

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

GABRIELI GOLTZ

BRAQUIÓPODES DA CLASSE STROPHOMENATA COMO INDICADORES
PALEOAMBIENTAIS NO DEVONIANO DA BACIA DO PARANÁ

PONTA GROSSA

2023

GABRIELI GOLTZ

BRAQUIÓPODES DA CLASSE STROPHOMENATA COMO INDICADORES
PALEOAMBIENTAIS NO DEVONIANO DA BACIA DO PARANÁ

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: Prof. Dr. Elvio Pinto Bosetti

Coorientador: Me. Roberto Videira-Santos

PONTA GROSSA

2023

G629 Goltz, Gabrieli
Braquiópodes da Classe Strophomenata como indicadores paleoambientais no Devoniano da Bacia do Paraná / Gabrieli Goltz. Ponta Grossa, 2023.
134 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. Rhynchonelliformea. 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

GABRIELI GOLTZ

BRAQUIÓPODES DA CLASSE STROPHOMENATA COMO INDICADORES PALEOAMBIENTAIS NO DEVONIANO DA BACIA DO PARANÁ

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre 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)

Prof. Dr. Hugo Schmidt Neto - UNISINOS

Prof. Dr. Willian Mikio Kurita Matsumura - UFPI



Documento assinado eletronicamente por **Elvio Pinto Bosetti, Professor(a)**, em 12/09/2023, às 16:45, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Willian Mikio Kurita Matsumura, Usuário Externo**, em 14/09/2023, às 11:27, conforme Resolução UEPG CA 114/2018 e art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

A autora do presente trabalho gostaria de externar os mais sinceros agradecimentos às pessoas e entidades que cooperaram de alguma forma neste ciclo, e para a elaboração deste trabalho:

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento durante este projeto.

Ao Prof. Dr. Elvio Pinto Bosetti, meu orientador, pela oportunidade única, pela dedicação, paciência e confiança, e também por mostrar-me o mundo da Paleontologia.

Ao Me. Roberto Videira-Santos pela coorientação deste trabalho e amizade, pela paciência, considerações e auxílio nas discussões taxonômicas, bem como nas demais discussões.

Ao Grupo Palaios – Paleontologia Estratigráfica da Universidade Estadual de Ponta Grossa/CNPq, pelos trabalhos de campo e laboratoriais. Em especial aos meus colegas Kevin William Richter, Isabelle Tavares, Iniwara Kurovski e Luana Oliveira por todo o auxílio até o presente momento.

Ao Prof. Dr. William Mikio Kurita Matsumura e ao Prof. Dr. Hugo Schmidt Neto pela participação na banca de qualificação, seus apontamentos e questionamentos foram essenciais para a conclusão deste trabalho. Agradeço também pelo aceite ao convite para compor a banca final deste trabalho.

Aos professores do programa de Pós-graduação em Geografia, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos meus pais Vilmar Goltz e Marlene Milek por acreditarem em mim, por todo esforço e dedicação para me proporcionar o acesso à educação, me incentivando sempre a continuar.

*We are one
We are a universe
Forebears of what will be
Scions of the devonian sea
Aeons pass
Writing the tale of us all
A day-to-day new opening
For the greatest show on Earth*

(The Greatest Show on Earth - Canção de Nightwish)

RESUMO

Os Strophomenata são braquiópodes Rhynchonelliformea caracterizados por apresentarem conchas com charneira estrófica, essencialmente plano-convexas ou côncavas-convexas, pseudopontuadas, sendo esta última uma característica importante na distinção entre os demais braquiópodes. A Classe Strophomenata inclui quatro grandes ordens, Strophomenida, Productida, Orthotetida e Billingsellida que juntas contêm mais de um terço de todos os gêneros paleozoicos descritos de braquiópodes articulados. Deste modo, o principal objetivo deste trabalho foi elucidar como se distribuem os representantes da classe Strophomenata nos depósitos devonianos da Formação Ponta Grossa na Bacia do Paraná. Relevando sua taxonomia, seus atributos ecológicos, posicionamento estratigráfico e sua distribuição estratigráfica no arcabouço de sequências regional. Para tanto, foram processadas 660 amostras coletadas durante o Projeto Técnico de Salvamento Paleontológico contendo o grupo biológico de interesse. Os trabalhos laboratoriais envolveram a curadoria, garantindo sua integridade, documentação, proteção e conservação, além da identificação taxonômica acurada, realizada de acordo com as regras de nomenclatura zoológica e a partir de parâmetros quantitativos, também foi realizada a descrição das feições sedimentares e tafonômicas presentes nas amostras. Através da análise taxonômica identificou-se sete espécies: *Australostrophia mesembria*, *Babinia parvula*, *Kentronetes? iclaense*, *Sanjuanetes* sp., *Pleurochonetes falklandicus*, *Pleurochonetes sucuroi?* e *Schellwienella* sp. Sendo o primeiro registro de *Sanjuanetes* sp. na borda leste da Bacia do Paraná. As análises tafonômicas revelaram seis modos de ocorrência para o Strophomenata da Formação Ponta Grossa que podem ser associados a três tafofácies distintas, caracterizando ambientes que vão do *shoreface* inferior ao *offshore*. A distribuição paleobatimétrica dos espécimes identificados demonstrou que o Strophomenata presentes no Devoniano da Bacia do Paraná podem ser considerados bons indicadores paleobatimétricos e estão associados aos ciclos transgressivos.

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

ABSTRACT

The Strophomenata are Rhynchonelliformea brachiopods characterized by having shells with strophic hinge, essentially plano-convex or concave-convex, pseudopontuate, the latter being an important feature in distinguishing them from other brachiopods. The Class Strophomenata includes four major orders, Strophomenida, Productida, Orthotetida and Billingsellida that together contain more than one third of all described Paleozoic genera of articulated brachiopods. Thus, the main objective of this work was to elucidate how the representatives of the class Strophomenata are distributed in the Devonian deposits of the Ponta Grossa Formation in the Paraná Basin. Highlighting their taxonomy, ecological attributes, stratigraphic position and stratigraphic distribution in the regional sequence framework. For this purpose, 660 samples collected during the Technical Project of Paleontological Salvage containing the biological group of interest were processed. The laboratory work involved curation, ensuring its integrity, documentation, protection and conservation, as well as accurate taxonomic identification, carried out according to the rules of zoological nomenclature and based on quantitative parameters, the description of the sedimentary and taphonomic features present in the samples was also carried out. Through the taxonomic analysis, seven species were identified: *Australostrophia mesembria*, *Babinia parvula*, *Kentronetes? iclaense*, *Sanjuanetes* sp., *Pleurochonetes falklandicus*, *Pleurochonetes sucuroi?* and *Schellwienella* sp. Being the first record of *Sanjuanetes* sp. in the eastern edge of the Paraná Basin. Taphonomic analyses revealed six modes of occurrence for Strophomenata from the Ponta Grossa Formation that can be associated with three distinct taphofacies characterizing environments ranging from the lower shoreface to the offshore. The paleobathymetric distribution of the identified specimens showed that the Strophomenata present in the Devonian of the Paraná Basin can be considered an adequate tool to infer the paleobathymetric of the fossil record. They also are associated with transgressive cycles.

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

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área do empreendimento. A área em amarelo compreende a área do empreendimento em sua totalidade. As áreas em verde compreendem os pontos onde afloram as rochas com conteúdo fossilífero.	20
Figura 2 - Coletas de campo. (A) Maquinário utilizado para a retirada dos blocos de rochas e terraplanagem; (B) Áreas expostas após a terraplanagem; (C) e (D) Curadoria do material ainda em campo; (E) Montículos de rochas para a coleta manual.	22
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.....	31
Figura 4 - Mapa simplificado geológico simplificado com ênfase no Arco de Ponta Grossa, indicando os principais alinhamentos de zonas de falha associadas com o soerguimento do referido arco na borda leste da bacia.	32
Figura 5 – Mapa geológico da Bacia do Paraná indicando as seis supersequências que compõem e preenchem a bacia.	33
Figura 6 – Grupo Campos Gerais de Grahn <i>et al.</i> (2013), localização no estado do Paraná e unidades litoestratigráficas aflorantes.....	34
Figura 7 - Arcabouço cronoestratigráfico de Grahn <i>et al.</i> (2013), correlacionando as unidades de Grahn (1992) e o arcabouço estratigráfico de Bergamaschi (1999).	37
Figura 8 – Sequências deposicionais de 3ª ordem e tratos de sistemas siluro-devonianos da sub-bacia de 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.	41
Figura 9 - Localização da área de estudo e áreas adjacentes já descritas aflorantes na Seção Nordeste de Ponta Grossa, Paraná.	42
Figura 10 – Coluna Bosque Mistral e correlação da seção com as seções já descritas em áreas adjacentes.	43
Figura 11 – Principais características da Classe Strophomenata. (A) Espinhos desenvolvidos e pseudopontuações, vista ventral; (B) Charneira estrófica, vista dorsal; (C) Concha côncavo-convexa; (D) Concha plano-convexa.....	50
Figura 12 – Características morfológicas dos Orthotetidina. 1) interior da valva ventral; 2) valva dorsal de “ <i>Schuchertella</i> ”, <i>chilidium</i> e estruturas adjacentes.	51

Figura 13 – Características morfológicas dos Chonetidina. 1 – Morfologia externa de um indivíduo completamente articulado, 1a- valva ventral, 1b – valva dorsal, 1c- detalhe da valva dorsal; 2- interior da valva ventral; 3- interior da valva dorsal de um Anopliidae; 4-interior da valva dorsal de um Strophochonetidae.....	53
Figura 14 – Espinhos de Chonetidina e numeração. 1-3: distribuição dos espinhos ao longo da charneira, 1 – espinhos simétricos, 2-espinhos parcialmente assimétricos, 3- espinhos completamente assimétricos; 4 – espinhos ortomorfo perpendicular; 5- espinhos ortomorfo oblíquo; 6 – espinhos ortomorfo paralelo; 7 – espinhos citomorfo intraversado; 8 – espinhos citomorfo geniculado intraversado; 9- espinhos citomorfo extraversado.....	55
Figura 15 – Posição da concha em relação ao substrato e ao nível de topo do mesmo. (A) convexo para baixo (<i>convex-down</i>); convexa para cima (<i>convex-up</i>) e concavo para baixo (<i>concave-down</i>). (B) Valva ventral (pedicular) voltada para baixo, em contato direto com o substrato e valva dorsal (braquial) é voltada para cima.	58
Figura 16 – Hábito de vida semi-infaunal de Productida <i>Waagenoconcha</i> , segundo Grant (1965,1966).....	59
Figura 17 – Hábito de vida infaunal proposto por Stanley (2020).....	63
Figura 18 – Características de <i>Australostrophia mesembria</i> . (A) MPI 17591 - interior da valva ventral; (B) MPI 17542 - interior da valva dorsal; (C) Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de <i>Australostrophia mesembria</i> . Escala de 10 mm.	68
Figura 19 – Características de <i>Babinia parvula</i> . (A) MPI 16975 - interior da valva ventral; (B) Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de <i>Babinia parvula</i> . Escala de 10 mm.....	72
Figura 20 – Características de <i>Kentronetes? iclaense</i> . (A) MPI 15418 - interior da valva ventral; (B) Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de <i>Kentronetes? iclaense</i> . Escala de 10 mm.....	75
Figura 21 – Características de <i>Sanjuanetes</i> sp. (A) MPI 17592-1 - interior da valva ventral; (B) MPI 17592-1 - valva dorsal. Escala de 1 mm.	78
Figura 22 – Características de <i>Pleurochonetes falklandicus</i> . (A) MPI 16938 B - interior da valva ventral; (B) MPI 14851 - espinhos; (C) MPI 17281 – interior dorsal; (D) Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de <i>Pleurochonetes falklandicus</i> . Escala de 10 mm.	82
Figura 23 – Características de <i>Pleurochonetes surucoi?</i> . MPI 14406-1 - interior da valva ventral. Escala de 10 mm.....	85

Figura 24 – Características de <i>Schellwienella</i> sp. (A) MPI 16821 - interior da valva ventral; (B) Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de <i>Schellwienella</i> sp. Escala de 10 mm.....	87
Figura 25 – Distribuição das classes tafonômicas na Seção Bosque Mistral.	92
Figura 26 – Tafofácies e propriedades tafonômicas na seção Bosque Mistral.	97
Figura 27 – Evidências dos espinhos sendo utilizados para estabilização e fixação. Reconstrução do hábito de vida semi-infaunal.....	100
Figura 28 – Evidências das bases espinais. Escala de 10 mm.....	105
Figura 29 – Distribuição da espécies identificadas na seção Bosque Mistral e distribuição paleobatimétrica.	107
Figura 30 – Reconstrução da paleocomunidade <i>Notiochonetes</i> (<i>Pleurochonetes</i>). <i>Schellwienella</i> sp. representando a estratégia de snowshoe e chonetáceos adotando o hábito de vida semi-infaunal.....	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Aspectos tafonômicos e respectivas interpretações. Para o significado das assinaturas foram utilizados os trabalhos de Brett e Baird (1968), Speyer e Brett (1988), Holz e Simões (2002), Kidwell, Fürsich e Aigner (1986), Kidwell e Bosence (1991) e Horodyski (2014).....	26
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Avaliação do tamanho da concha segundo Racheboeuf (2000) e Fonseca (2001), onde C = comprimento, < = “menor que” e > = “maior que”.....	24
Tabela 2 - Alongamento transversal segundo Fonseca (2001), onde C = comprimento, L = largura. < = “menor que” e > = “maior que”.	24
Tabela 3 – Representação estratigráfica da Série Paraná segundo Petri (1948).....	35
Tabela 4 – Representação litoestratigráfica da divisão tripartite da Formação Ponta Grossa, conforme Lange e Petri (1967).	36
Tabela 5 - Nome dos táxons, sinónimas e ocorrências (formações Ponta Grossa e São Domingos).....	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Proporção dos espécimes identificados na seção Bosque Mistral.103

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	19
3.2 PROCEDIMENTOS DE COLETA	19
3.3 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS	23
3.4 PARÂMETROS QUANTITATIVOS UTILIZADOS NA TAXONOMIA	24
3.5 IDENTIFICAÇÃO COM NOMENCLATURA ABERTA	25
3.6 ANÁLISE TAFONÔMICA	25
4. CONTEXTO GEOLÓGICO DA BACIA DO PARANÁ	30
4.1 GENERALIDADES	30
4.2 ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO	32
4.3 NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA E UNIDADES LITOLÓGICAS	34
4.3.1 Formação Furnas	38
4.3.2 Formação Ponta Grossa	38
4.3.3 Formação São Domingos	39
4.4 ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS	39
5 ÁREA DE ESTUDO	42
6 PROVÍNCIA MALVINOCÁFRICA	44
7 ESTADO DA ARTE – CLASSE STROPHOMENATA	45
8 CLASSE STROPHOMENATA	49
8.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS	49
8.2 ASPECTOS MORFOLÓGICOS	50
8.3 ESPINHOS	53

8.4 ASPECTOS ECOLÓGICOS.....	56
9 RESULTADOS E DISCUSSÕES	66
9.1 TAXONOMIA.....	66
9.2 CLASSES TAFONÔMICAS.....	90
9.3 TAFOFÁCIES.....	93
9.4 HÁBITO DE VIDA.....	97
9.5 PALEOBIOGEOGRAFIA.....	101
9.6 DISTRIBUIÇÃO E PALEOBATIMETRIA	102
9.7 PALEOCOMUNIDADE	108
10 CONCLUSÕES	109
REFERÊNCIAS.....	111
APÊNDICE A – ESTAMPA 1.....	125
APÊNDICE B – ESTAMPA 2	128
APÊNDICE C – ESTAMPA 3.....	131
APÊNDICE D – ESTAMPA 4.....	133

1 INTRODUÇÃO

Estudos sobre os macroinvertebrados fósseis da Fauna Malvinocáfrica nos estratos devonianos da Bacia do Paraná são numerosos e tem sido objeto de estudo há mais de um século de pesquisas, sendo o trabalho de Clarke (1913), o marco inicial das pesquisas na região. Posteriormente, diversos grupos de invertebrados foram estudados e revisados, devido sua importância geológica e paleoambiental (CERRI, 2013). Embora muitos grupos tenham sido estudados e revisados, foi somente a partir das décadas de 1970 e 1980 que a Tafonomia firma-se no cenário da paleontologia mundial, trazendo com ela uma abordagem voltada para a gênese dos estratos, ocorrência e distribuição da macrofauna (HOLZ; SIMÕES, 2002). Estudos tafonômicos de alta resolução, que utilizam a estratigrafia de sequências, passaram a ser amplamente utilizados 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. 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; MYSZYNSKI-JUNIOR, 2018).

Dentre os braquiópodes preservados nos depósitos devonianos da Bacia do Paraná, destacam-se os representantes da classe Strophomenata. A Classe Strophomenata apresenta inúmeros representantes e formas variadas, todas extintas (CLARKSON, 1998), e inclui quatro grandes ordens, Strophomenida, Productida, Orthotetida e Billingsellida que juntas contêm mais de um terço de todos os gêneros paleozoicos descritos de braquiópodes articulados (STANLEY, 2020). Durante o período Devoniano, os Productida e os Orthotetida juntos representavam cerca de 20% a 30% dos gêneros de braquiópodes durante esse intervalo. Os Strophomenata caracterizam-se por apresentar conchas côncavo-convexas ou plano-convexas pseudopontuadas (WILLIAMS; BRUNTON; COCKS, 2000). Possuindo uma ampla distribuição geográfica e estratigráfica, compreendendo o intervalo entre o Cambriano e o Permiano. Na Bacia do Paraná, são encontrados nas formações Ponta Grossa e São Domingos.

Os primeiros registros de Strophomenata nos depósitos devonianos da Bacia do Paraná, no estado do Paraná, foram feitos no final do século XIX por Clarke (1913). Deste então, mesmo com o avanço dos estudos de ordem paleoecológica e tafonômica, a Classe Strophomenata tem passado despercebida. Exceto pelos estudos de cunho taxonômico (KOZLOWSKI, 1913; MELO, 1985; SOUZA, 2007; CERRI, 2013; VIDEIRA-SANTOS, 2020; VIDEIRA-SANTOS *et al.*, 2022 a, b) poucas considerações tafonômicas, paleoecológicas, paleogeográficas e bioestratigráficas foram feitas. Portanto, o objetivo elucidar como se distribuem os representantes da classe Strophomenata nos depósitos devonianos da região dos Campos Gerais do Paraná. Relevando sua taxonomia, seus atributos ecológicos, posicionamento estratigráfico e sua distribuição estratigráfica no arcabouço de sequências regional.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo teve como objetivo compreender como se distribuem os representantes da classe Strophomenata nos depósitos da Formação Ponta Grossa (Devoniano Inferior). Relevando sua taxonomia, seus atributos ecológicos, posicionamento estratigráfico e sua distribuição estratigráfica no arcabouço de sequências regional.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I) Promover a análise taxonômica dos espécimes e distribuí-los no arcabouço estratigráfico regional;
- II) Efetuar análise tafonômica das associações por meio da identificação de classes tafonômicas e tafofácies;
- III) Caracterizar a paleoecologia dos depósitos, a partir da fauna fóssil de invertebrados;
- IV) Identificar a fauna associada;
- V) Utilizar os Strophomenata da Formação Ponta Grossa como uma ferramenta para a interpretação de eventos sedimentares e a sucessão desses eventos no registro geológico, além de formular um modelo tafonômico aplicável para outras bacias paleozoicas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

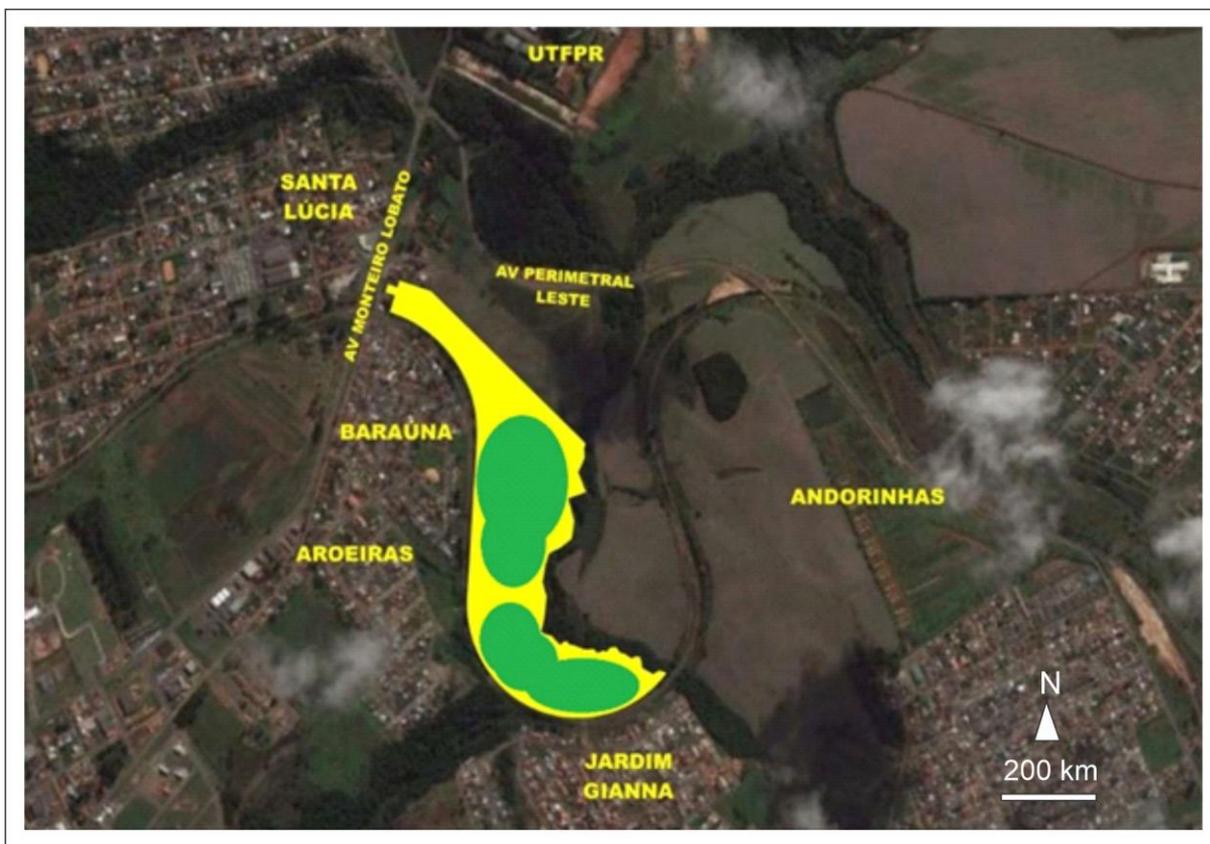
3.1 FONTES

A revisão bibliográfica possibilitou o embasamento teórico sobre a temática abordada, caracterização geológica, estratigráfica, paleoecológica, taxonômica e tafonômica regional, além de oferecer o aprofundamento sobre o estado da arte das pesquisas sobre os Strophomenata nos estratos devonianos da Bacia do Paraná. Para tanto, efetuou-se o 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 nacionais e internacionais, utilizando as bases de dados científicos: Portal periódicos (CAPES), SciELO (Scientific Electronic Library Online), SciVerse Scopus e WOS (Web of Science).

3.2 PROCEDIMENTOS DE COLETA

Os fósseis estudados foram coletados em afloramentos da Formação Ponta Grossa, localizados no interior do empreendimento Bosque Mistral Condomínio, na área urbana do município de Ponta Grossa, Paraná. Por solicitação da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, 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 (Figura 1). Sendo assim, em 2019 foi elaborado o *Projeto Técnico de Salvamento Paleontológico*, registrado na Agência Nacional de Mineração (ANM) – sob número 48051.000800/2109-70 do qual a autora participou. O projeto envolveu aproximadamente cinco meses de coleta intensiva e previu o acompanhamento da retirada dos blocos de rochas (BOSETTI *et al.*, 2021; GOLTZ; BOSETTI, 2020; GOLTZ *et al.*, 2021).

Figura 1 – Área do empreendimento. A área em amarelo compreende a área do empreendimento em sua totalidade. As áreas em verde compreendem os pontos onde afloram as rochas com conteúdo fóssilífero.



Fonte: adaptado de Google Maps (2023).

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 e tratores (Figura 2 A e B). Os blocos de rochas retirados foram organizados de acordo com seus níveis de origem em montículos para a coleta manual (Figura 2 E). Para a prospecção dos fósseis foram utilizados equipamentos de uso braçal como martelos estratigráficos, picaretas, talhadeiras, martelos perfuradores e rompedores *Bosch*, movidos a bateria e geradores. Quando possível as coletas foram realizadas diretamente nos paredões expostos durante o processo de terraplanagem, desta forma, foi possível ter acesso à rocha fresca, posicionar as inotramas e demais estruturas sedimentares do sítio.

As amostras coletadas passaram por um processo de curadoria prévia ainda em campo, principalmente, aquelas que necessitavam de mais cuidado devido à raridade ou fragilidade da amostra (Figura 2 C e D). 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.

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).

Figura 2 - Coletas de campo. (A) Maquinário utilizado para a retirada dos blocos de rochas e terraplanagem; (B) Áreas expostas após a terraplanagem; (C) e (D) Curadoria do material ainda em campo; (E) Montículos de rochas para a coleta manual.



Fonte: a autora.

3.3 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

Para este estudo foram processadas 660 amostras (~12% a 15% da seção estudada) coletadas durante o Projeto Técnico de Salvamento Paleontológico contendo o grupo biológico de interesse. Os trabalhos laboratoriais envolveram a curadoria, garantindo sua integridade, documentação, proteção e conservação, além das demais etapas descritas adiante. O processamento do material fóssil inclui as seguintes etapas (BOSETTI *et al.*, 2021):

- 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: por fim, 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. Para mais, o registro fotográfico foi efetuado com a câmera *Nikon D90*.

Após o processo de curadoria, 422 amostras com a classe biológica de interesse passaram pelo processo de descrição e identificação taxonômica acurada. Este procedimento foi realizado de acordo com as regras de nomenclatura zoológica e a partir da bibliografia especializada como, o *Treatise on Invertebrate Paleontology* (WILLIAMS *et al.*, 2000), da consulta à especialistas e de parâmetros quantitativos.

3.4 PARÂMETROS QUANTITATIVOS UTILIZADOS NA TAXONOMIA

Para a avaliação do tamanho e alongamento transversal das conchas foi utilizado um paquímetro manual analógico utilizando os padrões propostos por Rachebouef (2000) e Fonseca (2001) para os Chonetoidea, conforme as tabelas a seguir. Salienta-se que o mesmo padrão foi utilizado para os Orthotetoidea.

Tabela 1 - Avaliação do tamanho da concha segundo Rachebouef (2000) e Fonseca (2001), onde C = comprimento, < = “menor que” e > = “maior que”.

TAMANHO DA CONCHA	COMPRIMENTO (C)
Muito pequena	$C < 5 \text{ mm}$
Pequena	$5 \text{ mm} < C < 10 \text{ mm}$
Média	$10 \text{ mm} < C < 20 \text{ mm}$
Grande	$20 \text{ mm} < C < 30 \text{ mm}$
Muito grande	$C > 30 \text{ mm}$

Fonte: adaptado de Rachebouef (2000) e Fonseca (2001).

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 IDENTIFICAÇÃO COM NOMENCLATURA ABERTA

A identificação segura de um Strophomenata engloba a análise dos interiores e exteriores das valvas ventrais e dorsais. Contudo, nem sempre essas características estavam claras e disponíveis nos exemplares estudados devido ao estado de preservação que se encontravam. Portanto, a nomenclatura aberta foi utilizada neste estudo. Contudo, o uso da nomenclatura aberta deve seguir um padrão. Na presente dissertação adotaram-se as seguintes recomendações de Bengtson (1988):

- aff: é utilizada para nomear um táxon que apresenta afinidades com um táxon já conhecido, contudo o material é insuficiente para nomear um novo táxon com segurança. Por exemplo, aff. *Genus species* (para um possível novo gênero de espécie já existente), *Genus aff. species* (para uma possível nova espécie) e aff. *Genus aff. species* (para possíveis novas espécies e gêneros);
- cf: a abreviatura cf. é utilizada para indicar designações provisórias como nos exemplos cf. *Genus species* (o gênero é provisório), *Genus cf. species* (a espécie é provisória) e cf. *Genus cf. species* (tanto o gênero quanto a espécie são provisórias);
- ?: um sinal de interrogação (?) indica que a identificação é incerta como nos exemplos: *Genus? species* (o gênero é incerto), *Genus species?* (a espécie é incerta) e *Genus? species?* (tanto o gênero quanto a espécie são incertos).

3.6 ANÁLISE TAFONÔMICA

Após as diversas etapas de preparação e análises taxonômicas, iniciou-se o processo de descrição das feições sedimentares e tafonômicas presentes nas amostras. Os aspectos tafonômicos e interpretações consideradas na análise tafonômica estão resumidos no Quadro 1 e 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 1 - Aspectos tafonômicos e respectivas interpretações. Para o significado das assinaturas foram utilizados os trabalhos de Brett e Baird (1986), Speyer e Brett (1988), Holz e Simões (2002), Kidwell, Fürsich e Aigner (1986), Kidwell e Bosence (1991) e Horodyski (2014).

(continua)

ASSINATURA TAFONÔMICA	DESCRIÇÃO E SIGNIFICADO	REFERÊNCIAS
Desarticulação	<p>Processo <i>post-mortem</i> de separação da estrutura esquelética. Em bivalves a separação de esqueletos ocorre rapidamente, entre algumas semanas ou poucos dias, sendo causada pela necrólise e/ou agitação da água. A desarticulação é maior onde a taxa de sedimentação é menor, as acumulações de restos esqueléticos são continuamente retrabalhadas pela ação de ondas e demais agentes. Em ambientes mais profundos, a entrada de sedimentos permanece alta e a energia hidrodinâmica diminui gradualmente, dessa forma os depósitos estão menos sujeitos a amalgamação, sendo mais propícios à preservação. Ambientes anaeróbios retardam a desarticulação dos restos esqueléticos. Como em bivalves as valvas podem permanecer unidas pelo ligamento, caracterizando as chamadas valvas em borboleta (<i>butterfly</i>), este modo de preservação sugere regimes de alta sedimentação de fundo. Bivalves articulados e fechados são uma boa indicação de morte por eventos episódicos.</p>	<p>Brett e Baird (1986)</p> <p>Speyer e Brett (1988)</p> <p>Holz e Simões (2002)</p>

Quadro 2 - Aspectos tafonômicos e respectivas interpretações. Para o significado das assinaturas foram utilizados os trabalhos de Brett e Baird (1986), Speyer e Brett (1988), Holz e Simões (2002), Kidwell, Fürsich e Aigner (1986), Kidwell e Bosence (1991) e Horodyski (2014).

(continuação)

<p>Fragmentação</p>	<p>Processo <i>post-mortem</i> de origem hidráulica (mecânica) ou biogênica. A suscetibilidade dos restos esqueléticos depende da morfologia da concha, da estrutura do esqueleto e da distribuição ecológica. Ondas e correntes atuando sobre o substrato (areia e cascalho) são agentes mais efetivos na fragmentação de conchas de organismos marinhos. No entanto, sob condições de correntes turbulentas, conchas pequenas e finas podem ser colocadas em suspensão, sendo transportadas “flutuando” acima do substrato. Dessa forma, o grau de fragmentação dessas conchas é menor em relação às conchas maiores e mais pesadas, que são transportadas junto ao substrato sofrendo atrito com o fundo e outros bioclastos. A influência dos processos mecânicos diminui em águas mais profundas, fornecendo um índice geral útil na discriminação de fácies costeiras.</p>	<p>Speyer e Brett (1988)</p> <p>Holz e Simões (2002)</p>
----------------------------	--	--

Quadro 3 - Aspectos tafonômicos e respectivas interpretações. Para o significado das assinaturas foram utilizados os trabalhos de Brett e Baird (1986), Speyer e Brett (1988), Holz e Simões (2002), Kidwell, Fürsich e Aigner (1986), Kidwell e Bosence (1991) e Horodyski (2014).

(continuação)

<p>Posição</p>	<p>Identificação do bioclasto em relação ao plano de acamamento no registro sedimentar controlada pelo ciclo exógeno, ou não, antes do soterramento final, comparado com o hábito de vida original do taxón estudado. Os bioclastos podem estar paralelos/concordantes, perpendiculares ou oblíquos em relação ao plano de acamamento. Bioclastos paralelos ao plano indicam a concorrência de eventos de redeposição, onde os fragmentos bioclásticos ou as conchas não foram colocadas em suspensão. O registro em posição perpendicular, ou em ângulo reto, é originada pela atuação de correntes e ondas oscilatórias sobre locais com grandes acúmulos de conchas. No entanto, esse tipo de biofábrica pode resultar da preservação <i>in situ</i> de invertebrados marinhos solitários (bivalves escavadores) ou gregários (braquiópodes, bivalves da epifauna bissada). A posição oblíqua é resultado da interferência unidirecional, maré ou da ação de organismos escavadores, que posicionam os bioclastos imbricados.</p>	<p>Kidwell, Fürsich e Aigner (1986)</p> <p>Kidwell e Bosence (1991)</p> <p>Horodyski (2014)</p>
-----------------------	--	---

Quadro 4 - Aspectos tafonômicos e respectivas interpretações. Para o significado das assinaturas foram utilizados os trabalhos de Brett e Baird (1986), Speyer e Brett (1988), Holz e Simões (2002), Kidwell, Fürsich e Aigner (1986), Kidwell e Bosence (1991) e Horodyski (2014).

(conclusão)

<p>Orientação</p>	<p>A orientação está intimamente ligada à energia do meio, forma e densidade dos bioclastos. De maneira geral, fósseis marinhos preservados em posição de vida (<i>in situ</i>), ou seja, que não sofreram transporte ou reorientação, são excelentes indicativos de sedimentações episódicas. Por outro lado, conchas de animais desarticulados podem sugerir inferências sobre as condições hidráulicas atuantes. Na orientação unimodal, a maioria dos bioclastos aponta para um mesmo sentido. Já na orientação bimodal, os bioclastos são orientados por ondas e fluxos oscilatórios que os orientam perpendicularmente à direção das ondas, onde parte dos elementos apontará num sentido, parte para o outro. Isso ocorre devido à ação do movimento orbital da água junto da interface água/sedimento.</p>	<p>Kidwell e Bosence (1991)</p> <p>Holz e Simões (2002)</p>
--------------------------	--	---

Fonte: a autora.

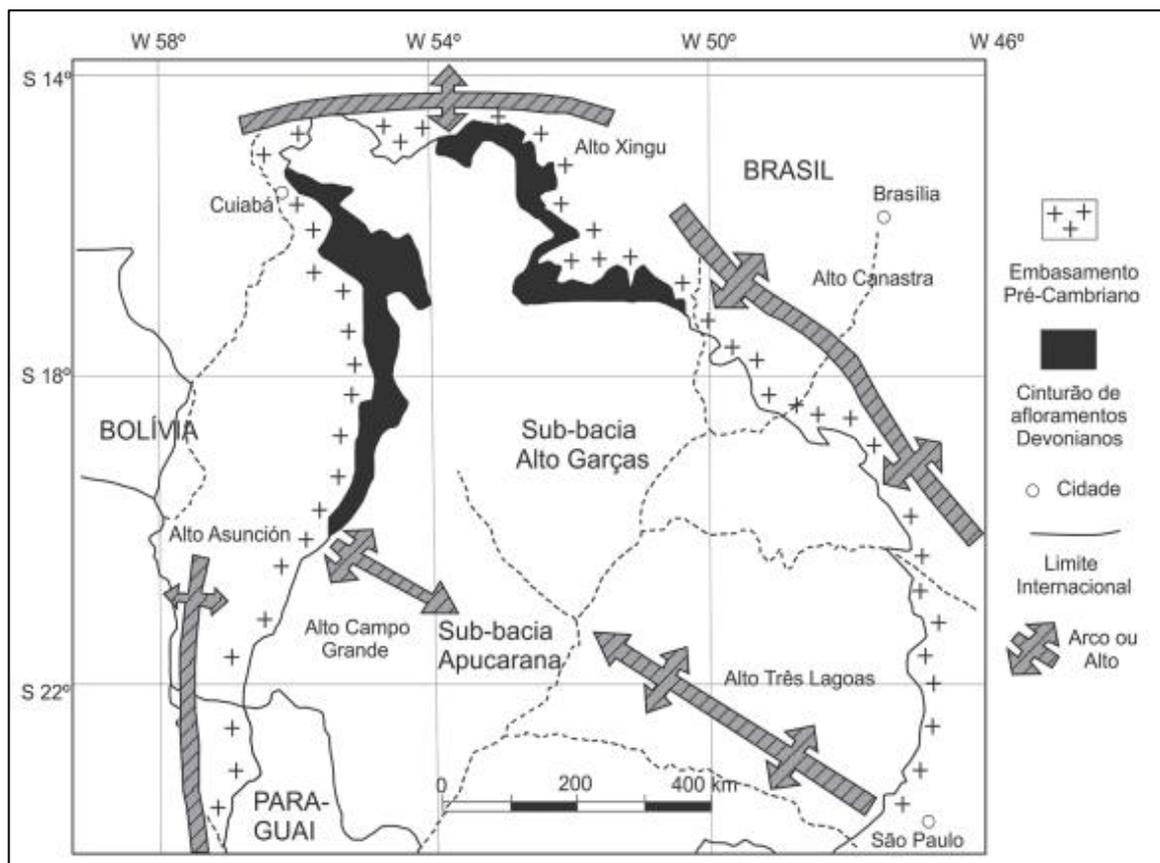
4 CONTEXTO GEOLÓGICO DA BACIA DO PARANÁ

4.1 GENERALIDADES

A Bacia Sedimentar do Paraná é uma ampla bacia intracratônica de natureza policíclica que cobria porções do sudoeste da América do Sul durante o Paleozoico e o Mesozoico, possuindo cerca de 1.500.000km² com cerca de 8 km de profundidade (BERGAMASCHI, 1999; MILANI, 2004; MILANI *et al.*, 2007a). A bacia evoluiu entre o neordoviciano e o neocretáceo, como um golfo aberto voltado para o oceano Panthalassa (MILANI; RAMOS, 1998), implementada na forma de depressões alongadas na direção NE-SW, sobre o substrato Pré-Cambriano (MILANI, 1997).

No Brasil, a Bacia do Paraná abrange porções dos estados do Paraná, Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, sendo composta no Devoniano por dois depocentros sedimentares: Sub-bacia de Alto Garças, ao norte, e Sub-bacia de Apucarana ao sul (GRAHN *et al.*, 2013; MELO, 1985). A Sub-Bacia de Apucarana é caracterizada por um ambiente mais profundo relacionado a oscilações do nível relativo do mar, que definem os ciclos transgressivos-regressivos, além disso, a predominância e espessura dos folhelhos reforçam essa concepção. Em contrapartida, a Sub-bacia de Alto Garças demonstra condições mais rasas, pelo fato de possuir seções mais arenosas (ASSINE, 1996; MILANI *et al.*, 2007b). As sub-bacias foram separadas pelo arco Três Lagoas e de Campo Grande e evoluíram de maneiras distintas (Figura 3), 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).

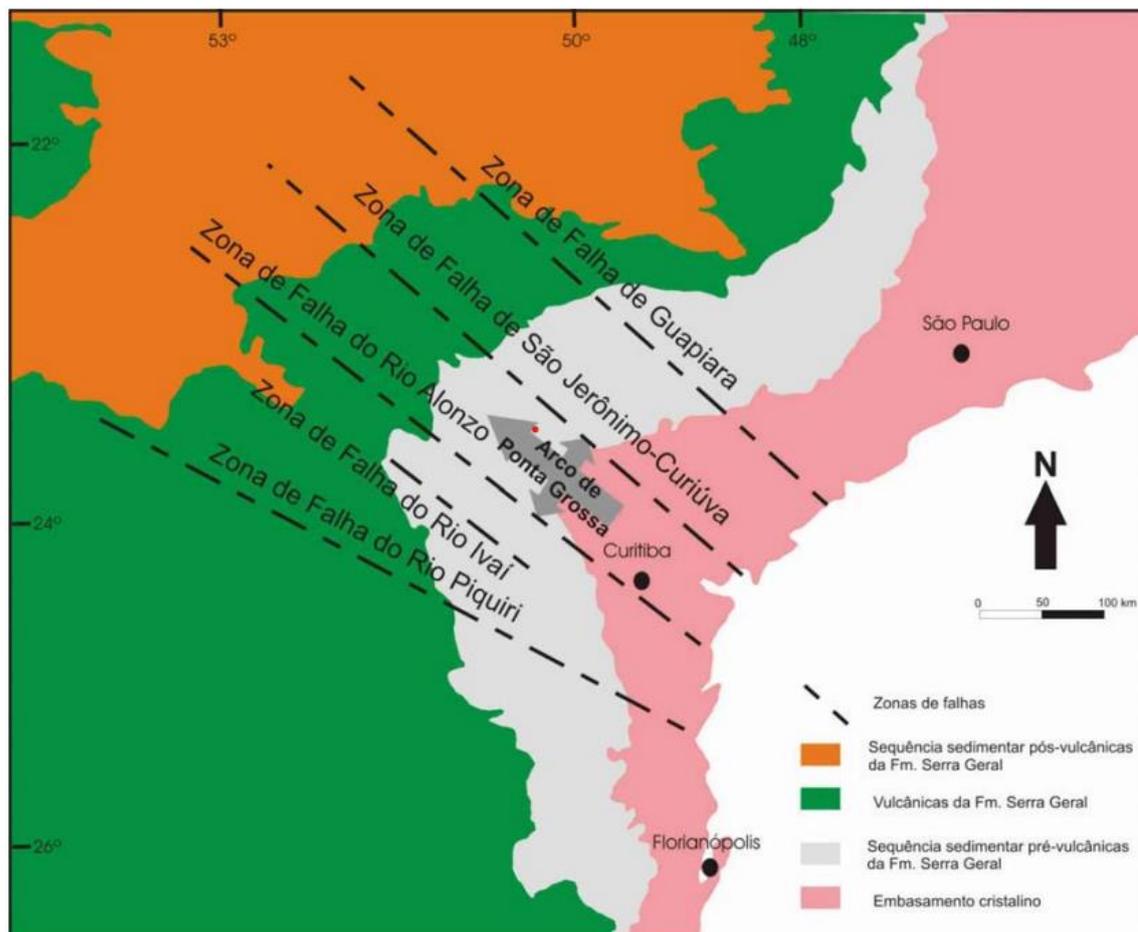
Figura 3 - Localização das sub-bacias Alto Garças e Apucarana. A figura mostra a separação das bacias pelo arco de Três Lagoas e de Campo Grande.



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

Na Sub-Bacia de Apucarana destaca-se o Arco de Ponta Grossa, uma feição estrutural alongada, com o eixo principal NW-SE, orientação herdada do embasamento (ZALÁN *et al.*, 1987), formando uma reentrância na borda da bacia. O Arco de Ponta Grossa representa o limite erosivo leste da Bacia do Paraná e é delimitado a nordeste pelo alinhamento de zonas de falha Guapiara e a sudoeste pelo alinhamento de zonas de falha Rio Piquiri (ALMEIDA, 1983; FERREIRA *et al.*, 1981; PORTELA-FILHO; FERREIRA, 2003; MACHADO JR., 2000, Figura 4). Conforme Zalán *et al.* (1990) o paralelismo entre os alinhamentos que constituem o Arco de Ponta Grossa é de origem tectônica, o soerguimento do arco ocorreu por meio de pulsos ascensionais, associado à abertura oceânica do Atlântico Sul, que perduraram entre o Cretáceo e o Neógeno. O soerguimento foi responsável pela retirada de uma sucessão sedimentar de mais de 2.500 m de espessura (ZANOTTO, 1993) expondo as rochas mais antigas da Bacia do Paraná, dentre elas as siluro-devonianas.

Figura 4 - Mapa simplificado geológico simplificado com ênfase no Arco de Ponta Grossa, indicando os principais alinhamentos de zonas de falha associadas com o soerguimento do referido arco na borda leste da bacia.

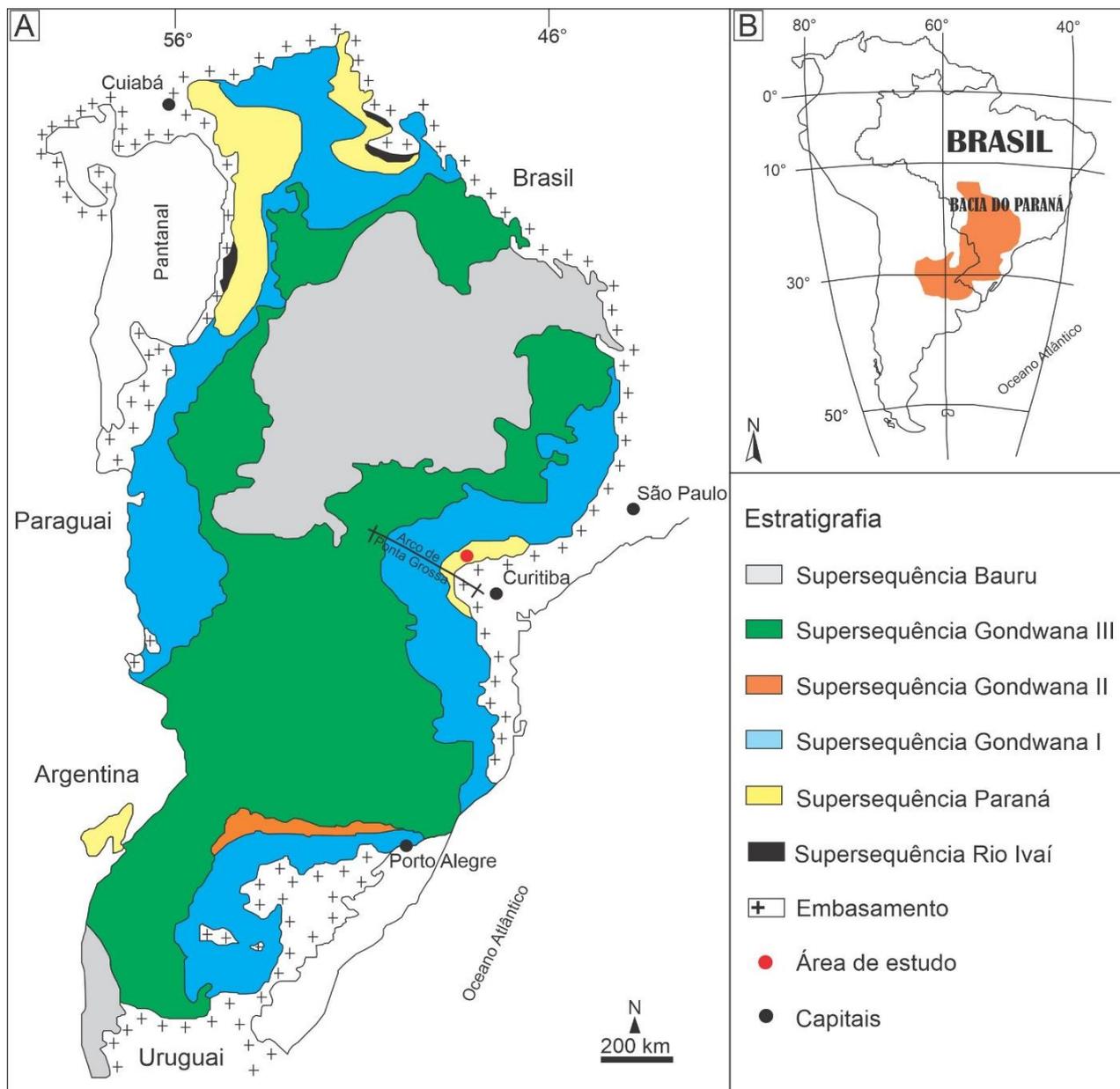


Fonte: adaptado de Pinese (1989) e Zalán *et al.* (1990) in Franco-Magalhães (2009).

4.2 ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO

Milani *et al.* (2007a) reconheceram seis supersequências que compõem e preenchem a bacia na forma de pacotes rochosos, os quais estão ligados a ciclos tectônicos e eustáticos: Rio Ivaí (Ordoviciano - Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (neocarbonífero - eotriássico), Gondwana II (meso - neotriássico), Gondwana III (neojurássico - eocretáceo) e Bauru (neocretáceo). As três primeiras correspondem a sucessões sedimentares que definem ciclos transgressivos-regressivos ligados a oscilações do nível relativo do mar durante o Paleozoico, enquanto as demais caracterizam pacotes sedimentares continentais com rochas ígneas associadas (Figura 5).

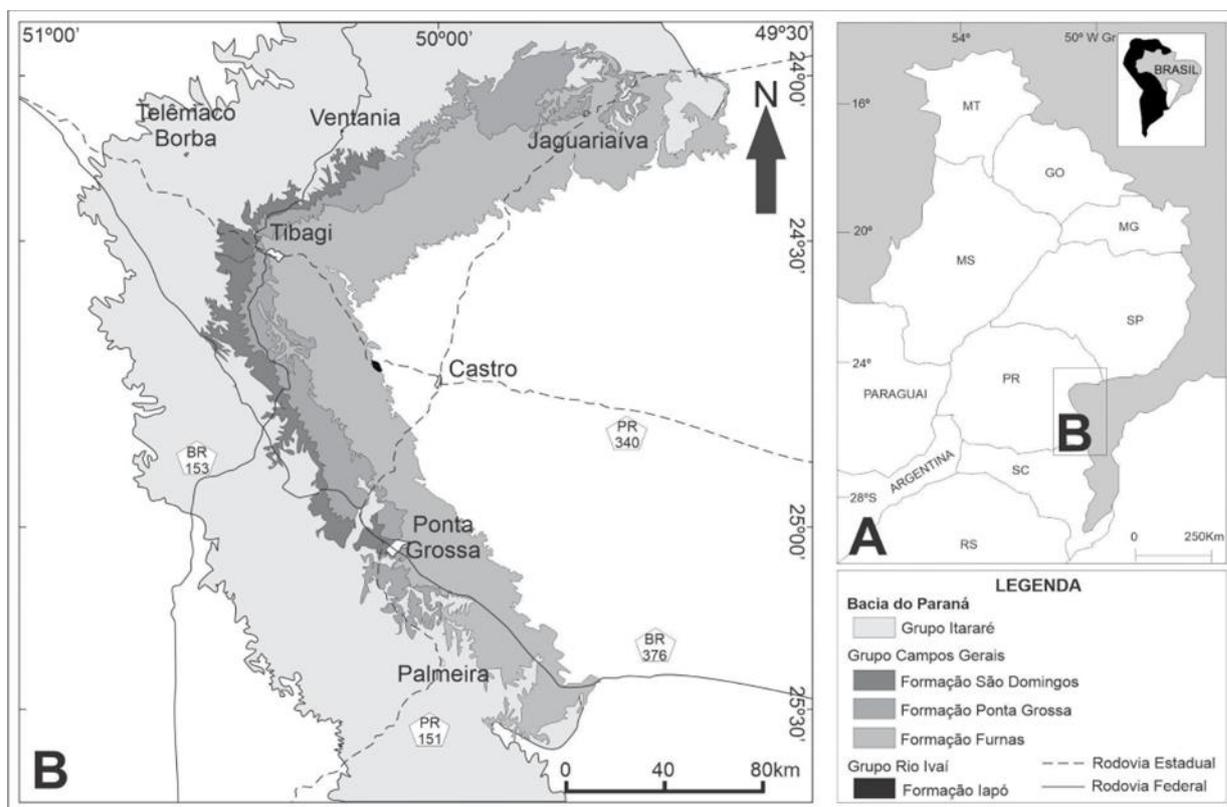
Figura 5 – Mapa geológico da Bacia do Paraná indicando as seis supersequências que compõem e preenchem a bacia.



Fonte: adaptado de Milani *et al.* (2007b) e Richter (2022).

A Supersequência Paraná é constituída pelo Grupo Campos Gerais (Figura 6). Grahn *et al.* (2013) reavaliou as camadas devonianas da Bacia do Paraná. Deste modo, o Grupo Campos Gerais é formado da base para o topo pelas formações Furnas, Ponta Grossa e São Domingos, incluso o membro Tibagi na base.

Figura 6 – Grupo Campos Gerais de Grahn *et al.* (2013), localização no estado do Paraná e unidades litoestratigráficas aflorantes.



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

4.3 NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA E UNIDADES LITOLÓGICAS

Foi com a Comissão Geológica do Império (1875-1877), constituída pelo governo do Imperador D. Pedro II, que as camadas de rochas sedimentares, contendo concentrações de invertebrados marinhos fósseis foram registradas no estado do Paraná (BOSETTI *et al.*, 2007). A mesma foi coordenada pelo geólogo Charles Friederich Hartt e como assistentes foram designados ainda os geólogos Orville A. Derby, Richard Rathbun, John Casper Branner e Herbert Smith. Ainda, fizeram parte os exploradores Elias Pacheco Jordão, Luther Wagoner, Francisco de Freitas e Marc Ferrez, atuando diretamente nos trabalhos de campo (BOSETTI *et al.*, 2007; LANGE, 1954).

Derby (1878) publicou a primeira notícia de caráter estritamente científico sobre a existência de rochas devonianas no sul do Brasil (BOSETTI *et al.*, 2007; BERGAMASCHI, 1999). Vale ressaltar que, até a primeira metade do século XIX, as notícias sobre fósseis brasileiros foram esporádicas e limitavam-se somente a informar o encontro destes, além disso, quase sempre estas notificações referiam-se

a grandes ossadas encontradas em escavações para poços d'água ou similares (CASSAB, 2010). Desta forma, é atribuída a Derby (1878) a primeira descrição com alguma extensão sobre a geologia e a paleontologia do Devoniano da Bacia do Paraná, Sub-bacia Apucarana.

As denominações dos estratos devonianos da Bacia do Paraná, que viriam a ser consagradas pelo uso por diversos pesquisadores subsequentes, foram designadas por Oliveira (1912). O autor dividiu os estratos, da base para o topo, nas seguintes subdivisões litoestratigráficas: “Grés de Furnas”, “Shistos de Ponta Grossa” e “Grés de Tibagi”. Posteriormente, uma quarta unidade foi acrescida por Maack (1947), sendo denominada de “Folhelhos São Domingos”.

Petri (1948) com o intuito de formalizar as unidades litoestratigráficas do Devoniano da Bacia do Paraná, discorre que em virtude de nenhum dos nomes propostos serem apropriados para denominar o pacote de sedimentos devonianos, do estado do Paraná, era necessário adotar um novo nome. Deste modo, o autor adota a designação “Série Paraná”, rejeitando o termo “Série Campos Gerais” anteriormente empregado por Derby (1878), por julgar mais apropriado e de acordo com o proposto pelo Código de Nomenclatura Estratigráfica vigente na época. Além disso, a Série Paraná é apresentada na seguinte sucessão, da base para o topo: Formação Furnas, Camadas de Transição, Formação Ponta Grossa (Tabela 3).

Tabela 3 – Representação estratigráfica da Série Paraná segundo Petri (1948).

	Formação Ponta Grossa
Série Paraná	Camadas de Transição
	Formação Furnas

Fonte: adaptado de Petri (1948).

Lange e Petri (1967) ao revisarem a estratigrafia do Devoniano paranaense, formalizaram novamente a litoestratigrafia propondo a divisão tripartite da Formação Ponta Grossa e adotando o termo Grupo Paraná. Esta sequência estratigráfica constituía-se, da base para o topo, pelas formações Furnas e Ponta Grossa, sendo que está última engloba os membros Jaguariaíva, Tibagi e São Domingos, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4 – Representação litoestratigráfica da divisão tripartite da Formação Ponta Grossa, conforme 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).

Grahn (1992) propôs a divisão do Devoniano do Estado do Paraná adotando o termo “Grupo Paraná” e o dividindo da base para o topo em: formações Furnas, Ponta Grossa e São Domingos. O autor elevou o Membro São Domingos, proposto por Lange e Petri (1967), ao *status* de formação, e ainda incluiu o Membro Tibagi na porção superior da Formação Ponta Grossa. No entanto, 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”. De acordo com Grahn *et al.* (2013) o Grupo Campos Gerais é constituído pelas formações: Furnas, Ponta Grossa e São Domingos, sendo que esta última agora engloba o Membro Tibagi na sua base (Figura 7). Este é o arcabouço utilizado para o presente estudo.

Figura 7 - 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 <i>et al.</i> , 2009	
	Sub-bacia Apucarana	Sub-bacia Alto Garças		A	B		
Frasniano					TP	U. bastosi S. langei	
				IV	Bmu	Hoegisphaera glabra	
				BM	Bpi		
				BJ			
Givetiano		Grupo Chapada Unidade 4	F		TCo	Fungochitina microspinata Ancyrochitina taouratinensis	
					TA		
							Lem
Eifeliano	Formação São Domingos	Grupo Chapada Unidade 2	E		AD	Per	Alpenachitina eisenacki
					Pre-Lem		
							D
Emsiano	?	?	?	C	AP	GS	Ancyrochitina varispinosa**
					Pre-Vel		
Praguiano	?	?	?	B	FD	Ems	Ancyrochitina pachycerata
					AB		
Lochko- viano	Formação Ponta Grossa	Grupo Chapada Unidade 2	?	?		E	Urochitina loboi
	Formação Furnas	Grupo Chapada Unidade 1	A				...

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

4.3.1 Formação Furnas

A Formação Furnas é representada por depósitos regressivos caracterizados por uma sucessão composta de arenitos quartzosos brancos, médios à grossos, caulínicos e exibindo estratificações cruzadas. Próximo à base da formação, são frequentes leitos conglomeráticos (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 arenitos finos, lenticulares, no entanto, também estão presentes arenitos médios a grossos, conglomeráticos. Esta unidade apresenta traços fósseis que expressam as icnofácies *Cruziana proximal* e *Skolithos* (SEDORKO *et al.*, 2017). A unidade média é caracterizada pela presença de arenitos com granulação fina à grossa, com estratificações cruzadas, que se intercalam com delgados níveis de siltitos e folhelhos (MILANI *et al.*, 2007a, SEDORKO *et al.*, 2017). A unidade superior é composta por arenitos grossos com camadas siltosas intercaladas e estratificações cruzadas *hummocky*, além disso, por vezes encontram-se restos de plantas fósseis e icnofósseis que caracterizam as assembleias *Cruziana* e *Skolithos proximalis*. A formação tem idade relativa ao Llandovery e Neolochkoviano (GRAHN *et al.*, 2013; SEDORKO *et al.*, 2018b).

4.3.2 Formação Ponta Grossa

A Formação Ponta Grossa, em sua porção inferior, é marcada pela superfície transgressiva que registra o abrupto recobrimento (*onlap*) dos depósitos regressivos do topo da Formação Furnas (BERGAMASCHI; PEREIRA, 2001). A porção inferior da Formação Ponta Grossa é constituída por arenitos finos com estrutura *wave-cross* ou *hummocky*, folhelhos cinzas e/ou siltitos bioturbados. A porção superior é constituída por folhelhos, argilitos com nódulos calcários, arenitos e folhelhos. Esta formação é abundantemente fossilífera, contendo, principalmente, fósseis de invertebrados marinhos e icnofósseis, ademais, a sequência é caracterizada por ciclos, em geral, com tendência transgressiva. A formação em questão tem idade relativa entre o Neopraguiano e o Eoemsiano (GRAHN *et al.*, 2013; GRAHN; BOSETTI, 2010).

4.3.3 Formação São Domingos

A Formação São Domingos é composta pela superposição de folhelhos, folhelhos sílticos, arenitos e siltitos cinza-escuros a preto, fossilíferos e micáceos. As porções mais basais correspondem ao Membro Tibagi. As estruturas sedimentares predominantes são laminações plano-paralelas, *wave* e estratificações cruzadas *hummocky* (GRAHN *et al.*, 2013).

4.4 ESTRATIGRAFIA DE SEQUÊNCIAS

Bergamaschi (1999) identificou superfícies de inundação máxima (SIM), superfícies transgressivas (ST) e superfícies discordantes (SD), que permitiram a caracterização de seis sequências deposicionais de 3ª ordem, informalmente designadas, sucessivamente a partir da base por letras, A, B, C, D, E e F.

A Sequência “A”, tem idade relativa ao Llandovery ao Neolochkoviano (GRAHN *et al.*, 2013; SEDORKO *et al.*, 2018b) e coincide com a Formação Furnas. A base da sequência é determinada pela discordância do Grupo Campos Gerais e o limite do topo pelo truncamento da superfície transgressiva que coincide, em geral, em afloramentos, com a base de arenitos finos com estratificações cruzadas *hummocky* da porção mais basal da Formação Ponta Grossa, marcando o limite entre as formações Furnas e Ponta Grossa. É possível observar padrões associados ao trato de sistema transgressivo (TST), ao trato de sistema de mar alto (TSMA) e da superfície de inundação máxima (SIM) (BERGAMASCHI, 1999, Figura 8).

A Sequência B, compreende o intervalo entre o Neopraguiano ao Eoemsiano e coincide com a Formação Ponta Grossa (GRAHN *et al.*, 2013). Seu limite inferior é marcado pela superfície transgressiva que registra o rápido recobrimento dos depósitos do topo da Sequência A (Formação Furnas), já o limite do topo é marcado pelo truncamento entre os arenitos de *shoreface* e folhelhos de *offshore*. Há evidências de tratos de mar baixo (TSMB) que foram apagadas pelo ravinamento produzido pelas ondas durante o trato de sistema transgressivo (TST) e do trato de sistema de mar alto (TSMA), caracterizando um empilhamento de parasequências progradantes (BERGAMASCHI, 1999, Figura 8).

As demais sequências (C, D, E e F) correspondem ao registro estratigráfico da Formação São Domingos (*sensu* GRAHN *et al.*, 2013). A Sequência C, possui idade

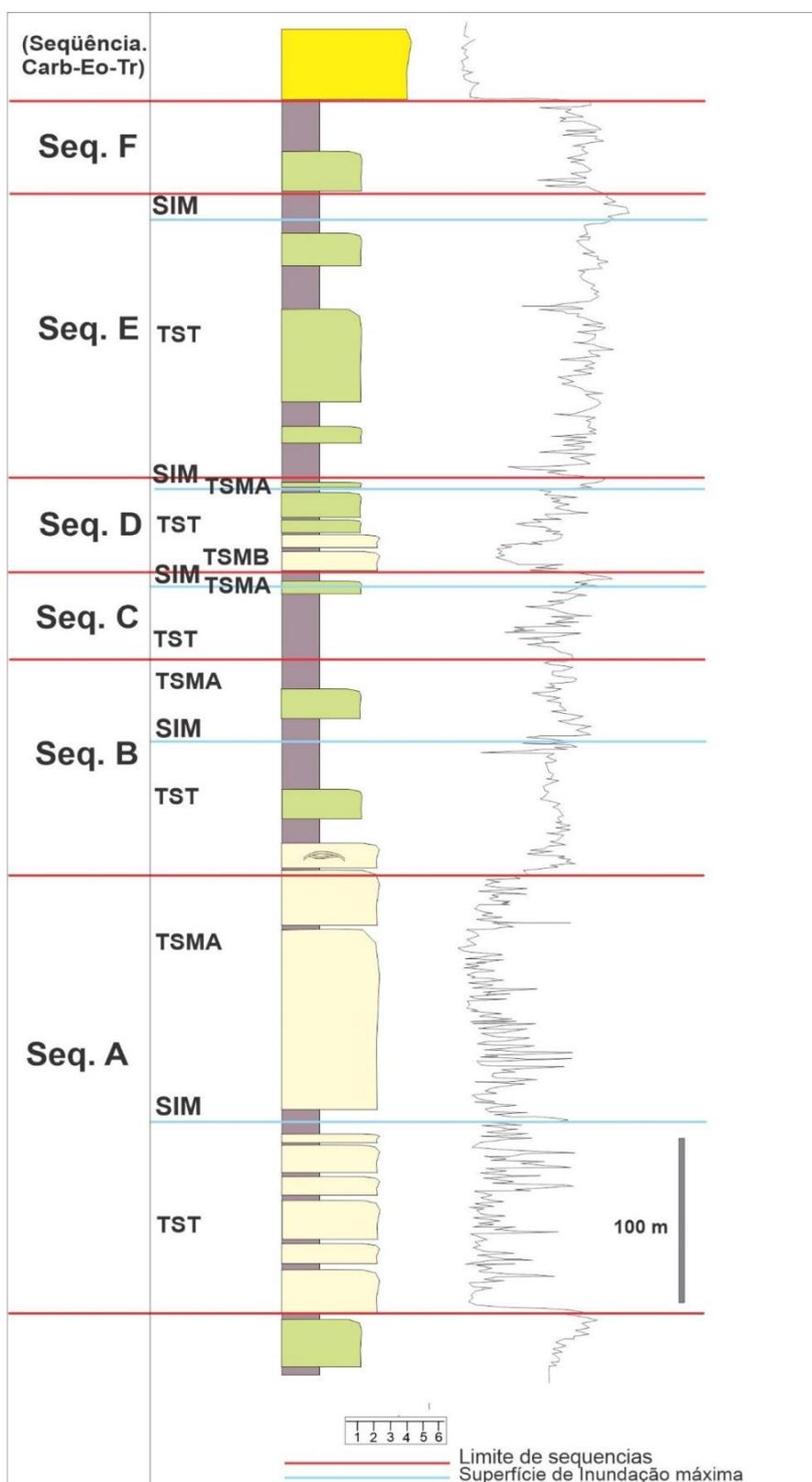
referente ao Mesoemiliano ao Mesoeifeliano (GRANH *et al.*, 2013), é marcada no topo e na base por truncamentos de arenitos de *shoreface*, que caracterizam corpos progradacionais, estão dispostos discordantemente sobre os pelitos de *offshore*. A porção basal é caracterizada por um pacote de arenitos finos de *shoreface* intercalados com pelitos da plataforma, que se espalham como resultado de uma rápida migração da linha de costa em direção ao mar, tipificando uma regressão forçada, este intervalo poderia compor o TSMB. O TST é constituído predominantemente por fácies de siltito bioturbado, a ação de tempestades como agente de sedimentação é inferida a partir das observações de estratificações cruzadas *hummocky*. A SIM da sequência C é caracterizada por um importante evento de anoxia (BERGAMASCHI, 1999, Figura 8).

A Sequência D, compreende o Mesoeifeliano e Neoeifeliano, na base da sequência corresponde a um TSMB observável em subsuperfície em alguns poços e se associa muito a superfícies geradas por regressões forçadas sobre as quais progradam areias de *shoreface* bacia adentro. O TST da sequência D quando comparado ao TST da sequência C, apresenta uma incidência de intercalações de arenitos finos com evidências de ondas normais e de tempestade, indicando condições de diminuição da lâmina de água em comparação com o intervalo TST da sequência C. Um afogamento próximo ao topo da sequência D marca a localização da SIM (BERGAMASCHI, 1999, Figura 8).

A Sequência E, compreende o registro do Eogivetiano, é constituída por TST, que representa o trato principal senão único, no topo temos a SIM. A sequência E registra o afogamento máximo da seção devoniana. Nota-se, no TST, um empilhamento agradacional de parasequências constituídas por fácies relativamente mais profundas em relação as sequências sotopostas (BERGAMASCHI, 1999, Figura 8).

Por fim, a Sequência F. Está é única que não aflora no bordo leste, possui idade relativa ao Mesogivetiano ao Mesofrasniano (GRAHN *et al.*, 2013) e compreende um TST com afinamento granulométrico em direção ao topo que se desenvolve a partir da SIM da Sequência E. O limite superior encontra-se truncado com os depósitos permo-carboníferos do Grupo Itararé (BERGAMASCHI, 1999, Figura 8).

Figura 8 – Sequências deposicionais de 3ª ordem e tratos de sistemas siluro-devonianos da sub-bacia de 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.

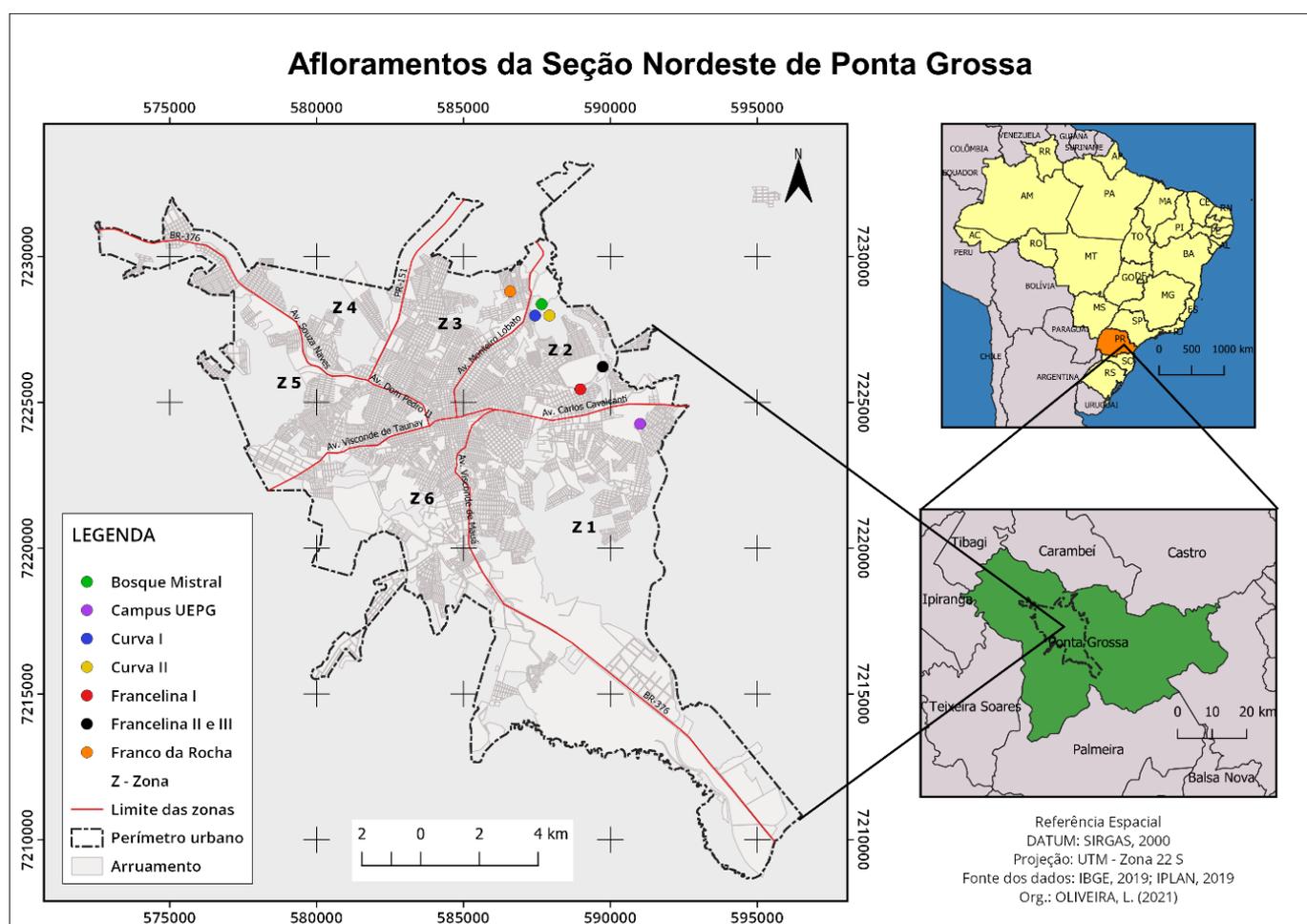


Fonte: adaptado de Bergamaschi (1999) *in* Bosetti (2004).

5 ÁREA DE ESTUDO

A Seção Bosque Mistral localiza-se no interior do empreendimento Bosque Mistral Condomínio, na área urbana de Ponta Grossa (Figura 9). 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 Estrada de Ferro Central do Paraná (GOLTZ *et al.*, 2021).

Figura 9 - Localização da área de estudo e áreas adjacentes já descritas aflorantes na Seção Nordeste de Ponta Grossa, Paraná.

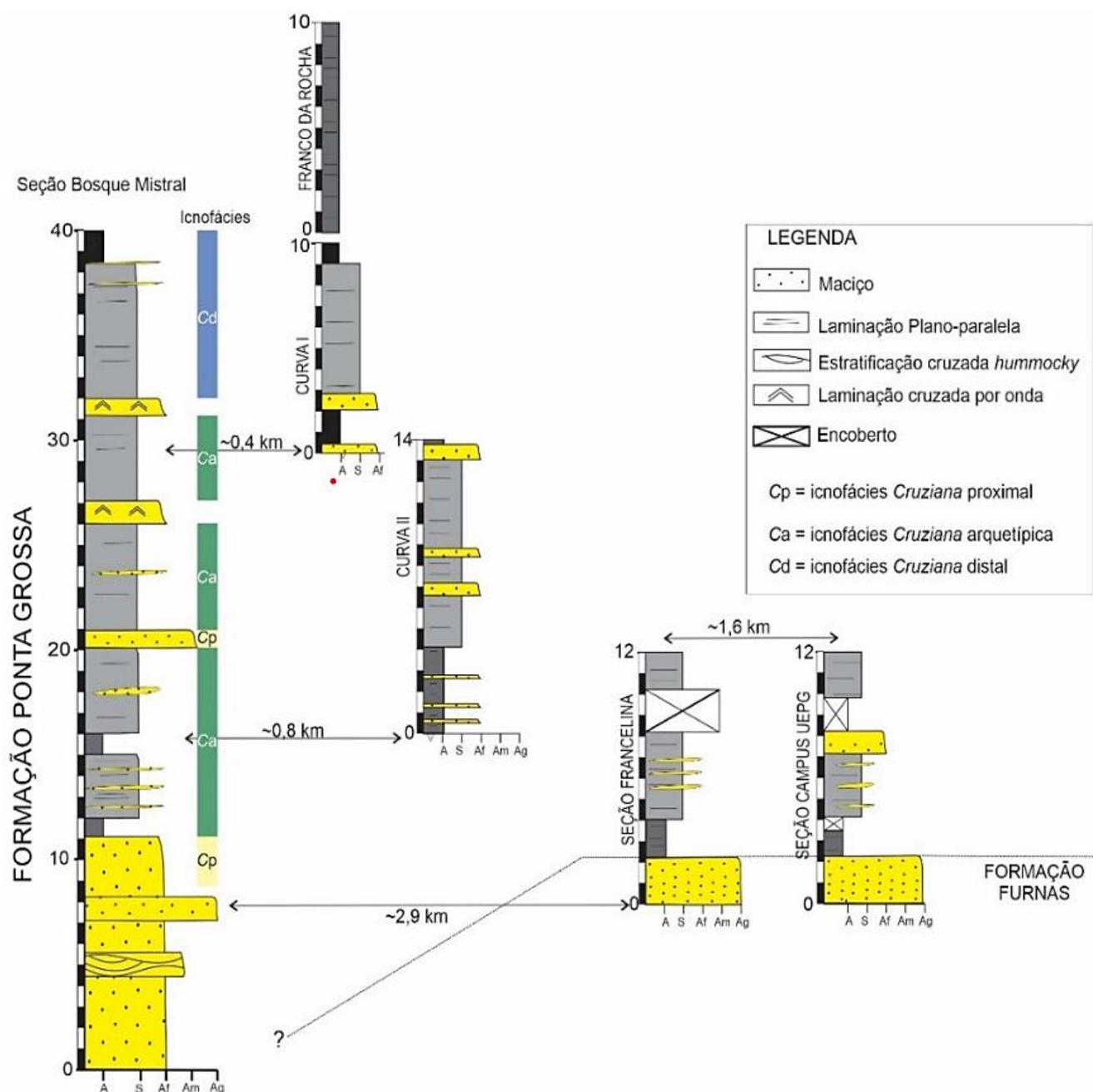


Fonte: Oliveira; Bosetti; Myszynski-Junior (2021).

A sucessão sedimentar da área é constituída por 40 metros, que se inicia com um espesso pacote, cerca de 12 metros, de arenitos médios a finos. Acima deste pacote ocorrem 28 metros de siltitos com laminação plano-paralela, intercalados na porção mediana da seção por folhelhos pretos e laminados. Em direção ao topo ocorrem camadas de arenitos finos a médios e, secundariamente, lentes de areia fina

e grossa. As rochas sedimentares aflorantes são atribuídas à Formação Ponta Grossa e o perfil encaixa-se no arcabouço regional (Figura 10), podendo ser correlacionado com seções já descritas em áreas adjacentes, como Curva I, Curva II, Campus UEPG, Seção Francelina (I, II e III) e Franco da Rocha (BOSETTI *et al.*, 2021; GOLTZ *et al.*, 2021; GOLTZ; BOSETTI, 2020).

Figura 10 – Coluna Bosque Mistral e correlação da seção com as seções já descritas em áreas adjacentes.



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

6 PROVÍNCIA MALVINOCÁFRICA

Os afloramentos da região de Ponta Grossa, Paraná, e a área foco deste estudo são caracterizadas por um rico conteúdo fossilífero que constituem a Fauna Malvinocáfrica, sendo composta principalmente por braquiópodes, equinodermas, anelídeos, moluscos bivalves, gastrópodes, tentaculitóides, artrópodes, dentre outros. Além disso, também estão presentes fragmentos de plantas, traços fósseis e foram recentemente encontrados peixes. Dentre os organismos que compõem a fauna, os braquiópodes possuem a maior diversidade, predominando em relação aos demais (CARBONARO; GHILARDI, 2016; HORODYSKI, 2014; RICHTER; BOSETTI; HORODYSKI, 2017).

Esta fauna habitou mares epicontinentais de águas frias que cobriam porções no atual território brasileiro referentes aos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins e Paraná, além de regiões do Peru, Bolívia, Paraguai, Uruguai, Argentina e Ilhas Malvinas, Antártica e África do Sul (MELO, 1985). A Fauna Malvinocáfrica diferencia-se por apresentar uma baixa diversidade faunística, pelo elevado grau de endemismo, também apresenta conchas maiores e mais grossas, além da ausência de braquiópodes e trilobitas comuns nos reinos de mesma idade no Hemisfério Norte (BOUCOT, 1985; BOSETTI *et al.*, 2010; MELO, 1988).

Os melhores registros desta fauna no Brasil estão preservados nas rochas da Formação Ponta Grossa (CERRI, 2013). No entanto, durante a passagem Eifeliano-Givetiano, em decorrência das drásticas mudanças ambientais geradas a partir da transgressão neste limite, houve o desencadeamento do colapso da fauna no Eogivetiano. Ainda que alguns grupos ultrapassem este limite, seus representantes apresentam fenótipos subnormais (Efeito Lilliput), marcando o declínio da fauna, restando apenas a assembleia reliquiar da Fauna Malvinocáfrica (BOSETTI *et al.*, 2011).

7 ESTADO DA ARTE – CLASSE STROPHOMENATA

Na Bacia do Paraná, Sub-bacia Apucarana, foram formalmente reconhecidos estrofomenídeos representantes das ordens Productida (*Pleurochonetes falklandicus* Morris & Sharpe, 1846; *Australostrophia mesembria* Clarke, 1913; *Babinia parvula máxima* Videira-Santos & Scheffler, 2022; *Kentronetes? iclaense* Racheboeuf & Branisa, 1985; *Kentronetes? ortegae?* Herrera, 1995; *Sanjuanetes* sp. Racheboeuf & Herrera, 1994; *Chonostrophia? aff. truyolsae* Racheboeuf, 1992; *Pleurochonetes? comstocki?* Rathbun, 1874; *Notiochonetes skottsbergi* Clarke, 1913 e *Pleurochonetes surucoi?* Racheboeuf, 1992) e Orthotetida, (Subordem Orthotetidina – *Schellwienella* sp. Rezende & Isaacson, 2021) (CLARKE, 1913; FONSECA, 1998; MELO, 1985; VIDEIRA-SANTOS; SCHEFFLER, 2019; VIDEIRA-SANTOS, 2020), sendo estes presentes em depósitos sedimentares das formações Ponta Grossa e São Domingos (*sensu* GRAHN *et al.*, 2013).

Derby (1878) foi pioneiro ao mencionar a ocorrência de espécimes da Classe Strophomenata no Devoniano paranaense ao reconhecer *Streptorhynchus* sp. (= *Schellwienella* sp.), posteriormente Waagen (1888) citou também a ocorrência do mesmo táxon na região. Já Clarke (1895) se referiu a presença de *Streptorhynchus* sp. e *Chonetes* sp. nos estratos devonianos de Jaguariaíva.

Clarke (1913) foi o primeiro a sistematizar a fauna devoniana paranaense utilizando o material coletado e as descrições de Derby e Wagoner, ambos membros da Comissão Geológica do Império. Sendo assim, foi atribuída a ele a primeira descrição dos representantes da Classe Strophomenata em depósitos sedimentares da Formação Ponta Grossa, nos municípios de Ponta Grossa e Jaguariaíva. O autor descreveu as espécies *Schuchertella agassizi* Hartt, 1874, *Schuchertella sullivanii* Morris & Sharpe, 1848, *Schuchertella sancticrucis* Clarke, 1913, *Leptostrophia? mesembria* Clarke, 1913, *Chonetes falklandicus* Morris & Sharpe, 1848, e *Chonetes falklandicus* var. *rugosus*.

Caster (1939) introduziu na literatura o gênero *Australostrophia* a fim de realocar a espécie *Leptostrophia? mesembria* e a partir de seu trabalho a espécie passou a ser denominada *Australostrophia mesembria*. Neste mesmo trabalho, Caster (1939) sugeriu que “*Schuchertella*” austrais deveriam ser antes referidas ao gênero *Schellwienella* (Tabela 5).

Tabela 5 - Nome dos táxons, sinonímias e ocorrências (formações Ponta Grossa e São Domingos).

Identificação Pretérita	Táxon atualmente válido
<i>Chonetes falklandicus</i> / Clarke (1913), <i>Notiochonetes falklandica</i> / Quadros (1987)	<i>Pleurochonetes falklandicus</i> / Fonseca (1998)
<i>Leptostrophia? mesembria</i> / Clarke (1913)	<i>Australostrophia mesembria</i> / Caster (1939)
<i>Streptorhynchus</i> sp./ King (1850)	<i>Schellwienella</i> sp./ Thomas (1910)
<i>Schuchertella agassizi</i> / Hartt (1874)	<i>Schellwienella clarkei</i> / Rezende & Isaacson (2021)

Fonte: a autora.

Petri (1948), na tentativa de distribuir verticalmente e horizontalmente os fósseis na Formação Ponta Grossa, no estado do Paraná, percorreu sobre alguns dos táxons pertencentes aos Strophomenata. Segundo o autor, *Chonetes falklandicus* e *Leptostrophia? mesembria* são comuns no município de Jaguariaíva, porém esta última é rara em Ponta Grossa. O autor ainda percebeu que *Chonetes falklandicus* possui uma ampla distribuição estratigráfica, porém é rara no topo da Formação Ponta Grossa, sendo encontrada nas camadas de transição (*sensu* PETRI, 1948). No entanto, *Leptostrophia?* parece obedecer a fatores de ordem geográfica, sendo mais próximas à costa. Quanto ao gênero *Schuchertella*, o mesmo comenta que possui uma grande distribuição (Devoniano Inferior - Médio) e não apresenta valor para correlações. Lange e Petri (1967) reconheceram na Formação Ponta Grossa *Schellwienella agassizi*, *Australostrophia mesembria* e *Chonetes falklandicus*. Os autores compararam a fauna devoniana do Paraná com a sua contemporânea boliviana e descobriram que os macrofósseis mencionados não são satisfatórios para fins de correlação.

Boucot (1971, 1975) definiu as paleocomunidades marinhas silurianas e devonianas do Domínio Malvinocáfrico, agrupando-as em “Associações Bentônicas”, numeradas de 1 a 6, segundo a posição (distância crescente) ocupada por cada associação de comunidades em relação à linha de costa. Cada associação bentônica é controlada pela paleobatimetria e pelas variáveis ambientais, como energia cinética do meio, expresso pelas designações “águas turbulentas” e “águas calmas”. Dentre as paleocomunidades de Boucot (1971), destaca-se a comunidade *Notiochonetes* a

qual ocupa uma posição intermediária em relação à linha de costa, ocupando uma posição na associação bentônica 3. A comunidade *Notiochonetes*, inclui os gêneros *Notiochonetes*, *Australocoelia*, *Schuchertella* e *Meristelloides* (BOUCOT, 1975). Embora Boucot (1971) tenha definido esta paleocomunidade e saliente que está presente nos estratos devonianos da Bacia do Paraná, não apresenta maiores informações.

Popp e Barcelos-Popp (1986) discorreram que 20 m acima da base do Membro Jaguariaíva (*sensu* LANGE; PETRI, 1967), na Ferrovia Jaguariaíva-Arapoti, são comuns os espécimes *Australocoelia tourteloti* e *Australostrophia mesembria* e que na mesma ferrovia no km 4,2 ainda dominam estes espécimes, associados a pelecípodes infaunais e braquiópodes suspensívoros como *Notiochonetes falklandicus*. Segundo os autores, a diversidade faunística deste intervalo no Membro Jaguariaíva é decorrente do aumento da profundidade da água, caracterizando um ambiente com profundidade de aproximadamente 50 m. Popp e Barcelos-Popp ainda comentaram, sobre a presença da comunidade *Notiochonetes falklandicus*, proposta por Boucot (1971), associados a *Schellwinwella*, nos depósitos da Formação São Domingos (*sensu* LANGE; PETRI, 1967) no município de Ponta Grossa, Paraná. Os autores discorreram que a referida comunidade é composta por animais suspensívoros, que em vida ocupavam uma posição vertical em relação ao substrato, indicando ambientes de baixa energia. A concepção de um ambiente de baixa energia, ainda pode ser reforçada, de acordo com Popp e Barcelos-Popp (1986) pela ocorrência de pedúnculos de crinóides preservados em posição vertical.

De acordo com Melo (1985,1988) a maioria das comunidades presentes nos depósitos da Formação Ponta Grossa são indicativas das associações bentônicas 2 e 3, eventualmente atingindo a posição 4. Essas faunas, incluso a comunidade *Notiochonetes*, indicam águas mais profundas de fundo plano que habitavam profundidades inferidas de até 50 m (COOPER, 1977). Melo (1988), ainda discorreu que essas comunidades persistem para porções superiores acima da sequência, ou seja, para as unidades Tibagi e São Domingos basais, sem quaisquer modificações significativas.

Racheboeuf (1992) elevou o subgênero *Pleurochonetes* a categoria de gênero e Fonseca (1998) reconheceu este gênero na Bacia do Paraná. Desde então os exemplares que vinham sendo identificados como *Notiochonetes falklandicus* e

Chonetes falklandicus na Bacia do Paraná, passaram a serem reconhecidos como *Pleurochonetes falklandicus* (Tabela 5).

Bosetti (2004) atentou para o fato de que as paleocomunidades malvinocáfricas propostas por Boucot (1971,1975) não poderem ser reconhecidas com clareza na Bacia do Paraná, exceto em alguns níveis estratigráficos da base da Formação Ponta Grossa (Sequência B) e possivelmente em pavimentos de parte da Formação São Domingos (Sequência C), pois a Fauna Malvinocáfrica sofreu transporte e modificações significativas até o soterramento final. Ademais, também comenta sobre a possibilidade de associações “removidas” a longas distâncias da área de vida propriamente ocupada pela comunidade. Diante disto, o autor discorreu sobre a presença de formas (que incluem representantes da comunidade *Notiochonetes*) em aparente posição de vida nas fácies de *offshore*. Essas ocorrências podem revelar organismos sobreviventes após eventos episódicos que ao serem transportados para regiões mais profundas tentaram sua fixação e, em seguida, foram soterrados por uma imediata carga sedimentar.

Bosetti *et al.* (2012), apresentaram em seu trabalho um compilado dos taxóns tipicamente malvinocáfricos, e dentre os Strophomenata os autores reconheceram no Devoniano da Bacia do Paraná: *Australostrophia mesembria*, *Notiochonetes falklandicus*, *Schuchertella agassizi* e *Schuchertella sullivanii*. Os autores destacam ainda que a espécie *Notiochonetes falklandicus* teria sido extinta antes do Emsiano tardio. Contudo, alguns trabalhos têm sugerido que a diversidade dos Strophomenata deve ser ainda maior. Souza (2007), Videira-Santos (2020) e Videira-Santos *et al.* (2022a) reconheceram a ocorrência de outros seis táxons no Devoniano do Paraná (*Babinia parvula maxima*, *Kentronetes? iclaense*, *Kentronetes? ortegae?*, Chonetidae indet.?, *Notiochonetes skottsbergi* e *Pleurochonetes surucoi?*), nos estratos das formações Ponta Grossa e São Domingos. Ademais, Videira-Santos (2020) e Videira-Santos *et al.* (2022a), além da identificação dos espécimes supracitados, fornecem novas informações paleobiogeográficas e cronoestratigráficas a respeito de alguns Strophomenata.

Por fim, Rezende e Isaacson (2021) reclassificaram braquiópodes das formações Ponta Grossa e São Domingos descritos por Clarke (1913) como *Schuchertella agassizi*, denominando-os de *Schellwienella clarkei* e sugerindo que *Schuchertella sullivanii* e *Schuchertella sancticrucis* deveriam ser reclassificados como *Schellwienella sullivanii* e *Schellwienella sancticrucis*.

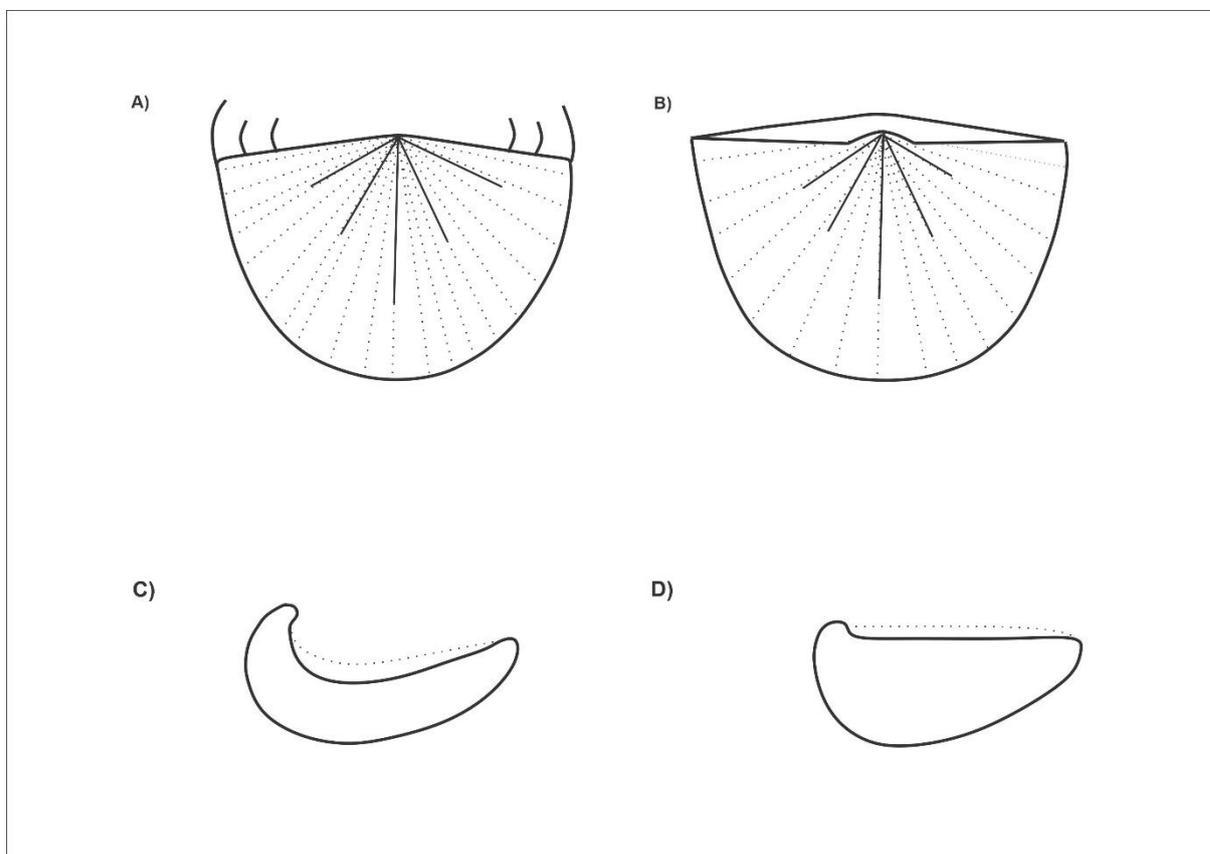
8 CLASSE STROPHOMENATA

8.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

Conforme Williams *et al.* (1996), os Strophomenata eram braquiópodes Rhynchonelliformea caracterizados por apresentarem conchas com charneira estrófica, essencialmente plano-convexas ou côncavas-convexas, pseudopontuadas, sendo esta última uma característica importante na distinção entre os demais braquiópodes (Figura 11). Algumas espécies podiam ser cimentadas pelo umbo, e espinhos tubulares eram desenvolvidos exclusivamente em productídeos (BRUNTON; LAZAREV; GRANT, 2000). Possuíam dentes simples, podendo ser ausentes ou atrofiados em algumas formas. Durante os primeiros estágios do desenvolvimento apresentavam um forâmen pedicular que foi posteriormente fechado durante o crescimento, correspondendo à perda de seus pedículos (FONSECA, 2011; MANCENÍDO; DAMBORENEA, 2008; WILLIAMS *et al.*, 1996; WILLIAMS; BRUNTON; COCKS, 2000).

A Classe Strophomenata possuía uma ampla distribuição temporal compreendendo o intervalo entre Cambriano e o Permiano (CURRY; BRUNTON, 2007) e também geográfica, sendo encontrada no Brasil, Bolívia, Argentina, África do Sul, Paraguai, Uruguai, Ilhas Malvinas, Antártida, Canadá, República Tcheca, Alemanha, China, Estados Unidos, Tailândia, Austrália, Nepal, França, Espanha, Rússia, Polônia, Irlanda, entre outras regiões (RACHEBOEUF, 1992; RACHEBOEUF; ISAACSON, 1993; WILLIAMS; BRUNTON; COCKS, 2000). Desta forma, ao longo de toda a Era paleozoica, mais de 1.500 gêneros foram atribuídos aos Strophomenata (CLARKSON, 1998; WILLIAMS; BRUNTON; COCKS, 2000). A Classe engloba quatro ordens: Strophomenida Öpik, 1934, Productida Sarytcheva & Sokolskaya, 1959, Orthotetida Waagen, 1884 e Billingsellida Schuchert, 1893 (WILLIAMS *et al.*, 2000). Segundo Fonseca (2011), entre as diferentes formas de estrofomenídeos anteriormente citados três das quatro ordens possuem representantes nos sedimentos paleozoicos brasileiros: Strophomenida (Superfamília Strophomenoidea), Orthotetida (Subordem Orthotetidina) e Productida (Subordem Chonetidina e Productina).

Figura 11 – Principais características da Classe Strophomenata. (A) Espinhos desenvolvidos e pseudopontuações, vista ventral; (B) Charneira estrófica, vista dorsal; (C) Concha côncavo-convexa; (D) Concha plano-convexa.



Fonte: a autora.

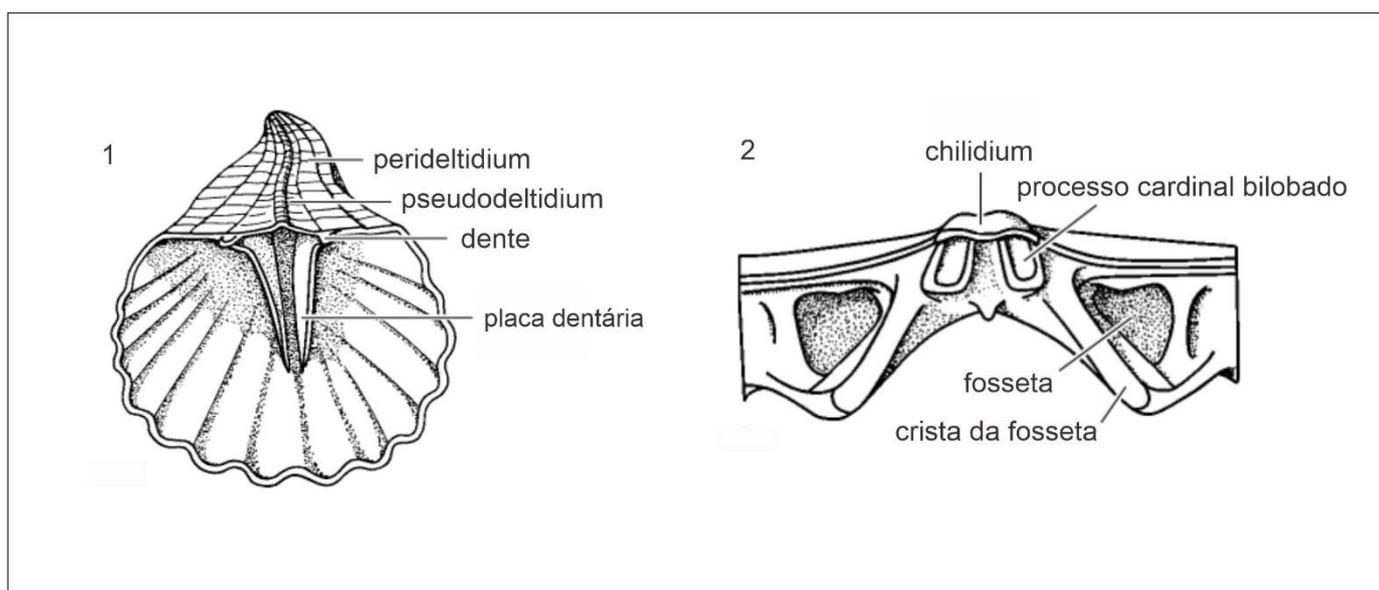
8.2 ASPECTOS MORFOLÓGICOS

De maneira geral, os Strophomenata incluem algumas das espécies mais peculiares do filo Brachiopoda, de modo que a classe abrange vários grupos caracterizados por autapomorfias (WILLIAMS; BRUNTON; COCKS, 2000). Os representantes da Classe Strophomenata reconhecidos atualmente no Devoniano da Bacia do Paraná, incluindo os resultados desta dissertação, são os Orthotetida (Subordem Orthotetidina) e Productida (Subordem Chonetidina).

A subordem Orthotetidina possui conchas de tamanho variável, estróficas, de contorno semicircular a subarredondado, perfil variável, fracamente côncavo-convexo a biconvexo e ventralmente subcônico. O pedículo funcional está presente apenas nas espécies mais antigas conhecidas, 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, finamente costelada por ramificações ou intercalações. *Chilidium* (quilídio) bem desenvolvido a obsoleto, dentes presentes e suportados por placas dentárias, processo cardinal bilobado (Figura 12). Concha tipicamente pseudopontuada, no entanto, também podem ser extrapontuadas ou impontuadas em populações mais antigas (WILLIAMS; BRUNTON, 2000).

Figura 12 – Características morfológicas dos Orthotetidina. 1) interior da valva ventral; 2) valva dorsal de “*Schuchertella*”, *chilidium* e estruturas adjacentes.



Fonte: adaptado de Racheboeuf (2000) in Williams *et al.* (2000).

Os Orthotetidina constituem uma das poucas subordens dentro do filo Brachiopoda caracterizada por várias diferenças básicas na ultraestrutura de suas conchas. Todos os ortetídeos verdadeiros têm uma concha secundária de lâminas cruzadas com pseudopontuações estreitamente distribuídas, compostas de deflexões cônicas microscópicas direcionadas para dentro. Até onde se sabe, a condição extrapontuada é exclusiva dos ortetídeos. No entanto, os ortotetídeos estão intimamente ligados aos outros Strophomenata em muitas características morfológicas básicas (*e.g.*, pseudopontuações, ornamentação, presença de charneira estrófica) (WILLIAMS; BRUNTON, 2000).

Quanto aos Chonetidina, a morfologia externa pouco mudou desde o Ordoviciano Superior ao Permiano superior e a maioria das inovações morfológicas e evolutivas foi desenvolvida no início do Devoniano (Emsiano). Os representantes da subordem Chonetidina possuem como características diagnósticas: perfil côncavo-

convexo de contorno subretangular, com a largura máxima na linha de charneira ou pelo menos muito próxima, espinhos simetricamente distribuídos na borda posterior da valva ventral. Pseudodeltidio e quilídio estão presentes, com cristas cardinais variavelmente desenvolvidas abaixo do quilídio. A superfície da concha geralmente é costelada (RACHEBOEUF, 2000; Figura 13).

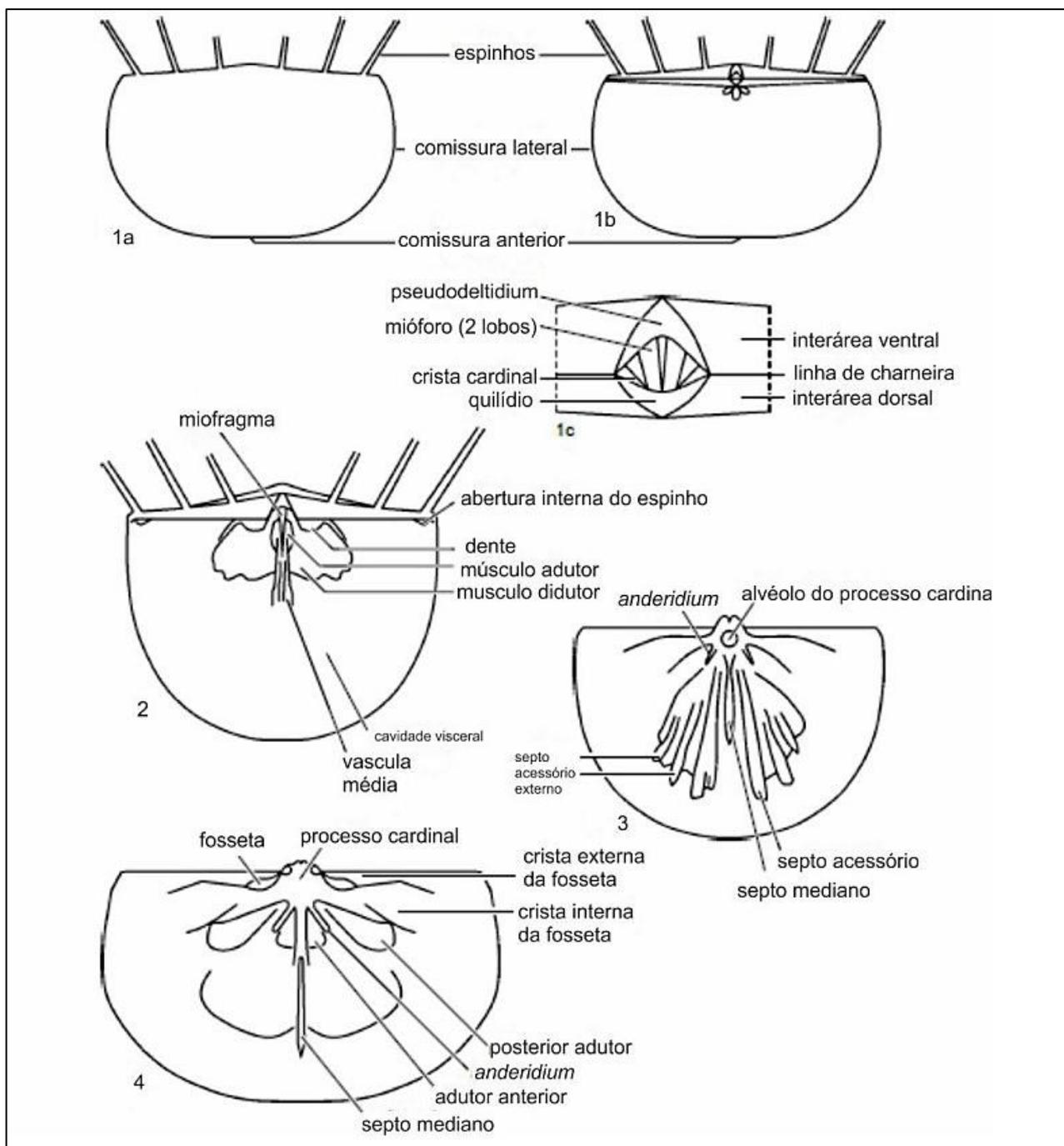
No entanto, podem haver algumas variações na forma da concha dos Chonetidina, essas variações incluem: I) a convexidade, podendo apresentar o perfil plano convexo ou côncavo-convexo ressupinado (e.g. Strophochonetidae e Chonostrophiidae, respectivamente); II) o contorno, cuja razão comprimento/largura (C/L é usualmente 0,6 a 1,0); III) a linha de charneira, reduzida ou mucronada, IV) a comissura anterior, sulcada ou rectimarginada e V) o tamanho da ornamentação, com ou sem uma costela (*costae*) mediana aumentada, ou ausência de ornamentação radial (e.g. *Anoplia*). A diferença externa mais significativa, entretanto, é a morfologia dos espinhos, sua orientação e distribuição ao longo da margem superior da valva ventral (RACHEBOEUF, 2000).

As impressões musculares dos Chonetidina estão confinadas à metade posterior da valva ventral e são divididas longitudinalmente por um miofragma. As cicatrizes dos músculos adutores são relativamente pequenas, subarredondadas, elípticas ou subtriangulares, estreitas, alongadas e adjacentes ao miofragma. Em paralelo, as cicatrizes adutoras são cercadas por cicatrizes didutoras normalmente subretangulares, arredondas anteriormente ou sulcadas radialmente (Figura 13).

O interior da valva dorsal apresenta dois tipos principais de características morfológicas. O primeiro é um septo mediano, e o segundo um ou vários pares de septos acessórios (Figura 13). Não raramente, os táxons que possuem septos acessórios não possuem um septo mediano ou possuem um septo mediano reduzido. Além disso, essa estrutura é comumente ausente ou reduzido nas formas primitivas e juvenis (RACHEBOEUF, 2000).

Os caracteres únicos e diagnósticos da subordem Chonetidina são as variações dos ângulos entre as cristas internas das fossetas, os espinhos ao longo da interárea ventral e o par de *anderidia* no interior da valva dorsal. Acredita-se que o par de *anderidia* servia como suporte para o lofóforo, supostamente trocoloforo, espiriloforo e mesofolo (RACHEBOEUF, 1998).

Figura 13 – Características morfológicas dos Chonetidina. 1 – Morfologia externa de um indivíduo completamente articulado, 1a- valva ventral, 1b – valva dorsal, 1c- detalhe da valva dorsal; 2- interior da valva ventral; 3- interior da valva dorsal de um *Anopliidae*; 4-interior da valva dorsal de um *Strophochonetidae*.



Fonte: adaptado de Racheboeuf (2000) in Williams et al. (2000).

8.3 ESPINHOS

O termo espinho não seria o mais adequado a ser aplicado aos Chonetidina, pois, na verdade, se tratavam de estruturas tubulares providas de um canal axial que se abrem para o interior da valva ventral (RACHEBOEUF, 1990). De acordo com

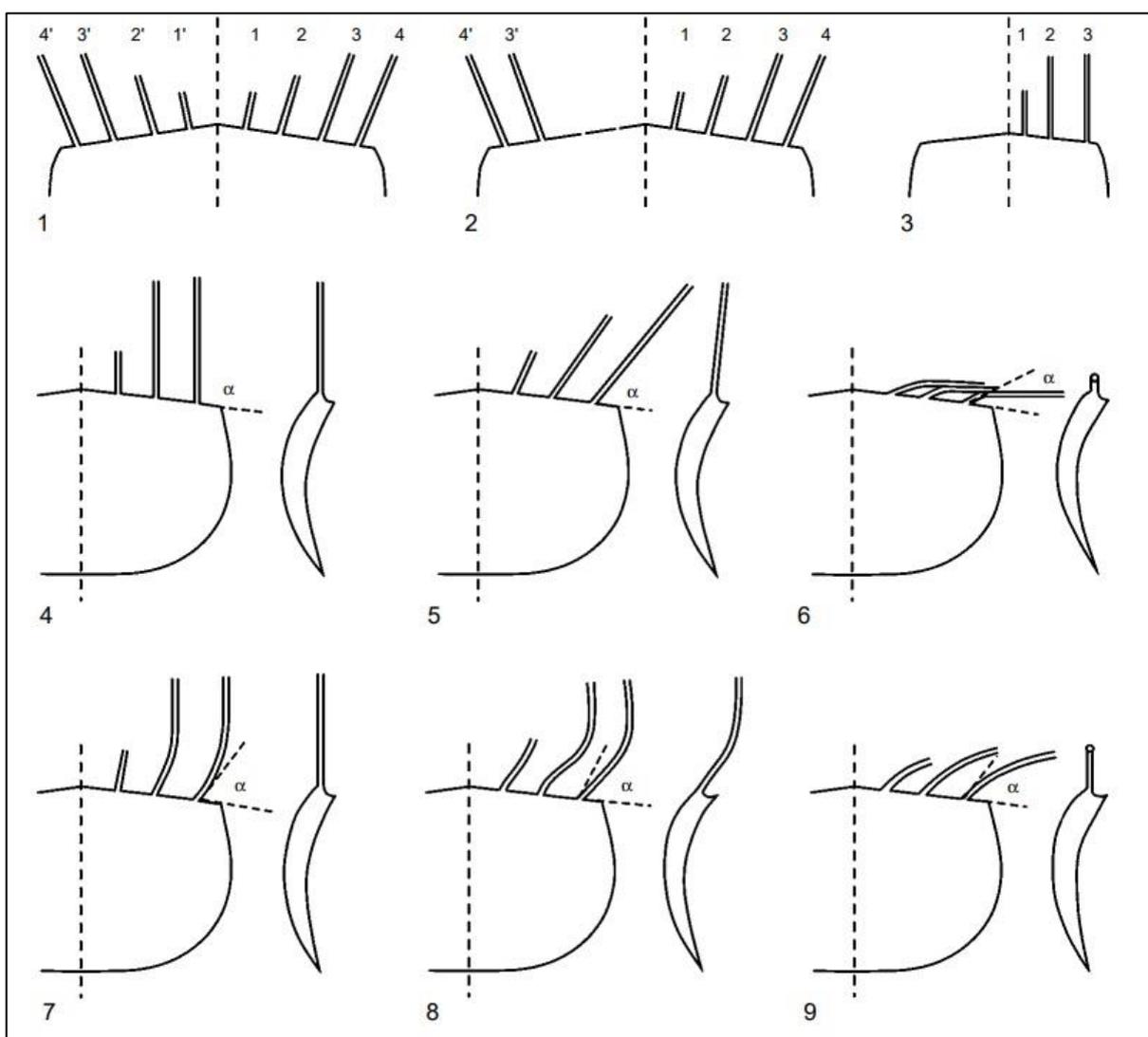
Williams (1956) o desenvolvimento dos espinhos ocorreu em respostas a pressões seletivas que favoreceram a sua sobrevivência. Os espinhos não eram superficiais, cada espinho era formado por uma evaginação cilíndrica do manto, onde cada um possuía uma zona generativa responsável pela formação de uma cobertura orgânica exterior e pela proliferação do epitélio generativo. Esses processos ocorriam simultaneamente de acordo com o crescimento linear dos espinhos. Contudo, essas evaginações do manto nem sempre eram capazes de secretar tubos calcários, como ocorria em alguns gêneros da família Anoplidae, ou desenvolviam apenas aberturas dos canais, que atravessavam a parede posterior da concha, que podem ser observadas na margem posterior da valva ventral (WILLIAMS; HURST, 1977; RACHEBOEUF, 1990, RACHEBOEUF; GARCIA, 1996). Ainda, de acordo com Williams e Hurst (1977) todos os tipos de espinhos deveriam ter sido capazes de expelir uma película externa de mucopolissacarídeo que poderia ajudar na adesão do animal adulto ao substrato. Na fase juvenil os Chonetidina eram fixos, pois possuíam um pedículo que atrofiava rapidamente nos primeiros estágios do desenvolvimento. De acordo com Brunton (1968) os espinhos começavam a se desenvolver quando as conchas atingissem de 2-3 mm de comprimento. Dessa forma, o organismo adquiria um novo hábito de vida e continuava a crescer no substrato (RACHEBOEUF, 1990).

Os espinhos apresentavam uma grande diversidade morfológica e distribuição na borda posterior da concha. No entanto, as primeiras descrições pormenorizadas, incluindo sua distribuição não foram publicadas até a década de 1970. Parte disso deve-se ao fato dos espinhos quase nunca serem observados pela má preservação, refletindo condições ambientais e tafonômicas desfavoráveis (RACHEBOEUF; GARCIA, 1996). Os espinhos cresciam alternadamente em cada lado da concha, podendo ser simétricos, dissimétricos ou assimétricos. A fórmula para a descrição dos espinhos foi inicialmente proposta por Garcia-Alcade e Racheboeuf (1975) e depois desenvolvida por Racheboeuf (1976, 1981). Convencionalmente, a concha é observada em vista ventral externa (convexidade para cima), os espinhos à direita do umbo são numerados de 1 a n, enquanto os espinhos à esquerda do umbo são numerados de 1' a n' (Figura 14). Os espinhos 1 e 1' são os mais próximos do umbo e mais curtos, ou seja, foram os primeiros espinhos desenvolvidos pelo organismo e provavelmente tiveram seu desenvolvimento limitado, se não inibido, devido à presença de um pedículo funcional nos estágios iniciais do desenvolvimento da concha (RACHEBOEUF, 1990; RACHEBOEUF; GARCIA, 1996).

Segundo Racheboeuf (1990), os espinhos crescem cerca de duas a quatro vezes mais rápido. Acredita-se que a quantidade de espinhos e a largura da concha estão relacionadas, quanto menor a quantidade de espinhos, mais larga é a concha, a fim de proporcionar uma maior estabilidade. Além disso, os espinhos podem ser utilizados como caracteres diagnósticos ao nível de gênero (RACHEBOEUF, 1990).

As principais formas de espinhos são ortomorfo perpendicular, espinhos ortomorfo oblíquo, espinhos ortomorfo paralelo, espinhos citomorfo intraversado, espinhos citomorfo geniculado intraversado, espinhos citomorfo extraversado (RACHEBOEUF, 2000, Figura 14).

Figura 14 – Espinhos de Chonetidina e numeração. 1-3: distribuição dos espinhos ao longo da charneira, 1 – espinhos simétricos, 2 - espinhos parcialmente assimétricos, 3 - espinhos completamente assimétricos; 4 – espinhos ortomorfo perpendicular; 5 - espinhos ortomorfo oblíquo; 6 – espinhos ortomorfo paralelo; 7 – espinhos citomorfo intraversado; 8 – espinhos citomorfo geniculado intraversado; 9- espinhos citomorfo extraversado.



Fonte: adaptado de Racheboeuf (2000) *in* Williams *et al.* (2000).

Durante o Devoniano a aumento do número de táxons com espinhos aumentou significativamente, sugerindo que durante esse período houve uma forte pressão seletiva sobre esses tipos de braquiópodes para aumentar esse tipo de ornamento durante esse período. No entanto, existem muitas hipóteses para explicar o objetivo dos espinhos, incluindo funções de ancoragem a substratos duros (GRANT, 1966; LEIGHTON, 2000; MILLS; LEIGHTON, 2008; WRIGHT; NÖLVAK, 1997; STONE, 1998), auxiliar na fixação de substratos moles distribuindo a massa corporal de modo a evitar o afundamento em sedimentos moles (ALEXANDER, 2001; BRUNTON, 1982; GRANT, 1966; MILLS; LEIGHTON, 2008; SIGNOR; BRETT, 1984; WRIGHT; NÖLVAK, 1997), evitar a fixação de epibiontes (ALEXANDER, 2001; FEIFAREK, 1987; WRIGHT; NÖLVAK, 1997;), ou atrair epibiontes para a camuflagem (FEIFAREK, 1987; GRANT, 1966; STONE, 1998; WILLMAN, 2007), segurar estruturas sensoriais (ALEXANDER, 2001; MILLS; LEIGHTON, 2008; SIGNOR; BRETT, 1984; WRIGHT; NÖLVAK, 1997), na proteção contra a predação (ALEXANDER, 2001; FEIFAREK, 1987; JOHNSEN; ARMED; LEIGHTON, 2013; LEIGHTON, 2001 a, b; SIGNOR; BRETT, 1984; STONE, 1998; WILLMAN, 2007) além de evitar o transporte e reorientação pelas correntes diminuindo a erosão em substratos de granulação mais grosseira (ALEXANDER, 2001; GARCIA; MOLINARO; LEIGHTON, 2018).

8.4 ASPECTOS ECOLÓGICOS

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, como os Strophomenata, continuam a ser objetos de especulação (GRANT, 1965, 1966). 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 um ambiente, mas essa interpretação é baseada em fontes anteriores usadas para inferir os limites ambientais do táxon (DIEVERT; GINGRAS; LEIGHTON, 2021). Deste modo, testes biomecânicos, hidrodinâmicos, geoquímicos e tafonômicos (*e.g.*, GOLTZ *et al.*, 2022; LEIGHTON; SARAVESE, 1996; SHIINO; SUZUKI, 2011; YE *et al.*, 2020)

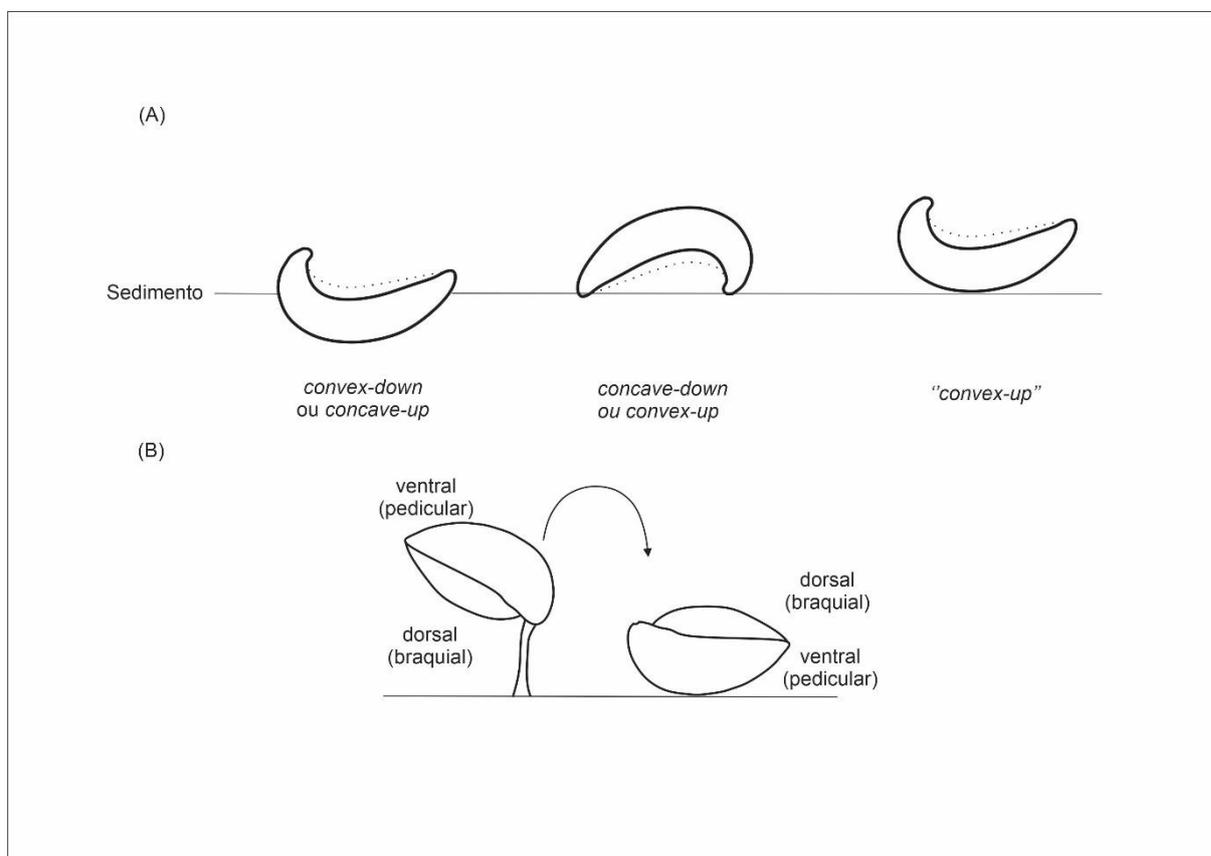
são eficientes para avaliar o desempenho dos organismos em diferentes condições ambientais, sendo benéficos para a interpretação paleoambiental.

Os Strophomenata apresentavam, em sua maioria, conchas côncavo-convexas e não possuíam pedículo, pelo qual a maioria dos braquiópodes se prende ao substrato. Desta forma, têm sido descritos como de vida livre e representados como organismos semi-infaunais, infaunais, epifaunais ou cimentados (e.g. HARPER, 2005; HOEL, 2007; SHIINO; SUZUKI, 2011; STANLEY, 2020; WILLIAMS; BRUNTON, 2000). Diante disso, a compreensão da função dos espinhos e da forma do corpo torna-se fundamental para a compreensão da autoecologia dos Strophomenata e, potencialmente, para a reconstrução paleoambiental. Além disso, de acordo com Leighton e Saravese (1996) muitas hipóteses sobre a paleobiologia e tafonomia dos organismos bentônicos fósseis são baseadas em orientações de vida que se supõem corretas, mas que muitas vezes não são testadas adequadamente. As interpretações morfológicas funcionais podem estar incorretas se a orientação de vida for mal interpretada. Além disso, uma vez que uma orientação de vida é proposta, ela sempre se baseia no fóssil que foi encontrado em uma posição diferente, muitas vezes isso é comumente explicado como consequência de processos tafonômicos.

Diante do exposto, também é possível observar um conflito entre os termos utilizados para definir o hábito de vida dos Strophomenata. Na literatura estão presentes os termos *concave-down* (côncavo para baixo), *concave-up* (concavo para cima), *convex-down* (convexo para baixo) e *convex-up* (convexo para cima), no entanto, não existe uma explicação clara dos termos além de apresentarem uma certa ambiguidade. Como mencionado anteriormente, os Strophomenata em sua maioria possuem conchas côncavo-convexas. Esta autora compreende os termos como a relação entre a posição da concha em relação ao substrato e ao nível de topo do mesmo, de modo que na posição *convex-down* (convexo para baixo) o organismo estaria com a sua concha convexa abaixo do nível de topo do substrato, além de ser ambíguo com o termo *concave-up* (concavo para cima), indicando um hábito infaunal ou semi-infaunal. Já o termo *concave-down* (concavo para baixo) refere-se ao organismo que estaria repousando com a valva concava em contato com o nível de topo do sedimento, muitas vezes na literatura também se refere ao termo *convex-up*, indicando um hábito epifaunal (Figura 15 A). No entanto, na literatura o termo *convex-up* (convexo para cima), às vezes, refere-se ao organismo que estaria com a valva convexa repousando sobre o substrato, no seu nível de topo, com a valva concava

livre, indicando um hábito epifaunal, contudo não parece ser um termo adequado (Figura 15 A). Outro atento, é que no caso dos Strophomenata, dependendo do hábito de vida e da interpretação do autor, a valva ventral (pedicular) é voltada para baixo, em contato direto com o substrato e valva dorsal (braquial) é voltada para cima (STANLEY, 2020, Figura 15 B).

Figura 15 – Posição da concha em relação ao substrato e ao nível de topo do mesmo. (A) convexo para baixo (*convex-down*); convexa para cima (*convex-up*) e concavo para baixo (*concave-down*). (B) Valva ventral (pedicular) voltada para baixo, em contato direto com o substrato e valva dorsal (braquial) é voltada para cima.



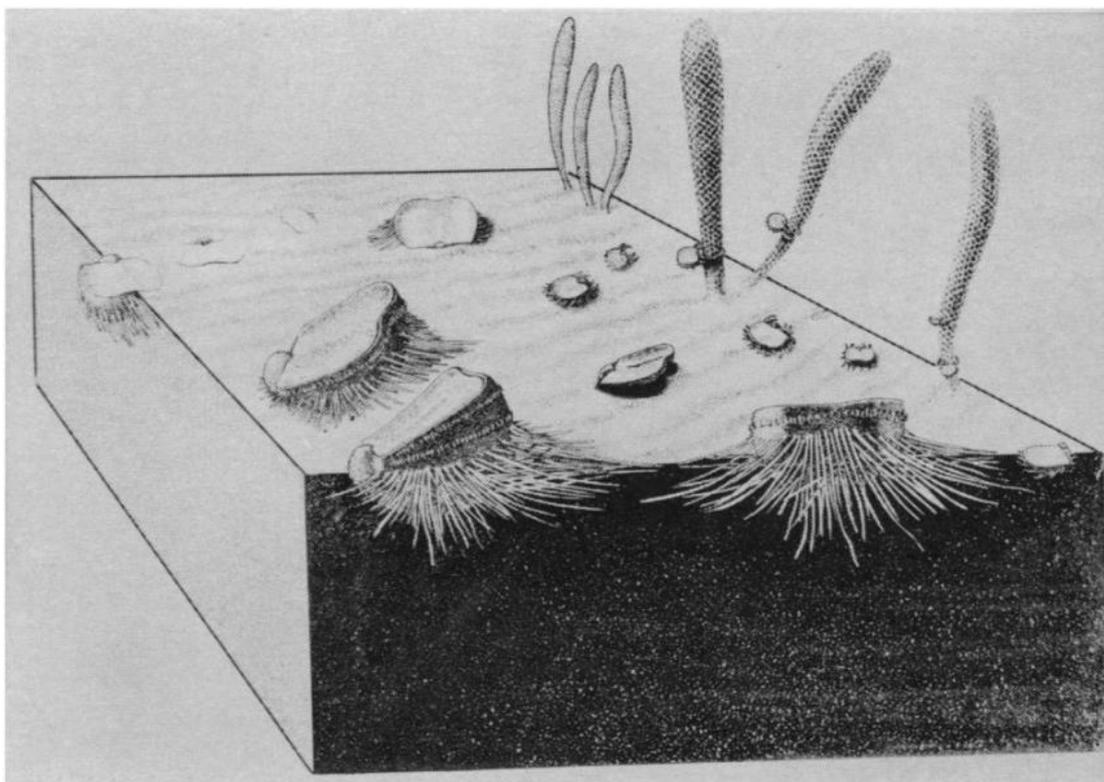
Fonte: a autora.

Grant (1966) estudou o Productida *Waagenoconcha* (Carbonífero-Permiano) e observou que os espécimes adultos teriam vivido parcialmente enterrados (semi-infaunais) em substratos moles com a valva ventral voltada para baixo (*convex-down*), sendo essa ancorada por numerosos espinhos (Figura 16). Para Grant (1965, 1966) a ponta do umbo permanecia recurvada provavelmente perto do nível do topo do sedimento, com as margens anteriores da concha inclinadas o suficiente para manter a abertura ao nível do substrato ou imediatamente acima deste. Para a abertura das valvas, um forte conjunto de músculos didutores fornecia força suficiente para abrir a

concha contra a carga de sedimentos da valva dorsal. Está a camada de sedimentos sobre a valva concava supostamente servia para camuflar o organismo e para impedir o repouso de organismos estranhos, como esclerobiontes.

Segundo o autor, a posição normal de vida era semi-infaunal, pois o peso relativamente maior na valva ventral deveria levar a concha a assentar sobre o umbo, depois de se libertar da sua fixação durante a forma juvenil, ou ainda, após ter sido desestabilizada pela turbulência do ambiente ou por outros organismos. Além disso, a curvatura da valva ventral e o achatamento da valva dorsal podiam favorecer o repouso da valva ventral em águas calmas. Os espinhos, provavelmente agiam retendo o sedimento que se acumulava ao redor da concha, quase enterrando-a, mas também ajudando a mantê-la estável. Outro indicador de um modo de vida semi-infaunal, é o acúmulo de silte e argila na cavidade do umbo na valva ventral, as conchas com o umbo preenchido por silte e argila estavam orientadas para baixo e o restante da concha foi preenchido com calcita, que foi posteriormente dissolvida, deixando o acúmulo de argila no local, o que implica que essa seria a posição de vida e não apenas a posição de repouso final de uma concha perturbada (ver GRANT, 1965, 1966).

Figura 16 – Hábito de vida semi-infaunal de Productida *Waagenoconcha*, segundo Grant (1965,1966).



Fonte: adaptado de Grant (1965,1966).

Rudwick (1970) discutiu que a mudança da concha de uma forma suave para uma fortemente côncava-convexa foi bastante repentina na ontogenia. Isso representaria uma mudança repentina de um modo de vida livre e talvez nadador, para uma posição estática e semi-infaunal. Para o autor, alguns Productida parecem ter desenvolvido ainda mais esse modo de vida, pois as conchas eram estabilizadas por uma variedade de espinhos. No início do desenvolvimento os espinhos cresciam nas valvas ventrais em ambos os lados dos minúsculos pedículos e prendiam a concha em algum material ou substrato. No entanto, em alguns casos essa fixação se tornou inadequada à medida que a concha crescia. Os espinhos posteriores foram adaptados para estabilizar a concha no substrato, de modo que os espinhos parecem ter penetrado como “raízes” em substratos macios, impedindo que as conchas afundassem. Da mesma forma que Grant (1965, 1966), Rudwick (1970) concluiu e figurou que o espécime *Waagenoconcha* estaria com a concha na posição *convex-down* caracterizando um hábito de vida semi-infaunal, onde a valva côncava poderia provavelmente ser utilizada para camuflagem, comportando uma pequena quantidade de sedimento.

Em contraste com Grant (1965,1966) e Rudwick (1970) que analisaram productídeos com espinhos longos, os braquiópodes da Subordem Productidina com espinhos curtos foram testados por Garcia, Molinaro e Leighton (2018). A experiência utilizou modelos impressos em 3D do gênero *Praewaagenoconcha*, com pesos precisos além da simulação do substrato e o fluxo em que o táxon viveu. Foram testadas três condições: espinhos em ambas as valvas; espinhos apenas na valva ventral e sem espinhos em sedimentos arenosos. Durante os testes, não houve diferenças entre o modelo com espinhos em ambas as valvas ventrais e com os espinhos apenas na valva ventral, sugerindo que os espinhos dorsais não afetam a estabilidade. Além disso, observou-se que os modelos na posição semi-infaunal, mesmo os sem espinhos, resistiram ao transporte e o tombamento melhor que os modelos posicionados epifaunalmente.

Continuamente, estudos biomecânicos de Leighton e Savarese (1996) com a espécie *Rafinesquina alternata* (Strophomenida – Ordoviciano) sustentam a hipótese que os braquiópodes Strophomenida côncavo-convexos viviam na posição *convex-down* (convexa para baixo), sendo esses resultados válidos para substratos arenosos e lodosos, adotando um hábito de vida semi-infaunal. Para os autores, os

braquiópodes Strophomenida que viviam em substratos firmes e areia, teriam sido submetidos a altas velocidades de corrente. Para um organismo que vivesse orientado na posição *concave-down*, isso seria um problema sério, pois a comissura seria enterrada pelo menos parcialmente, tornando a alimentação impossível (o autor utiliza o termo *convex-up*, para se referir ao organismo com a comissura voltada para o sedimento, para mais interpretações ver Leighton e Savarese, 1996). Se o braquiópode permanece-se na posição *convex-down*, a comissura era elevada acima do sedimento, mas o mesmo ainda poderia ter dificuldades devido a erosão do sedimento, sofrendo maior risco de arrasto. Leighton e Savarese (1996) observaram que espécies mais planas sofriam menos arrasto, menos erosão sedimentar e tinham menos probabilidade de serem perturbadas em um ambiente de alta energia. Em sedimentos macios, quando posicionados com a convexidade para baixo (*convex-down*) os braquiópodes permaneciam com suas comissuras livre de sedimentos, funcionando com “icebergs”, onde a maior parte do corpo afundava abaixo do nível de topo do sedimento, mantendo a comissura livre de sedimentos, ou ainda, poderiam adotar a estratégia “snowshoe” distribuindo a massa do corpo sobre sedimentos, tendo um afundamento mais suscito (ver THAYER, 1975). Considerando as evidências acima, organismos observados na posição *concave-down* provavelmente sofreram reorientação *post-mortem*, podendo ser um indicativo tafonômico de perturbação. No entanto, o transporte pode ter sido mínimo após a virada, pois um indivíduo na orientação *concave-down* poderiam ter maior estabilidade hidrodinâmica (LEIGHTON; SAVARESE, 1996; LEIGHTON, 1998).

Para Lecinsky (1995) os braquiópodes Strophomenida côncavo-convexos viveram com a valva concava para baixo (*concave-down* ou *convex-up*). Utilizando epibiontes e dados tafonômicos de 11 coleções de braquiópodes não productídeos do Ordoviciano e Devoniano. Segundo o autor, as valvas convexas foram incrustadas mais fortemente do que as côncavas em todas as coleções, sugerindo que essas superfícies estavam mais altas durante o assentamento de epibiontes. Os epibiontes responsáveis pela maior incrustação eram aqueles típicos de superfícies expostas, portanto, a orientação convexa para cima seria suportada. Além disso, a maioria dos epibiontes estava amplamente distribuída nas porções centrais das valvas concavas e convexas e sugere que a incrustação ou crescimento dos epibiontes não ocorreu ao longo da borda exposta dos hospedeiros convexas para baixo, além de terem ocorrido no hospedeiro provavelmente vivo na maioria dos casos, pois a baixa concentração

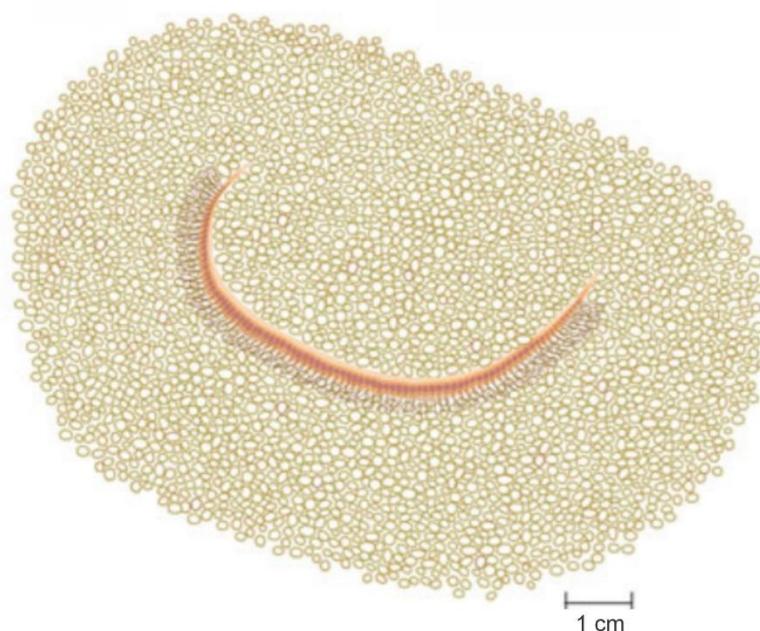
de epibiontes nas partes internas sugeria possivelmente que ocorreram poucas incrustações *post-mortem*.

As amostras estudadas por Lecinsky (1995) apresentavam baixas taxas de desarticulação e fragmentação, indicando baixa perturbação e degradação *post-mortem*. Dessa forma, Lecinsky (1995) sugeriu que os braquiópodes côncavo-convexos, com exceção dos Productida que viviam ancorados e de modo semi-infaunal, eram provavelmente totalmente epifaunais e que suas conchas eram particularmente adequadas para a colonização por epibiontes, devido à estabilidade inerente da forma côncava para baixo (*concave-down*), e habitavam ambientes que eram caracterizados por sedimentos de deposição rápida, representados por tempestitos. Além disso, Lecinsky (1995) argumentou ainda que os fundos marinhos poderiam ter sido mais firmes do que normalmente se interpreta, portanto, as conchas seriam menos propensas a afundar.

Plotinick (2013) também concorda que determinados braquiópodes (Strophomenida) côncavo-convexos tinham suas conchas orientadas com a valva côncava orientada para baixo (*concave-down*). Os experimentos indicaram que a força para empurrar ou arrastar um organismo côncavo para baixo em lamas macias é muito maior que o necessário para um organismo convexo para baixo (*convex-down*). O estudo sugere que a orientação côncava para baixo teria proporcionado resistência ao tombamento em correntes e juntamente com o aumento da curvatura da concha teria evitado o afundamento no sedimento e da mesma forma que Lecinsky (1995) sugere que os sedimentos dos fundos marinhos eram mais firmes. No entanto, Plotinick (2013) ressaltou que orientação *concave-down* não seria aplicável para todos os Strophomenida.

Em contraste com os demais autores, Stanley (2020) acreditava que a maioria dos braquiópodes côncavo-convexos teria adotado um hábito de vida totalmente infaunal (Figura 17). Para Stanley (2020) os Strophomenata (Strophomenida e Productida) por analogia as vieiras côncavo-convexos (família Pectinidae), viviam infaunalmente ejetando água com o batimento das valvas para criar uma fossa na qual desciam para serem protegidos por sedimentos. Se exumado e virado de cabeça para baixo, um Strophomenata poderia se endireitar esguichando água. O autor descreveu o hábito de vida como infaunal pouco profundo, na posição *convex-down*, com a valva côncava coberta de sedimentos mantendo apenas a comissura visível.

Figura 17 – Hábito de vida infaunal proposto por Stanley (2020).



Fonte: adaptado de Stanley (2020).

Ye *et al*, (2020) empregaram análises de microestruturas da concha para obter informações a respeito da espessura da concha, estilos de vida e estratégias ecológicas. Os resultados de Ye *et al*, (2020) apontaram que as conchas biconvexas possuíam tecido fibroso e caracterizavam principalmente ao hábito de vida epifaunal, de vida livre ou pedunculado, enquanto as conchas côncavo-convexas e plano-convexas possuíam tecido laminar que permitiram a exploração de hábitos de vida semi-infaunais, cimentado, de fixação por fibras do manto ou por espinhos de fixação. Portanto, a espessura da concha e seu tecido podem ser considerados fatores determinantes na formação de adaptações evolutivas e ecológicas dos braquiópodes. O tecido laminar, rico em matéria orgânica, pode ter proporcionado uma maior capacidade de reparo da concha. Alexander (1999) apontou que a camada laminar pode ter tido uma função semelhante ao nácar em bivalves para impedir a propagação de fraturas e que as pseudopontuações podem ter servido também para desviar fraturas. Portanto, o tecido laminar, pode ter sido determinante na variedade de formas de conchas e estilos de vida adotados pelos Strophomenata (YE *et al.*, 2020).

Como observado quando se trata sobre o modo de vida, a maioria dos trabalhos foca nas ordens Strophomenida e Productida, enquanto os representantes da ordem Orthotetida são pouco abordados. De maneira geral, os Orthotetida são considerados

cimentados ao substrato (WILLIAMS; BRUNTON, 1993; 2000). Para McGhee (1976) “*Schuchertella*” provavelmente suportam a concha distribuindo a massa do corpo sobre o sedimento adotando a estratégia de *snowshoe*. A “*Schuchertella*” era geralmente cimentada a objetos firmes pelo umbo nas fases iniciais de desenvolvimento, com aumento do peso do crescimento posterior a concha eventualmente poderia se desprender e repousar livremente no fundo do mar (MCGHEE, 1976). Harper (2004) ilustra “*Schuchertella*” como cimentada, já Ponciano e Machado (2007) descrevem “*Schuchertella*” como epibentônico reclinante.

Quanto a distribuição paleobatimétrica, a literatura contém inúmeras de associações e comunidades que incluem representantes da classe Strophomenata como táxons índice, principalmente os Chonetidina. Quando não são os táxons índices estão associadas a outras comunidades (RACHEBOEUF, 1990). Com o advento da ecoestratigrafia na década 1970, este fato tornou-se mais pronunciado, refletindo o lugar ocupado pelos Chonetidina. Boucot (1971), destaca-se a comunidade *Notiochonetes* a qual ocupa uma posição intermediária em relação à linha de costa, ocupando uma posição na associação bentônica ¹BA – 3. No entanto, os Chonetidina foram citados em todas as assembleias bentônicas desde a BA - 1 (zona interdital superior) até BA – 6 (borda da plataforma) (RACHEBOEUF, 1990).

Racheboeuf (1990) distribuiu os Chonetidina nas paleocomunidades de Boucot (1971, 1975) de acordo com os morfotipos, da seguinte forma: conchas, moderadamente ou muito infladas com numerosos espinhos curtos, predominam na BA – 2 e 3; conchas grandes pouco ou moderadamente infladas, com espinhos curtos, retos os oblíquos; parecerem caracterizar ambientes com substrato menos móvel e fino, em águas calmas ou ocasionalmente agitadas; também predominando na BA – 2 e 3; por fim conchas pequenas, muito infladas e sem espinhos, com espinhos longos ou quase plana com espinhos longos predominam na porção mais distais nas BA – 3 a 5.

Com base na morfologia das valvas dos Chonetoidea analisados por Videira-Santos (2020), no Devoniano da Bacia do Paraná, e no proposto por Racheboeuf (1990), Videira-Santos (2020) inferiu que: *Sanjuanetes* sp. e *Chonostrophia?* aff. *truyolsae* tinham preferência por um ambiente de BA – 4 até no máximo BA – 5; *Kentronetes?* *ortegae?* e *Kentronetes?* *iclaense* viviam em um

¹ BA (Benthic Assemblage) – Assembleia bentônica (BOUCOT, 1971).

ambiente relacionado a BA – 4; *Babinia sp.* vivia em um ambiente relacionado a BA – 3 e 4, e *Notichonetes skottsbergi*, *Australostrophia mesembria*, *Pleurochonetes surucoi?* e *Pleurochonetes falklandicus* teriam uma preferência pela BA – 3, no entanto, *Pleurochonetes*, especialmente *P. falklandicus*, teria grande plasticidade, habitando comumente a BA – 4 e 5. Contudo, o autor destaca que muitas das inferências paleoambientais para os Chonetidina do Devoniano da Bacia do Paraná, necessitam ser corroboradas por trabalhos de tafonomia e de estratigrafia de sequências.

9 RESULTADOS E DISCUSSÕES

9.1 TAXONOMIA

Neste capítulo são descritos e discutidos os espécimes da classe Strophomenata encontrados na seção Bosque do Mistral.

Filo Brachiopoda Duméril, 1806
 Subfilo Rhynchonelliformea Williams, Carlson, Brunton, Holmer &
 Popov, 1996
 Classe Strophomenata Williams, Carlson, Brunton, Holmer & Popov,
 1996
 Ordem Productida Sarytcheva & Sokolskaya, 1959
 Subordem Chonetidina Muir-Wood, 1962
 Superfamília Chonetoidea Bronn, 1862
 Família Strophochonetidae Muir-Wood, 1962
 Subfamília Strophochonetinae Muir-Wood, 1962
 Gênero *Australostrophia* Caster, 1939

Espécie-tipo: *Leptostrophia? mesembria* Clarke, 1913

Australostrophia mesembria (Clarke, 1913)
 (Estampa 1, figuras A e B)

1913 *Leptostrophia? mesembria* Clarke; Clarke, p. 286, est. 22, fig. 33-41.

1913 *Stropheodonta cf. arcei* Ulrich; Kozłowski, p. 110-111, pl. 2, fig. 3.

1937 (non) *Leptostrophia? mesembria* Clarke; Roxo, p. 6.

1939 *Australostrophia mesembria* (Clarke); Caster, p. 29 e 83.

1975 *Australostrophia mesembria* (Clarke); Boucot, est. 1, figs. 1-12.

1987 *Australostrophia mesembria* (Clarke); Quadros, p. 37-40, est. 4, fig. 1-25.

2007 *Australostrophia mesembria* (Clarke); Souza, p. 63, fig. 13 A-E.

2013 *Australostrophia mesembria* (Clarke); Cerri, p. 11, fig. 3 A-B.

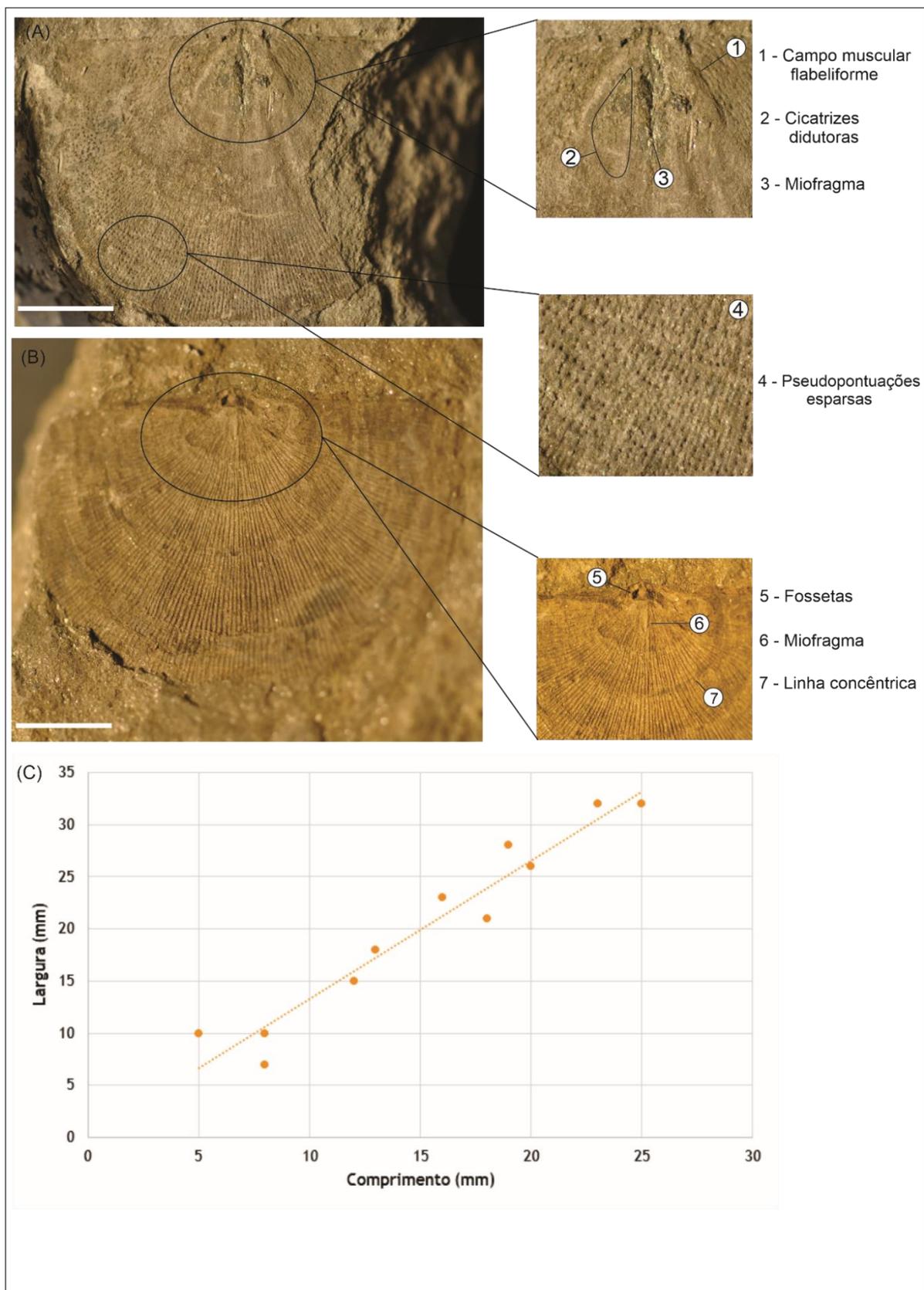
Material: MPI 16495, MPI 16431, MPI 16773, MPI 18172, MPI 17266, MPI 17700, 17607, MPI 17534, MPI 17537, MPI 17532, MPI 17535, MPI 17742 A, MPI 17660 A-B, MPI 17358, MPI 17591, MPI 17596 A-B.

Procedência: Ponta Grossa, Paraná, Seção Bosque Mistral, Formação Ponta Grossa (Neopraguiano/Eoemsiano).

Descrição: concha de tamanho médio, 10 mm a 32 mm de largura e 5 mm a 25 mm de comprimento, transversa a acentuadamente transversa ($C/L = 0,78 - 0,67$), contorno semicircular, perfil suavemente plano-convexo, umbo pouco proeminente e pungente. Ornamentação constituída por costelas radiais finas, densas e baixas, 12 a 23 costelas/5 mm, presença de linhas de crescimento concêntricas (*fila*), pseudopontuações esparsas ao longo da concha que não acompanham os intervalos, três pares de espinhos ortomorfos oblíquos, raramente preservados.

Interior ventral: campo muscular flabelado bem desenvolvido ultrapassando levemente a metade da valva. Cicatrizes didotoras grandes subtriangulares, lisas e anteriormente arredondadas, miofragma ocupando aproximadamente $3/4$ do comprimento da valva. **Interior dorsal:** fossetas espessa e curtas, septo mediano baixo e curto (Figura 18).

Figura 18 – Características de *Australostrophia meseembria*. (A) MPI 17591 - interior da valva ventral; (B) MPI 17542 - interior da valva dorsal; (C) Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de *Australostrophia meseembria*. Escala de 10 mm.



Fonte: a autora.

Discussão: as primeiras descrições e ilustrações de *Australostrophia mesembria* foram feitas por Clarke (1913, estampa XXII, p. 286-, figs. 33, 34), o qual a denominou de *Leptostrophia? mesembria*. De acordo com o autor, utilizando espécimes da Formação Ponta Grossa (Bacia do Paraná) e da Formação Fox Bay (Ilhas Malvinas), Devoniano Inferior, *Leptostrophia* possui, muitas vezes, notáveis dimensões nas quais as valvas chatas são cobertas por uma fina ornamentação linear concêntrica sobre a superfície finamente estriada. Segundo Clarke (1913) na fauna de Ponta Grossa é encontrado conchas muito semelhantes à *Leptostrophia*, descrevendo-a como: “sendo um tanto transversa, com estrias radiadas extremamente finas cruzadas por apertadas e muito delicadas linhas concêntricas filiformes. O interior da valva apresenta a usual impressão muscular flabeliforme, septo mediano baixo e região palial pustulosa”. No entanto, ao verificar ausência de espinhos desenvolvidos e de uma charneira denticulada, características típicas dos Leptostrophiidae, notou uma certa proximidade aos Chonetoidea gravando o nome genérico com dúvida. Caster (1939) atribuiu o nome genérico de *Australostrophia* a fim de realocar a espécie *Leptostrophia? mesembria* e a partir de seu trabalho a espécie passou a ser denominada *Australostrophia mesembria*.

Na literatura especializada são descritas além de *A. mesembria* outras três espécies: *A. senegalensis* Rachebouef & Villeneuve, 1989; *A. clarkei* Rachebouef & Herrera, 1994 e *A. penoensis* Herrera, 1995. *A. mesembria* se difere de *A. senegalensis*, do Grupo Batafa, Lochkoviano de Senegal, por apresentar costelas mais finas, septo mediano dorsal e pelo tamanho superior (28 mm ao invés de 10 mm) e concha mais transversa. No interior da valva ventral a diferença mais considerável são os dentes mais alongados em *A. senegalensis*. No interior da valva dorsal a principal diferença entre as espécies é a presença de um septo baixo e curto em *A. mesembria* e a ausência de septo em *A. senegalensis* (RACHEBOEUF; VILLENEUVE, 1989 *apud* SOUZA, 2007).

A. mesembria se difere de *A. clarkei*, da zona da *Scaphiocoelia* da Bolívia (Neolochkoviano/eopragiano), por apresentar um contorno mais transverso, sua ornamentação é constituída por costelas mais grossas e menos numerosas (12 a 23 costelas/5 mm, ao invés de 23 a 28/5 mm), um septo mediano mais curto e espinhos mais eretos (RACHEBOEUF; HERRERA, 1994).

Por fim, *A. mesembria* distingue-se de *A. penoensis*, do Praguiano da Argentina, principalmente pela presença de septos no interior da valva dorsal, os quais

são inexistentes em *A. mesembria*, e pela presença de um septo mediano que alcança de 50% a 60% do comprimento da valva. Outras características divergentes entre as espécies é a ornamentação menos densa e a presença de até cinco pares de espinhos ortomorfos oblíquos de *A. penoensis*, ao invés de três pares como em *A. mesembria* (HERRERA, 1995).

É notável a partir da discussão que as principais características diagnósticas no gênero *Australostrophia* estão relacionadas ao tamanho e ornamentação da concha, a natureza dos espinhos e do septo mediano no interior da valva dorsal (SOUZA, 2007). Vale ressaltar, que o lectótipo de *Australostrophia mesembria* é proveniente de Ponta Grossa, Paraná, e está depositado na coleção do Museu de Ciências da Terra do Serviço Geológico do Brasil, escritório Rio de Janeiro (CPRM/RJ), sob número de tombo DGM 241 (ver SOUZA, 2007; VIDEIRA-SANTOS, SCHEFFLER, 2019; VIDEIRA-SANTOS, 2020).

Ocorrências: Brasil, Bacia do Paraná, Formação Ponta Grossa – Neopraguiano/Eoemsiano; base da Formação São Domingos – Neoemsiano (CLARKE, 1913; LANGE, 1954; LANGE; PETRI, 1967; PETRI, 1948; SOUZA, 2007; VIDEIRA-SANTOS, 2020); Bolívia, seção Gamoneda – Praguiano/Emsiano e porção inferior da Formação Icla (ISAACSON, 1977; RACHEBOEUF *et al.*, 1998; VIDEIRA-SANTOS, 2020; VIDEIRA-SANTOS *et al.*, 2022b); Ilhas Malvinas, Formação Fox Bay – Praguiano/Emsiano (CLARKE, 1913); Argentina, Formação Talacasto - ?Lochkoviano/?Neopraguiano (CASTELLARO, 1966; GARCÍA-MURO *et al.*, 2018); Uruguai, Formação Cordobés - Neopraguiano/Eoemsiano (DANERS *et al.*, 2017; MENDEZ-ALZOLA, 1938).

Gênero *Babinia* Racheboeuf & Branisa, 1985

Espécie-tipo: *Babinia parvula* Racheboeuf & Branisa, 1985

Babinia parvula (Racheboeuf & Branisa, 1985)

(Estampa 1, figuras C e D)

1913 *Chonetes falklandicus* (Morris & Sharpe); Clarke, p. 295, est. 24, fig. 25.

2007 *Babinia?* sp.; Souza, p. 62, fig. 13 F.

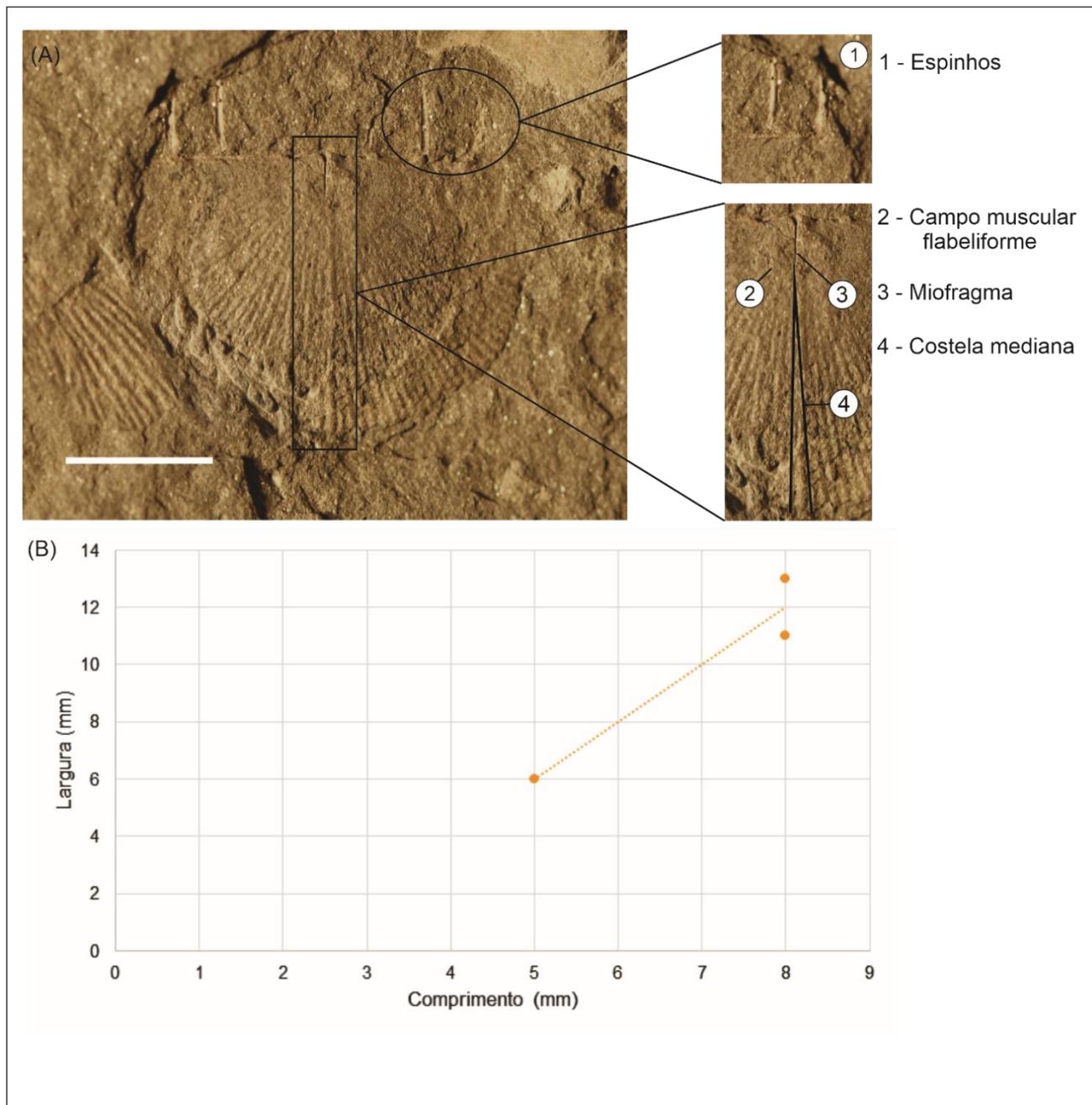
2018 *Babinia? larocquensis* Racheboeuf & Lesperance; Videira-Santos & Scheffler, p. 42-43

Material: MPI 16975; MPI 18730; MPI 15884; MPI 15043.

Procedência: Ponta Grossa, Paraná, Seção Bosque Mistral, Formação Ponta Grossa (Neopraguiano/Eoemsiano).

Descrição: concha pequena a média, 6 a 12 mm de largura e 4 a 7 mm de comprimento, contorno subelíptico, transversa ($C/L = 0,70$ a $0,66$), perfil plano-convexo a côncavo-convexo, umbo pequeno e pouco proeminente. Ornamentação constituída por costelas baixas, cerca de 5 a 6 costelas/1mm, arredondadas que se alargam suavemente em direção à borda anterior, interespaços bem reduzidos, costela mediana bem desenvolvida alcança a comissura anterior, três pares de espinhos ortomorfos retos. **Interior ventral:** campo muscular flabelado, miofragma pequeno, não foram observadas cicatrizes didotoras e adutoras. **Interior dorsal:** não foi observado no material (Figura 19).

Figura 19 – Características de *Babinia parvula*. (A) MPI 16975 - interior da valva ventral; (B) Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de *Babinia parvula*. Escala de 10 mm.



Fonte: a autora.

Discussão: o gênero e a espécie foram descritos por Rachebouef e Branisa (1985) no Devoniano da Bolívia. Segundo os autores, o gênero se assemelha muito a *Philippoti* Rachebouef, 1982 em tamanho, contorno e interior da valva ventral. No entanto, os dois gêneros se diferem na inserção dos espinhos. Em *Babinia* os dois pares de espinhos estão localizados na margem posterior da valva dorsal, enquanto

em *Philippotia* os espinhos são dispostos de forma assimétrica e inseridos apenas no lado direito do umbo.

Racheboeuf e Lespérance (1995) descreveram a espécie *Babinia laroquensis* no Praguiano do Canadá. *B. parvula* se distingue de *B. laroquensis* por apresentar um perfil menos transversal (média de 0,70 - 0,75 em comparação com 0,66 para *B. laroquensis*), a costela mediana é mais bem desenvolvida em *B. parvula*, a ornamentação de *B. laroquensis* é mais grossa (4-6 costelas por mm, contrariamente a *B. parvula* que possui 8-10 por mm), na margem posterior *B. laroquensis* possui apenas dois pares de espinhos e *B. parvula* possui três. Segundo Videira-Santos (2020) e Videira-Santos *et al.* (2022a), *B. laroquensis* provavelmente não pertence ao gênero *Babinia*, pois o par de *anderidia*, diverge em torno de 50°, porém para ser considerado do gênero *Babinia*, o par de *anderidia* necessita divergir em torno de 70° (ver RACHEBOEUF, 2000).

Os exemplares aqui analisados, possuem o tamanho médio maior que os exemplares do gênero *Babinia* registrados na literatura, que possuem no máximo 7 mm. No entanto, a classificação dos exemplares analisados se deu em razão de seu tamanho, pela presença de espinhos do tipo ortomorfos retos e pela presença de uma costela mediana mais alargada na valva ventral. Devido ao seu tamanho e quantidade de costelas por mm, 5 a 6 costelas por mm, possivelmente pertencem a subespécie *Babinia parvula maxima* (ver Videira-Santos *et al.*, 2022a).

Ocorrências: Brasil, Formação Ponta Grossa - Neopraguiano/Eoemsiano (VIDEIRA-SANTOS, 2020, VIDEIRA-SANTOS *et al.*, 2022a; esta dissertação); Formação São Domingos – Neoemsiano (VIDEIRA-SANTOS, 2020); Argentina, Bolívia e Quebec – NEoemsiano/Eoiefeliano (RACHEBOEUF, 2000; RACHEBOEUF; BRANISA, 1985; RACHEBOEUF; LESPERÁNCE, 1995).

Gênero *Kentronetes* Racheboeuf & Herrera, 1994

Espécie-tipo: *Chonetes rucki* Ulrich, 1893

Kentronetes? iclaense (Racheboeuf & Herrera, 1985)

(Estampa 1, figuras E e F)

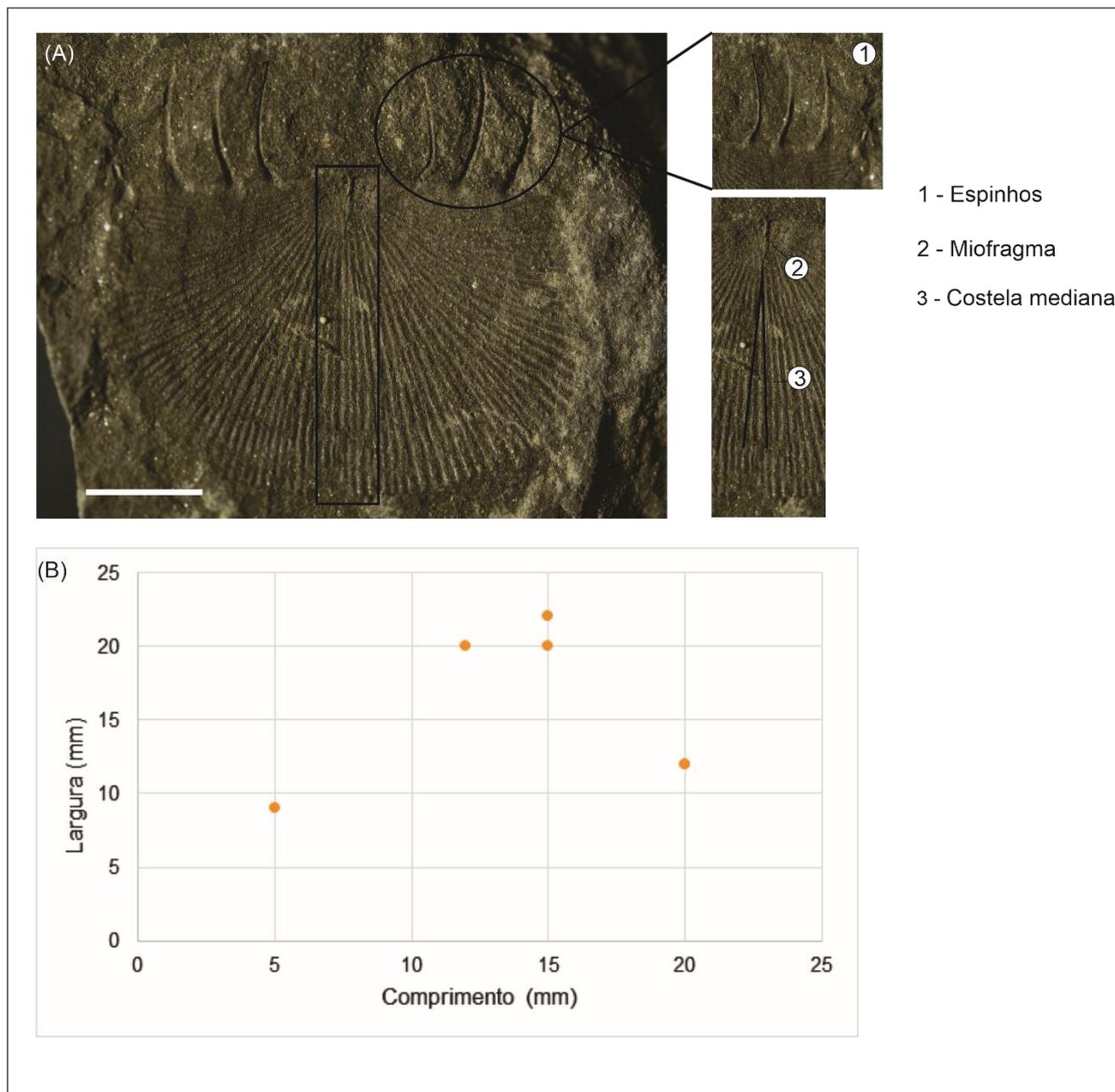
2007 *Kentronetes* cf. *iclaensis* (Racheboeuf & Branisa), Souza, p. 65-66, fig. 14 A-D.

Material: MPI 15324; MPI 17031 A-B; MPI 14319; MPI 15884.

Procedência: Ponta Grossa, Paraná, Seção Bosque Mistral, Formação Ponta Grossa (Neopraguiano/Eoemsiano).

Descrição: tamanho médio, entre 12 mm a 22 mm de largura e 9 mm a 15 mm de comprimento, de contorno subretangular e transversa ($C/L = 0,68$), moderadamente côncavo-convexo. Ornamentação constituída por costelas finas radiais baixas, 10 a 16 costelas/5 mm, multiplicando-se por intercalação e bifurcação, quatro pares de espinhos citomorfos intraversados, costela mediana na valva ventral mais bem desenvolvida alcançando a comissura anterior, interespaços muito reduzidos, pseudopontuações arranjadas retilineamente nos interespaços. **Interior ventral:** miofragma muito pequeno, campo muscular pouco proeminente, dentes da charneira não preservados. **Interior dorsal:** não foi possível observar nenhuma característica relevante (Figura 20).

Figura 20 – Características de *Kentronetes? iclaense*. (A) MPI 15418 - interior da valva ventral; (B) Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de *Kentronetes? iclaense*. Escala de 10 mm.



Fonte: a autora.

Discussão: entre 1985 e 1994 representantes da família Strophochonetidae do Devoniano Sul-Americano estavam sendo atribuídos ao gênero *Quadrikentron*. No entanto, a revisão dos chonetoides para a segunda edição do “*Treatise on Invertebrate Paleontology*” permitiu a observação de novos caracteres que permitiram distinguir os Strophochonetidae do *Quadrikentron*. Desta forma, Rachebouef e Herrera (1994) descrevem pela primeira vez o gênero *Kentronetes*.

Kentronetes Racheboeuf & Herrera, 1994 difere-se do gênero *Quadrikentron* por apresentar espinhos citomorfos intraversados, ao invés de espinhos do tipo ortomorfo oblíquo, por possuir costela mediana alargada (inexistente em *Quadrikentron*) e por possuir septo mediano mais desenvolvido, ao invés de um septo mediano largo e baixo como em *Quadrikentron* (ver RACHEBOEUF, 1998; RACHEBOEUF; HERRERA, 1994).

Kentronetes também se assemelha muito com o gênero *Borealinetes* do Devoniano da costa leste canadense. No entanto *Borealinetes* se difere pelo desenvolvimento de uma costela mediana que sempre atinge a margem anterior da concha, além de outras características no interior da valva dorsal como a morfologia das fossetas dentais (ver RACHEBOEUF; LESPÉRANCE, 1995).

Segundo Racheboeuf *et al.* (2012), o gênero *Kentronetes* está biogeograficamente restrito ao Devoniano do Reino Malvinocáfrico, na África do Sul, Argentina e Bolívia. Porém, como observado por Souza (2007), Videira-Santos (2020), Videira-Santos *et al.* (2022a) e esta dissertação, o gênero provavelmente também está presente no Devoniano da Bacia do Paraná. Os exemplares aqui analisados são atribuídos a espécie *Kentronetes? iclaense* pela quantidade e tipo de espinhos, pelo número de costelas a cada 5 mm e pela presença de uma costela mediana mais bem desenvolvida que atinge o bordo anterior. No entanto, como no material estudado não há valvas dorsais bem preservadas, não há como classificá-los com certeza como *Kentronetes*. Porém, levando em consideração o contexto paleobiogeográfico, é presumível que seja um *Kentronetes*, uma vez que *Borealinetes* ocorre no Devoniano do Canadá. Desta forma, optou-se por utilizar a nomenclatura aberta.

Ocorrências: Brasil, Formação Ponta Grossa – Neopraguiano/Eoemsiano (SOUZA, 2007; VIDEIRA-SANTOS, 2020; VIDEIRA-SANTOS *et al.*, 2022a; esta dissertação), Argentina, Formação Talasco – Lochkoviano/Eifeliano (HERRERA, 1995); África do Sul, formações de Gydo e Voorstehoek da Grupo Bokkeveld – Emsiano/Eifeliano (HILLER, 1995); Bolívia, Formação Icla – Lochkoviano/Eifeliano (RACHEBOEUF; ISAACSON, 1993).

Sanjuanetes? sp.
(Estampa 2, figura A e B)

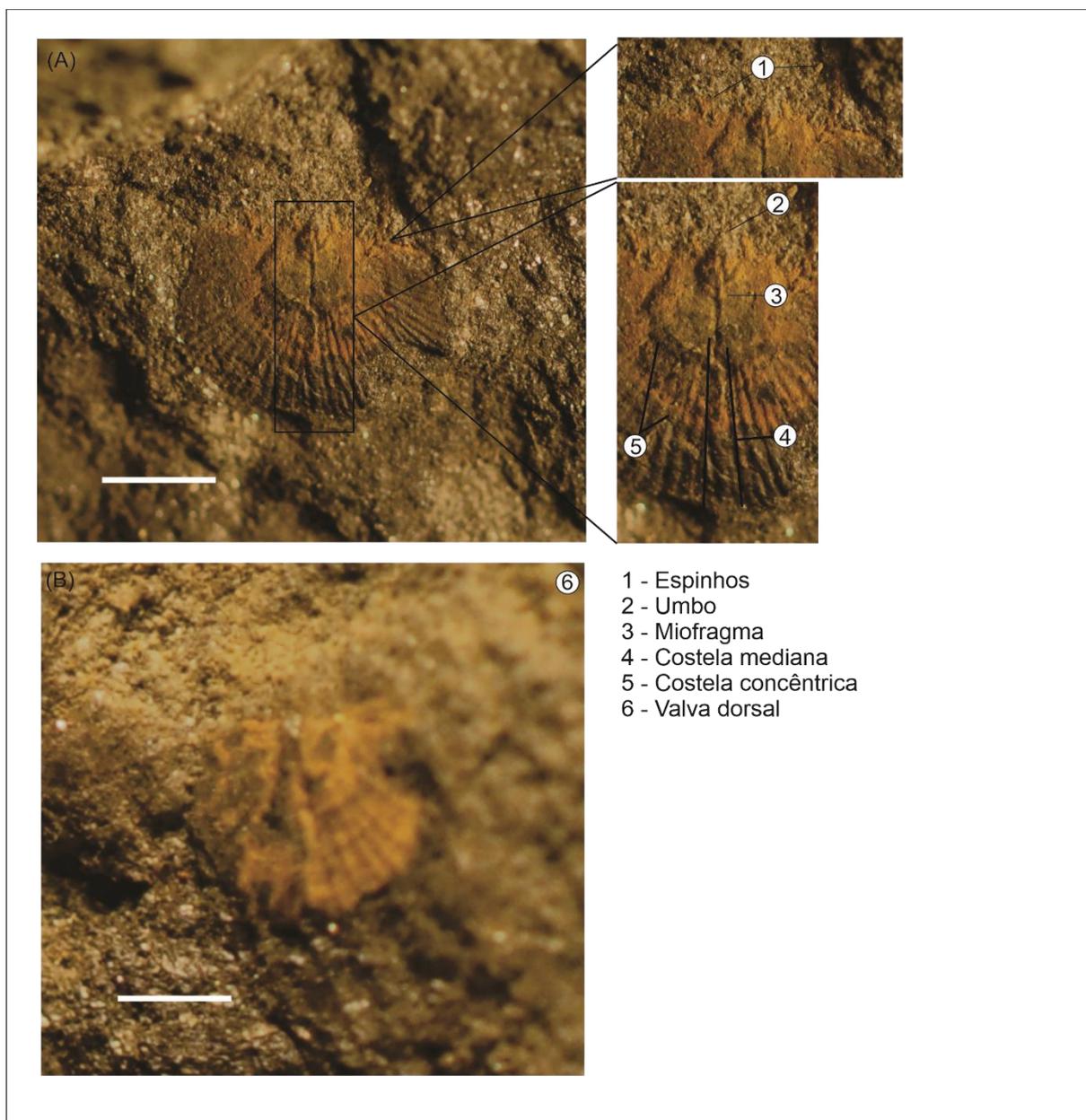
Espécie Tipo: *Sanjuanetes dalenzae* Racheboeuf & Herrera, 1994.

Material: MPI 17592-1, MPI 17592-2.

Procedência: Ponta Grossa, Paraná, Seção Bosque Mistral, Formação Ponta Grossa (Neopraguiano/Eoemsiano).

Descrição: muito pequena de contorno subcircular e transversa ($C/L = 0,5$), com 3 mm de comprimento e 6 mm de largura, de perfil plano-convexo a côncavo-convexas. Umbo pequeno, bem definido, pontiagudo sobressaindo no bordo posterior da concha. Ornamentação constituída por costelas radiais com interespaços reduzidos (5 costelas por mm) e uma costela mediana bem desenvolvida que alcança a comissura anterior da concha, três pares de espinhos do tipo citormorfo intraversado simetricamente distribuídos. Superfície com linhas de crescimento concêntricas. **Interior ventral:** miofragma estreito, curto e bem definido. **Interior dorsal:** costelas bifurcadas em forma de leque (Figura 21).

Figura 21 – Características de *Sanjuanetes* sp. (A) MPI 17592-1 - interior da valva ventral; (B) MPI 17592-1 - valva dorsal. Escala de 1 mm.



Fonte: a autora.

Discussão: Levy e Nullo (1972) descreveram a espécie *Chonostrophia reversa* var. *andina* para o Devoniano Inferior na seção Talasco (entre San Juan e Jachal, Pré-cordilheira de San Juan, Argentina). A subespécie foi atribuída a *Chonostrophia reversa* de Whitefield (1882), por apresentar contorno semelhante e ornamentação radial. No entanto, Levy e Nullo (1972) mencionaram que a variedade andina se difere na morfologia dos dentes, apresentando-os paralelos à charneira, ao invés, de dentes divergentes anteriormente como em *C. reversa* (RACHEBOEUF; HERRERA, 1994).

De acordo com Racheboeuf e Herrera (1994) os juvenis de *Sanjuanetes dalenze* são muito semelhantes a *Chonostrophia reversa* var. *andina*. Deste modo, estes autores elevaram à categoria de espécie e atribuíram ao novo gênero *Sanjuanetes*. Herrera (1993) discorre que o gênero *Sanjuanetes* seria um bom fóssil índice, pois foi encontrado nas partes mais baixas das seções estudadas da Formação Talasco (Devoniano Inferior) da Argentina.

O exemplar aqui estudado se assemelha muito com *Sanjuanetes dalenzae* Rachebouef & Herrera, 1994 e a ?*Sanjuanetes andina* Levy & Nullo, 1972 (= *Chonostrophia reversa* var. *andina* Levy & Nullo, 1972), a natureza ressupinada da valva, a presença de uma costela mediana bem desenvolvida, o tamanho semelhante e a presença de linhas de crescimento concêntricas sugerem que o espécime seja provavelmente um *Sanjuanetes*. No entanto, foi identificado apenas um exemplar da valva ventral e um exemplar, com dúvida, da valva dorsal. Sendo assim, devido à ausência do interior da valva dorsal, optou-se nessa dissertação, em classificá-lo em nomenclatura aberta. Se corroborado que o exemplar aqui de fato seja um *Sanjuanetes*, seria a primeira ocorrência na Formação Ponta Grossa da borda leste da Bacia do Paraná. Videira-Santos (2020) e Videira-Santos *et al.*, (2022a) também descrevem em nomenclatura aberta o gênero para a Formação Ponta Grossa/unidade 2 do Grupo Chapada no estado de Mato Grosso do Sul (borda noroeste da Bacia do Paraná). Portanto, ambas as ocorrências seriam as mais recentes (Neopraguiano-Eoemsiano) do que a conhecida, até o momento, no Lochkoviano da Argentina e Bolívia (RACHEBOEUF; HERRERA, 1994).

Ocorrência: Brasil, borda noroeste da Bacia do Paraná, Formação Ponta Grossa/unidade 2 inferior do Grupo Chapada – Neopraguiano/Eoemsiano (VIDEIRA-SANTOS, 2020; VIDEIRA-SANTOS *et al.*, 2022a); Formação Ponta Grossa, borda leste da Bacia do Paraná – Neopraguiano/Eoemsiano (esta dissertação); Bolívia, San Juan borehole – Lochkoviano (RACHEBOEUF; HERRERA, 1994; RACHEBOEUF *et al.*, 2012).

Família Chonetidae Bronn, 1862
 Subfamília Notiochonetinae Racheboeuf, 1992
 Gênero *Pleurochonetes* Isaacson, 1977

Espécie-tipo: *Chonetes (Pleurochonetes) lauriata* Isaacson, 1977

Pleurochonetes falklandicus (Morris & Sharpe, 1846)

(Estampa 1, figuras G e H)

- 1846 *Chonetes falklandica* Morris & Sharpe; Morris & Sharpe, p. 274-275, pl. 10, fig. 4 a-c.
- 1893 *Chonetes falklandica* Morris & Sharpe; Ammon, p. 360, fig. 5.
- 1913 *Chonetes falklandicus* (Morris & Sharpe); Clarke, p. 295-297, pl. 24, figs. 10, 12, 25, 14, 13, 18, 8, 15, 9, 11, 17, 19, 24, 20, 22, 23, 21.
- 1913 *Chonetes falklandicus* var. *rugosus*; Clarke, p. 297, pl. 24, fig. 16
- 1913 *Stropheodonta* cf. *arcei* Ulrich; Kozłowski, p. 110-111, pl. 2, fig. 4.
- 1937 *Chonetes falklandicus* Morris & Sharpe; Roxo, p. 6.
- 1937 *Leptostrophia?* *mesembria* Clarke; Roxo, p. 6.
- 1977 *Chonetes (Pleurochonetes) lauriata* Isaacson; Isaacson, p. 175-177, pl. 6, figs. 1-13.
- 1977 *Eodevonaria* sp.; Isaacson, p. 172.
- 1977 (non) *Notiochonetes falklandicus* (Morris & Sharpe); Isaacson, p. 170-172, pl. 5, figs. 1- 11.
- 1985 *Eodevonaria* cf. *E. thomasi* Caster; Melo, p. 414, estampa 6, fig. 11.
- 1987 *Chonetes (Pleurochonetes) falklandicus* (Morris & Sharpe); Hiller, p. 1149-1152, fig. 2, 1-16.
- 1987 *Notiochonetes falklandica* (Morris & Sharpe); Quadros, p. 46-50, est. 4, fig. 1-24.
- 1993 *Pleurochonetes falklandicus* (Morris & Sharpe); Racheboeuf & Isaacson, p. 112, fig. 11-D.
- 2007 *Pleurochonetes falklandicus* (Morris & Sharpe); Souza, p. 74-78, fig. 15 A-E.
- 2007 *Chonostrophia?* sp.; Souza, p. 67-68, fig. 14 E.
- 2007 *Lomaella?* sp.; Souza, p. 70-71, fig. 14 F.
- 2013 *Pleurochonetes falklandicus* (Morris & Sharpe); Cerri, p. 11, fig. 3G-H.

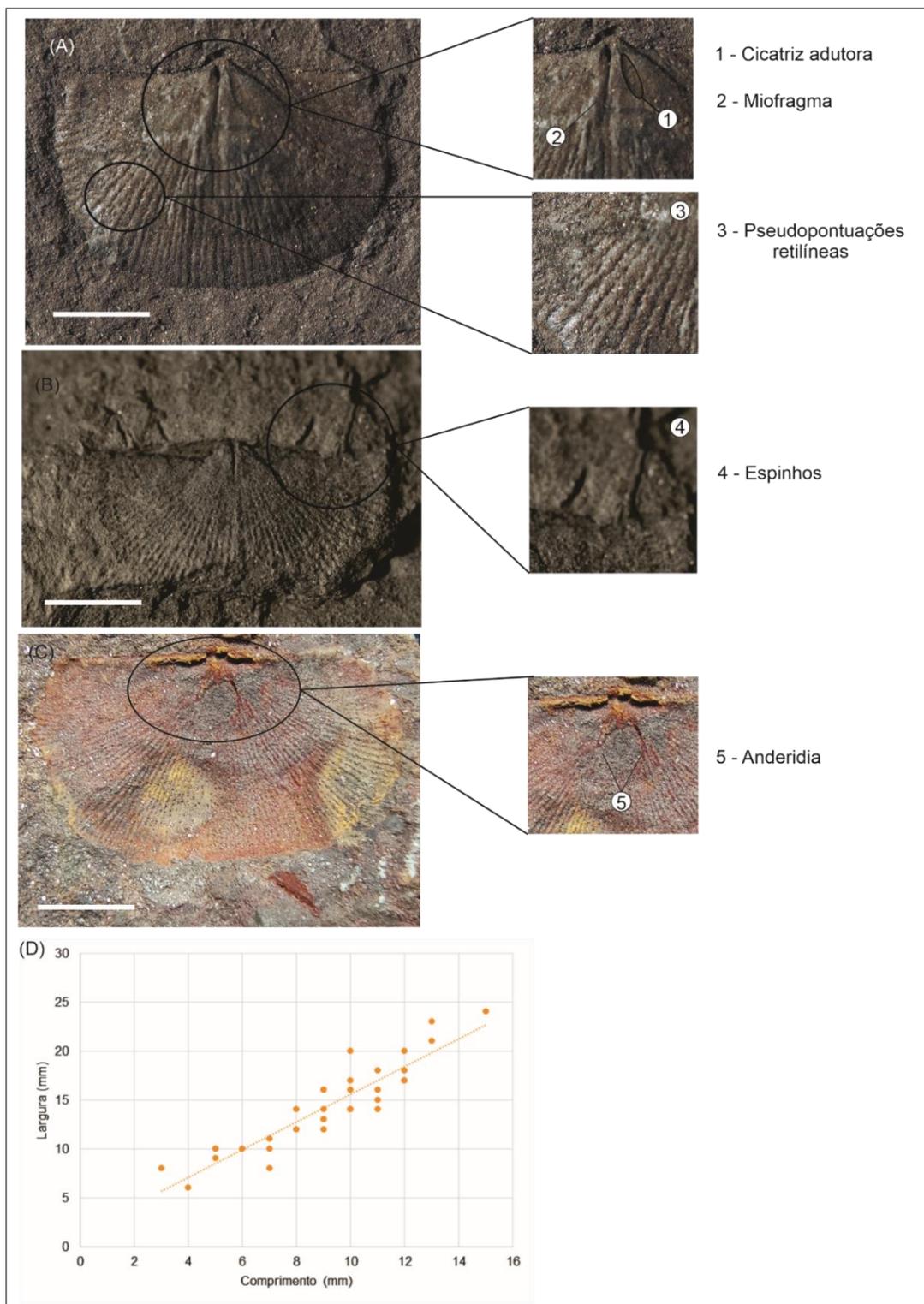
Material: MPI 16616, MPI 16345, MPI 16613, MPI 16375, MPI 16375, MPI 16613, MPI 16375, MPI 15321, MPI 15366, MPI 16678, MPI 16668, MPI 17395, MPI 17395, MPI 16625, MPI 16684, MPI 16638, MPI 16693, MPI 16767, MPI 16684, MPI 17908, MPI 16770, MPI 16626, MPI 16536, MPI 17912, MPI 17914, MPI 16681, MPI 17899, MPI 16542, MPI 16540, MPI 17804, MPI 178796 A-B, MPI 17875 A-B, MPI 17720, MPI 17796, MPI 17714, MPI 17806, MPI 17808, MPI 17794, MPI 17709, MPI 17718, MPI 17901, MPI 16533, MPI 16413, MPI 17832, MPI 16504, MPI 17898, MPI 16536, MPI 17550, MPI 17542, MPI 17281, MPI 17556, MPI 17441, MPI 17438, MPI 17617, MPI 17867, MPI 17701, MPI 17616, MPI 17530, MPI 17523, MPI 17520, MPI 17525, MPI 17521, MPI 17814, MPI 15324, MPI 17477, MPI 17478 A, MPI 17570, MPI 17732, MPI 17729, MPI 17487, MPI 17964, MPI 17474, MPI 15884, MPI 15094, MPI 18418, MPI 18420, MPI 18421, MPI 18483, MPI 18480, MPI 17491, MPI 17649 A-B, MPI 16559, MPI 17494, MPI 17496, MPI 17921, 18484, MPI 18444, MPI 18433, MPI 18425, MPI 18429, MPI 18482 B, MPI 18423, MPI 18428, MPI 17720, MPI 17796, MPI 17714, MPI 17808, MPI 17709, MPI 17794, MPI 17718, MPI 17795, MPI 17804, MPI 17876, MPI 17875, MPI 15776 B.

Procedência: Ponta Grossa, Paraná, Seção Bosque Mistral, Formação Ponta Grossa (Neopraguiano/Eoemsiano).

Descrição: conchas pequenas a médias, 6 mm a 13 mm de largura e 3 mm a 13 mm de comprimento, transversa ($C/L = 0,5 - 0,70$) com perfil côncavo-convexo. Ornamentação constituída por costelas radiais finas a grossas, cerca de 8 a 12 costelas/5mm, arredondadas de bordas lisas que se alargam suavemente em direção à linha de comissura, pseudopontuações arranjadas retilinearmente entre os interespaços. Concha subretangular a subelíptica, por vezes, inflada com umbo ligeiramente proeminente que se projeta para além do bordo posterior da concha. De quatro a cinco espinhos se inserem simetricamente de cada lado do umbo. Espinhos do tipo ortomorfo oblíquo. **Interior ventral:** miofragma bem desenvolvido ultrapassando um pouco a metade da valva que se torna menos proeminente em direção a linha de comissura, campo muscular flabelado, cicatrizes adutoras em forma de gota. **Interior dorsal:** septo mediando pouco desenvolvido, septos acessórios bem desenvolvidos ultrapassando metade da concha, par de *anderidia* com

aproximadamente 1 mm que diverge em direção a margem posterior da valva (Figura 22).

Figura 22 – Características de *Pleurochonetes falklandicus*. (A) MPI 16938 B - interior da valva ventral; (B) MPI 14851 - espinhos; (C) MPI 17281 – interior dorsal; (D) Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de *Pleurochonetes falklandicus*. Escala de 10 mm



Fonte: a autora.

Discussão: Morris e Sharpe (1846) publicaram breves descrições sobre oito espécies de braquiópodes coletados nas Ilhas Malvinas por Charles Darwin. Uma dessas espécies foi nominada de *Chonetes falklandica*. Isaacson (1977) inseriu *Chonetes falklandica* no gênero *Notiochonetes*, denominando-a de *Notiochonetes falklandica* e realocando as espécies *C. hallei* e *C. skottsbergi* identificadas e ilustradas por Clarke (1913) alegando que as mesmas se tratavam de *Notiochonetes falklandica*, pois possuíam um processo cardinal proeminente e um septo mediano bem desenvolvido. O autor ainda sugere que as ilustrações de Clarke (1913) contêm espécies menores de *N. falklandica*, mas também espécies de *C. (Pleurochonetes) lauriata*, *Gamonetes anteloi* e possivelmente *Eodevoronaria*.

Hiller (1987) comentou que o correto seria denominar *C. falklandica* de *C. falklandicus*, pois *Chonetes* trata-se de um gênero masculino. Além disso, Hiller (1987) afirmou que os espécimes descritos por Isaacson (1977) como *Chonetes (Pleurochonetes) lauriata* da Bolívia são praticamente idênticos a *Chonetes falklandicus* descritos pelo autor e devem ser considerados como sinônimos.

Racheboeuf (1992) elevou o subgênero *Pleurochonetes* a categoria de gênero e Fonseca (1998) reconheceu este gênero na Bacia do Paraná, onde sugeriu a transferência de três espécimes identificados por Clarke (1913, est 24, figs. 12, 15 e 18) como *Chonetes falklandicus* para o gênero *Pleurochonetes* Isaacson, 1977. Desde então os exemplares que vinham sendo identificados como *Notiochonetes falklandicus* e *Chonetes falklandicus* na Bacia do Paraná, passaram a serem reconhecidos como *Pleurochonetes falklandicus*.

Além de *P. falklandicus*, na literatura são descritas três espécies de *Pleurochonetes*: *P. comstocki* (Rathbun, 1874); *P. anteloi* Isaacson, 1977 e *P. surucoi* Racheboeuf, 1992. *P. falklandicus* diferencia-se de *P. comstocki* (Devoniano das bacias do Amazonas e Parnaíba) pela presença de septos acessórios, septo mediano pouco desenvolvido, pelo perfil côncavo-convexo mais proeminente e pela concha de menor tamanho (6-13 mm de largura e 3-13 mm de comprimento, ao invés de 38 mm de largura e 21 de comprimento), costelas mais finas e menos numerosas, de 8 a 12 a cada 5 mm, contrariamente à *P. comstocki*, que possui cerca de 15 a cada 5 mm (RATHBUN, 1874). *P. falklandicus* distingue-se de *P. anteloi* do Devoniano da Bolívia por possuir a concha de tamanho menor, septo mediano menos desenvolvido, costelas mais finas e retilíneas, *P. anteloi* possui costelas e interespaços em “V”, campo muscular menor ocupando cerca de 2/3 do comprimento da valva

(RACHEBOEUF, 1992; ISAACSON, 1977). Por fim, *P. falklandicus* diferencia-se de *P. surucoi* (Devoniano da Bolívia) pelo menor grau de divergência do par de anderídia, pelas costelas menos espaçadas e por possuir a concha menos inflada (ver RACHEBOEUF, 1992; VIDEIRA-SANTOS, 2020; VIDEIRA-SANTOS *et al.*, 2022a).

Ocorrências: Brasil, formações Ponta Grossa e São Domingos – Neopraguiano/Eoemsiano (CLARKE, 1913; CERRI, 2013; FONSECA, 1998; LANGE, 1954; LANGE, PETRI, 1967; PETRI, 1948; MELO, 1985; QUADROS, 1987; SOUZA, 2007; VIDEIRA-SANTOS, 2020; VIDEIRA-SANTOS *et al.*, 2022a; esta dissertação); Ilhas Malvinas, Formação Fox Bay - Eoemsiano (CLARKE, 1913); África do Sul, formações Gydo, Gamka e Voorstehoek – Neoemsiano/Eifeliano (HILLER, 1995); Bolívia, base da Formação Icla – Neopraguiano/Eoemsiano (RACHEBOEUF, 1992); Paraguai, poço Santa Roza – Eoemsiano (HARRINGTON, 1950 *apud* VIDEIRA-SANTOS, 2020); Uruguai, Formação Cordobés – Neopraguiano/Eoemsiano (DANERS *et al.*, 2017; MENDEZ-ALZOLA, 1938).

Pleurochonetes surucoi? Racheboeuf, 1992
(Estampa 2, figura C)

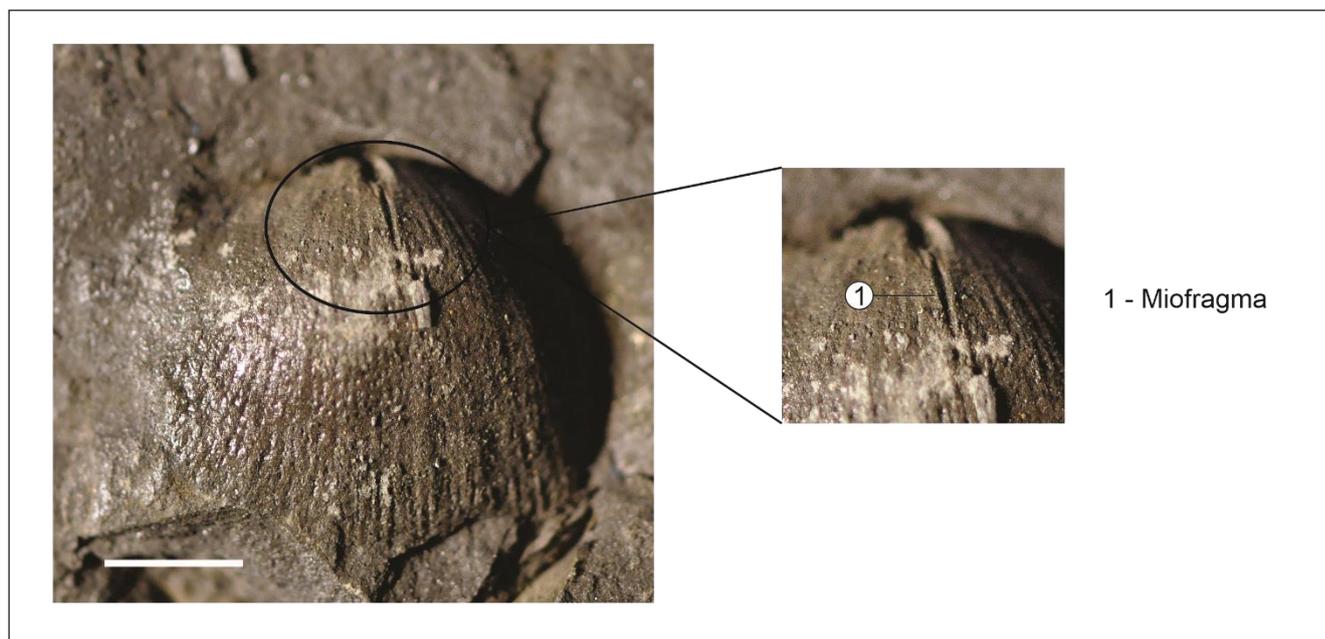
2007 *Pleurochonetes surucoi*? Racheboeuf; Souza, p. 80, fig. 16b-c.

Material: MPI 14406-1

Procedência: Ponta Grossa, Paraná, Seção Bosque Mistral, Formação Ponta Grossa (Neopraguiano/Eoemsiano).

Descrição: concha de tamanho médio, entre 14 mm de largura e 13 mm de comprimento, transversa (C/L = 0,92). Concha muito inflada de perfil côncavo-convexo, umbo pequeno, agudo, sobressaindo ligeiramente o bordo posterior da valva. Ornamentação constituída por costelas radiais arredondadas e estreitas, cerca de 14 costelas / 5mm, separadas por interespaços reduzidos, pseudopontuações alinhadas seguindo os interespaços. **Interior ventral:** miofragma e campo muscular pouco desenvolvido. **Interior dorsal:** não observado no material estudado (Figura 23).

Figura 23 – Características de *Pleurochonetes surucoi*?. MPI 14406-1 - interior da valva ventral. Escala de 10 mm.



Fonte: a autora.

Discussão: *P. surucoi* Racheboeuf, 1992 distingue-se de *P. anteloi* Isaacson, 1997 por apresentar ornamentação radial constituída por costelas mais finas, espinhos menos numerosos e conchas menores e mais infladas. No interior ventral, *P. surucoi* diferencia-se de *P. anteloi* pelo par de anderidia, fossetas dentais mais divergentes e menor desenvolvimento do septo mediano. *P. surucoi* se diferencia de *P. falklandicus* pelo maior desenvolvimento das estruturas anteriormente citadas (ver RACHEBOEUF, 1992; RACHEBOEUF; ISAACSON, 1993). A classificação do exemplar aqui estudado se deu pela concha bastante inflada, características da ornamentação e o grau de transversalidade. No entanto, a ausência de valvas dorsais e até mesmo ventrais, não permite uma classificação precisa. Logo, optou-se pela identificação em nomenclatura aberta.

Ocorrências: Brasil, Bacia do Paraná, Formação Ponta Grossa – Neopraguiano/Eoemsiano (SOUZA, 2007; VIDEIRA-SANTOS, 2020, 2022a, esta dissertação), Bolívia – Zona Subandina (RACHEBOEUF, 1992).

Ordem Orthotetida Waagen, 1884
Subordem Orthotetidina Waagen, 1884
Superfamília Orthotetoidea Waagen, 1884
Família Pulsidae Cooper and Grant, 1974
Gênero *Schellwienella* Thomas, 1910

Schellwienella sp. (Rezende & Isaacson, 2021)

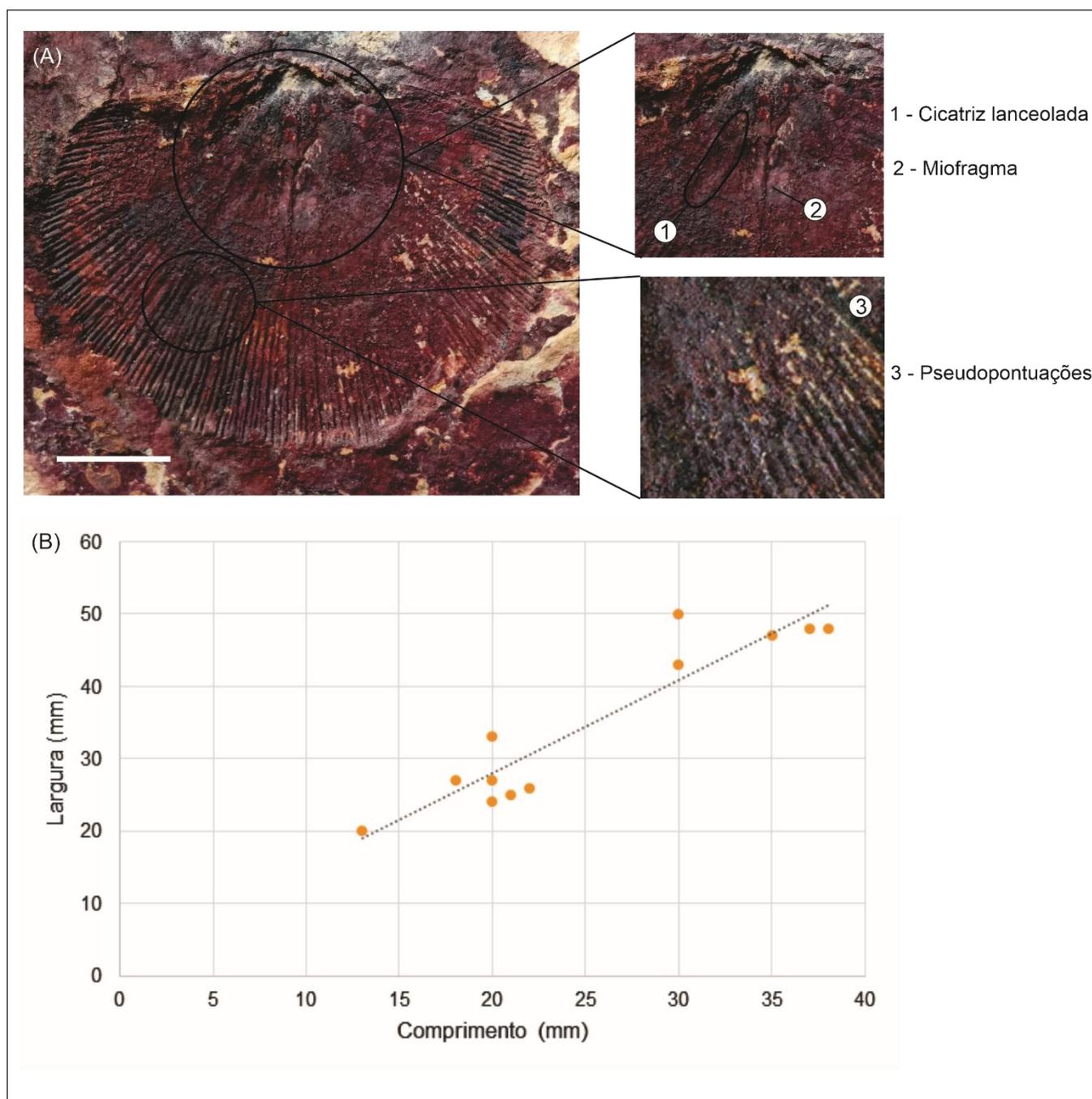
(Estampa 2, figuras D e F)

Material: MPI 18660, MPI 17717, MPI 17813, MPI 17626, MPI 17554, MPI 17558, MPI 17270, MPI 17553, MPI 17444, MPI 17437, MPI 17860, MPI 17703, MPI 17519, MPI 17733, MPI 18148, MPI 16982, MPI 14319, MPI 14474, MPI 17652, MPI 17966, MPI 16192, MPI 18486, MPI 18422, MPI 17664, MPI 17652, MPI 18439, MPI 17803, MPI 17805, MPI 17172, MPI 18029, MPI 15809, MPI 17622, MPI 16010, MPI 14480, MPI 17619, MPI 15294, MPI 17361, MPI 18422, MPI 17866, MPI 15745, MPI 15174, MPI 15631, MPI 15142, MPI 14480, MPI 14414, MPI 17612, MPI 17602.

Procedência: Ponta Grossa, Paraná, Seção Bosque Mistral, Formação Ponta Grossa (Neopraguiano/Eoemsiano).

Descrição: concha de contorno subcircular a circular de perfil biconvexo a planoconvexo, largura variando 20 mm a 50 mm e comprimento de 8 mm a 47 mm, transversa a pouco transversa ($C/L = 0,84 - 0,60$) Ornamentação constituída por costelas radiais bifurcadas, de 6 a 12 costelas/5mm, separadas por interespaços reduzidos. Umbo pouco proeminente sobressaindo levemente do bordo posterior, charneira reta a levemente triangulada. **Interior ventral:** campo muscular flabeliforme, atingindo cerca de um terço a metade do comprimento da valva, cicatrizes lanceoladas e arredondadas separadas por um septo mediano baixo que se estende aproximadamente até metade do comprimento da valva. Pseudopontuações quando presentes esparsas sem orientação. **Interior dorsal:** não foi observado características relevantes no material, como placas dentárias, processo cardinal (Figura 24).

Figura 24 – Características de *Schellwienella* sp. (A) MPI 16821 - interior da valva ventral; (B) Gráfico de dispersão dos tamanhos dos exemplares de *Schellwienella* sp. Escala de 10 mm.



Fonte: a autora.

Discussão: os Orthetoidea compreendem um grupo taxonômico cuja classificação sempre foi considerada problemática (REZENDE; PONCIANO; BRETT, 2019). Rathbun (1874) descreveu no mesodevoniano da Formação Ererê a espécie *Streptorhynchus agassizi*, ressaltando a presença das placas dentárias curtas e finas e um processo cardinal fino e bilobado.

“*Schuchertella*” foi descrita pela primeira vez por Girty (1904) baseado na espécie tipo de *Streptorhynchus lens* White, 1862 a fim de incluir formas de *Streptorhynchus* que eram anteriormente atribuídas ao gênero *Orthotetes* Fischer de Waldheim, 1830 que não possuíam septo mediano e placas dentarias (REZENDE; PONCIANO; BRETT, 2019; REZENDE; ISAACSON, 2021). Fisher de Waldheim (1830) observou um forte septo mediano na valva ventral que o levou a classificar as amostras como *Orthotetes*. No entanto, Hall e Clarke (1892) argumentaram que as amostras deveriam pertencer ao gênero *Derbyia*. Girty (1904) analisando os espécimes figurativos de Fisher de Waldheim (1830) concordou que as características da espécie tipo eram pertencentes à *Derbyia*, sugerindo a sinonímia entre os gêneros (*Orthotetes* = *Derbyia*).

Na tentativa de realocar e resolver o problema da ausência de um nome genérico para os espécimes anteriormente descritos como *Orthotetes*, Girty (1904) criou o gênero *Schuchertella*. No entanto, mesmo após a descrição do novo gênero *Schuchertella* os problemas com as descrições entre *Schuchertella* e *Streptorhynchus agassizi* permaneceram. Sendo assim, Girty (1904) denominou a espécie *Streptorhynchus agassizi* de *Schuchertella agassizi* nas formações Ponta Grossa, Maecuru e Ererê.

Gratsianova (1974), Cooper e Dutro (1982) julgaram que as classificações taxonômicas usando o gênero proposto por Girty (1904) eram problemáticas (RODE, 2005; REZENDE; PONCIANO; BRETT, 2019). Cooper e Dutro (1982) observaram que muitas espécies referidas como *Schuchertella* possuíam placas dentárias e deveriam ser atribuídas ao gênero *Schellwienella* Thomas, 1910. Na primeira edição de “*Treatise on Invertebrate Paleontology*” Williams (1965) esclareceu o diagnóstico morfológico de *Schuchertella* e descreveu o gênero como impontuado. Posteriormente, foi descoberto que a espécie-tipo *Streptorhynchus lens* é extrapontuada, enquanto muitas outras espécies impontuadas foram atribuídas a *Schuchertella* (BOUCOT; JOHNSON, 1968; COOPER; DUTRO, 1982; THOMAS, 1971; RODE, 2005).

A constatação dessa discrepância levou a vários autores (e.g., ISAACSON, 1977, 1993; BOUCOT; JOHNSON, 1968) a utilizar a nomenclatura aberta descrevendo os schuchertellídeos como “*Schuchertella*”, de modo que não havia um gênero adequado para a substituição. Deste modo, admitindo a necessidade de um novo gênero para enquadrar as espécies impontuadas Gratsianova (1974)

estabeleceu o gênero *Eoschuchertella*. Cooper e Dutro (1982) erigiram *Floweria* para as formas imponentes anteriormente atribuídas a *Schuchertella*, diferenciando seu gênero de *Eoschuchertella* pela sua cardinália em forma de taça e o maior desenvolvimento do processo cardinal.

Rathbun (1874) relatou variações no contorno, tamanho da charneira e nas costelas dentro de *Schuchertella agassizi* em espécimes das formações Ererê e Maecuru (RATHBUN, 1874). Devido a semelhanças na ornamentação, esta espécie foi reconhecida por Clarke (1913) na Formação Ponta Grossa. No entanto, Clarke (1913) ignorou as questões elencadas por Rathbun (1874) e discorreu que a espécie foi tão bem descrita que não poderia se errar em seus caracteres distintivos. Clarke (1913) também descreveu a espécie *Schuchertella sullivanii* Sharpe, 1856, na Formação Ponta Grossa, como sendo conchas maiores e mais pesadas que *Schuchertella agassizi* ressaltando que poderiam ser diferentes estágios ontogenéticos. Caster (1939) e posteriormente Lange (1954) sem apresentar uma justificativa formal, deslocaram a espécie *Schuchertella sullivanii* para *Schellwienella sullivanii*. Outra espécie descrita nos folhelhos de Santa Cruz, Formação São Domingos (*sensu* GRAHN *et al.*, 2013) é *Schuchertella sancticrucis* Clarke, 1913. De acordo com o autor, *S. sancticrucis* apresenta contorno circular, estrias grosseiras, poucas multiplicações e no interior ventral uma grande área muscular flabeliforme.

É evidente que poucos estudos sobre a taxonomia dos braquiópodes orthotetideos devonianos foram publicados deixando muitas lacunas de informação sobre as espécies do baixo paleozoico (MELO, 1985; REZENDE; PONCIANO, BRETT, 2019; REZENDE; ISAACSON, 2021). Sendo assim, Rezende e Isaacson (2021) propuseram uma revisão sistemática da espécie "*Schuchertella*" *agassizi* por meio da descrição dos espécimes das formações Ponta Grossa e São Domingos. De acordo com os autores, a espécie identificada por Clarke (1913) na Bacia do Paraná como "*Schuchertella*" *agassizi* se difere da espécie descrita por Rathbun (1874) na Bacia do Amazonas, tratando-se na verdade da nova espécie *Schellwienella clarkei* Rezende & Isaacson, 2021. Em relação a *S. sullivanii* e *S. sancticrucis* os autores as denominam de *Schellwienella sullivanii* e *Schellwienella sancticrucis*. Isaacson (1977, 1993) descreveu amostras das formações Icla/Gamoneda, Belén e Huamampampa na Bolívia mencionando duas das três espécies estabelecidas por Clarke (1913) (*Schuchertella sullivanii* e *Schuchertella agassizi*) e observou a presença de placas dentárias bilobadas, processo cardinal e pseudopontuações. Para Rezende e

Isaacson (2021) essas características suficientes para suportar as suas realocações genéricas para *Schellwienella* (ver REZENDE, ISAACSON, 2021). Optou-se por utilizar o nome genérico *Schellwienella* nesta dissertação, pois até o momento o único trabalho que reclassificou as espécies até então denominadas de “*Schuchertella*” descritas por Clarke (1913), na Bacia do Paraná nas formações Ponta Grossa e São Domingos. Além disso, salienta-se que o objetivo deste trabalho não foi a reclassificação das espécies, portanto ainda é necessário tal estudo para este grupo.

Ocorrências: Brasil, Formação Ponta Grossa - Praguiano/Emsiano (REZENDE; ISAACSON, 2021; esta dissertação); Formação São Domingos – Emsiano/Frasniano (REZENDE; ISAACSON, 2021); Bolívia – formações Icla/Gamoneda, Belén, e Huamampampa, Neopraguiano/Mesoeifeliano (REZENDE; ISAACSON, 2021; ISAACSON, 1977, 1993).

9.2 CLASSES TAFONÔMICAS

O modo de ocorrência, ou classes tafonômicas, refere-se ao modo como os indivíduos das concentrações fossilíferas se apresentam na matriz sedimentar. Desta forma, foram notadas para os Strophomenata estudados, seis 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) orientação (Figura, 25; Estampa 3 – figuras A, B, C, D, E e F). De acordo com essas variações, são descritas ao longo da seção Bosque Mistral as seguintes classes:

Classe I - compreende indivíduos agrupados, com eixo alinhado paralelamente ou oblíquo em relação ao plano de acamamento e fracamente empacotados. As valvas apresentam-se desarticuladas, inteiras com ou sem espinhos e, por vezes, estão associadas a restos esqueléticos fragmentados de outros organismos. Esta concentração apresenta uma orientação randômica evidenciando vários eixos de correntes. Ocorre em siltitos com laminação plano paralela e pode ser interpretada como parautóctone, sendo composta por organismos retrabalhados por fluxos oscilatórios.

Classe II - compreende indivíduos isolados, paralelos ao plano de acamamento e distribuídos de forma frouxamente empacotada. Os bioclastos apresentam as valvas imbricadas, onde uma das valvas apresenta-se deslocada em direção à linha de comissura. Além do mais, apresentam-se inteiros e sem espinhos. A classe pode ser interpretada como parautóctone, sem fluxos oscilatórios. Está presente em siltitos laminados e folhelhos.

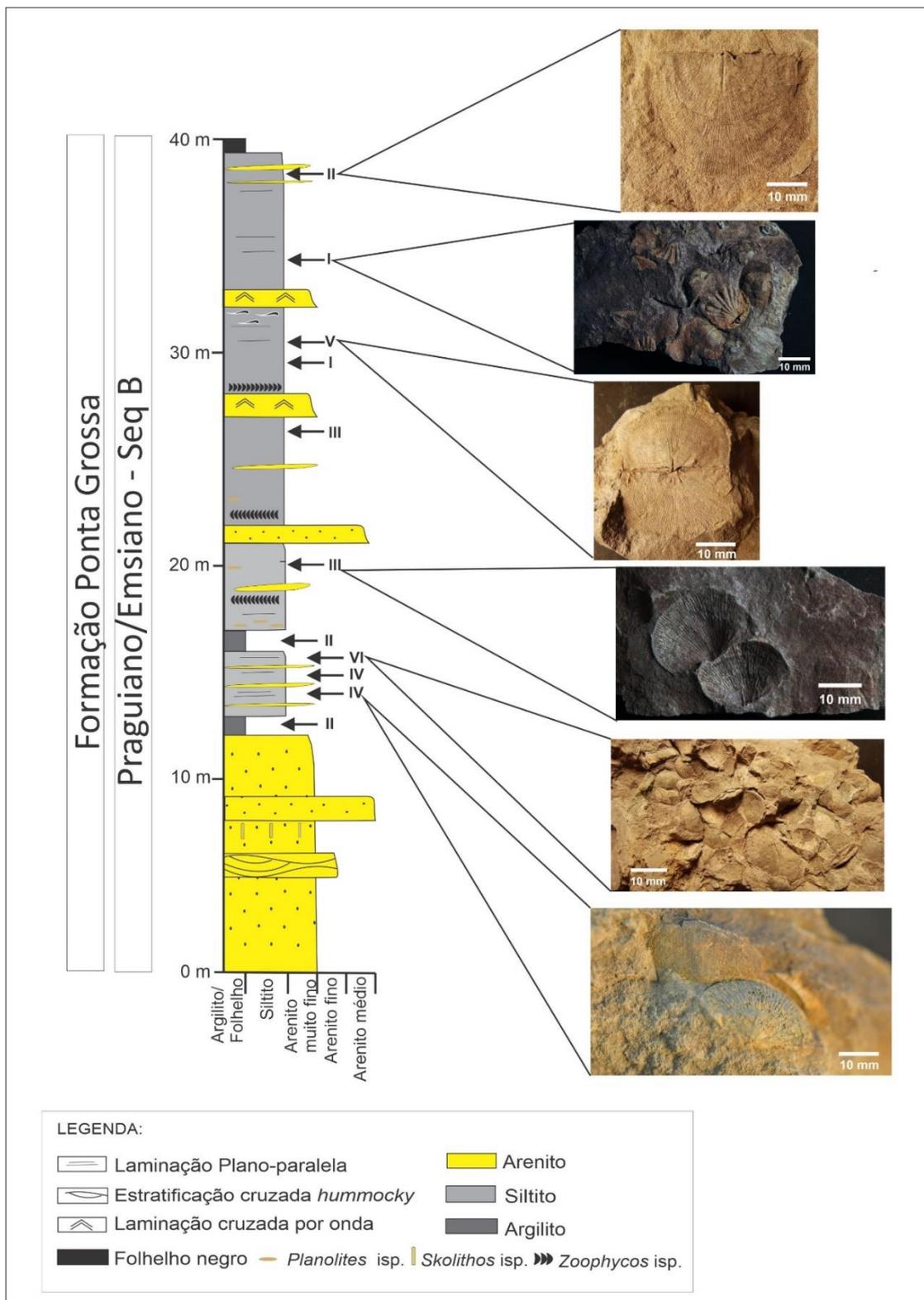
Classe III - compreende restos esqueléticos com valvas orientadas, apresentando um eixo unidirecional. Os bioclastos, ainda, apresentam-se concordantes ao plano de acamamento, fracamente empacotados, inteiros e desarticulados. Esta classe pode ser interpretada como parautóctone, com fluxo unidirecional, está presente nas camadas siltosas com intercalações de areia.

Classe IV - apresenta os bioclastos em aparente posição de vida, dispostos na matriz em ângulo reto, em relação ao plano de acamamento. Ademais, as valvas encontram-se inteiras e articuladas. Esta presente em siltitos com intercalações de areia, de laminação plano-paralela sem bioturbação. A classe representa uma associação autóctone, composta por organismos oriundos da fauna local. Caracterizando, aparentemente, um depósito de *obruption*.

Classe V - esta compreende restos esqueléticos paralelos ao plano de acamamento, inteiros e articulados em *butterfly* (articulado aberto). Esta presente nos siltitos de laminação plano paralela e sugere pouco transporte, podendo ser interpretada como parautóctone, sem fluxo.

Classe VI - inclui os bioclastos distribuídos caoticamente na matriz, paralelos ao plano, fortemente empacotados, fragmentados e inteiros, desarticulados, por vezes, sobrepostos, caracterizando um arranjo de concentração na forma de *nesting*. Tipifica uma associação alóctone constituída por organismos transportados para fora de seu habitat de vida.

Figura 25 – Distribuição das classes tafonômicas na Seção Bosque Mistral.



Fonte: a autora.

9.3 TAFOFÁCIES

Segundo Speyer e Brett (1986), tafofácies são um conjunto de indivíduos ou associações em um contexto deposicional, sendo identificadas através da análise integrada de dados tafonômicos e de informações sedimentológicas. Sendo assim, os autores definem uma tafofácies como uma associação fossilífera com assinaturas tafonômicas distintas em um determinado nível sedimentar que evidencia a história deposicional dos bioclastos em estudo.

Para a definição das tafofácies neste trabalho foram levados em consideração os atributos tafonômicos de Speyer e Brett (1988) para a identificação de tafofácies de ambientes marinhos epíricos, como a posição em relação ao plano de acamamento, grau de articulação/desarticulação e fragmentação, litologia do depósito, energia relativa do meio e estruturas sedimentares. De acordo com as análises destas informações foi possível definir três tafofácies distintas (Figura 26), as quais refletem o paleoambiente no momento da deposição, bem como os eventos que originaram as concentrações fossilíferas.

TAFOFÁCIES I – (TF I)

Esta tafofácies ocorre nos siltitos finos a grossos com laminação plano paralela com lentes de areia fina em ambientes episodicamente perturbados por momentos de maior energia, compreende aproximadamente os cinco primeiros metros após o espesso pacote de arenitos da base. Inclui os bioclastos em aparente posição de vida, dispostos na matriz em ângulo reto, em relação ao plano de acamamento. Ademais, as valvas encontram-se inteiras e articuladas. Associados a esses, estão os bioclastos caoticamente distribuídos na matriz, fortemente empacotados, fragmentados e inteiros, desarticulados, por vezes, sobrepostos, caracterizando uma fossilização na forma de *nesting*, indicando uma associação *time-averaged*. Essas características indicam que o depósito foi criado a partir de eventos episódicos de soterramento rápido provocados pelas ondas de tempestade no *offshore* transicional, onde organismos *in situ* estão temporalmente e espacialmente próximos a elementos desarticulados ou fragmentados, transportados pelo fluxo ou exumados. De acordo com Kidwell e Bonsence (1991) esse tipo de depósito pode ser considerado um depósito de *obrution* que passou por pouca mistura temporal (*time-averaged*). O *time-*

averaged pode estar relacionado a processos pelos quais eventos que aconteceram em tempos diferentes aparecem sincrônicos no registro fossilífero (KOWALEWSKI, 1996). Nesta associação são encontrados *Pleurochonetes* sp. e *Australocoelia* sp. em aparente posição de vida ou articulados, *Derbyina* sp. e coloniais de crinoides. A TF I engloba as classes tafonômicas IV e VI e os bioclastos podem ser interpretados como autóctones no *shoreface* inferior e *offshore* transicional, entre o nível de base de ondas de tempo bom (NBON) e o nível de base de ondas de tempestade (NBOT).

TAFOFÁCIES II - (TF II)

A TFII é litologicamente composta por siltitos finos, médios a grossos de laminação plano paralela e arenitos finos. Está posicionada acima da TF I e compreende os seguintes 12 metros. Nessas camadas é possível observar três modos preservacionais: (a) indivíduos agrupados, concordantes ao plano de acamamento, orientados de forma randômica evidenciando vários eixos de correntes, com as valvas desarticuladas, com ou sem espinhos e, por vezes, associados a fragmentos de outros organismos; (b) restos esqueléticos com valvas orientadas de forma unidirecional, concordantes ao plano de acamamento, inteiros e desarticulados; (c) restos esqueléticos concordantes ao plano de acamamento, inteiros e em *butterfly*. Nesta associação ocorrem os gêneros *Australostrophia* sp., *Sanjuanetes* sp., *Kentronetes* sp., *Babinia* sp., *Australocoelia* sp., *Derbyina* sp., *Australospirifer* sp., *Nuculites* sp., lingulídeos infaunais, torác e pigídios de trilobitas homalonotídeos e calmonídeos, *Orbiculoidea* sp., *Tentaculites* sp., *Craniops* sp., crinoides e conularias (Estampa 4 – figuras A, B, C, D, E, F, G e H). A análise tafonômica aponta uma situação de deposição nas fácies de *offshore* transicional, com restos esqueléticos parautóctones, ocasionalmente perturbado por eventos de maior energia marcados pela entrada de areia. As características texturais das rochas portadoras desses fósseis são típicas de um ambiente de sedimentação mais profundo, ora acima, ora abaixo do nível de ondas de tempestade (NBOT). A TF II compreende as classes tafonômicas I, III e V.

TAFOFÁCIES – (TF III)

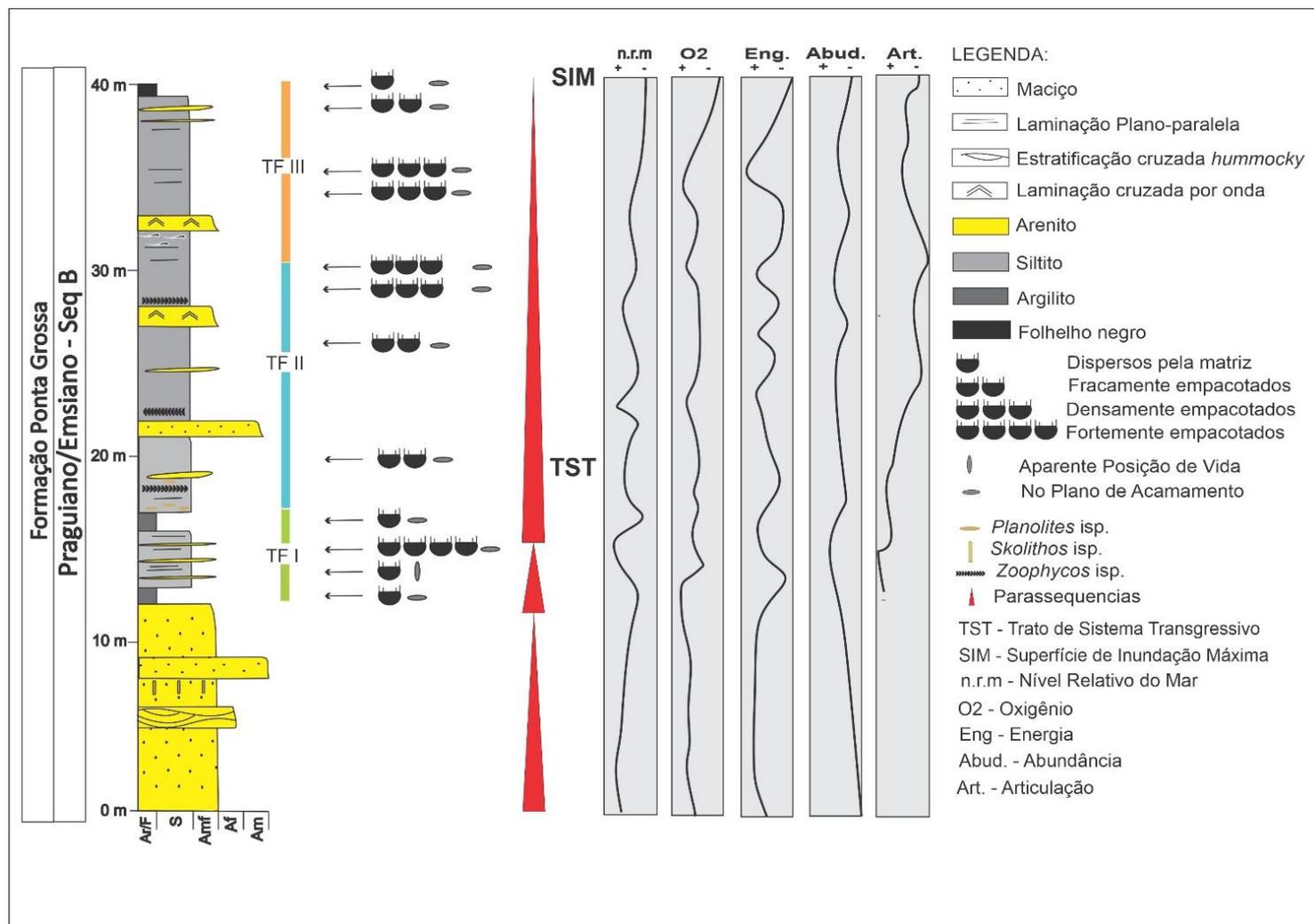
A TF III ocorre nos últimos 10 m da seção. Litologicamente é constituída por siltito finos a argilosos e folhelhos pretos. Compreende indivíduos isolados ou fracamente empacotados, inteiros e paralelos ao plano de acamamento. Os bioclastos podem apresentar as valvas imbricadas e em *butterfly*. Além disso, apresentam-se inteiros, com ou sem espinhos. Nesta associação ocorrem principalmente os gêneros *Schellwienella* sp., *Pleurochonetes* sp. e *Kentronetes* sp. associados com *Nuculites* sp. em *butterfly*, crinoides e braquiópodes dos gêneros *Australocoelia* sp. em aparente posição de vida, *Derbyina* sp., *Australospirifer* sp. e outros fragmentos. A tafofácies aponta uma situação de deposição em águas mais profundas no *offshore*, com restos esqueléticos autóctones e parautóctones. A presença de *Australospirifer* e outros fragmentos sugere que os bioclastos foram transportados de seu *habitat*, de regiões mais proximais, para ambientes mais distais abaixo das ondas de tempestade (NBOT), através de correntes de retorno ocasionadas por tempestades (BRETT; SEILACHER, 1991). A TF III engloba as classes tafonômicas II e V.

As tafofácies identificadas demonstram que os depósitos fossilíferos ocorrem em condições ambientais distintas e sob três diferentes situações. De particular importância são as ocorrências *in situ* na TF I, estando relacionada a eventos de soterramento episódicos, caracterizando um pulso energético maior. 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 (arenitos) 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 retrogradacional. 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 e marca a TF III. Observa-se, que há uma tendência transgressiva em direção ao topo da seção, deste modo, compreende-se que a taxa de sedimentação foi menor permitindo que os bioclastos permanecessem por mais tempo na interface água/ sedimento, fazendo com que as acumulações fossem retrabalhadas por fluxos oscilatórios, ondas e outros agentes bioestratinômicos (BRETT; BAIRD, 1986; SPEYER; BRETT, 1988). Nos 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 análise tafonômica sugere que os elementos destas camadas sofreram pouco transporte, podendo ser interpretados como parautóctones (KIDWELL; FLESSA, 1995; KIDWELL; BOSENCE, 1991).

A seção colunar Bosque Mistral apresenta dois ciclos bem definidos (Figura 26). O primeiro ciclo compreende o espesso pacote de arenitos da base, embora não tenham sido incluídos nas tafofácies por não apresentarem o grupo biológico foco 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.

Figura 26 – Tafofácies e propriedades tafonômicas na seção Bosque Mistral.



Fonte: a autora.

9.4 HÁBITO DE VIDA

Para um Strophomenata epifaunal *concave-down* a comissura teria sido forçada para baixo, dentro do sedimento. A comissura enterrada, ou pelo menos parcialmente, seria um grande problema, entupindo estruturas e tornando a alimentação impossível. Este problema tem geralmente sido em partes ignorado pelos autores que defendem uma posição epifaunal côncava para baixo para os Strophomenata (STANLEY, 2020). Outro ponto válido evidenciado por Plotick *et al.*, (2013) é que um hábito de vida epifaunal na posição *convex-up* teria sido impossível para um Productida devido à instabilidade física, mesmo uma corrente fraca poderia ter iniciado uma rotação, fazendo com que o animal virasse de lado e fosse arrastado

lateralmente, ou ainda, poderia ter girado em uma posição concava para baixo (*concave-down*). Além disso, qualquer Strophomenata estaria vulnerável a levitação, correntes fortes o suficiente para levantar o animal resultariam provavelmente em uma posição *convex-down* quando o animal acomoda-se no fundo do mar após ser carregado passivamente pela água e o animal estaria novamente sujeito a perturbações (STANLEY, 2020). Os Productida tinham conchas finas e, dada a sua obesidade, gravidades específicas globais muito baixas em vida, o que os teria tornado instáveis quando em repouso no substrato. Devido a esta instabilidade, teria sido virtualmente impossível para um típico Productida ter vivido epifaunal em qualquer posição (STANLEY, 2020).

Analogamente, Stanley (2020) comparou pectinídeos concavo-convexos (vieiras) aos Strophomenata concavo-convexos para a reconstrução de um hábito de vida infaunal com a comissura mais ou menos na interface sedimento-água. Alguns gêneros de pectinídeos são capazes de nadar se forem perturbados, mas vivem normalmente enterrados no sedimento com a valva convexa para baixo (*convex-down*), com apenas a comissura exposta, e com a valva concava coberta de sedimentos. Alguns pectinídeos como *Euvola ziczac* Linnaeus, 1758 se enterram soprando sedimento para longe de si e se acomodando na depressão resultante. Primeiramente, batendo as valvas o animal inclina a porção anterior para baixo. Em seguida ejeta água das regiões anterior e posterior da concha através de espaços entre suas cortinas paliais. A expulsão anterior sopra a areia adjacente ao animal para criar uma depressão, enquanto a expulsão posterior mantém a orientação do animal. Após várias expulsões, o animal desliza para dentro da depressão e parte da areia expelida se deposita na válvula superior concava.

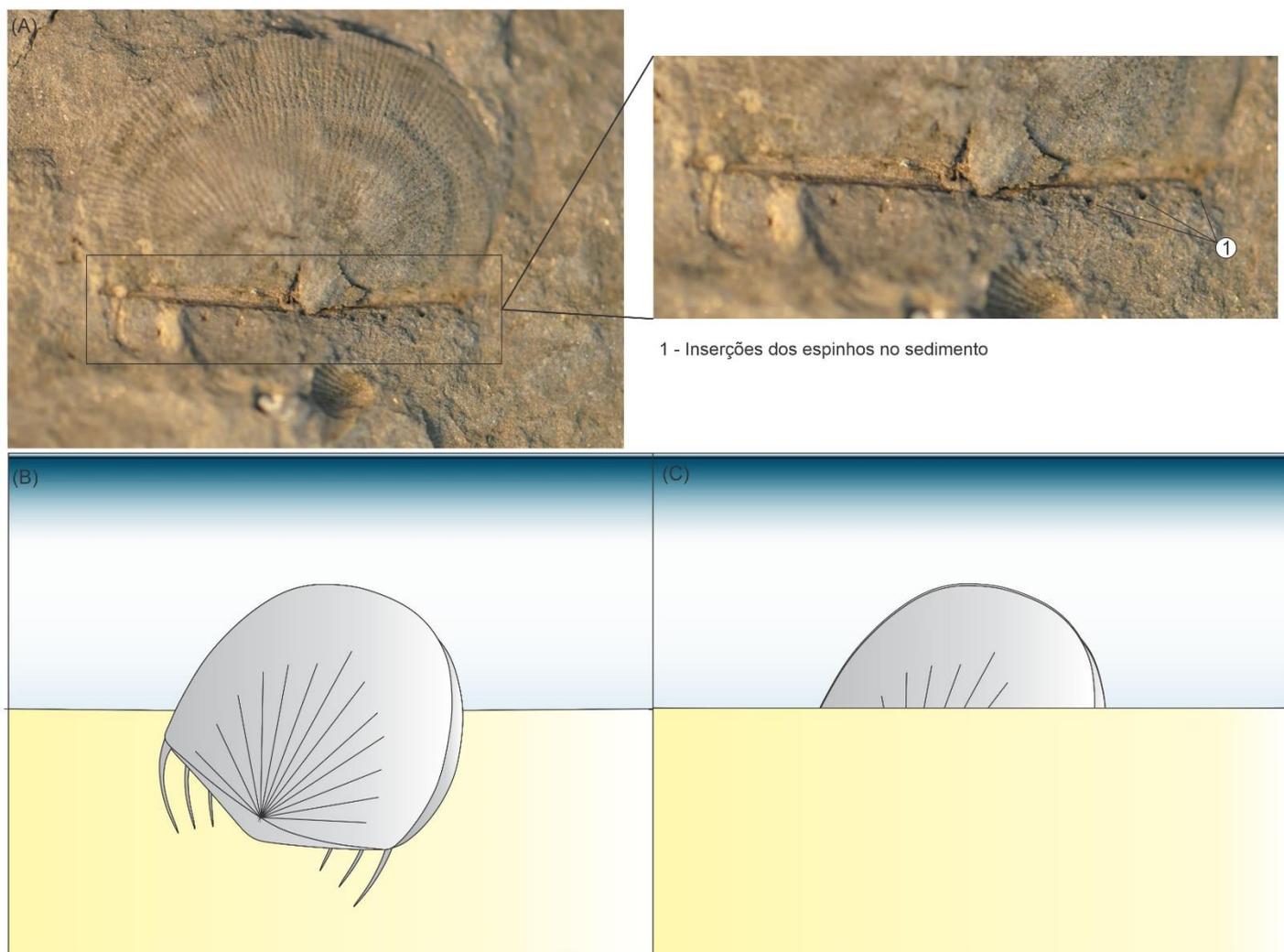
Para Stanley (2020) os Strophomenata poderiam apresentar tentáculos guarda na margem do manto como *Euvola* e lingulídeos que seguiam os contornos das duas valvas e convergiam na comissura, filtrando as partículas de sedimentos e se moviam para fora afastando os grãos que ameaçavam entrar na cavidade do manto. Para o autor, as cerdas provavelmente desempenharam um papel importante no direcionamento da água para baixo durante a escavação, assim como direcionam o fluxo de água para os lingulídeos. Deste modo, os Strophomenata teriam empregado o mesmo comportamento geral batendo suas valvas e soprando os sedimentos para criar uma depressão para habitação. Os Strophomenata não poderiam esguichar água de forma tão eficiente quanto os pectinídeos, devido à amplitude de suas dobradiças.

Seus músculos adutores eram fixados próximo à articulação, de modo a ter um pequeno braço de alavanca, fornecendo pouca alavancagem, mas uma velocidade suficiente para bater as valvas e remover sedimentos. O bater das valvas também teria ajudado o animal a se endireitar quando desenterrado ou repousado de “cabeça para baixo” na superfície do sedimento (STANLEY, 2020).

Quanto aos espinhos, alguns autores (e.g., ALEXANDER, 2001; FEIFAREK, 1987; JOHNSEN; ARMED; LEIGHTON, 2013; LEIGHTON, 2001 a, b; 1987; SIGNOR; BRETT, 1984; STONE, 1998; WILLMAN, 2007) consideram que para afastar predadores durofágicos. No entanto, essa questão ainda precisa ser melhor estudada, pois perfurações e outras interações são raras e pouco estudadas nas faunas paleozoicas. Já como dispositivos de estabilização e ancoragem, os espinhos agiam retendo o sedimento que se acumulava ao redor da concha, quase enterrando-a, mas também ajudando a mantê-la estável, em uma posição *convex-down* e semi-infaunal (GRANT, 1966; RUDWICK, 1970). Stanley (2020) discute que os espinhos ancoravam os animais ao substrato, para o autor o hábito epifaunal ou semi-infaunal os espinhos teriam ficado com pouco ou sem contato com o sedimento. Entretanto, para um animal em uma posição totalmente infaunal, convexa para baixo com a comissura quase horizontal, os espinhos totalmente enterrados teriam funcionado para resistir ao fato de o animal ser arrancado do sedimento quando parcialmente expostos por correntes de arrasto.

No entanto, quando se trata dos Strophomenata da Bacia do Paraná, alguns pontos devem ser destacados. Primeiramente, como é possível observar na literatura, a maioria dos trabalhos trata de espécies que possuem toda a valva ventral coberta por espinhos, ou espécies que apresentem espinhos longos e robustos, além de apresentarem a valva dorsal moderada ou fortemente concava. Porém, as espécies identificadas até o presente momento na Bacia do Paraná pertencem à subfamília Chonetoidea e possuem de 4 a 5 pares de espinhos “simples” dispostos simetricamente na porção posterior da valva ventral e a valva dorsal ligeiramente convexa, o que não permitia que o sedimento repousasse sobre a valva para a camuflagem. Portanto, está autora sugere que os Productida (Chonetoidea) viviam de modo semi-infaunal em substratos macios, com a valva convexa para baixo (*convex-down*), inclinados o suficiente para manter a comissura a imediatamente acima do substrato, utilizando os espinhos que serviam para estabilização e ancoragem (Figura 27, Estampa 2 – figura E).

Figura 27 – Evidências dos espinhos sendo utilizados para estabilização e fixação. Reconstrução do hábito de vida semi-infaunal.



Fonte: a autora.

Em relação ao processo de escavação hidráulica, nenhum outro autor que considerou um hábito de vida semi-infaunal sugeriu como eles teriam entrado no substrato. Até o momento, a hipótese da escavação hidráulica proposta por Stanley (2020) é uma boa alternativa para tal hábito de vida. Embora Stanley (2020), questione que um modo de vida parcialmente enterrado pudesse ser prejudicial, uma vez que, eles teriam ficado parcialmente expostos a predadores e mais vulneráveis as perturbações do ambiente do que se estivessem totalmente enterrados, pelo menos até o momento não existem evidências na literatura de que os Strophomenata apresentassem tentáculos que impedissem a entrada de sedimentos na cavidade do

manto ou sífões, o que torna um hábito de vida infaunal questionável, pois toda vez que abrissem as valvas estavam sujeitos a entrada de sedimentos na cavidade do manto. No entanto, a escavação hidráulica seria útil para que o animal se reposicionasse caso fosse coberto por sedimentos ou carregado, isso explicaria a presença de espécimes em aparente posição de vida no *offshore* evidenciadas por Bosetti (2004) no Devoniano da Bacia do Paraná.

Como já mencionado, maioria dos trabalhos focam nas ordens Strophomenida, que não possuem representantes nos depósitos devonianos da Bacia do Paraná, e Productida, enquanto os representantes da ordem Orthotetida são pouco abordados. Os Orthotetida são geralmente considerados cimentados, neste estudo são representados pelo gênero *Schellwienella* ("*Schuchertella*"). Para esta autora, *Schellwienella* provavelmente adotava a estratégia de *snowshoe*, distribuindo a massa do corpo, como sugerido por McGhee (1976). Os exemplares analisados neste estudo são normalmente encontrados inteiros e paralelos ao plano e não apresentam deformidades na concha que sugiram um hábito de vida cimentado. Contudo, ainda são necessários mais estudos biomecânicos e hidrodinâmicos para inferir com certeza o hábito de vida dos Strophomenata da Bacia do Paraná.

9.5 PALEOBIOGEOGRAFIA

O período Devoniano é marcado por uma série de eventos de extinções e crises bióticas, incluindo inúmeros eventos de anoxia. Os eventos limitantes, mesmo aqueles de menor intensidade, produziram grandes reestruturações nos ecossistemas locais e globais. Esses eventos abióticos e bióticos vinculados a extinções de diferentes magnitudes foram resumidos por House (2002) e mais recentemente por Becker *et al.* (2012). De acordo com Becker, Königshof e Brett (2016) os eventos podem ser classificados em eventos globais de 2ª, 3ª e 4ª ordem. Os eventos globais de 2ª ordem (e.g., Crise de Taghanic) são caracterizados por eventos de extinções repentinas, incluindo o desaparecimento completo de vários grupos de organismos (ordens e famílias). Eventos globais de 3ª ordem mostram taxas de extinção globalmente elevadas, geralmente em nível taxonômico mais baixo (gêneros e espécies), mas em muitos clados e em vários ecossistemas. Exemplos são o limite Siluriano-Devoniano Daleje, Chotec, Kačák e outros. Extinções globais de 4ª ordem referem-se ao desaparecimento repentino de grupos relativamente menores, mas muito difundidos,

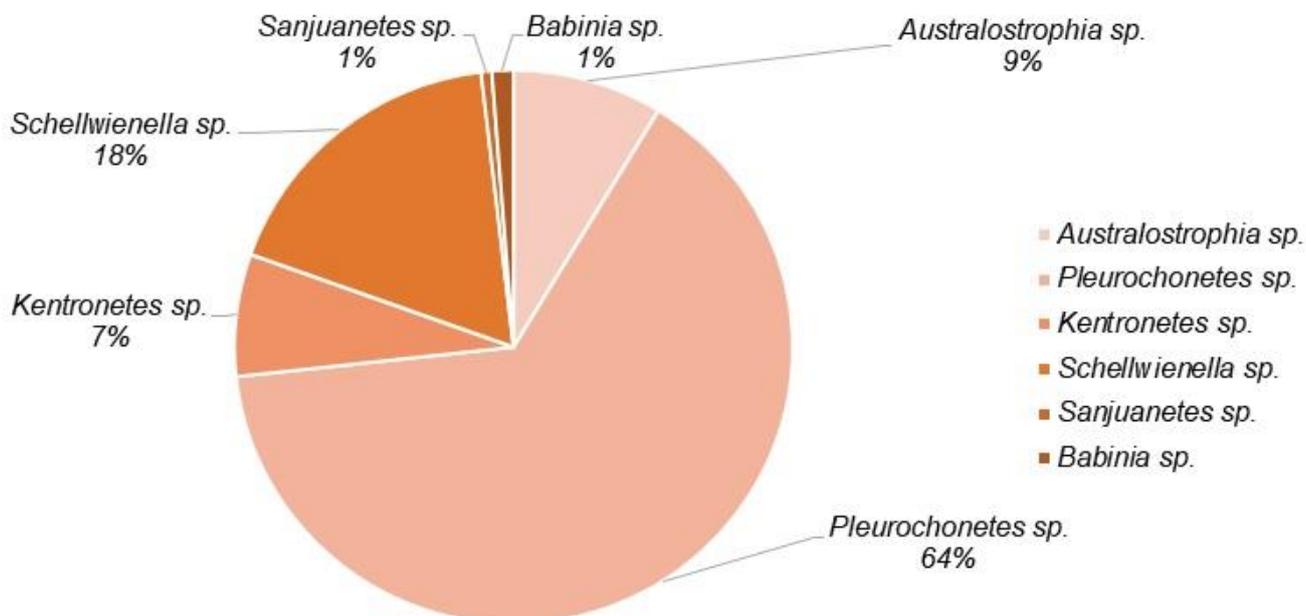
o que implica um gatilho global, e não regional. Essa categoria pode incluir o limite Lochkoviano/Pragianos e os eventos Chebbi, Zlíčov basal e outros. Considerando os eventos devonianos, apenas dois deles tem expressões na Bacia do Paraná, Zlíčov e Kačák (SEDORKO *et al.*, 2019). Sedorko *et al.* (2018b) sugeriram que o evento Zlíčov basal está relacionado com a inundação máxima observada na bacia durante o Emsiano.

Ao comparar as ocorrências de Chonetoidea na Bacia do Paraná com sua ocorrência em outros locais onde a fauna Mavinocáfrica está presente, Videira-Santos *et al.* (2022a) observaram que é possível inferir alguns momentos de migrações entre a Bacia do Paraná e a Bolívia. A presença de *Kentronetes? iclaense*, *Pleurochonetes surucoi*, *Sanjuanetes* sp. e *Babinia* sp. evidenciam as possíveis migrações, uma vez que esses táxons eram considerados tipicamente bolivianos (VIDEIRA-SANTOS *et al.*, 2022a, esta dissertação). Para Videira-Santos *et al.* (2022a) as migrações entre o Praguiano e Eoemsiano estão ligadas ao evento Zlíčov, o qual é globalmente associado a transgressões e mudanças faunísticas. Na Bacia do Paraná, a redução emsiana na diversidade faunística foi relatada por Bosetti *et al.* (2012) na Formação Ponta Grossa sugerindo que a presença dos folhelhos pretos na sequência B pode estar ligada ao evento Zlíčov. As análises tafonômicas e a presença de *Sanjuanetes* sp., bem como a presença de outras espécies e gêneros bolivianos, na borda leste da Bacia do Paraná, demonstrados neste estudo, corroboram com os dados de Videira-Santos *et al.* (2022a), sugerindo que estes tenham migrado durante o evento Zlíčov e evidenciam a relação desses organismos com os tratos de sistemas transgressivos.

9.6 DISTRIBUIÇÃO E PALEOBATIMETRIA

Foram identificados 6 gêneros ao longo da Seção Bosque Mistral, *Pleurochonetes* sp. corresponde a 64% dos táxons estudados, seguido *Schellwienella* sp. compreendendo 18% dos táxons, *Australostrophia* sp. 9%, *Kentronetes* sp. 7%, *Babinia* sp. 1% e *Sanjuanetes* sp. 1% (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Proporção dos espécimes identificados na seção Bosque Mistral.



Fonte: a autora.

As análises taxonômicas, litológicas, estratigráficas e tafonômicas das 660 amostras estudadas vêm demonstrando que os Strophomenata não se encontram aleatoriamente distribuídos pelos litótipos prospectados, sendo esta distribuição intrinsecamente ligada a implicações sedimentológicas e paleoecológicas, ou seja, estão relacionadas com processos e parâmetros ambientais como, batimetria, energia do meio e taxas de sedimentação. Tais concentrações ocorrem em posições estratigráficas e litológicas bem determinadas na sequência sedimentar, estando associada aos tratos de sistema transgressivos. A ocorrência de *Australostrophia sp.* tem sido registrada nos siltitos grossos a médios, estas são encontradas inteiras e, por vezes fragmentadas, no plano de acamamento pode ser interpretada como paraúctone, caracterizando ambientes mais rasos e com maior energia no *shoreface* inferior. Petri (1948) já havia afirmado que *Australostrophia mesembria* é mais abundante próximo à costa. Além disso, levando em consideração os preceitos de Racheboeuf (1990), *Australostrophia mesembria* apresenta valvas médias a grandes, suavemente plano-convexas e espinhos oblíquos, sugerindo que tinham preferência por habitar substratos com granulação mais grossas e em zonas mais proximais.

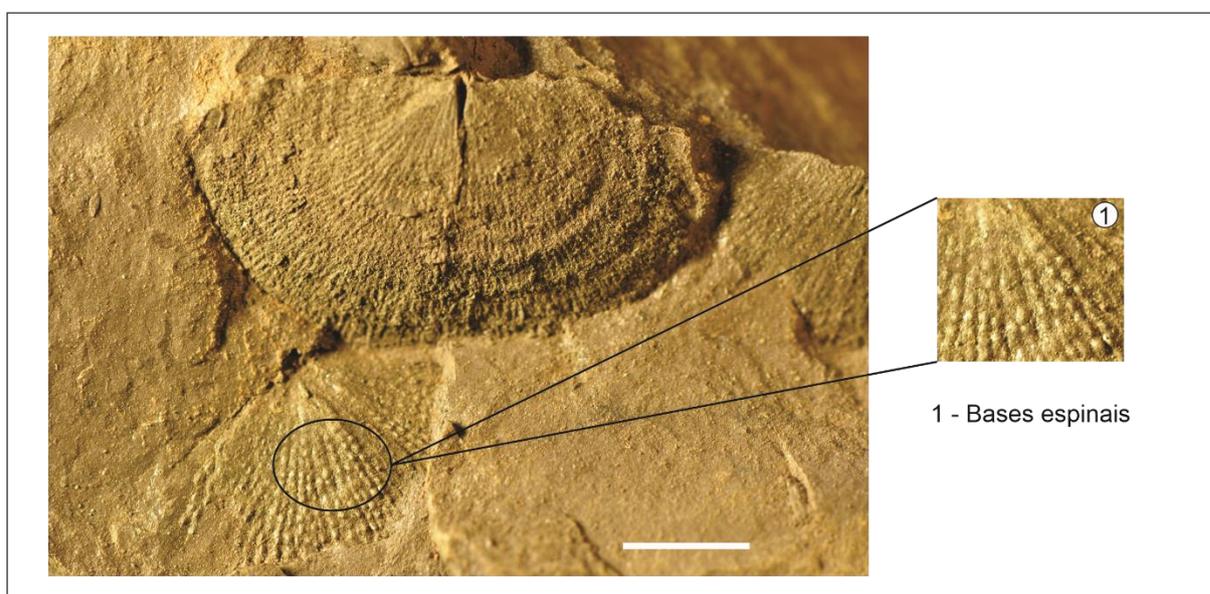
Videira-Santos (2020) posiciona *Australostrophia mesembria* na posição ²BA – 3, no entanto, os dados desta dissertação sugerem que *Australostrophia mesembria* ocorreria preferencialmente no *shoreface* inferior, podendo estar presente também no *offshore* transicional ocupando as posições BA – 2 e 3 em relação à linha de costa e ocorre na TF II (Figura 29).

O registro de *Pleurochonetes* sp. se dá, sem exceção, nos folhelhos pretos e nos siltitos médios, estes são encontrados em aparente posição de vida, indicando que não sofreram transporte ou reorientação, sendo notáveis indicativos de sedimentações episódicas. De acordo com Kidwell e Bosence (1991), fósseis marinhos preservados *in situ* não sofreram transporte ou reorientação, sendo notáveis indicativos de sedimentações episódicas. Além disso, como evidenciado por Bergamaschi (1999) e Bergamaschi e Pereira (2001), o principal agente de transporte na Formação Ponta Grossa (Sequência B) são as ondas de tempestade. Desta forma, o modo de ocorrência citado anteriormente sugere que esse depósito foi originado a partir de tempestades. Em regiões mais profundas, os organismos bentônicos são envoltos por uma nuvem de sedimentos em suspensão, a qual é depositada em um curto lapso de tempo, os soterrando *in situ*. Tal feição tafonômica descrita acima sugere um abrupto soterramento, caracterizando um depósito de sufocamento (*obruption deposits*) e uma associação autóctone (BRETT; SEILACHER, 1991 *apud* KIDWELL, BOSENCE, 1991; KIDWELL; FÜRSICH; AIGNER, 1986; HOLZ; SIMÕES, 2002). Associada a esta ocorrência, também são observados bioclastos fortemente empacotados, paralelos ao plano e, por vezes, sobrepostos, tipificando uma fossilização na forma de *nesting*. Esta ocorrência pode indicar períodos de mudança ambiental significativa, neste caso tempestades, refletindo sobreposições tafonômicas de até dois ou mais ambientes, captando o registro de diferentes condições em um único depósito, sendo interpretada aqui como uma associação alóctone, caracterizando ambientes no *offshore* transicional (KIDWELL; FLESSA, 1995; KIDWELL; BOSENCE, 1991). O gênero *Pleurochonetes* é o gênero mais abundante da seção e parece ocupar um nicho ecológico mais amplo, podendo, às vezes, ser encontrado em ambientes com sedimentos um pouco mais grossos. A grande

² BA (Benthic Assemblage) – Boucot (1971) definiu as paleocomunidades marinhas do Domínio Malvinocáfrico, agrupando-as em “Associações Bentônicas”, numeradas de 1 a 6, segundo a posição (distância crescente) ocupada por cada associação de comunidades em relação à linha de costa. Saliencia-se que a autora está usando a nomenclatura apenas para o posicionamento relativo dos espécimes.

plasticidade ambiental e possivelmente a presença de espinhos ao longo da valva ventral (foram evidenciadas em algumas amostras que possam conter bases espinais, ou ainda algum tipo de ornamentação, nesse caso será preciso um maior número de amostras para tal asserção, e uma discussão taxonomica futura poderá vir a ser efetuada, Figura 28) pode ser um dos motivos do gênero ser tão abundante e disperso pelo Domínio Malvinocáfrico, podendo apresentar maior variação morfológica entre os Chonetidina da Bacia do Paraná (VIDEIRA-SANTOS, 2020). *Pleurochonetes* ocuparia as posições BA – 3 e 4 esta associado a TF I e II (Figura 29).

Figura 28 – Evidências das bases espinais. Escala de 10 mm.



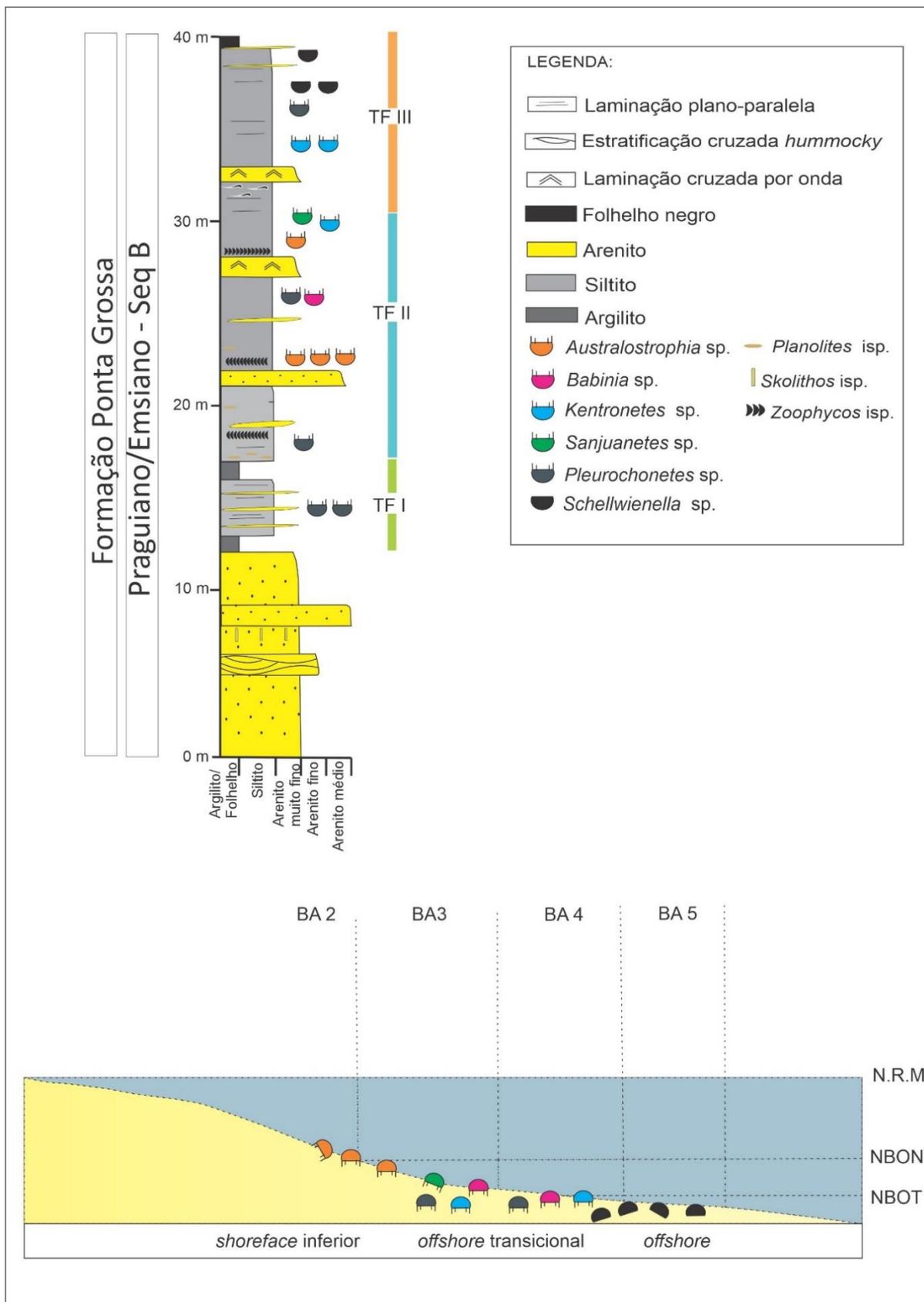
Fonte: a autora.

Kentronetes sp., *Babinia* sp. e *Sanjuanetes* sp. ocorrem nos siltitos médios de coloração cinza-claro a cinza-escuro, os espécimes analisados apresentavam-se inteiros, por vezes com espinhos, paralelos ao plano de acamamento e desarticulados, sendo considerados parautóctone em ambientes de *offshore* transicional. O gênero *Kentronetes* também é encontrado nesta litologia, ou muito semelhante, na Bolívia e África do Sul (HILLER, 1995; RACHEBOEUF, 1992; VIDEIRA-SANTOS, 2020). Videira-Santos (2020) discorreu que *Kentronetes? iclaense* possivelmente viviam em um ambiente preferencial relacionado ao BA – 4. No entanto, esta autora considera que o gênero *Kentronetes*, teria ocupado também a posição BA – 3, na TF II e III (Figura, 29). Quanto ao gênero *Babinia* sp. Videira-

Santos (2020) registrou a presença de exemplares inteiros em sedimentos em arenosos e em *butterfly* nos siltitos escuros, porém isso não foi observado nesta dissertação. Contudo, devido ao seu tamanho pequeno e aos espinhos relativamente longos, sugere-se que *Babinia* sp. tenha ocupado a posição BA – 3 e 4, na TF II e III (Figura 29). Os exemplares analisados de *Sanjuanetes* sp. também ocorrem nos siltitos médios, no entanto, este estava associado na mesma amostra com *Australostrophia mesembria*, sugerindo possivelmente que ocuparia uma posição ainda no *offshore* transicional, pois o exemplar de *Australostrophia* pode ter sido transportado ou ter ocupado o mesmo nicho. No entanto, como se trata de uma espécie pequena, possivelmente ocuparia uma posição BA – 3 em relação à linha de costa e está presente na TF II (Figura 29).

Os exemplares de *Schellwienella* sp. ocorrem, em sua maioria, nos siltitos médios, finos a argilosos, apresentando-se paralelos ao plano, desarticulados, em sua maioria isolados e, por vezes, piritizados (Estampa 2 – figura F) caracterizando ambientes de *offshore* anóxicos, mais distais e profundos. A presença de minerais autigênicos (e.g., pirita e carbonato) está relacionada com a oxigenação e a composição do sedimento. A diagênese de pirita significa condições anaeróbicas localizadas em um ambiente disóxico ou marginalmente anóxico, onde as taxas de sedimentação são moderadas, não sendo extremamente altas ou baixas (SPEYER; BRETT, 1988). Levando em consideração a concentração de pirita em algumas amostras, a ausência de espinhos para fixação e que normalmente não são encontradas em agrupamentos com indivíduos da mesma espécie, ou associado a poucas espécies sugere que tenham ocupado lugares mais profundos no *offshore* transicional e *offshore* (TF III), na posição BA – 4 e 5 em relação à linha de costa (Figura 29).

Figura 29 – Distribuição da espécies identificadas na seção Bosque Mistral e distribuição paleobatimétrica.

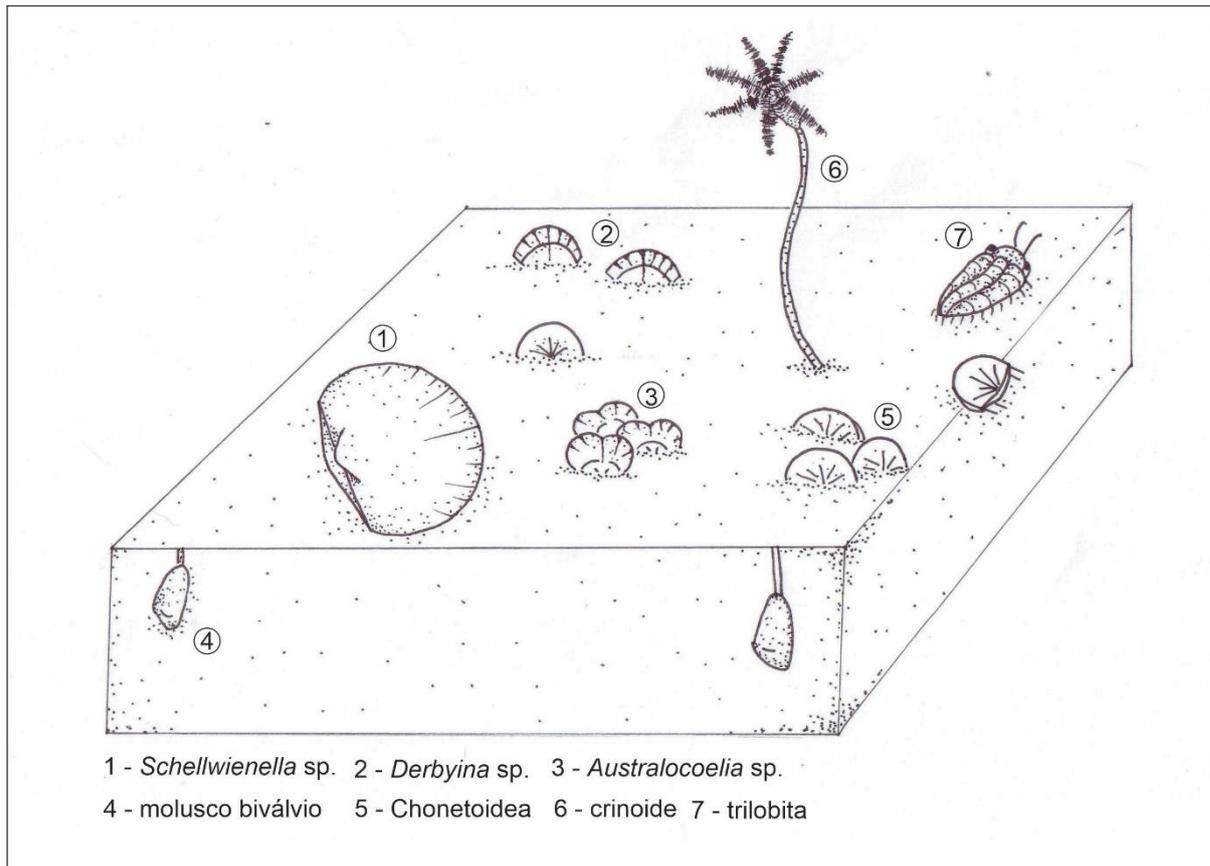


Fonte: a autora.

9.7 PALEOCOMUNIDADE

Boucot (1971) quando propôs as paleocomunidades bentônicas devonianas não levou em consideração os aspectos tafonômicos das associações. De acordo com o autor, a paleocomunidade *Notiochonetes* (*Pleurochonetes*) ocuparia uma posição intermediária em relação à linha de costa e seria constituída pelos gêneros *Notiochonetes*, *Australocoelia*, “*Schuchertella*” e *Meristelloides* (BOUCOT, 1975). No entanto, os resultados dessa dissertação demonstram que a comunidade ocuparia regiões que vão do *shoreface* inferior ao *offshore* (BA – 2 a BA – 5), notou-se também a presença marcante dos gêneros *Derbyina* sp. e crinoides. Para esta autora a comunidade *Notiochonetes* (*Pleurochonetes*) seria constituída por *Australostrophia* sp., *Babinia* sp., *Kentronetes* sp. *Pleurochonetes* sp., *Sanjuanetes* sp. *Schellwienella* sp., *Australocoelia* sp., *Derbyina* sp. e crinoides. Também podem ser encontrados em menor número trilobitas e moluscos bivalvíos (Figura 30).

Figura 30 – Reconstrução da paleocomunidade *Notiochonetes* (*Pleurochonetes*). *Schellwienella* sp. representando a estratégia de *snowshoe* e Chonetoidea adotando o hábito de vida semi-infaunal.



10 CONCLUSÕES

O conjunto de dados litológicos, estratigráficos, taxonômicos e tafonômicos da seção estudada permitiu a identificação de seis classes tafonômicas que podem ser associadas as três tafofácies descritas. A porção basal é caracterizada litologicamente por um pacote espesso de arenitos, que representa condições de maior energia, sendo uma fácies de *shoreface*, onde não foi evidenciada a presença de *Strophomenata*. Logo acima deste pacote de arenitos, ocorre a TF I que engloba as classes tafonômicas IV e VI tipificando depósitos originados pela ação de tempestades no *shoreface* inferior e *offshore* transicional, entre o nível de base de ondas de tempo bom (NBON) e o nível de base de ondas de tempestade (NBOT). A TF II está posicionada acima da TF I e compreende os seguintes 12 metros da seção estudada, as características tafonômicas são típicas de um ambiente de sedimentação mais profundo, no *offshore* transicional, ora acima, ora abaixo do nível de ondas de tempestade (NBOT). A TF II compreende as classes tafonômicas I, III e V. A TF III ocorre nos últimos 10 m da seção e engloba as classes tafonômicas II, a análise tafonômica aponta uma situação de deposição em águas mais profundas no *offshore*, em ambientes mais distais abaixo das ondas de tempestade (NBOT).

A partir dos dados tafonômicos é possível inferir com segurança que os *Strophomenata* no Devoniano da Bacia do Paraná ocupavam ambientes que vão do *shoreface* inferior ao *offshore*. As espécies identificadas ocorrem em posições estratigráficas e litológicas bem determinadas na sequência sedimentar, estando associada aos tratos de sistema transgressivos da sequência B. Em relação a paleobatimetria, *Australostrophia mesembria* ocuparia ambientes mais proximais em relação à linha de costa, na posição BA – 2 a BA – 3, *Sanjuanetes* sp. habitava a posição BA – 3, *Pleurochonetes* sp., *Kentronetes* sp., *Babinia* sp. ocupariam as posições BA – 3 e 4, *Schellwienella* sp. ocuparia ambientes mais distais na posição BA – 4 e 5. Desta forma, o conjunto de dados demonstra que os *Strophomenata* podem ser considerados bons indicadores paleobatimétricos para o Devoniano da Bacia do Paraná, podendo ser um modelo aplicável a outras bacias.

A identificação taxonômica evidenciou a presença de *Sanjuanetes* sp., sendo este registrado pela primeira vez na borda lesta da Bacia do Paraná. A presença de outras espécies e gêneros tipicamente bolivianos na borda leste da Bacia do Paraná, sugere que este tenham migrado durante evento Zlíčov, que foi uma grande

inundação, reforçando também a ideia de que os Strophomenata estão relacionados com os tratos de sistemas transgressivos.

Sugere-se ainda que os Productida (Chonetoidea) vivam de modo semi-infaunal em substratos macios, com a valva convexa para baixo (*convex-down*), inclinados o suficiente para manter a comissura imediatamente acima do substrato, utilizando os espinhos para estabilização e ancoragem. *Schellwienella* sp. provavelmente adotava a estratégia de *snowshoe*, distribuindo a massa do corpo, como sugerido por McGhee (1976).

Quanto a paleocomunidade *Notiochonetes* (*Pleurochonetes*) esta seria formada por *Australostrophia* sp., *Babinia* sp., *Kentronetes* sp. *Pleurochonetes* sp., *Sanjuanetes* sp. *Schellwienella* sp., *Australocoelia* sp., *Derbyina* sp. e crinoides, sendo *Pleurochonetes falklandicus* o fóssil índice.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, R. R. Function of shell microstructure and internal morphology of articulate brachiopods. *In*: SAVAZZI, E. **Functional Morphology of the Invertebrate Skeleton**. New York: Wiley & Sons, p. 399–414, 1999.

ALEXANDER, R. R. Functional morphology and biomechanics of articulate brachiopod shells. **Paleontological Society Papers**, v. 7, p. 145-170, 2001.

ALMEIDA, F. F. M. Relações Tectônicas das rochas alcalinas mesozoicas da região meridional da Plataforma Sul-Americana. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 13, n. 03, p. 139-158, 1983.

ASSINE, M. L. **Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil**. 1996. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

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.

BECKER, R. T.; GRADSTEIN, F. M.; HAMMER, O. The Devonian Period. *In*: GRADSTEIN, F. M.; OGG, J. G.; SCHMITZ, M.; OGG, G. **The Geologic Time Scale 2012, Volume 2** Amsterdam: Elsevier, p. 559–601, 2012.

BECKER, R. T.; KÖNIGSHOF, P.; BRETT, C. E. Devonian climate, sea level and evolutionary events: an introduction. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 423, n. 1, 2016.

BENGSTON, P. Open nomenclature. **Paleontology**, v. 31, n.1, p. 223-277, 1988.

BERGAMASCHI, S. **Análise estratigráfica do Siluro-Devoniano (Formações Furnas e Ponta Grossa) da sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil**. 1999. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

BERGAMASCHI, S.; PEREIRA, E. Caracterização de seqüências deposicionais de 3º ordem para o Siluro-Devoniano na sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil. **Ciência-Técnica-Petróleo, seção: Exploração de Petróleo**. Rio de Janeiro, n. 20, 2001.

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.; 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.; 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. **Palaontologische Zeitschrift**, v. 85, p. 49-65, 2011.

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 tafônicas 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.

BOSETTI, E. P.; PEYERL, D.; HORODYSKI, R. S.; ZABINI, C. Formação Ponta Grossa: Histórias, Fácies e Fósseis. *In*: I Simpósio de Pesquisa e Ensino e História de Ciências da Terra, 2007, Campinas – SP. **Anais**. Campinas: UNICAMP, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/ElvioBosetti/publication/242364266_PONTA_GROSSA_FORMATION_HISTORY_FACIES_AND_FOSSILS/links/5a2ab582aca2728e05de670b/PONTA-GROSSA-FORMATION-HISTORY-FACIES-AND-FOSSILS.pdf. Acesso em: 28 jul. 2023.

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. 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: 28 mar. 2023.

BOUCOT, A.; JOHNSON, J. G. Brachiopods of the Bois Blanc Formation in New York. **Geological Survey Professional Paper 548-B**, 1968.

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

BRETT, C. E.; SEILACHER, A. Obrution deposits: A taphonomy consequence of event sedimentation. *In*: EINSELE, G; RICKEN, W.; SEILACHER, A. **Cycles and Events Stratigraphy**. Berlim: Springer, 1991.

BRUNTON, C. H. C. Silicified brachiopods from the Visean of County Fermanagh (2). **Bulletin of the British Museum (Natural History) Geology**, v. 16, p. 1-70, 1968.

BRUNTON, C. H. C.; LAZAREV, S. S.; GRANT, R. E. 2000. Productida. *In*: WILLIAMS,

A. **Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda revised**. The Geological Society of America/The University of Kansas, 2000, p. 350-362.

BRUNTON, C. H. C. The functional morphology and paleoecology of the Dinantian brachiopod *Levitusia*. **Lethaia**, v.15, p. 149–167, 1982.

CARBONARO, F. A.; GHILARDI, R. P. Fósseis do Devoniano de Goiás, Brasil (Sub-bacia Alto Garças, Bacia do Paraná). **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 56, n. 11, p. 135-149, 2016.

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.

CASTELLARO, H. A. **Guia paleontologica Argentina Parte I, paleozoico; seccion III, Faunas silúricas, seccion IV, Faunas Devonicas**. Buenos Aires: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnicas, 1966, p. 164.

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

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.

CLARKE, J. M. As trilobitas do grez de Ereré e Maecurú. **Revista do Museu Nacional**, v. 9, p. 1-58, 1895.

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

CLARKSON, E. N. K. **Invertebrate paleontology and evolution**. 4 ed. Blackwell Science, Oxford. 1998. 452 p.

COOPER, G. A.; DUTRO, J. T. JR. Devonian brachiopods of New Mexico. **Bulletins of American Paleontology**, n. 82-83, p. 1-125, 1982.

COOPER, P. Paleolatitudes in the Devonian of Brazil and the Frasnian Famennian mass extinction. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 21, n. 3, p. 165-207, 1977.

CURRY, G. C.; BRUNTON, H. C. Stratigraphic distribution of brachiopods. *In*: **Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda revised**. The Geological Society of America/The University of Kansas, p. 2902-3081, 2007.

DANERS, G.; LE HERISSÉ, A.; BREUER, P.; VEROSLAVSKY, G. Pragian-Emsian palynomorphs from the Cordobés Formation, Norte Basin, Uruguay: stratigraphically restricted and regionally correlative palynological events in the cool-water Malvinokaffric Realm. **Palynology**, v. 41, n. 1, p. 121-137, 2017.

DERBY, O. A. Geologia da região diamantífera da Província do Paraná no Brasil. **Archivos do Museu Nacional**, v.3, p. 89-96, 1878.

DIEVERT, R. V.; GINGRAS, M. K.; LEIGHTON, L. R. The functional performance of productidine brachiopods in relation to environmental variables. **Lethaia**, 2021. <https://doi.org/10.1111/let.12441>.

DUMÉRIL, C. **Zoologie analytique: ou, Méthode naturelle de classification des animaux; rendue plus facile a l'aide de tableaux synoptiques**. Paris: Allais, 1806.

FEIFAREK, B. P. Spines and epibionts as antipredator defenses in the thorny oyster *Spondylus americanus* Hermann*. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 105, p. 39-56, 1987.

FERREIRA, F. J. F.; MORAES, R. A. V.; FERRARI, M. P.; VIANNA, R. B. Contribuição ao estudo do Alinhamento Estrutural de Guapiara. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, 1981, Curitiba. **Anais do Simpósio Regional de Geologia**. Curitiba, 1981, v. 1, p. 226-240.

FISCHER DE WALDHEIM, G. Oryctographie du Gouvernement de Moscou. A. Semen, Moscow, p. 202, 57 pls, 1830.

FONSECA, V. M. M. A ocorrência de *Pleurochonetes falklandicus* (Morris & Sharpe) (Brachiopoda) no Devoniano da Bacia do Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 70, n.2, p. 377-378, 1998.

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.

FRANCO-MAGALHÃES A. O. B. **Exumação tectônica e evolução associada do relevo no Arco de Ponta Grossa, Sul-Sudeste do Brasil**. 2009. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

GARCIA, E. A.; MOLINARO, D. J.; LEIGHTON, L. R. Testing the function of productide brachiopod spines on arenaceous substrates using 3D printed models. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 511, p. 541-549, 2018.

GARCIA-ALCALDE, J. L.; RACHEBOEUL, P. R., 1975. Données paléobiologiques et paléobiogéographiques sur quelques Strophochonetinae du Dévonien d'Espagne et du Massif Armoricaïn. **Lethaia**, v. 8, n. 4, p. 329-338, 1975.

GARCÍA-MURO, V. J.; RUBINSTEIN, C. V.; RUSTÁN, J. J.; STEEMANS, P. Palynomorphs from the Devonian Talacasto and Punta Negra Formations, Argentinean Precordillera: New biostratigraphic approach. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 86, p. 110-126, 2018.

GIRTY, G. H. New molluscan genera from the Carboniferous. **Proceedings of the National Museum**, v. 28, n. 1372, p. 721-736, 1904.

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: 04 mar. 2022.

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.; VIDEIRA-SANTOS, R.; RICHTER, K. W.; BOSETTI, E. P. Descrição preliminar de novo sítio paleontológico da área urbana de Ponta Grossa, Paraná. *In: XXVII Semana de Geografia UEPG, 2021, Ponta Grossa. Anais.* Disponível em: https://siseve.apps.uepg.br/pt_BR/xxviiisemanageografia/noticia/ANAIS%2027%C2%AA%20SEMAGEO. Acesso em: 04 mar. 2022.

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

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 Parana´ 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.

GRANT, R. E. A Permian Productoid Brachiopod: Life History. **Science**, v. 152, p. 660-662, 1965.

GRANT, R. E. Spine arrangement and life habits of the productoid brachiopod *Waagenoconcha*. **Journal of Paleontology**, v. 40, p. 1063– 1069, 1966.

GRATSIANOVA, R. T. 'Schuchertellas' of the Early and Middle Devonian in the south of western Siberia. **Trudy Instituta Geologii i Geofiziki, Akademikila nauk SSSR**, v. 84, p. 77-87, 1974.

HALL, J.; CLARKE, J. M. An introduction to the study of the genera of Palaeozoic brachiopoda part. I. **Geological Survey of the State of New York**, v. 8, p. 1-356, 1892.

HARPER, D. A. T. Brachiopods. *In*: TAYLOR, P.; LEWIS, D. **Fossil invertebrates**. The Natural History Museum, 2005, p. 301-310.

HARPER, D. A. T.; COKS, L. R. M.; POPOV, L. E.; SHEEHAN, P. M.; BASSETT, M. G. COPPER, P.; HOLMER, L. E.; JIN, J.; JIA-YU, R. Brachiopods. *In*: WEBBY, B.; PARIS, F.; DROSER, M.; PERCIVAL, I. **The Great Ordovician Biodiversification Event**. New York: Columbia University Press, 2004. p. 157-178.

HARRINGTON, H. J. Geología del Paraguay. **Contribuciones Científicas Serie E**, v.1, p. 1-82, 1950.

HERRERA Z. A. Nuevas precisiones sobre la edad de la Formación Talacasto (Precordillera Argentina) en base a su fauna de braquiópodos. *In*: AGA, CONGR. GEOL. ARGENT. Actas, 1993, p. 289-295.

HERRERA, Z. The Lower Devonian chonetoid brachiopods from the Argentine Precordillera. **Documents des Laboratoires de Géologie, Lyon**, n. 136, p. 101-147, 1995. Disponível em: https://www.persee.fr/doc/geoly_0750-6635_1995_ant_136_1_1567. Acesso em: 28 jul. 2023.

HILLER, N. Devonian chonetacean brachiopods from South Africa. **Annale van die Suid-Afrikaanse Museum**, v. 104, n. 7, p. 159-180, 1995. Disponível em: <https://ia801408.us.archive.org/25/items/biostor-109690/biostor-109690.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2023.

HILLER, N. The identity of *Chonetes falklandicus* (Brachiopoda, Devonian). **Journal of Paleontology**, v. 61, n. 6, p. 1148-1155, 1987.

HOEL, O. A. Cementing strophomenide brachiopods from the Silurian of Gotland (Sweden): Morphology and life habits. **Geobios**, v. 40, p. 589-608, 2007.

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.

HOUSE, M. R. Strength, timing, setting and cause of Mid-Palaeozoic extinctions. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 181, p. 5-25, 2002.

ISAACSON, P. E. Devonian Brachiopoda of Bolivia. *In*: SUÁREZ-SORUCO, R. **Fosiles y facies de Bolivia, II, Invertebrados y Paleobotánica**. Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, v. 13–14, p. 5–33, 1993.

ISAACSON, P. E. Devonian stratigraphy and brachiopod paleontology of Bolivia, Part A, Orthida and Strophomenida. **Palaeontographica Abteilung A**, v. 155, n. 5-6, p.133-192, 1977.

JOHNSEN, S. A. L.; AHMED, M.; LEIGHTON, L. R. The effect of spines of a Devonian productide brachiopod on durophagous predation. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 375, p. 30-37, 2013.

KIDWELL, S. M., FLESSA, K. W. The Quality of the Fossil Record: Populations, Species, and Communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 26, p. 269-299, 1995.

KIDWELL, S. M.; FÜRSICH, F. T.; AIGNER, T. Conceptual Framework for the Analysis and Classification of Fossil Concentrations. **Palaios**, 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. 1991. p. 115-209.

KOWALEWSKI, M. Time-averaging, overcompleteness, and the geological record. **The Journal Geology**, v. 104, n. 3, p. 317-326, 1996.

KOZLOWSKI, R. Fossiles dévoniens de l'état de Paraná (Brésil). **Annales de Paléontologie**, v. 8, p. 105-123, 1913.

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

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

LEIGHTON, L. R. Constraining functional hypotheses: controls on the morphology of the concavo-convex brachiopod *Rafinesquina*. **Lethaia**, v. 31, p. 293-307, 1998.

LEIGHTON, L. R. Environmental distribution of spinose brachiopods from the Devonian of New York: test of the soft substrate hypothesis. **Palaios**, v. 15, p. 184-193, 2000.

LEIGHTON, L. R. New example of Devonian predatory boreholes and the influence of brachiopod spines on predator success. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 165, p. 53-69, 2001a.

LEIGHTON, L. R. New directions in the paleoecology of paleozoic brachiopods. **Paleontological Society Papers**, v. 7, p. 185-206, 2001b.

LEIGHTON, L. R.; SAVARESE, M. **Functional and taphonomic implications of ordovician Strophomenid brachiopod valve morphology**. *In*: COOPER, P.; JIN, J. *Brachiopods*. Rotterdam, Netherlands: A.A.Balkema Publishers, 1996, p. 161-168.

LESCINSKY, H. L. The life orientation of concavo-convex brachiopods: overturning the paradigm. **Paleobiology**, v. 21, p. 520-551, 1995.

LEVY, R.; NULLO, F. Chonetidae devónicos de Argentina. I. "Chonostrophia". **Ameghiniana**, v. 9, n. 2, p. 138-144, 1972.

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

MACHADO, JR. D. L. **Condicionamento Estrutural e Contexto Tectônico do “Alinhamento de Guapiara”**. 2000. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MANCENÍDO, M. O.; DAMBORENEA, S. E. Brachiopoda. *In*: CAMACHO, H. H.; LONGOBUCCO, M. I. **Los Invertebrados Fósiles Tomo I**. 1 ed. Buenos Aires: Vazquez Mazzini, 2008. cap.10. p. 243.

MCGHEE, G. R. JR. Late Devonian benthic marine communities of the central Appalachian Allegheny Front. **Lethaia**, v. 9, p. 111-136, 1976.

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 Real in the Devonian of Brazil. **Petrobras Research Center**, Rio de Janeiro-RJ, 1988.

MENDEZ-ALZOLA, R. Fossiles devónicos del Uruguay. **Boletín del Instituto Geológico de Uruguay**, v. 24, p.1-81, 1938.

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.; 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.; 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.; 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.

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.

MILLS, B.; LEIGHTON L. R. Functional morphology of chonetidine (Brachiopoda) spines: biomechanical tests of a potential key innovation. **Historical Biology**, v. 20, n. 3, p. 213-221, 2008.

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.

MUIR-WOOD H.M. **On the morphology and classification of the brachiopod suborder Chonetoidea**. London: Brithsh Museum (Natural History), 1962.

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.

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, 2021, Ponta Grossa. **Anais**. Disponível em: https://siseve.apps.uepg.br/pt_BR/xxviisemanageografia/noticia/ANAIS%2027%C2%AA%20SEMAGEO. Acesso em: 28 mar. 2023.

ÖPIK, A. A. Über Klitamboniten. Universitatis Tartuensis (Dorpatensis). **Acta et Commentationes**, v. 26, n. 5, p. 1–239, 1934.

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

PINESE, J. P. P. **Caracterização petrológica e geoquímica dos diques do Arco de Ponta Grossa**. 1989. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PLOTINICK, R. E.; DATTILO, B. F.; PIQUARD, D.; BAUER, J.; CORRIE, J. The orientation of Strophomenid brachiopods on soft substrates. **Journal of Paleontology**, v. 87, n. 5, p. 818-825, 2013.

PONCIANO, L. C. O.; MACHADO, D. M. C. Hábitos de Vida da Associação “*Schuchertella*” *agassizi* – Pthychopteria *eschwegei*, Formação Maecuru, Devoniano, Bacia do Amazonas, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 30, n. 1, p. 135-144, 2007.

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.

PORTELA-FILHO, C. V.; FERREIRA, F. J. F. Estimativas das taxas de extensão crustal da região central do Arco de Ponta Grossa (Bacia do Paraná) com base em modelagens aeromagnéticas. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOFÍSICA, 8, 2003, Rio de Janeiro. **Resumos Expandidos do Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica**. Rio de Janeiro, 2003.

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

RACHEBOEUF, P. R. Chonetacea (Brachiopodes) du Dévonien inférieur du Bassin de Laval (Massif armoricain). **Palaeontographica**, A, v. 152, p.14-89, 1976.

RACHEBOEUF, P. R. Chonetacés (Brachiopodes) siluriens et dévoniens du Sud-ouest de l'Europe. **Mém. Soc. Géol.Mineral. Bretagne**, v. 27, p. 1- 294, 1981.

RACHEBOEUF, P. R. *Philippotia*, a new name for the Devonian brachiopod Hemichonetes Racheboeuf, 1981, non Hemichonetes Lee and Su, 1980. **Journal of Paleontology**, v, 56, n. 10, 1982.

RACHEBOEUF, P. R. Chonetidina. In: WILLIAMS, A. **Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda revised**. The Geological Society of America/The University of Kansas. 2000. p. 362-423.

RACHEBOEUF, P. R. Les Brachiopodes Chonetaces dans lês assemblages benthiques siluriens et devoniens. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 81, p.141–171, 1990.

RACHEBOEUF, P. R. Los chonetáceos (braquiópodos) del Devónico boliviano: bioestratigrafía y datos taxonómicos complementários. **Revista Española de Paleontología**, v. 7, n. 1, p. 31-52, 1992.

RACHEBOEUF, P. R. The chonetoidean brachiopods. A revised and updated systematic and bibliographic catalogue. **Documents des Laboratoires de Géologie, Lyon**, n. 148, p. 1-178, 1998. Disponível em: <https://www.persee.fr/doc/geoly_0750-6635_1998_mon_148_1> Acesso em: 28 jul. 2023.

RACHEBOEUF, P. R.; BRANISA, L. New data on silurian and devonian chonetacean brachiopods from Bolivia. **Journal of Paleontology**, v. 59, n. 6, p.1426-1450, 1985.

RACHEBOEUF, P. R.; CASIER, J. G.; PLUSQUELLEC, Y.; TORO, M.; MENDOZA, D.; CARVALHO, M. P.; HÉRISSE, A.; PARIS, F.; FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, E.; TURNER, F.; BROUTIN, J.; CRASQUIN, S.; JANVIER, P. New data on the Silurian–Devonian palaeontology and biostratigraphy of Bolivia. **Bulletin of Geosciences**, v. 87, n. 2, p. 269–314, 2012.

RACHEBOEUF, P. R.; DALENZ-FARJAT, A.; LEFEBVRE, B. The Devonian Gamoneda section of southern Bolivia: new biostratigraphical and palaeobiogeographical data. **Revista Española de Paleontología**, v. 13, n. 2, p. 175-186, 1988.

RACHEBOEUF, P. R.; HERRERA, Z. On some new Malvinokafric Silurian and Devonian chonetacean brachiopods and reclassification of others. **Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie**, n. 9, p. 541-560, 1994.

RACHEBOEUF, P. R.; ISAACSON, P. E. Los chonetoideos (braquiópodos) silúricos y devônicos de Bolivia. *In: SUÁREZ-SORUCO, R. Fossiles y Fácies de Bolivia. II – Invertebrados y Paleobotánica.* Santa-Cruz, Bolívia: Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, 1993, p. 99-119.

RACHEBOEUF, P. R.; LESPÉRANCE, P. J. Revision of Silurian and Devonian chonetoidean brachiopods from Quebec and northern New Brunswick (Canada). **Documents des Laboratoires de Géologie Lyon**, n. 136, p. 7-78, 1995. Disponível em: https://www.persee.fr/doc/geoly_0750-6635_1995_ant_136_1_1566. Acesso em: 28 jul. 2023.

RACHEBOEUF, P. R.; GARCIA, J. P. Spine asymmetry in chonetoidean brachiopods: an example of reiterated heterochronies linked to intra-Devonian events. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 123, p. 323-342, 1996.

RACHEBOEUF, P. R.; VILLENEUVE M. *Australostrophia senegalensis* n. sp.: first chonostrophiid brachiopod (Chonetacea) from NW Africa. Implications for the northwestern Gondwanaland margin. **Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie**, n. 12, p. 737-748, 1989.

RATHBUN, R. On the Devonian Brachiopoda of Ererê, province of Para Brazil. **Buffalo Society Natural Sciences**, v. 1, p. 236-261, 1874.

REZENDE, J. M. P.; ISAACSON P. E. *Schellwienella clarkei* (Orthotetida, Brachiopoda): a new species from the Devonian of the Paraná Basin, Brazil. **Journal of Paleontology**, p 1-15, 2021.

REZENDE, J. M. P.; PONCIANO, L. C. M.; BRETT, C. E. Brachiopod fauna from Longá Formation (Upper Devonian), State of Piauí, NE Brazil. **Historical Biology**, v. 33, n. 8, p. 1297-1307, 2019.

RICHTER, K. W. **Caracterização icnológica das unidades inferior e média da Formação Furnas no Flanco Norte do Arco de Ponta Grossa: implicações paleoecológicas.** 2022. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2022.

RICHTER, M.; BOSETTI, E. P.; HORODYSKI, R. S. Early Devonian (Late Emsian) shark fin remains (Chondrichthyes) from the Paraná Basin, southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 1, p. 103-108, 2017.

RODE, A. L. S. Systematic revision of the middle and late Devonian Brachiopods Schizophoria (Schizophoria) and 'Schuchertella' from North America. **Journal of Systematic Palaeontology**, v. 3, n. 2, p. 133-167, 2005.

RUDWICK, M. J. S. **Living and fossil brachiopods.** London: Hutchinson University Library, 1970.

SARYTCHEVA, T. G.; SOKOLSKAYA, A. N. O klassifikatsin lozhnoporistykh brachiopod. **Akad. Nauk URSS**, v. 125, p. 181-184, 1959.

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.

SCHUCHERT, C. Classification of the Brachiopoda. **American Geologist**, v. 11, p. 141–167, 1893.

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, 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.; 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**, v. 179, p. 43–56, 2019.

SHIINO, Y.; SUZUKI, Y. The ideal hydrodynamic form of the concavo-convex productide brachiopod shell. **Lethaia**, v. 44, p. 329– 343, 2011.

SIGNOR, P. W.; BRETT, C. E. The mid-Paleozoic precursor to the Mesozoic marine revolution. **Paleobiology**, v. 10, p. 229–245, 1984.

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)

SPEYER, S. E.; BRETT, C. E. Trilobite Taphonomy and Middle Devonian Taphofacies. **Palaios**, v. 1, n. 3, p. 312-327, 1986.

SOUZA, V. F. G. **Chonetoidea (Brachiopoda, Productida, Chonetidina) do Devoniano da Bacia do Paraná**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

STANLEY, S. M. Evidence that more than a third of Paleozoic articulate brachiopod genera (Strophomenata) lived infaunally. **Paleobiology**, v. 43, n. 3, p. 405-433, 2020. DOI: 10.1017/pab.2020.29.

STONE, H. M. I. On predator deterrence by pronounced shell ornament epifaunal bivalves. **Paleontology**, v. 41, p. 1051-1068, 1998.

THAYER, C. W. Morphological adaptations of benthic invertebrates of soft substrata, **Journal of Marine Research**, v. 33, p. 177-189, 1975.

THOMAS, I. The British Carboniferous Orthotetinae: Memoirs of the Geological Survey of Great Britain. **Palaeontology**, v. 1, p. 83–1, 1910.

THOMAS, G. A. Carboniferous and early Permian brachiopods from Western and Northern Australia: Bureau of Mineral Resources. **Geology and Geophysics, Bulletin**, v. 39, p. 1-159, 1971.

VIDEIRA-SANTOS R.; SCHEFFLER S. M. O Estado da Arte das pesquisas sobre Chonetoidea (Brachiopoda) do Devoniano da Bacia do Paraná, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ**, v. 42, n. 1, p. 329-335, 2019.

VIDEIRA-SANTOS, R. **Revisão taxonômica dos Chonetoidea (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. M.; FERNANDES A. C. S. New occurrences of Malvinokaffric Chonetoidea (Brachiopoda), in the Paraná Basin, Devonian, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 25, n.1, p. 3-23, 2022a.

VIDEIRA-SANTOS, R.; SCHEFFLER, S. M.; FERNANDES, A. C. S. New occurrences of Chonetoidea (Brachiopoda) in the Devonian of Bolivia, Peru and Antarctica. **Brazilian Journal of Geology**, v. 52, n. 1, p. 1-11, 2022b.

WAAGEN, W. Mittheilung eines Briefes von Herrn A. Derby über Spuren einer carbonen Eiszeit in Sudamerika, sowie einer Berichtigung Herrn J. Marcou's. **Neues Jahrbuch für Mineralogie**, v. 68, p. 172-177, 1888.

WILLIAMS, A. The calcareous shell of the Brachiopoda and its importance to their classification. **Biological Reviews**, v. 30, p. 243-287, 1956.

WILLIAMS, A. **Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopod**. The Geological Society of America/The University of Kansas, 1965.

WILLIAMS, A. **Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopod revised**. The Geological Society of America/The University of Kansas, 2000.

WILLIAMS, A.; BRUNTON, C. H. C. Orthotetidina. In: *In*: WILLIAMS, A. **Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda revised**. The Geological Society of America/The University of Kansas, 2000. p. 644.

WILLIAMS, A.; BRUNTON, C. H. C. Role of shell structure in the classification of the Orthotetidine brachiopods. **Paleontology**, v. 36, p. 931-966, 1993.

WILLIAMS, A.; BRUNTON, C. H. C.; COCKS, L. M. R. Strophomenata. *In*: WILLIAMS, A se. **Treatise on Invertebrate Paleontology, Part H, Brachiopoda revised**. The Geological Society of America/The University of Kansas, 2000. p. 215.

WILLIAMS, A.; CARLSON, S. J.; BRUNTON, C. H. C.; HOLMER, L. A.; POPOV, L. A. A supra-ordinal classification of the Brachiopoda. **Philosophical Transactions: Biological Sciences**, v. 351, n.1344, p.1171-1193, 1996.

WILLIAMS, A.; HURST J. M. Brachiopod evolution. *In*: HALLAM, A. **Patterns of evolution as illustrated by the fossil record - Developments in Palaeontology and Stratigraphy**, 5. Elsevier, Amsterdã, 1977, cap 4, p. 79 - 121.

WILLMAN, S. Testing the role of spines as predatory defense. **Journal of Shellfish Research**, v. 26, n. 1, p. 261-266, 2007.

WRIGHT, A. D.; NÓLVAK, J. Functional significance of the spines of the Ordovician lingulate brachiopod *Acanthambonia*. **Paleontology**, v. 40, p. 113-119, 1997.

YE, F.; GARBELLI, C.; SHEN, S.; ANGIOLINI, L. The shell fabric of Palaeozoic brachiopods: patterns and trends. **Lethaia**, v. 54, p. 419-439, 2020.

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, 1990. cap. 33, p. 681-708.

ZANOTTO, O. A. Erosão pós-Cretáceo na Bacia do Paraná, com base em dados de reflectância da vitrinita. *In*: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 5, 1993, Curitiba. **Resumos do Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia**. Curitiba, 1993, v.1, p. 58.

APÊNDICE A – ESTAMPA 1

Estampa 1 – Espécies identificadas na seção Bosque Mistral. Escala de 10 mm.

Figuras A-B: *Australostrophia mesembria* Clarke, 1913.

A – valva ventral (MPI 17052 B).

B – valva dorsal (MPI 17532).

Figuras C-D: *Babinia parvula* Racheboeuf & Branisa, 1985.

C – valva ventral (MPI 15298).

D – valva ventral (MPI 16975).

Figuras E-F: *Kentronetes? iclaense* Racheboeuf & Branisa, 1985.

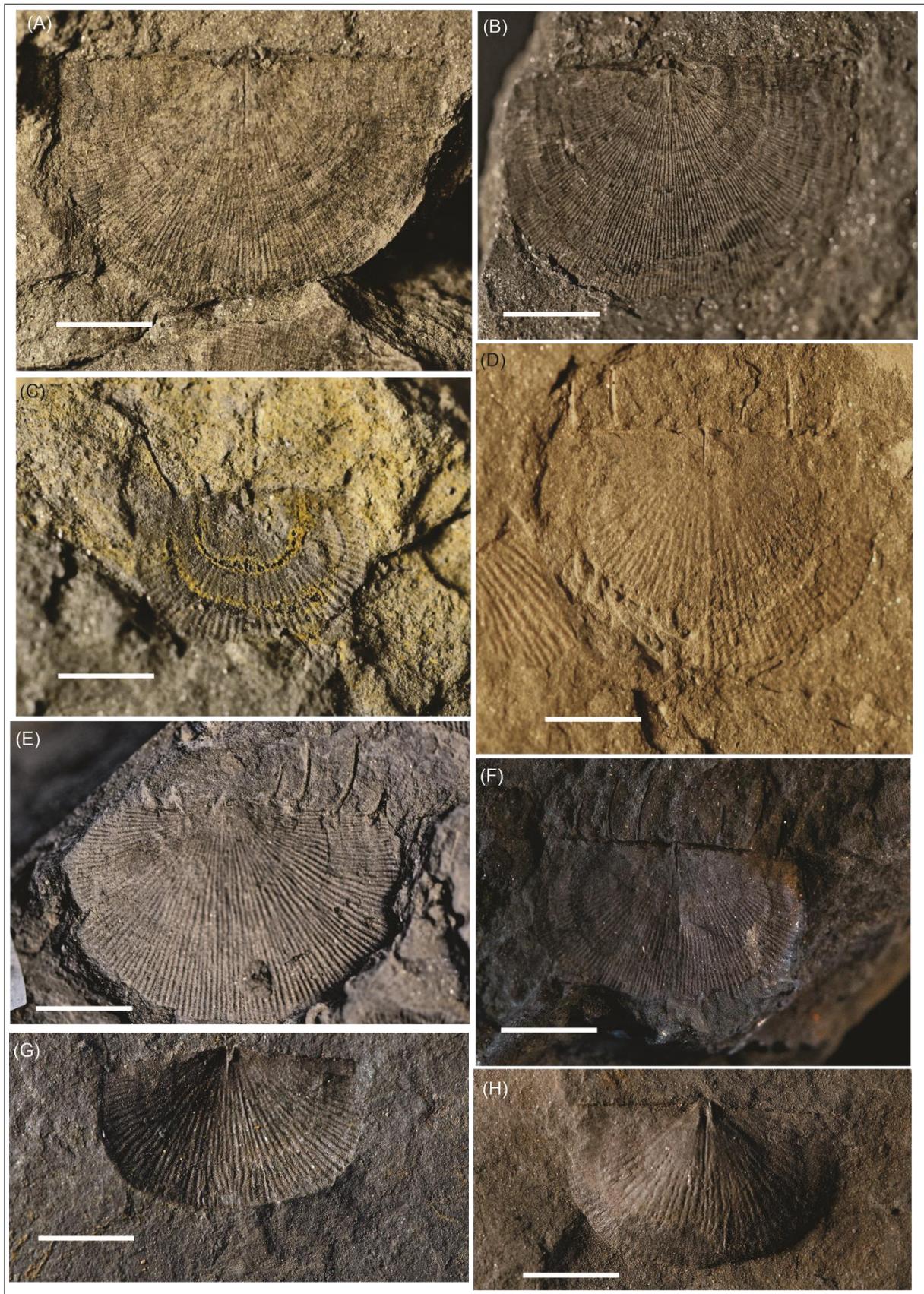
E – valva ventral (MPI 15884).

F – valva ventral (MPI 15418).

Figuras G-H: *Pleurochonetes falklandicus* Morris & Sharpe, 1846.

G – valva ventral (MPI 16129).

H – valva ventral (MPI 16774).



Fonte: a autora.

APÊNCIE B – ESTAMPA 2

Estampa 2 – Espécies identificadas na seção Bosque Mistral. Figuras A e B escala de 1 mm, figuras C, D, E, F escala de 10 mm.

Figuras A-B: *Sanjuanetes* sp. Racheboeuf & Herrera, 1994.

A – valva ventral (MPI 17592-1).

B – valva dorsal (MPI 17592-2).

Figura C: *Pleurochonetes surucoi?* Racheboeuf, 1992.

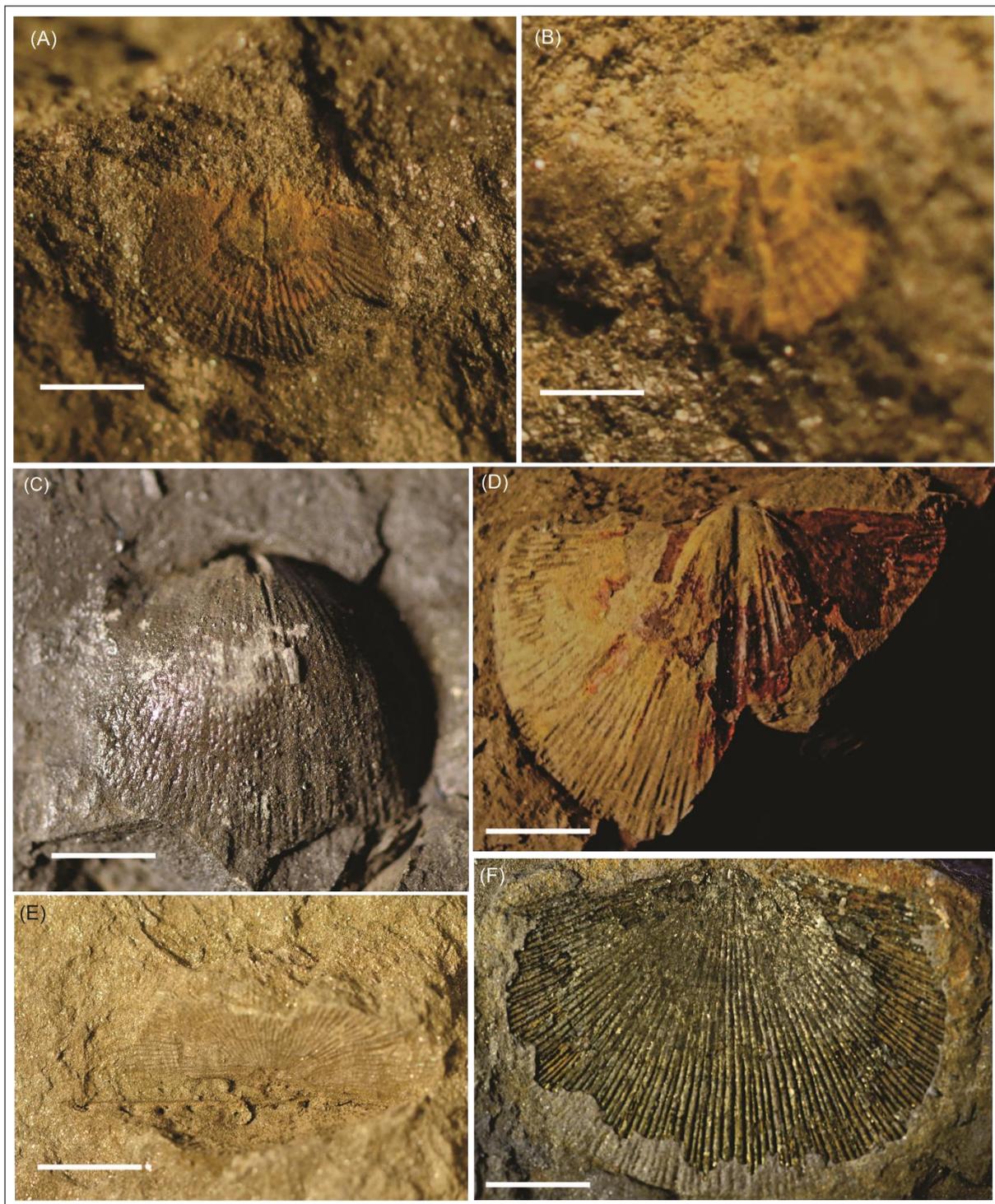
C – valva ventral (MPI 14406-1).

Figuras D e F: *Schellwienella* sp. Rezende & Isaacson, 2021

D – valva ventral (MPI 18613).

E – valva dorsal (MPI 18587).

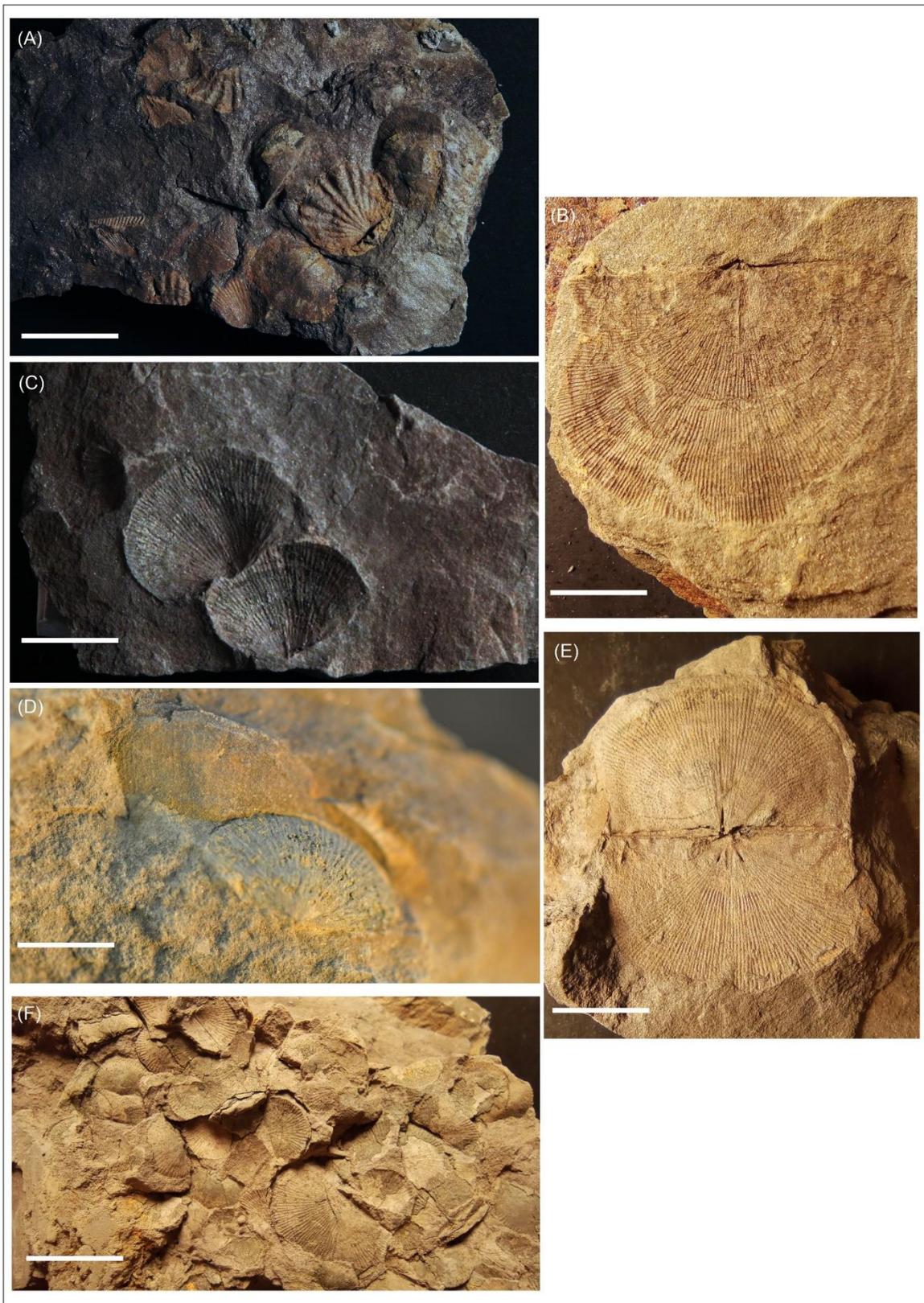
Figura E – Inserção dos espinhos no sedimento (MPI 17225).



Fonte: a autora

APÊNDICE C – ESTAMPA 3

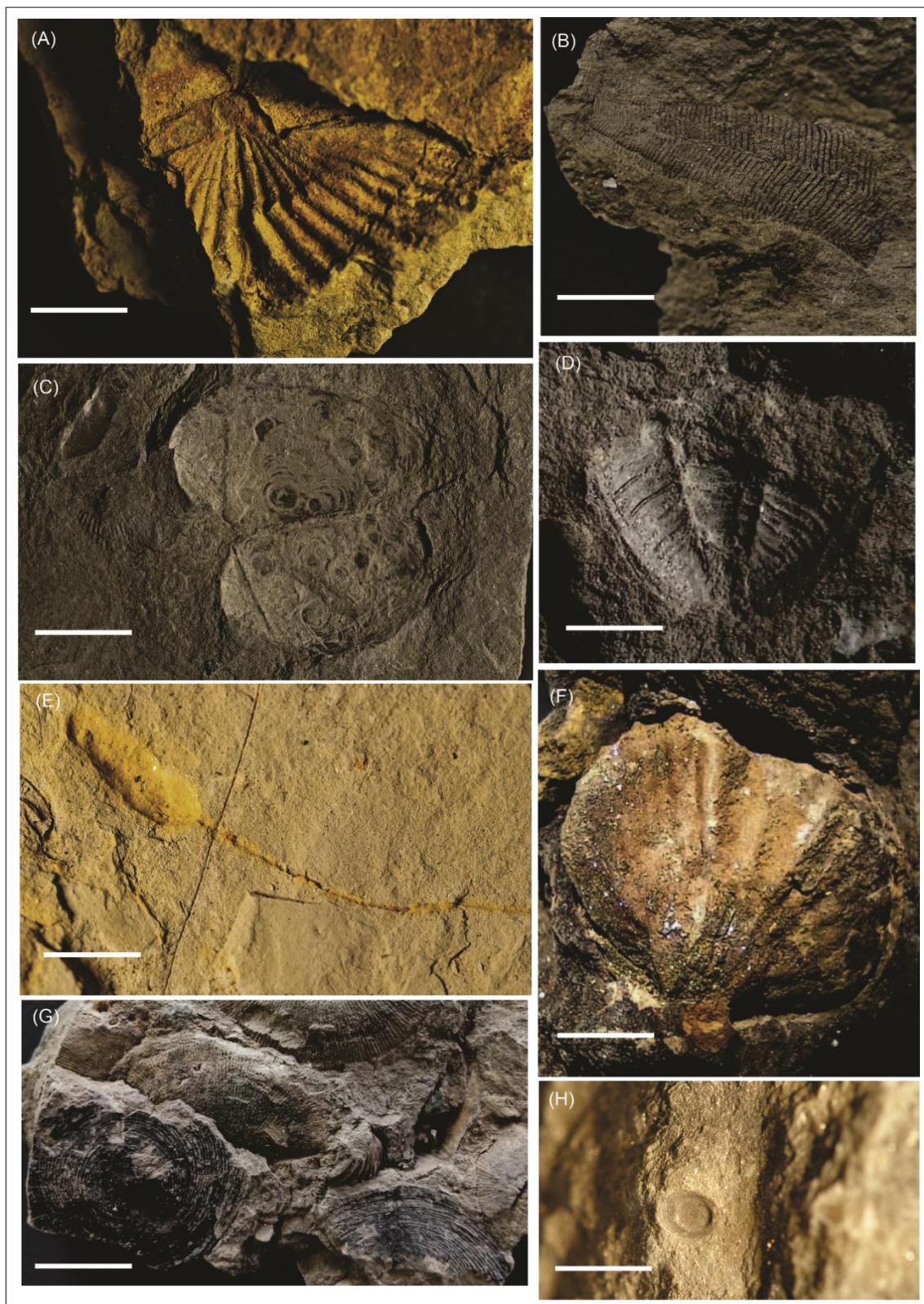
Estampa 3 – Classes tafonômicas. (A) Classe tafonômica I; (B) Classe tafonômica II; (C) Classe tafonômica III; (D) Classe tafonômica IV; (E) Classe tafonômica V e (F) Classe tafonômica VI. Escala de 10 mm.



Fonte: a autora.

APÊNDICE D – ESTAMPA 4

Estampa 4 – Fauna associada. (A) *Australospirifer* sp.; (B) *Conularia* sp.; (C) *Nuculites* sp.; (D) Pigídio de trilobita; (E) *crinoide*; (F) *Australocoelia* sp., (G) *Orbiculoidea* sp., (H) *Craniops* sp. Escala de 10 mm, figura H escala de 1 mm.



Fonte: a autora.