

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GESTÃO DO TERRITÓRIO

LUANA OLIVEIRA

BRACHIOPODA: SPIRIFERIDA COMO PARÂMETRO PALEOAMBIENTAL
DO DEVONIANO DA BACIA DO PARANÁ
(ESTUDO DE CASO)

PONTA GROSSA

2024

LUANA OLIVEIRA

BRACHIOPODA: SPIRIFERIDA COMO PARÂMETRO PALEOAMBIENTAL DO
DEVONIANO DA BACIA DO PARANÁ
(ESTUDO DE CASO)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, para a obtenção do título de Mestre em Gestão do Território.

Orientador: Dr. Elvio Pinto Bosetti

Coorientador: Me. Roberto Videira Santos

PONTA GROSSA

2024

Oliveira, Luana

O48 Brachiopoda: Spiriferida como parâmetro paleoambiental do Devoniano da Bacia do Paraná (estudo de caso) / Luana Oliveira. Ponta Grossa, 2024.

124 f.

Dissertação (Mestrado em Gestão do Território - Área de Concentração: Gestão do Território: Sociedade e Natureza), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Elvio Pinto Bosetti. Coorientador: Prof. Dr. Roberto Videira-Santos.

1. Spiriferida. 2. Formação Ponta Grossa. 3. Tafonomia. 4. Paleobatimetria.

5. Devoniano. I. Bosetti, Elvio Pinto. II. Videira-Santos, Roberto. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Gestão do Território: Sociedade e Natureza. IV.T.

CDD: 910



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

TERMO

LUANA OLIVEIRA

BRACHIOPODA: SPIRIFERIDA COMO PARÂMETRO PALEOAMBIENTAL DO DEVONIANO DA BACIA DO PARANÁ (ESTUDO DE CASO)

Ponta Grossa, 03 de setembro de 2024

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Gestão do Território no Curso de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado em Gestão do Território, Setor de Ciências Exatas e Naturais, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Elvio Pinto Bosetti - UEPG

Profa. Dra. Jeanninny Carla Comniskey Buzzi - UEPG

Prof. Dr. Lucinei José Myszynski Junior - IFPR



Documento assinado eletronicamente por **Elvio Pinto Bosetti, Professor(a)**, em 29/09/2024, às 09:53, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Lucinei José Myszynski Junior, Usuário Externo**, em 30/09/2024, às 16:22, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **JEANNINNY CARLA COMNISKEY BUZZI, Usuário Externo**, em 10/10/2024, às 20:27, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **2209237** e o código CRC **2990CE78**.

Dedico este trabalho aos meus avós Jandira e Aroldo, que foram minha luz no fim do túnel.

AGRADECIMENTOS

A autora do presente trabalho gostaria de expressar seus sinceros agradecimentos às pessoas e entidades que auxiliaram de alguma forma nessa trajetória e principalmente para a elaboração desta pesquisa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento durante este trabalho.

Ao Prof^o. Dr. Elvio Pinto Bosetti, meu orientador, pelo auxílio durante toda a minha trajetória acadêmica, pela sua confiança em mim, e por mostra-me o caminho da Paleontologia.

Ao Me. Roberto Videira-Santos, pela coorientação deste trabalho, por sua dedicação, sua amizade e suas considerações nas discussões taxonômicas, entre outras discussões presente nesta pesquisa.

Ao Grupo Palaios - Paleontologia Estratigráfica da Universidade Estadual de Ponta Grossa/CNPq, por todo apoio durante este projeto e também pelos trabalhos de campo e laboratoriais. Agradeço aqui aos meus colegas Kevin William Richter, Gabrieli Goltz, Iniwara Kurovski e Isabelle de Siqueira Tavares por todo o auxílio e discussões até o presente momento.

A Prof^a. Dr^a. Jeanninny Carla Comniskey Buzzi e ao Prof. Dr. Lucinei José Myszynski Júnior pela participação na banca, seus apontamentos e questionamentos foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. Agradeço aqui a vocês por toda ajuda prestada desde a minha graduação até a conclusão desta pesquisa.

Ao programa de Pós-Graduação em Geografia na UEPG, e a todos os professores do curso de bacharelado em Geografia e aos professores do programa de Pós-Graduação em Geografia, que fizeram parte dessa trajetória até aqui, por todos seus conhecimentos transmitidos.

Ao prof^o Dr. Daniel Sedorko, que me auxiliou no meu desempenho durante minha Iniciação Científica.

Ao prof^o Dr. Renato Pirani Guilardi, por ter me encaminhado texto para melhor compreensão da ecologia dos Spiriferidas.

Aos meus professores do Ensino Médio, em especial a Prof^a. Loraine A. Stolle Bosetti e *in Memoriam* Prof^o. Sergio de Oliveira, por sempre acreditarem em mim e por todos seus conhecimentos repassados.

Ao meu companheiro Ricardo Hartkopf, pelo todo apoio durante essa trajetória, sempre acreditando no meu potencial e nunca deixou de me auxiliar.

A minha sogra Celia Hartkopf, que sempre me apoiou nos meus estudos e na minha capacidade.

A minha mãe Janete Oliveira, por todo apoio que me proporcionou e por acreditar no meu potencial.

Aos meus familiares e amigos que sempre atribuíram ajuda nessa minha trajetória e, por sempre estarem ao meu lado.

Tudo o que acontece, acontece.
Tudo o que, ao acontecer,
Faz com que outra coisa aconteça,
Faz com que outra coisa aconteça.
Tudo o que, ao acontecer, faz com
que ela mesma aconteça de
novo, acontece de novo.
Isso, contudo, não acontece
Necessariamente
Em ordem cronológica.

Douglas Adams, *Praticamente inofensiva*
(1992).

RESUMO

Os Spiriferida são braquiópodes Rhynchonelliformea caracterizados por apresentarem conchas médias a grandes, estróficas, biconvexas, com nervuras, que apresentam braquídio espiralado, sendo esta última uma característica que distingue dos demais braquiópodes. Portanto, o principal objetivo deste trabalho foi elucidar a distribuição dos representantes da ordem Spiriferida nos depósitos devonianos da Formação Ponta Grossa na Bacia do Paraná. Desta forma, caracterizando sua taxonomia, seus atributos ecológicos, posicionamento estratigráfico e sua distribuição estratigráfica no arcabouço de sequências regional. Diante disso, foram processadas 423 amostras contendo o grupo biológico de interesse, esse material provem do Projeto Técnico de Salvamento Paleontológico Bosque Mistral. Contudo, os trabalhos laboratoriais envolveram a curadoria do material fóssil, garantindo sua integridade, documentação, a identificação taxonômica acurada, realizada a partir das regras de nomenclaturas zoológicas e a partir de parâmetros quantitativos, além disso, foram realizadas descrições de feições sedimentares e tafonômicas presentes no material. A partir da análise taxonômica identificou-se três espécies do gênero *Australospirifer*: *Australospirifer antarcticus*, *A. iheringi* e *A. kayserianus*. As análises tafonômicas indicaram três modos de ocorrência para os Spiriferida da Formação Ponta Grossa (classe tafonômica I: orientação randômica; classe tafonômica II: fluxo unidirecional e classe tafonômica III: agrupados em “cluster”, essas classes tafonômicas podem ser associadas a duas tafofácies distintas, caracterizando ambientes que vão do *shoreface* inferior ao *offshore*. A distribuição paleobatimétrica dos espécimes analisados demonstrou que os Spiriferida presentes no Devoniano da Bacia do Paraná podem ser considerados bons indicadores paleobatimétricos e estão associados ao fim dos ciclos transgressivos.

Palavras-chave: Spiriferida, Formação Ponta Grossa, Tafonomia, Paleobatimetria, Devoniano.

ABSTRACT

The Spiriferida are Rhynchonelliformea brachiopods characterized by having medium to large, strophic, biconvex, ribbed shells that have a spiral brachidium, the latter being a characteristic that distinguishes them from other brachiopods. Therefore, the main objective of this work was to elucidate the distribution of the representatives of the order Spiriferida in the Devonian deposits of the Ponta Grossa Formation in the Paraná Basin. Thus, characterizing their taxonomy, ecological attributes, stratigraphic position and stratigraphic distribution in the regional sequence framework. 423 samples containing the biological group of interest were processed, this material coming from the Bosque Mistral Paleontological Salvage Technical Project. However, the laboratory work involved curating the fossil material, ensuring its integrity, documentation, accurate taxonomic identification based on the rules of zoological nomenclature and quantitative parameters, as well as descriptions of sedimentary and taphonomic features present in the material. The taxonomic analysis identified three species of the *Australospirifer* genus: *Australospirifer antarcticus*, *A. iheringi* and *A. kayserianus*. The taphonomic analyses indicated three modes of occurrence for the Spiriferida of the Ponta Grossa Formation (taphonomic class I: random orientation; taphonomic class II: unidirectional flow and taphonomic class III: grouped in a “cluster”, these taphonomic classes can be associated with two distinct taphofacies, characterizing environments ranging from the lower shoreface to the offshore. The paleobathymetric distribution of the specimens analyzed showed that the Spiriferida present in the Devonian of the Paraná Basin can be considered good paleobathymetric indicators and are associated with the end of transgressive cycles.

Keywords: Spiriferida, Ponta Grossa Formation, Taphonomy, Paleobathymetric, Devonian.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1- Metodologia de trabalho de campo. (A, B e C) Auxílio de maquinário e martelo para retirada de blocos maiores nos paredões; (D) Coleta do material.	21
Figura 2 - Metodologia de curadoria laboratorial. (A) Preparação da embalagem do material coletado em campo; (B) Preparação para limpeza, numeração e catalogação do material; (C) Preparação de curadoria nas amostras e (D) Chegada do material ao laboratório.	24
Figura 3 - Localização das sub-bacias Alto Garças e Apucarana. A figura mostra a separação das bacias pelo arco de Três Lagoas e de Campo Grande.....	30
Figura 4 - Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná indicando as seis Supersequências que preenchem a bacia.	32
Figura 5 - Localização das unidades litoestratigráficas aflorantes na região dos Campos Gerais e entorno (estado do Paraná).	33
Figura 6 - Arcabouço cronoestratigráfico de Grahn <i>et al.</i> (2013), correlacionando as unidades de Grahn (1992) e o arcabouço estratigráfico de Bergamaschi (1999).	36
Figura 7 - Sequências deposicionais de 3ª ordem e tratos de sistemas siluro-devonianos da Sub-bacia Apucarana. SIM = Superfície de Inundação Máxima; TST = Trato de Sistema Transgressivo; TSMA = Trato de Sistema de Mar Alto; TSMB = Trato de Sistema de Mar Baixo.	45
Figura 8 - Localização da Seção Bosque Mistral, Paraná, Brasil.....	47
Figura 9 - Localização dos afloramentos da seção Nordeste de Ponta Grossa, PR, Brasil.	48
Figura 10 - Perfil estratigráfico do Bosque Mistral e áreas adjacentes correlatas com a seção.....	50
Figura 11 - Representação ilustrativa da paleocomunidade de <i>Australospirifer sensu</i> : Boucot (1971) e Kurovski (2023).....	58
Figura 12 - Paleocomunidade bentônica de <i>Australospirifer</i> . Legenda: 1- <i>Australospirifer</i> ; 2 <i>Australocoelia</i> e <i>Derbyina</i> ; 3- Gastropoda; 4- Bivalvia; 5- Trilobita; 6- Crinoidea; 7- Vermes infaunais; 8- Vermes tubícolas.....	60
Figura 13 - Representação diagramática da morfologia interna da concha de espiriferídeos: vista do interior com a valva ventral para cima e a valva dorsal para baixo.	62
Figura 14 - Representação de caracteres dos Spiriferida (A) Valva ventral interna; (B) Vista de inclinação posterolateral; (C) Inclinação angular da concha; (D) Valva interna fechada e (E) Representação esquemática da valva fechada.	64
Figura 15 - Representações esquemáticas morfológicas de Spiriferida. (A) Representação da cobertura deltidial, bem como das placas deltidiais junto a interárea (B) Forâmen	

desenvolvido, com a presença de colar na cobertura deltirial (C) Representação das estruturas internas.....	66
Figura 16 - Ilustração com as características morfológicas dos moldes internos dos Spiriferidas. (A) Molde valva ventral interna, (B) Molde valva dorsal interna.	68
Figura 17 - Paleogeografia do SW de Gondwana no limite Praguiano-Emsiano com a distribuição da Biorregião Malvinohosan.	70
Figura 18 - Exemplares de <i>Australospirifer antarcticus</i> - A) MPI 17261 A – Molde de valva ventral interna; C) MPI 16194 B – Molde de valva ventral interna; D) Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de <i>Australospirifer antarcticus</i>	75
Figura 19 - Exemplares de <i>Australospirifer iheringi</i> - A) MPI 15626 – Molde de valva ventral interna, B) MPI 16415 – Molde de valva ventral interna, C) MPI 17539 – Molde de valva ventral interna, D)Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de <i>Australospirifer iheringi</i>	79
Figura 20 - Figura 20 - Exemplares <i>Australospirifer kayserianus</i> - A) MPI 14339 - Molde de valva ventral interna, B - Molde de valva ventral interna, C) MPI 18596 Molde de valva ventral interna, D) Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de <i>Australospirifer kayserianus</i>	83
Figura 21 - Distribuição das classes tafonômicas da Seção Bosque Mistral.....	87
Figura 22 - Tafofácies e atributos tafonômicos na seção Bosque Mistral.	92
Figura 23 - Representação do modo de vida dos Spiriferidas. A) Forâmen desenvolvido, com a presença de colar na cobertura deltirial; B) <i>Australospirifer</i> sp., com a evidências do forâmen e o colar; C) Representação das direções dos eixos de correntes (A) Paralelas ao eixo das “asas” das valvas – Ambiente <i>offshore</i> ; (B) Perpendicular ao eixo das “asas” das valvas – Ambiente <i>shoreface</i> ; D) Representação do hábito de vida (Epifaunal) dos Spiriferidas.	96
Figura 24 - Distribuição das espécies identificadas na seção Bosque Mistral.	99
Figura 25 - Paleobatimetria das espécies de <i>Australospirifer</i> spp. inseridos na seção Bosque Mistral da Bacia do Paraná.	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Curadoria do material fóssil coletado na seção de estudo.	22
Quadro 2 - Aspectos tafonômicos e respectivas interpretações.....	27
Quadro 3 - Representação das unidades litoestratigráficas da “Série Paraná” <i>sensu</i> Petri (1948).	34
Quadro 4 - Representação das unidades litoestratigráficas e da divisão tripartite da Formação Ponta Grossa <i>sensu</i> Lange e Petri (1967).	34
Quadro 5 - Sequências litoestratigráficas devonianas de Sedorko <i>et al.</i> (2018b).	37
Quadro 6 - Descrições das classes tafonômicas.....	84

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Relação da proporção dos espécimes identificados na seção Bosque Mistral.

..... 97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros do tamanho da concha para Spiriferida, onde C = comprimento, L = largura, < = “menor que” e > = “maior que”	25
Tabela 2 - Alongamento transversal segundo Fonseca (2001), onde C = comprimento, L = largura. < = “menor que” e > = “maior que”	25

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1	FONTES DE DADOS	19
3.2	METODOLOGIA EM CAMPO	19
3.3	METODOLOGIA LABORATORIAL	21
3.4	PARÂMETROS QUANTITATIVOS DA TAXONOMIA	24
3.5	ANÁLISE TAFONÔMICA	26
4	CONTEXTO GEOLÓGICO DA BACIA DO PARANÁ.....	29
4.1	ASPECTO GERAL DA BACIA DO PARANÁ	29
4.2	NOMENCLATURA DA SEQUÊNCIA DEVONIANA DO PARANÁ	33
4.2.1	Formação Furnas	37
4.2.2	Formação Ponta Grossa	38
4.2.3	Membro Tibagi	40
4.2.4	Formação São Domingos.....	40
4.4	ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS.....	41
5	ÁREA DE ESTUDO.....	46
5.1	CORRELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA	47
6	BIORREGIÃO MALVINOXHOSAN.....	51
7	ESTADO DA ARTE DA ORDEM SPIRIFERIDA	53
7.1	PALEOCOMUNIDADE DE <i>AUSTRALOSPIRIFER</i>	58
8	ORDEM SPIRIFERIDA.....	61
8.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS	61
8.2	ASPECTOS MORFOLÓGICOS	62
8.3	PALEOBIOGEOGRAFIA.....	69
9	RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
9.1	TAXONOMIA.....	71
9.2	CLASSES TAFONÔMICAS.....	84
9.3	TAFOFÁCIES.....	88
9.4	ASPECTOS ECOLÓGICOS E HÁBITO DE VIDA.....	92
9.5	DISTRIBUIÇÃO E PALEOBATIMETRIA DAS ESPÉCIES.....	96

10	CONCLUSÃO	102
	REFERÊNCIAS.....	103
	APÊNDICE A – ESTAMPA 1.....	113
	APÊNDICE B – ESTAMPA 2.....	115
	APÊNDICE C – ESTAMPA 3.....	117
	APÊNDICE D – ESTAMPA 4.....	119
	APÊNDICE E – ESTAMPA 5.....	121
	APÊNDICE F – ESTAMPA 6	123

1 INTRODUÇÃO

A primeira referência à fauna de invertebrados do Devoniano da Bacia do Paraná foi feita por Derby (1878), seguida pelo trabalho de Kayser (1900) onde descreveu a taxonomia de duas espécies de espiríferideos atribuídas a Bacia do Paraná, sendo elas *Spirifer borbai* Kayser, 1900 e *Spirifer iheringi* Kayser 1900. Em seguida, Oliveira (1912) descreveu a ocorrência de espiríferideos nos depósitos do Devoniano do Sul do Brasil. Posteriormente, Clarke (1913) em sua monografia clássica representando uma das mais importantes contribuições para o conhecimento dos invertebrados marinhos do Devoniano nessa bacia (Peyerl *et al.* 2014). Clarke (1913) reconheceu a distinção entre as faunas austral e boreal, caracterizando-as como “Fauna Austral”. Além das descrições taxonômicas, Clarke (1913) atribuiu algumas considerações paleobiogeográficas, fazendo uma discussão crítica de todas as faunas devonianas do Hemisfério Sul, e os macrofósseis em geral por ele identificados serviram de base para a definição da “província austral”. Atualmente parte do material estudado por Clarke (1913) está depositado na coleção do *New York State Museum* (Albany- New York, Estados Unidos da América) e outra parte na coleção do Museu de Ciências da Terra/CPRM (Videira-Santos *et al.*, 2023).

Lange (1954) realizou também um histórico das pesquisas paleontológicas do estado do Paraná até aquele momento e apresentou uma listagem de todos os invertebrados reconhecidos. Mais tarde Lange e Petri (1967) consideraram que a ocorrência de *Australospirifer iheringi* caracterizava paleontologicamente o membro Tibagi. Os autores chamaram a atenção para o fato do *Australospirifer kayserianus* e *Lingula lamella* ocorrerem apenas em folhelhos e *Australospirifer iheringi* ser bastante numeroso em rochas arenosas. Além disso, apresentaram uma listagem completa da fauna conhecida distribuída estratigraficamente.

Dentre os invertebrados de braquiópodes preservados nos depósitos devonianos da Bacia do Paraná, apresentam-se os representantes da ordem Spiriferida. A ordem apresenta uma representatividade de táxons e formas variadas, todas extintas (Clarkson, 1998). Os espiríferideos caracterizam-se por apresentarem conchas estróficas, a presença de umbo bem proeminente, valvas ventral e dorsal de forma “alada” o que os distingue dos demais braquiópodes. o grupo possui uma ampla distribuição geográfica e estratigráfica, compreendendo o intervalo entre o

Ordoviciano ao Jurássico. Na Bacia do Paraná, são encontrados nas formações Ponta Grossa e São Domingos (Granh *et al.*, 2013).

Embora muitos grupos da fauna presente na Bacia do Paraná, já tenham sido estudados e revisados, foi somente a partir do início do século XXI que a tafonomia impulsiona-se no contexto da paleontologia, trazendo com ela uma abordagem voltada para a gênese das fácies, modo de ocorrência e distribuição da macrofauna (Holz; Simões, 2002; Horodyski, 2014). Estudos tafonômicos de alta resolução e que utilizam a estratigrafia de sequências, passaram a ser amplamente aplicados e trouxeram novas interpretações tanto para o controle estrutural no empilhamento dos sítios, bem como, para os sistemas deposicionais associados à paleofauna presente nos estratos (Bosetti, 2004; Horodyski, 2014; Myszynski, 2018).

Além disso, os estudos em questão têm proporcionado uma melhor interpretação das superfícies estratigráficas além de demonstrar que a distribuição horizontal e vertical dos bioclastos, assim como sua composição taxonômica não ocorrem de maneira randômica, provando que foi vigorosamente controlada pela história deposicional vigente na época (Bosetti, 2004; Horodyski, 2014).

Até meados do século XX a paleontologia se dedicava aos estudos de cunho taxonômico, pouca se tinha informações paleoecológicas e paleoambientais. Portanto, o objetivo deste trabalho é elucidar como os Spiriferida se distribuem nos depósitos devonianos da região dos Campos Gerais do Paraná. Considerando sua taxonomia, seus contextos ecológicos, posicionamento estratigráfico e sua distribuição estratigráfica no arcabouço de sequências regional. Para tanto, foram utilizados dados em um estudo de caso da Bacia do Paraná, mais especificamente da Formação Ponta Grossa (Granh *et al.*, 2013).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar a distribuição estratigráfica dos braquiópodes da ordem Spiriferida (*Australospirifer* spp.) na seção Bosque Mistral, correlacionando com o arcabouço regional nos estratos da Formação Ponta Grossa (Devoniano Inferior) no município de Ponta Grossa – PR.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I) Realizar uma análise taxonômica dos espécimes e promover a distribuição no arcabouço estratigráfico regional;
- II) Descrever as classes tafonômicas nas associações fossilíferas com as faunas associadas;
- III) Identificar as tafofácies e correlacionar com o arcabouço regional do município de Ponta Grossa – PR.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 FONTES DE DADOS

A revisão bibliográfica foi realizada por meio de embasamento teórico sobre a temática abordada, constitui-se em caracterização geológica, estratigráfica, taxonômica, tafonômica regional e paleobiogeográfica, além de oferecer o aprofundamento sobre o estado da arte das pesquisas sobre os Spiriferida nas camadas devonianas da Bacia do Paraná. Para tanto, foi efetuado um levantamento da ocorrência dos fósseis dos organismos pertencentes a esse grupo biológico, por meio da leitura de livros, periódicos, dissertações, teses e resumos publicados em anais de eventos científicos, utilizando também as bases de dados científicos: SciELO (*Scientific Electronic Library Online*), *SciVerse Scopus*, *WOS (Web of Science)* e Portal periódicos (CAPES). Para as confecções dos mapas está sendo utilizado o *software* Qgis versão 3.32, as fontes de dados vetoriais utilizados são: ITCGE (2020); IAT (2020); IGBE (2020) e IPLAN (2020).

3.2 METODOLOGIA EM CAMPO

Os trabalhos de campo foram realizados durante cinco meses. A retirada dos blocos de rochas foi realizada durante o processo de terraplanagem da área de estudo e efetuada com o auxílio de maquinário pesado como retroescavadeiras, caminhões basculantes e tratores (Figura 1 A). Ressalta-se que os blocos foram demarcados nos níveis de origem com o intuito de não se perder o controle do empilhamento estratigráfico (Bosetti *et al.*, 2021).

Para a prospecção dos fósseis foram utilizados equipamentos de uso braçal como martelos estratigráficos, picaretas, talhadeiras, marteles perfuradores e rompedores *Bosch*, movidos a bateria e geradores (Figura 1 B e C). Quando possível as coletas foram realizadas diretamente nos paredões expostos durante o processo de terraplanagem, desta forma, foi possível ter acesso a rocha menos alterada, posicionar as icnofábricas e demais estruturas sedimentares do sítio (Figura 1 D).

As coletas de campo resultaram em aproximadamente 5.640 amostras contendo um ou mais fósseis. Sendo assim, estima-se que mais de 20.000 fósseis

foram coletados durante os trabalhos de campo que, atualmente, constituem a coleção Bosque Mistral (Bosetti *et al.*, 2021; Goltz; Bosetti, 2020; Goltz, 2023).

Figura 1- Metodologia de trabalho de campo. (A, B e C) Auxílio de maquinário e martelete para retirada de blocos maiores nos paredões; (D) Coleta do material.



Fonte: a autora e Grupo Palaio.

3.3 METODOLOGIA LABORATORIAL

As amostras coletadas passaram por um procedimento de curadoria prévia ainda em campo, principalmente, aquelas que necessitavam de mais cuidado devido à raridade ou fragilidade da amostra (Figura 2 A). Após este processo, o material foi embalado e acondicionado em caixas de papelão, onde no mínimo uma das amostras era marcada indicando seu nível de origem. O material coletado foi transportado para o Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG e encontra-se depositado no mesmo.

Para este estudo foram processadas 423 amostras contendo o grupo biológico de interesse. Os trabalhos laboratoriais envolveram a curadoria, garantindo sua integridade, documentação, proteção e conservação. O processamento do material fóssil incluiu as seguintes etapas (Quadro 1; Figura 2 B, C e D) (ver Bosetti *et al.*, 2021):

Quadro 1 - Curadoria do material fóssil coletado na seção de estudo.

I. Limpeza e Preparação:	Primeiramente, retirou-se a poeira e sedimentos impregnados na amostra mecanicamente e com auxílio de pincéis e lupas. Quando necessário as amostras quebradas foram coladas, ou ainda, envernizadas.
II. Numeração e Tombamento:	Cada amostra recebeu um número tombo na coleção paleontológica. Esse número é marcado de modo a permanecer indefinidamente, sendo seu número definido sob o acrônimo MPI (Museu Paleontológico de Invertebrados). Após esse processo, com as informações já obtidas em campo e durante o processo laboratorial são processadas e registradas no livro tombo físico e digital. As informações são padronizadas e incluem: (a) Número da amostra ou espécime na coleção; (b) Táxon; (c) Bacia Sedimentar; (d) Unidade Litoestratigráfica; (e) Afloramento; (f) Localidade; (g) Idade; além de um campo para observações.
III. Acondicionamento:	As amostras ou espécimes, após o tombamento, são acondicionadas lado a lado em prateleiras e, por vezes, em caixas de madeira, sempre acompanhadas de etiquetas para checagens;
IV. Registro fotográfico:	Finalizando o processo, as amostras com o grupo biológico de interesse foram fotografadas, a fim de se elaborar um banco de fotos que auxiliaram na taxonomia e tafonomia do grupo. O registro fotográfico foi registrado com a câmera Nikon® D90, e Canon® DS12621.

**V. Identificação
taxonômica**

Após o procedimento de curadoria, foi realizado a identificação taxonômica de acordo com as regras de nomenclatura zoológica e a partir da bibliografia especializada, tais como o *Treatise on Invertebrate Paleontology* (WILLIAMS *et al.*, 2006), da consulta à especialistas e de parâmetros quantitativos.

Fonte: Bosetti *et al.* (2021).

Figura 2 - Metodologia de curadoria laboratorial. (A) Preparação da embalagem do material coletado em campo; (B) Preparação para limpeza, numeração e catalogação do material; (C) Preparação de curadoria nas amostras e (D) Chegada do material ao laboratório.



Fonte: a autora e Grupo Palaiois.

3.4 PARÂMETROS QUANTITATIVOS DA TAXONOMIA

De acordo com Fonseca (2001) a maioria das descrições de espécies de braquiópodes tem início com uma análise subjetiva do tamanho da concha no seu estágio adulto. Fonseca (2001) propôs um parâmetro de tamanho da concha para a Superfamília Delthyridoidea. Contudo, ao buscar na literatura especializada os parâmetros morfométricos dos Spiriferida, nota-se uma escassez de informações morfológicas sobre o padrão do tamanho das conchas.

Ao observar o tamanho dos comprimentos das conchas nas espécies estudadas por Fonseca (2001) que trabalhou com Spiriferida das Bacias do Amazonas e Parnaíba e por Cerri (2013) que estudou os Spiriferida da Bacia do Paraná, observou-se que ambos os autores apresentaram um quadro de parâmetros morfométricos para o gênero *Australospirifer*, no entanto, ambos não especificaram

os critérios metodológicos aplicados para determinar os parâmetros morfométricos descritos.

Portanto, propõem-se neste trabalho parâmetros subjetivos para a quantificação dos tamanhos das conchas, estabelecendo uma noção de ordem de grandeza das espécies descritas neste trabalho (Tabela 1). Salienta-se que este padrão foi estabelecido por meio da consulta bibliográfica do trabalho de Fonseca (2001) e da análise laboratorial com a utilização de paquímetro manual analógico do material da área de estudo.

Tabela 1 - Parâmetros do tamanho da concha para Spiriferida, onde C = comprimento, L = largura, < = “menor que” e > = “maior que”.

Tamanho da Concha	Comprimento (C)	Largura (L)
Pequena	$C < 10 \text{ mm}$	$L < 10 \text{ mm}$
Média	$10 \text{ mm} < C < 20 \text{ mm}$	$10 \text{ mm} < L < 15 \text{ mm}$
Média a grande	$30 \text{ mm} < C < 45 \text{ mm}$	$35 \text{ mm} < L < 40 \text{ mm}$
Grande	$45 \text{ mm} < C < 65 \text{ mm}$	$40 \text{ mm} < L < 60 \text{ mm}$
Muito grande	$65 \text{ mm} < C < 80 \text{ mm}$	$L > 80 \text{ mm}$

Fonte: a autora.

Para Fonseca (2001) o alongamento transversal é um caráter morfológico quantificável, relacionado com a forma da concha, e inferido pela relação entre o comprimento e a largura (C/L), a autora argumenta que para o alongamento transversal da concha são geralmente apenas subjetivas, não quantificadas (Tabela 2).

Tabela 2 - Alongamento transversal segundo Fonseca (2001), onde C = comprimento, L = largura. < = “menor que” e > = “maior que”.

Alongamento transversal	C/L
Pouco transversa	$1,0 > C/L > 0,70$
Transversa	$0,70 > C/L > 0,65$
Acentuadamente transversa	$0,65 > C/L > 0,55$

Fonte: adaptado de Fonseca (2001).

3.5 ANÁLISE TAFONÔMICA

A Tafonomia (do grego: *taphos* = sepultamento; *nomos* = leis) é o termo proposto por Efremov (1940) para designar o estudo das leis que governam a transição dos restos orgânicos da biosfera para a litosfera. É um termo amplo e constitui parte dos estudos sobre os processos de fossilização (Bioestratinomia e a Fossildiagênese).

A Tafonomia abrange a bioestratinomia e a Fossildiagênese. A Bioestratinomia abrange a história sedimentar dos restos dos bioclastos até o soterramento, incluindo as causas de morte de um determinado organismo e sua decomposição, seu transporte e soterramento final (Holz e Simões, 2004; Horodyski, 2014). A Fossildiagênese estuda os processos físicos e químicos que alteram os bioclastos, após o soterramento e o metamorfismo (Seilacher, 1970; Flessa *et al.*, 1992; Horodyski, 2014). A Tafonomia atua na Paleoecologia quando o tafônomo busca informações perdidas na interação organismo e ambiente. Portanto, as assinaturas tafonômicas são o conjunto de características tafonômicas de uma determinada associação fossilífera resultantes da dinâmica ambiental (físico/químico/biológico), (Horodyski, 2014).

Os aspectos tafonômicos e interpretações consideradas na análise tafonômica foram baseados nos conceitos propostos por Brett e Baird (1986), Speyer e Brett (1988), Holz e Simões (2002), Kidwell, Fürsich e Aigner (1986), Kidwell e Bosence (1991) e Horodyski (2014) (Quadro 3).

Quadro 2 - Aspectos tafonômicos e respectivas interpretações.

Assinatura tafonômica	Descrição e significado	Referências
Desarticulação	Processo <i>post-mortem</i> . Causado pela necrólise e/ou agitação da água e ação de necrófagos. A análise do grau de articulação/desarticulação fornece dados sobre o tempo de exposição do bioclasto na interface água/sedimento (período entre a morte e o soterramento final) e sobre a intensidade de transporte sofrida pelos bioclastos.	Brett e Baird (1968) Speyer e Brett (1988) Holz e Simões (2002)
Fragmentação	Processo <i>post-mortem</i> . A fragmentação ocorre por meio de processos hidráulicos (ondas e correntes), as partículas entram em suspensão e chocam-se uma com as outras e se fragmentam, este processo está relacionado com a energia do ambiente. A fragmentação varia de acordo com o tamanho e espessura do espécime.	Speyer e Brett (1988) Holz e Simões (2002)
Transporte	Organismos mortos não soterrados dentro de um curto período de tempo, tendem a se desarticular por completo e os bioclastos ficam sujeitos ao retrabalhamento da água. A área onde o organismo morre é denominada sítio de morte. Quanto maior o distanciamento do sítio, os bioclastos tendem a	Kidwell, Fürsich e Aigner, (1986) Kidwell e Bosence, (1991) Horodyski, (2014)

	diminuir e apresentar sinais claros de abrasão e fragmentação, enquanto os bioclastos mais próximos do sítio são mais completos.	
Posição do bioclasto	É a identificação da posição do bioclasto em relação ao plano de acamamento no registro sedimentar, a qual foi controlada pelo ciclo exógeno, ou não antes do soterramento final, comparada ao hábito de vida original do táxon investigado.	Kidwell, Fürsich e Aigner, (1986) Kidwell e Bosence, (1991) Horodyski, (2014)
Grau de empacotamento	Bioclastos com mais de 2 mm podem gerar fábricas com três graus de empacotamento: (a) Densamente empacotada - são suportadas pelos bioclastos. O alto grau de empacotamento pode refletir a seleção hidráulica ou biogênica, ou ainda, eventos de mortandade em massa e baixas taxas de sedimentação; (b) Fracamente empacotado - são suportadas pela matriz, bioclastos apresentam pouco contato direto entre si; (c) Disperso - é empregado pelas concentrações que são suportadas pela matriz, onde os bioclastos estão dispostos esparsamente.	Kidwell, Fürsich e Aigner, (1986) Kidwell e Bosence, (1991) Horodyski, (2014)

Fonte: Brett e Baird (1968), Speyer e Brett (1988), Holz e Simões (2002), Kidwell, Fürsich e Aigner, (1986), Kidwell e Bosence, (1991), Horodyski (2014); Goltz *et al.* (2022) e Goltz (2023).

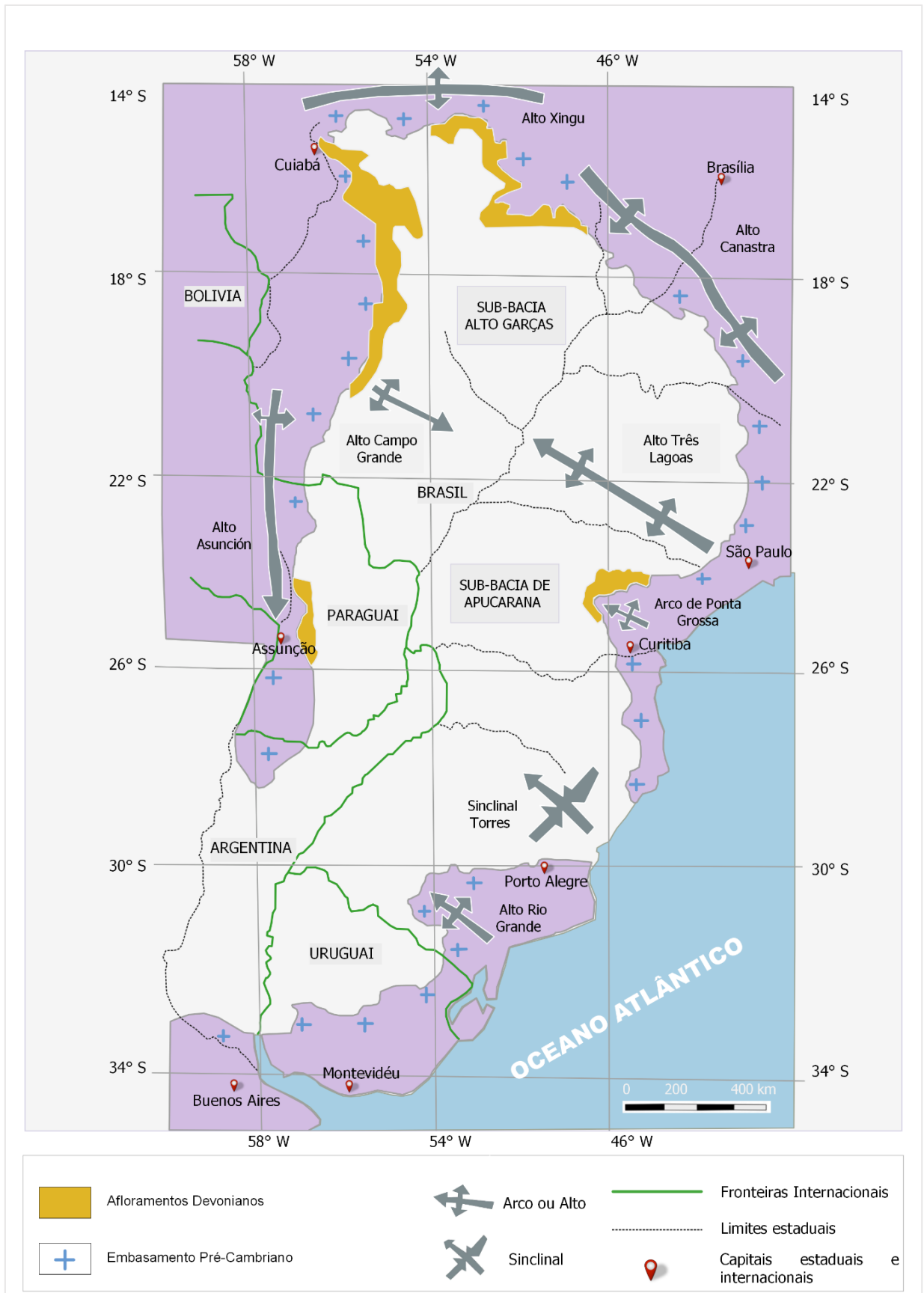
4 CONTEXTO GEOLÓGICO DA BACIA DO PARANÁ

4.1 ASPECTO GERAL DA BACIA DO PARANÁ

A Bacia do Paraná compreende uma vasta área sedimentar no centro-leste da América do Sul. Caracterizada como uma bacia intracratônica de natureza policíclica, marcada por eventos tectônicos de subsidência e soerguimento. A bacia possui um formato ovalado e sua área chega a cerca de 1.500.000 km² e sua profundidade a cerca de 8 km. A bacia abrange porções dos estados brasileiros como Paraná, São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Minas Gerais e Goiás, estendendo-se também em territórios estrangeiros como Bolívia, Paraguai, Argentina e Uruguai (Bergamaschi, 1999; Milani, 2004; Milani, 2007a).

A evolução da bacia estende-se temporalmente entre a idade do neoOrdoviciano e o neoCretáceo, onde se configurou como um golfo aberto voltado para oceano Panthalassa (Milani; Ramos, 1998), formada em depressões alongadas na direção NE-SW, sobre o substrato Pré-Cambriano (Milani, 1997). No Brasil, podemos destacar que a Bacia do Paraná é composta por dois depocentros sedimentares: Sub-bacia Alto Garças, localizada mais ao norte e Sub-bacia de Apucarana, localizada mais ao sul (Grahm *et al.*, 2013; Northfleet *et al.* 1969 e Ramos, 1970) (Figura 3). Essas sub-bacias foram separadas pelos arcos de Três Lagoas e de Campo Grande e evoluíram de maneiras distintas, embora pesquisas recentes tenham indicado que as duas Sub-bacias não eram completamente compartimentalizadas até ao menos o Emsiano (Sedorko *et al.*, 2018a; Scheffler; Silva; Sedorko, 2020). Na Sub-bacia Apucarana há uma feição estrutural, conhecida como Arco de Ponta Grossa, de origem tectônica, que se formou por movimentos ascensionais, associado pela abertura do Sul do oceano do Atlântico (Zalán *et al.*, 1987, 1990).

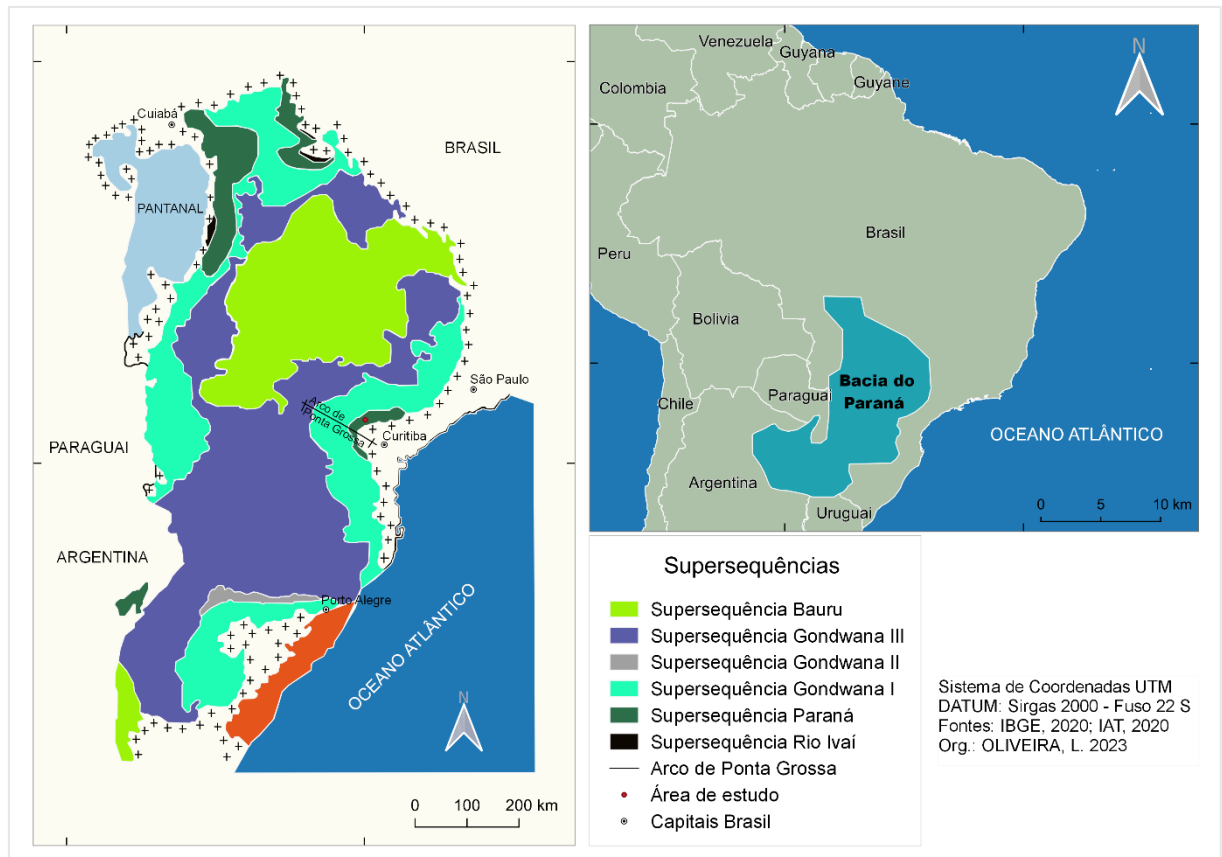
Figura 3 - Localização das sub-bacias Alto Garças e Apucarana. A figura mostra a separação das bacias pelo arco de Três Lagoas e de Campo Grande.



Fonte: adaptado de Grahm *et al.* (2010).

A evolução do seu preenchimento sedimentar se deu em resposta aos ciclos tectônico-eustáticos associados à evolução do Gondwana Ocidental, depositados do Ordoviciano Superior ao Cretáceo Superior, compreendendo seis supersequências: Rio Ivaí, Paraná e Gondwana I que representam a deposição em condições marinhas, definidas por ciclos transgressivo-regressivos relacionados a oscilações do nível relativo do mar durante o Paleozoico; e as unidades Gondwana II, Gondwana III e Bauru, que correspondem aos pacotes de sedimentitos continentais com rochas ígneas associadas (Milani *et al.*, 2007b) (Figura 4).

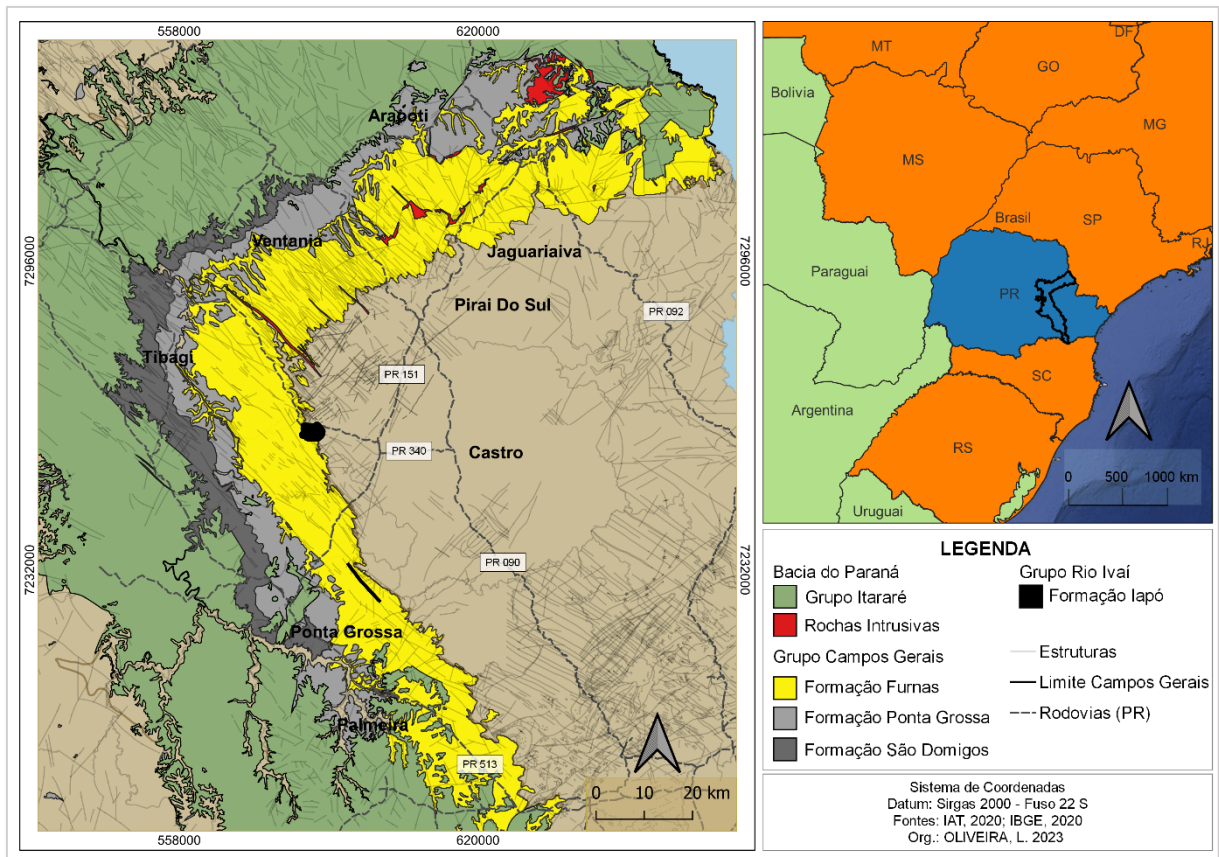
Figura 4 - Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná indicando as seis Supersequências que preenchem a bacia.



Fonte: adaptado de Milani *et al.* (2007b) e Richter (2023).

Os estratos aqui tratados pertencem à Supersequência Paraná, pertencente ao Grupo Campos Gerais (Figura 5) que foi modificado por Grahn *et al.* (2013), denominando o conjunto das unidades litoestratigráficas da base para o topo: formações Furnas, Ponta Grossa e São Domingos.

Figura 5 - Localização das unidades litoestratigráficas aflorantes na região dos Campos Gerais e entorno (estado do Paraná).



Fonte: adaptado de Grahn *et al.* (2013).

4.2 NOMENCLATURA DA SEQUÊNCIA DEVONIANA DO PARANÁ

Durante o século XIX, com a Comissão Geológica do Império (1875-1877) designada pelo governo do Imperador D. Pedro II que as camadas rochosas de concentrações de jazidos fossilíferos de invertebrados marinhos começaram a serem registradas e catalogadas no estado do Paraná (Bosetti *et al.*, 2004).

Derby (1878) emitiu a primeira notícia de caráter científico sobre a existência de rochas de idades devonianas na porção sul do Brasil. Sua descrição foi a primeira com intuito de reconhecimento sobre a geologia e a paleontologia do Devoniano da Bacia do Paraná. Durante a primeira metade do século XIX, vale apontar que o conteúdo fossilífero brasileiro coletado era pouco retratado, com exceção da descoberta de grandes ossadas em escavações de poços ou similares, portanto o conhecimento dos fósseis brasileiros limitava-se apenas a notificação desses achados (Cassab, 2010).

As unidades litoestratigráficas foram formalizadas por Petri (1948), o autor descreveu sobre a grande variabilidade de designações apropriadas na nomenclatura estratigráfica do Devoniano do Paraná. Petri (1948) adotou a designação “Série Paraná”, conseqüentemente rejeitando o termo “Série Campos Gerais”, que foi proposta por Derby (1878). Petri (1948) propôs a seguinte sucessão estratigráfica, da base para o topo: Formação Furnas, Camadas de Transição e Formação Ponta Grossa. (Quadro 4).

Quadro 3 - Representação das unidades litoestratigráficas da “Série Paraná” *sensu* Petri (1948).

Série Paraná	Formação Ponta Grossa
	Camada de Transição
	Formação Furnas

Fonte: adaptado de Petri (1948).

Posteriormente, Lange e Petri (1967) ao revisarem a estratigrafia devoniana do Paraná, definiram a sequência litoestratigráfica, sendo assim, eles propuseram a divisão tripartite da Formação Ponta Grossa e adotando o uso do termo Grupo Paraná. Representada no quadro abaixo a sequência estratigráfica, da base para o topo: formações Furnas e Ponta Grossa, esta subdividida em membros Jaguariaíva, Tibagi e São Domingos) (Quadro 5).

Quadro 4 - Representação das unidades litoestratigráficas e da divisão tripartite da Formação Ponta Grossa *sensu* Lange e Petri (1967).

Grupo Paraná	Formação Ponta Grossa	Membro São Domingos
		Membro Tibagi
		Membro Jaguariaíva
	Formação Furnas	

Fonte: adaptado de Lange e Petri (1967).

As unidades devonianas da Bacia do Paraná foram reavaliadas por Grahn (1992), o autor propôs a divisão do Devoniano do Estado do Paraná aderindo o termo “Grupo Paraná” e dividindo da base para o topo, sendo: formações Furnas, Ponta Grossa e São Domingos. Grahn (1992) elevou o Membro São Domingos, que foi

proposto por Lange e Petri (1967), ao *status* de formação, incluindo ainda o Membro Tibagi no topo da Formação Ponta Grossa e na base da Formação São Domingos.

Grahn *et al.* (2013) correlacionou as unidades de Grahn (1992) com o arcabouço de sequências de Bergamaschi (1999), além de retomar o uso do termo “Campos Gerais” proposto por Derby (1878), mas utilizando a denominação “Grupo Campos Gerais” ao invés de “Série Campos Gerais”. O arcabouço litoestratigráfico introduzido por Grahn *et al.* (2013) da sucessão devoniana na Sub-bacia Apucarana é constituído por depósitos marinhos formados no intervalo Siluro-Devoniano, abrangendo as unidades litoestratigráficas da base para o topo pelas formações Furnas, Ponta Grossa e São Domingos, incluindo o Membro Tibagi na base da Formação São Domingos pelo o arcabouço litoestratigráfico proposto por Grahn *et al.* (2013), este é o arcabouço utilizado para o presente estudo (Figura 6).

Figura 6 - Arcabouço cronoestratigráfico de Grahn *et al.* (2013), correlacionando as unidades de Grahn (1992) e o arcabouço estratigráfico de Bergamaschi (1999).

Idade	Bacia do Paraná		Sequências	Esporos		Chitinozoa Grahn 2005 Mendowicz - Mauiller et al., 2009					
	Sub-bacia Apucarana	Sub-bacia Alto Garças		A	B						
Frasniano				IV	TP	<i>U.bastosi</i> <i>S.langei</i>					
		Grupo Chapada Unidade 4	F		Bmu	<i>Hoegisphaera glabra</i>					
				BM	Bpi						
				BJ							
Givetiano				Formação São Domingos	E		TCo	Trg	<i>Fungochitina microspinata</i> <i>Ancyrochitina taouratinensis</i>		
	TA										
Eifeliano		Grupo Chapada Unidade 2	D	AD Lem	Lli	<i>Ramochitina stiphrospinata</i>					
				Pre-Lem	Per	<i>Alpenachitina eisenacki</i>					
				AP Pre-Vel	GS	?					
						<i>Ancyrochitina varispinosa**</i>					
Emsiano	TI ?	?	?	FD	Não definido	<i>Ancyrochitina pachycerata</i>					
							AB				
				Praguiano		Formação Ponta Grossa	Grupo Chapada Unidade 2	B	Su	Ems	<i>Ramochitina magnifica</i>
									Pow Pre-Su		
Lochko- viano	?	?	?	BZ E Z	E	<i>Urochitina loboi</i>					
				MN		NsZ	<i>Angochitina strigosa</i>				
							...				

Fonte: adaptado de Grahn *et al.* (2013).

No entanto, trabalhos ligados aos estudos da icnológicos, também tem favorecido a elucidar os eventos paleoambientais do período Devoniano na Bacia do Paraná. Sedorko *et al.* (2018b) realizaram uma nova interpretação da estratigrafia de sequências baseada na icnologia aplicada como ferramenta de estudo. Os autores criaram um novo modelo sedimentológico, paleontológico e icnológico para refinar o arcabouço estratigráfico, como demonstrado no Quadro 6.

Quadro 5 - Sequências litoestratigráficas devonianas de Sedorko *et al.* (2018b).

Supersequência Paraná	Sequência Devoniano II	(neoEifeliano a eoGivetiano)
	Sequência Devoniano I	(neoEmsiano a neoEifeliano)
	Sequência Siluro - Devoniano	(Pridoliano a eoEmsiano)
	Sequência Siluriano Inferior	(Llandovery a Wenlock)

Fonte: adaptado de Sedorko *et al.* (2018b).

4.2.1 Formação Furnas

A Formação Furnas teve seu conceito original denominado como “Grés de Furnas” por Oliveira (1912), alocados estratigraficamente abaixo da Formação Ponta Grossa, o autor descreveu como “grés branco, algumas vezes amarelado, grosseiro e frequentemente friável, que aflora na parte superior daquelas escarpas” (Melo, 1985).

Nas concepções de Petri e Fúlfaro (1966) a Formação Furnas constitui-se de arenitos médios a grossos, com finas camadas conglomeráticas e finos leitos de folhelhos micáceos intercalados. Localmente, desenvolve-se um conglomerado basal, as estratificações cruzadas são frequentes de tipos variados e alternam-se ao longo do perfil.

Lange e Petri (1967) interpretaram o ambiente de deposição dos arenitos da Formação Furnas como marinho raso de grande energia hidrodinâmica e altos níveis de oxigênio na água, tendo contato normal e, em alguns afloramentos, gradacional com a Formação Ponta Grossa.

A Formação Furnas é representada por depósitos regressivos marcados por uma sucessão que contém arenitos quartzosos brancos, médios à grossos, caulínicos e apresentando estratificações cruzadas, com níveis de conglomerados próximo à base da formação (Milani *et al.*, 2007a). A formação é composta por três unidades informais: inferior, média e superior (Assine, 1999; Bergamaschi, 1999; Sedorko *et al.*, 2017).

A unidade Inferior é formada por associações de arenitos médios a muito grossos, por sua vez conglomeráticos, apresentando traços de icnofácies *Cruziana* proximal e *Skolithos* (Bergamaschi, 1999; Fernandes, 1996; Sedorko *et al.*, 2017). A unidade Média é constituída por arenitos de granulação fina à grossa, apresentando estrutura de estratificações cruzadas, que se intercalam com delgados níveis de siltitos e folhelhos (Bergamaschi, 1999; Milani *et al.*, 2007a; Sedorko *et al.*, 2017). A unidade Superior é caracterizada por um aumento da granulação dos corpos conglomeráticos, que se intercalam com arenitos médios a muitos grossos, Assine (1996) descreveu que a parte superior da Formação Furnas, localmente, engloba fácies de arenitos muito finos com estratificação cruzada *hummocky*, com presença de macrofósseis de plantas vasculares. Por sua vez, contendo icnofósseis que representam as assembleias *Cruziana* e *Skolithos* proximais (Petri, 1948; Bigarella *et al.*, 1966; Sedorko *et al.*, 2018b). Estas icnofácies estão bem distribuídas em toda a Formação Furnas (Sedorko *et al.*, 2017). As icnoassociações da icnofácies *Cruziana* são mais frequentes entre a unidade Inferior e Média, enquanto a icnofácies *Skolithos* é mais frequente nos níveis mais superiores da formação (Fernandes, 1996). De acordo com MaCeachern *et al.* (2007), estas icnofácies refletem desde ambientes litorâneos de alta energia até aqueles de plataforma marinha rasa.

4.2.2 Formação Ponta Grossa

A Formação Ponta Grossa foi descrita pela primeira vez por Oliveira (1912) como “Shistos de Ponta Grossa”. Oliveira (1912) descreveu a camada superior da

formação como betuminosa com calcários argilosos e nódulos piritizados ocasionalmente.

Petri (1948) elaborou um perfil litológico e paleontológico detalhando aproximadamente 100 metros de espessura. Para Petri (1948) a formação é composta por uma sucessão de folhelhos e arenitos finos argilosos, o autor também considerou que não havia um hiato deposicional entre as formações Ponta Grossa e Furnas. Petri (1948) considerou as “Camadas de Transição” representantes dos momentos de “passagem” entre as duas formações. O contato superior, em grande parte das áreas expostas encontra-se discordantemente com os arenitos do Grupo Itararé (Grah et al., 2013).

No entanto, Bigarella et al. (1961), consideraram haver um contato brusco entre as formações Furnas e Ponta Grossa. Petri e Fúlfaro (1966), descreveram a predominância na Formação Ponta Grossa de folhelhos micáceos, finamente laminados, argilosos ou arenosos, localmente betuminosos e carbonosos, contendo intercalações de siltitos e arenitos finos.

Lange e Petri (1967), retrataram sua interpretação a respeito da divisão estratigráfica para descreverem o Membro Jaguariaíva da Formação Ponta Grossa, e, conseqüentemente reconheceram as mesmas fácies de Petri (1948), concordando com a existência das Camadas de Transição, ao observarem uma seção de sete metros de espessura de siltitos intercalados com arenitos grossos, ambos sendo fossilíferos.

No geral, a Formação Ponta Grossa apresenta em sua parte inferior arenitos com siltitos intercalados depositados como resultado de um retrabalhamento extensivo de superfície de ravinamento (*onlap*) que delimita a Formação Furnas quando arenitos transgressivos da Formação Ponta Grossa foram depositados, nessa superfície de ravinamento há a exposição de um hiato de em média quatro milhões de anos (Bergamaschi, 1999; Grah et al., 2010). Além disso, sua porção inferior contém estruturas do tipo *wave-cross* e *hummocky* (Grah et al., 2010; Grah et al., 2013).

Sua parte basal é composta por arenitos, siltitos contendo nódulos de calcário ou argilas arenosas presentes principalmente nas cidades de Tibagi, Ponta Grossa e Jaguariaíva (Grah et al., 2013). Enquanto a parte superior tem folhelhos piritizados de coloração escura e argilitos com nódulos calcários. A idade da formação está entre o neoPraguiano e o eoEmsiano (Grah et al., 2010; Grah; Bosetti, 2010).

A Formação Ponta Grossa foi depositada em um ambiente marinho que varia de *shoreface* a *offshore* (Assine, 1996; Grahm *et al.*, 2013; Sedorko *et al.*, 2018b, c). Nessa formação há registros da fauna clímax do *Malvinoxhosan*. Destaca-se que essa formação é abundantemente fossilífera, principalmente por fósseis de invertebrados marinhos e traços fósseis que corroboram a interpretação paleoambiental.

4.2.3 Membro Tibagi

O Membro Tibagi constitui a porção basal da Formação São Domingos. Litologicamente é composto por arenitos finos a grossos, siltitos e, em menor expressividade, argilitos. Os arenitos variam entre cinzas, amarelos e avermelhados, apresentando uma ciclicidade que alterna entre arenitos e lentes de folhelhos micáceos, havendo dominância dos arenitos em direção ao topo (Oliveira, 1912).

A partir das observações de Oliveira (1912) sua definição ocorreu de afloramentos localizados ao longo da porção superior do Arroio São Domingos, em Tibagi. Segundo Maack (1947), a espessura desta unidade é, geralmente, entre 18 e 20 metros. Possui uma ciclicidade que alterna entre camadas de folhelhos e arenitos micáceos e mais para o topo acamamento arenoso (Grahm *et al.*, 2013). Sua idade estima-se ser eoEmsiano (Grahm *et al.*, 2013).

Assine *et al.* (1998) descreveram que os arenitos do Membro Tibagi se constituem de sedimentos com uma frequência de padrão textural granulométrica (granocrescência) que se estende até o topo da seção. Composto por arenitos fino a muito fino, silticos, micáceos, apresentando estrutura de estratificação plano-paralela, ondulada ou cruzada *hummocky*, quando não obliterada por bioturbação. A interestratificação com os folhelhos fossilíferos marinhos, as estruturas sedimentares presentes e os fósseis de braquiópodes, em destaque o gênero *Australospirifer*, indicam deposição em sistemas marinhos plataformais sob a ação de ondas (Assine *et al.*, 1998).

4.2.4 Formação São Domingos

Sua nomenclatura é referida por Maack (1947) como “Folhelhos São Domingos”. Segundo Grahm *et al.* (2013) sobrepõe transgressivamente a Ponta

Grossa e sucessivamente o Grupo Itararé a sobreposição. Em geral sua litologia é constituída predominantemente de folhelhos argilosos (Grahns *et al.*, 2013).

Na parte mais basal ocorrem arenitos conglomeráticos mal selecionados, seguidos de folhelhos e siltitos micáceos, ricos em restos vegetais. Os folhelhos do Givetiano representam uma expansão do sítio deposicional, sendo o registro do pico máximo de transgressão no Devoniano da Bacia do Paraná. O topo da sequência devoniana é truncado pela discordância erosiva da base da seção permo-carbonífera do Grupo Itararé (Melo e Loboziak, 2003; Grahns *et al.*, 2013). A seção referência para a sua base na BR-153 (mesma localização do neoestratótipo do Membro Tibagi) com 3,2 m de extensão, de idade eoEifeliano, é representada por um siltito acinzentado planar bioturbado em algumas partes do acamamento (Grahns *et al.*, 2013).

Petri (1948) interpretou os estratos aflorantes no topo da seção Lambedor como pertencentes ao Membro São Domingos e, mais tarde, Lange e Petri (1967) analisaram estas camadas na região de Tibagi, onde estratos desta formação ocorrem em pelo menos três localidades. Melo (1985) e Grahns (1992) reconheceram que as formações Ponta Grossa e São Domingos são formações distintas, sendo o Tibagi considerado como um membro desta última. Esta formação é, na maior parte das localidades, encoberta por arenitos do Grupo Itararé (Myszynski, 2018).

Por fim, a Formação São Domingos é completamente marinha englobando ambientes *foreshore* a *offshore* (Grahns *et al.*, 2013; Sedorko *et al.*, 2018b). Em termos litológicos esta formação é constituída por conglomerados mal selecionados e siltitos micáceos ricos em fragmentos vegetais (Grahns *et al.*, 2013). Nesta formação existem registros de fauna malvinoxhosa empobrecida (Bosetti *et al.*, 2010, 2012; Sedorko *et al.*, 2021) e a sua idade situa-se entre o eoEmsiano e o Frasniano (Melo e Loboziak, 2003; Grahns *et al.*, 2013).

4.4 ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS

Bergamaschi (1999) identificou Superfícies de Inundação Máxima (SIM), Superfícies Transgressivas (ST) e também Superfícies Discordantes (SD), que permitiram a interpretação de seis sequências deposicionais de 3º ordem, informalmente caracterizadas, sucessivamente da base para o topo por letras (A, B, C, D, E e F), que representam determinados tipos de deposições de ambientes.

Sequência A

A Sequência A é equivalente à Formação Furnas. Este intervalo possui aproximadamente 250 a 300 metros de espessura (Assine, 1996). A litologia predominante é de arenitos conglomeráticos, a níveis grossos a médios com abundantes estratificações cruzadas intercaladas com lentes de arenitos finos a siltitos. Em termos de associação de fácies estes depósitos são interpretados como representando ambientes transicionais marinho costeiro. A base corresponde a uma inconformidade regional, com rochas da Supersequência Rio Ivaí ou do embasamento. A idade relativa para este intervalo é Pridoliano a neoLochkoviano (Bergamaschi, 1999; Grahn *et al.*, 2013) (Figura 7).

Sequência B

Litologicamente é composta em sua base por arenitos finos, marcados por estratificações cruzadas do tipo *wave cross-stratification* (WCS) e *hummocky cross-stratification* (HCS), e por folhelhos e siltitos bioturbados. Esta sequência tem aproximadamente 90 metros de espessura. O limite inferior da Sequência B é marcado pela superfície transgressiva que registra o recobrimento dos depósitos regressivos (transicionais e costeiros) do topo da Sequência A. Na Sequência B são registrados depósitos marinhos rasos de *shoreface* inferior e *offshore*. O Trato de Sistema Transgressivo (TST) é caracterizado por ação de ondas e tempestitos com estruturas do tipo WCS e HCS, culminando na Superfície de Inundação Máxima (SIM), reconhecida a partir dos folhelhos pretos de *offshore* com padrão indicativo de anoxia, diagnosticados a partir dos teores de Carbono Orgânico Total (COT). Todos esses padrões são registrados nas seções colunares das cidades de Ponta Grossa, Tibagi e Jaguariaíva. Em superfície não é registrado o Trato de Sistema de Mar Alto (TSMA). A idade desta sequência, que corresponde litoestratigraficamente à Formação Ponta Grossa, é de neoPraguiano a eoEmsiano e tem duração aproximada de dois milhões de anos (Bergamaschi, 1999; Grahn *et al.*, 2013) (Figura 7).

Sequência C

Inicia em sua base com uma camada de arenitos finos e, de maneira geral, é muito semelhante à Sequência B, com ciclos de engrossamento com folhelhos na base e siltitos bioturbados e arenitos finos, associados à WCS e HCS no topo. O trato de sistema mais expressivo da Sequência C é o TST, consistindo em fácies de folhelhos, siltitos bioturbados e arenitos finos com WCS e HCS formados pela ação de ondas de tempestade. A SIM é caracterizada por um importante evento de anoxia/disoxia da bacia, diagnosticado pelos perfis de raio gama. Apenas em subsuperfície é possível observar o TSMA. A idade desta sequência, que corresponde litoestratigraficamente a porção basal da Formação São Domingos, é do mesoEmsiano ao mesoEifeliano e tem duração aproximada de sete milhões de anos (Bergamaschi, 1999; Grahn *et al.*, 2013) (Figura 7).

Sequência D

O TST da Sequência D apresenta, em relação ao TST da Sequência C, uma maior incidência de intercalações de arenitos finos com evidências de ação de ondas (de tempo bom e de tempestade) e siltitos bioturbados mais próximos ao topo do TST, implicando em condições de diminuição de lâmina d'água, com o registro abundante de *Spongiophyton* sp.. Um afogamento, próximo ao topo da sequência, marca a localização da SIM da Sequência D, registrando um novo momento de anoxia na bacia, evidenciado pela ocorrência do *Efeito Lilliput* em macroinvertebrados (BOSETTI *et al.*, 2010), observados após a SIM desta sequência (porção mais basal do TST da Sequência E). A idade desta sequência vai do mesoEifeliano ao neoEifeliano que corresponde litoestratigraficamente à Formação São Domingos e, tem duração aproximada de quatro milhões de anos (Bergamaschi, 1999; Grahn *et al.*, 2013) (Figura 7).

Sequência E

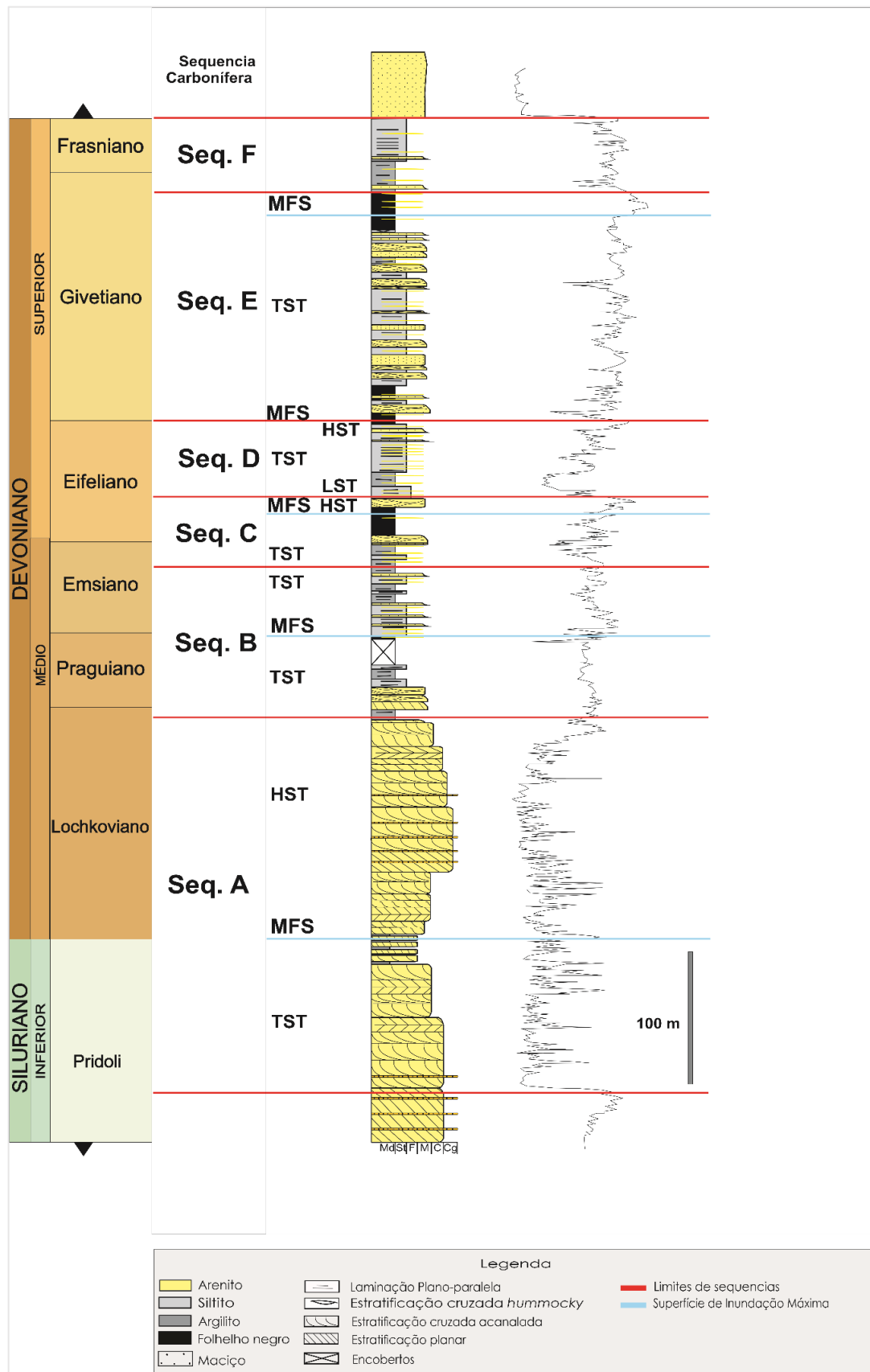
Em superfície é possível apenas rastrear o TST da Sequência E e se distingue por meio da associação de fácies constituída uma intercalação de siltitos bioturbados e por corpos de arenitos finos pouco espessos. A idade desta sequência é

eoGivetiano. A Sequência tem duração aproximada de dois milhões e meio de anos (Bergamaschi, 1999; Grahn *et al.*, 2013 (Figura 7).

Sequência F

Por fim, a Sequência F não é aflorante na borda leste da Bacia do Paraná. Em subsuperfície é marcada por um empilhamento de parassequências com tendência agradacional ou progradacional. Na Sub-bacia de Apucarana a Sequência F é parcialmente preservada em alguns poços, onde pode ser observada uma regressão em direção ao topo. Esta sequência tem idade relativa do mesoGivetiano ao mesoFrasniano (Bergamaschi, 1999; Grahn *et al.*, 2013) (Figura 7).

Figura 7 - Sequências deposicionais de 3ª ordem e tratos de sistemas siluro-devonianos da Sub-bacia Apucarana. SIM = Superfície de Inundação Máxima; TST = Trato de Sistema Transgressivo; TSMA = Trato de Sistema de Mar Alto; TSMB = Trato de Sistema de Mar Baixo.



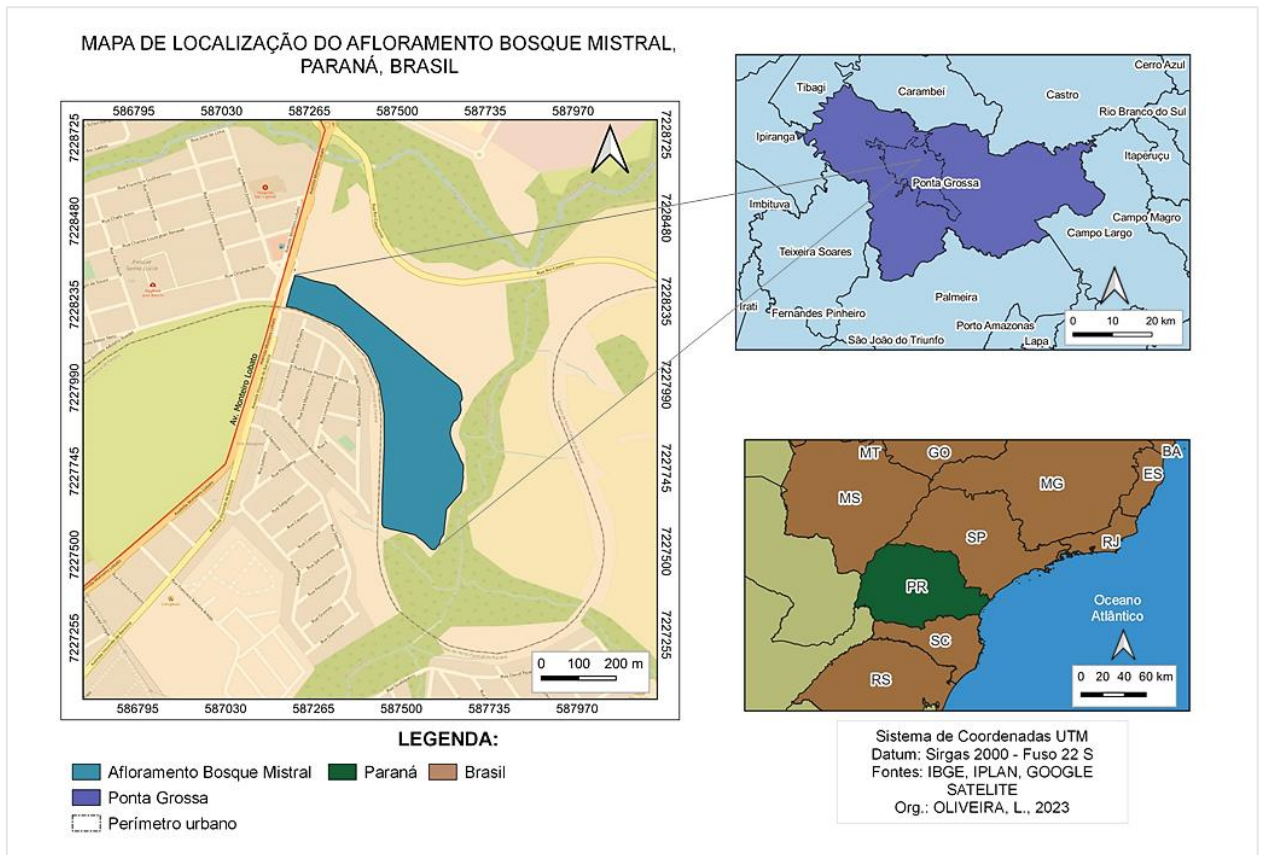
Fonte: adaptado de Bergamaschi (1999).

5 ÁREA DE ESTUDO

Os fósseis aqui estudados foram coletados em afloramentos da Formação Ponta Grossa, localizados no interior do empreendimento Bosque Mistral Condomínio, na Vila Baraúna, na área urbana do município de Ponta Grossa, Paraná (Figura 8). Por solicitação da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa- PR, foi realizado o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV). Durante a vistoria no interior da área do empreendimento foram registrados pontos onde afloram rochas com conteúdo fossilífero. Sendo assim, em 2019 foi elaborado o “*Projeto Técnico de Salvamento Paleontológico*”, o qual foi devidamente registrado na Agência Nacional de Mineração (ANM) – sob processo 48051.000800/2109-70 e o qual a proponente participou. O projeto durou aproximadamente cinco meses de coleta intensiva e previu o acompanhamento da retirada dos blocos de rochas (Goltz, Bosetti, 2020; Oliveira, et al., 2021a; Bosetti et al., 2021; Goltz et al., 2022; Goltz, 2023).

O processo de urbanização nos municípios brasileiros é um fenômeno que cada vez mais tem se acentuado. Considerando que muito afloramentos fossilíferos encontram-se em áreas urbanas, faz-se necessário um trabalho de reconhecimento e interpretação destas camadas sedimentares, para que se tenha o resguardo, pelo menos, das informações do que compõe determinada área. (Bosetti et al., 2021).

Figura 8 - Localização da Seção Bosque Mistral, Paraná, Brasil.

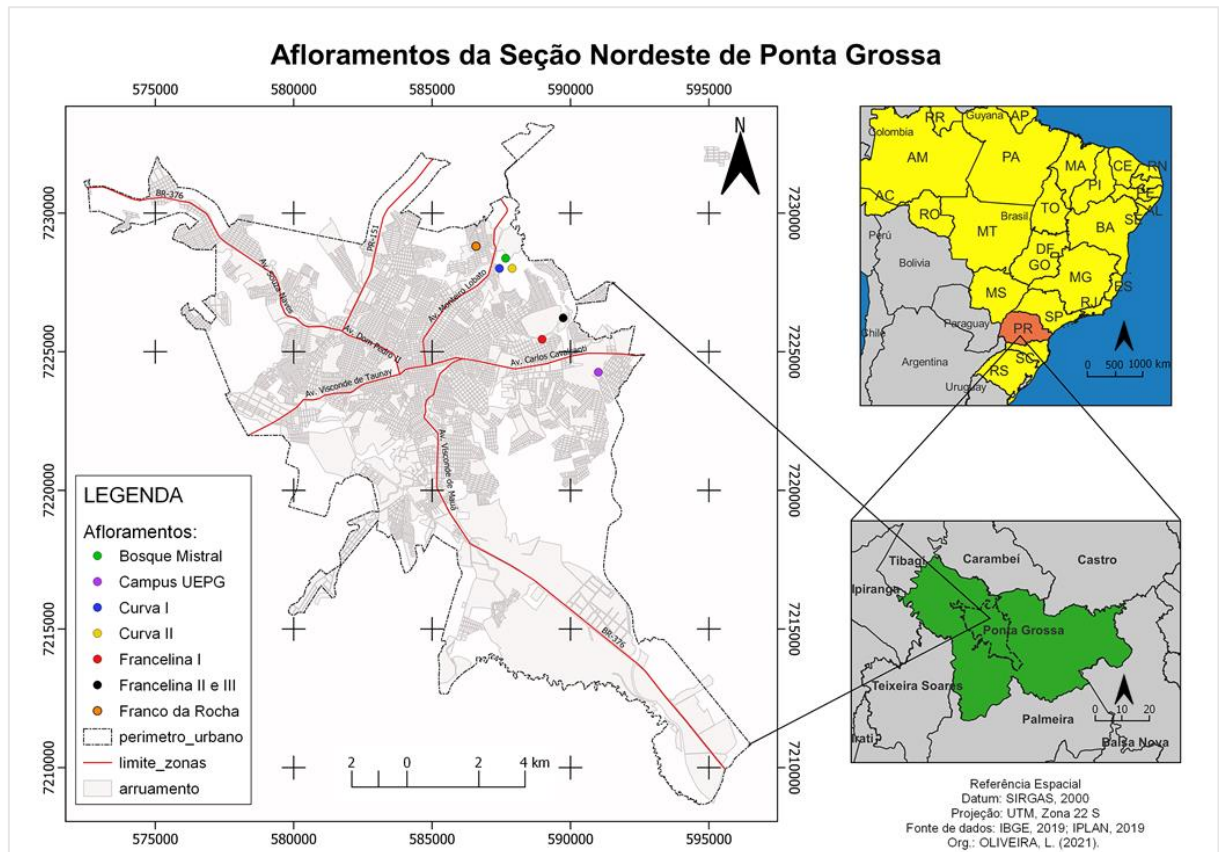


Fonte: a autora.

5.1 CORRELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA

A seção encontra-se nas adjacências de dois importantes sítios paleontológicos: Curva I ($25^{\circ}03'55,88''\text{S}$; $50^{\circ}08'00,06''\text{W}$) e Curva II ($25^{\circ}03'58,97''\text{S}$; $50^{\circ}07'39''\text{W}$), os quais são expostos ao longo da Ferrovia Central do Paraná contendo rochas fossilíferas (Oliveira *et al.*, 2021b; Oliveira *et al.*, 2021a; Goltz e Bosetti, 2020; Bosetti *et al.*, 2021; Goltz, 2023) (Figura 9).

Figura 9 - Localização dos afloramentos da seção Nordeste de Ponta Grossa, PR, Brasil.



Fonte: Oliveira, Bosetti e Myszynski (2021).

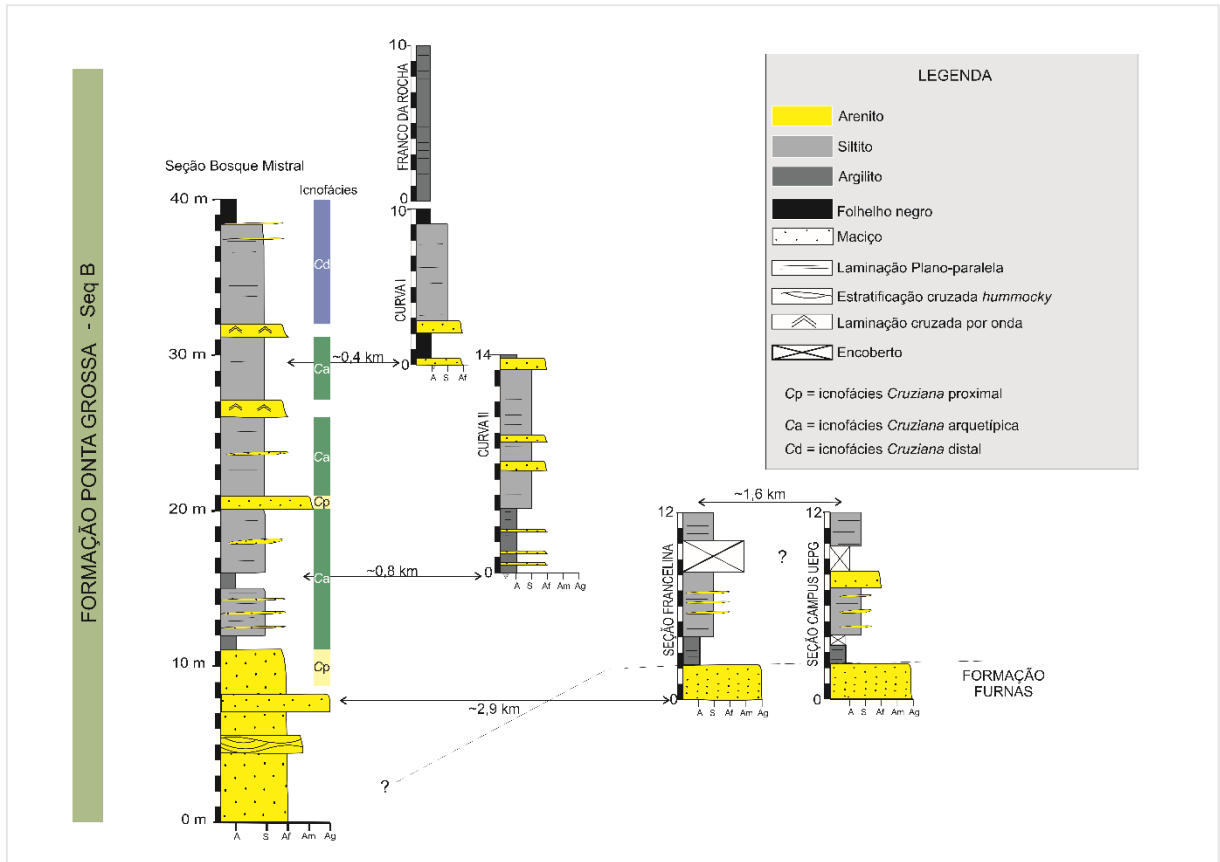
A seção Bosque Mistral apresenta 40 m de espessura onde inicia com uma camada de 12 metros de arenitos finos a médios, predominantemente maciços, onde no topo dessa fácies foi registrada escassa ocorrência de fósseis, principalmente braquiópodes. Em seguida ocorrem 28 metros de siltitos com laminação plano paralela, apresentando uma maior abundância de fósseis como Brachiopoda, Mollusca, Arthropoda e Echinodermata (Bosetti *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2021a; Goltz *et al.*, 2022; Goltz, 2023) (Figura 10).

Essa fácies apresenta nódulos e concreções geralmente contendo fósseis piritizados e muito bem conservados. Secundariamente ocorrem lentes de areia. No topo ocorre também uma camada de folhelho negro que contém fósseis e apresenta icnofácies *Cruziana*, onde ocorrem icnogêneros do tipo: *Asterosoma* isp., *Palaeophycus* isp., *Teichichnus* isp., *Rhizocorallium* isp., *Phycosiphon* isp., *Chondrites* isp., *Zoophycos* isp., *Planolites* isp. e *Schaubcylindrihnus* isp. Localmente, ocorre

Rosselia isp., *Palaeophycus* isp., *Skolithos* isp. e *Arenicolites* isp., representando expressões proximais da icnofácies *Cruziana* (Bosetti *et al.*, 2021).

A interpretação para o empilhamento estratigráfico das camadas da região define, da base para o topo, as seções Francelina e Campus UEPG (correlatas) sendo sucedidas pelas seções Curva II, Curva I e Franco da Rocha. Desta forma, tem-se a base da Seção Bosque Mistral correlata ao topo da Seção Francelina e o topo da Seção Bosque Mistral é correlato ao topo da Seção Curva I (Bosetti *et al.*, 2021) (Figura 10). Litologicamente as seções são formadas por argilitos e siltitos finos a grossos, intercalados, em direção ao topo, com lentes de arenito. Esta variação litológica espelha uma complexa história deposicional representada pela sucessão das faunas e de suas respectivas assinaturas tafonômicas (Bosetti, 1989, Bosetti, 2004; Bosetti *et al.*, 2009; Bosetti *et al.*, 2013, Bosetti *et al.*, 2021; Myszynski Júnior, 2012; Oliveira *et al.*, 2021b).

Figura 10 - Perfil estratigráfico do Bosque Mistral e áreas adjacentes correlatas com a seção.



Fonte: Bosetti *et al.* (2021).

6 BIORREGIÃO MALVINOXHOSAN

O vocábulo “Malvinocáfrico” foi introduzido por Richter (1941), objetivando principalmente, substituir o inadequado adjetivo “austral”, anteriormente utilizado por Clarke (1913). O termo “austral”, empregado para definir as formas devonianas da América do Sul, tornara-se inadequado pelo fato de que o uso do mesmo indicaria que toda fauna devoniana do Hemisfério Sul teria caráter paleobiogeográfico exclusivamente “austral”. Isso não poderia ser verdade, uma vez que características morfológicas de formas euro-asiáticas (boreais) em faunas da Nova Zelândia e Austrália já eram conhecidas (Bosetti, 2004).

Segundo Boucot (1985), o Domínio Malvinocáfrico é distinguido por depósitos com ausência de características comuns para regiões de clima quente (cor avermelhada, bauxita, evaporitos, calcário, dolomita etc.).

A etimologia da palavra “Malvinocáfrica” vem de Malvino, referente as Ilhas Malvinas e *Kaffric* referente a *Kaffraria* (África do Sul), nome dado às terras do reino de *AmaXhosa* quando subjulgado pelos britânicos em meados do século XIX (Penn-Clarke; Harper, 2021). Hoje a área corresponde a Província do Cabo Oriental da África do Sul (Penn-Clarke; Harper, 2021).

Por questões de conotação segregacionista do termo *Kaffric* que por muito foi utilizado pelos naturalistas para descrever a flora e a fauna da região, Penn-Clarke e Harper (2021), sugeriram a substituição do termo *Kaffric* por *Xhosan* (que refere a ao povo de *AmaXhosa*). Sendo assim, Penn-Clarke e Harper (2021) propõem uma nova terminologia “Malvinoshosan”, que será adotada para este trabalho.

Pode-se destacar que geologicamente regiões de clima frio e gelado caracterizam-se por litologia siliciclástica, espalhados pelo mesoCambriano ao mesoDevoniano (Boucot, 2005).

A Biorregião *Malvinoshosan* (Domínio Malvinocáfrico) caracteriza-se por uma ampla distribuição e adaptação ao meio, tipicamente sendo abundante na fauna euritópica, destacando braquiópodes como *Australocoelia* (ausente na Antártica) e *Australospirifer*. (Boucot, 2005; Kurovski, 2023).

As extinções devonianas globais foram particularmente severas para organismos marinhos bentônicos em oceanos rasos (Bosetti *et al.*, 2012). Muito dos táxons que prosperaram durante as extinções eram de águas profundas (Bosetti *et al.*, 2012). Isso porque certos táxons dependem de fatores ambientais como

salinidade, temperatura e oxigenação. De acordo com Bosetti *et al.* (2012) esses fatores são determinantes para a sobrevivência e consequentemente refletem o tipo de depósitos onde eles são encontrados.

As extinções que ocorreram na regressão entre o neoPraguiano e o eoEmsiano e a transgressão inicial no começo do neEmsiano possuem dados mais devastadores para o colapso final da fauna *Malvinoxhosan* descrita conforme descrito por Bosetti *et al.* (2012), sendo extensiva e mais dramática que no resto do globo (Bosetti *et al.*, 2012). Com exceção do filo Cnidaria, outros filos *Malvinoxhosan* experienciaram casualidades significantes nas mudanças drásticas do ambiente, com o desaparecimento de quatro classes, vinte e cinco famílias, quarenta e um gêneros e cinquenta e quatro espécies (Bosetti *et al.*, 2012).

Bosetti *et al.* (2012) argumentam que o declínio no Emsiano aumentou bastante a vulnerabilidade da fauna com relação a mudanças ambientais e o colapso posterior foi inevitável. Quando o evento *Kačák* aconteceu, a fauna já havia passado por declínio na biodiversidade (Bosetti *et al.*, 2012). Apenas sete famílias, nove gêneros e onze espécies foram mantidas depois do evento *Kačák*, porém apresentando fenótipos subnormais, identificados como Efeito *Lilliput* (*i.e. Lilliput Effect*) (Urbanek, 1993; Bosetti *et al.*, 2011).

7 ESTADO DA ARTE DA ORDEM SPIRIFERIDA

As pesquisas paleontológicas de cunho taxonômico são realizadas no Devoniano da Bacia do Paraná desde o final do século XIX, tendo início com a Comissão Geológica do Império (1875-1878). Entretanto, Derby (1878) revisitando as mesmas localidades apontou um amplo registro de braquiopódes preservados nessas camadas. (e.g., lingulídeos, discinídeos, espiríferídeos e estrofomenídeos), atribuindo uma idade devoniana com base na correlação dos registros encontrados no Devoniano da Bacia do Amazonas.

A convite do diretor do Museu Paulista, o doutor Von Ihering, concedeu a Emanuel Kayser a oportunidade de classificar alguns espécimes observados na região dos Campos Gerais. Postulando a Kayser (1900) a descrição das duas primeiras espécies de espiríferídeos no Devoniano do estado do Paraná, designadas de *Spirifer iheringi* Kayser, 1900 e *S. borbai* Kayser, 1900.

Oliveira (1912) descreveu a ocorrência de espiríferídeos nos depósitos Devonianos do Sul do Brasil. O autor relatou localidades fossilíferas contendo as seguintes espécies de espiríferídeos: *Spirifer borbai*, *S. iheringi* e *S. antarcticus* Morris e Sharpe, 1846. Oliveira (1912) discorre que no município Jaguariaíva encontra-se *S. antarcticus*, em depósitos arenosos de coloração amarelada, assim descrito pelo seu professor Siemiradzki.

Entretanto, na monografia de John M. Clarke de 1913 um marco para os estudos no Devoniano paranaense, por realizar uma extensa revisão sistemática do seu conteúdo fossilífero, o autor classificou os espiríferídeos em cinco espécies descritas como componentes da fauna austral, designando-as como *Spirifer iheringi* Kayser 1900; *S. kayserianus* Clarke 1913; *S. contrarius* Clarke 1913; *S. antarcticus* Morris e Sharpe 1846 e *S. parana* Clarke 1913.

O gênero *Australospirifer* foi proposto por Caster (1939), por serem observadas diferenças nas formas austrais em comparação aos espécimes boreais. Os fósseis austrais apresentam ornamentações fimbriadas, radial e lamelada. Fonseca (2011) destacou que *Australospirifer* é considerado um gênero válido, compreendendo Spiriferida da Biorregião Malvinohosan.

De acordo com Petri (1948) e Lange (1954) no Paraná, pelo menos na região de Jaguariaíva, *Australospirifer iheringi*, estaria presente já nas Camadas de Transição entre o arenito Furnas e o folhelho Ponta Grossa. Lange e Petri (1967), consideraram

que a ocorrência de *Australospirifer iheringi* caracterizava paleontologicamente o Membro Tibagi. Os autores chamaram a atenção para o fato do *Australospirifer kayserianus* e *Lingula lamella* ocorrerem apenas em folhelhos e *Australospirifer iheringi* ser bastante numeroso em rochas arenosas.

Carvalho (1969) em sua dissertação fez uma contribuição na identificação taxonômica morfologia dos braquiópodes do gênero *Australospirifer* da Bacia do Paraná, destacando as espécies *A. kayserianus*, *A. iheringi* e *A. antarcticus*, com material coletado dos municípios de Ponta Grossa, Tibagi e Jaguariaíva. O autor destacou que os afloramentos se localizavam em cortes de ferrovias e subdividiu em jazidos Ponta Grossa como jazido A, Jaguariaíva como jazido B e Tibagi como jazido C. Os fósseis encontrados no jazidos A e B são provenientes de folhelhos argilosos ou silticos e que se dispunham com seus eixos maiores concordantes com o plano de estratificação. Já no jazido C, os fósseis encontrados em sedimentos de arenito de granulometria fina com uma disposição subcaótica dos espécimes de *Australospirifer*, caracterizado por ambiente mais agitado (Carvalho, 1969).

Carvalho (1976) fez um trabalho sobre as descrições da morfologia interna dos esperiferídeos da Bacia do Paraná, trabalhando com as espécies: *Australospirifer kayserianus*; *Australospirifer iheringi* e *Australospirifer antarcticus*, provenientes dos municípios de Ponta Grossa, Jaguariaíva e Tibagi, contribuindo para a sistemática dos *Australospirifer*.

Popp e Barcelos-Popp (1986) discorreram que aflora o Membro Tibagi no km 38,8 da rodovia Piraí do Sul-Ventania, localizada na Fazenda da São José no Arroio Lamedor, descrito por Petri (1948). Popp e Barcelos-Popp (1986) descreveram o perfil de 110 m com inúmeras fácies de arenitos finos intercalados por folhelhos densamente fossilíferos contendo *Australospirifer iheringi*, espécie bem representada do Membro Tibagi. (Lange e Petri, 1948) associados com o *Australospirifer iheringi* correm também *Tentaculites*, *Solemya brasiliensis*, *Orbiculoidea* e *Mesocolunaria*. Segundo Boucot (1971) a comunidade de *Australospirifer* caracteriza-se o fim de um ciclo Transgressivo. Popp e Barcelos-Popp (1986) interpretaram as associações de espiriferídeos em arenitos finos do Membro Tibagi como uma profundidade da lâmina d'água resultante de depósitos progradacionais ou regressivos.

Bosetti (1989) discorreu que no Membro Tibagi (Lange e Petri, 1948) o seu conteúdo fossilífero é muito rico em braquiópodes articulados, bivalves e trilobitas, nas fácies siltico-argilas. Predominam nos arenitos os braquiópodes do gênero

Australospirifer. Assine *et al.* (1998) também destacaram a ocorrência de *Australospirifer iheringi* no Membro Tibagi, que indica deposição em sistemas marinhos plataformais sob a ação de ondas.

Rodrigues (2002) em sua dissertação realizou um trabalho de Tafonomia comparada com os *Conularia* spp., apresentando 3 classes Tafonômicas. Dentro das classes Tafonômicas, a autora abordou na terceira classe que ocorrem com exemplares de *Conularia* isoladas, horizontalmente orientados, inclui mais cinco subclasses. Rodrigues (2002) ressaltou a presença dos *Australospirifer iheringi* na terceira classe nas subclasses I e III, sendo que na subclasse I ocorre em fácies de siltitos e com um alto grau bioturbação. Na subclasse III constituída por bioclastos inflados, preservados em sedimentos finos, associados a estruturas sedimentares como *hummocky*, ocorre pavimento de *Australospirifer iheringi* articulados e associados com outros bioclastos (Rodrigues, 2002).

Bosetti (2004) justificou que apesar de Boucot (1971) ter considerado os graus de desarticulação das conchas, este tema não foi aplicado sob a ótica da Tafonomia e talvez por isso, nem sempre as paleocomunidades eram detectáveis no campo, ocorrendo afloramentos onde o modelo não se encaixava perfeitamente. Boucot (1971) não considerou a remoção do material biogênico poderia envolver a exumação de formas anteriormente soterradas, depositadas em intervalos de tempo diferenciados (dias, meses, anos, séculos e milênios) (*cf.* Holz e Simões, 2002), que poderiam ser novamente soterradas com as formas daquela presumível comunidade transportada (Bosetti, 2004).

Bosetti (2004) argumentou que este último exemplo de remoção do material, corrobora a identificação de mistura temporal, uma vez que equinodermos são extremamente susceptíveis à fragmentação logo após sua morte, e que ao encontrarem-se inteiros sobre valvas fragmentadas teoricamente mais resistentes indicam que os braquiópodes já estavam mortos há algum tempo e que um evento muito rápido como um depósito de sufocamento (*obruption*) deva ter ocorrido preservando os ofiuroides quase que intactos. Além disso, Bosetti (2004) descreveu que não raramente encontra-se junto às supostas comunidades infaunais e semi-infaunais (no caso a comunidade de *Lingula* e *Notichonetes*) elementos epifaunais (*Australospirifer*, *Australocoelia* e *Notiochonetes*) que podem ser resultado de retroalimentação tafonômica (*taphonomic feedback*).

Marques (2006) desenvolveu em seu trabalho a filogenia dos taxa do grupo de braquiópodes da Ordem Spiriferida, com destaque a Superfamília Delthyridoidea, seu escopo de estudo foi o flanco noroeste da Formação São Domingos (eomesoDevoniano), do estado de Goiás. Esses espiríferideos basais assim mencionado pelo autor, para distinguir espécimes destacam-se por características morfológicas como formato da extremidade cardinal, forma dos sulcos, variação no padrão de plicas (costelas) além de demais ornamentações mencionados por Marques (2006). Marques (2006) sugeriu baseado em suas análises filogenéticas um novo gênero e nova espécie de espiríferideos ao gênero *Australospirifer* (ver Marques, 2006), embora nunca tenha publicado.

Bosetti *et al.* (2009) apresentaram análise de interpretação paleoambiental na sequência basal da Formação Ponta Grossa, afloramentos Francelina 1, Francelina 2, Francelina 3 e Campus UEPG. Os autores destacaram a presença de *Australospirifer* sp. e *Australocoelia palmata* nas fácies basais de Francelina 2 e Campus UEPG. Bosetti *et al.*, (2009) disseram que tanto *Australospirifer* spp. quanto *Australocoelia palmata*, encontravam-se com as valvas inteiras e desarticuladas.

Myszynski Júnior (2012) em sua dissertação apresentou dados estratigráficos e paleontológicos do setor Nordeste do município de Ponta Grossa, destacando os afloramentos já interpretados por Bosetti (2004) e, acrescentando mais um afloramento (Curva II) onde Myszynski Júnior (2012) discorreu sobre a presença marcante de *Australospirifer* sp. e *Australocoelia palmata*. Em relação a esses dados de interpretações paleoambientais e paleontológicos, pode-se destacar trabalhos que apresentam em suas seções estudadas a presença de *Australospirifer* spp. e *Australocoelia palmata* (Bosetti, 2004; Bosetti *et al.*, 2009, Myszynski Junior, 2012; Bosetti *et al.*, 2013).

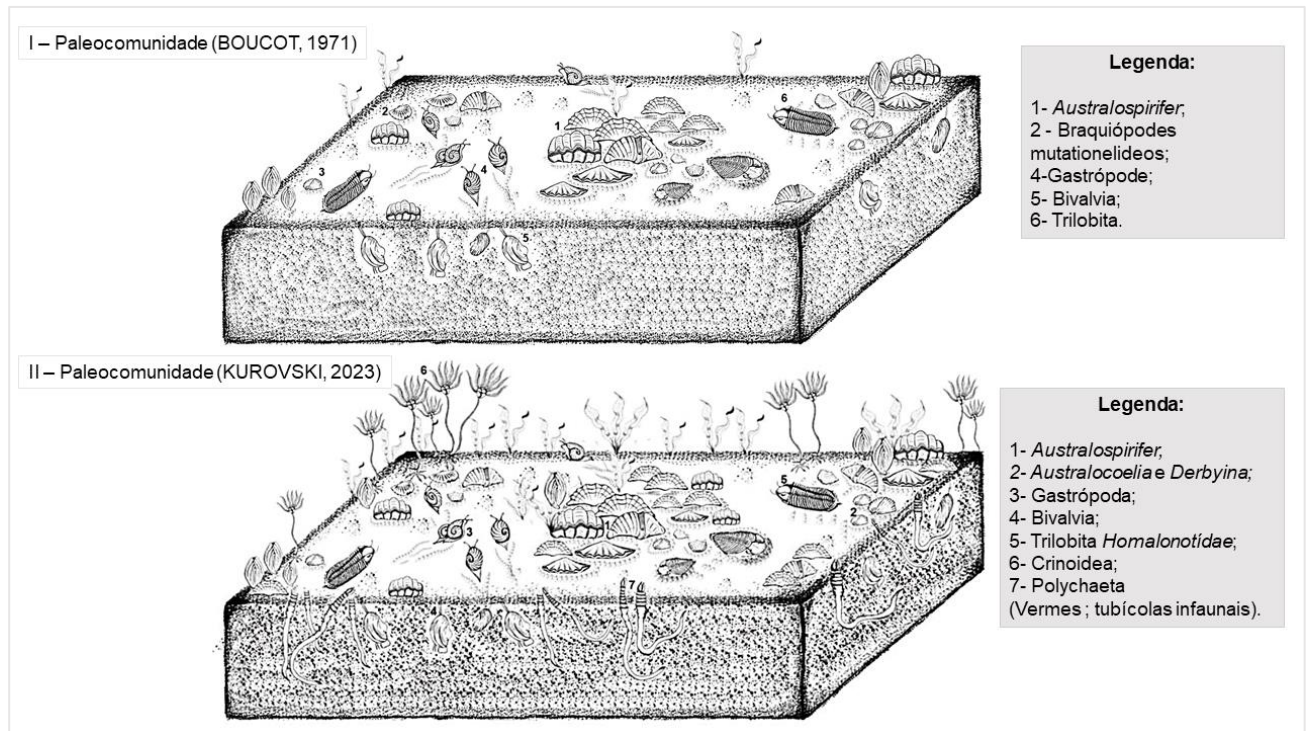
Cerri (2013) descreveu *Australospirifer* apenas a nível de gênero, pois relata que o material estudado se apresentava mal preservado e, por isso dificultou sua diagnose em nível de espécie.

Marchioro (2016) em monografia elaborou descrições morfológicas de Spiriferida da Bacia do Paraná. A autora trabalhou com a identificação taxonômica do gênero *Australospirifer*, analisando 50 amostras, contabilizando 78 espécimes, preservados em moldes internos e externos. A autora descreveu cinco possíveis espécies para o gênero *Australospirifer*, são eles: *Australospirifer iheringi*; *A. kayserianus*; *A. contrarius*; *A. antarcticus* e *A. parana*. Marchioro (2016) também fez uma breve análise tafonômica

com o material estudado, destacando 17 amostras articuladas e o restante desarticuladas. Vale ressaltar que as procedências dos materiais são do estado do Paraná, destacando os municípios: Jaguariaíva, Ponta Grossa e Tibagi. Os afloramentos são Rio Caniú e Aeroporto Sant'Ana localizados no município de Ponta Grossa (Marchioro, 2016).

Kurovski (2023-Inédita) apresentou um trabalho de revisão e interpretação paleoambiental das paleocomunidades de Boucot (1971), ao analisar material em “*in situ*” e seguindo a observação tafonômica, a autora reconheceu a existência de três paleocomunidades, dentre as que Boucot (1971) tinha sugerido, sendo ela: paleocomunidade de *Australospirifer*, (Figura 11).

Figura 11 - Representação ilustrativa da paleocomunidade de *Australospirifer sensu*: Boucot (1971) e Kurovski (2023).



Fonte: Kurovski (2023).

7. 1 PALEOCOMUNIDADE DE AUSTRALOSPIRIFER

O primeiro autor que atribuiu o conceito de paleocomunidades bentônicas para o Devoniano da Bacia do Paraná, foi Boucot (1971) onde enfatizou a distribuição dos braquiópodes em conformidade de sua abundância em relação à maioria dos demais componentes das populações de macrofósseis. Caracterizou as comunidades designando-as pelos grupos dominantes de braquiópodes *Lingula*, *Notiochonetes*, *Australospirifer* e *Australocoelia* (estas aplicáveis à Bacia do Paraná), uma sexta comunidade foi utilizada para outras regiões (*Eocoelia*) (Bosetti, 2004). Dentre as paleocomunidades de Boucot (1971) destaca-se a comunidade de *Australospirifer*, que inclui: *Australospirifer*; braquiópodes mutationelideos; Gastrópodes; Bivalves e Trilobitas.

De acordo com Simões *et al.* (1999), agrupamentos de invertebrados bentônicos epifaunais em posição de vida são raros nos sedimentitos Paleozoicos da Bacia do Paraná. O mesmo autor identificou agrupamentos de *Australospirifer iheringi* em modo de vida com corpo sustentado (*i.e. corp-supportive*) no Devoniano da Bacia do Paraná (Bosetti *et al.* 2013).

Simões *et al.* (2006) assinalaram que, embora dados batimétricos absolutos não possam ser determinados com base na presença de homalonotídeos, dados sedimentológicos, estratigráficos e tafonômicos indicam que esses trilobitas viveram ou ficaram preservados em depósitos de águas rasas acima do NBON (nível de base de ondas de tempo bom). Nesses pacotes, os trilobitas encontram-se associados aos braquiópodes do gênero *Australospirifer* e *Australocoelia*, em aparente posição de vida. Segundo Boucot (1983), os espiriferídeos, de modo geral, apresentam anatomia indicativa de suporte adaptativo a ambientes com maior energia (Bosetti *et al.*, 2013). Logo apresenta-se aqui um forte indício de uma verdadeira paleocomunidade de *Australospirifer*.

Kurovski (2023) reajusta a Paleocomunidade de *Australospirifer* apresentada primeiramente por Boucot (1971) acrescentando alguns espécimes como Crinoidea e vermes tubícolas. Diante disso, Kurovski (2023) constatou-se a existência da paleocomunidade de *Australospirifer*, na base e topo Sequências B e na base da sequência C, sendo dentre todas a que possui melhor distribuição com preferência por ambientes arenosos de alta energia e águas claras (*shoreface* superior) (Boucot, 1983). Para (Kurovski, 2023) descreve que Boucot (1971) interpretou de forma correta os agrupamentos fósseis formadores dessa paleocomunidade, entretanto, o autor não abordou a interpretação tafonômica e por sua vez, Boucot (1971) não elucidou com nitidez a totalidade desta paleocomunidade, por motivos que na época pouca era tratada essa temática (Figura 12).

Figura 12 - Paleocomunidade bentônica de *Australospirifer*. Legenda: 1- *Australospirifer*; 2 *Australocoelia* e *Derbyina*; 3- Gastropoda; 4- Bivalvia; 5- Trilobita; 6- Crinoidea; 7- Vermes infaunais; 8- Vermes tubícolas.



Fonte: Modificado de Kurovski (2023).

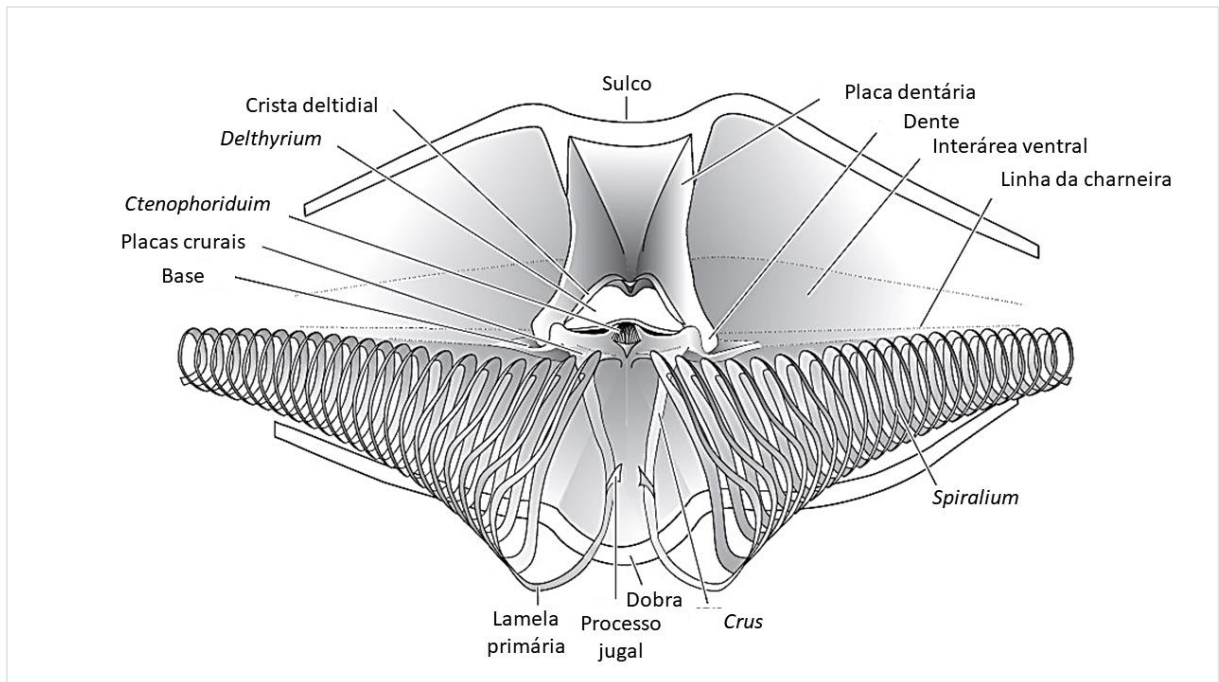
8 ORDEM SPIRIFERIDA

8.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

De acordo com Carter *et al.* (2006) o termo “spirifer” é usado geralmente para designar conchas médias a grandes, estróficas, biconvexas, com nervuras, que apresentam braquídio espiralado, sendo esta última uma característica importante na distinção entre os demais Braquiópodes (Figura 13). O termo geralmente se refere a formas não pontuada e pontuadas, mas, por falta de indicação de sua ancestralidade, os dois grupos são tratados como ordens diferentes, Spiriferida e Spiriferinida, respectivamente.

O exterior de um espécime típico dos Spiriferida é geralmente transversal biconvexo com uma linha de articulação larga alta e achatada, bico ventral agudo e incurvado, dobra dorsal e sulco ventral distintos e encostas laterais com nervuras. A largura máxima é atingida normalmente na linha da dobradiça. Internamente, o braquídio espiral é calcificado e direcionadas posterolateralmente. Sua distribuição foi cosmopolita na maior parte de sua faixa estratigráfica, ocorrendo na maioria das biotas marinhas normais e muitas vezes dominando-as em termos de número de indivíduos e diversidade taxonômica, particularmente no Devoniano e no Carbonífero.

Figura 13 - Representação diagramática da morfologia interna da concha de espiríferídeos: vista do interior com a valva ventral para cima e a valva dorsal para baixo.



Fonte: Carter *et al.* (2006).

8.2 ASPECTOS MORFOLÓGICOS

Os Spiriferida constituem conchas estrófcas de tamanhos variáveis. A valva ventral é geralmente cimentada pelo umbo ou a maior parte da superfície da concha repousa no substrato, a valva dorsal é invariavelmente convexa nos estágios iniciais do desenvolvimento. A ornamentação é radial, normalmente bem desenvolvida, constituídas por plicas (costelas) podendo ter ramificações ou intercalações (Carter *et al.*, 2006; Marques, 2006) (Figura 14).

A interárea por definição é a parte externa da área cardinal localizada posteriormente entre o umbo e a margem posterior da concha (Williams e Rowell, 1967) (Figura 13 B). Segundo Williams e Rowell (1967) a presença de interárea está relacionada ao tipo de crescimento que a concha apresenta, no caso de espiríferídeos, crescimento mixoperiferal, ou seja, tanto a parte posterior quanto a parte anterior da concha crescem na direção anterior (Marques, 2006).

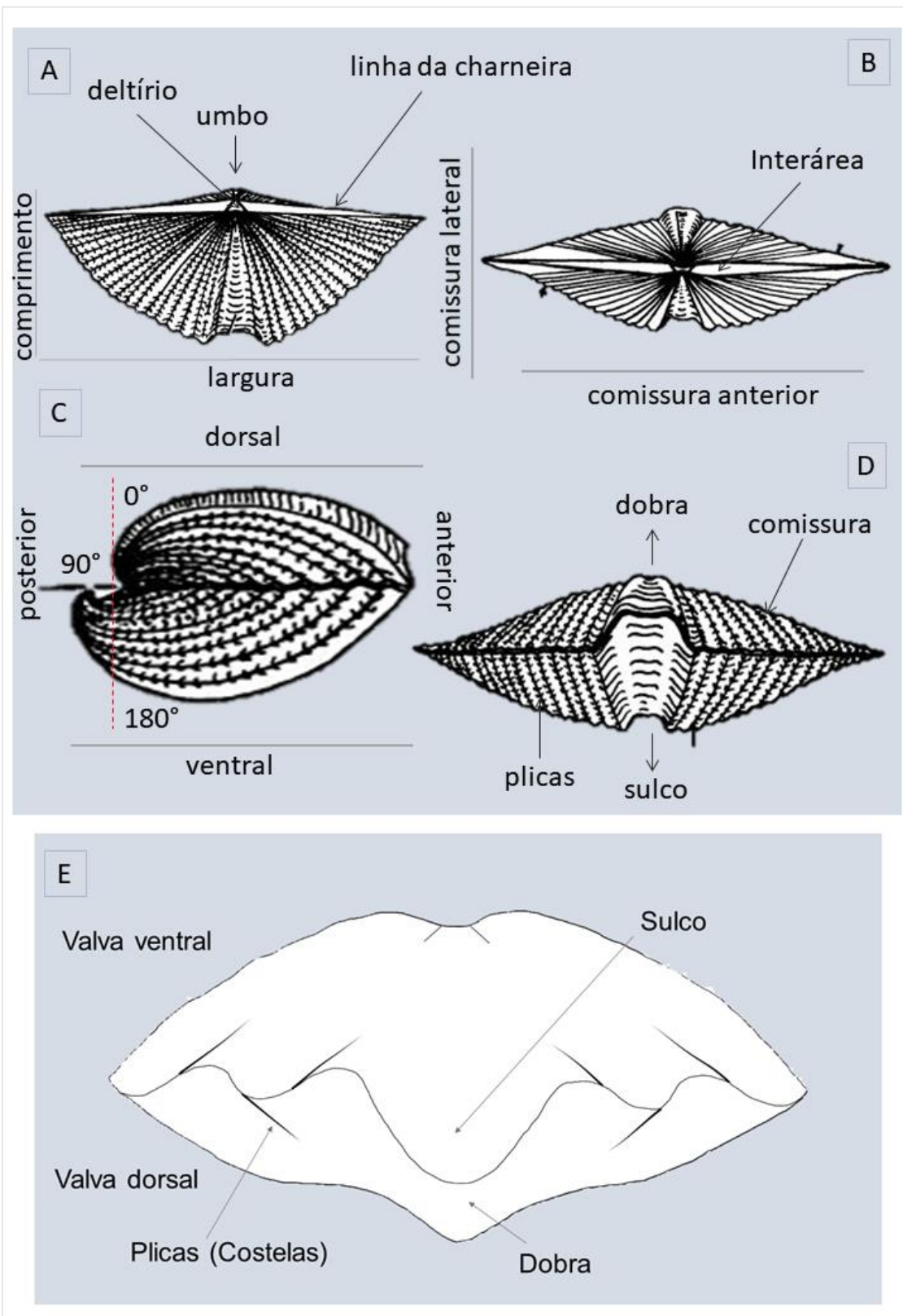
Lamelas de crescimento são linhas radiais resultantes da variação da taxa de crescimento da concha, processo análogo ao que ocorre nas linhas de crescimento em Mollusca (Rudwick, 1970). Basicamente, o processo está relacionado à períodos de menor taxa de crescimento, representados pelas linhas visíveis, e períodos de

maior taxa de crescimento, representados pela ausência destas. Segundo Rudwick (1959), durante a fase normal de crescimento o vetor é principalmente horizontal e perpendicular à concha na direção anterior. Durante a fase de formação das linhas de crescimento, devido, provavelmente, ao estresse ambiental, a resultante do vetor de crescimento verticaliza-se, havendo retardo na adição de material secretado, ou mesmo a sua ausência. Williams e Rowell (1965) denominaram esta fase de “regressão”. Hiller (1988), por sua vez, denominou esta fase de retração (MARQUES, 2006).

A linha de comissura, independente da presença de plicas, pode apresentar-se reta, seguindo o plano da linha da charneira (Figura 14 B, C). Posteriormente, Williams (1971) reconheceu dois tipos diferentes de “regressão”, a primeira denominada regressão, que está relacionada à total falta de secreção, e confere à lamela a forma falhada vista ao microscópio. Gaspard (1990) determinou que a parada total de secreção ocorre quando a concha se fecha por muito tempo, por exemplo, durante mudanças ambientais, ou mesmo quando houver danos à margem do manto. O segundo tipo de formação de lamelas é denominado como “reflexão”, que está somente relacionado à mudança de vetor de crescimento devido ao “recuo” do manto (WILLIAMS, 1971). Tanto a regressão quanto a reflexão podem coexistir.

A geração de dobras e sulcos implica em uma deformação, e pode ocorrer de dois modos: no primeiro caso, dobras e sulcos são desenvolvidas de forma oposta nas duas valvas resultando no padrão margem reta comum a valvas altamente convexas. Na segunda condição, essas estruturas são formadas de modo complementar, onde na linha de comissura as elevações correspondem às plicas e as depressões são *sinus* (Williams *et al.*, 1965) (Figura 13 C, E).

Figura 14 - Representação de caracteres dos Spiriferida (A) Valva ventral interna; (B) Vista de inclinação posterolateral; (C) Inclinação angular da concha; (D) Valva interna fechada e (E) Representação esquemática da valva fechada.



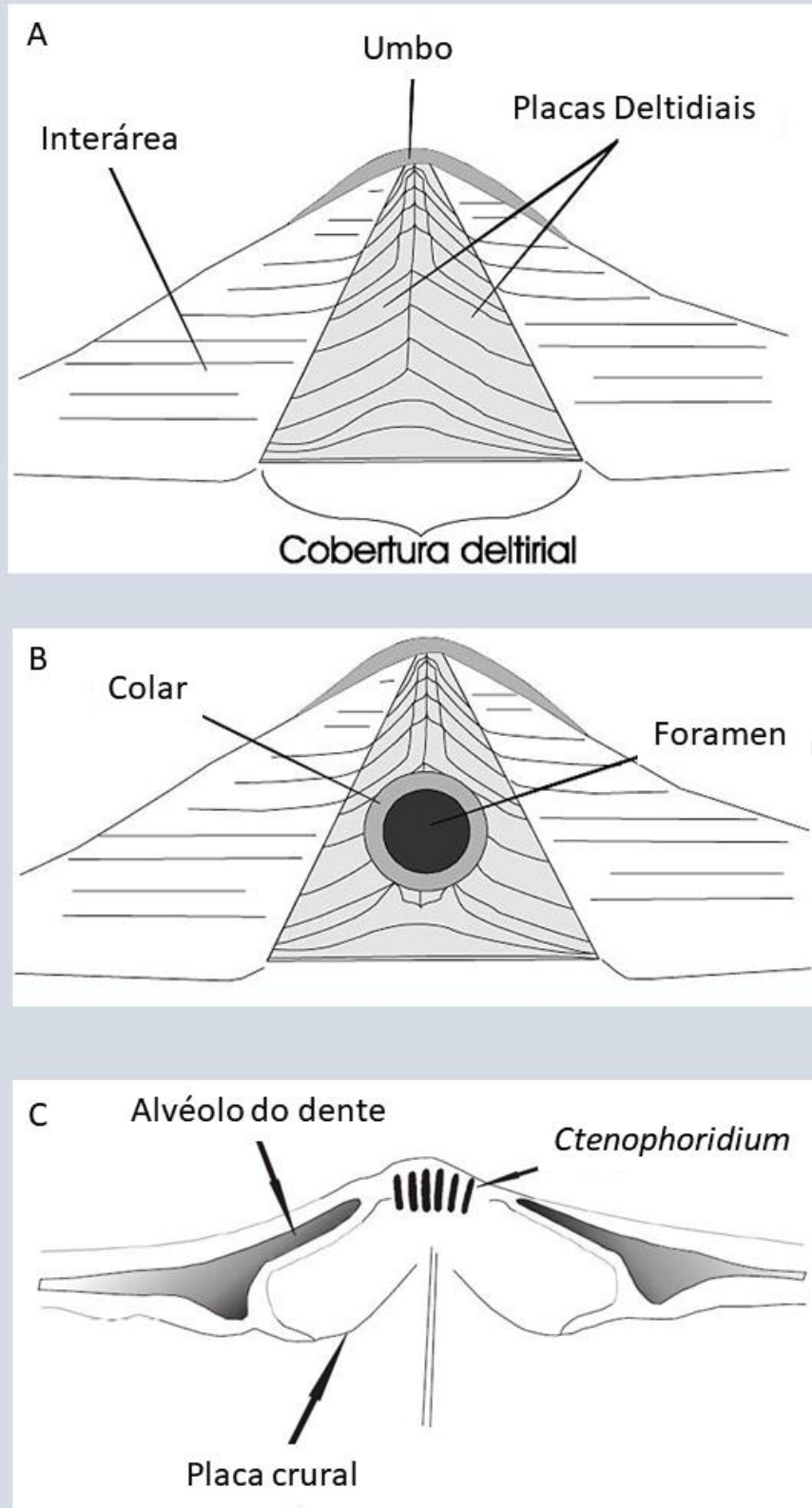
Fonte: adaptado de Tillman (1964); Marques (2006).

O termo placa crural se aplica à uma estrutura que é possivelmente homóloga a outras ordens de Braquiópodes como por exemplo em Pentamerida, sua estrutura é conhecida como placa braquial (Williams *et al.*, 1965; Marques, 2006). Segundo a definição de Williams *et al.* (1965) para os Spiriferida, esta estrutura pode ser reconhecida como uma placa que se estende da base da valva dorsal, próximo ao *ctenophoridium*, em direção medial (Marques, 2006).

A cobertura deltirial é uma placa com forma triangular que fecha o deltírio, formada pelo crescimento das placas deltidiais durante a ontogenia do espécime (Figura 15). O deltírio é a abertura na valva pedicular por onde emerge o pedículo. Segundo Rudwick (1970), existem basicamente dois tipos de cobertura deltirial. Quando o pedículo está presente durante a ontogenia, as placas deltiriais podem fundir-se em uma cobertura única, atrofiando o forâmen, formando o deltírio. Caso não haja aparecimento do forâmen durante toda ontogenia, as placas se unem até a fusão, sem deixar vestígio de forâmen, quando então essa cobertura passa a ser denominada pseudodeltídio (Rudwick, 1970).

Caster (1939) argumentou que existem basicamente dois tipos de micrornamentação: capilação e espinhos. Capilação e espinhos são citados na literatura como sinônimos da mesma estrutura, ou como estruturas com origens diferentes (Ivanova, 1967). Gourvennec (1989) foi o primeiro a reconhecer capilação e espinhos como caracteres distintos. Para Marques (2006) as capilações (*capillae*) são estruturas com origem na parte interna da concha, surgindo como pequenas ondulações, frequentemente sub-radialmente arranjadas, e, posteriormente, divergindo a partir dos sulcos entre as plicas. Os espinhos, por sua vez, originam-se entre as lamelas de crescimento (Gourvennec, 2005).

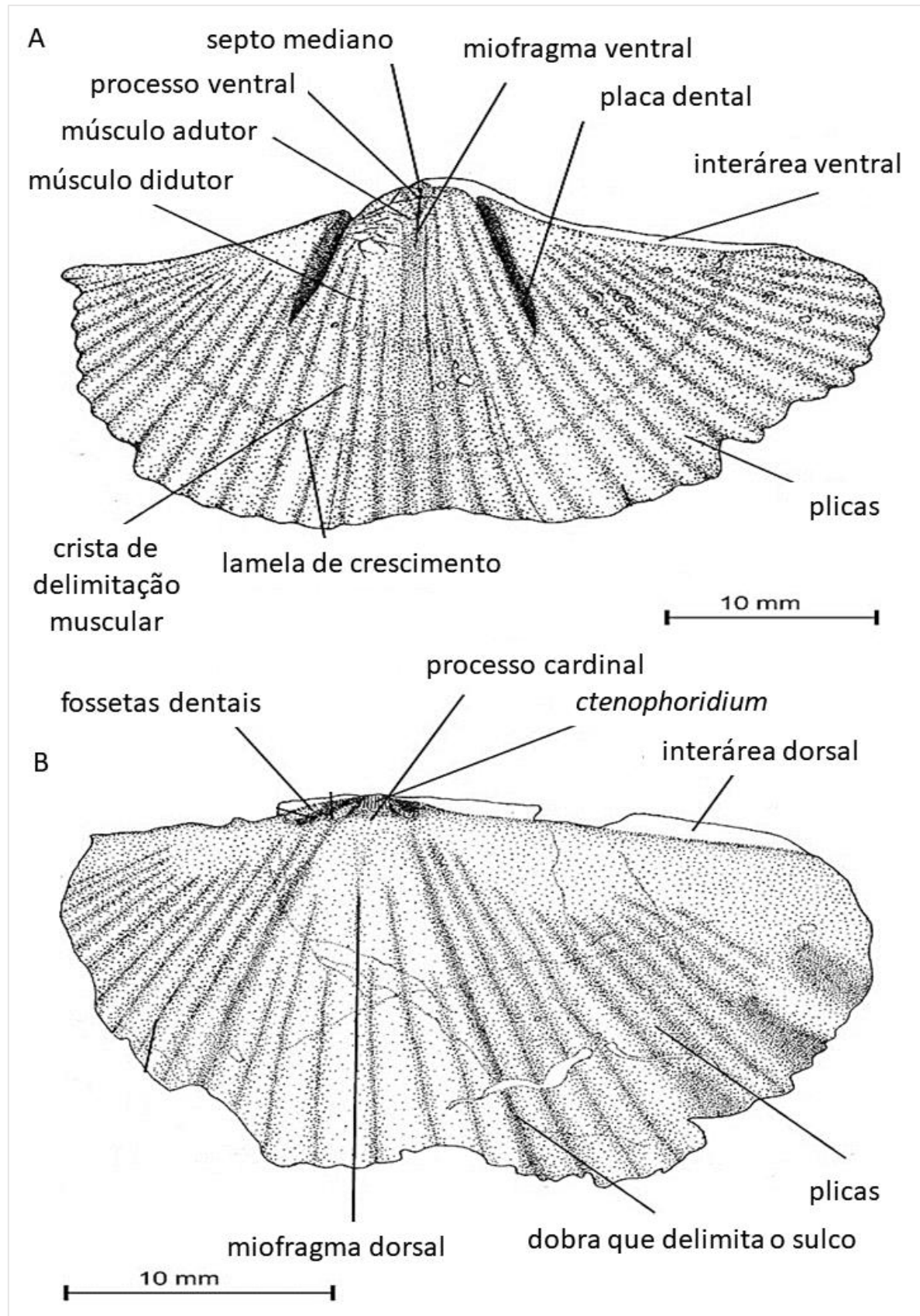
Figura 15 - Representações esquemáticas morfológicas de Spiriferida. (A) Representação da cobertura deltoidal, bem como das placas deltoidais junto a interárea (B) Forâmen desenvolvido, com a presença de colar na cobertura deltoidal (C) Representação das estruturas internas.



O processo cardinal é uma estrutura presente na maioria dos braquiópodes, localizado comumente na cardinália, entre os alvéolos, se utilizado como apoio para fixação do músculo didutor na valva dorsal. O termo *ctenophoridium* foi aplicado primeiramente para o processo cardinal em espiriferídeos por Boucot (1973) e, posteriormente, definido por Carter *et al.* (1994) como um processo cardinal estriado, em forma de pente (Figura 16).

Septo mediano é desenvolvido na valva ventral, constituído de material secundário, dividindo o campo muscular longitudinalmente. Fonseca (2011) descreveu os mecanismos de abertura e fechamento da concha de braquiópodes articulados compostos por músculos, dois dentes na valva ventral e duas fossetas dentárias na valva braquial. Os músculos adutores, quando contraídos, mantêm a concha fechada, e os músculos didutores, ao realizarem o mesmo movimento, abrem a concha. Por se tratarem de tecido mole, são observados nos fósseis somente as cicatrizes musculares. A placa dental, constituída de material secundário, desenvolve-se sob o dente, chegando até o fundo da valva ventral, delimitando o campo muscular (Figura 16).

Figura 16 - Ilustração com as características morfológicas dos moldes internos dos Spiriferidas. (A) Molde valva ventral interna, (B) Molde valva dorsal interna.



Fonte: Schemm-Gregory (2008).

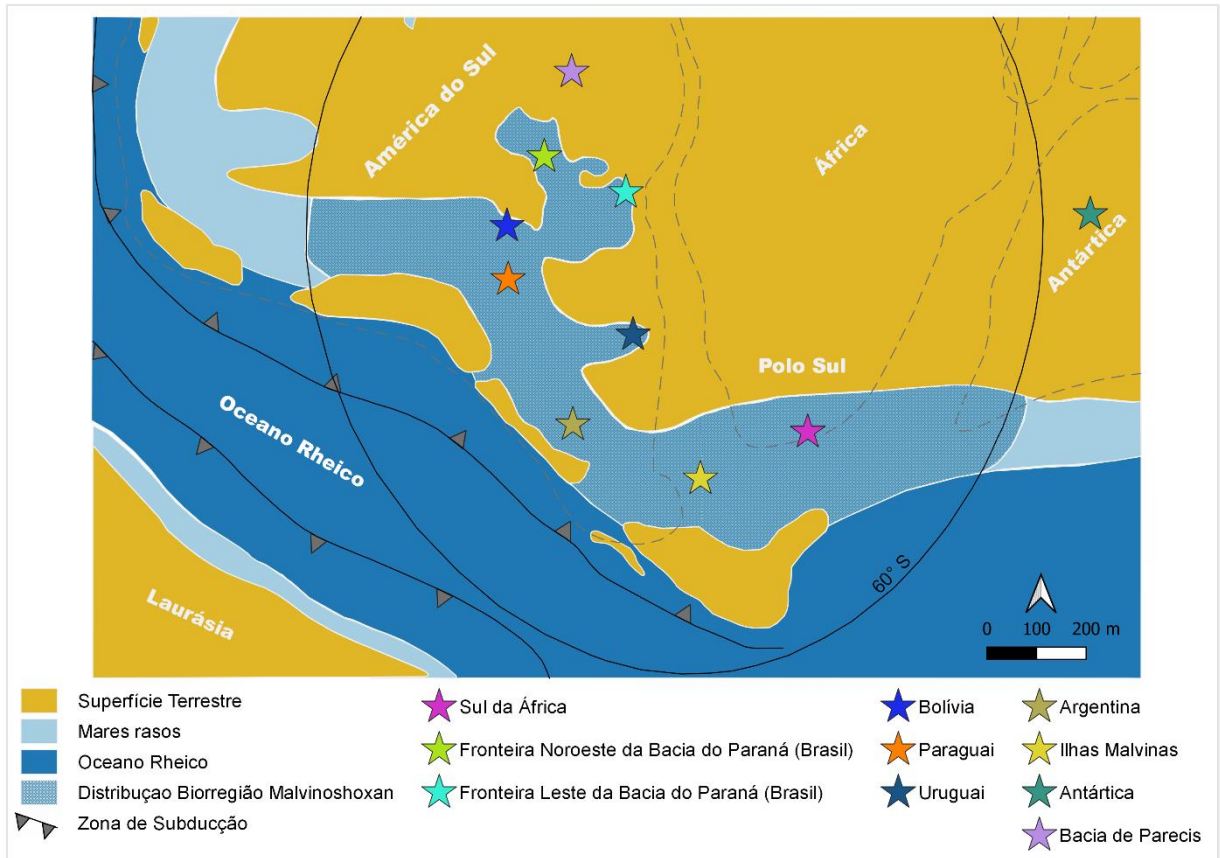
8.3 PALEOBIOGEOGRAFIA

A Biorregião Malvinohosan é uma região paleobiogeográfica apresentada endemismo da fauna de invertebrados habitou os mares do sul de alta latitude de Gondwana durante o Devoniano (Figura 17). O alcance dessa fauna foi discutido em vários estudos, com um consenso de uma distribuição temporal Praguiano-Givetiano (Melo, 1988; Bosetti *et al.*, 2012; Penn-Clarke, 2019). As causas do colapso da fauna Malvinohosan ainda são debatidas, estão relacionadas a um evento transgressivo durante o Devoniano Médio nas bacias do Chaco e do Paraná e da Bolívia, respectivamente (Isaacson e Perry, 1977; Melo, 1988; Bosetti *et al.*, 2011, 2012; Grahn *et al.*, 2013, 2016; Horodyski *et al.*, 2014; Sedorko *et al.*, 2021) e nas Ilhas Malvinas (Marshall, 2016).

Esse evento transgressivo provavelmente permitiu o influxo de correntes de água mais quentes para os mares mais frios de alta latitude com Malvinohosan, que atuaram como um mecanismo de extinção (Copper, 1977; Melo, 1988; Penn-Clarke, 2019; Sedorko *et al.*, 2021). A transgressão criou novas vias marítimas que conectaram bacias mais frias de alta latitude do sul de Gondwana com mares temperados-subtropicais mais quentes no norte de Gondwana, gerando um influxo de água mais quente para o sul do Gondwana (Isaacson e Perry, 1977; Fonseca e Melo, 1987; Vargas *et al.*, 2020).

Com relação aos vestígios fósseis, as tendências na distribuição de *Zoophycos* nos depósitos devonianos da Bacia do Paraná evidenciam sua ausência nos estratos Eifeliano-Givetiano como uma resposta às mudanças na paleogeografia da bacia que restringiram as condições marinhas abertas na borda sul (Sedorko *et al.*, 2019). Essa mudança nas assinaturas icnológicas coincide com o evento regressivo do final Emsiano identificado por Vargas *et al.* (2020). As mudanças ambientais que restringiram as condições marinhas abertas potencialmente desencadearam o declínio na diversidade da Biorregião Malvinohosan nessa porção da bacia desde o final do Emsiano.

Figura 17 - Paleogeografia do SW de Gondwana no limite Praguiano-Emsiano com a distribuição da Biorregião Malvinoshoxan.



Fonte: Adaptado de Isaacson e Sablock (1990), Torsvik e Cocks (2013), Marshall (2016), Vargas *et al.* (2020).

9 RESULTADOS E DISCUSSÕES

9.1 TAXONOMIA

Neste capítulo são descritos e discutidos os espécimes da ordem Spiriferida encontrados na seção Bosque Mistral (PR).

Filo Brachiopoda Duméril, 1806

Subfilo Rhynchonelliformea Williams, Carlson, Brunton, Holmer e Popov, 1996

Classe Rhynchonellata Williams, Carlson, Brunton, Holmer e Popov, 1996

Ordem Spiriferida Waagen, 1883

Subordem Delthyridina Ivanova, 1972

Superfamília Delthyridoidea Philips, 1841

Família Hysterolitidae Termier & Termier, 1949 Phillips, 1841

Subfamília Hysterolitinae Termier & Termier, 1949

Gênero *Australospirifer* Carter, 1939

Espécie-tipo: *Spirifer kayserianus* Clarke, 1913

Australospirifer antarcticus (Morris e Sharpe, 1846)

(Figura 18, Estampa 1)

1846 *Spirifer antarcticus* Morris e Sharpe; Morris e Sharpe, p. 276, est. 11, fig. 2.

1856 *Spirifer antarcticus* (Morris e Sharpe); Sharpe, p. 206, est. 26, figs. 1,2,3.

1913 *Spirifer antarcticus* Morris e Sharpe; Clarke, p. 258-262, est. 18, figs. 1-16.

1939 *Australospirifer antarcticus* (Morris e Sharpe); Caster, p. 162, est. 12, figs.7,8; est. 13 fig. 21, 22.

1939 *Australospirifer antarcticus* (Morris e Sharpe); Caster, p. 163, est. 7, figs. 27; est. 13, figs. 19, 20.

1954 *Australospirifer antarcticus* (Morris e Sharpe); Lange, p. 36, 78-9.

1965 *Australospirifer antarcticus* (Morris e Sharpe); Branisa, p. 138,140,142, est. 37, fig. 24; est. 38, figs. 6-10; est. 39, figs. 1-3.

1977 *Australospirifer hawkinsi* (Morris e Sharpe); Isaacson, p. 53 est. 2, fig. 9.

- 1976 *Australospirifer antarcticus* (Morris e Sharpe); Carvalho, p. 459, est. 1, figs. 7,8.
- 1979 *Australospirifer antarcticus* (Morris e Sharpe); Carvalho, p. 31-32, est. 4, figs. 5-6.
- 1985 *Australospirifer antarcticus* (Morris e Sharpe); Melo, p. 199-204, est. 11, figs. 4-12.
- 2013 *Australospirifer antarcticus* (Morris e Sharpe); Cerri, p. 14-19, fig. 5.

Material: MPI 16161, MPI 15678, MPI 14870, MPI 16197, MPI 16879, MPI 16640, MPI 16018, MPI 16595, MPI 16463, MPI 17467, MPI 17579, MPI 17426, MPI 17414, MPI 19027, MPI 17539 A/B, MPI 14279, MPI 14280, MPI 14644 A/B, MPI 14609, MPI 19218, MPI 16465, MPI 16464, MPI 17627 A/B, MPI 17497, MPI 17338, MPI 17261 A/B, MPI 20408.

Procedência: Ponta Grossa, Paraná, Seção Bosque Mistral, Formação Ponta Grossa (neoPraguiano/eoEmsiano).

Descrição: concha medindo cerca de 20 mm a 47 mm de comprimento e 21 mm a 68 mm de largura, contorno possuindo estrutura lamelar. Ornamentação consiste em 10 a 12 plicas em seção transversal, C/L entre 0,69 e 0,95, forma das plicas mais angular. Os intervalos mais ou menos equivalentes à largura de uma plica. *Sinus* relativamente largo, interárea apsaclina, deltírio triangular, altura um pouco inferior à abertura da base. Contendo um bico mais alongado nos exemplares analisados e presença de linhas de crescimento. **Interior Ventral:** o campo muscular apresenta-se com cicatrizes adutores alongadas, dividido por um miofragma curto e estriado. Placas dentais robustas. **Interior Dorsal:** presença de fossetas dentais fortes e proeminentes.

Discussão: Morris e Sharpe (1846) descreveram a espécie *A. antarcticus* como sendo transversalmente “fusiforme”, ou seja, mais espessa, com costelas proeminentes, pontiagudas e imbricadas, sulco da valva dorsal profundo e angular. Área de articulação da largura da concha, triangular muito larga, com linhas longitudinais bem marcadas, costelas bem definidas, bico da valva dorsal reto e muito proeminente, com um sulco profundo entre as valvas.

Morris e Sharpe (1846) diferenciaram *Spirifer hawkinsi*, *S. antarcticus* e *S. orbigny* com base no ornamento da concha, no número de plicações e na "largura da área da dobradiça". Entretanto, Isaacson (1977) propôs que todas essas características são desenvolvidas de formas variadas em *Australospirifer* e a manutenção do nome *A. hawkinsi* é apropriada até que o gênero seja investigado mais a fundo.

Os espécimes da África do Sul, apresentados por Sharpe (1856) como *S. orbigny* (= *A. antarcticus*), se assemelham em todos os aspectos àqueles atribuídos para *Australospirifer antarcticus* da mesma região; um deles (Sharpe, 1856pl. xxvi., fig. 3) tem de 18 a 20 plicas na valva ventral, mas as três últimas de cada lado são fracas. Morris e Sharpe (1846) afirmaram que *Spirifer orbigny* possui cerca de 20 plicas no total. A altura da área da charneira e todas as outras características são idênticas às dos espécimes referidos por Sharpe (1856) como *S. antarcticus* da África do Sul. Entretanto, Kayser (1897) referiu todas essas formas sul-africanas à mesma espécie e, sinonimizou *A. antarcticus* a *S. orbigny* semelhanças que para o autor se caracteriza pelo número de plicas e *sinus*.

Clarke (1913) e Kayser (1897), discutiram a ornamentação em espécimes atribuídos a *Australospirifer antarcticus* (Morris e Sharpe, 1846). Clarke (1913) (p. 260), descreveu esse tipo de ornamentação superficial da seguinte forma: "a superfície radialmente linear, acompanhada por lamelas ligeiramente elevadas, sobre as quais se formam espinhas bem desenvolvidas em continuidade com as linhas radiais".

Caster (1939) propôs um nome genérico atribuído como *Australospirifer*, termo utilizado para o grupo austral caracterizado, até então, como *Spirifer kayserianus* e *Spirifer antarcticus*. Caster (1939) discorreu que *Spirifer* devem ser reconhecidos com base em suas ornamentações pela combinação de fimbriadas, radial e lamelada, que demonstram estar presente em várias espécies de esperiferídeos, o que levou Caster (1939) a propor um novo gênero da fauna austral.

Isaacson (1977) trabalhou com 40 espécimes de esperiferídeos do período Devoniano da Bolívia, onde colocou a espécie *Australospirifer antarcticus* (em sinonímia com a espécie *Australospirifer hawkinsii* (Morris e Sharpe, 1846), em conjunto com as demais espécies já descritas na fauna de Malvinohosan (fauna Malvinocáfrica).

A argumentação de Isaacson (1977) baseia-se em dados resultantes de gráficos com vários parâmetros de medida, os mesmos parâmetros que Boucot (1973) utilizou. Ao constatar o mesmo padrão nos seus dados e em duas espécies de *Acrospirifer*, Isaacson (1977) concluiu que características como: largura, número de plicas, convexidade das valvas, grau de impressão do campo muscular ventral e ornamentação não são fatores determinantes em termos específicos ou genéricos e que *A. hawkinsi*, tem muitas feições que variam dentro de um grande limite.

De acordo com Quadros (1987), Boucot (1973) utilizou dissemelhanças específicas, utilizando parâmetros morfológicos como por exemplo o número de plicas para distinguir *Australospirifer* de *Acrospirifer* e outras características morfológicas como o tamanho, altura, arredondamento, os quais para Boucot (1973) são estruturas claramente mais sensíveis de serem alteradas no processo de fossilização.

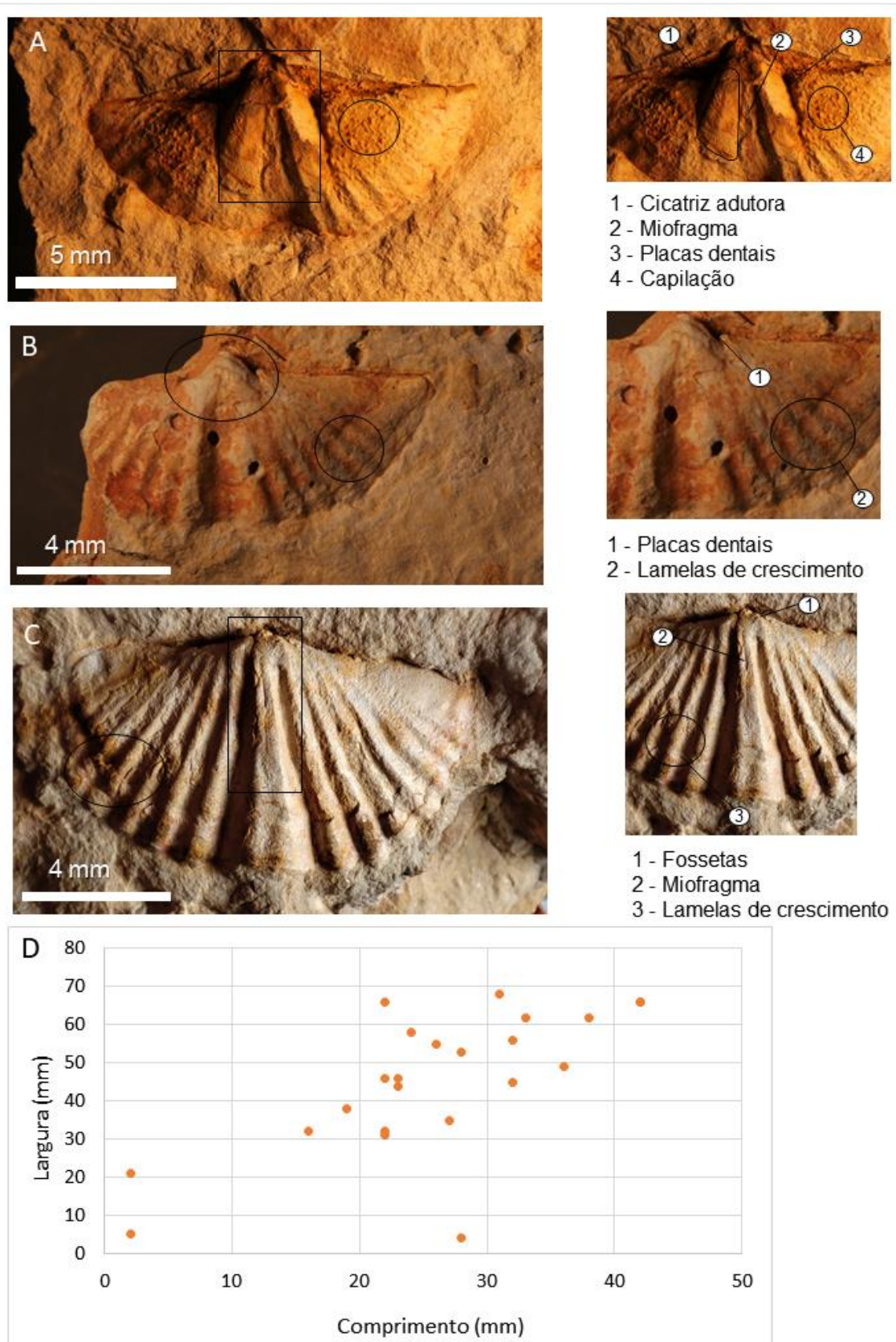
No entanto, Quadros (1987 p. 58-59) questiona o método de Isaacson (1977) retratando como subjetivo, e, que os resultados desses dados propostos pelo autor podem implicar na análise sistemática dos procedimentos taxonômicos de toda a subfamília Delthyrinae.

A espécie *A. hawkinsi* foi criada por Morris e Sharpe (1846) e depois utilizada para sinonimizar todos os espiríferideos por Isaacson (1977) principalmente os espiríferideos da Bolívia, utilizando sua metodologia de parâmetros de ornamentação. Contudo, até o presente não foi utilizado esse sinônimo aqui no Brasil.

Clarke (1913) em sua monografia descreveu mais duas espécies de *Spirifer*: *S. parana* e *S. contrarius*, mas atualmente essas duas espécies não têm sido descritas nos artigos mais recentes sobre espiríferideos da Bacia do Paraná e necessitam de revisão taxonômica, para determinar sua existência.

Os exemplares aqui analisados são atribuídos a espécie *A. antarcticus*, conforme Morris e Sharpe (1846). Melo (1985) afirmou que esta espécie distribui-se amplamente em termos geográficos e estratigráficos no Devoniano.

Figura 18 - Exemplos de *Australospirifer antarcticus* - A) MPI 17261 A – Molde de valva ventral interna; C) MPI 16194 B – Molde de valva ventral interna; D) Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de *Australospirifer antarcticus*.



Fonte: a autora.

Ocorrência: Brasil, Bacia do Paraná, Formação Ponta Grossa-neoPraguiano/eoEmsiano; Formação São Domingos – neoEmsiano/Givetiano (Morris e Sharpe, 1846, 1856; Clarke, 1913; Melo 1985; Quadros, 1987, Cerri, 2013; Isaacson, 1977b; Bosetti *et al.*, 2012; Sedorko, 2021); Paraguai, poço Santa Roza – Praguiano/Emsiano (Melo, 1985; Isaacson, 1977); Ilhas Malvinas, Formação Fox Bay - Praguiano/Emsiano (Morris e Sharpe, 1846; Clarke 1913; Isaacson, 1977); África do Sul, formações Gydo, Gamka e Voorstehoek do Grupo Bokkeveld – Emsiano/Eifeliano (Melo, 1985); Bolívia, Formação Icla – Lochkoviano/Eifeliano (Isaacson, 1977; Melo, 1985); Argentina, formações Talacasto, Cerro Piedras e Alto Bermejo – Lochkoviano/Eifeliano (Melo, 1985).

Australospirifer iheringi (Kayser, 1900)

(Figura 19, Estampa 2)

- 1900 *Spirifer iheringi* Kayser; Kayser, p. 301-311, est. 1, fig. 2; est. 2, fig. 1.
- 1900 *Spirifer borbai* Kayser; Kayser, p. 305, est. 2, figs. 2-3.
- 1913 *Spirifer iheringi* Kayser; Clarke, p. 243-249, est. 20, figs. 1-15; est. 21, figs. 11-13.
- 1939 *Australospirifer iheringi* (Kayser); Caster, p. 162, est. 12, figs. 7,8; est. 13 figs. 21, 22.
- 1954 *Australospirifer iheringi* (Kayser); Lange, p. 32,37,77,79.
- 1965 *Australospirifer iheringi* (Kayser); Boucot e Johnson *apud* Doumani, p. 257, est. 7, fig. 1-9.
- 1976 *Australospirifer iheringi* (Kayser); Carvalho, p. 456, est. 2, figs. 1-7.
- 1977 *Australospirifer iheringi* (Kayser); Copper, p. 181.
- 1977 *Australospirifer hawkinsi* (Morris e Sharpe), Isaacson; p. 53; est. 3, figs. 3,5,6,7,8; p. 55; est. 4, fig. 15.
- 1979 *Australospirifer iheringi* (Kayser); Carvalho, p. 24-31, est. 1,2,3,4.
- 1985 *Australospirifer iheringi* (Kayser); Melo, p. 207-211, est. 11, fig. 15-18; est. 12, fig. 1-6.
- 1987 *Australospirifer iheringi* (Kayser); Quadros, p. 51-60, est. 8, fig. 1-26.
- 2013 *Australospirifer iheringi* (Clarke); Cerri, p. 14-19, fig. 5.

2013 *Australospirifer iheringi* (Kayser); Queiroz, Junior-Gama e Pires, p. 202-203, est. 5, figs. 1-7.

Material: MPI 15664, MPI 15663, MPI 15626, MPI 15603, MPI 16194 A/B, MPI 16883 A, MPI 16873, MPI 14521, MPI 14549, MPI 14862, MPI 16020, MPI 16053 A/B, MPI 16094, MPI 14642, MPI 14472 A/B, MPI 15257, MPI 16415 A/B, MPI 16404, MPI 16601, MPI 16593, MPI 16539, MPI 17461, MPI 17080, MPI 17083, MPI 17428, MPI 17816, MPI 18618 A-B, MPI 18167 A/B, MPI 18472, MPI 15908, MPI 15829, MPI 16690, MPI 16590, MPI 17384, MPI 17259 A/B.

Procedência: Ponta Grossa, Paraná, Seção Bosque Mistral, Formação Ponta Grossa (neoPraguiano/eoEmsiano).

Descrição: concha medindo cerca de 20 mm a 25 mm de comprimento e 40 mm a 68 mm de largura, C/L entre 0,50 e 0,36, contorno possuindo uma estrutura lamelar. Ornamentação consistindo em 5 a 6 plicas arredondadas, forma das costelas é mais arredondada. *Sinus* é relativamente largo, interárea apsáclina e *delthyrium* triangular, altura equivalente à largura da concha. Contém um bico mais arredondado, com presença de linhas de crescimento. **Interior Ventral:** apresenta um campo muscular com cicatrizes muscular didutora mais marcadas e estriadas. **Interior Dorsal:** presença de fossetas dentais fortes e proeminentes que se divergem num ângulo de 30° a 40°.

Discussão: a espécie *Australospirifer iheringi* foi estabelecida por Kayser em 1900, sob a designação de *Spirifer iheringi*. Kayser (1900) descreveu a concha como “espécie grande que tem cerca de 50 mm de comprimento e 80 mm de largura, contendo três exemplares, os quais, se originam de um grés mole, amarelo. Infelizmente, todos os três são moldes incompletos e muitos gastos pelo atrito, sendo assim impossível de ter-se uma ideia exata da espécie”.

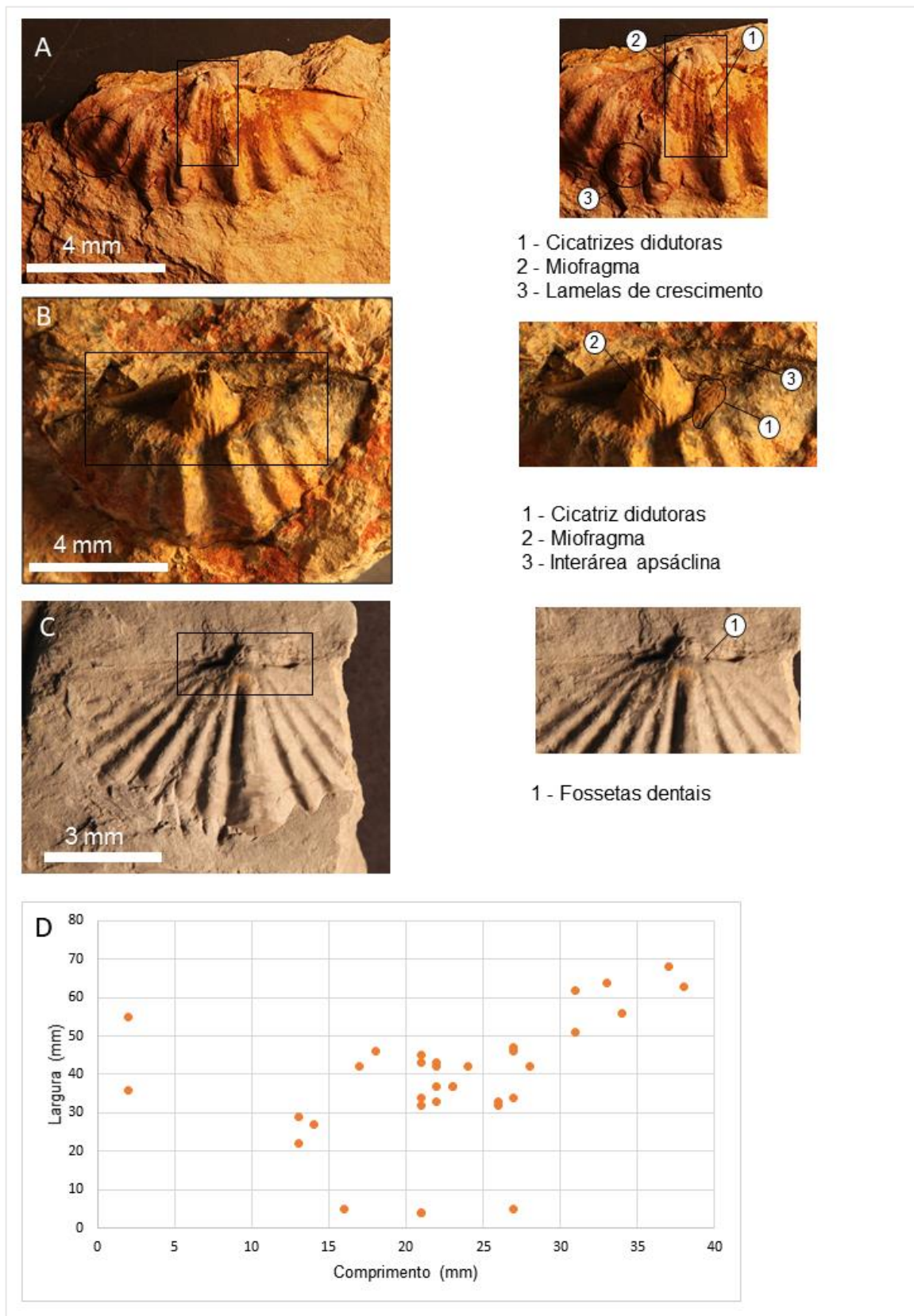
Kayser (1900) descreveu a espécie apresentando-se como uma concha mais desenvolvida em direção transversal, arredondada nos cantos laterais, tendo a maior largura talvez no primeiro terço do comprimento. A área ventral é de altura regular. *Sinus* é bastante largo, mas pouco profundo. No meio do seu sulco raso há uma costa relativamente fraca, desenvolvendo-se, ao que parece, só a alguma distância do bico.

Os espécimes estudados por Kayser para designar a espécie foram coletados pelo Sr. Telêmaco Borba, no município de Tibagi, estado do Paraná. Em seu trabalho Kayser não traz os afloramentos exatos em que esse material foi coletado (Kayser, 1900; Carvalho, 1976).

Já Clarke (1913, p. 243-249), redefiniu a espécie e sinonimizou *Spirifer borbai* Kayser 1900, com *S. iheringi*. Sua justificativa é feita pela análise de 50 amostras, sendo possível concluir que a espécie *Spirifer borbai* é uma fase de crescimento da *Spirifer iheringi*.

Para Clarke (1913) e Quadros (1987) a espécie *Australospirifer iheringi* se difere de *Australospirifer kayserianus* pelo seu perfil anguloso (giboso), que traz como consequência uma conspícua interárea apsáclina. A cicatriz muscular do didutor na valva ventral tem uma forte impressão com contorno de “chevron” separada por um miofragma. Já *A. antarcticus* é bastante distinta por se tratar de uma forma mais alada (transversal), onde a largura representa mais de duas vezes o comprimento, tendo uma assimetria (Quadros, 1987).

Figura 19 - Exemplares de *Australospirifer iheringi* - A) MPI 15626 – Molde de valva ventral interna, B) MPI 16415 – Molde de valva ventral interna, C) MPI 17539 – Molde de valva ventral interna, D) Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de *Australospirifer iheringi*.



Fonte: a autora.

Ocorrência: Brasil, Bacia do Paraná, Formação Ponta Grossa – neoPraguiano/neoEmsiano; Formação São Domingos – neoEmsiano/Givetiano; Bacia de Parnaíba, Formação Pimenteira – neoEifeliano, (Kayser, 1900; Clarke, 1913; Petri, 1948; Carvalho, 1976; Isaacson 1977; Melo 1985, Quadros 1987, Queiroz *et al.*, 2013; Cerri, 2013; Sedorko *et al.*, 2021); Antártica, Formação Horlick, Ohio Range – Praguiano/Emsiano (Boucot, 1965; Boucot, 1975; Queiroz *et al.*, 2013; Videira-Santos, 2020 esta dissertação); África do Sul, formações Gydo, Gamka e Voorstehoek do Grupo Bokkeveld – Emsiano/Eifeliano (Isaacson, 1977; Melo, 1985); Bolívia, formações Icla e Huamampampa – Eifeliano/Givetiano (Isaacson 1977; Melo, 1985); Argentina, Formação Talacasto – ?Lochkoviano/?neoPraguiano (Suarez-Riglos, 1975).

Australospirifer kayserianus (Clarke, 1913)

(Figura 20, Estampa 3)

- 1903 *Spirifer orbigny* [non Morris e Sharpe]; Reed, p. 180, est. 22, fig. 4.
 1913 *Spirifer kayserianus* Clarke; Clarke, p. 252-558, est. 19, figs. 1-15.
 1927 *Spirifer kayserianus* Clarke; Oliveira, p. 30,31, fig. 10.
 1939 *Australospirifer kayserianus* (Clarke); Caster, p. 159-160.
 1954 *Australospirifer kayserianus* (Clarke); Lange, p. 37,79.
 1977 *Australospirifer hawkinsi* (Morris e Sharpe); Isaacson, p. 53, est.3, fig. 2,4,10; p. 54, est. 4, fig. 12; p. 55, est. 5, fig. 1-3.
 1976 *Australospirifer kayserianus* (Clarke); Carvalho, p. 454, est. 1, figs. 9-10.
 1985 *Australospirifer kayserianus* (Clarke); Melo, p. 212-214, est. 12, fig. 7-11.
 2013 *Australospirifer kayserianus* (Clarke); Cerri, p. 14, fig. 5.

Material: MPI 14868, MPI 16861, MPI 16862, MPI 16874, MPI 16155, MPI 19032, MPI 15696, MPI 19030 A/B, MPI 16102, MPI 15662, MPI 16327 A/B, MPI 16392 A/B, MPI 16863 A/B, MPI 16865, MPI 16877, MPI 16959, MPI 16951, MPI 14579, MPI 14561, MPI 14504, MPI 14599 A/B, MPI 18761 A/B, MPI 17014, MPI 17134, MPI 16186, MPI 16014, MPI 15944, MPI 15802 A/B, MPI 16111, MPI 14624, MPI 15140 A/B, MPI 14405, MPI 16285, MPI 15229, MPI 15218, MPI 15230, MPI 14832 A/B, MPI 14399, MPI 14643, MPI 16277, MPI 14338, MPI 16274, MPI 14807, MPI 14339 A/B, MPI 14340, MPI 15077, MPI 15314, MPI 15153 A/B, MPI 16403, MPI 16482, MPI

17694 A/B, MPI 17564, MPI 17656, MPI 17575, MPI 17417, MPI 17653, MPI 17429, MPI 18499, MPI 17736 A/B, MPI 15227, MPI 17825 A/B, MPI 18168 A/B, MPI 18364, MPI 18449 A/B, MPI 18612, MPI 18596 A/B, MPI 18515, MPI 18517 A/B, MPI 18487, MPI 18489 A/B, MPI 18156, MPI 18157, MPI 17160 A/B, MPI 17242, MPI 16466 A/B, MPI 16598, MPI 16478, MPI 16602, MPI 17258.

Procedência: Ponta Grossa, Paraná, Seção Bosque Mistral, Formação Ponta Grossa (neoPraguiano/eoEmsiano)

Descrição: concha medindo cerca de 9 mm a 33 mm de comprimento e de 28 mm a 70 mm de largura, C/L entre 0,27 e 0,40, contorno possui uma estrutura lamelar. Ornamentação consiste em 10 a 12 plicas em seção transversal, forma mais arredondada, em alguns exemplares nota-se que as plicas se bifurcam, interárea baixa, deltírio é triangular, com base maior que a altura. Presença de um bico mais alongado nos exemplares analisados. Presença de linhas de crescimento bem proeminentes. **Interior Ventral:** o campo muscular é flabeliforme, profundo na região umbonal. Placas dentais mais baixas. **Interior Dorsal:** presença de fossetas dentais relativamente baixa que se divergem num ângulo de 25° a 30°.

Discussão: *Australospirifer kayserianus* Clarke, 1913, é caracterizada pela combinação de superfície fimbriada, radiada e lamelar ou concêntrica sobre uma concha plicada de forma variável. As características internas são mais constantes, mostrando um septo mediano ventral e septos medianos dorsal e ventral que parecem ser muito pouco desenvolvidos em algumas formas. As lamelas dentárias geralmente estão presentes como placas rugosas, mas podem ser alongadas e semelhantes a septos (CLARKE, 1913; CASTER, 1939).

Segundo Caster (1939) em praticamente todas as formas, a parte mais antiga da concha mostra uma estrutura fimbriada que, com o alinhamento, logo se torna radiada. O conjunto é geralmente também marcado concentricamente de forma proeminente e, especialmente, esse tipo de ornamento é bem desenvolvido nas partes mais novas da concha.

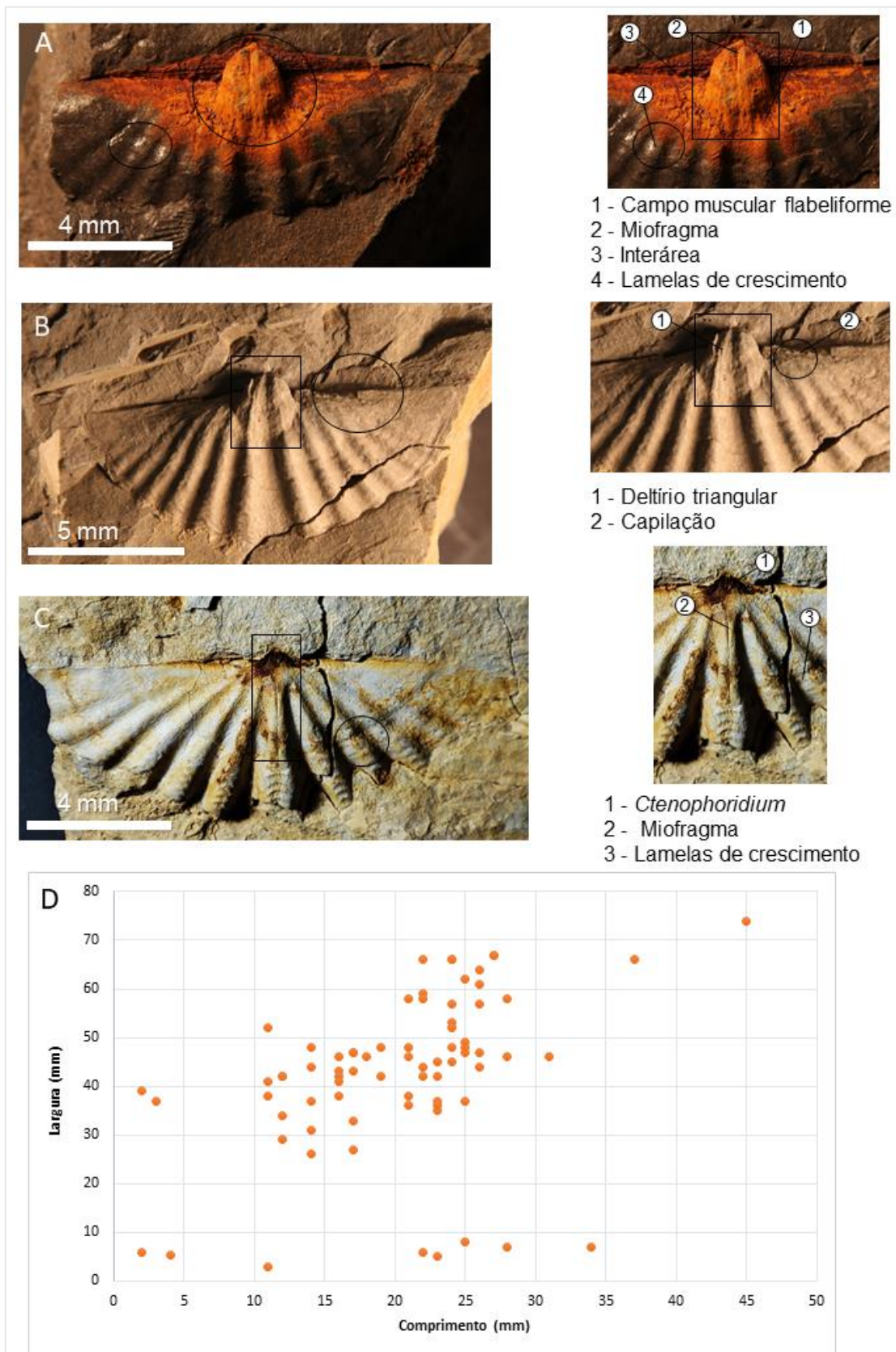
O principal caractere que distingue *Australospirifer kayserianus* de *Australospirifer iheringi* diz respeito a menor espessura dos indivíduos, umbo menos

proeminente, menor volume do umbo da valva ventral e consequentemente uma redução em altura da interárea (Clarke, 1913; Carvalho, 1976).

Reed (1925) julgou que a espécie em apreço constituísse uma variedade de *Spirifer antarcticus* Morris e Sharpe, mas *S. kayserianus* Clarke foi mantido como espécie autônoma por Caster (1939), que inclusive a designou como espécie-tipo do gênero *Australospirifer*. Diante disso, Melo (1985) fez observações complementares a respeito de apontamentos de Reed (1925) e Caster (1939) dos fósseis da Biorregião Malvinohosan.

Diferença que caracteriza as espécies *A. kayserianus* e *A. antarcticus* é a região umbonal que é relativamente mais larga para *A. antarcticus*, enquanto *A. kayserianus* possui um umbo relativamente mais baixo. Outro aspecto que é perceptível entre as espécies é a presença de plicas mais numerosas em *A. antarcticus* em relação às demais espécies de *Australospirifer* (Clarke, 1913).

Figura 20 - Figura 20 - Exemplares *Australospirifer kayserianus* - A) MPI 14339 – Molde de valva ventral interna, B - Molde de valva ventral interna, C) MPI 18596 Molde de valva ventral interna, D) Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de *Australospirifer kayserianus*.



Fonte: a autora.

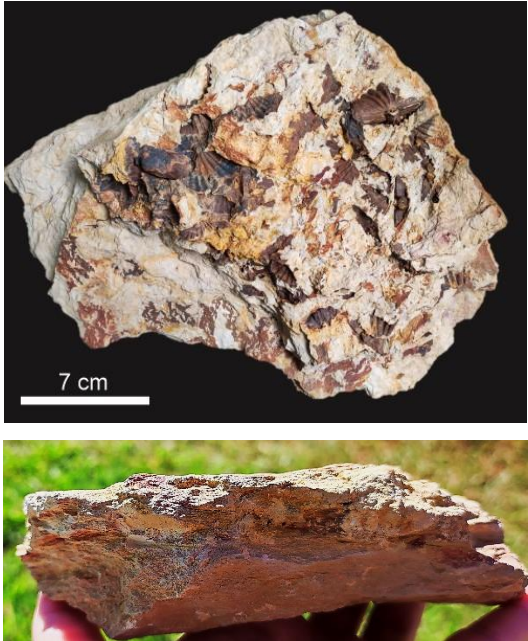
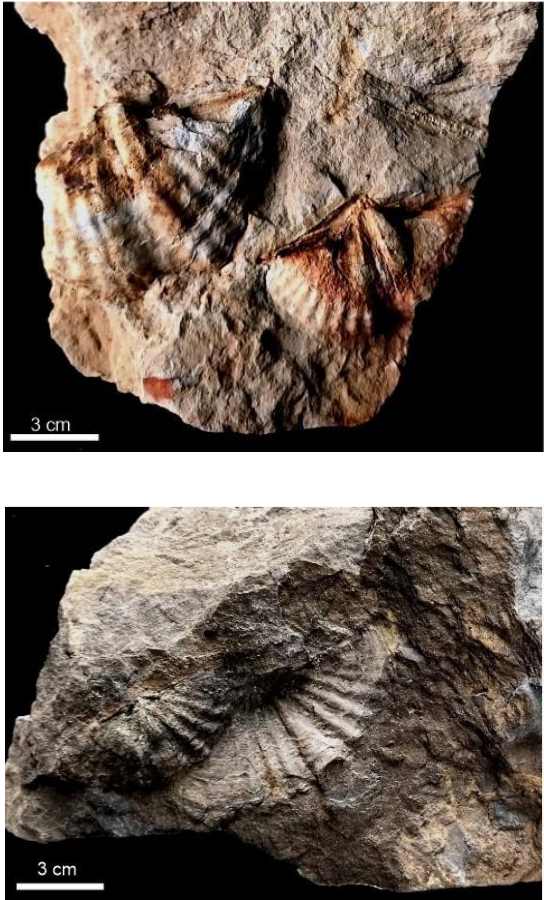
Ocorrência: Brasil, Bacia do Paraná, Formação Ponta Grossa - neoPraguiano/eoEmsiano; Formação São Domingos – neoEmsiano/Givetiano (Clarke, 1913, Isaacson, 1977b; Melo 1985; Bosetti *et al.*, 2012; Cerri, 2013; Sedorko *et al.*, 2021); Paraguai, poço Santa Roza – Praguiano/Emsiano (Melo, 1985; Isaacson, 1977); Ilhas Malvinas, Formação Fox Bay - Praguiano/Emsiano (Clarke 1913; Isaacson, 1977); África do Sul, formações Gydo, Gamka e Voorstehoek do Grupo Bokkeveld – Emsiano/Eifeliano (Sharpe, 1856; Clarke, 1913; Melo, 1985); Bolívia, Formação Icla – Lochkoviano/Eifeliano (Isaacson 1977; Melo, 1985); Argentina, formações Talacasto, Cerro Piedras e Alto Bermejo – ?Lochkoviano/?neopraguiano (Melo, 1985).

9.2 CLASSES TAFONÔMICAS

A classe tafonômica, ou o modo de ocorrência, refere-se como os indivíduos das concentrações fossilíferas se apresentam na matriz sedimentar. Desta maneira, foram verificados para *Spiriferida* estudados, três classes tafonômicas que variam de acordo com (I) sua posição em relação ao plano de acamamento; (II) o grau de articulação/desarticulação; (III) o grau de fragmentação e (IV) a orientação espacial (Figura 21). De acordo com essas variações, são descritas ao longo da seção Bosque Mistral as seguintes classes:

Quadro 6 - Descrições das classes tafonômicas.

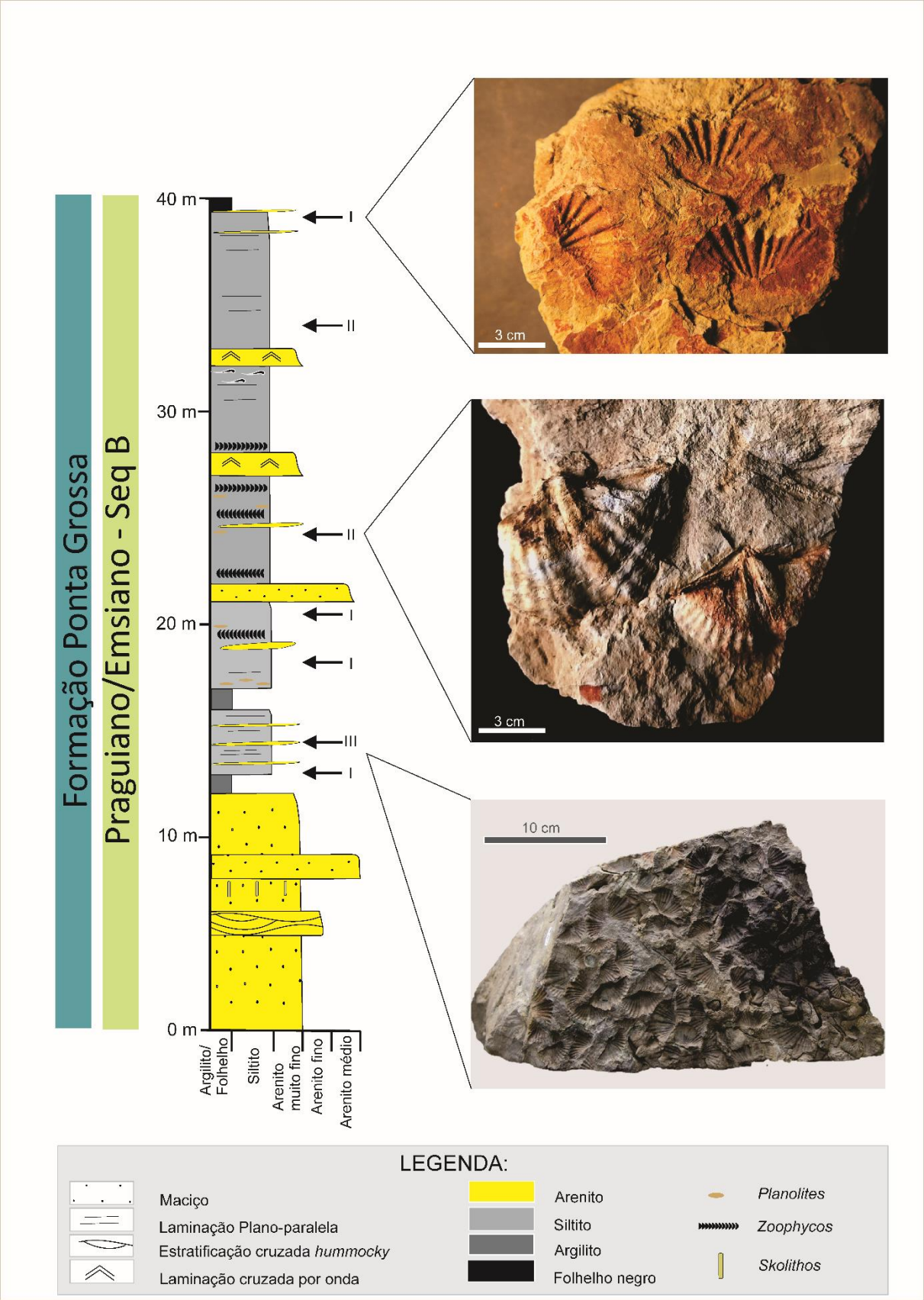
CLASSES TAFONÔMICAS	DESCRIÇÕES	FOTOS
	Esta concentração apresenta uma orientação randômica evidenciando	

I	eixos de correntes. Compreende indivíduos com um eixo alinhado paralelamente ao plano de acamamento, fracamente empacotados a fortemente empacotados. As valvas apresentam-se desarticuladas e inteiras, por vezes, associados com outros bioclastos. Ocorrem em siltitos arenosos com estratificação cruzada do tipo <i>hummocky</i> e pode ser interpretada como parautóctone, sendo composta por bioclastos transportados por fluxos oscilatórios.	
II	Compreende bioclastos com valvas orientadas, evidenciando um eixo unidirecional. Apresentam-se concordante ao plano de acamamento e fracamente empacotados. As valvas apresentam-se desarticuladas e inteiras. Ocorrem em siltitos com laminação plana paralela. Esta classe pode ser interpretada como parautóctone, com fluxo unidirecional.	

		
III	Compreende bioclastos agrupados, densamente empacotados, articulados e desarticulados, inteiros e em aparente posição de vida. Além disso, alguns indivíduos apresentam-se com a valvas fechadas. Esse agrupamento se caracteriza como uma concentração de <i>cluster</i>. Está presente em siltitos grossos e lentes de areia. A classe representa uma associação autóctone.	  

Fonte: a autora.

Figura 21 - Distribuição das classes tafonômicas da Seção Bosque Mistral.



Fonte: a autora.

9.3 TAFOFÁCIES

Speyer e Brett (1986) definem tafofácies como um conjunto de indivíduos ou associações em um contexto deposicional, identificadas através da análise de integração de dados tafonômicos e de aspectos sedimentológicos. Dessa forma, os autores caracterizam uma tafofácies sendo uma associação fossilífera com assinaturas tafonômicas que distinguem em uma determinada camada sedimentar, evidenciando a história deposicional dos bioclastos e, por sua vez, corroborando para a interpretação do paleoambiente do escopo do estudo.

Diante disso, a definição das tafofácies para este trabalho foram realizadas a partir dos aspectos tafonômicos de Speyer e Brett (1988) para a identificação das tafofácies de ambientes marinhos epíricos, os caracteres atribuídos de acordo com os autores são o grau de articulação/desarticulação, a posição em relação ao plano de acamamento, fragmentação, a litologia das fácies, estruturas sedimentares e a energia relativa do meio.

TAFOFÁCIES I - (TF I)

A TF I é litologicamente composta por siltitos finos, médio a grossos de laminação plana paralela com lentes de areia fina em ambientes episodicamente perturbados por momentos de maior energia do meio, apresenta também arenitos finos maciços. Compreende os doze metros após o espesso pacote de arenitos que corresponde a base da seção. Nesta tafofácies inclui os bioclastos em aparente posição de vida, disposto pela matriz em ângulo reto, em relação ao plano de acamamento. O que é peculiar nessas fácies a abundância das espécies de *Australospirifer iheringi* e *Australospirifer antarcticus* associados a *Australocoelia sp.*, e *Edmondia*?. A maioria dos espiríferídeos apresenta-se isolada, inteira, articulados e densamente a fortemente empacotados, por sua vez, sobrepostos, caracterizando uma fossilização na forma de *cluster*, indicando uma associação de agrupamento dos bioclastos do mesmo nicho ecológico. Essas características apontam que o depósito foi criado a partir de eventos episódicos de soterramento rápido provocados pelas ondas de tempestades no *offshore* transicional, onde os organismos *in situ* estão espacialmente e temporalmente próximos a outros elementos desarticulados e fragmentados, transportados pelo fluxo oscilatório ou exumados. Kidwell e Bonsence

(1991) descreveram que esse tipo de depósito pode ser indicado como um depósito de *obruption* que passou por pouca mistura temporal (*time-averaged*). A TF I engloba as classes tafonômicas I e III e os bioclastos podem ser interpretados como autóctones no *shoreface* inferior e *offshore* transicional, que correspondem entre o nível de base de ondas de tempo bom (NBON) e o nível de base de ondas de tempestades (NBOT).

TAFOFÁCIES II

A TF II ocorre em siltitos finos, médios a grossos de laminação plana paralela e arenito fino de laminação cruzada por ondas. Está posicionada acima da TF I e compreende dezesseis metros seguintes. Nestas fácies podemos observar dois modos de preservação: (I) orientação randômica evidenciando vários eixos de correntes, compreende indivíduos com um eixo alinhado paralelamente ao plano de acamamento, as valvas apresentam-se desarticuladas e associados com outros bioclastos; (II) orientação com um eixo unidirecional, apresentam valvas orientadas, concordante ao plano de acamamento, valvas desarticuladas e inteiras. Nesta associação ocorrem os táxons *Australospirifer antarcticus* e *A. kayserianus*, *Australocoelia* spp., *Derbyina* spp., *Nuculites* sp., Crinoidea sp., torác de trilobitas homalonotídeos, Crinoidea e Strophomenata. A interpretação tafonômica para essas tafofácies indica situação de depósitos nas fácies de *offshore* transicional, com bioclastos parautóctones, ocasionalmente perturbados por eventos de maior energia registradas pela entrada de areia. Essas características texturais das rochas portadoras desses fósseis são típicas de um ambiente mais profundo, ora acima, ora abaixo do nível de ondas de tempestades (NBOT) (GOLTZ, 2023). Nos últimos seis metros da seção que é litologicamente composta por siltitos finos a argilosos que compreende uma baixa abundância dos bioclastos e no topo da seção encontra-se folhelhos pretos que não ocorrem a presença de *Australospirifer* spp. Essa situação de deposição em águas mais profundas no *offshore*, indica que os espiríferídeos por sua vez, foram transportados de seu *habitat*, de regiões mais próximas, para ambientes mais distais abaixo das ondas de tempestades (NBOT), por meio de correntes de retorno ocasionadas por tempestades (Brett e Seilacher, 1991; Goltz, 2023). Esta tafofácies II engloba as classes tafonômicas I e II.

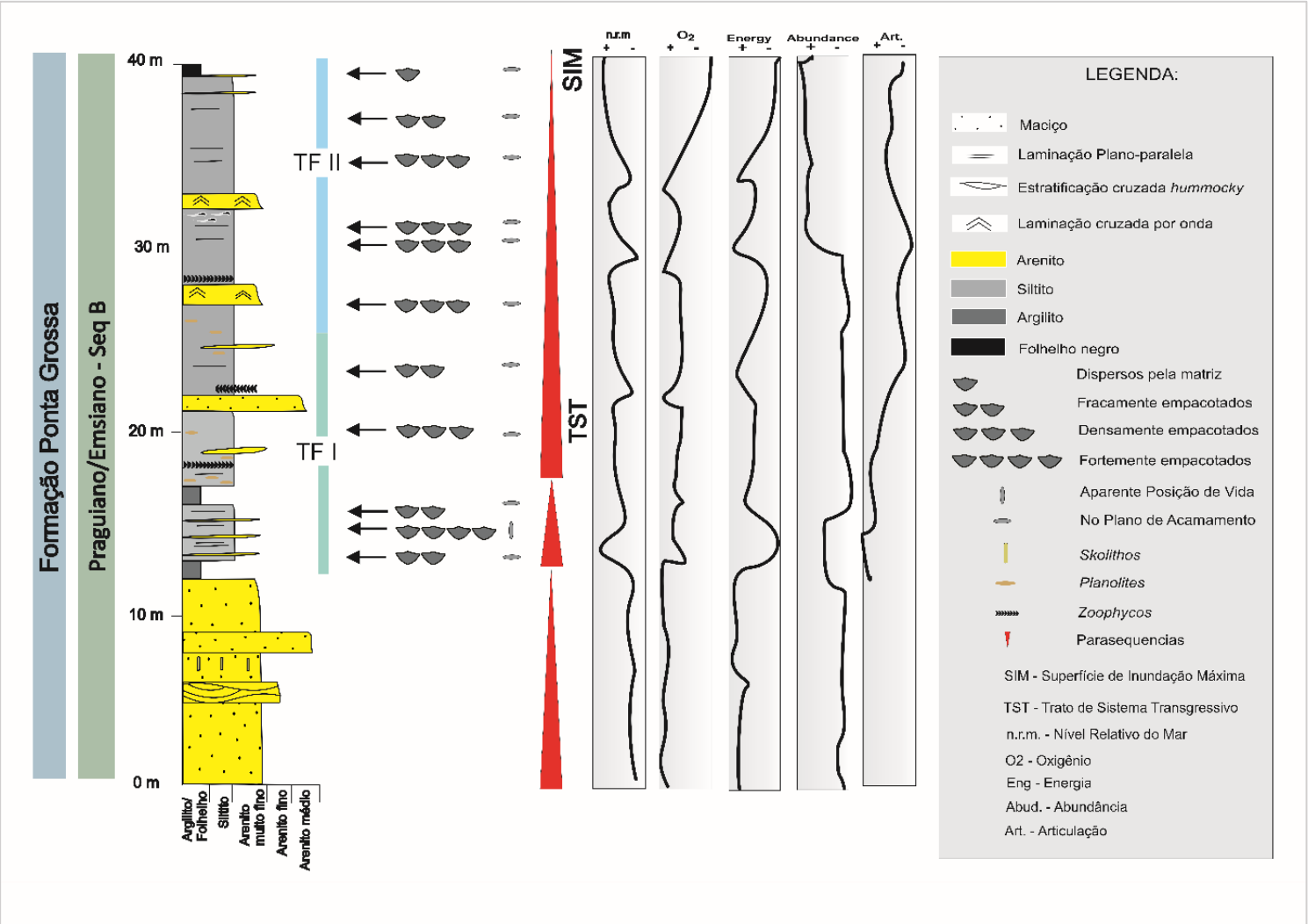
As tafofácies identificadas demonstram que os depósitos fossilíferos ocorrem em duas formas distintas. Tendo em vista, as ocorrências *in situ* na TF I, estando relacionada a eventos de soterramento episódicos, caracterizando um pulso energético. Segundo Boucot (1983), os espiríferideos, de modo geral, apresentam anatomia indicativa de suporte adaptativo a ambientes com maior energia. A TF II possui mais variações ambientais, caracterizando um ambiente marcado por processos autocíclicos que produzem oscilações periódicas. A intercalação de elementos distais e proximais pode ser explicada pela deposição alternada de eventos transgressivos e regressivos em um ambiente de sedimentação ora acima, ora abaixo do nível de ondas de tempestade (NBOT). Embora, ocorram entradas de areia, a tendência é progradacional. A TF II apresenta a maior diversidade e abundância relativa. Em direção ao topo, a energia do meio, bem como a articulação das valvas, tende a diminuir. Observa-se, que há uma tendência transgressiva em direção ao topo da seção.

Desta forma, compreende-se que a taxa de sedimentação foi menor permitindo os bioclastos permanecerem por mais tempo na interface água/sedimento, fazendo com que as acumulações pudessem ser retrabalhadas por fluxos oscilatórios, ondas e outros agentes bioestratinômicos (Brett; Baird, 1986; Speyer; Brett, 1988; Goltz, 2023). No topo onde consistem em folhelhos pretos, a abundância dos bioclastos diminui. Essas rochas ricas em matéria orgânica indicam condições de ambientes redutores, abaixo do nível de base de ondas de tempestade (NBOT), que restringem a sobrevivência de determinados organismos.

A seção colunar Bosque Mistral apresenta dois ciclos bem definidos (Figura 22). O primeiro ciclo compreende o espesso pacote de arenitos da base, embora não tenham sido incluídos nas tafofácies do estudo, marcam a base da Formação Ponta Grossa. Segundo Bergamaschi e Pereira (2001), a porção inferior na Formação Ponta Grossa é marcada pela superfície transgressiva que registra o abrupto recobrimento do topo da Formação Furnas. Em direção ao topo, pode-se observar o segundo ciclo, representado por uma superfície de inundação máxima, caracterizando o momento em que o mar atinge sua maior amplitude. Em termos paleoambientais, é possível notar uma passagem do *shoreface*, para o *offshore* transicional e *offshore*. As tafofácies aqui descritas ocorrem respectivamente da base para o topo da sequência B e estão vinculadas a Tratos de Sistemas Transgressivos (TST), uma vez que, um

padrão transgressivo geral é observado nos estratos da Formação Ponta Grossa, principalmente no limite inferior da sequência B (Praguiano-Emsiano) que registra o rápido recobrimento dos depósitos do topo da Formação Furnas (sequência A) na Bacia do Paraná (Bosetti *et al.*, 2021 e Goltz, 2023).

Figura 22 - Tafofácies e atributos tafonômicos na seção Bosque Mistral.



Fonte – a autora.

9.4 ASPECTOS ECOLÓGICOS E HÁBITO DE VIDA

A ecologia e os hábitos de vida de muitas espécies extintas são difíceis de determinar devido à ausência de características nos materiais fósseis. Por esta razão, o modo de vida de muitos grupos fósseis de braquiópodes em geral, como Spiriferida, continuam a ser objetos de especulação (Grant, 1995; 1996). Dessa forma, a compreensão da biomecânica e da morfologia funcional dos braquiópodes é fundamental para entender sua paleoecologia e seu uso como indicadores paleoambientais. Problemas surgem quando um táxon é usado para indicar os ambientes dos táxons baseada nas interpretações, hidrodinâmicas, biomecânicas e fatores tafonômicos (Goltz, 2023). Deste modo, testes biomecânicos, hidrodinâmicos,

geoquímicos e tafonômicos (e.g., Ghahremani, 1978; Goltz *et al.*, 2022; Goltz, 2023;) são eficientes para avaliar o desempenho dos organismos em diferentes condições ambientais, sendo benéficos para a interpretação paleoambiental.

Ghahremani (1978) apresentou resultados com a paleoecologia de Spiriferida da Silica Shale Formation do Devoniano Médio no noroeste de Ohio e sudeste de Michigan (Estados Unidos da América). Os espécimes estudados foram *Mucrospirifer* spp., *Paraspirifer* sp., e *Spinocyrtia* sp.. Ghahremani (1978) destacou que as características morfológicas permitiram interpretações do desenvolvimento ontogenético e das relações ecológicas com seu ambiente físico. O autor destacou que além dos caracteres morfológicos, os epizoários incrustados na superfície da concha durante a vida dos braquiópodes e as perfurações ou outros vestígios de predadores podem ser usados para estimar as orientações de vida dos braquiópodes e as relações com o substrato.

É provável que as variações de salinidade, temperatura, correntes, profundidade, distância da costa, turbulência, suprimento de sedimentos, taxa de deposição e disponibilidade de alimentos tenham sido os principais fatores que afetaram a sobrevivência e o desenvolvimento ecológico dos táxons de braquiópodes (e.g., Ghahremani, 1978).

A análise de frequência de tamanho e a dinâmica populacional dos braquiópodes podem ser usadas para reconhecer os conjuntos de vida (Thayer, 1975a; Ghahremani, 1978). A interpretação dos padrões de crescimento pode sugerir respostas a diferentes ambientes. Entretanto, a interpretação de qualquer distribuição de frequência de tamanho requer conhecimento independente da taxa de crescimento (Thayer, 1975b).

Rudwick (1970) sugeriu que poucos braquiópodes vivos são capazes de colonizar inicialmente ambientes com fortes correntes ou ondas, provavelmente devido à força limitada da fixação de seus pedículos. Assim, os braquiópodes com pedículos provavelmente estão confinados às partes mais abrigadas de ambientes com energia continuamente mais alta. No entanto, se a colonização puder ocorrer, o braquiópode estabelecido poderá ser capaz de suportar energias mais altas.

Copper (1937) sugeriu que a forma mucronada agia como um "cata-vento", girando de modo que o eixo longo da concha ficasse paralelo à corrente, apresentando menor resistência à corrente e impedindo o desenraizamento do animal. Nussmann (1975) apontou que as duas "asas" estariam em uma posição ideal para evitar que a

concha fosse virada ou empurrada para a lama. Ghahremani (1978) sugere que embora essa posição possa ter sido assumida em épocas de fortes perturbações das ondas, uma orientação mais plausível em condições de águas mais calmas teria sido com a superfície anterior voltada para a corrente (eixo longo perpendicular à corrente que se aproxima). De acordo com Ghahremani (1978) ancoragem por um pedículo de comprimento moderado permite que os braquiópodes pudessem mudar sua posição em relação ao substrato e às correntes em resposta às mudanças de oxigênio, nutrientes, turbidez e agitação das ondas.

Nos que diz respeito ao hábito de vida dos Spiriferidas ainda há certas especulações se esses animais possuíam ou não o pedículo. Organismos infaunais ou semi-infaunais costumam estar em posição vertical em relação ao acamamento quando preservadas em seu modo de vida, por outro lado, conchas de animais epifaunais não necessariamente vão se encontrar em posição vertical, mas costumam apresentar como indicador de posição de vida a região umbonal bem preservada e a linha de comissura fechada (Moore, 1965).

Entretanto, quando se trata dos Spiriferidas da Bacia do Paraná, alguns pontos devem ser destacados. Primeiramente, poucos trabalhos trazem essas informações, mas o que é observado na literatura, trata-se da curvatura da interárea está relacionada ao modo de vida do espiriferídeo, relativo ao substrato que habitava (Fürsich e Hurst, 1974), sendo influenciado pelo ambiente, além de ser influenciado pela presença e forma do pedículo, que sai da abertura localizada na interárea pedicular, restringindo o desenvolvimento da interárea e do bico. Segundo fator que também pode influenciar é o tipo de crescimento da concha, pois as inclinações da interárea são dependentes das mudanças nas taxas de crescimento da concha Williams *et al.* (1965). Ademais, o forâmen é o nome da abertura pela qual o pedículo emerge, estando sua existência condicionada ao aparecimento da cobertura deltirial Rudwick (1970). A cobertura deltirial que ficou em volta do forâmen é denominada colar (Rudwick, 1970).

Para Simões *et al.*, (1999) os invertebrados bentônicos epifaunais e semi-infaunais preservados em posição de vida são raros em sedimentos paleozóicos da Bacia do Paraná. Desta forma, o autor salientou-se a descoberta de *Australospirifer iheringi* e *Naiadopsis lamellosus* (Bivalvia) em posição de vida, em sedimentos da Formação Ponta Grossa, Membro Jaguariaiva de idade Emsiano da Formação Corumbataí (Permiano Superior), respectivamente, permitiu investigar seu modo de vida e história tafonômica. O conjunto de *Australospirifer iheringi* consiste em pelo

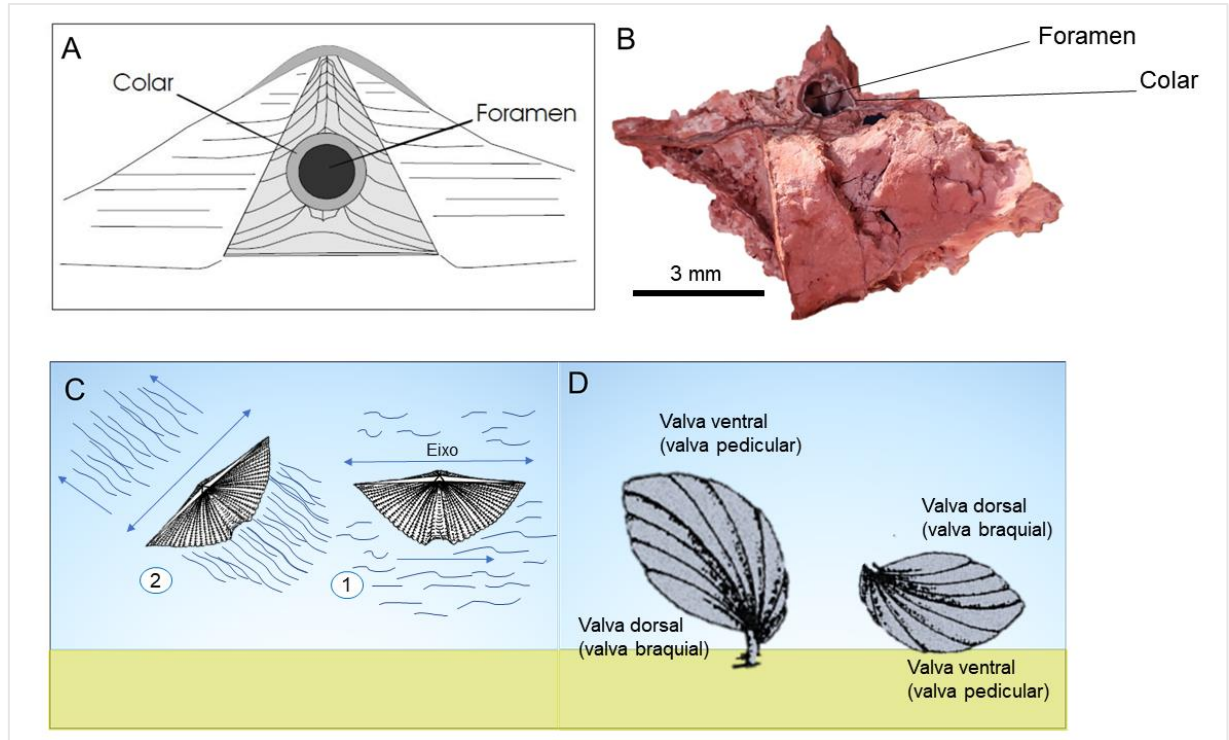
menos 15 amostras de tamanho uniforme (-7,8cm), compactadas firmemente juntas, com seus umbos orientados para baixo. Alguns espécimes estão deitados com os umbos posicionados diretamente sobre um pavimento bioclástico fino e lateralmente descontínuo formado por conchas de *Nuculites* sp. O conjunto é coberto por uma fina camada (3cm) de lama maciça. O mesmo tipo de sedimento ocorre entre os espécimes.

No entanto, (Simões *et al.*, 1999) destaca o empilhamento relativamente próximo dos indivíduos indica que a orientação vertical dos braquiópodes foi mantida pela proximidade das conchas vizinhas (modo de vida como *corp-supportive*). Os espécimes de *Australospirifer iheringi*, encontradas articuladas numa posição sub-horizontal em estratos diretamente acima e abaixo do aglomerado, foram muito provavelmente derivadas de aglomerados por retrabalhamento *post-mortem*,

Contudo, Simões *et al.*, (1999) aborda que os exemplares de *Naiadopsis lamellosus* com o plano de comissura inclinado cerca de 45 graus em relação ao plano de assentamento, ocorrem no topo de uma fina concentração bioclástica (-10cm), intercalada num siltito. A camada de conchas subjacente foi enterrada até uma profundidade de -1,6cm. Normalmente, as conchas são enterradas até à carena umbonal. Ambas as acumulações de conchas são exemplos de *Tafonomic feedback* positivo, segundo o autor. Os espécimes antigos serviram aparentemente como locais de iniciação para a formação de colônias epifaunais para os *Australospirifer iheringi* e semi-infaunais para os *Naiadopsis lamellosus*, respetivamente. É de salientar que, apesar da preservação das conchas em posição de vida, a resolução temporal destas concentrações é variável e representa tipicamente registos médios de populações marinhas bentônicas, o que parece ter sido principalmente uma função da disponibilidade de conchas velhas no ambiente (Simões *et al.*, 1999).

Para esta autora, *Australospirifer* spp., possuem um pedículo curto que possivelmente favorecia sua fixação no substrato tanto ambientes mais rasos (*shoreface*) quanto para ambientes mais fundo (*offshore*). De acordo com Ghahremani (1978) ancoragem por um pedículo de comprimento moderado permite que os braquiópodes pudessem mudar sua posição em relação ao substrato e às correntes em resposta às mudanças de oxigênio, nutrientes, turbidez e agitação das ondas (Figura 23).

Figura 23 - Representação do modo de vida dos Spiriferidas. A) Forâmen desenvolvido, com a presença de colar na cobertura deltirial; B) *Australospirifer* sp., com a evidências do forâmen e o colar; C) Representação das direções dos eixos de correntes (A) Paralelas ao eixo das “asas” das valvas – Ambiente *offshore*; (B) Perpendicular ao eixo das “asas” das valvas – Ambiente *shoreface*; D) Representação do hábito de vida (Epifaunal) dos Spiriferidas.

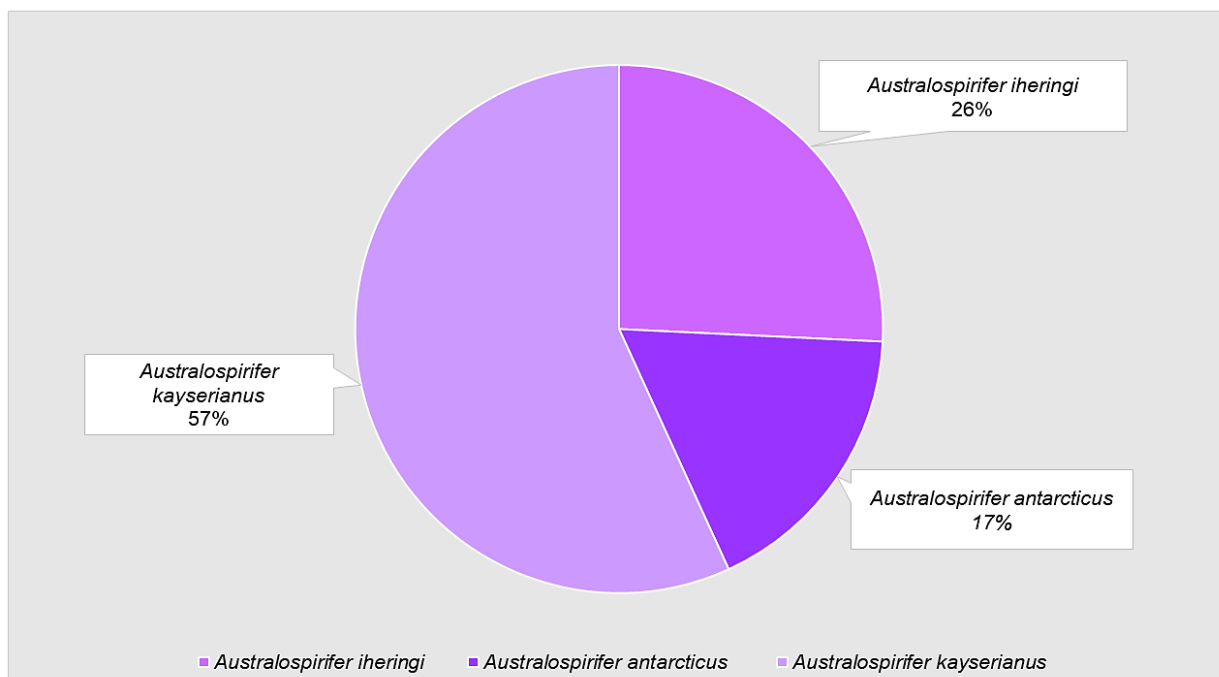


Fonte: a autora; Marques (2006).

9.5 DISTRIBUIÇÃO E PALEOBATIMETRIA DAS ESPÉCIES

Foram identificadas três espécies do gênero *Australospirifer*, ao longo da Seção Bosque Mistral, *Australospirifer kayserianus* correspondendo a 57% dos táxons estudados, em seguida *Australospirifer iheringi* representando 26% dos táxons e por fim *Australospirifer antarcticus* com 17% dos táxons estudados (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Relação da proporção dos espécimes identificados na seção Bosque Mistral.



Fonte: a autora.

As análises taxonômicas, litológicas, estratigráficas e tafonômicas observadas até o presente momento, demonstram que de certa maneira a distribuição das espécies não se apresenta randomicamente nos estratos analisados (Figura 24). Contudo, podemos interpretar a seção estudada com as ocorrências das três espécies para parâmetros paleoambientais intrinsicamente ligada a implicações sedimentológicas e paleoecológicas.

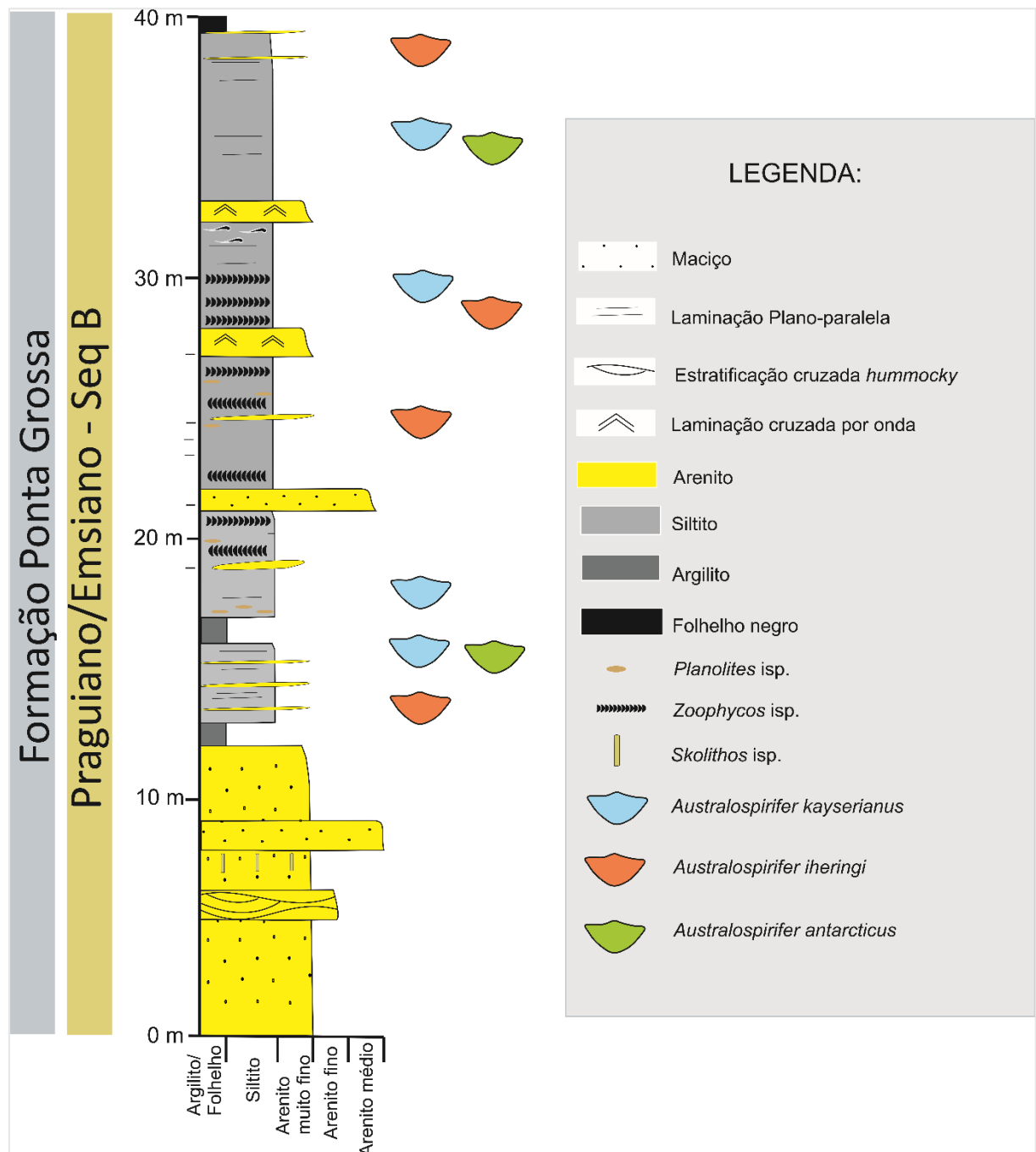
O registro de *Australospirifer iheringi* se dá nos siltitos médios a arenitos muito finos, a maioria dos espécimes estão articulados. estes são encontrados em aparente posição de vida, indicando assim que não sofreram transporte ou reorientação. Kidwell e Bosence (1991) descrevem que os fósseis marinhos preservados *in situ* não sofreram transporte ou reorientação, sendo indicativos de sedimentações episódicas. De acordo com Bergamaschi (1999) e Bergamaschi e Pereira (2001), o principal agente de transporte na Formação Ponta Grossa (Sequência B) são intencionados por ondas de tempestades. *Australospirifer iheringi* pode ser interpretada como autóctone, por sua vez, apresentam-se em ambientes mais rasos do que as outras espécies de *Australospirifer*, ocorrendo preferencialmente no *shoreface* superior e *shoreface* inferior como já mencionado por Lange (1954) Bosetti (1989), possivelmente por apresentar interespaços maiores das plicas (costelas), sugerindo

que tinham preferência de suporte por habitar substratos com granulação mais grossas e em zonas mais proximais.

A ocorrência de *Australospirifer kayserianus* tem sido registrada em siltitos finos a médios e grossos, possui uma ampla abundância da seção e parece ocupar um nicho ecológico mais amplo do que os demais espécimes. A maior parte dos espécimes encontram-se inteiros e articulados, e por vezes, são encontrados desarticulados, além disso alguns exemplares apresentam-se piritizados. De acordo com Speyer e Brett (1988) a diagênese de pirita significa condições anaeróbicas localizadas em um ambiente disóxico ou marginalmente anóxico, onde as taxas de sedimentação são moderadas. Sugere-se que *Australospirifer kayserianus* ocorre em *shoreface* inferior, os materiais piritizados, por sua vez, foram carregados para regiões mais distais como *offshore* transicional para o *offshore*.

Os exemplares de *Australospirifer antarcticus* foram registrados nos siltitos finos a médios, os espécimes se encontram articulados e desarticulados, inteiros e no plano de acamamento, podendo ser considerados parautóctones em ambientes de *shoreface* inferior. Podemos destacar que as três espécies estudadas estão na sua maioria associados a outros bioclastos como *Strophomenata*, *Australocoelia* spp., *Derbyina* spp., *Crinoidea* e *Bivalve*, *Trilobita* *Homanolotidae* ao longo da seção.

Figura 24 - Distribuição das espécies identificadas na seção Bosque Mistral.

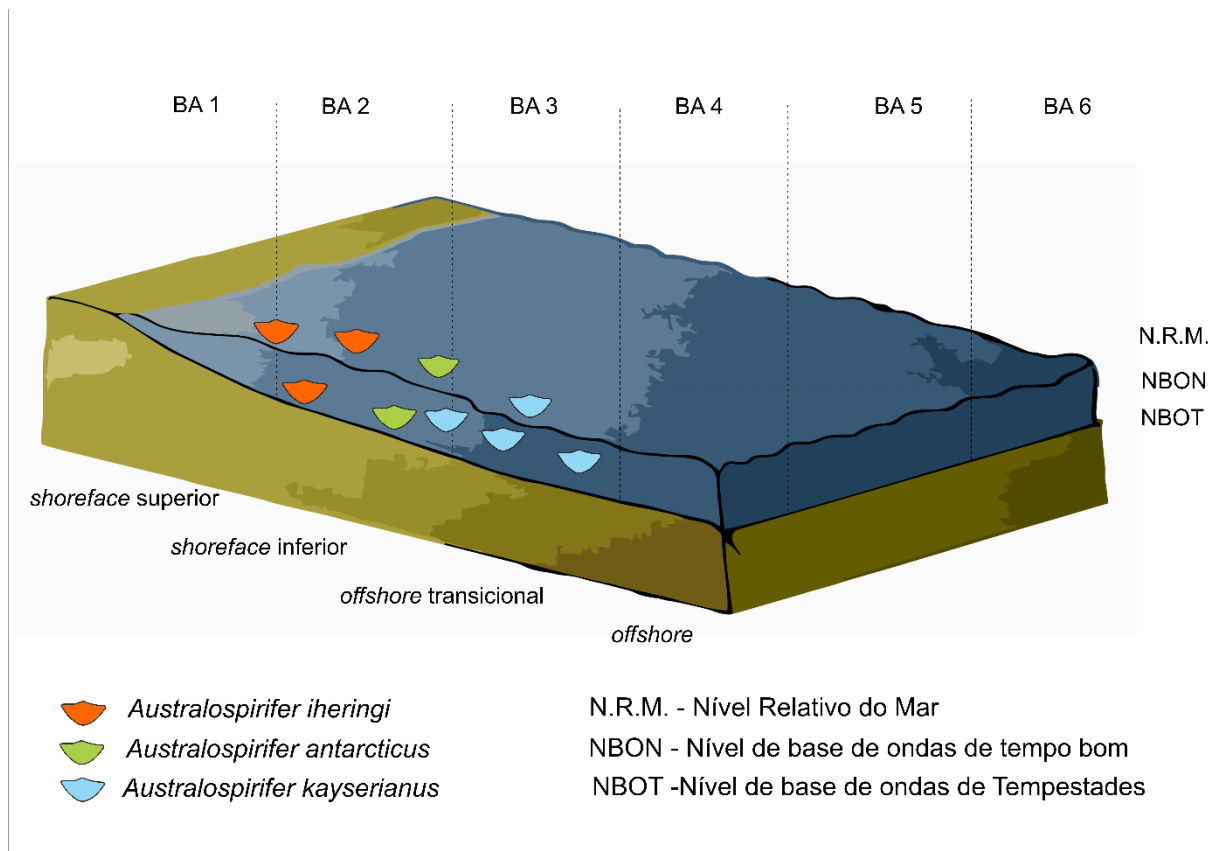


Fonte: a autora.

Boucot (1971) definiu as paleocomunidades marinhas da biorregião Malvinohosan, agrupando-as em Associações Bentônicas (*Benthic Assemblage*), o autor numerou-as de 1 a 6, diante a sua posição proximal ou distal (distância crescente) ocupada por cada associação de comunidades bentônicas em relação à linha de costa. Diante disso, a autora salienta, que está usando a nomenclatura

apenas para o posicionamento relativo dos espécimes estudados. A espécie de *Australospirifer iheringi* ocupa as posições BA – 1 e BA - 2 está associado a Tafofácies I. Para *Australospirifer antarcticus* ocupa a posição BA - 2 está associado a Tafofácies I e II e para *Australospirifer kayserianus* ocupa as posições BA - 2 e BA - 3 está associado a Tafofácies II (Figura 23).

Figura 25 - Paleobatimetria das espécies de *Australospirifer* spp. inseridos na seção Bosque Mistral da Bacia do Paraná.



Fonte: a autora.

10 CONCLUSÃO

- A partir de conjuntos de dados litológicos, estratigráficos, tafonômicos e taxonômicos da seção Bosque Mistral permitiu a identificação de três classes tafonômicas que podem ser associadas as duas tafofácies descritas.

- A porção basal da seção é caracterizada litologicamente por um pacote espesso de arenitos, que representam condições de maior energia no ambiente, constituídas por fácies de *shoreface*, onde possui apenas alguns fragmentos de *Australospirifer* indeterminados. Logo acima deste pacote de arenitos, ocorre a Tafofácies I que engloba a classe tafonômica I e III configura-se por apresentar espiriferídeos articulados e autóctones. Esta tafofácies apresenta-se depósitos de tempestades que vão do *shoreface* inferior a *offshore* transicional, entre o nível de base de ondas de tempo bom (NBON) e o nível de base de ondas de tempestades (NBOT). A Tafofácies II posicionada acima da Tafofácies I compreende 14 metros da seção estudada, as características tafonômicas configuram-se um ambiente típico de sedimentação mais fundo, do *offshore* transicional ao *offshore*. Tafofácies II que engloba a classe tafonômica I e II.

- A partir dos dados tafonômicos obtidos é possível inferir que os espiriferídeos no Devoniano da Bacia do Paraná ocupavam ambientes que vão do *shoreface* ao *offshore* transicional. As espécies identificadas ocorrem em posições estratigráficas e litológicas bem determinadas na sequência B.

- Em relação a paleobatimetria, a espécie de *Australospirifer iheringi* habitava em ambientes mais proximais em relação à linha de costa ocupa as posições BA – 1 e BA - 2, para *Australospirifer antarcticus* ocupa a posição BA - 2 e para *Australospirifer kayserianus* ocupa as posições BA - 2 e BA - 3.

- A identificação taxonômica resultou três espécies do gênero *Australospirifer* ao longo da seção com exceção do folhelho preto no topo da seção e na base, as espécies identificadas são: *A. antarcticus*, *A. iheringi* e *A. kayserianus*.

- A identificação taxonômica evidenciou a presença do forâmen caractere morfológico presente no material de estudo que favoreceu a paleoecologia dos espiriferídeos condizendo com a presença de um pedículo que favorecia a fixação ao substrato e sua locomoção.

REFERÊNCIAS

- ASSINE, M. L. **Aspectos da estratigrafia das sequências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil**. 1996. Doutorado (Doutorado em Geociências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- ASSINE, M.L.; PERINOTTO, J.A.; FULFARO, V.J.; PETRI, S. Progradação Deltaica Tibagi no Devoniano Médio da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, 1998.v.28, n.2, p.125-134.
- ASSINE, M. L. Fácies, icnofósseis, paleocorrentes e sistemas deposicionais da Formação Furnas no flanco sudeste da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, n. 03, p. 357-370, 1999.
- BERGAMASCHI, S. **Análise estratigráfica do Siluro-Devoniano (Formações Furnas e Ponta Grossa) da sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil**. 1999. Tese (Curso de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- BERGAMASCHI, S.; PEREIRA, E. Caracterização de seqüências deposicionais de 3ª ordem para o Siluro-Devoniano na Sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil. In: MELO, J.H.G., Terra, G.J.S. (eds.). **Correlação de seqüências Paleozóicas Sul-Americanas**. Ciência e Técnica e Petróleo. Seção: Exploração de Petróleo, 2001, v. 20, p. 63-72.
- BIGARELLA, J. J.; MARQUES FILHO, P. L. Considerações sobre a formação Furnas. **Boletim Paranaense de Geografia**. Curitiba, 4/5: 53-70, nov. 1961.
- BIGARELLA, J. J., R. SALAMUNI & P. L. MARQUES FILHO. Estruturas e texturas da Formação Furnas e sua significação paleogeográfica. **Boletim da Universidade Federal do Paraná** 18: p. 1-114, 1966.
- BOSETTI, E. P. **Paleontologia dos Lingulida (Brachiopoda: Inarticulata) da Formação Ponta Grossa, Devoniano, Bacia do Paraná, Brasil**. 1989. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.
- BOSETTI, E. P. **Tafonomia de alta resolução das fácies de offshore da sucessão devoniana da região de Ponta Grossa – Paraná, Brasil**. 2004. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre, 2004.
- BOSETTI, E.P.; GODOY, L.C.; MYSZYNSKI, L.J.; HORODYSKI, R.S.; ZABINI, C. Interpretação paleoambiental na sequência basal da Formação Ponta Grossa (Devoniano) do município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v. 3, n. 1, jan./jul. 2009, p. 137-156.
- BOSETTI, E.P.; GRAHN, Y.; HORODYSKI, R.S.; MENDLOWICZ MAULLER, P.; BREUER, P.; ZABINI, C. An earliest Givetian “Lilliput effect” in the Paraná Basin, and the collapse of the Malvinokaffric shelly fauna. **Paläontologische Zeitschrift**, 2011, v.85, p. 49-65.
- BOSETTI, E. P.; GRAHN, Y.; HORODYSKI, R. S.; MAULLER, M. P. The first recorded decline of the Malvinokaffric Devonian fauna in the Paraná Basin (southern Brazil) and

its cause; taphonomic and fossil evidences. **Journal of South American Earth Sciences**, n. 37, p. 228-241, 2012.

BOSETTI E.P.; HORODYSKI R.S.; MATSUMARA W.M.K.; MYSZYNSKI JR., L.J.; SEDORKO D. 2013. Análise estratigráfica e tafonômica da sequência Neopraguiana-Eoemsiana do setor nordeste do sítio urbano de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Terr@plural**, 7: 145-168.

BOSETTI, E. P.; HORODYSKI, R. S.; ZABINI, C.; MATSUMURA, W. M. K.; PENTEADO, A. C. Ocorrência de fenótipos subnormais no limite Neoeifeliano/Eogivetiano, Tibagi, estado do Paraná: implicações tafonômicas e paleossinecológicas. **Boletim do Museu Paranaense Emílio Goeldi**, v. 5, n. 2, p. 135-149, 2010.

BOSETTI, E. P.; MYSZYNSKI-JUNIOR; L. J.; SEDORKO, D.; OLIVEIRA, L.; KUROVSKI, I. P.; RICHTER, K. W.; GOLTZ, G. Salvamento Paleontológico, ambiente deposicional e correlação estratigráfica de uma seção da Formação Ponta Grossa (Bacia do Paraná). **Terr@ Plural**, Ponta Grossa, v. 15, p.1-16, 2021.

BOUCOT, A. J.; JOHSON, J.G.; DOUMANI, G.A.; in: DOUMANI, G.A.; BOARDMAN, R.S.; ROWELL, A.J.; BOUCOT, A.J.; JOHSON, J.G.; MCALLESTER, A.L.; SAUL, D.M.; FISHER, D.W.; MILES, R.S. *Lower Devonian Fauna of the Horlick Formation, Ohio Range, Antarctica*. Washington, DC: **American Geophysical Union**, 1965. p. 255-261. (Antarctic Research Series).

BOUCOT, A. J. **Malvinokaffric Devonian marine community distribution-and implications for Gondwana**. 1971. Disponível em: <http://memoria.bn.br/DocReader/DocReaderMobile.aspx?bib=158119&PagFis=36510&Pesq=>. Acesso em: 12 ago. 2023.

BOUCOT, A.J. Early paleozoic brachiopods of the Moose River Synclinorium, Maine. **Geological Survey Professional Paper**, (784), 1973, p. 81.

BOUCOT, A. J. Evolution and extinction rate controls. **Elsevier**, 1975.

BOUCOT, A. J. Late Silurian-early Devonian biogeography, provincialism, evolution and extinction. **Philosophical Transactions of The Royal Society Biological Sciences**, v. 309, p. 323-339, 1985. <https://doi.org/10.1098/rstb.1985.0089>.

BOUCOT, A. J. Ecostratigraphy's Basis, using Silurian and Devonian Examples, with Consideration of the Biogeographic Complication. In: KOUTSOUKOS, E. A. M. **Applied Stratigraphy**. Dordrecht: Springer, 2005. cap. 3, p. 55-71.

BRANISA, L. **Los Fosiles Guías de Bolivia**. Serv. Geol. De Bolivia, Bol. 6, 1965, p. 282.

BRETT, C. E.; BAIRD G. C. Comparative Taphonomy: A Key to Paleoenvironmental Interpretation Based on Fossil Preservation. **Palaios**, v. 1, n. 3, 1986, p. 207-227.

CASSAB, R. C. T. **Histórico das Pesquisas Paleontológicas no Brasil**. In: CARVALHO, I. S. *Paleontologia Conceitos e Métodos*. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. cap. 2. p. 13-18.

CASTER, K. E. A Devonian fauna from Colombia. **Bulletins of American Palaeontology**, v. 24, n.83, 1939, p. 1-218.

CARTER, J. L.; J. G. JOHNSON, RÉMY GOURVENNEC; & HOU HONG-FEI. A revised classification of the spiriferid brachiopods. **Annals of the Carnegie Museum**, 63(4), p. 327-374, 1994.

CARVALHO, R.G. **Contribuição ao conhecimento da morfologia de alguns braquiópodes devonianos do Paraná**. Dissertação de mestrado, São Paulo, p.37. 1969.

CARVALHO, R.G. Esperiferideos da Bacia do Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 48(3): p. 453-461 1976.

CERRI, C. A. D. **Revisão sistemática dos Brachiopoda (Calciata), da Formação Ponta Grossa, Devoniano, Bacia do Paraná, Brasil**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

COOPER, G. A. Collecting fossils in Michigan, Pennsylvania, New York, and Canada. **Smithsonian Inst. Explor. and field work**, Pub. 3525 p. 29-32 1938.

CLARKE, J. M. **Fósseis Devonianos do Paraná**. Monografia do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, n. 1, p. 353, 1913.

DERBY, O. A. Geologia da Província diamantífera de Província do Paraná no Brasil. **Arquivos do Museu Nacional**, n. 3, 1878, p. 89-96.

EFREMOV, J. A. Taphonomy: new branch of paleontology. **Pan Am. Geol.**, v. 74, p. 81-93, 1940.

FERNANDES, A.C.S. **Os icnofósseis do Ordoviciano, Siluriano e Devoniano da Bacia do Paraná**. 1996. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Geologia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1996.

FONSECA, V. M. M. **Brachiopoda (Strophomenoidea, Chonetoida e Deltiridoidea) do Devoniano Médio das bacias do Amazonas e Parnaíba**. 2001. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

FONSECA, V. M. M. Braquiópodes. In: CARVALHO, I. S. **Paleontologia: microfósseis, paleoinvertebrados**. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. cap. 19. p. 334-356.

FLESSA, K.W.; KOWALEWSKI, M. & WALKER, S.E. Post-collection Taphonomy: shell destruction and the Chevrolet. **Palaos**. 1992, p. 553-554.

FÚLFARO, V.J. Mesozoic-cenozoic tectonic and paleogeographic evolution of southeastern Brazil. In: **International congress of Sedimentology**, 9, Nice, vol. 4, 1966. p. 125-133.

GASPARD, D. Diagenetic Modifications of Shell Microstructure in the Terebratulida (Brachiopoda, Articulata). In: CARTER, J. G. (ed.) **Skeletal Biomineralization: Patterns, Processes and Evolutionary Trends**. New York: Van Nostrand Reinhold, v. 2. 1990.

GHAHREMANI, DARIOUSH T. "Paleoecology of the Spiriferid Brachiopods of the Silica Shale Formation (Middle Devonian), S.E. Michigan and N.W. Ohio" **Master's Theses**, 1978.

GOLTZ, G.; BOSETTI, E. P. Projeto paleontológico de salvamento na área urbana de Ponta Grossa – Pr (Devoniano). In: XXIX Encontro Anual de Iniciação Científica, 2020. **Anais.** Disponível em: https://siseve.apps.uepg.br/storage/eaic2020/9_Gabrieli_Goltz-160572860314322.pdf. Acesso: 28 mar. 2023.

GOLTZ, G.; BOSETTI, E. P.; VIDEIRA-SANTOS, R. KUROVSKI, P. I. A Classe Strophomenata (Brachiopoda) em depósitos devonianos do estado do Paraná: um estudo de caso. **Terr@ Plural**, v. 16, 2022.

GOLTZ, G. **Braquiópodes da Classe Strophomenata como Indicadores Paleoambientais no Devoniano da Bacia do Paraná.** 2023. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2023.

GOURVENNEC, R. Radial Microornament in Spiriferid Brachiopods and Paleogeographical Implications. **Lethaia**, v. 22, n. 4, p.405-411, 1989.

GRAHN, Y. Revision of Silurian and Devonian strata of Brazil. **Palynology**, v.16, p. 35-61, 1992.

GOURVENNEC, R. & CARTER, J.L. Spiriferida and Spiriferinida, 2772–2796. In SELDON, P.A. (ed.) **Treatise on Invertebrate Paleontology**, Part H, Brachiopoda 6 (revised). Geological Society of America & University of Kansas, Lawrence, Kansas. 2007.

GRAHN, Y. Devonian chitinozoan biozones of Western Gondwana. **Acta Geol. Pol.** 55 (3), p. 211-227, 2005.

GRAHN, Y.; BOSETTI, E. P. Storm deposited pebbles and cobble-sized particles in the early Emsian of the Ponta Grossa Formation, Paraná Basin (State of Paraná, Brazil). **Revista Brasileira de Geociências**, 2010.

GRAHN, Y.; MENDLOWICZ-MAULLER, P.; PEREIRA, E.; LOBOZIAK, S. Palynostratigraphy of the Chapada Group and its significance in the Devonian stratigraphy of the Paraná Basin, South Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 29, p. 354–370, 2010.

GRAHN, Y.; MAULLER, P. M.; BERGAMASCHI, S.; BOSETTI, E. P. 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**, 2013.

GRAHN, Y.; HORODYSKI, R.S., MAULLER, P.M.; BOSETTI, E.P.; GHILARDI, R.P., CARBONARO, F.A. A marine connection between Parnaíba and Paraná basins during the Eifelian/ Givetian transition: review and new data. **Revista Brasileira Paleontologia**, 19 (3), p. 357-366, 2016.

GRANT, R. E. Upper Permian brachiopods of the Superfamily Orthotetoidea from Hydra Island, Greece. **Journal of Paleontology** v. 69, p. 655-670, 1995.

HOLZ, M.; SIMÕES, M. G. **Elementos fundamentais de Tafonomia.** 1.ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2002.

HORODYSKI, R. S. **Análise tafonômica, bioestratigráfica e paleoambiental dos Invertebrados Marinhos da Região de Tibagi-PR (Devoniano inferior e médio da bacia do Paraná)**. 2014. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

HILLER, N. The development of growth lines on articulate brachiopods. **Lethaia**, v. 21, n. 2, p. 177-188, 1988.

ISAACSON, P. E. Devonian Brachiopoda of Bolivia. In: SUÁREZ-SORUCO, R. Fósiles y facies de Bolivia, II, Invertebrados y Paleobotánica. **Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos**, v. 13–14, 1993.

ISAACSON, P. E. Devonian stratigraphy and brachiopod paleontology of Bolivia, Part B, Spiriferida and Terebratulida. **Palaeontographica Abteilung A**, v. 155, n. 5-6, p.156-217, 1977.

ISAACSON, P. E.; PERRY, D. G. Biogeography and Morphological Conservatism of *Tropidoleptus* (Brachiopoda, Orthida) during the Devonian. **Journal of Paleontology**, v. 51, n. 6, p.1108-1122, 1977.

ISAACSON, P. E.; SABLOCK, P. E. Devonian palaeogeography and palaeobiogeography of the Central Andes. **Geological Society Memoir**, v.12, p. 431-435, 1990.

IVANOVA, E. A. Origin and Scope of the Order Spiriferida. **Paleontologicheskii Zhurnal**, v. 4, p. 71-85, 1967.

KAYSER, E. Beiträge zur Kenntniss einiger paläozoischer Faunen Süd-Amerikas. **Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft**, 1897, p. 274-317.

KAYSER, E. Alguns fósseis paleozóicos do Estado do Paraná. **Revista do Museu Paulista**. São Paulo, 4: p. 301-311, 1900.

KIDWELL, S. M.; FÜRSICH, F. T.; AIGNER, T. Conceptual Framework for the Analysis and Classification of Fossil Concentrations. **Palaaios**, v.1, n. 3, p. 228-238, 1986.

KIDWELL, S.M., BONSENCE, D. J. Taphonomy and Time-Averaging of Marine Shelly Faunas. In: ALLISON P.A.; BRIGGS D.E. Taphonomy: releasing the data in the fossil record. New York: **Plenum Press**. p. 115-209, 1991.

KUROVSKI, P. I. **Paleocomunidades e Paleoambientes do Devoniano da Bacia do Paraná, Brasil**. 2023. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2023.

LANGE, F. W. **Paleontologia do Paraná**. Curitiba: Comissão de Comemorações do Centenário do Paraná, 1954.

LANGE, F. W.; PETRI, S. The Devonian of the Paraná Basin. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 21/22, p. 6 – 55, 1967.

MAACK, Reinhard. Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e de Santa Catarina. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, 1947, v. 2, n. 1, p.63-154, nov.

MACEACHERN, J.A.; PEMBERTON, G.; GRINGAS, M.K. & BANN, K. The Ichnofacies Paradigm: A Fifty-Year Retrospective. In: Miller, W. (eds.) **Trace fossil concepts, problems, prospects**, 2007, p. 52-75.

MARCHIORO, T. A. **Brachiopoda Spiriferida depositados no Laboratório de Paleontologia do Setor de Ciências Da Terra – UFPR: Considerações Taxonômicas e Tafonômicas**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2016.

MARQUES, R.C. **Taxonomia dos invertebrados da Formação Ponta Grossa (Eomesodevoniano), borda norte da Bacia do Paraná, região de Amarinópolis, Estado de Goiás, e análise cladística de espiriferídeos basais**. 2006. Dissertação de mestrado, São Paulo, 2006.

MARSHALL, J.E.A. Palynological calibration of Devonian events at near-polar paleolatitudes in the Falkland Islands, South Atlantic, in Becker, R.T., Konigshof, P., and Brett, C.E., eds., *Devonian Climate, Sea Level and Evolutionary Events: Geological Society of London*, Special Publication, 2016, 423, p. 25-44.

MELO, J. H. G. **A Província Malvinocáfrica no Devoniano do Brasil – estado atual dos conhecimentos**. 1985. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1985.

MELO, J. H. G. The Malvinokaffric Realm in The Devonian of Brazil. **The Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir**, 1988, v. 14, jan. p. 669-703.

MELO, José Henrique Gonçalves de e LOBOZIAK, Stanislas. Devonian – EarlyCarboniferous miospore biostratigraphy of the Amazon Basin, Northern Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, n. 124, 2003, p. 131-202.

MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental**. 1997. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, v.2, 1997.

MILANI, E.J. Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A. **Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004. p. 265-279.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v.15, n. 2, p. 265-287, 2007a.

MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; MEDEIROS, R. A. Rochas geradoras e rochas reservatório da Bacia do Paraná, faixa de afloramentos, Estado do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v.15, n. 1, p. 135-162, 2007b.

MILANI, E. J.; RAMOS, A. V. Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 28, n. 4, p. 473-484, 1998.

MORRIS, J.; SHARPE, D. Description of eight species of brachiopodous shells from the Palaeozoic rocks of the Falklands Islands. **Quarterly Journal of the Geological Society of London**, v. 2, p. 274-478, 1846.

MYSZYNSKI JÚNIOR, L.J. **Inserção do afloramento curva II no contexto tafonômico e estratigráfico da sequência neopraguiana-eoemsiana: interpretação paleoambiental do setor nordeste do sítio urbano de Ponta**

Grossa, Paraná, Brasil. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil. 2012.

MYSZYNSKI JUNIOR, L.J. **Caracterização paleoambiental e correlação estratigráfica de afloramentos devonianos da região nordeste do estado do Paraná, Brasil.** 2018. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

NORTHFLEET, A. A.; MEDEIROS, R. A. e MULLMANN, H. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. **Boletim Técnico da Petrobrás**, n.12, p. 291-346, 1969.

NUSSMAN, D. G. IN KESLING & CHILMAN. **Paleoecology and pyritization of the Silica Formation, strata and megafossils.** 1975.

OLIVEIRA, E. P. O terreno Devoniano do sul do Brasil. **Annaes da Escola Minas de Ouro Preto**, v.14, p. 31-41, 1912.

OLIVEIRA, L.; BOSETTI, E. P.; MYSZYNSKI-JUNIOR, L. J. Correlação Estratigráfica da seção Bosque Mistral, Pr, Brasil. In: XVII Semana de Geografia UEPG, Ponta Grossa. 2021. **Anais.** Disponível em: https://siseve.apps.uepg.br/pt_BR/xxviiisemanageografia/noticia/ANAIS%2027%C2%AA%20SEMAGE. Acesso em: 30 mar. 2023a.

OLIVEIRA, L.; MYSZYNSKI JUNIOR, L. J.; BOSETTI, E. P. CORRELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA DA NOVA SEÇÃO BOSQUE MISTRAL COM O ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO DA REGIÃO DOS CAMPOS GERAIS, PR, BRASIL. In: XXX Encontro Anual de Iniciação Científica VII e Encontro Anual Iniciação Científica Júnior, Ponta Grossa, **Anais.** 2021b.

PENN-CLARKE, C. R. The Malvinokaffric Realm in the Early-Middle Devonian of South Africa. **Journal of African Earth Sciences**, v. 158, p. 1-19, 2019.

PENN-CLARKE, C. R.; HARPER, D. A. T. Early–Middle Devonian brachiopod provincialism and bioregionalization at high latitudes: A case study from southwestern Gondwana. **The Geological Society of America**, v. 133, n. 3/4, p. 819-836, 2021.

PETRI, S. Contribuição ao estudo do Devoniano paranaense. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**. Rio de Janeiro, n. 129, 1948.

PEYERL, D., BOSETTI, E.P. & FIGUEIROA, S.F.M. Vida e obra do geólogo e paleontólogo John Mason Clarke (1857–1925). **Terr@ Plural**, 2014, p.11–16.

POPP, J.H.; BARCELOS-POPP, M. Análise estratigráfica da seqüência deposicional devoniana da Bacia do Paraná (Brasil). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 16, n. 2, p. 187-194, 1986.

QUADROS, R. **Paleontologia dos Brachiopoda - Lingulida, Strophomenida, Spiriferida, Terebratulida - Devonianos, da Serra de Atimã e Arredores Mato Grosso - Brasil.** 1987. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1987.

QUEIROZ, J. P; JUNIOR, J. M. G.; PIRES, E. F. Ocorrência de braquiópodes fósseis no entorno do Rio Balsas, Município de Santa Teresa, Estado do Tocantins, em

estratos da Formação Pimenteira, Devoniano da bacia do Parnaíba. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 4, n. 1, p. 191-212, jan./jun. 2013.

RAMOS A. N. Aspecto paleo-estruturais da Bacia do Paraná e sua influência na sedimentação. **Bol. Téc. Petrobrás**, 13 (3-4): 85-93. 1970.

REED, F.R.C. Revision of the fauna of the Bokkeveld Beds. **Annals of South African Museum**, 1925, p. 27–225.

RICHTER, R. **Devon: geologische jahresbericht**. Berlin, 3A: 31-43, 1941.

RICHTER, K.W.; BOSETTI, E.P.; TAVARES, I.S.; SEDORKO, D. Trace fossils from Furnas formation (Paraná Basin) reveal a marine depositional environment. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 128, p. 1-9, 2023.

RODRIGUES, S. C. **Tafonomia comparada dos conulatae Collins et al 2000, Formação Ponta Grossa, Devoniano (?Lochkoviano-Frasniano, Bacia do Paraná: Implicações Paleoautoecológicas e Paleoambientais**. São Paulo, 100 f. Dissertação de Mestrado. 2002. Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2002.

RUDWICK, M. J. S. The growth and form of brachiopod shells. **Geological Magazine**, 1959. v. 96, n. 1, p. 1-24.

RUDWICK, M. J. S. **Living and fossil brachiopods**. London: Hutchinson, 1970, p.199.

SCHEFFLER, S. M.; SILVA, R.C.; SEDORKO, D. O Devoniano no estado do Mato Grosso do Sul, Brasil: nova área de distribuição e presença de típica fauna malvinocáfrica. **Estudos Geológicos**, v. 30, n. 2, p. 38-76, 2020.

SCHEMM-GREGORY, M. New interpretations of the phylogeny and taxonomy of delthyridoid spiriferids (Brachiopoda, Lower and Middle Devonian). **Bulletin of Geosciences**, 2008, v. 83 (4), p. 401–448.

SEILACHER, A. Begriff Und bedeutung der Fossil-Lagertätte. **Neues Jahrbuch für geologie und Paläontologie**, Jahrgang, Heft, 1970, p. 34-39.

SEDORKO, D.; NETTO, G. N.; SAVRDA, C. E.; ASSINE, M. L.; TOGNOLI, F. M. W. Chronostratigraphy and environment Furnas Formation by trace fossil analysis: Calibration the lower Paleozoic Gondwana realm in the Paraná Basin (Brazil). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 487, p. 307-320, 2017.

SEDORKO, D.; BOSETTI, E. P.; GHILARDI, R. P.; MYSZYNSKI-JUNIOR, L. J.; SILVA, R. C.; SCHEFFLER, S. M. Paleoenvironments of a regressive Devonian section from Paraná Basin (Mato Grosso do Sul state) by integration of ichnologic, taphonomic and sedimentologic analyses. **Brazilian Journal of Geology**, v. 48, p. 805-820, 2018a.

SEDORKO, D.; NETTO R. G.; SAVRDA, C. E. Ichnology applied to sequence stratigraphic analysis of Siluro-Devonian mud-dominated shelf deposits, Paraná Basin, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 83, p. 81-95, 2018b.

SEDORKO, D.; NETTO, R.G. & HORODYSKI, R.S. A *Zoophycos* carnival in Devonian beds: paleoecological, paleobiological, sedimentological, and paleobiogeographic

insights. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. Journal of South American Earth Sciences*, 507, 188–200, 2018c. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.07.016>.

SEDORKO, D.; NETTO, R.G.; HORODYSKI, R.S. Tracking Silurian-Devonian events and paleobathymetric curves by ichnologic and taphonomic analyzes in the southwestern Gondwana. *Global and Planetary Change*. 2019, v. 179, p. 43–56.

SEDORKO, D.; Netto, R. G.; Scheffler, S.M.; HORODYSKI, R.S.; BOSETTI, E.P.; GHILARDI, R. P.; MAULLER, P.M.; VARGAS, M.R.; VIDEIRA-SANTOS, R.; SILVA, R.C.; MYZYNSKI JR., L., Paleoecologic trends of Devonian Malvinokaffric fauna from the Paraná Basin as evidenced by trace fossils. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 109, p. 1-14, 2021.

SHARPE, D. Descriptions of Palaeozoic Mollusca from South Africa. *Transactions of the Geological Society of London*, 2 (7): 1856, p. 206-215.

SIMÕES, M. G.; KOWALEWSKI, M.; TORELLO, FERNANDA DE FREITAS; GHILARDI R. P. Taphonomic feedback in a Paleozoic epeiric sea. XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, Crato, CE, *Boletim de Resumos*, p.109-110, 1999.

SPEYER, S. E.; BRETT, C. E. Taphofacies models for epeiric sea environments: Middle Paleozoic examples. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 63 n. 1-3, p. 225-262, 1988. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(88\)90098-3](https://doi.org/10.1016/0031-0182(88)90098-3).

TILLMAN, JOHN R. Variation in Species of *Mucrospirifer* from Middle Devonian Rocks of Michigan, Ontario, and Ohio. Source: *Journal of Paleontology*, Vol. 38, No. 5, , pp. 952-964, 1964.

THAYER, C, W. Size-frequency and population structure of brachiopods, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol and Paleoecology*, 1975a, v. 17, 139-148.

THAYER, C. W. Strength of pedicle attachment in articulate brachiopods: ecologic and paleoecologic significance. *Paleobiology*. v, 1, p, 388-399, 1975b.

TORSVIK, T.H.; COCKS, L.R.M. New global palaeogeographical reconstructions for the early Palaeozoic and their generation, in Harper, D.A.T., and Servais, T., eds., Early Palaeozoic Biogeography and Palaeogeography: *The Geological Society of London*, Memoir, v. 38, p. 5-24, 2013.

URBANEK, A. Biotic crises in the history of Upper Silurian graptoloids: A Palaeobiological model. *Historical Biology*, 1993, v. 7, n.1, p. 29–50.

VARGAS, M.R.; SILVEIRA, A.S.; BRESSANE, A.; D'AVILA, R.S.F.; FACCION, J.E.; PAIM, P.S.G. The Devonian of the Paraná Basin, Brazil: Sequence stratigraphy, paleogeography, and SW Gondwana interregional correlations. *Sedimentary Geology*, v. 408, p. 1-14, 2020.

VIDEIRA-SANTOS, R. **Revisão taxonômica dos Chonetioidea (Brachiopoda) do Devoniano da Bacia do Paraná**. 2020. Dissertação (Mestrado em Geociências:

Patrimônio Geopaleontológico) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2020.

VIDEIRA-SANTOS, R.; SCHEFFLER, S.; SILVA, M.B.; COMNISKEY., J.C. Estado da arte das pesquisas sobre os braquiópodes do devoniano brasileiro. **Paleontologia em Destaque, Paleodest**, v. 37, n. 77, p. 86-119, 2022. <http://dx.doi.org/10.4072/paleodest.2022.37.77.05>.

WILLIAMS, A.; ROWELL, A. J. Evolution and Phylogeny. *In*: MOORE, R. C. **Treatise on Invertebrate Paleontology**. New York: Geological Society of America, p.164-199, 1965.

WILLIAMS, A. **Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopod revised**. *In*: CARTER, J. L.; JOHNSON, J. G.; GOURVENNEC, RÉMY, & HOU HONG-FEI. The Geological Society of America/The University of Kansas, 2006.

ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. DE J.; VIEIRA, I. S.; ASTOLFI, M. A. M.; APPI, V. T.; ZANOTTO, O. A. A divisão tripartite do Siluriano da bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v.17, p. 242-252, 1987.

ZALÁN, P.V.; WOLF, S.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; APPI, V.T.; SANTOS NETO, E.V.; CERQUEIRA, J.R.; MARQUES, A. The Parana Basin, Brazil. *In*: LEIGHTON, M. W.; KOLATA, D. R.; OLTZ, D. F.; EIDEL, J. J. **Interior cratonic basins**. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, cap. 33, p. 681-708, 1990.

APÊNDICE A – ESTAMPA 1

Estampa 1 – Espécies de *Australospirifer antarcticus* Morris e Sharpe (1856) identificadas na seção Bosque Mistral.

Figura A – Valva ventral interna (MPI 16598)

Figura B – Valva dorsal interna (MPI 14870)

Figura C – Valva ventral interna (MPI 17262 A/B)

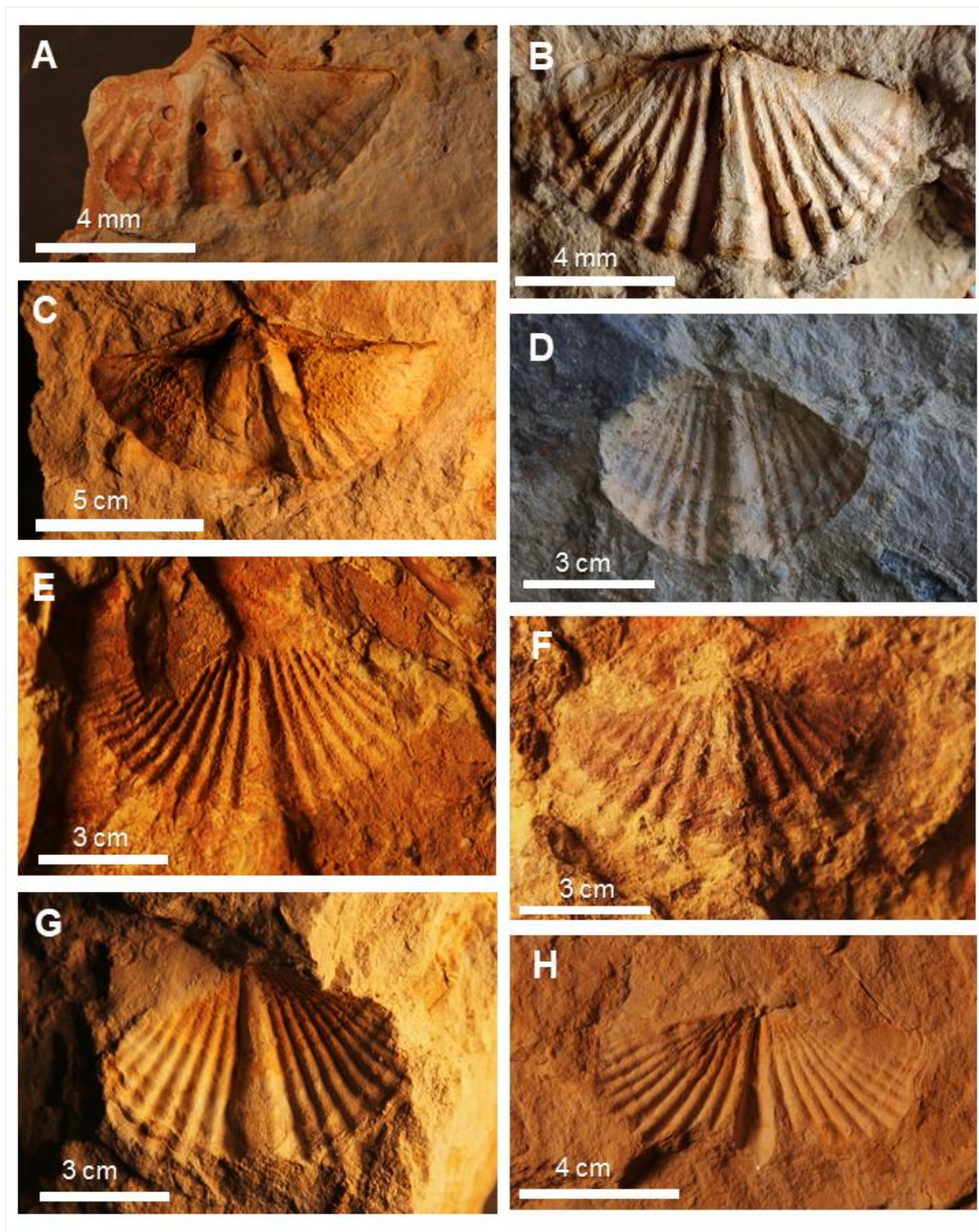
Figura D – Valva ventral externa (MPI 20408)

Figura E – Valva ventral externa (MPI 14609)

Figura F – Valva dorsal interna (MPI 15253)

Figura G – Valva dorsal externa (MPI 15603)

Figura H – Valva dorsal interna (MPI 16463)



Fonte: a autora.

APÊNDICE B – ESTAMPA 2

Estampa 2 – Espécie de *Australospirifer iheringi* Kayser (1900) identificadas na seção Bosque Mistral.

Figura A – Valvas ventrais internas (MPI 10746)

Figura B – Valva ventral (MPI 17259 A/B)

Figura C – Valva dorsal interna (MPI 15140 A/B)

Figura D – Valva ventral interna apresentando a interárea (MPI 19030 A/B)

Figura E – Valva ventral interna (MPI 16403)

Figura F – Valva dorsal interna (MPI 19032)



Fonte: a autora.

APÊNDICE C – ESTAMPA 3

Estampa 2 – Espécie de *Australospirifer kayserianus* Clarke (1913) identificadas na seção Bosque Mistral.

Figura A – Valva Ventral (MPI 18761 A/B)

Figura B – Valva dorsal interna (MPI 17694 A/B)

Figura C – Valva ventral interna (MPI 18596)

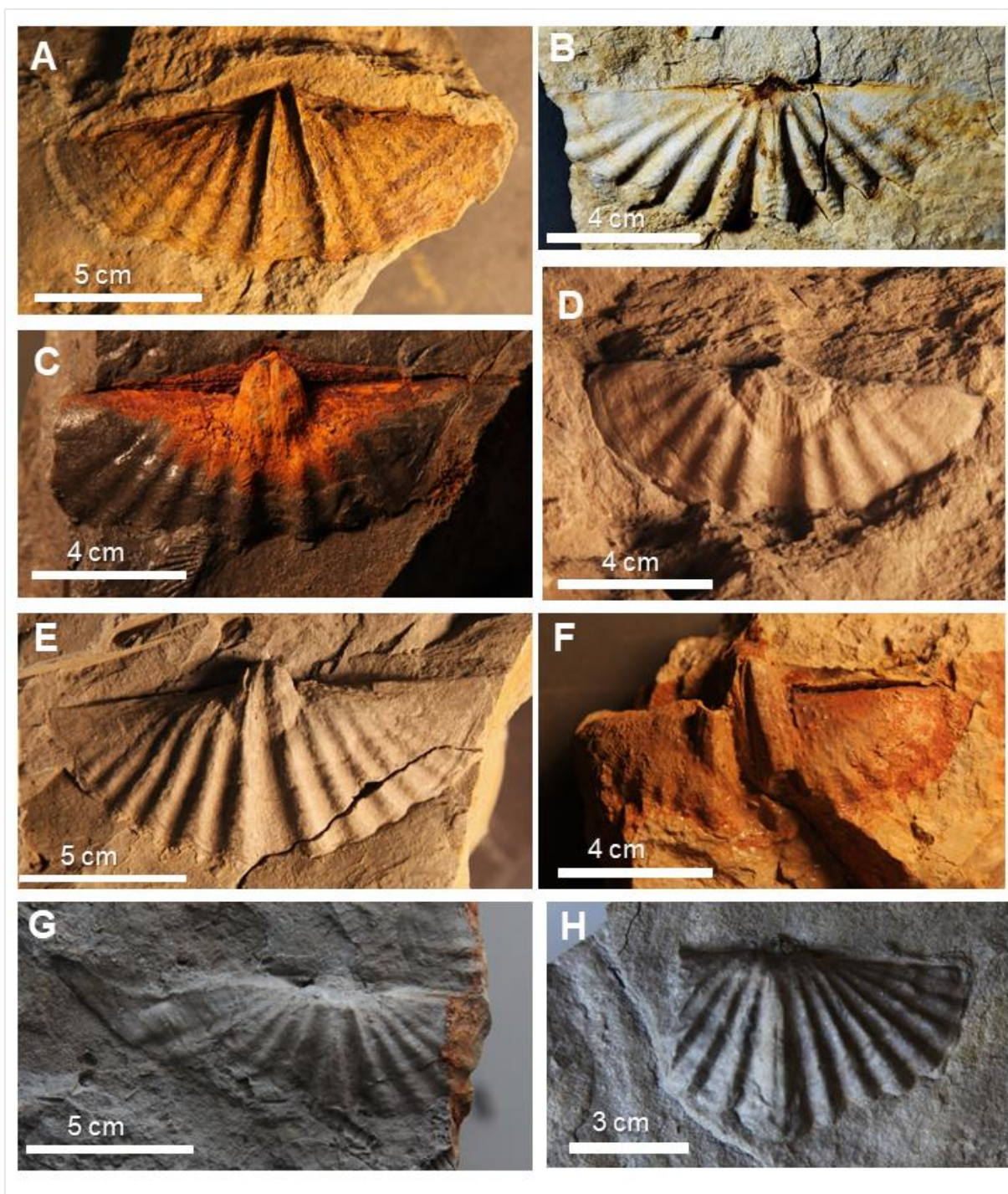
Figura D – Valva ventral interna (MPI 14643)

Figura E – Valva ventral interna (MPI 14624)

Figura F – Valva ventral interna (MPI 15247 A/B)

Figura G – Valva dorsal interna (MPI 18603)

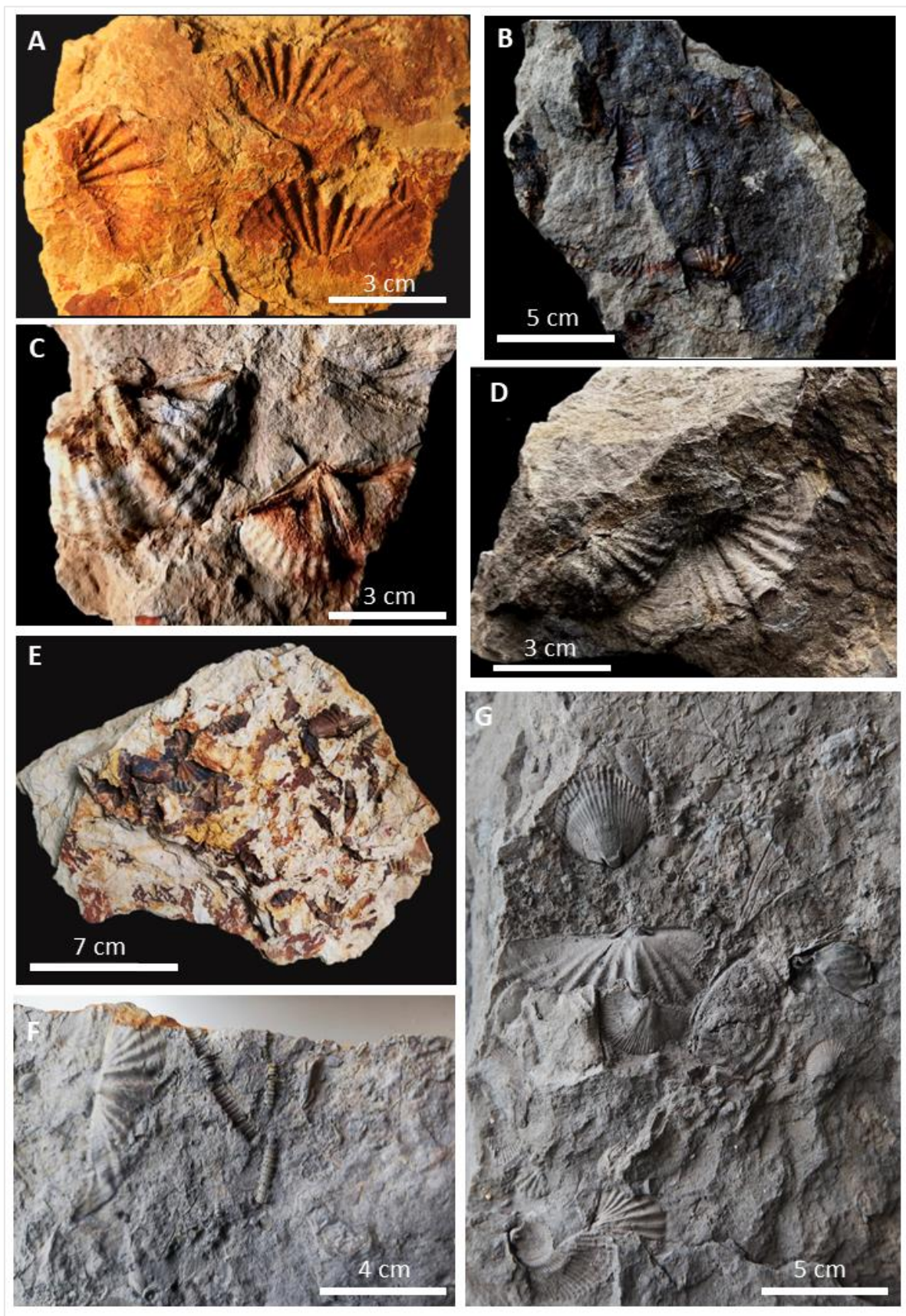
Figura H – Valva dorsal interna (MPI 15802)



Fonte: a autora.

APÊNDICE D – ESTAMPA 4

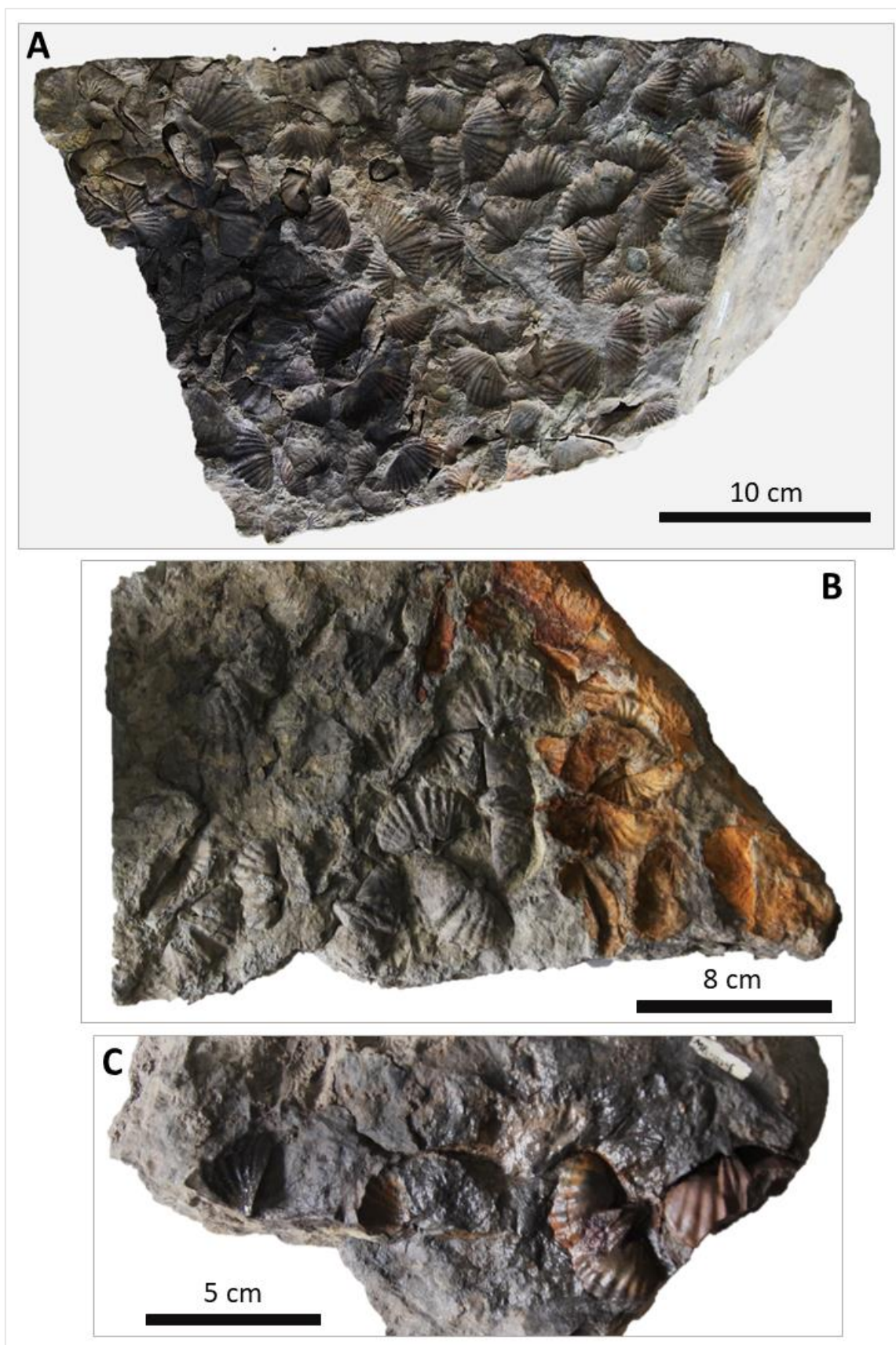
Estampa 3 – Classes tafonômicas I e II. (A/B) classe tafonômica I; (C/D) classe tafonômica II; (E/F/G) classe tafonômica I.



Fonte: a autora.

APÊNDICE E – ESTAMPA 5

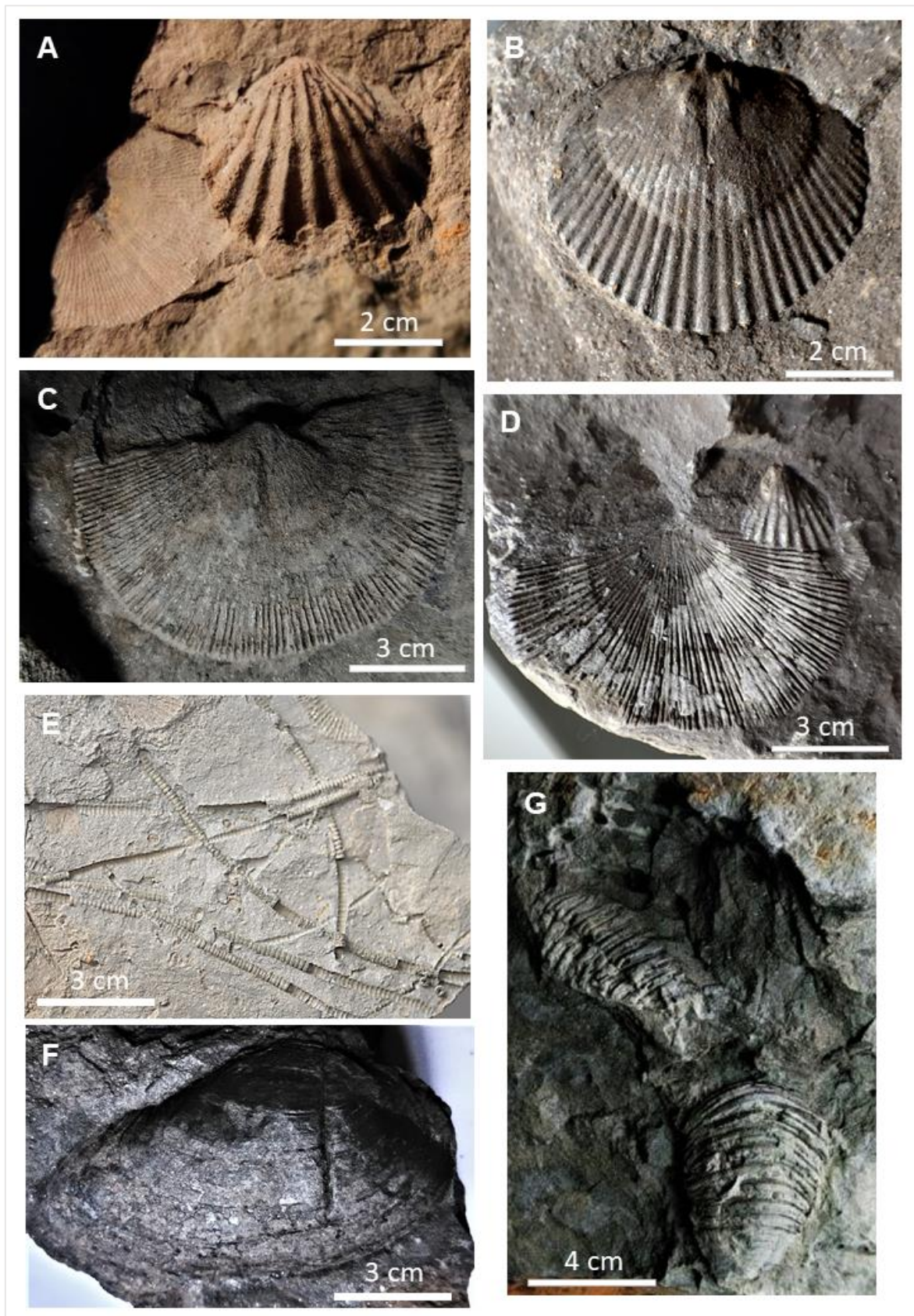
Estampa 4 – Classe tafonômica III. (A/B/C) classe tafonômica III.



Fonte: a autora.

APÊNDICE F – ESTAMPA 6

Estampa 5 – Fauna associada. (A) *Australocoelia palmata* e *Strophomenata*; (B) *Derbyina* sp.; (C) *Strophomenata*; (D) *Schellwienella* e *Australocoelia* sp.; (E) *Crinoide*; (F) *Nuculites* sp.; (G) Homalonotideo.



Fonte: a autora.