https://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/2703>
- Myszynski, Jr., L.J., & Bosetti, E.P. (2016). Descrição preliminar do afloramento Rio Guaricanga, Bacia do Paraná, Piraí do Sul, Paraná, Brasil. *Caderno de Resumos de PALEO PR/SC*. 18, União da Vitória, PR, Brasil. p. 20.. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/312053830_DESCRICA0_PRELIMINAR_DO_AFLORAMENTO_RIO_GUARICANGA_BACIA_DO_PARANA_PIRAI_DO_SUL_PARANA_BRASIL
- Oliveira, E.P. (1912). O terreno Devoniano do sul do Brasil. *Annaes da Escola Minas de Ouro Preto*, 14, 31-41
- Petri, S. (1948). Contribuição ao estudo do Devoniano paranaense. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, 129. <https://doi.org/10.11606/T.44.2016.tde-07072016-161100>
- Petri, S., & Fúlvaro, V.J. (1966). Contribuição à geologia das regiões de Jaguariaíva e Lamedor, Paraná. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 1(15), 33-48. Recuperado de <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/BSBG/article/view/12741>

Sedorko D., Netto R.G., Savrda C., Assine M.L., & Tognoli, F.M.W. (2017). Chronostratigraphy and environment of Furnas Formation by trace fossil analysis: Calibrating the lower Paleozoic Gondwana realm in the Paraná Basin (Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 487, 307-320. Recuperado de <<http://hdl.handle.net/11449/170232>>.

Sedorko D., Bosetti, E.P., & Guimarães, N.R. (2018a). An Integrative Ichnologic and Taphonomic Approach in a Transgressive-regressive Cycle: a case study from Devonian of Paraná Basin. *Lethaia*, 51(1), 15-34. <https://doi.org/10.1111/let.12219>

Sedorko, D., Netto, R.G., & Savrda, C.E. (2018b). Ichnology applied to sequence stratigraphic analysis of Siluro-Devonian mud-dominated shelf deposits, Paraná Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 83, 81-95. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.02.008>

Sedorko, D., Netto, R.G., & Horodyski, R.S. (2019). Tracking Silurian-Devonian events and paleobathymetric curves by ichnologic and taphonomic analyzes in the southwestern Gondwana. *Global and Planetary Change*, 179, 43-56. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.05.007>

Simões, M.G., & Ghilardi, R.P. (2000). Protocolo tafonômico/paleoautoecológico como ferramenta nas análises paleossinecológicas de invertebrados: exemplos de aplicação em concentrações fossilíferas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 27(2), 3-13. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.20186>

Speyer, S.E., & Brett, C.E. (1988). Taphofacies models for epeiric sea environments: Middle Paleozoic examples. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 63, 222-262. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(88\)90098-3](https://doi.org/10.1016/0031-0182(88)90098-3)

Speyer, S.E., & Brett, C.E. (1986). Trilobite taphonomy and Middle Devonian taphofacies. *Palaios*, 1, 312-32. <https://doi.org/10.2307/3514694>

Speyer, S.E., & Brett, C.E. (1991). Taphonomic controls: background and episodic processes in fossil assemblage preservation. In Allison, P.A., & D.E.G. Briggs (eds) *Taphonomy: Releasing the Data Locked in the Fossil Record*. (pp. 501-545). New York, Plenum Press.

Vargas, M.R., Silveira, A.S., Bressane, A., D'Avila, R.S.F., Faccion, J.E., & Paim, P.S.G..(2020). The Devonian of the Paraná Basin, Brazil: sequence stratigraphy, paleogeography, and SW Gondwana interregional correlations. *Sedimentary Geology*, 408, 105768. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0037073820301834?via%3Dihub>.

Data de submissão: 19/ago./2021

Data de aceite: 01/set./2021