



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM BIOESTRATIGRAFIA E PALEOECOLOGIA

TESE DE DOUTORADO

Nº162

TAXONOMIA, ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESTRATIGRÁFICA E  
DO SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL DE PALINOMORFOS DAS  
FORMAÇÕES IAPÓ E VILA MARIA, GRUPO RIO IVAÍ:  
ORDOVICIANO–SILURIANO DA BACIA DO PARANÁ, ESTADO DE  
GOIÁS, BRASIL.

LÍVIA CARDOSO DA SILVA RODRIGUES

Prof. Dr. Dermeval Aparecido do Carmo

Orientador – Universidade de Brasília

Dr. Philippe Steemans

Co-orientador – University of Liège, Bélgica.

Fevereiro, 2021

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

RR696t Rodrigues, Livia Cardoso da Silva  
Taxonomia, análise da distribuição estratigráfica e do significado paleoambiental de palinomorfos das formações Iapó e Vila Maria, Grupo Rio Ivaí: Ordoviciano-Siluriano da Bacia do Paraná, estado de Goiás, Brasil. / Livia Cardoso da Silva Rodrigues; orientador Dermeval Aparecido do Carmo; co orientador Philippe Steemans. -- Brasília, 2021.  
170 p.

Tese (Doutorado - Doutorado em Geologia) -- Universidade de Brasília, 2021.

1. Palinomorfos. 2. Limite Ordoviciano - Siluriano. 3. Formação Iapó. 4. Formação Vila Maria. 5. Bacia do Paraná. I do Carmo, Dermeval Aparecido, orient. II. Steemans, Philippe, co-orient. III. Título.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

TESE DE DOUTORADO

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação  
em Geologia para obtenção do título de  
Doutor em Geologia, área de concentração em  
Bioestratigrafia e Paleoecologia do  
Instituto de Geociências da  
Universidade de Brasília.

Banca Examinadora

Dra. Claudia Rubinstein

*Consejo Nacional de Pesquisas Científicas e Técnicas – CONICET/Argentina*

Dr. Paulo Alves de Souza

*Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS*

Dr. Ricardo Lourenço Pinto

*Universidade de Brasília – UnB*

## AGRADECIMENTOS

À minha família pelo apoio fundamental durante toda a minha vida, em especial durante o período turbulento do doutorado. Ao Abi, Francisco e Antônio por suportarem os períodos difíceis e vibrarem a cada pequena conquista junto comigo.

Ao Prof. Dr. Dermeval do Carmo, por orientar este trabalho.

Ao Dr. Philippe Steemans, co-orientador, pelo treinamento sobre miósporos, preparação de amostras, colaboração nos manuscritos, generosidade, amizade e paciência. À técnica Marcela Giraldo pela preparação de amostras e lâminas na Universidade de Liège.

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil, pelo apoio para realização deste trabalho – código de financiamento 001.

Ao CNPq pelo apoio financeiro via projeto Glaciação Neordoviciana na Bacia do Paraná e correlação com bacias gondwânicas, processo 459776/2014–2, sob coordenação do prof. Dr. Mário Assine/ Unesp.

Ao Prof. Mario Assine/Unesp e Dra. Carolina Zabini/Unicamp pelos trabalhos de campo na área de estudo, discussões e colaboração valiosa nos manuscritos.

À FAPDF pelo financiamento da visita técnica à Universidade de Liège, Bélgica.

À Dr. José Henrique Gonçalves de Melo e Dra. Elizabeth Pedrão, Divisão de Bioestratigrafia do CENPES/PETROBRAS pelo treinamento em palinologia, extensa bibliografia compartilhada e por favorecerem o contato com outros pesquisadores e técnicos do Brasil e do exterior.

À Dra. Paula Mauller/UFRJ e à D. Marlene pela generosidade e apoio logístico durante as visitas técnicas ao Cenpes e à CPRM/RJ.

À Dra. Norma Cruz, Laboratório de Palinologia da CPRM/RJ, pelo treinamento em Palinologia do Paleozoico, por compartilhar seu conhecimento, bibliografias e material de referência.

Ao Dr. Alain Le Hérissé, Université de Brest, França, pela colaboração inicial sobre taxonomia de acritarcas e pelas críticas e sugestões nos manuscritos.

Ao Dr. Florentin Paris pelas críticas e sugestões referentes à taxonomia dos quitinozoários da Formação Vila Maria.

Ao Dr. Giovani Cioccarri pelo auxílio na coleta de amostras, colaboração com análise de COT, gráficos e pela disponibilidade em ajudar sempre.

Aos professores Dr. Rodrigo Santucci, Dra. Edi Guimarães, Dr. Ricardo Lourenço e Dr. Jorge Abreu pelas sugestões no exame de Qualificação. Adicionalmente, agradeço ao prof. Ricardo Lourenço Pinto, por acompanhar os desafios dessa pesquisa, pelas sugestões para melhoria da versão final desta tese e por todo o apoio e amizade ao longo do doutorado.

Aos queridos alunos de pós-graduação, estagiários e colaboradores do LabMicro/UnB pelo período intenso de boa convivência. Agradeço aos geólogos Matheus Denezine (coletas, perfis, discussões), Guilherme Caixeta e Amanda Moreira Leite (análise de MEV/LabMicro). Ao Christian Valdívia Rodriguez pela companhia constante durante o doutorado e parceria fundamental nas etapas de preparação das amostras e análise de COT. Aos geólogos Caio Ress, Murilo Pessoa pela colaboração nas etapas iniciais do doutorado. Ao Dr. Lucas Antonietto pelo auxílio nos momentos de sufoco com o coreIDRAW. Aos demais alunos e agregados do LabMicro pela companhia.

Ao querido bolsista de iniciação científica Lívio Reily de Oliveira Gonçalves pela colaboração fundamental nos trabalhos de campo, laboratório, discussões, perfis, estampas e figuras. Ao estagiário João Villela pela total dedicação durante o trabalho com os quitinozoários. Ao estagiário Arthur Reis pela colaboração em trabalhos de campo e laboratório.

Ao sr. Norberto Leal proprietário da Fazenda Três Barras e sr. Itamar Junqueira proprietário da Fazenda Fortaleza pela acolhida e apoio logístico durante os trabalhos de campo em Bom Jardim de Goiás/GO.

Meus sinceros agradecimentos a todos que colaboraram para que este trabalho fosse realizado!

## DEDICATÓRIA

Para meus filhos,  
Francisco e Antônio,  
fontes de amor, aprendizado e motivação.

## RESUMO

Assemblagens palinológicas moderadamente preservadas foram recuperadas a partir de amostras das formações Iapó e Vila Maria, seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras, intervalo Ordoviciano – Siluriano da Bacia do Paraná. O estudo taxonômico dos espécimes recuperados permitiu a identificação de 51 espécies de palinomorfos abrangendo criptosporos, quitinozoários, acritarcas, prasinófitas, escolocodontes e fragmentos orgânicos indeterminados. De maneira inédita, a diversidade de espécies de palinomorfos da Formação Iapó totaliza 30 espécies distribuídas entre criptosporos, acritarcas, prasinófitas e fungo. Maior diversidade foi observada para a Formação Vila Maria totalizando 44 espécies distribuídas entre criptosporos, quitinozoários, acritarcas e prasinófitas. Escolocodontes e fragmentos orgânicos indeterminados foram reportados para as duas formações. A análise da distribuição estratigráfica das espécies de palinomorfos evidenciou a ocorrência de espécies em comum entre as formações Iapó e Vila Maria, uma vez que do total de 51 espécies identificadas 24 ocorrem nas duas formações. Algumas dessas espécies persistem ao longo dos folhelhos da Formação Vila Maria. As espécies em comum tiveram ocorrência registrada ao longo do contato gradacional entre as formações Iapó e Vila Maria. Adicionalmente, a distribuição estratigráfica de espécies de quitinozoários permitiu apresentar um arcabouço cronoestratigráfico abrangendo o intervalo Hirnantiano – Rhuddaniano – Aeroniano. O intervalo Hirnantiano – Rhuddaniano foi reconhecido por meio das ocorrências de *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri*, *Spinachitina* cf. *S. verniersi* e *Plectochitina* cf. *P. longispina*. O limite Hirnantiano – Rhuddaniano foi atribuído a partir do registro de ocorrência de *Spinachitina debbajae*. Adicionalmente, a base do Aeroniano foi sugerida a partir dos registros de ocorrências de *Sphaerochitina silurica* e *Sphaerochitina* sp. A. A análise da abundância entre os elementos de origem marinha e continental permitiu inferir a dominância de elementos marinhos ao longo de toda a seção estudada. Três cenários paleoambientais foram inferidos: glacio-marinho, marinho sob influência glacial e pós-glacial. O contexto glacio-marinho proximal atribuído ao ambiente deposicional da Formação Iapó relacionado aos diamictitos e lamitos com seixos pingados. O contexto marinho sob influência glacial é atribuído para a deposição da porção inferior dos folhelhos basais da Formação Vila Maria caracterizado pela permanência de condições de águas frias evidenciado pela ocorrência de quitinozoários. O contexto pós-glacial está relacionado a condições de mar alto evidenciadas a partir da redução na diversidade de palinomorfos e do posicionamento da superfície de inundação máxima definida por meio da análise de COT. Os valores de COT entre 1% e 2.3% e IAT=2+/3-, associados à dominância do componente marinho e à contribuição de MOA sugerem indícios de potencial gerador para os folhelhos da Formação Vila Maria.

Palavras-chave: Palinomorfos, Limite Ordoviciano-Siluriano, Formação Iapó, Formação Vila Maria, Bacia do Paraná, *Spinachitina debbajae*.

## ABSTRACT

Moderate well preserved palynological assemblages of the Iapó and Vila Maria formations were recovered from the Aldeia creek and Três Barras Farm sections, Ordovician – Silurian boundary, Paraná basin. The taxonomic study allowed the identification of 51 species of palynomorphs comprise cryptospores, chitinozoa, acritarcas, prasinophytes, scolecodonts and undetermined organic fragments. In an unprecedented way, the diversity of species of palynomorphs of the Iapó Formation totals 30 species distributed among cryptospores, acritarchs, prasinophytes and fungi. Greater diversity was observed for the Vila Maria Formation, totaling 44 species distributed among cryptospores, chitinozoans, acritarchs and prasinophytes. Scolecodonts and indeterminate organic fragments are reported for both formations. The analysis of the stratigraphic distribution of the species indicates a continuous transitional deposition between the Iapó and Vila Maria formations, since, of the total of 51 species, 24 are shared between the two formations. Some of these species persist throughout the shales of the Vila Maria Formation. The common species had an occurrence recorded along the gradual contact between the Iapó and Vila Maria formations. Additionally, the stratigraphic distribution of chitinozoan species allowed to present a chronostratigraphic framework covering the Hirnantian - Rhuddanian - Aeronian interval. The Hirnantian - Rhuddanian interval was recognized through the occurrences of *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri*, *Spinachitina* cf. *S. verniersi* and *Plectochitina* cf. *P. longispina*. The Hirnantian - Rhuddanian limit was assigned from the record of occurrence of *Spinachitina debbajae*. Additionally, the base of the Aeronian was suggested from the occurrence records of *Sphaerochitina silurica* and *Sphaerochitina* sp. A. The analysis of the abundance between the elements of marine and continental origin allowed to infer the dominance of marine elements throughout the studied section. Three paleoenvironmental scenarios were inferred: glacio-marine, marine under glacial influence and post-glacial. The proximal glacial marine context attributed to the depositional environment of the Iapó Formation related to diamictites and shales with dropstones. The marine under glacial influence context attributed to deposition of lower portion of the basal shales of the Vila Maria Formation characterized by cold water conditions evidenced by the occurrence of chitinozoa. And the post-glacial context related to offshore conditions evidenced from the reduction in the diversity of palynomorphs and the positioning of the maximum flood surface defined through the TOC analysis. The TOC values between 1% and 2.3% and IAT = 2 + / 3-, associated with the dominance of the marine component and the contribution of MOA suggest signs of a potential generator for the shales of the Vila Maria Formation.

**Keywords:** Palynomorphs, Ordovician – Silurian boundary, Paraná basin, Iapó Formation, Vila Maria Formation, *Spinachitina debbajae*.



## Lista de Figuras

Figura 1. Mapa da Bacia do Paraná evidenciando as seqüências deposicionais. Localização da área de estudo em rochas do Grupo Rio Ivaí, flanco norte da Bacia do Paraná (Cioccarri, 2018, adaptado de Milani e Ramos, 1998). .....	19
Figura 2. Correspondência litoestratigráfica entre grupos Itacurubi e Caacupé (Paraguai) com o Grupo Rio Ivaí (Brasil), Bacia do Paraná (Assine <i>et al.</i> , 1998).....	21
Figura 3. Distribuição cronoestratigráfica das formações do intervalo do Ordoviciano ao Devoniano da Bacia do Paraná (Adôrno <i>et al.</i> , 2016).....	23
Figura 4. Síntese do arcabouço cronobioestratigráfico, Siluriano, Bacia do Paraná, Paraguai e Brasil (Adaptado de Grahn <i>et al.</i> , 2000). .....	27
Figura 5. Mapa geológico da área estudada evidenciando a localização dos afloramentos relativos às seções A e B do Grupo Rio Ivaí, sudoeste do Estado de Goiás, Brasil.(A) seção córrego da Aldeia e, (B) seção Fazenda Três Barras (Adaptado de Adôrno <i>et al.</i> , 2016).....	31
Figura 6. Litotipos das amostras coletadas para análise palinológica das formações Iapó e Vila Maria.1) Vista geral da cachoeira do Córrego da Aldeia, seção tipo suplementar da Formação Vila Maria. 2) Vista geral do córrego do jacaré, seção da Fazenda Três Barras. 3) Folhelho cinza da porção basal da Formação Vila Maria (MP – 9.20 m) a partir do embasamento. 4) Folhelhos da Formação Vila Maria, seção da Fazenda Três Barras. 5) Seção da Fazenda Três Barras, contato embasamento/ conglomerados da Formação Iapó. 6) Conglomerado da Formação Iapó. 7) Diamictito da Formação Iapó. ....	32
Figura 7. Perfil litoestratigráfico das seções estudadas das formações Iapó e Vila Maria. Escala indicativa da espessura dos litotipos medida em metros a partir do embasamento (à esquerda do perfil). Posição estratigráfica das amostras coletadas para análise palinológica e análise de COT (*). Seção córrego da Aldeia (esquerda). Seção Fazenda Três Barras (direita). Município de Bom Jardim de Goiás, Estado de Goiás. ....	34
Figura 8. Resumo dos protocolos de preparação palinológica utilizados na CENPES, CPRM e Universidade de Liège. ....	41
Figura 9. Protocolo de preparação palinológica LabMicro, Universidade de Brasília. ....	44
Figura 10. Placa de papel numerada utilizada para contagem de quitinozoários em meio aquoso.....	48
Figura 11. Tabela de variação de cor de palinomorfos e índice de alteração térmica (Traverse, 1988). ....	50
Figura 12. Imagem de lâminas improdutivas para palinomorfos, Formação Vila Maria, contendo fração mineral e material particulado preto. A) MP 2867, seção córrego da Aldeia. B) MP 3512, seção Fazenda Três Barras. Barra de escala=100µm.....	124
Figura 13. Distribuição estratigráfica das espécies de palinomorfos recuperados na seção córrego da Aldeia, formações Iapó e Vila Maria. Intervalo contendo material particulado preto destacado em cinza claro. ....	125
Figura 14. Distribuição estratigráfica das espécies de palinomorfos recuperadas na seção Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria. Intervalo contendo material particulado preto destacado em cinza claro. OBS: Arenitos da porção superior da Formação Vila Maria foram suprimidos desta representação litoestratigráfica. ....	128
Figura 15. Comparação da diversidade de espécies de palinomorfos entre as seções estudadas. Comparação da diversidade entre as formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras. ....	130
Figura 16. Curvas de biodiversidade de espécies de criptosporos e esporos triletes, comparado ao nível eustático do Ordoviciano ao Siluriano (Adaptado de Steemans, 2000). ....	133
Figura 17. Correlação de alguns estratos do Gondwana com ocorrência de quitinozoários, limite Ordoviciano-Siluriano. Posição estratigráfica relativa dos estratos está relacionada com as zonas de quitinozoários e de graptozoários do intervalo Hirnantiano – Rhuddaniano (1: F. Paris, dados não publicados, 2: Grignani <i>et al.</i> , 1991; 3: Paris <i>et al.</i> , 2008; 4: Molyneux e Paris, 1985; 5: Paris, 1988; 6: Paris <i>et al.</i> , 2012; 7: Le Hérisse <i>et al.</i> , 2013; 8: Butcher, 2009; 9: Paris <i>et al.</i> , 1998; 10: Vandenbroucke <i>et al.</i> , 2009; 11: Bourahrouh, 2002; 12: Piçarra <i>et al.</i> , 2002; 13: Dufka e Fatka, 1993). Linha vermelha: espécie exclusiva do Ordoviciano tardio. Linha azul: taxa Siluriano primitivo exclusivo. Linha preta: táxons variando possivelmente através do limite Ordoviciano - Siluriano. A faixa verde claro corresponde a um intervalo de tempo breve, mas pouco limitado, do Hirnantiano	

superior ou Rhuddaniano inferior (ou seja, "interregno" entre o topo do Zona Persculptus e a base da Zona Ascensus; conforme Legrand, 2009) (Adaptado de Thusu <i>et al.</i> , 2013).....	136
Figura 18. Arcabouço cronoestratigráfico baseado na distribuição de espécies de quitinozoários. Distribuição estratigráfica de espécies-guias do intervalo Ordoviciano superior – Siluriano inferior, Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras: <i>Spinachitina aff. S. oulebsiri</i> , <i>Spinachitina debbajae</i> e <i>Sphaerochitina silurica</i> . Linha pontilhada inferior indica curto intervalo relacionado ao limite Ordoviciano – Siluriano baseado na distribuição estratigráfica de <i>Spinachitina aff. S. oulebsiri</i> e <i>Spinachitina debbajae</i> . Acima do limite O/S, consta indicação tentativa do limite Rhuddaniano – Aeroniano baseado no surgimento de <i>Sphaerochitina silurica</i> .....	138
Figura 19. COT da seção córrego da Aldeia e da seção Fazenda Três Barras evidenciando tendência transgressiva dos folhelhos da Formação Vila Maria. O intervalo marcado abriga a SIM e indica prevalência de elementos do componente marinho. ....	144
Figura 20. Correspondência entre COT e abundância de elementos do componente continental e marinho, formações Iapó e Vila Maria, seção córrego da Aldeia. ....	143
Figura 21. Correspondência entre COT e abundância de elementos do componente marinho e continental, formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras. ....	144
Figura 22. Variação do índice de maturação térmica, seção da Fazenda Três Barras. Formação Iapó: A) MP 3384 (2.6m), TAI= 3+. Formação Vila Maria: B) MP 3520 (7.1m), TAI=2-. C) MP 3509 (9.6 m), TAI=2+. D) MP 3396 (10.6 m), TAI=2+. ....	145
Figura 23. Mapa paleogeográfico do Ordoviciano Superior – Siluriano inferior (Modificado de Cocks e Torsvik, 2006). ....	147
Figura 24. Evolução paleoambiental do intervalo Ordoviciano - Siluriano, Bacia do Paraná, seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria.....	153

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Relação das espécies de palinomorfos reportadas para as formações Vila Maria e Vargas Peña, Bacia do Paraná, para o intervalo Rhuddaniano – Eoaeroniano. (Adaptado de Gray <i>et al.</i> , 1985; Grahn <i>et al.</i> , 2000; Mizusaki <i>et al.</i> , 2002; Mauller <i>et al.</i> , 2004).....	28
Tabela 2. Números de tombamento das amostras coletadas nas formações Iapó e Vila Maria nas seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras. O item (m)* se refere a posição estratigráfica medida em metros a partir do embasamento. Obs: As lâminas palinológicas produzidas a partir das amostras das formações Iapó e Vila Maria foram tombadas na Coleção CP do referido Museu. ....	35
Tabela 3. Relação das amostras das seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras preparadas no LabMicro/UnB e de réplicas preparadas na ULg. Indicação de ocorrência de gotículas de óleo após a preparação palinológica. (m) Posição estratigráfica medida em metros a partir do embasamento. ....	46
Tabela 4. Amostras das seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras selecionadas para a análise de COT. (m) Posição estratigráfica medida em metros a partir do embasamento. ....	49
Tabela 5. Relação entre as seções, amostras coletadas e amostras produtivas para palinomorfos, provenientes das formações Iapó e Vila Maria. Abreviaturas utilizadas: córrego da Aldeia (CA) e Fazenda Três Barras (FTB).....	51
Tabela 6. Diversidade, abundância e quantidade de quitinozoários por grama de rocha das amostras da Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras. Posição estratigráfica medida em metros a partir do contato com o embasamento (m). ....	134
Tabela 7. Tabela de distribuição global das espécies de quitinozoários recuperadas na Formação Vila Maria .....	137

## Lista de Estampas

- Estampa 1. Criptosporos das formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, Bacia do Paraná. Espécies seguidas de número de amostra (MP), posição estratigráfica (m), número da Coleção do Museu de Geociências (CP) e coordenada England Finder. Barra de escala = 10  $\mu\text{m}$ . Barra de escala = 20  $\mu\text{m}$  (4, 12). ..... 81
- Estampa 2. Criptosporos das formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, Bacia do Paraná. Espécies seguidas de número de amostra (MP), posição estratigráfica (m), número da Coleção do Museu de Geociências (CP) e coordenada England Finder. Barra de escala = 20  $\mu\text{m}$ . ..... 83
- Estampa 3. Quitinozoários da Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras. A identificação acompanha número da amostra (MP), posição estratigráfica a partir do embasamento (m), número da Coleção do Museu de Geociências (CP). Barra de escala: 50  $\mu\text{m}$ . Barra de escala: 42  $\mu\text{m}$  (2). ..... 99
- Estampa 4. Quitinozoários da Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras. A identificação acompanha número da amostra (MP), posição estratigráfica a partir do embasamento (m), número da Coleção do Museu de Geociências (CP). Barra de escala: 50  $\mu\text{m}$ . ..... 101
- Estampa 5. Quitinozoários da Formação Vila Maria, seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras – MEV. A identificação acompanha número da amostra (MP), posição estratigráfica a partir do embasamento (m), lâmina, número da Coleção do Museu de Geociências (CP) e coordenada England Finder. Barra de escala: 50  $\mu\text{m}$ . ..... 103
- Estampa 6. Acritarcas das Formações Iapó e Vila Maria. Seção Fazenda Três Barras. As espécies são acompanhadas pelo número da amostra (MP), posição estratigráfica a partir do embasamento (m), número da Coleção do Museu de Geociências (CP), coordenada England Finder. Barra de escala = 10  $\mu\text{m}$ . ..... 118
- Estampa 7. Outros palinórfos e fragmentos orgânicos indeterminados. Seção Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria. As espécies são acompanhadas pelo número da amostra (MP), posição estratigráfica (m), número da Coleção do Museu de Geociências (CP) e coordenada England Finder. Barra de escala = 20  $\mu\text{m}$  (3, 8, 18); Barra de escala = 50  $\mu\text{m}$  (1, 2, 6, 7, 9, 12, 13, 17); Barra de escala = 100  $\mu\text{m}$  (4, 5, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 19). ..... 124

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	13
1.1. Palinologia do Ordoviciano – Siluriano na América do Sul.....	14
1.1.1. Criptosporos.....	15
1.1.2. Quitinozoários.....	16
1.1.3. Acritarcas.....	17
1.2. Estratigrafia do Ordoviciano-Siluriano da Bacia do Paraná.....	19
2. Material de estudo.....	31
2.1. Seção córrego da Aldeia.....	31
2.2. Seção Fazenda Três Barras.....	33
2.3. Tombamento.....	35
3. Metodologia de trabalho.....	36
3.1. Protocolo CENPES.....	36
3.2. Protocolo Serviço Geológico do Brasil.....	32
3.3. Protocolo da Universidade de Liège.....	40
3.4. Protocolo do Laboratório de Micropaleontologia da UnB.....	41
3.4.1. Discussão.....	44
3.5. Preparação de amostras das formações Iapó e Vila Maria.....	45
3.6. Análise palinológica.....	47
3.7. Teor de carbono orgânico total.....	48
3.8. índice de alteração térmica.....	49
4. Taxonomia de palinormorfos das formações Iapó e Vila Maria.....	51
4.1. Taxonomia de criptosporos.....	52
4.2. Taxonomia de quitinozoários.....	84
4.3. Taxonomia de acritarcas.....	104
4.4. Taxonomia de prasinófitas e outro palinormorfos.....	119
5. Diversidade e distribuição estratigráfica das espécies de palinormorfos das formações Iapó e Vila Maria.....	124
5.1. Seção córrego da Aldeia.....	124
5.2. Seção Fazenda Três Barras.....	127
5.3. Análise da distribuição estratigráfica.....	131
6. Teor de carbono orgânico e índice de alteração térmica.....	142
8. Análise da evolução paleoambiental.....	148
Conclusões.....	154
Bibliografia.....	156
ANEXOS .....	167

## 1. Introdução

Em termos palinológicos, o intervalo Ordoviciano–Siluriano na Bacia do Paraná tem sido avaliado a partir de três grupos de palinomorfos: criptosporos, quitinozoários e acritarcas. O estudo paleoambiental deste intervalo compreende um período crítico para a história evolutiva do planeta, caracterizado pela invasão do ambiente terrestre pelas plantas continentais basais e pela ocorrência abundante de espécies do componente marinho tolerantes às condições ambientais adversas relacionadas com a glaciação do Hirnantiano.

O presente trabalho tem por finalidade ampliar o conhecimento sobre a biodiversidade de elementos do componente marinho e continental das assemblagens palinológicas recuperadas nas formações Iapó e Vila Maria. Com base no estudo da biodiversidade, são apresentadas análises da distribuição estratigráfica de palinomorfos das formações Iapó e Vila Maria, bem como análises paleoecológica e paleoambiental, com intuito de contribuir com estudo da evolução sedimentar do intervalo Ordoviciano/Siluriano da Bacia do Paraná no Brasil central.

Constituem objetivos específicos do presente trabalho:

1. Apresentar a taxonomia de criptosporos, quitinozoários, acritarcas e outros palinomorfos das formações Iapó e Vila Maria,
2. Analisar a distribuição estratigráfica das espécies de palinomorfos no intervalo estudado e avaliar a significado paleoambiental das mesmas,
3. Contribuir para a compreensão paleoecológica e paleoambiental das sucessões de palinomorfos das unidades litoestratigráficas estudadas.

Publicações clássicas a respeito da estratigrafia e paleontologia do Ordoviciano – Siluriano da Bacia do Paraná, Estado de Goiás, apresentam informações pouco precisas quanto à localização de afloramentos ou sondagens, bem como, perfis litoestratigráficos desatualizados em relação aos limites das unidades que compõem o Grupo Rio Ivaí. Adicionalmente, a paleontologia carece de detalhamento quanto a taxonomia e a distribuição estratigráfica das espécies. Desta maneira, o presente trabalho vem contribuir com a atualização da taxonomia e da distribuição estratigráfica dos palinomorfos recuperados.

Neste trabalho são abordados dois afloramentos que abrangem duas das três unidades que integram o Grupo Rio Ivaí: as formações Iapó e Vila Maria. A partir das seções, denominadas córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras, são reportados pela primeira vez

dados sobre assemblagem palinológica proveniente da Formação Iapó, contendo os criptosporos mais antigos do Brasil e atualização sobre a palinologia da Formação Vila Maria. Nessa perspectiva, a pergunta a ser respondida neste trabalho se refere à diversidade de palinomorfos das formações Iapó e Vila Maria e as análises da distribuição estratigráfica, da paleoecologia e da evolução paleoambiental do intervalo Ordoviciano – Siluriano, Bacia do Paraná, seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria.

A área de estudo selecionada compreende seções estudadas anteriormente, sob o ponto de vista estratigráfico e paleontológico, doravante, com intuito de realizar análise palinológica integrada abrangendo os componentes de origem marinha e de origem continental. Foi realizada amostragem sistemática de níveis litoestratigráficos ricos em matéria orgânica, provenientes das formações Iapó e Vila Maria, visando conhecer tanto o conteúdo palinológico quanto o teor de carbono orgânico total dessas formações. A partir desses dados foi possível inferir a superfície de inundação máxima nos folhelhos da sequência pós-glacial na Formação Vila Maria. Por fim, com base nesse conjunto de informações, espera-se contribuir para a caracterização da evolução paleoambiental referente ao contexto glacial/deglacial relacionado com a deposição contínua entre as formações Iapó e Vila Maria.

### **1.1. Palinologia do Ordoviciano–Siluriano na América do Sul**

A paleopalínologia envolve o estudo da matéria orgânica particulada que persiste após a dissolução e eliminação de componentes inorgânicos de um sedimento ou rocha sedimentar (Traverse, 2007). O resíduo orgânico recuperado desses sedimentos pode ser constituído por três grupos que incluem palinomorfos, fitoclastos (cutículas, fragmentos lenhosos), zooclastos e matéria orgânica amorfa (matéria degradada ou semidegradada) (Tyson, 1995; Traverse, 2007). O conjunto desses elementos contido numa amostra é denominado assemblagem palinológica (Salgado–Labouriau, 2007).

Os palinomorfos são microfósseis de parede orgânica com dimensões entre 10 e 300  $\mu\text{m}$  que apresentam registro em sedimentos tanto de origem marinha quanto continental. Alguns palinomorfos são registrados desde o Proterozoico até o Recente e sua utilização como ferramenta de análise em estudos bioestratigráficos, paleoambientais e paleogeográficos é favorecida pelo fato de serem estruturas pequenas, que podem ser encontradas em abundância e em paleoambientes diferenciados (Rubinstein e Vaccari, 2004; Spina e Vecoli, 2009).

No intervalo Ordoviciano – Siluriano as assemblagens palinológicas podem ser constituídas por miósporos (criptosporos e esporos trilete) e elementos marinhos como acritarcas, quitinozoários, prasinófitas, escolocodontes e graptozoários. No presente trabalho serão abordados criptosporos, quitinozoários e acritarcas.

### 1.1.1. Criptosporos

Os criptosporos são considerados esporos com uma configuração não usual (díades e tétrades permanentes) dispersos pelas plantas continentais basais. A ocorrência desses palinomorfos configura a evidência mais antiga de uma flora continental (Wellman e Gray, 2000; Steemans, 2000). A análise da distribuição espacial e temporal dos criptosporos favorece o entendimento sobre sua origem, dispersão paleogeográfica e história evolutiva da vegetação continental inicial, cujo potencial de preservação é baixo em intervalos cronoestratigráficos anteriores ao Siluriano (Steemans, 2000).

O termo “criptosporos” foi criado para designar estruturas reprodutivas derivadas de vegetais continentais basais cuja distribuição se restringe ao intervalo Ordoviciano – Devoniano. Estas estruturas são conhecidas desde a década de 1970 (Gray e Boucot, 1971) e foram definidas como “todos os esporomorfos não marinhos (exceção do grão de pólen) com ausência da marca trilete ou qualquer outra característica presente nos esporos produzidos pelas traqueófitas” (Richardson *et al.*, 1984). Steemans (2000) define os criptosporos como todos os miósporos aletes (exceto grãos de pólen) produzidos por embriófitas basais, incluindo mônades, díades permanentes, tétrades e esporomorfos de políades que podem ou não preservar a área de contato. Segundo Steemans e Wellman (2018), a classificação dos criptosporos está baseada em três critérios: número de unidades constituintes (mônade, díade ou tétrade); presença ou não de envoltório membranoso; e características gerais quanto à presença de ornamentação, espessura da parede externa, dobras e etc.

O registro mais antigo de criptosporos é do Ordoviciano Médio, Dapingiano, a partir de assemblagens provenientes das Serras Subandinas, noroeste da Argentina (Rubinstein *et al.*, 2010). Os registros mais antigos de esporos triletes são referentes a assemblagem da Arábia Saudita, atribuída ao Katiano (Steemans *et al.*, 2009) e da Suécia, Báltica, atribuída ao Sandbiano (Rubinstein e Vajda, 2019). Esquemas bioestratigráficos globais baseados na ocorrência de esporos hilatos (*Gneudnaspora*) e de esporos triletes foram propostos por Richardson (1988) e por Steemans (2000). Entretanto, o registro



diácrono desses esporos hilatos/trilete relatados em diversas partes do mundo destacou a necessidade de proposição de esquemas bioestratigráficos locais. Em termos paleoecológicos, as assemblagens do Ordoviciano ao Siluriano apresentam composição similar ao redor do mundo (Gray, 1985; Richardson, 1996; Steemans, 1999 a, b; Wellman, 1996), indicando que as plantas que produziram estes criptosporos eram capazes de se desenvolver em diferentes condições climáticas (Steemans, 2000).

Assemblagens de criptosporos do intervalo Ordoviciano–Siluriano da América do Sul abrangem formações na Argentina, Brasil e Paraguai. Na Argentina, há registro nas formações Zapla, Hirnantiano (Rubinstein, 2005; Rubinstein *et al.*, 2016), Salar Del Rincón, Hirnantiano (Rubinstein e Vaccari, 2004; Rubinstein *et al.*, 2016) e Caspalá, Hirnantiano (Rubinstein *et al.*, 2016). No Brasil, criptosporos são conhecidos a partir de assemblagens atribuídas ao Siluriano (Llandovertiano) da Bacia do Paraná (Gray *et al.*, 1985; Mizusaki *et al.*, 2002) e Bacia do Parnaíba, Aeroniano (Le Hérisse *et al.*, 2001). No oeste do Paraguai, Bacia do Paraná, há registro de assemblagens provenientes das formações Eusebio Ayala e Vargas Peña, Aeroniano (Gray *et al.*, 1992; Steemans e Pereira, 2002; Mauller *et al.*, 2004).

### 1.1.2. Quitinozoários

Os quitinozoários abrangem um grupo extinto de palinomorfos marinhos, proposto por Eisenack (1931) e caracterizado por vesículas de composição pseudoquitinosa em forma de garrafa ou urna que variam entre 50 µm e 2000 µm. São considerados excelentes fósseis guias devido a curta distribuição estratigráfica do Ordoviciano (Tremadociano) ao Devoniano (Fameniano) e ampla distribuição paleogeográfica (Paris *et al.*, 1999; Paris, 2006).

Apresentam morfologia composta por cavidade central ou câmara, pescoço e uma única abertura. Os caracteres diagnósticos de família são baseados principalmente, no desenvolvimento do tubo oral e os das subfamílias nas estruturas externas (Paris *et al.*, 1999). O registro de variações no formato das câmaras e na diversidade de tipos de ornamentação e processos fornecem indícios da rápida evolução do grupo durante o intervalo compreendido entre o Ordoviciano e o Devoniano (Paris *et al.*, 1999).

A terminologia morfológica utilizada para o grupo foi proposta por Eisenack (1972) e complementada por Paris (1981). A metodologia detalhada de recuperação dos quitinozoários e de montagem de *stubs* para análise em microscopia eletrônica de

varredura foi proposta por Laufeld (1974), contudo, adaptações na metodologia de preparação e de análise deste grupo foram revisadas e reunidas por Paris (2006) em uma publicação considerada essencial para o estudo destes palinomorfos.

Os quitinozoários teriam surgido no Neoproterozoico, Grupo Chuar, Arizona (EUA) (Bloeser *et al.*, 1977), contudo, outros autores atribuíram, posteriormente, estes mesmos espécimes às testas de tecamebas (Porter & Knoll, 2000; Porter, Meisterfeld & Knoll, 2003). No Ordoviciano tardio 80% de suas inovações morfológicas já teriam surgido e até a extinção deste grupo no Devoniano (Paris & Nölvak, 1999; Paris *et al.* 1999; Grahn e Paris, 2010). Os quitinozoários passaram por crises paleoambientais globais (Hirnantiano, Wenlock, Ensiano e Frasniano), sem, contudo, serem afetados em termos de diversidade nestes eventos da mesma maneira (Paris *et al.*, 1999; Grahn e Paris, 2010). No limite Ordoviciano/Siluriano quase todas as espécies de quitinozoários originadas no Ordoviciano foram extintas por conta de efeitos da deglaciação ou da tectônica. Em contrapartida, espécies fundamentais para estudos do limite Ordoviciano–Siluriano, como aquelas do Gênero *Spinachitina*, teriam surgido no Hirnantiano (Paris *et al.*, 1999, Vandenbroucke *et al.*, 2009).

Os quitinozoários se diversificaram no oeste do Gondwana durante a deglaciação do Llandoveryano quando as bacias intracratônicas apresentavam conexão com o oceano Rheic, compartilhando espécies do fitoplâncton e da fauna (Grahn & Caputo, 1992). Na América do Sul, intervalo Ordoviciano–Siluriano, são conhecidas assemblagens provenientes da Argentina: Formação Zapla, Hirnantiano (De la Puente e Rubinstein, 2012), Formação Caspalá, Hirnantiano (Rubinstein *et al.* 2016) e Formação Salar del Rincon (Rubinstein e Vaccari, 1994; Rubinstein *et al.*, 2016). No Paraguai é conhecida a Formação Vargas Peña, Aeroniano (Grahn *et al.*, 2000, Steemans e Pereira, 2002; Mauler *et al.*, 2004). No Brasil, assemblagem atribuída ao Ordoviciano é reconhecida para a Formação Autás Mirim, Bacia do Amazonas (Grahn, 1992; Grahn, 2006), e assemblagens do Siluriano, Formação Vila Maria, Aeroniano (Grahn *et al.*, 2000; Grahn, 2005) e da Bacia do Parnaíba, Rhuddaniano–Aeroniano (Le Hérissé *et al.*, 2001).

### **1.1.3. Acritarcas**

O termo “Acritarcha” foi introduzido por Evitt (1963) para definir um grupo *incertae sedis* de microfósseis de parede orgânica sem afinidade biológica conhecida. No Paleozoico, os acritarcas são registrados principalmente em depósitos marinhos. Os

acritarcas compreendem vesículas, ornamentadas ou não, de dimensões reduzidas, que podem apresentar processos ou não e que correspondem, provavelmente, a fase de cistos de algas de depósitos marinhos e continentais (Strother, 1996; Félix e Souza, 2012; Le Hérisse *et al.*, 2015).

Os acritarcas são palinomorfos de ampla distribuição geográfica e estratigráfica, com registros a partir do Proterozoico até o Holoceno. Entretanto, o intervalo compreendido entre o Cambriano e o Devoniano é caracterizado por diversidade e abundância elevadas desses palinomorfos. Quanto à classificação, Le Hérisse *et al.* (2009) propuseram adequação para assemblagens do Siluriano ao Devoniano, baseada na morfologia dos processos (presença, tamanho, comunicação com a cavidade central da vesícula, simetria, indicando categorias associadas a determinados gêneros (Garcia, 2013). Assim como as categorias reportadas por Le Hérisse *et al.* (2009), os sistemas de classificação, ainda vigentes, propostos anteriormente por outros autores (Loeblich, 1970; Downie, 1973; Serjeant e Stancliffe, 1994 dentre outros) favoreceram o conhecimento dos acritarcas e sua utilização como ferramenta bioestratigráfica e paleoambiental.

A classificação dos acritarcas segue o Código Internacional de Nomenclatura Botânica, apesar da afinidade biológica incerta. Alguns gêneros atribuídos anteriormente ao acritarcas foram transferidos para a Divisão Chlorophyta, a qual abrange as algas verdes, distribuídas em classes, dentre as quais a Classe Prasinophyceae. Ainda que a transferência do Gênero *Leiosphaeridia* para prasinófitas seja adotada por muitos autores (Tappan, 1980; Colbath e Grenfell, 1995; Le Hérisse, 1989), não há consenso sobre a afinidade de todas as espécies de *Leiosphaeridia* com as prasinófitas (Strother, 1996, Le Hérisse *et al.*, 2009). O ciclo de vida das prasinófitas apresenta uma fase fixa caracterizada por uma estrutura de parede orgânica denominada ficoma. O ficoma é resistente, se preserva no registro fóssil e apresenta forma globosa, grande, que pode apresentar extensões membranosas até a zona equatorial.

Na América do Sul assemblagens atribuídas ao Ordoviciano – Siluriano, contendo acritarcas e outros elementos do fitoplâncton, foram reportadas para Argentina, Peru, Paraguai e Brasil. No Brasil, assemblagens do Ordoviciano são provenientes das sondagens 2–BT–1–AM e 1–JD–1–AM, sub–Bacia do Alto Amazonas, Bacia do Amazonas, Eordoviciano (Quadros, 1986). Assemblagens atribuídas ao Eosiluriano foram reconhecidas na Bacia do Amazonas (Rodrigues e Cardoso, 2002) e a partir da

Formação Tianguá, Grupo Serra Grande, Bacia do Parnaíba, Neoaeroniano – Eotelychiano (Le Hérisse *et al.*, 2001).

## 1.2. Estratigrafia do Ordoviciano – Siluriano da Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná é a maior bacia sedimentar intracratônica do continente sul-americano, com uma área de 1.400.000 Km<sup>2</sup> distribuída de forma elíptica, com o maior eixo orientado segundo a direção NNE–SSW. Estende-se pelo Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. Esta bacia conta com um pacote magmático–sedimentar com espessura de até 7000 m, depositados entre o Ordoviciano e o Neocretáceo (Milani *et al.*, 2007) (Fig. 1)<sup>1</sup>.

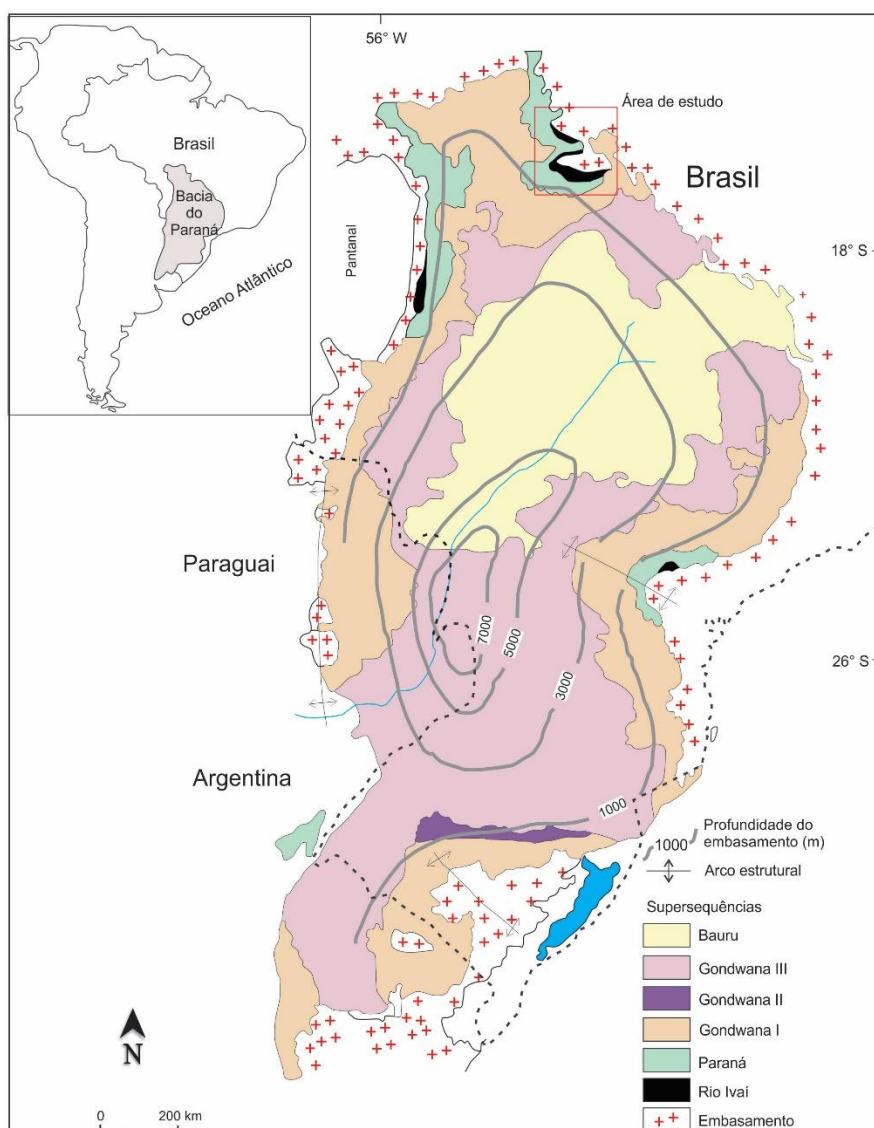


Figura 1. Mapa da Bacia do Paraná evidenciando as supersequências deposicionais. Localização da área de estudo em rochas do Grupo Rio Ivaí, flanco norte da Bacia do Paraná. Adaptado de Milani e Ramos (1998).

<sup>1</sup> Versão adaptada a partir de Ciocari (2018).

Seis supersequências são reconhecidas: Rio Ivaí (Ordoviciano–Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero–Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico–Eocretáceo) e Bauru (Neoretáceo) (Milani *et al.*, 2007). Três destas correspondem a ciclos transgressivo–regressivos do Paleozóico, enquanto as demais constituem pacotes sedimentares continentais do Mesozóico com rochas ígneas associadas (Milani e Ramos, 1998).

A Bacia do Paraná, foi depositada em um golfo aberto para oeste, em uma margem passiva do proto–pacífico que prosseguia para sul, via Argentina, até a África do Sul, em paleolatitudes em torno de 60°S (Assine *et al.*, 1998). Com o tempo, esta bacia tornou-se uma depressão intracratônica aprisionada no interior do Gondwana (Milani e Ramos, 1998). A evolução geológica da Bacia do Paraná foi influenciada pela geodinâmica do domínio sul–ocidental do Gondwana, uma vez que, orogenias paleozóicas da margem do Gondwana produziram ciclos de subsidência acelerada que delimitaram a amplitude temporal das Supersequências da Bacia do Paraná (Milani e Ramos, 1998).

A subsidência e a acumulação sedimentar da Bacia do Paraná iniciaram durante o Meso a Neo–Ordoviciano, a partir da colisão entre o terreno da precordilheira contra o Gondwana produzida pela orogenia Oclóyica (Neordoviciano) (Milani e Ramos, 1998). A amplitude do ciclo de subsidência causada por esta orogenia do Neo–Ordoviciano está relacionada com a amplitude temporal da supersequência Rio Ivaí (Milani e Ramos, 1998). Segundo Assine *et al.* (1994) esta supersequência é composta por três formações: Alto Garças, Iapó e Vila Maria.

Apesar da correlação entre a assinatura estratigráfica dos ciclos transgressivo–regressivos e os ciclos de subsidência do Gondwana sul–ocidental, Milani e Ramos (1998) apontam que na Bacia do Paraná os máximos eustáticos correspondem a níveis de máxima inundação de caráter local, resultantes da combinação entre a história particular de subsidência e as oscilações eustáticas do nível do mar. Desta maneira, os máximos eustáticos indicados pela curva de Vail, supostamente picos de correlação global (Neossiluriano, Eocarbonífero, Eopermiano), não estariam registrados na Bacia do Paraná. Tais níveis de máxima inundação de caráter local correspondem a pacotes pelíticos do Eossiluriano, Eodevoniano e Neopermiano (Milani e Ramos, 1998). Na supersequência Rio Ivaí, o momento da máxima inundação está posicionada no intervalo do Landoveriano, muito próximo em tempo ao clímax orogênico (Assine, 1996; Milani e Ramos, 1998).

No Brasil, o pacote sedimentar do Ordoviciano–Siluriano da Bacia do Paraná apresenta tendência de espessamento para o oeste em direção ao Paraguai oriental, onde pode ser identificada correspondência litoestratigráfica com os grupos Caacupé e Itacurubi (Milani *et al.*, 2007b). As formações Eusebio Ayala, Vargas Peña e Cariy integram o Grupo Itacurubi e representam um ciclo transgressivo–regressivo completo assim como o Grupo Rio Ivaí. A identificação dos folhelhos da Formação Vargas Peña (Harrington, 1950) caracteriza o primeiro registro de rochas do Siluriano na Bacia do Paraná, datadas a partir da ocorrência de graptozoários *Climacograptus* sp. (Wolfart, 1961; Grahn, 2005; Milani *et al.*, 2007b). A correlação lito- e bioestratigráfica entre as formações Vargas Peña e Vila Maria foi sugerida por Faria (1982), Milani e Daemon (1992), Milani *et al.*, (1995) e Borghi *et al.*, (1997). Posteriormente, Assine *et al.*, (1998b) reportaram a correlação litoestratigráfica entre os grupos Itacurubi e Rio Ivaí conforme ilustração a seguir (Fig. 2).

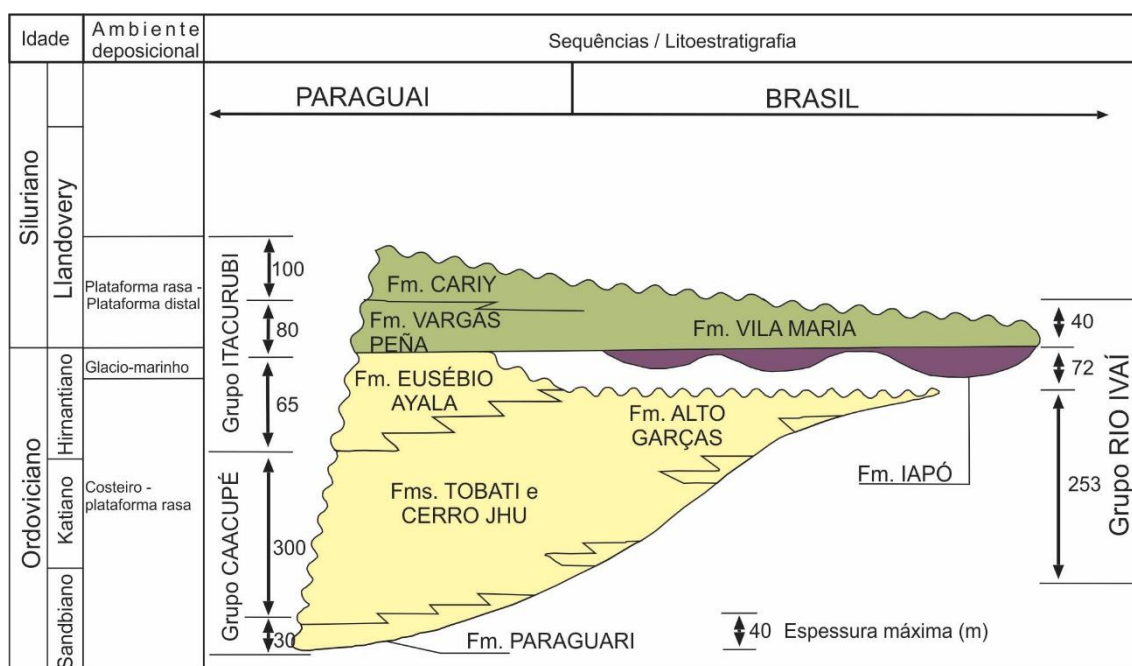


Figura 2. Correspondência litoestratigráfica entre grupos Itacurubi e Caacupé (Paraguai) com o Grupo Rio Ivaí (Brasil), Bacia do Paraná. Adaptado de Assine *et al.* (1998).

### 1.2.1. Grupo Rio Ivaí

As formações Alto Garças, Iapó e Vila Maria, Grupo Rio Ivaí (Assine *et al.*, 1994), representam as rochas mais antigas da Bacia do Paraná e compreendem o ciclo temporal Caradociano–Llandoveriano (Milani e Ramos, 1998), atualmente Ordoviciano Superior - Llandoveriano. A Formação Alto Garças é constituída por conglomerados e arenitos conglomeráticos em contato discordante com a Formação Iapó. Por sua vez, a Formação

Iapó abrange conglomerados, diamictitos e folhelhos com seixos esparsos em contato contínuo com os folhelhos da Formação Vila Maria. Os diamictitos e fácies associadas da Formação Iapó constituem um horizonte de correlação com outras unidades do intervalo Ashigiliano–Llandoveryano sobrepostos por folhelhos do Llandoveryano, tais como, aqueles da Formação Nhamundá, Bacia do Amazonas, e da Formação Ipu, Bacia do Parnaíba (Grahn e Caputo, 1992; Assine *et al.*, 1998). Na América do Sul, este horizonte guia é reconhecido na Formação Zapla, Argentina, e na Formação Cancañiri, Bolívia (Assine *et al.*, 1998). A Formação Vila Maria é constituída por folhelhos, siltitos e arenitos em contato discordante com a Formação Furnas, Grupo Paraná (Assine *et al.*, 1994; 1998).

O conhecimento sobre a estratigrafia da supersequência Rio Ivaí tem início com a identificação de um pacote glaciogênico sotoposto à Formação Furnas, Estado do Paraná (Maack, 1947). Posteriormente, Faria (1982) descreve uma nova unidade mapeável, denominada Formação Vila Maria, referente a todo pacote cratônico estratigraficamente sotoposto à Formação Furnas (Milani *et al.*, 2007b). A descrição desta unidade ocorreu a partir da localidade tipo, próximo ao vilarejo denominado Vila Maria, Município de Arenópolis, Estado de Goiás, Brasil (Faria, 1982).

A ocorrência do icnofóssil *Arthropycus alleghaniensis* (Harlan, 1831), no topo da Formação Vila Maria (Burjack & Popp, 1981), no contato, caracterizado como concordante, com a Formação Furnas, favoreceu o posicionamento destas duas formações no Siluriano inferior (Llandoveryano) (Zalán *et al.*, 1987). Contudo, o reconhecimento de um pacote arenoso sotoposto aos diamictitos da Formação Vila Maria determinou a proposição de uma nova unidade para abrigar os arenitos descritos e os diamictitos originalmente atribuídos à Formação Vila Maria. Esta unidade arenosa foi denominada como Formação Rio Ivaí (Zalán *et al.*, 1987). O contato entre as formações Rio Ivaí, Vila Maria e Furnas foi admitido como concordante e esta interpretação tornou-se conhecida como “divisão tripartite do Siluriano da Bacia do Paraná” (Zalán *et al.*, 1987; Milani e Ramos, 1998).

Entretanto, análise de perfurações executadas pela PETROBRAS na Bacia do Paraná tornou evidente a continuidade entre as unidades descritas na borda da Bacia em direção ao seu depocentro (Assine & Soares, 1989; Assine *et al.*, 1994; Milani *et al.*, 1995). Este conceito corrobora a hipótese de que a unidade predominantemente arenosa abaixo da Formação Vila Maria se tratava de uma nova unidade, separada dos diamictitos

por uma discordância erosiva. Esta unidade arenosa, previamente reconhecida como Formação Rio Ivaí, foi denominada como Formação Alto Garças. A seção-tipo da Formação Alto Garças foi designada a partir da perfuração 2-AG-1-MT, Município de Alto Garças, Estado de Mato Grosso (Assine & Soares, 1989).

A análise das perfurações citadas anteriormente também revelou que a unidade glaciogênica descrita no Estado do Paraná por Maack (1947) era correlata àquela registrada na porção norte da Bacia e então atribuída à base da Formação Vila Maria por Faria (1982). Consequentemente, o pacote arenoso basal foi desmembrado dos diamictitos e o pacote glacial foi denominado Formação Iapó (Assine *et al.*, 1994, 1998). Desta maneira, surgiu o conceito de uma nova unidade denominada Grupo Rio Ivaí, composta pelas formações Alto Garças, Iapó e Vila Maria (Assine *et al.* 1994).

Atualização cronoestratigráfica das formações do Grupo Rio Ivaí foi sumarizada por Adorno *et al.* (2016) (Fig.3). Além de dados bioestratigráficos, os autores reportaram a atualização litoestratigráfica dos limites das unidades do Grupo Rio Ivaí no flanco norte da Bacia do Paraná, Estado de Goiás. Adicionalmente, foram informadas as coordenadas geográficas dos principais afloramentos nessa região e do registro das principais vias de acesso a estes afloramentos.

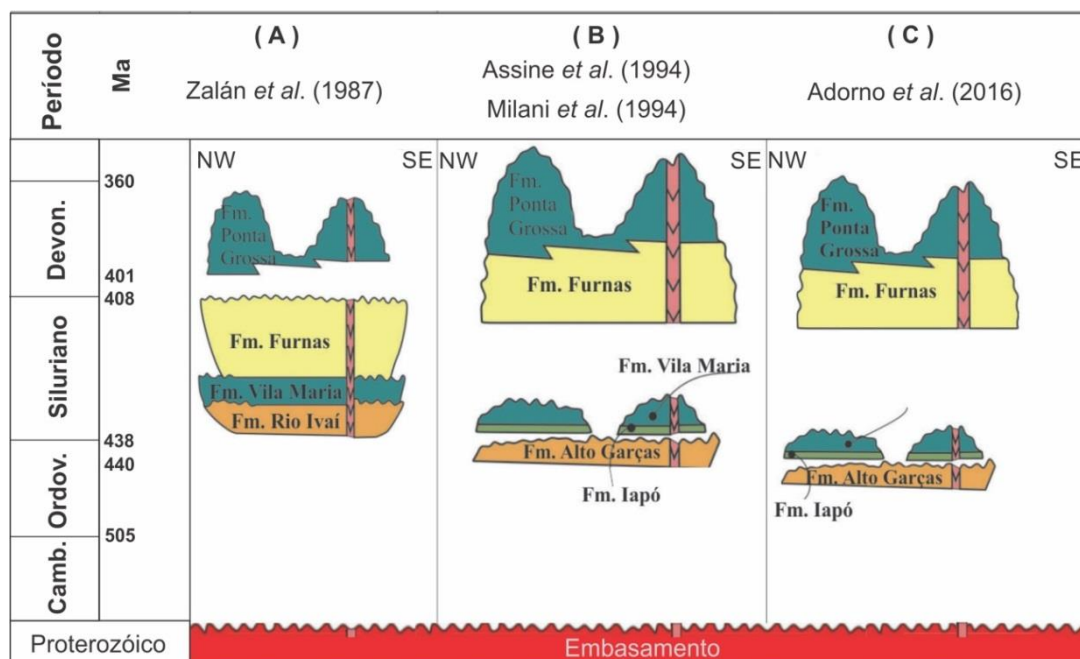


Figura 3. Distribuição cronoestratigráfica das formações do intervalo do Ordoviciano ao Devoniano da Bacia do Paraná. Adaptado de Adorno *et al.* (2016).



Em termos paleoambientais as formações do Grupo Rio Ivaí apresentam evolução paleoambiental de ambientes continentais límnicos até marinho raso epicontinental. A Formação Alto Garças foi depositada em ambiente fluvial, transicional e costeiro, durante o Neordoviciano (Milani e Ramos, 1998). A Formação Iapó constitui o registro da glaciação do intervalo Ashgilliano/Llandoveryano, provavelmente com ápice no Neo-Ashgilliano (Hirnantiano), fruto de deposição subglacial em ambiente marinho raso (Assine *et al.*, 1998). A Formação Vila Maria foi depositada em ambiente marinho raso e os folhelhos transgressivos desta formação incluem o registro da máxima inundação do ciclo Ordoviciano–Siluriano da Bacia do Paraná (Milani e Ramos, 1998; Assine *et al.*, 1994; 1998).

A deposição da Formação Alto Garças é considerada como Neordoviciano com base no registro de icnofósseis do Gênero *Skolitos* (Milani, 1997; Milani *et al.*, 2007b). A Formação Iapó apresenta registro de braquiópodes em afloramentos nos estados de Goiás e de Mato Grosso (Assine *et al.*, 1998). Zabini *et al.* (2019) detalharam as ocorrências reportadas anteriormente e identificam a ocorrência de *Kosoidea australis* Zabini *et al.*, 2019, braquiópode, atribuindo o intervalo de ocorrência desta espécie ao Hirnantiano. As considerações cronoestratigráficas consideradas na análise da distribuição de *Kosoidea australis* são baseadas na similaridade morfológica com espécies desse gênero recuperadas a partir dos folhelhos do Membro Soom, Formação Cedarberg, África do Sul (Zabini *et al.*, 2019).

A atribuição da Formação Vila Maria ao Siluriano inferior foi primeiramente baseada na ocorrência do icnofóssil *Arthropycus alleghaniensis* (Harlan, 1831), em intervalo próximo do contato entre as formações Vila Maria e Furnas (Burjack e Popp, 1981), bem como com base no registro de bivalves e gastrópodes do Gênero *Plectonotus* em posição inferior àquelas do icnofóssil (Popp *et al.*, 1981). Além destes fósseis, foi relatada a ocorrência de braquiópodes recuperados na seção-tipo da Formação Vila Maria em intervalo de lamitos avermelhados (Faria, 1982), os quais, mais modernamente podem ser atribuídos a Formação Iapó (Zabini *et al.*, 2019).

O primeiro registro de criptosporos atribuídos ao Llandoveryano da América do Sul refere-se ao registro palinológico da Formação Vila Maria proveniente da seção Fazenda Três Barras e abrange espécies tentativamente determinadas e indeterminadas de origem continental e marinha. Foram reportadas espécies de criptosporos *Tetraedraletes* cf. *T. medinensis* e díades associadas a espécies de acritarcas como

*Leiosphaeridia* spp.; *Dictyotidium* sp.; *Diexallophasis* sp.; *Multiplicisphaeridium* sp.; *Visbysphaera* sp. e *Veryhachium* sp. A espécie *Diexallophasis* sp. é citada como o elemento mais abundante da assemblagem. A amplitude da distribuição estratigráfica desta assemblagem norteou a atribuição da Formação Vila Maria ao Siluriano (Llandoveryano) (Gray *et al.* (1985). Para Gray *et al.* (1985) a datação baseada na ocorrência do icnofóssil *Arthropycus alleghaniensis* (Harlan, 1831) foi considerada imprecisa devido ao amplo registro estratigráfico desta espécie desde o Ordoviciano. Vale ressaltar que os autores apontaram similaridade entre a assemblagem de criptosporos da Formação Vila Maria e do Membro Soom, Formação Cedarberg, África do Sul, cujos dados foram publicados posteriormente por Gray *et al.* (1986).

O Membro Soom, Formação Cedarberg, consiste em folhelho preto micáceo com seixos esparsos. A ocorrência de trilobitas, quitinozoários e tétrades baseou a atribuição ao Ashigiliano – Eollandoveryano (Gray *et al.*, 1986). Posteriormente, o Hirnantiano foi atribuído devido a recuperação de espécies de quitinozoários *Spinachitina oulebsiri* Paris, 2000 e *Spinachitina verniersi* Vandenbroucke *et al.*, 2009 dentre outras (Vandenbroucke *et al.*, 2009). Esta datação foi corroborada pela ocorrência de invertebrados característicos do Hirnantiano (Gabott *et al.*, 2016).

A porção intermediária dos folhelhos da Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, incluindo o intervalo estudado por Gray *et al.* (1985) foi objeto de estudo micropaleontológico e geocronológico. As assemblagens recuperadas neste estudo abrangem 19 espécies de criptosporos, característicos do intervalo Ordoviciano Superior – Llandoveryano, associados à ocorrência de elementos do fitoplâncton (leiosferas mais abundantes do que acritarcas), poucos escolecodontes, fragmentos duvidosos de graptólito e distinta proporção de matéria orgânica amorfa. A datação absoluta desses folhelhos indicou a idade de  $435,9 \pm 7,8$  Ma pelo método Rb/Sr cuja abrangência temporal se refere ao intervalo Eorhuddaniano–Eoaeroniano (Mizusaki *et al.*, 2002).

Outro estudo palinológico relata 30 espécies de quitinozoários distribuídas entre o Siluriano (Llandoveryano) e o Devoniano inferior na Bacia do Paraná no Brasil e Paraguai. No Paraguai foram analisadas amostras das sondagens Asunción–1, RD–115 e RD–116, Formação Vargas Peña, Grupo Itacurubi. A partir de amostras desta formação foram propostas quatro espécies indicativas do Aeroniano: *Ancyrochitina paranaensis* Grahn *et al.*, 2000, *Sphaerochitina silurica* Grahn *et al.*, 2000, *Spinachitina harringtoni* Grahn *et al.*, 2000, *Spinachitina wolfarti* Grahn *et al.*, 2000 (Grahn *et al.*, 2000).

No Brasil, quanto a Formação Vila Maria, a estratigrafia é apresentada de acordo com Faria (1982) em detrimento de atualizações litoestratigráficas definidas para o Grupo Rio Ivaí (Assine *et al.*, 1994; 1998). Amostras provenientes de três afloramentos (córrego da Aldeia, cachoeira das Perdizes, Fazenda Fortaleza) e uma sondagem (1–SE–1–SC) foram estudadas. Dentre os afloramentos, apenas o da seção córrego da Aldeia foi produtivo para quitinozoários, cuja assemblagem consiste em apenas quatro espécies: *Ancyrochitina ancyrea* Eisenack, 1931, *Ancyrochitina paranaensis* Grahn *et al.*, 2000, *Sphaerochitina silurica* Grahn *et al.*, 2000, e *Plectochitina* sp. C. Esta assemblagem contendo espécie de ampla distribuição estratigráfica, duas espécies novas e uma espécie indeterminada, foi atribuída ao Neoaeroniano (Grahn *et al.*, 2000).

Quanto à sondagem 1–SE–1SC, Formação Vila Maria, Município de Seara, Estado de Santa Catarina, região sul do Brasil, foram recuperadas três espécies: *Ancyrochitina* spp. *Angochitina* spp. e *Cyathochitina* sp. B *sensu* Paris 1981, cuja ocorrência norteou a atribuição do Aeroniano (Grahn, 2005). Adicionalmente, Grahn (*op.cit.*) relatou a partir da mesma sondagem a ocorrência de *Ancyrochitina ancyrea*, *Spinachitina wolfarti*, *Plectochitina* sp. e *Angochitina* sp., corroborando o posicionamento cronoestratigráfico anteriormente indicado e totalizando sete espécies recuperadas no sul do Brasil, portanto em localidade distintas daquelas seções abordadas no presente trabalho. Contudo, vale ressaltar que na referida publicação a identificação de *Spinachitina wolfarti* é duvidosa, visto que, os espécimes ilustrados carecem das características diagnósticas definidas para esta espécie guia.

Zonas e subzonas baseadas em espécies de quitinozoários foram reconhecidas acompanhando o zoneamento global do Siluriano (Verniers *et al.*, 1995; Geng *et al.*, 1997). As unidades bioestratigráficas citadas anteriormente são: Zona de amplitude *Belonechitina postrobusta*; Zona de amplitude *Conochitina elongata*; Subzonas de coincidência *Spinachitina wolfarti* e *Plectochitina* sp. A; Subzonas de coincidência *Conochitina proboscifera* e *Spinachitina harringtoni*; Subzonas coincidência *Conochitina proboscifera* e *Desmochitina* cf. *D. densa* e Zona de coincidência *Salopochitina monterrosae* e *Conochitina proboscifera*. A Zona *Belonechitina postrobusta* restringe-se ao Rhuddaniano. A Zona *Conochitina elongata* engloba o Aeroniano–Eotelychiano (Grahn *et al.*, 2000).

A Subzona de coincidência *Spinachitina wolfarti* e *Plectochitina* sp. A; engloba o intervalo datado como Eoaeroniano (Grahn *et al.*, 2000). A Subzona de coincidência *Conochitina proboscifera* e *Spinachitina harringtoni* correspondem à transição Neoaeroniano/Aeroniano–Telychiano (Grahn *et al.*, 2000). A Subzona *Conochitina proboscifera* e *Desmochitina* cf. *D. densa* indica uma zona de transição entre o Neoaeroniano e o Eotelychiano (Grahn *et al.*, 2000). Segundo os autores a espécie *Ancyrochitina paranaensis* é facilmente identificada neste intervalo. As zonas *Salopochitina monterrosae* e *Conochitina proboscifera* apontam o intervalo Neotelychiano–Eossheinwoodiano, portanto, o limite de transição Llandoveryano–Wenlockiano (Grahn *et al.*, 2000; Mauller *et al.*, 2004). Uma síntese do arcabouço cronobioestratigráfico em relação às formações Vargas Peña e Vila Maria foi proposta por Grahn *et al.* (2000) (Fig. 4).

Idade		Zona Esporos	Zona quitinozoários	Oeste do Paraguai	Sub-bacia Alto Garças		Sub-bacia Apucarana	
Llandoveryano	Telychiano	Indefinido	<i>S. monterrosae</i> <i>C. proboscifera</i>	Formação Cariy	Formação Vila Maria	Porção superior	Equivalentes da Formação Vila Maria	
	Aeroniano		<i>Conochitina elongata</i>	3 2 1		Formação Vargas Peña		Porção intermediária
	Rhuddaniano		<i>Belonechitina postrobusta</i> ?	Formação Eusébio Ayala		Porção inferior		

Figura 4. Síntese do arcabouço cronobioestratigráfico, Siluriano, Bacia do Paraná, Paraguai e Brasil. Adaptado de Grahn *et al.* (2000). OBS: Grahn *et al.* (2000) utilizam a nomenclatura Sub-Bacia do oeste do Paraguai.

Mauller *et al.* (2004) avaliaram assemblagens de miósporos e quitinozoários provenientes das sondagens 269–R1 e 269–R2, Formação Vargas Peña, Paraguai. Foram reportadas 20 espécies de criptosporos e três espécies de esporos triletes, assim como, dez espécies de quitinozoários atribuídos ao Neoaeroniano – Eotelychiano. O zoneamento proposto por Mauller *et al.*, (2004) foi baseado na ocorrência de esporos hilatos (*Laevolancis/Gneudnaspóra*) e de esporos triletes como indicadores do Llandoveryano, de acordo com critérios propostos previamente (Grahn *et al.*, 2000; Steemans *et al.*, 2000; Steemans e Pereira, 2002). Contudo, tais critérios foram refutados em pesquisas posteriores devido ao registro de ocorrência diácrona dos esporos triletes no Gondwana (Wellman *et al.*, 2015, Salomom *et al.*, 2018) e da ocorrência de esporos hilatos reportada para estratos do Ordoviciano Superior no Gondwana e em outros paleocontinentes. As

espécies de quitinozoários reportadas em Mauler *et al.* (2004) não foram ilustradas. As espécies de criptosporos, esporos triletes, acritarcas e quitinozoários previamente reportadas para o intervalo Ordoviciano – Siluriano da Bacia do Paraná, foram sumarizadas no quadro a seguir (Tab. 1).

Tabela 1. Relação das espécies de palinórfos reportadas para as formações Vila Maria e Vargas Peña, Bacia do Paraná, para o intervalo Rhuddaniano – Eoaeoniano (Adaptado de Gray *et al.*, 1985; Grahn *et al.*, 2000; Mizusaki *et al.*, 2002; Mauller *et al.*, 2004). T. Barras) Registro de ocorrência na Seção Fazenda Três Barras. C. Aldeia) Registro de ocorrência na seção córrego da Aldeia.

Bacia do Paraná	Brasil - Formação Vila Maria			Paraguai - Formação Vargas Peña	
Espécies	Gray <i>et al.</i> (1985)	Mizusaki <i>et al.</i> (2002)	Grahn <i>et al.</i> (2000)	Grahn <i>et al.</i> (2000)	Mauler <i>et al.</i> (2004)
<b>Criptosporos</b>					
<i>Abditusdyadus laevigatus</i>		T. Barras			
Diades	T. Barras				
<i>Dyadospora murusattenuata</i>		T. Barras			x
<i>Dyadospora murusdensa</i>		T. Barras			x
<i>Imperfectotriletes patinatus</i>		T. Barras			x
<i>Imperfectotriletes vavrdovae</i>		T. Barras			x
Gênero A sp. C					x
<i>Laevolancis divellomedia</i>		T. Barras			x
<i>Laevolancis chibrikovae</i>					x
<i>Nodospora rugosa</i>		T. Barras			x
<i>Nodospora</i> sp. D					x
<i>Pseudodyadospora laevigata</i>		T. Barras			x
<i>Pseudodyadospora petasus</i>		T. Barras			x
<i>Rimosotetras problematica</i>		T. Barras			x
<i>Rugosphaera cerebra</i>					x
<i>Segestrespora membranifera</i>		T. Barras			
<i>Segstrespora rugosa</i>		T. Barras			x
<i>Segestrespora laevigata</i>		T. Barras			x
<i>Sphaerasacus glabellus</i>		T. Barras			x
<i>Tetraedraletes medinensis</i>		T. Barras			x
<i>Tetraedraletes</i> cf. <i>T. medinensis</i>	T. Barras				
<i>Velatitetras anatoliensis</i>		T. Barras			x
<i>Velatitetras retimembrana</i>		T. Barras			
<i>Velatitetras laevigata</i>		T. Barras			x
<i>Velatitetras rugosa</i>		T. Barras			x
<b>Esporos triletes</b>					
<i>Ambitisporites avitus</i>					x
<i>Ambitisporites dilutus</i>					x
<i>Archaeozonotriletes chulus</i>					x
<b>Quitinozoários</b>					
<i>Ancyrochitina ancyrea</i>			C. Aldeia	x	x
<i>Ancyrochitina paranaensis</i>			C. Aldeia		x
<i>Ancyrochitina</i> sp.			x		
<i>Angochitina</i> sp. A					x
<i>Angochitina</i> sp.			x		
<i>Belonechitina postrobusta</i>				x	x
<i>Cingulochitina</i> cf. <i>C. serrata</i>				x	x
<i>Cyathochitina</i> sp. B <i>sensu</i> Paris 1981			x	x	
<i>Cyathochitina</i> cf. <i>C. campanulaeformis</i>				x	
<i>Cyathochitina</i> cf. <i>C. kukersiana</i>				x	
<i>Cyathochitina caputoi</i>				x	
<i>Conochitina elongata</i>				x	x
<i>Conochitina</i> cf. <i>C. armillata</i>				x	
<i>Conochitina proboscifera</i>					x
<i>Desmochitina</i> cf. <i>D. densa</i>					x
<i>Eisenachitina</i> cf. <i>E. bejui</i>					x
<i>Linochitina</i> sp. A					x
<i>Plectochitina paraguaiensis</i>					x

<i>Plectochitina</i> sp.			x		
<i>Plectochitina</i> sp. A				x	
<i>Plectochitina</i> sp. B				x	x
<i>Plectochitina</i> sp. C			C. Aldeia		
<i>Salopochitina monterrosae</i>					x
<i>Sphaerochitina silurica</i>			C. Aldeia	x	
<i>Sphaerochitina</i> sp. B				x	
<i>Spinachitina harringtoni</i>				x	
<i>Spinachitina wolfarti</i>			x	x	
<i>Spinachitina</i> sp. A				x	
Acritarcas e prasinófitas					
<i>Leiosphaeridia</i> spp.	T. Barras				
<i>Dictyotidium</i> sp.	T. Barras				
<i>Diexallophasis</i> sp.	T. Barras	T. Barras			
<i>Multiplicisphaeridium</i> sp.	T. Barras	T. Barras			
<i>Visbysphaera</i> sp.	T. Barras				
<i>Verhachium</i> sp.	T. Barras				
<i>Elektoriskos pogonius</i>	T. Barras				
<i>Pterospermella</i>	T. Barras				
<i>Eupoikilofusa</i> sp.		T. Barras			

A discussão sobre o posicionamento cronoestratigráfico da Formação Vila Maria foi retomado por Adorno *et al.* (2016) a partir do registro de novas ocorrências fossilíferas na seção córrego da Aldeia. Tais autores reportaram duas novas espécies de ostracodes, *Satiellina paranaensis* Adorno e Salas, 2016 e *Conchoprimitia brasiliensis* Adorno e Salas, 2016, ambas recuperadas nos folhelhos da Formação Vila Maria, seção córrego da Aldeia, e atribuídas ao Ordoviciano tardio – Hirnantiano. Adicionalmente Adorno *et al.* (2016) reportaram registro de ocorrência de *Bucanella* sp. e *Nuculites* sp., na porção inferior dos folhelhos da Formação Vila Maria. Embora indeterminadas, espécies semelhantes foram reportadas anteriormente para os folhelhos do Membro Soom, Formação Cedarberg, África do Sul e atribuídas também ao Hirnantiano (Gabbot *et al.*, 2016).

Quanto a Formação Iapó, Zabini *et al.* (2019) atribuíram esta formação ao Hirnantiano a partir da ocorrência da espécie de braquiópode *Kosoidea australis*, proveniente dos folhelhos com seixos esparsos na seção Fazenda Três Barras. Apesar de extremamente relevantes, essas datações atribuídas ao Hirnantiano, a partir de novas espécies de ostracodes e de braquiópode são baseadas em espécies endêmicas e, portanto, não constituem índice para correlação bioestratigráfica.

Diante do exposto, torna-se fundamental considerar que outros autores reportaram para as formações Eusebio Ayala e Vargas Peña, Bacia do Paraná, Paraguai oriental, espécies fósseis cuja amplitude de distribuição estratigráfica apontam para datação mais antiga que o Aeroniano (Alfaro *et al.*, 2010; Cingolani *et al.*, 2011; Cichowolski *et al.*; 2018) atribuída com base em espécies de palinórfos (Grahn *et al.*, 2000; Steemans e

Pereira, 2002; Perreira *et al.*, 2003; Mauller *et al.*, 2004). Alfaro *et al.* (2013) relataram a ocorrência de trilobitas *Mucronaspis* sp. e graptozoários na Formação Eusebio Ayala, atribuindo esta formação ao Hirnantiano? – Eorhuddaniano e a base da Formação Vargas Peña ao Rhuddaniano (Alfaro *et al.*, 2010, Cingolani *et al.*, 2011). Cichowolski *et al.* (2018) com base na ocorrência de espécies de cefalópodes corroboraram a atribuição da Formação Eusebio Ayala ao Hirnantiano e a base da Formação Vargas Peña ao Rhuddaniano. Dessa maneira, é possível verificar que quanto ao intervalo Ordoviciano–Siluriano na Bacia do Paraná há divergência entre a amplitude temporal assumida para palinórfos e para outros grupos fósseis, seja no Brasil ou no Paraguai.

No presente trabalho, a contribuição a respeito do posicionamento cronoestratigráfico das formações Iapó e Vila Maria está pautada na discussão das novas ocorrências de espécies de palinórfos registradas a partir do contato gradacional das formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, Município de Bom Jardim de Goiás, Estado de Goiás. Estas ocorrências são atribuídas a espécies de acritarcas e de criptosporos recuperados pela primeira vez a partir de amostras da Formação Iapó. Adicionalmente, vale salientar a ocorrência inédita de espécimes de quitinozoários recuperados a partir de amostras da Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

## 2. Material de estudo

O material estudado provém de dois afloramentos cujas seções abrangem o topo da Formação Iapó e a base da Formação Vila Maria. Vale salientar que em ambas seções, a Formação Iapó está em contato com o embasamento metamórfico. Estas seções são respectivamente denominadas de córrego da Aldeia e de Fazenda Três Barras, ambas localizadas no Município de Bom Jardim de Goiás, Estado de Goiás, Brasil (Fig. 5). No presente trabalho os limites litoestratigráficos assumidos para as unidades do Grupo Rio Ivaí estão de acordo com a proposição apresentada em Assine *et al.* (1994; 1998) e atualizações em Adôrno *et al.* (2016).

Os trabalhos de campo foram realizados nos períodos de maio de 2015, setembro de 2016 e em 2017, para descrição litoestratigráfica dos afloramentos e coleta de amostras. Participaram desta etapa, além da equipe da UnB, os professores Dr. Mario Luis Assine/UNESP e Dr<sup>a</sup> Carolina Zabini/Unicamp visando à integração de dados sobre a geologia e a micropaleontologia das formações Iapó e Vila Maria.

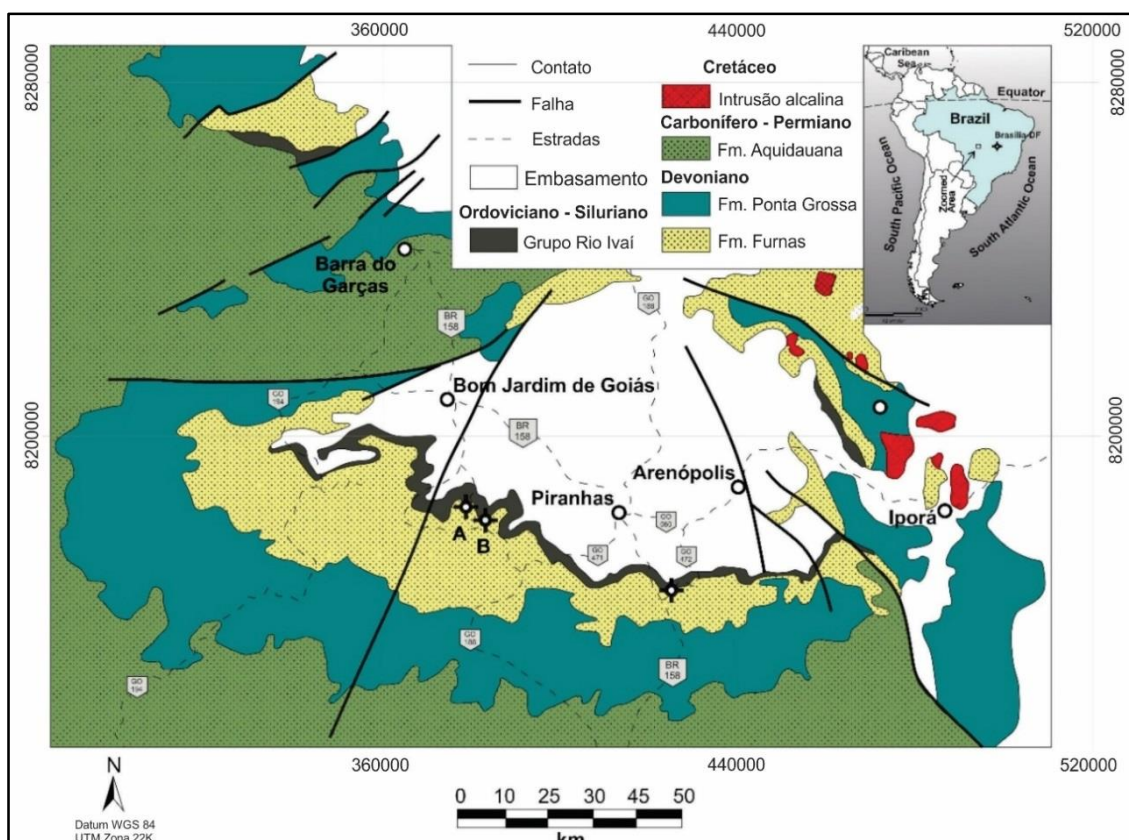


Figura 5. Mapa geológico da área estudada evidenciando a localização dos afloramentos relativos às seções A e B do Grupo Rio Ivaí, sudoeste do Estado de Goiás, Brasil. (A) seção córrego da Aldeia e, (B) seção Fazenda Três Barras (Adaptado de Adôrno *et al.*, 2016).



## 2.1. Seção córrego da Aldeia

Esta seção é definida como seção tipo suplementar da Formação Vila Maria. Está inserida na Fazenda Bela Vista e foi delimitada ao longo de drenagem denominada córrego da Aldeia (368836 ml 8183953 mN; 378856 ml 8183915 mN) (Fig. 6). Esta sequência sedimentar apresenta cerca de 30 metros de espessura e consiste em diamictitos (9,0 m a partir do embasamento) e folhelhos com seixos esparsos (9,0 – 9,4 m) da Formação Iapó em contato gradacional com os folhelhos marinhos da Formação Vila Maria.

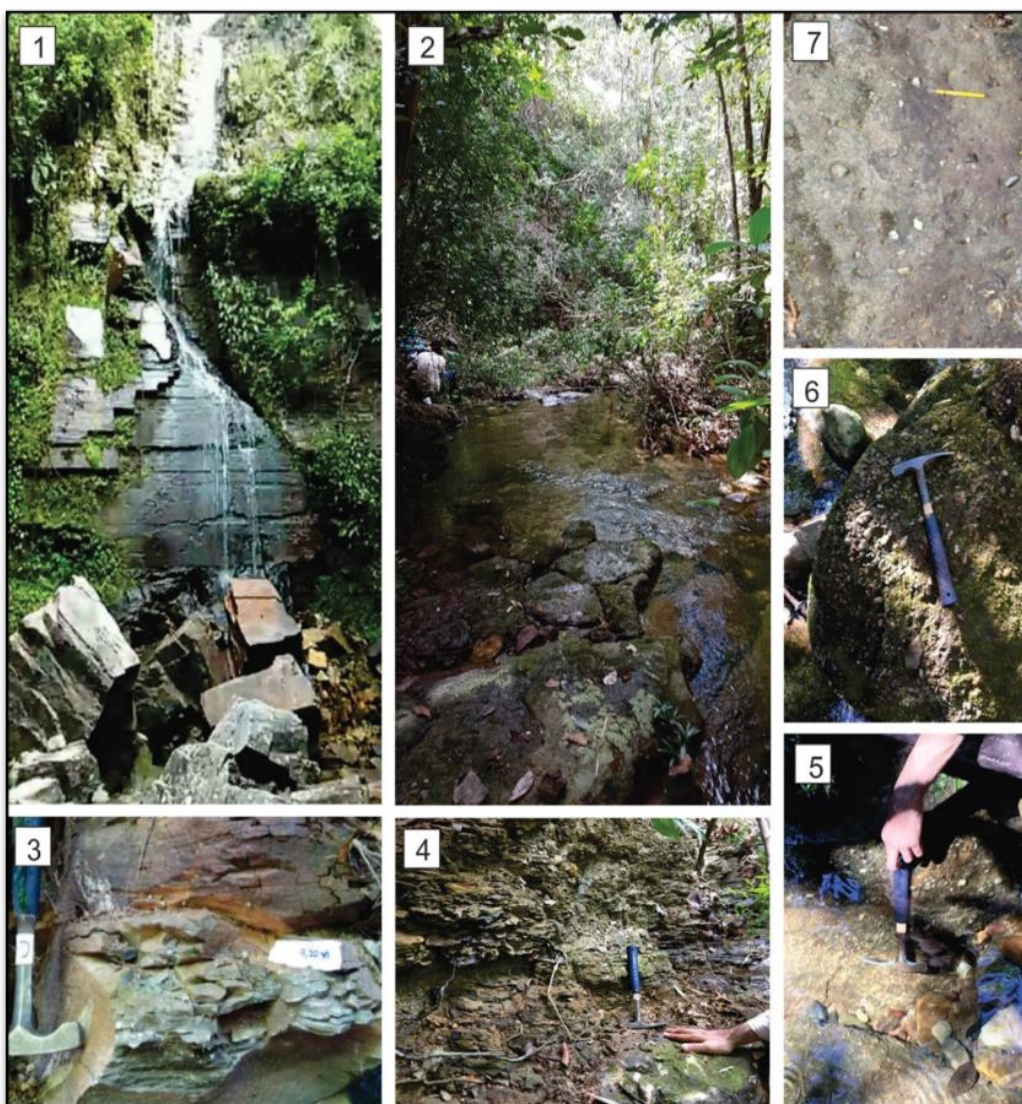


Figura 6. Litotipos das amostras coletadas para análise palinológica das formações Iapó e Vila Maria. 1) Vista geral da cachoeira do Córrego da Aldeia, seção tipo suplementar da Formação Vila Maria. 2) Vista geral do córrego do jacaré, seção da Fazenda Três Barras. 3) Folhelho cinza da porção basal da Formação Vila Maria (MP – 9.20 m) a partir do embasamento. 4) Folhelhos da Formação Vila Maria, seção da Fazenda Três Barras. 5) Seção da Fazenda Três Barras, contato embasamento/ conglomerados da Formação Iapó. 6) Conglomerado da Formação Iapó. 7) Diamictito da Formação Iapó.

Raros seixos marcam o início do trato transgressivo seguido por folhelhos amarelados (9,5 – 14,5 m) sobrepostos por folhelhos cinza (14,7 – 20,7 m), siltito micáceo roxo, lentes intercalantes de arenito laminado médio (21–24 m). A camada referente ao intervalo entre 24,30 m e 30,70 m apresenta estratificação cruzada hummocky e intercalações de siltito. A porção mais superior da Formação Vila Maria contém registro abundante do icnofóssil *Arthropycus alleghaniensis* (Harlan, 1831) entre camada de areia e lentes pelíticas no contato discordante com a Formação Furnas (Fig. 7). Nesta seção foram coletadas duas amostras da Formação Iapó (MP 2849 – MP 3490) e 33 amostras da Formação Vila Maria (porção pelítica), totalizando 35 amostras a partir do contato com o embasamento (Fig. 7). A porção basal dos folhelhos da Formação Vila Maria apresenta coloração amarelada e ocorrência abundante de valvas de ostracodes (Adôrno *et al.*, 2016).

## **2.2. Seção Fazenda Três Barras**

A seção localizada na Fazenda Três Barras é delimitada ao longo de drenagem denominada córrego do Jacaré (382727 ml 8181698 mN; 382800 ml 8181739 mN; 382717 ml 8181694 mN) (Fig. 6). Esta sequência abrange cerca de 26,5 m de espessura. A Formação Iapó consiste em 6,95 m de espessura e integra conglomerados, diamictitos (6,5 m) e folhelhos com seixos esparsos (6,5 – 6,95 m) contendo níveis de pirita com moldes de ostracodes e coprólitos. A facies glacial da Formação Iapó é sobreposta pelos folhelhos transgressivos de coloração cinza (7,1 – 11,7 m) da Formação Vila Maria, seguidos por siltito micáceo, intercalações de areia (11,7 – 17,7m) e arenito com estratificação cruzada (17,7 – 25,3 m) até o contato discordante com a Formação Furnas. Cinco amostras foram coletadas na Formação Iapó e 21 amostras foram coletadas ao longo dos pelitos da Formação Vila Maria (Fig. 7). A coleta de amostras foi realizada, sempre que possível, a cada 20 cm, visando resultados palinológicos de alta resolução. Foram recolhidos entre 250 – 300 g de rocha por amostra, evitando porções intemperizadas. As amostras foram identificadas (local, data de coleta, estratigrafia, sedimentologia, cronoestratigrafia e paleontologia) e acondicionadas em sacos plásticos para posterior tombamento.

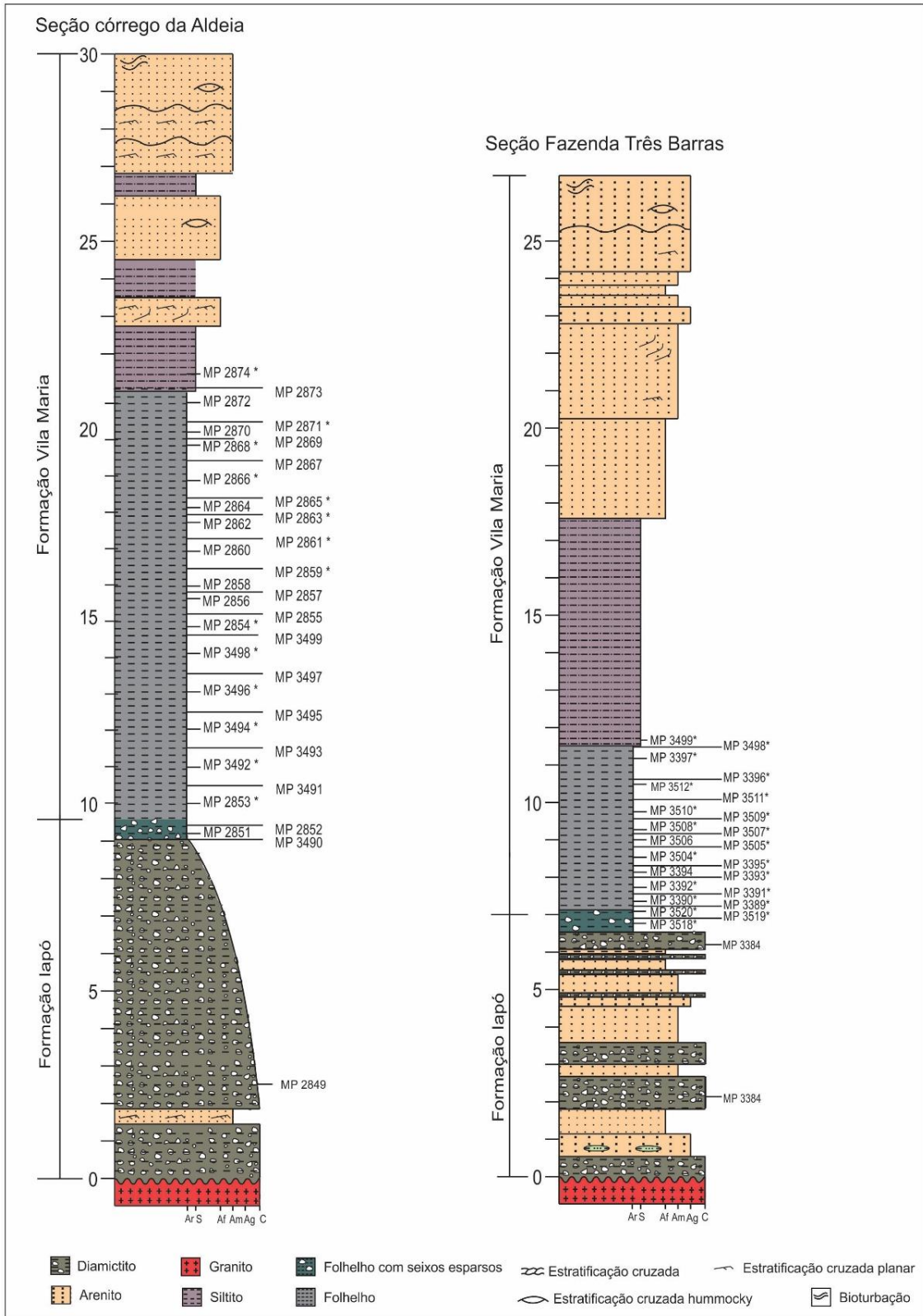


Figura 7. Perfil litoestratigráfico das seções estudadas das formações Iapó e Vila Maria. Escala indicativa da espessura dos litotipos medida em metros a partir do embasamento. Posição estratigráfica das amostras coletadas para análise palinológica e análise de COT (\*). Seção córrego da Aldeia. Seção Fazenda Três Barras. Município de Bom Jardim de Goiás, Estado de Goiás.

### 2.3. Tombamento

As amostras das duas seções estudadas foram tombadas na Coleção Geral do Museu de Geociências da Universidade de Brasília, prefixo MP, sob a guarda do Laboratório de Micropaleontologia – LabMicro /UnB (Tab. 2). Após a preparação palinológica as lâminas contendo espécimes ilustrados em periódicos e demais publicações são tombadas na Coleção de Pesquisa, prefixo CP, do referido Museu.

Tabela 2. Números de tombamento das amostras coletadas nas formações Iapó e Vila Maria nas seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras. O item (m)\* se refere a posição estratigráfica medida em metros a partir do embasamento.

Seção tipo suplementar córrego da Aldeia				Seção da Fazenda Três Barras					
Formação	Amostra MP	(m)*	Litotipo	Formação	Amostra MP	(m)*	Litotipo		
Vila Maria	2874	21,5	Siltito	Vila Maria	3399	11,7	Folhelho cinza		
	2873	21,1	Siltito		3398	11,48	Folhelho cinza		
	2872	20,7	Folhelho cinza		3397	11,2	Folhelho cinza		
	2871	20,3	Folhelho cinza		3396	10,6	Folhelho cinza		
	2870	19,9	Folhelho cinza		3512	10,5	Folhelho cinza		
	2869	19,7	Folhelho cinza		3511	10,1	Folhelho cinza		
	2868	19,5	Folhelho cinza		3510	9,8	Folhelho cinza		
	2867	19,1	Folhelho cinza		3509	9,6	Folhelho cinza		
	2866	18,7	Folhelho cinza		3508	9,4	Folhelho cinza		
	2865	18,3	Folhelho cinza		3507	9,2	Folhelho cinza		
	2864	17,9	Folhelho cinza		3506	9	Folhelho cinza		
	2863	17,7	Folhelho cinza		3505	8,8	Folhelho cinza		
	2862	17,5	Folhelho cinza		3504	8,6	Folhelho cinza		
	2861	17,1	Folhelho cinza		3395	8,3	Folhelho cinza		
	2860	16,7	Folhelho cinza		3394	8,2	Folhelho cinza		
	2859	16,3	Folhelho cinza		3393	8	Folhelho cinza		
	2858	15,9	Folhelho cinza		3392	7,8	Folhelho cinza		
	2857	15,7	Folhelho cinza		3391	7,6	Folhelho cinza		
	2856	15,5	Folhelho cinza		3390	7,4	Folhelho cinza		
	2855	15,1	Folhelho cinza		3389	7,2	Folhelho cinza		
	2854	14,7	Folhelho cinza		3520	7,1	Folhelho cinza		
	3499	14,5	Folhelho amarelado		Iapó	3519	6,95	Lamito com seixos caídos	
	3498	14	Folhelho amarelado			3518	6,8	Lamito com seixos caídos	
	3497	13,5	Folhelho amarelado			3387	6,4	Arenito fino a médio cinza claro com níveis conglomeráticos espaçado. 30cm. Seixos milimétricos, monomíticos, quartzosos, arredondados ou angulosos.	
	3496	13	Folhelho amarelado			3386	6,3	Arenito fino a médio cinza claro com níveis conglomeráticos espaçados. 30cm. Seixos milimétricos, monomíticos, quartzosos, arredondados ou angulosos.	
	3495	12,5	Folhelho amarelado			Iapó	3384	2,6	Lentes de siltito em arenito médio esbranquiçado bem selecionado com marcas onduladas.
	3494	12	Folhelho amarelado						
	3493	11,5	Folhelho amarelado						
3492	11	Folhelho amarelado							
3491	10,5	Folhelho amarelado							
2853	10	Folhelho cinza							
Iapó	2852	9,4	Lamito com seixos caídos						
	2851	9,2	Lamito com seixos caídos						
	3490	9	Lamito com seixos caídos						
	2849	2,5	Diamictito						

### **3. Metodologia de trabalho**

A metodologia aplicada para a recuperação dos palinomorfos das formações Iapó e Vila Maria visou à concentração do resíduo orgânico através da eliminação da fração mineral da rocha sedimentar e montagem e análise de lâminas palinológicas. Contudo, após preparação de amostras provenientes de ambas as seções estudadas foram observadas baixa concentração de palinomorfos e quantidade elevada de fração mineral. Desta maneira, foi necessária primeiramente a adequação do protocolo de preparação palinológica utilizado no LabMicro através da realização de visitas técnicas a três instituições: Centro de Pesquisa da PETROBRAS, CENPES, Rio de Janeiro; Serviço Geológico do Brasil, CPRM, Rio de Janeiro e Universidade de Liège, ULg, Bélgica. Os protocolos de preparação destas instituições, foram acompanhados, descritos e comparados para serem adequados a tipologia do material de estudo e à infraestrutura do LabMicro/UnB, conforme descrições a seguir:

#### **3.1. Protocolo CENPES**

O protocolo, realizado em cerca de 10 dias, foi reportado pelos técnicos Marcos Ferreira e Gilton Braz, do Laboratório de Palinologia do CENPES, sob a supervisão do Dr. José Henrique Gonçalves de Mello. O protocolo foi disponibilizado e comentado passo a passo pelos técnicos, pois não foi possível acompanhar a preparação no referido laboratório em virtude de problemas técnicos no período do treinamento, realizado em dezembro de 2015. Serão descritas as etapas para eliminação de carbonatos, silicatos, fluorossilicatos, flotação ( $ZnCl_2$ , HCl, KOH), peneiramento e montagem de lâminas. Previamente a montagem de lâminas, seguem-se oito etapas do procedimento no CENPES:

- 1– Britar 35g de rocha em frações de 3 mm e transferir a amostra para béquer de 1000 ml identificado com o número da amostra.
- 2– Adicionar 100 ml de HCl em todas as amostras, reagentes ou não. Deixar por 1 a 2 horas. Decantar e lavar 03 vezes com água destilada.
- 3– Adicionar 100 ml de HF não diluído, misturar e esperar decantar. Deixar por 12h. Lavar 03 vezes.
- 4– Passar as amostras para tubo de centrífuga de 250 ml, somente a fração mais fina. Descartar o restante.

5– Adicionar 50 ml de HCl. Deixar por 1h. Lavar 03 ou 04 vezes com água quente, o pH deve ficar próximo de 7.

6– Retirar o máximo de água da amostra e adicionar líquido denso (cloreto de zinco) até completar o volume do tubo de centrífuga de 250 ml. Aguardar a separação das frações orgânica e inorgânica. Após 1 ou 2 dias a fração orgânica ficará boiando na parte superior.

7– Utilizar tamis de polipropileno de 10 micra. Preparar as peneiras com os suportes de acrílico. Colocar a fração fina na peneira virando delicadamente o tubo. Com o auxílio de uma pisseta lavar o material das peneiras com ácido clorídrico 10% (1:1) até a amostra ficar livre do cloreto. Lavar com um pouco de água destilada. O filtro utilizado para concentrar o extrato orgânico deve ser de polipropileno, ou outro material resistente ao cloreto de zinco, pois tamis de vinil, por exemplo, derretem em contato com o HCl. O uso do HCl é necessário devido à possível formação de  $Zn(OH)_2$ , um composto branco gelatinoso resultante do contato entre a água e o cloreto. Verificar a coloração dos palinomorfos. Caso estejam muito escuros é recomendável utilizar KOH 10% para clarear a amostra. Lavar com bastante água destilada.

8– Virar a peneira e com auxílio de uma pisseta com água passar a amostra para tubo de vidro de 30 ml com tampa.

A montagem de lâminas é realizada em chapa aquecedora, em temperatura entre 50 e 60°C, conforme precedimentos a seguir:

1– Colocar a lamínula na chapa aquecedora. Adicionar algumas gotas de água na lamínula,

2– Agitar a amostra e adicionar, com auxílio de um canudo, uma gota do material concentrado e espalhar bem. Deixar a água evaporar,

3– Adicionar uma gota da cola Norland optical adhesive ultravioleta na lâmina e colar a lamínula. Colocar em câmara ultravioleta por cinco minutos. A câmara utilizada foi desenvolvida no CENPES, assim como os suportes de acrílico citados anteriormente.

### **3.2. Protocolo do Serviço Geológico do Brasil**

Este protocolo, realizado em cerca de 15 dias, foi reportado pelo técnico Mauro Rodrigues do Laboratório de Palinologia, CPRM, sob a supervisão da Dra. Norma Cruz. A preparação foi acompanhada em treinamento realizado no período de 4 a 15 de abril de

2016. Uma amostra da seção córrego da Aldeia, MP 2865, foi preparada. Previamente a montagem de lâminas, seguem-se oito etapas :

1– Britar 30gr de amostra e transferir para béquer de 400 ml devidamente identificado.

2– Realizar teste com HCl. Caso haja reação, adicionar HCl 37% até cobrir a amostra. Aguardar 24 horas. Lavar 3 ou 4 vezes com água.

3– Adicionar HF 48% até cobrir a amostra. Aguardar dissolução da rocha por 24 horas. Verificar a necessidade de adição de mais ácido, caso não tenha ocorrido dissolução total. Decantar e lavar de 3 a 4 vezes.

4– Utilizar peneiras de 0,105mm e 0,044mm para dividir a amostra em fração grossa, intermediária e fina. Observar cada fração em placa de Petri utilizando microscópio estereoscópico.

5– “Recolher” (triar) os palinomorfos da fração grossa maiores que 100 µm tais como quitinozoários, graptozoários, escolocodontes, tasmanites, algas talófitas, acritarcas e megásporos com o auxílio de palitos de madeira (palito de dente) com a ponta bem fininha. Quantidades mínimas de água na placa de Petri facilitam a triagem dos palinomorfos. Colocar os palinomorfos selecionados em recipiente com água ou montar direto na lâmina com uma gota de água. Após a secagem natural do material, adicionar Entellan e colar a lamínula. Montar duas lâminas por fração, se possível, caso ocorram palinomorfos.

6– Centrifugar a amostra contendo a fração menor por 15 minutos a 2600 rpm para retirada de água. Descartar o sobrenadante.

7– Adicionar líquido denso cloreto de zinco ( $ZnCl_2$ ) Merck, em quantidade equivalente a 03 vezes o volume da amostra. Agitar.

8– Centrifugar a 2600 rpm por 5 minutos. É formado um anel de extrato orgânico na superfície da amostra. Cuidadosamente, passar um bastão de vidro na parede do tubo para dissolver o anel formado. Passar o sobrenadante para outro tubo de centrífuga. O material de fundo deve ser descartado.

9– Adicionar água e lavar a amostra 03 vezes utilizando centrífuga a 2600 rpm por 5 minutos. Ao final do processo guardar a amostra em vidro de 100 ml com tampa e etiquetado.

A montagem de lâminas é realizada em chapa aquecedora, em temperatura entre 50 e 60°C, conforme procedimentos a seguir:

1– Na chapa aquecedora colocar uma ou duas gotas do extrato orgânico na lâmina com auxílio de um canudo. Aguardar a secagem completa do material.

2– Retirar a lâmina da chapa e adicionar uma ou duas gotas de Entellan. Colar a lamínula.

3– Identificar a lâmina – lado esquerdo com número da amostra, formação, fração, e lado direito com primeira letra do nome do preparador e data.

### **3.3. Protocolo da Universidade de Liège, Bélgica**

Este protocolo, realizado em três dias, foi reportado pela técnica Marcela Giraldo, sob a supervisão do Dr. Philippe Steemans, durante treinamento realizado no período de 5 a 30 de junho de 2017 na referida universidade. O protocolo segue as etapas de ataque ácido (HF e HCl), para retirada de silicatos e fluorossilicatos, centrifugação, filtragem para concentração de matéria orgânica em bomba de vácuo e montagem de lâminas palinológicas. Previamente a montagem de lâminas seguem-se 14 etapas do procedimento na Universidade de Liège:

1– Lavar as amostras provenientes de afloramentos com água e escovinha para retirada de contaminação (vegetais recentes). Deixar secar em estufa.

2– Britar as amostras em grau de porcelana e pesar cerca de 30 gr. Transferir as amostras para garrafas de polipropileno de 400 ml identificadas. Estes recipientes apresentam tampas de rosca com um furo central que facilitam as lavagens e a adição de reagentes.

3– Adicionar 150 ml de ácido fluorídrico (HF) 60%.

4– Deixar as garrafas girando lentamente em um roll mixer por 12 h até o ataque completo da amostra.

5– Decantar, descartar o ácido, adicionar água e centrifugar por 5 minutos a 3000 RPM. Repetir a lavagem três vezes.

6– Descartar o sobrenadante. Transferir a amostra para Becker de 200 ml com um pouco de água.

7– Adicionar ácido clorídrico (37%) até dobrar o volume inicial e iniciar o processo a quente para diminuir a quantidade de cristais de fluoreto formados na etapa anterior.

8– Colocar o Becker sobre a chapa aquecedora até a ebulição do ácido por cinco minutos. Retirar o Becker da chapa, deixar esfriar e decantar. Descartar o ácido.



9– Filtrar as amostras utilizando bomba de vácuo (modelo KNF PM 16838035) que alterna condições de pressão enquanto lava e concentra a matéria orgânica. Utilizar filtro metálico de 60  $\mu\text{m}$  para recuperação de quitinozoários, e de 30  $\mu\text{m}$  e de 12  $\mu\text{m}$  para concentração do restante da matéria orgânica. A filtragem, correção do pH e concentração da matéria orgânica é realizada em poucos minutos ( $\pm 5\text{min.}$ ).

10– Lavar os filtros em ultrassom.

11– Transferir as amostras contendo quitinozoários para tubos identificados.

12– Caso necessário, eliminar resíduos orgânicos com ácido nítrico 65 %. Adicionar ácido em quantidade menor que a metade do volume inicial. Deixar por dois minutos apenas. Adicionar água.

13– Filtrar as amostras com auxílio de bomba de vácuo, utilizando filtro de metal de 12  $\mu\text{m}$  e bastante água.

14– Centrifugar caso haja muita água na amostra. Descartar o sobrenadante e transferir o extrato orgânico para tubo 50 ml com auxílio de pisseta com água destilada. O resíduo orgânico é passado para tubos de ensaio de 10 ml com tampa e guardado em caixas de papelão na coleção do referido laboratório. Estas etapas foram realizadas em apenas dois dias. As lâminas foram montadas posteriormente.

Neste protocolo foram montadas três lâminas para cada amostra, de acordo com os filtros utilizados (60, 30 e 12  $\mu\text{m}$ ) conforme os cinco procedimentos a seguir:

1– Utilizar água para colar a lamínula em uma lâmina escavada. Adicionar três gotas de dispersante hidroxietil–celulose na lamínula.

2– Colocar pequena quantidade de amostra em um vidro de relógio e concentrar o resíduo orgânico por bateamento manual. A fração orgânica ficará na superfície. Retirar pequenas quantidades do extrato orgânico com um micropipetador e adicionar duas a três gotas na lamínula contendo o dispersante.

3– Misturar o dispersante e o concentrado com auxílio de um alfinete. Deixar em estufa até o material secar completamente.

4– Identificar as lâminas definitivas com caneta nanquim adicionando o número de tombamento, número da lâmina, abertura do filtro e indicar se houve reação de Schulze. Impermeabilizar a identificação com resina para artesanato.

5– Descolar a lamínula da lâmina escavada com uma pinça. Adicionar três gotas de resina Eukitt na lâmina permanente. Colar a lamínula na lâmina permanente com auxílio de uma pinça. Deixar secar.

As etapas descritas nos protocolos do CENPES, CPRM e ULg foram sumarizados a seguir (Fig. 8):

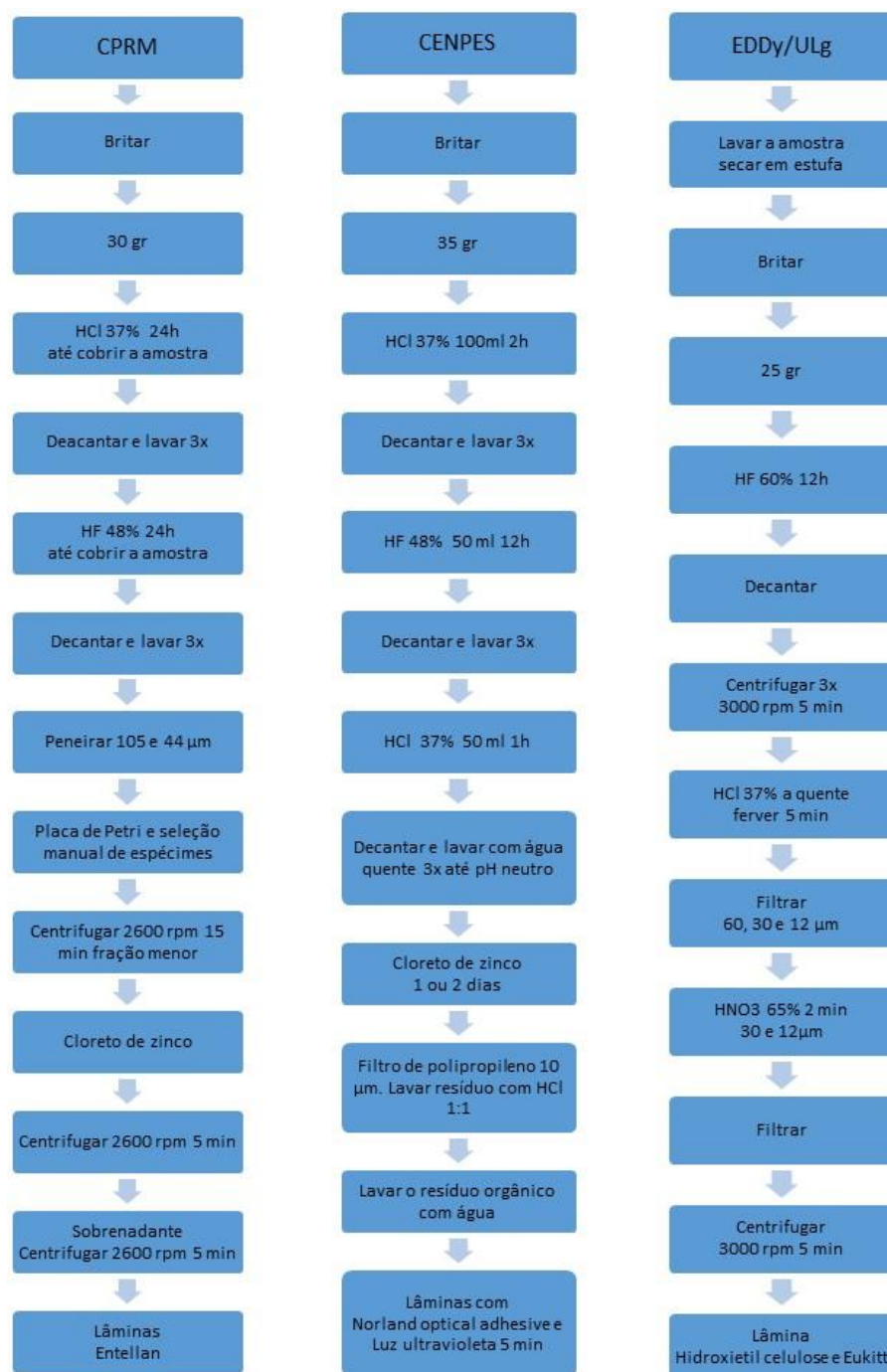


Figura 8. Resumo dos protocolos de preparação palinológica utilizados na CENPES, CPRM e Universidade de Liège.

### 3.4. Protocolo do Laboratório de Micropaleontologia, UnB

A partir da realização das visitas técnicas nas instituições citadas anteriormente, foi possível identificar procedimentos pontualmente distintos: lavagem prévia das amostras (ULg), número limitado de lavagens entre as etapas de ataque ácido (CENPES,

CPRM, ULg), utilização de peneiras para concentração de quitinozoários (CPRM), avaliação prévia do material em microscópio estereoscópico (CPRM) e utilização do vidro de relógio para concentração de resíduo orgânico no momento da montagem das lâminas (ULg).

A comparação entre estes protocolos, CENPES, CPRM e ULg, favoreceu a adequação da metodologia a ser utilizada no LabMicro/UnB para a preparação palinológica de rochas sedimentares do Paleozoico Inferior. Este protocolo, realizado em cerca de 20 dias, consiste em 13 etapas prévias à montagem de lâminas palinológicas, descritas a seguir:

1– Lavar as amostras provenientes de afloramento com água e escovinha para retirada de contaminação (vegetal recente). Deixar secar em estufa.

2– Britar a amostra até o tamanho de dois mm. Pesar 30 g. Transferir para Becker de 400 ml devidamente identificado com o número de tombamento MP.

3– Adicionar 100 ml de ácido clorídrico (HCl – 37%). Deixar por 12 horas, para remoção de carbonatos e bicarbonatos. Decantar, descartar o ácido e lavar três vezes com água.

4– Adicionar 100 ml de ácido fluorídrico (HF – 40%) para remoção de silicatos e deixar por 24 horas, mexendo de vez em quando. Decantar e descartar o ácido. Transferir apenas a fração fina para outro Becker por meio de bateamento manual e com auxílio de pisseta com água. Descartar a fração que não reagiu.

5– Lavar três vezes com água por decantação natural.

6– Adicionar HCl (37%) até dobrar o volume inicial. Deixar por 2 horas. Decantar, descartar o ácido e lavar com água quente. Caso a fração mineral seja abundante realizar a etapa a quente em chapa aquecedora. Deixar a amostra em ebulição por 5 minutos. Descartar o ácido e lavar três vezes.

7– Avaliar a quantidade de fração mineral em placa de Petri e microscópio estereoscópico. Filtrar o resíduo em peneira de 106  $\mu\text{m}$  para retirar a fração mineral remanescente e corrigir o pH. Caso a amostra contenha quitinozoários, lavar cuidadosamente em peneira de 63  $\mu\text{m}$ . Identificar tubos de centrífuga e guardar os espécimes recuperados. A fração remanescente contendo o extrato orgânico neutro deve ser acondicionada em tubo de centrífuga de 50 ml.

8– Decantar a fração menor. Descartar o excesso de água. Centrifugar por 15 minutos a 2600 rpm. Descartar o máximo possível de água.

9– Preparar a solução de cloreto de zinco: pesar 1 kg de cloreto e medir 326 ml de água. Colocar parte de cloreto num Becker e parte da água. Dissolver com auxílio de agitador magnético ou de um bastão. Adicionar o restante de cloreto e da água até a dissolução completa do cloreto. Utilizar um densímetro para aferir a densidade que deve ser de 1,9 a 2,0 gr/cm<sup>3</sup>. Guardar a solução em vidro âmbar com tampa.

10– Adicionar cloreto de zinco até triplicar o volume inicial da amostra. Agitar. Aguardar a separação por 24 h ou centrifugar por 5 minutos a 2600 rpm. Montar as peneiras com o tamis de polipropileno de 10 micra e os suportes de acrílico. Transferir o extrato orgânico com auxílio de pipeta descartável para o tamis de polipropileno. Lavar com água e de três a cinco gotas de HCl (1:1) caso haja formação de Zn (OH)<sub>2</sub>, um composto branco gelatinoso resultante do contato entre a água e o cloreto de zinco.

11– Lavar o extrato orgânico no tamis de 10 micra para corrigir o pH. Transferir o extrato neutro com auxílio de pisseta com água para tubos de centrífuga (50 ml) devidamente identificados com os números de tombamento (MP).

12– Lavar o tamis de polipropileno em ultrassom,

13– Recolher os resíduos de HCl e HF em baldes separados. Neutralizar o resíduo de HCl com carbonato de cálcio e o resíduo de HF com óxido de cálcio. Decantar. Descartar o sobrenadante e deixar secar. O resíduo sólido pode ser utilizado como adubo.

A montagem de lâminas é realizada em chapa aquecedora em temperatura entre 50 e 60°C de acordo com dois procedimentos a seguir:

1– Colocar a lamínula sobre a chapa aquecedora. Adicionar cinco gotas de água e três gotas do extrato orgânico na lamínula com um micropipetador. Aguardar a secagem completa do material.

2– Identificar as lâminas. Adicionar de duas a três gotas de resina Entellan na lâmina e colar a lamínula seca.

O protocolo do LabMicro está ilustrado a seguir (Fig. 9):

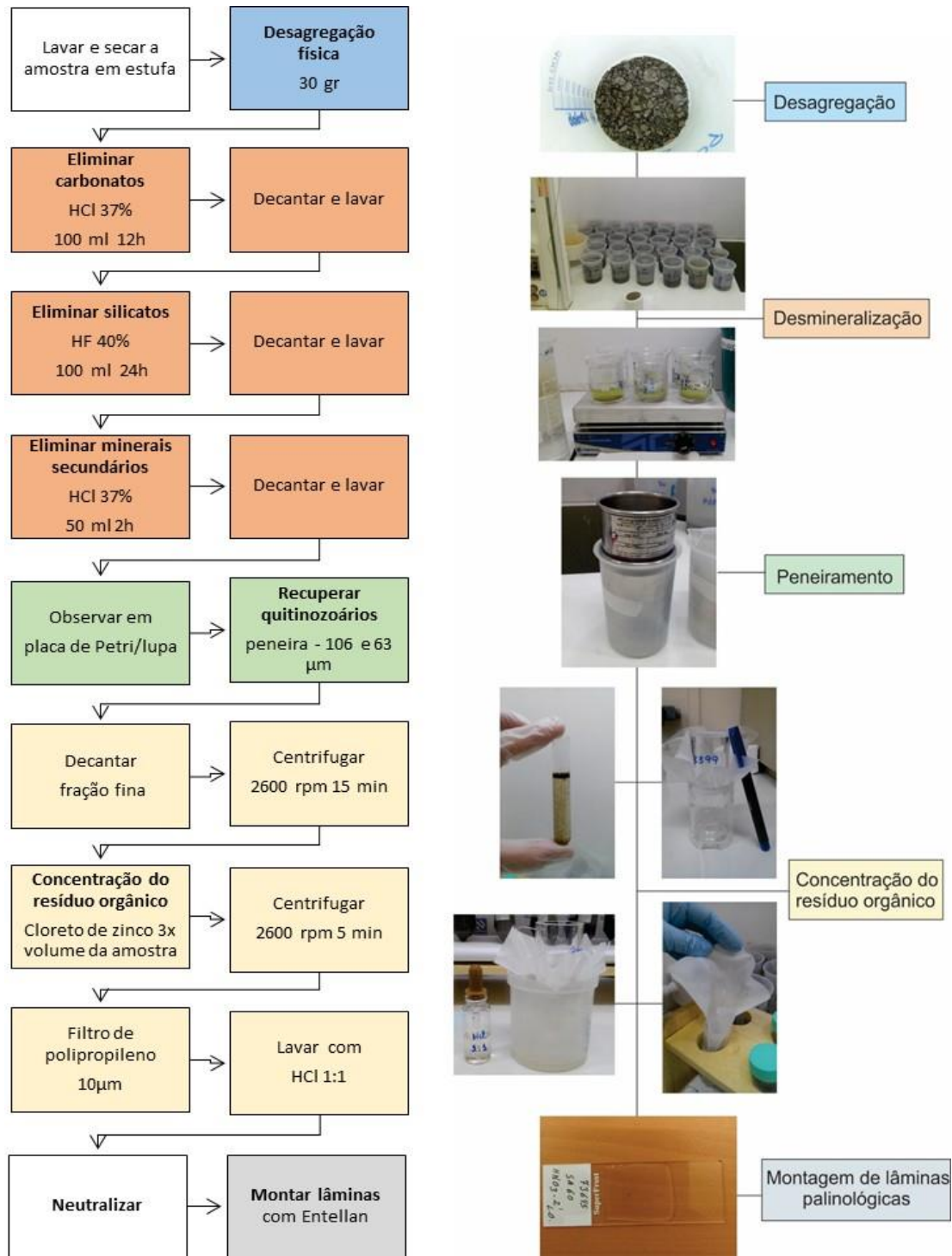


Figura 9. Protocolo de preparação palinológica LabMicro para intervalos do Paleozoico Inferior, Universidade de Brasília.

### 3.4.1. Discussão

A comparação entre os protocolos possibilitou aprimorar procedimentos com intuito de concentrar a matéria orgânica presente nas rochas sedimentares do Paleozoico Inferior. Os protocolos seguem basicamente as mesmas etapas: desmineralização,

concentração de matéria orgânica e montagem de lâminas, contudo, conforme citado anteriormente, alguns pontos distintos nos procedimentos das instituições citadas foram essenciais para o aprimoramento do protocolo do LabMicro/UnB. Os pontos de interesse do protocolo do CENPES referem-se à utilização do cloreto de zinco e a necessidade de utilizar tamis de composição resistente ao ácido clorídrico. O tamis de polipropileno utilizado neste trabalho foi doado pelo CENPES.

Quanto ao protocolo da CPRM, a utilização das peneiras permite a recuperação de quitinozoários de maneira bastante eficiente. A visualização do extrato palinológico pré-finalização da preparação em placa de Petri permite uma análise preliminar dos palinomorfos. Entretanto, a triagem de palinomorfos com o palito requer habilidade e treino, demanda muito tempo e deve ser utilizada apenas com a finalidade de fotografar os espécimes selecionados para posterior análise em MEV.

Quanto aos pontos referentes ao protocolo da ULg a lavagem prévia das amostras de afloramento minimiza a probabilidade de contaminação com material recente. Adicionalmente, na ULg o protocolo inclui a lavagem do material em bateria de peneira em malhas de 60, 30 e 12  $\mu\text{m}$  em bomba de vácuo. Esta separação em frações granulométricas do extrato palinológico permite a concentração mais efetiva da matéria orgânica particulada e a neutralização desse material em curto espaço de tempo. A partir de cada fração são preparadas uma ou mais lâminas. Para a análise de quitinozoários, esta divisão em frações permite a análise destes palinomorfos por amostra, visto que, a maioria dos espécimes fica concentrada na peneira de 60  $\mu\text{m}$ . Isto permite a definição da quantidade de espécimes de quitinozoários por grama de rocha.

Em síntese, a incorporação dos procedimentos de lavagem prévia das amostras de afloramento, a observação do extrato palinológico em placa de Petri e a utilização de peneiras para separação de frações permitiu a realização de um protocolo de preparação palinológica satisfatório no LabMicro/UnB.

### **3.5. Preparação de amostras das formações Iapó e Vila Maria**

A preparação de amostras visando à recuperação de palinomorfos das formações Iapó e Vila Maria foi realizada a partir de 61 amostras. Desse total, 35 amostras são provenientes da seção córrego da Aldeia e 26 amostras da seção Fazenda Três Barras. Com relação às amostras da seção Fazenda Três Barras, 18 amostras tiveram a preparação replicada no laboratório de palinologia da ULg (Tab. 3). Esta replicagem visou a comparação com as lâminas preparadas no LabMicro/UnB. O resultado dessa

comparação mostra semelhança em relação à diversidade de palinomorfos recuperada nas duas instituições, no entanto, o emprego da separação granulométrica do extrato palinológico realizado por meio da bomba de vácuo na ULg resulta em concentração mais efetiva da matéria orgânica, resultando em elevação da abundância de espécimes em relação aos resultados alcançados no LabMicro. Adicionalmente, foi observada presença de gotículas de óleo em quatro amostras da porção superior dos folhelhos da Formação Vila Maria. Os níveis estratigráficos sem preparação correspondente na ULg permaneceram representados pelas lâminas palinológicas montadas anteriormente no LabMicro/UnB.

Tabela 3. Relação das amostras das seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras preparadas no LabMicro/UnB e de réplicas preparadas na ULg. Indicação de ocorrência de gotículas de óleo após a preparação palinológica. (m) Posição estratigráfica medida em metros a partir do embasamento.

Seção córrego da Aldeia				Seção Fazenda Três Barras						
Formação	Amostra MP	(m)	LabMicro	Formação	Amostra MP	(m)	LabMicro	Réplicas ULg	Óleo	
Vila Maria	2874	21,5	x	Vila Maria	3399	11,7	x	x	x	
	2873	21,1	x		3398	11,4	x	x	x	
	2872	20,7	x		3397	11,2	x	x	x	
	2871	20,3	x		3396	10,6	x			
	2870	19,9	x		3512	10,5	x	x		
	2869	19,7	x		3511	10,1	x	x		
	2868	19,5	x		3510	9,8	x	x		
	2867	19,1	x		3509	9,6	x	x	x	
	2866	18,7	x		3508	9,4	x			
	2865	18,3	x		3507	9,2	x	x		
	2864	17,9	x		3506	9	x			
	2863	17,7	x		3505	8,8	x	x		
	2862	17,5	x		3504	8,6	x			
	2861	17,1	x		3395	8,3	x	x		
	2860	16,7	x		3394	8,2	x			
	2859	16,3	x		3393	8	x	x		
	2858	15,9	x		3392	7,8	x	x		
	2857	15,7	x		3391	7,6	x			
	2856	15,5	x		3390	7,4	x	x		
	2855	15,1	x		3389	7,2	x	x		
	2854	14,7	x		3520	7,1	x	x		
	3499	14,5	x		Iapó	3519	6,95	x		
	3498	14	x			3518	6,8	x	x	
	3497	13,5	x			3387	6,4	x		
	3496	13	x			3386	6,3	x	x	
	3495	12,5	x			3384	2,6	x	x	
	3494	12	x							
	3493	11,5	x							
	3492	11	x							
	3491	10,5	x							
	2853	10	x							
	Iapó	2852	9,4		x					
2851		9,2	x							
3490		9	x							
	2849	2,5	x							

### 3.6. Análise palinológica

A sistemática de análise palinológica consistiu em descrever, medir, identificar e imagear os palinomorfos de origem marinha (quitinozoários e acritarcas) e de origem continental (criptosporos) recuperados a partir das amostras das formações Iapó e Vila Maria. Adicionalmente, outros palinomorfos e fragmentos orgânicos foram avaliados. A análise foi realizada por meio das lâminas palinológicas preparadas e observadas em microscópio óptico Zeiss Axio Imager 2 no LabMicro/UnB e na Universidade de Liège.

A abundância de elementos marinhos e continentais foi definida a partir da contagem de 200 palinomorfos por amostra. Uma lâmina palinológica referente a cada amostra foi utilizada para a contagem e todas as amostras foram preparadas a partir de 30g de sedimento. Metodologia similar foi reportada em estudos prévios (Vecoli *et al.*, 2009; Rubinstein e García Muro, 2011) ainda que o número total de palinomorfos abordado no presente trabalho seja menor. Os palinomorfos foram divididos em elementos de origem marinha (acritarcas) e de origem terrestre (criptosporos). Para a contagem os acritarcas foram agrupados por morfotipos: acantomorfos, tipo *Veryhachium* e esferomorfos. Dentre os referidos morfotipos os esferomorfos são frequentes e abundantes ao longo das seções estudadas. Nas amostras com baixa recuperação palinológica todos os palinomorfos foram contados. A análise da abundância relativa entre os grupos anteriormente citados foi realizada por meio do Excel. Adicionalmente, a matéria orgânica amorfa, presente em quantidade distinta apenas em algumas amostras, foi contada separadamente totalizando 250 partículas por cada amostra.

A interpretação paleoambiental foi realizada por meio da associação entre a análise da abundância dos palinomorfos e os dados sedimentológicos dos afloramentos estudados. As assemblagens recuperadas nas formações Iapó e Vila Maria foram comparadas com assemblagens de unidades litoestratigráficas consideradas coevas no Gondwana e em outros paleocontinentes.

Quanto aos quitinozoários, a análise de espécimes provenientes da seção córrego da Aldeia foi realizada a partir da preparação palinológica realizada na Universidade de Brasília. Estes espécimes foram concentrados em peneira de 63 µm. Do total de 35 amostras preparadas para a seção córrego da Aldeia apenas em duas houve ocorrência de quitinozoários: MP 2854 e MP 2861. A análise de espécimes de quitinozoários provenientes da seção Fazenda Três Barras foi procedida a partir da preparação palinológica realizada na Universidade de Liège, Bélgica. Na seção Fazenda Três Barras



a ocorrência de quitinozoários foi observada em seis amostras: MP 3520, MP 3389, MP 3390, MP 3391, MP 3392 e MP 3393. Vale ressaltar que na referida instituição foi utilizado filtro de 60 µm para concentrar os quitinozoários.

Os espécimes de quitinozoários foram descritos, medidos e identificados. A contagem do número de espécimes foi realizada em microscópio estereoscópico LEIKA EZ a partir da análise sucessiva de pequenas quantidades de amostra em placa de Petri. Neste procedimento o extrato palinológico em meio aquoso foi adicionado em placa de Petri posicionada sobre disco de papel dividido em linhas numeradas, de maneira a orientar a leitura e contagem dos quitinozoários dispersos na placa (Fig. 10).

A placa de Petri e o disco de papel foram movidos lentamente até que todos os quitinozoários fossem contados. Este procedimento, adaptado de Laufeld (1974), foi repetido até que todo o volume da amostra fosse analisado. Apenas câmaras inteiras foram consideradas na contagem. A relação entre o número total de espécimes e o peso de cada amostra definiu a quantidade de espécimes por grama de rocha.

Os espécimes melhor preservados e/ou representativos de cada morfotipo foram triados para análise em MEV com auxílio de um pincel (Tigre 308 nº 0) com poucas cerdas e guardados em tubos de ensaio contendo água. Os espécimes selecionados foram colados em lamínula com uma gota de água. A lamínula foi colada em um stub para que os espécimes fossem metalizados com ouro no Instituto de Ciências Biológicas da UnB. A análise de MEV foi realizada em equipamento JEOL JCM 5000 no LabMicro/UnB sob condições de alto vácuo. Adicionalmente, o imageamento de espécimes de quitinozoários em microscópio biológico Zeiss Axio Imager 2 foi realizado, tendo em vista que espécimes com ornamentação conspícua não foram observados.



Figura 10. Placa de petri e papel numerado utilizado para contagem de quitinozoários em meio aquoso. Diâmetro da placa de petri =10 cm.

### 3.7. Teor de carbono orgânico total

A análise do teor de carbono orgânico total (COT) foi realizada em 15 amostras da seção do córrego da Aldeia e em 24 amostras da seção da Fazenda Três Barras (Tab. 4). Esta análise foi realizada para detectar a concentração de carbono orgânico nas amostras e avaliar os valores mais elevados de COT para a determinação da superfície de inundação máxima (Pereira *et al.*, 2003). Segundo Pereira *et al.* (*op. cit.*) a identificação da superfície de inundação máxima pode ser realizada considerando-se um padrão transgressivo de variação do teor de carbono orgânico, isto é, a partir da constatação de valores progressivamente mais elevados de COT. A preparação das amostras foi realizada no LabMicro. Cerca de 1g de cada amostra foi triturado até atingir granulometria menor que 70  $\mu\text{m}$ . A oxidação do material seco foi realizada a 900°C em analisador de carbono orgânico total L-TOC acoplado a uma unidade de combustão de amostra sólida SSM-5000 (Shimadzu) no Laboratório de Materiais e Combustíveis do Instituto de Química da UnB.

Tabela 4. Amostras das seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras selecionadas para a análise de COT. (m) Posição estratigráfica medida em metros a partir do embasamento.

Seção córrego da Aldeia			
Formação	Amostra	(m)	COT
Formação Vila Maria	2874	21,5	x
	2873	21,1	
	2872	20,7	
	2871	20,3	x
	2870	19,9	
	2869	19,7	
	2868	19,5	x
	2867	19,1	
	2866	18,7	x
	2865	18,3	x
	2864	17,9	
	2863	17,7	x
	2862	17,5	
	2861	17,1	x
	2860	16,7	
	2859	16,3	x
	2858	15,9	
	2857	15,7	
	2856	15,5	
	2855	15,1	
	2854	14,7	x
	3499	14,5	
	3498	14	x
	3497	13,5	
	3496	13	x
	3495	12,5	
	3494	12	x
	3493	11,5	
	3492	11	x
	3491	10,5	
	2853	10	x
	2852	9,4	
2851	9,2		
Fm. Iapó	3490	9	x
	2849	2,5	

Seção Fazenda Três Barras				
Formação	Amostra	(m)	COT	
Formação Vila Maria	3399	11,7	x	
	3398	11,48	x	
	3397	11,2	x	
	3396	10,6	x	
	3512	10,5	x	
	3511	10,1	x	
	3510	9,8	x	
	3509	9,6	x	
	3508	9,4	x	
	3507	9,2	x	
	3506	9		
	3505	8,8	x	
	3504	8,6	x	
	3395	8,3	x	
	3394	8,2		
	3393	8	x	
	3392	7,8	x	
	3391	7,6	x	
	3390	7,4	x	
	15,75	7,2	x	
	3520	7,1	x	
	Fm. Iapó	3519	6,95	x
		3518	6,8	x
3387		6,4	x	
3386		6,3	x	
3384	2,6	x		

### 3.8. Índice de alteração térmica

Nesta análise a variação da coloração de palinomorfos e da matéria orgânica amorfa é considerada como indicador de maturação térmica. A metodologia proposta por Staplin (1969) relaciona a variação de cor entre amarelo claro e preto com três estágios de maturidade térmica da rocha (imaturo, maturo e estéril), associando estes estágios ao potencial gerador de óleo e gás (Fig. 11).

Esta análise foi realizada para verificar a compatibilidade entre o grau de maturação térmica das formações Iapó e Vila Maria, nas localidades relatadas no presente estudo, com a ocorrência de gotículas de óleo encontradas nas amostras da seção Fazenda Três Barras após a preparação palinológica na ULg. Nesta avaliação não foram consideradas as lâminas das amostras submetidas à oxidação de Schulze, realizada em algumas amostras durante a preparação palinológica na ULg, uma vez que, este procedimento altera a coloração dos palinomorfos.











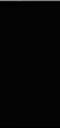
Índice de alteração térmica	1	1+	2-	2	2+	3-	3	3+	4-	4	5	
Cor do microfóssil orgânico												
Maturidade térmica	IMATURO				MATURO Fase principal de geração de petróleo				Gás ou estéril			

Figura 11. Tabela de variação de cor de palinomorfos e índice de alteração térmica (Traverse, 1988).

#### 4. Taxonomia de palinórfos das formações Iapó e Vila Maria

No total foram recuperadas 51 espécies de palinórfos abrangendo criptosporos, quitinozoários, acritarcas, prasinofitas e fungos. Adicionalmente, foi registrada a ocorrência de escolecodontes e fragmentos orgânicos indeterminados para estudos posteriores (Anexo 1). Dentre as 61 amostras analisadas, a partir das formações Iapó e Vila Maria, apenas 34 continham palinórfos (Tab. 5).

Tabela 5. Relação entre as seções, amostras coletadas e amostras produtivas para palinórfos, provenientes das formações Iapó e Vila Maria. Abreviaturas utilizadas: córrego da Aldeia (CA) e Fazenda Três Barras (FTB).

FORMAÇÃO	SEÇÃO	AMOSTRAS COLETADAS	AMOSTRAS COM OCORRÊNCIA DE PALINÓRFOS
Vila Maria	CA	31	11
	FTB	21	17
Iapó	CA	4	1
	FTB	5	5
TOTAL	–	61	34

##### 4.1. Taxonomia de criptosporos

As espécies de criptosporos identificadas foram recuperadas nas seções Córrego da aldeia e Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria. Foram identificadas 20 espécies: *Dyadospora murusattenuata* Strother e Traverse, 1979 emend. Burgess e Richardson, 1991; *Dyadospora murusdensa* Strother e Traverse, 1979 emend. Burgess e Richardson, 1991; *Gneudnaspora divellomedia* (Chibrikova) Balme, 1988 var. *minor* Breuer *et al.*, 2007; *Imperfectotriletes vavrdovae* (Richardson, 1988) Steemans, Higgs e Wellman, 2000; *Laevolancis chibrikovae* Steemans, Higgs e Wellman, 2000; *Pseudodyadospora laevigata* Johnson, 1985; *Pseudodyadospora petasus* Wellman e Richardson, 1993; *Rimosotetras problematica* Burgess, 1991; *Rugosphaera cerebra* Miller e Eames, 1982; *Rugosphaera* sp. A; *Segestrespora laevigata* Burgess, 1991; *Segestrespora rugosa* (Johnson) Burgess, 1991; *Sphaerasaccus glabellus* Steemans, Higgs e Wellman, 2000; *Tetraedraletes grayae* Strother, 1991; *Tetraedraletes medinensis* Strother e Traverse, 1979; *Tetraedraletes medinensis* Strother e Traverse var. *parvus* Burgess, 1991; *Tetraplanarisporites laevigatus* Wellman, Steemans & Miller, 2015; *Velatitetras anatoliensis* Steemans, Le Hérissé e Bozdogan, 1996; *Velatitetras laevigata* Burgess, 1991; *Velatitetras rugosa* (Strother e Traverse) Steemans, Le Hérissé e Bozdogan, 1996.

Os espécimes ilustrados foram depositados na Coleção de Pesquisa do Museu de Geociências, Universidade de Brasília, sob o prefixo CP. O número de tombamento das

amostras é precedido pelo prefixo MP o qual se refere a Coleção Geral de amostras a serem analisadas. As lâminas palinológicas derivadas das amostras preparadas na Universidade de Brasília foram identificadas pelo prefixo LUnB seguido do número MP. As demais lâminas preparadas na Universidade de Liège foram identificadas por números compostos por cinco algarismos (p.e. lâmina 75926).

A identificação foi realizada com auxílio da chave de identificação de criptosporos proposta por Steemans e Wellman (2018). A sistemática segue subdivisão e terminologia proposta por Wellman e Richardson (1993, 1996) e Richardson (1996). Apenas as espécies com nomenclatura em aberto foram descritas. Para as espécies de criptosporos referidas no presente trabalho, apenas espécimes ilustrados foram considerados para compor a lista sinonímica das espécies recuperadas a partir de amostras das formações Iapó e Vila Maria.

Anteturma CRYPTOSPORITES (Richardson, Ford e Parker, 1984) Strother, 1991

#### 4.1.1. Criptosporos mônades

Mônades lisas ou ornamentadas envoltas por envelope de superfície lisa ou ornamentada.

Gênero *SPHAERASACCUS* Steemans, Higgs e Wellman, 2000

**Espécie-tipo.** *Sphaerasaccus glabellus* Steemans, Higgs e Wellman, 2000.

***Sphaerasaccus glabellus* Steemans, Higgs e Wellman, 2000**

Estampa 1. Fig. 1

1996 Mônade lisa envolta em envelope liso – Wellman, pl. 3, fig. 18–20.

2000 *Sphaerasaccus glabellus* – Steemans *et al.*, pl.4, figs a, b.

2004 *Sphaerasaccus glabellus* – Mauller *et al.*, fig. 4:16

2004 *Sphaerasaccus glabellus* – Rubinstein e Vaccari, fig. 4: c.

2005 *Sphaerasaccus glabellus* – Rubinstein pl. 1, fig. 13.

2010 *Sphaerasaccus glabellus* – Rubinstein *et al.*, fig. 2: e, f.

2011 *Sphaerasaccus glabellus* – Vecoli *et al.*, pl. III, fig. 9.

2015 *Sphaerasaccus glabellus* – Spina, pl. 2, fig. 5.

2015 *Sphaerasaccus glabellus* – Wellman *et al.*, pl.3, fig. 10.

2016 *Sphaerasaccus glabellus* – Raevskaya *et al.*, pl. III, figs 5, 4.

2016 ?*Sphaerasaccus glabellus* – Raevskaya *et al.*, pl. III, figs 12, 13, 15.

2017 *Sphaerasaccus glabellus* – Abuhmida e Wellman, pl.6, fig.10.

2019 *Sphaerasaccus glabellus* – Rubinstein e Vajda, fig. 6: k.

**Descrição.** Mônade subcircular envolta por membrana lisa.

**Material.** Ocorrência registrada em cinco amostras abrangendo uma amostra na seção córrego da Aldeia e quatro amostras na seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria: MP 2854, 14.7 m, lâmina LUnB/MP 2854. Seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3389, 7.2 m, lâmina 75923, CP 930; MP 3390, 7.4 m, lâmina 75930, CP 931; MP 3391, 7.6 m, lâmina L5816, CP 933. Diâmetro variando entre 25 e 30  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** Em comparação com *Shpaerasaccus glabellus* Steemans *et al.*, 2000 os espécimes recuperados apresentam forma e tamanho compatíveis com a referida espécie. A ocorrência prévia desta espécie em folhelhos da Formação Vila Maria foi reportada por Mizusaki *et al.* (2002), contudo, sem ilustração.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Quanto ao intervalo Ordoviciano – Siluriano: Dapingiano, Argentina, Formação Zanjón (Rubinstein *et al.*, 2010). Darriwiliano, Argentina, Formação Capillas (Rubinstein, 2005). Darriwiliano, Líbia, Formação Hawaz (Abuhmida e Wellman, 2017). Ordoviciano Superior, Reino Unido, Acton Scott Beds (Wellman, 1996). Sandbiano, Suécia, sondagem Borensult –1 (Rubinstein e Vajda, 2019). Katiano, Sibéria, formações Dolbor e Bur (Raevskaya *et al.*, 2016). Katiano–Hirnantiano, Anticosti Island, Canadá, sondagem Valga – 10 (Vecoli *et al.*, 2011). Hirnantiano, Argélia, Formações Hassi el Hadjar e M’Kratia (Spina, 2015). Hirnantiano, Argentina, Formação Salar del Ríncon (Rubinstein e Vaccari, 2004; Rubinstein *et al.*, 2016). Rhuddaniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Steemans *et al.*, 2000). Rhuddaniano inferior – Aeroniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Wellman *et al.*, 2015). Aeroniano, Paraguai, Formação Vargas Peña (Maunder *et al.*, 2004). Brasil, Bacia do Paraná, Formações Iapó e Vila Maria, seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras.

Gênero *RUGOSPHAERA* Strother and Traverse, 1979 emend. Miller and Eames, 1982

**Espécie-tipo.** *Rugosphaera tuscarorensis* Strother and Traverse, 1979.

***Rugosphaera cerebra* Miller e Eames, 1982**

Estampa 1. Fig. 2

1982 *Rugosphaera? cerebra* – Miller e Eames, pl. 5, fig. 4; pl. 6, fig. 10–12.

1988 *Rugosphaera? cerebra* – Richardson, pg. 95.

1989 *Rugosphaera cerebra* – Vavrdová, fig. 2:14.

1991 *Rugosphaera* cf. *R. cerebra* – Burgess, pl. 2; figs 11–12.

1996 *Rugosphaera cerebra* – Steemans *et al.*, pl. 4, figs 7, 8.

2001 *Rugosphaera cerebra* – Steemans, fig. 5: 4, 5.

- 2001 *Rugosphaera cerebra* – Le Herissé *et al.*, pl. 4, fig. 6, 9.  
2004 *Rugosphaera cerebra* – Mauller *et al.*, fig. 4:17.  
2012 *Rugosphaera cerebra* – Sachanski *et al.*, pl. V, fig. 1.  
2013 *Rugosphaera cerebra* – Le Hérissé *et al.*, fig. 10: A.  
2014 *Rugosphaera cerebra* – Mahmoudi *et al.*, pl. 1, fig. 4.  
2015 *Rugosphaera? cerebra* – Wellman *et al.*, pl. 1, figs 1, 2.  
2016 *Rugosphaera cerebra* – Garcia Muro *et al.*, pl. 2, fig. 21.

**Descrição.** Mônade subcircular de superfície ornamentada por muri fortemente convoluto.

**Material.** Ocorrência registrada em seis amostras abrangendo duas amostras na seção córrego da Aldeia e quatro amostras na seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia, Formação Iapó: MP 2854, 14.7 m, lâmina LUnB/MP 2854; MP 2865, 18.3 m, lâmina LUnB/MP 2865. Seção Fazenda Três Barras, Formação Iapó: MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959, EF, J29/2. Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3391, 7.6 m. MP 3392, 7.8 m, lâmina 75949. MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938, CP 934. Diâmetro variando entre 31  $\mu\text{m}$  e 37  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** Difere de *Rugosphaera? cerebra* reportado por Miller e Eames (1982) pois o referido espécime apresenta diâmetro maior (38 – 55  $\mu\text{m}$ ).

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Quanto ao intervalo Ordoviciano – Siluriano: Ordoviciano Superior, Turquia, Formação Bedinan (Stemans *et al.*, 1996). Ordoviciano Superior, Reino Unido, País de Gales (Richardson, 1988). Ordoviciano Superior, República Tcheca, Hlasna Treban, Formação Kosov (Vávrková, 1988). Ordoviciano Superior (Ashgilliano), Bélgica, Brabant Massif, sondagem Oostduinkerke (Stemans, 2001). Ordoviciano Superior, Irã, Formação Ghelli (Mahmoudi *et al.*, 2014). Ordoviciano Superior – Siluriano mais inferior, Chade, sondagem Moussegouda (Le Hérissé *et al.*, 2013). Ordoviciano Superior – Siluriano mais inferior, Líbia, Formação Tanezzuft, (Thusu *et al.*, 2013). Hirnantiano – Siluriano inferior, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Wellman *et al.*, 2015). Llandoveryano, EUA, Grupo Medina (Miller e Eames, 1982). Rhuddaniano inferior, Reino Unido, País de Gales (Burgess, 1991). Rhuddaniano – Aeroniano, Turquia, Formação Findikli (Sachanski *et al.*, 2012). Aeroniano superior – Telychiano inferior, Brasil, Formação Tianguá (Le Hérissé *et al.*, 2001). Aeroniano superior – Telychiano, Paraguai, Formação Vargas Peña (Mauller *et al.*, 2004). Llandoveryano – Wenlockiano, Argentina, Formação La Chilca (Garcia Muro *et al.*, 2016). Brasil, Bacia do Paraná, Formações Iapó e Vila Maria, seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras.

## ***Rugosphaera* sp. A**

Estampa 1. Fig. 3

**Descrição.** Mônade subcircular envolta por membrana ornamentada por muros largos (1,5 µm) e convolutos amplamente distribuídos na membrana.

**Material.** Um espécime recuperado. Ocorrência restrita a uma amostra na seção Fazenda Três Barras, Formação Iapó: MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926, CP 958. Diâmetro de 47 µm.

**Discussão.** Difere de *Rugosphaera cerebra* por apresentar padrão de dobras convolutas menos expressivas. O espécime recuperado apresenta dobras de maior espessura associada a outras mais estreitas. A disposição destas dobras difere de *Rugosphaera tuscarorensis*. A ocorrência de um único espécime não favoreceu a proposição de nova espécie.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Brasil, Bacia do Paraná, Seção Fazenda Três Barras, Formação Iapó.

### **4.1.2. Criptosporos pseudodiádes**

Díades nuas sem separação visível entre os dois esporos.

Gênero *PSEUDODYADOSPORA* Johnson, 1985

**Espécie-tipo.** *Pseudodyadospora laevigata* Johnson, 1985.

### ***Pseudodyadospora laevigata* Johnson, 1985**

Estampa 1. Fig. 4

- 1985 *Pseudodyadospora laevigata* – Johnson, pl. 7, fig. 11; pl. 8, fig. 7.  
1989 *Pseudodyadospora laevigata* – Vavrdová, fig. 2: 11.  
1996 *Pseudodyadospora laevigata* – Steemans *et al.*, pl. III, figs 11, 12.  
1996 *Pseudodyadospora laevigata* – Wellman, pl. 1, figs, 11–15; pl. 2, figs. 1–10.  
1997 *Pseudodyadospora laevigata* – Wang *et al.*, pl. II, figs 8, 9.  
2000 *Pseudodyadospora laevigata* – Steemans *et al.*, pl. 3: g.  
2000 *Pseudodyadospora laevigata* – Wellman *et al.*, pl. 1, fig. 1.  
2001 *Pseudodyadospora laevigata* – Steemans, fig. 4: 14.  
2002 *Pseudodyadospora laevigata* – Mizusaki *et al.*, fig. 3: i.  
2011 *Pseudodyadospora laevigata* – Vecoli *et al.*, pl. IV, figs 10, 19.  
2015 *Pseudodyadospora laevigata* – Wellman *et al.*, pl. 1, figs 21, 22 .  
2015 *Pseudodyadospora laevigata* – Spina, pl. I, figs 7, 9, 15, 16.  
2016 *Pseudodyadospora laevigata* – Raevskaya, pl. II, fig. 18.  
2016 *Pseudodyadospora laevigata* – Ghavidel–Syooki, pl. VII, figs 6, 7, 8, 16.  
2017 *Pseudodyadospora laevigata* – Abuhmida e Wellman, pl. 6, fig. 7.  
2019 *Pseudodyadospora laevigata* – Rubinstein e Vajda, fig. 6: h.



**Descrição.** Díade que não apresenta separação entre dois esporos lateralmente comprimidos. A superfície dos esporos é lisa.

**Material.** Ocorrência restrita a seis amostras abrangendo duas amostras da seção córrego da Aldeia e quatro na seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia, Formação Maria: MP 2854, 14.7 m, lâmina LUnB/MP 2854; MP 2865, 18.3 m, lâmina LUnB/MP 2865. Seção Fazenda Três Barras, duas amostras na Formação Iapó: MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959; MP 3518, 6.8 m, lâmina 75974. Duas amostras na Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3391, 7.6 m, lâmina L.5816, CP 933. Diâmetro variando entre 25 e 39  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** Difere de *Pseudodyadospora petasus* pela compressão lateral da díade. Registro prévio desta espécie foi reportado por Mauller *et al.* (2004) a partir de folhelhos da Formação Vargas Peña, Bacia do Paraná, Paraguai, contudo, sem ilustração.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Espécie com distribuição mundial do Ordoviciano Médio ao Devoniano inferior, entretanto, Vecoli *et al.* (2011) comentam que este táxon é particularmente abundante em estratos no intervalo Ordoviciano Superior (Ashgilliano) – Llandoveryano. Ordoviciano Médio: Darriwiliano, Líbia, Formação Hawaz (Abuhmida e Wellman, 2017). Ordoviciano Superior: Turquia, Formação Bedinan (Stemans *et al.*, 1996). Sandbiano, Suécia, sondagem Borensult –1 (Rubinstein e Vajda, 2019). Katiano, Sibéria, formações Dolbor e Bur (Raevskaya *et al.*, 2016). Ashgilliano, República Tcheca, Hlasna Treban, Formação Kosov (Vávrdová, 1989); Ashgilliano, Bélgica, Brabant Massif, sondagem Oostduinkerke (Stemans, 2001); Ashgilliano, China, Formação Kalpintag (Wang *et al.*, 1997). Katiano – Hirnantiano, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2016). Hirnantiano, Argélia, Formações Hassi el Hadjar e M’Kratta (Spina, 2015). Siluriano, EUA, Pennsylvania, Formação Tuscarora (Johnson, 1985). Llandoveryano, Arábia Saudita (Stemans *et al.*, 2000; Wellman *et al.*, 2000). Rhuddaniano inferior – Aeroniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Wellman *et al.*, 2015). Rhuddaniano – Aeroniano inferior, Brasil, Bacia do Paraná, Formação Vila Maria (Mizusaki *et al.*, 2002). Aeroniano, Paraguai, Formação Vargas Peña (Mauller *et al.*, 2004). Brasil, Bacia do Paraná, Formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras. A correlação entre as novas Séries e Estágios globais do Ordoviciano (Bergström *et al.*, 2009) e as unidades cronoestratigráficas do Reino Unido evidenciam a correspondência entre a porção superior do Ordoviciano e a Série Ashgilliano.

## *Pseudodyadospora petasus* Wellman e Richardson, 1993

Estampa 1. Fig. 5

- 1993 *Pseudodyadospora petasus* sp. nov. – Wellman e Richardson, pl. 2, figs 1–7.  
1996 *Pseudodyadospora petasus* – Steemans *et al.*, pl. 3, fig. 13, 14; pl. 4, fig. 1.  
2000 *Pseudodyadospora petasus* – Steemans *et al.*, pl. 3, figs h, i.  
2000 *Pseudodyadospora petasus* – Wellman *et al.*, pl. 2, figs a, b, c.  
2002 *Pseudodyadospora petasus* – Mizusaki *et al.*, fig. 3: j.  
2004 *Pseudodyadospora petasus* – Rubinstein & Vaccari, pl. 1, fig. 7.  
2004 *Pseudodyadospora petasus* – Mauller *et al.*, fig. 4: 10.  
2012 *Pseudodyadospora petasus* – Sachanski *et al.*, pl. IV, figs l, o.  
2015 *Pseudodyadospora petasus* – Wellman *et al.*, pl. 1, figs 23, 24.  
2016 *Pseudodyadospora petasus* – Rubinstein *et al.*, pl. 1, figs 7, 8.  
2017 *Pseudodyadospora petasus* – Abuhmida e Wellman., pl. 6, fig. 8.

**Descrição.** Díade que não apresenta separação entre dois esporos polarmente comprimidos. A superfície dos esporos é lisa.

**Material.** Ocorrência restrita a seis amostras na seção Fazenda Três Barras. Duas amostras na Formação Iapó: MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959; MP 3518, 6.8 m, lâmina 75974. Quatro amostras na Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3390, 7.4 m, lâmina 75930, CP 931; MP 3391, 7.6 m, lâmina L.5816, CP 933; MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938, CP 934. Diâmetro menor variando entre 30 e 38  $\mu\text{m}$ . Diâmetro maior variando entre 35 e 44  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** Difere de *Pseudodyadospora laevigata* pela compressão no eixo polar da díade.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Espécie com distribuição mundial do Ordoviciano Médio ao Devoniano inferior (Abuhmida e Wellman, 2017). Quanto ao intervalo Ordoviciano – Siluriano: Darriwiliano, Líbia, Formação Hawaz (Abuhmida e Wellman, 2017). Ordoviciano Superior, Turquia, Formação Bedinan (Steeemans *et al.*, 1996). Katiano, Sibéria, formações Dolbor e Bur (Raevskaya *et al.*, 2016). Hirnantiano, Argentina, Formação Salar del Ríncon (Rubinstein e Vaccari, 2004; Rubinstein *et al.*, 2016). Ordoviciano Superior – Siluriano inferior, Argentina (Rubinstein *et al.*, 2016). Llandoveryano, Arábia Saudita (Steeemans *et al.*, 2000; Wellman *et al.*, 2000). Rhuddaniano – Aeroniano, Turquia, Formação Findikli (Sachanski *et al.*, 2012). Rhuddaniano inferior – Aeroniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Wellman *et al.*, 2015). Rhuddaniano – Aeroniano inferior, Formação Vila Maria (Mizusaki *et al.*, 2002). Aeroniano, Paraguai, Formação Vargas Peña (Mauller *et al.*, 2004). Brasil, Bacia do Paraná, Formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

### 4.1.3. Criptosporos díades

Díades nuas compostas por dois esporos ligeiramente não fundidos com linha de fixação visível na superfície da díade.

Gênero *DYADOSPORA* Strother e Traverse, 1979

**Espécie-tipo.** *Dyadospora murusattenuata* Strother e Traverse, 1979.

***Dyadospora murusattenuata* Strother e Traverse, 1979 emend. Burgess e Richardson, 1991**

Estampa 1. Fig. 6

- 1979 *Dyadospora murusattenuata* – Strother e Traverse, pl. 3, fig 9, 10.  
1982 *Dyadospora murusattenuata* – Miller e Eames, pl. 6, fig. 8.  
1991 *Dyadospora murusattenuata* – Burgess e Richardson, pl. 2, figs 7, 9.  
1996 *Dyadospora murusattenuata* – Steemans *et al.*, pl.VI, figs 1, 2.  
1996 *Dyadospora murusattenuata* – Taylor, pl. 1, 2, 3.  
1997 *Dyadospora murusattenuata* – Wang *et al.*, pl. 2, fig. 3  
2000 *Dyadospora murusattenuata* – Wellman *et al.*, pl. I, fig g, h, i.  
2000 *Dyadospora murusattenuata* – Steemans *et al.*, pl. 1, fig. L; pl. 2, figs a, b.  
2001 *Dyadospora murusattenuata* – Steemans *et al.*, fig. 4: 1.  
2002 *Dyadospora murusattenuata* – Mizusaki *et al.*, fig. 3, b.  
2004 *Dyadospora murusattenuata* – Mauller *et al.*, fig. 4: 8.  
2004 *Dyadospora murusattenuata* – Rubinstein e Vaccari *et al.*, pl. 1, fig. 10.  
2011 *Dyadospora murusattenuata* – Vecoli *et al.*, pl.IV, fig. 5, 7.  
2013 *Dyadospora murusattenuata* – Le Hérissé *et al.*, fig.10: B,C.  
2015 *Dyadospora murusattenuata* – Wellman *et al.*, pl.1, fig. 5.  
2016 *Dyadospora murusattenuata* – Ghavidel–Syooki, pl.1, fig. I; pl. II, fig. 14; pl.VII, fig. 3.

**Descrição.** Díade nua composta por esporos aletes separados por uma exina fina.

**Material.** Ocorrência restrita a cinco amostras na seção Fazenda Três Barras, abrangendo duas amostras da Formação Iapó e três amostras na Formação Vila Maria. Formação Iapó: MP 3386, 6.3 m; lâmina 75929; CP 959. MP 3518, 6.8 m; lâmina 75974, CP. Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975 CP 936; MP 3390, 7.4 m, lâmina 75935, CP 931; MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938, CP 934. Diâmetro variando entre 33 e 35 µm.

**Discussão.** Difere de *Dyadospora murusdensa* pela presença de fina exina separando os esporos aletes. Os espécimes observados nas Formações Iapó e Vila Maria são maiores que os espécimes reportados para o Irã (Ghavidel–Syooki, 2016).

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** A distribuição estratigráfica desta espécie abrange o intervalo Ordoviciano – Devoniano (Vecoli *et al.*, 2011; Ghavidel–Syooki, 2016) e a distribuição geográfica é mundial. Quanto ao intervalo Ordoviciano – Siluriano: Ashigilliano, Turquia, Formação Bedinan (Steeemans, 1996). Ashigilliano, China,

Formação Kalpintag, Xinjiang (Wang *et al.*, 1997). Ordoviciano Superior – Siluriano inferior, EUA, Ohio (Taylor, 1996). Katiano – Hirnantiano, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2016); Canadá, Quebec, Anticosti Island, sondagem Valga – 10 (Vecoli *et al.*, 2011). Hirnantiano, Bélgica, Brabant Massif, sondagem Oostduinkerke (Stemans, 2001); Argentina, Formação Salar del Ríncon (Rubinstein e Vaccari, 2004; Rubinstein *et al.*, 2016). Llandoveryano, Pennsylvania (Strother e Traverse, 1979). Llandoveryano, EUA, Grupo Medina (Miller e Eames, 1982); Rhuddaniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Stemans *et al.*, 2000). Rhuddaniano – Aeroniano inferior, Brasil, Formação Vila Maria (Mizusaki *et al.*, 2002). Rhuddaniano inferior – Aeroniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Wellman *et al.*, 2015). Aeroniano, Paraguai, Formação Vargas Peña (Mauiller *et al.*, 2004). Wenlockiano, Inglaterra, Shropshire (Burgess e Richardson, 1991). Brasil, Bacia do Paraná, Formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

***Dyadospora murusdensa* Strother e Traverse, 1979 emend. Burgess e Richardson, 1991**

Estampa 1. Fig. 7

- 1979 *Dyadospora murusattenuata* – Strother e Traverse, pl. 3, figs 6, 7.  
1982 *Dyadospora murusattenuata* – Miller e Eames, pl. 6, fig. 7.  
1985 *Dyadospora murusdensa* – Hill *et al.*, pl. 15, figs 8, 9.  
1988 *Dyadospora murusdensa* – Richardson, pl. 16, fig. 2.  
1991 *Dyadospora murusdensa* – Burgess e Richardson, pl. 2, figs 1–3, 5.  
1997 *Dyadospora murusdensa* – Wang *et al.*, pl. 2, figs 4, 7.  
2000 *Dyadospora murusdensa* – Stemans *et al.*, pl. 1, fig. 1; pl. 2, fig. a, b.  
2000 *Dyadospora murusdensa* – Wellman *et al.*, pl. 1, g, h, i  
2002 *Dyadospora murusdensa* – Mizusaki *et al.*, pl. fig. 3, c.  
2004 *Dyadospora murusdensa* – Mauiller *et al.*, fig. 4:9.  
2013 *Dyadospora murusdensa* – Thusu *et al.*, pl. 2, fig. 2.  
2014 *Dyadospora murusdensa* – Mahmoudi *et al.*, pl. 1, fig. 5; pl. 2, figs 1, 4.  
2015 *Dyadospora murusdensa* – Wellman *et al.*, pl. 1, figs 6, 7.  
2015 *Dyadospora murusdensa* – Strother *et al.*, pl. , figs .  
2016 *Dyadospora murusdensa* – Raevskaya *et al.*, pl. 2, figs 10, 14, 15.  
2016 *Dyadospora murusdensa* – Rubinstein *et al.*, pl. 1, fig. 2.  
2019 *Dyadospora murusdensa* – Rubinstein e Vajda, fig. 6: D.

**Descrição.** Díade nua composta por esporos aletos de formato hemisférico separados por exina espessa.

**Material.** Ocorrência restrita a cinco amostras na seção Fazenda Três Barras abrangendo duas amostras na Formação Iapó: MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959; MP 3518, 6.8

m, lâmina 75974. Três amostras na Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3390, 7.4 m, lâmina 75930, CP 931; MP 3391, 7.6 m, lâmina 5816 UnB. Diâmetro menor variando entre 35 a 43  $\mu\text{m}$ . Diâmetro maior variando entre 42 e 47  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** Em comparação com *Dyadospora murusdensa* Strother e Traverse, 1979 emend. Burgess e Richardson, 1991 os espécimes recuperados apresentam forma e tamanho compatíveis com a referida espécie. Registro prévio desta espécie foi reportado por Mizusaki *et al.* (2002) a partir da Formação Vila Maria, Bacia do Paraná.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Espécie com distribuição mundial abrangendo o intervalo do Ordoviciano Médio ao Devoniano inferior (Abuhmida e Wellman, 2017). No intervalo Ordoviciano – Siluriano: Ordoviciano Superior, Irã, Formação Ghelli (Mahmoudi *et al.*, 2014). Ordoviciano Superior – Ashigilliano, Turquia, Formação Bedinan (Stemans, 1996). Ordoviciano Superior – Rhuddaniano, Líbia (Richardson, 1988). Ashigilliano, China, Formação Kalpintag (Wang *et al.*, 1997). Sandbiano, Suécia, sondagem Borensult –1 (Rubinstein e Vajda, 2019). Katiano – Hirnantiano, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2016); Canadá, Anticosti Island, sondagem Valga – 10 (Vecoli *et al.*, 2011). Katiano, Sibéria, formações Dolbor e Bur (Raevskaya *et al.*, 2016). Ordoviciano Superior – Siluriano inferior, Argentina (Rubinstein *et al.*, 2016). Hirnantiano, Bélgica, Brabant Massif, sondagem Oostduinkerke (Stemans, 2001); Argentina, Formação Salar del Ríncon (Rubinstein e Vaccari, 2004; Rubinstein *et al.*, 2016). Hirnantiano – Rhuddaniano inferior, Líbia, Formação Tanezzuft (Thusu *et al.*, 2013). Llandoveryano, Pennsylvania (Strother & Traverse, 1979). Llandoveryano, EUA, Grupo Medina (Miller y Eames, 1982); Rhuddaniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Stemans *et al.*, 2000, Wellman *et al.*, 2000); EUA, Grupo Medina, sondagens E1–81 e A1–46 (Hill *et al.*, 1985). Rhuddaniano – Aeroniano inferior, Brasil, Formação Vila Maria (Mizusaki *et al.*, 2002). Rhuddaniano inferior – Aeroniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Wellman *et al.*, 2015). Aeroniano, Paraguai, Formação Vargas Peña (Mauler *et al.*, 2004). Wenlockiano, Inglaterra, Shropshire (Burgess e Richardson, 1991). Brasil, Bacia do Paraná, Formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

#### 4.1.4. Criptosporos díades envoltos em membrana

Díades compostas por dois esporos ligeiramente não fundidos envoltos por membrana de superfície lisa ou ornamentada por muri convoluto, verrucada ou reticulada.

Gênero *SEGESTRESPORA* Burgess 1991

**Espécie-tipo.** *Segestrespora membranifera* (Johnson) Burgess, 1991.

***Segestrespora laevigata* Burgess, 1991**

Estampa 1, Fig. 8

- 1985 *Dyadospora membranifera* – Johnson, pl.7 fig. 7.  
1991 *Segestrespora laevigata* – Burgess, pl. 2, fig. 1.  
1996 *Segestrespora laevigata* – Steemans *et al.*, pl. IV, fig. 12.  
2000 *Segestrespora laevigata* – Wellman *et al.*, pl. 2, fig. c.  
2000 *Segestrespora laevigata* – Steemans *et al.*, pl. 3, fig. n.  
2001 *Segestrespora laevigata* – Le Herissé *et al.*, pl. 4, fig. 10.  
2004 *Segestrespora laevigata* – Rubinstein e Vaccari *et al.*, pl. 1, fig. 2.  
2011 *Segestrespora laevigata* – Vecoli *et al.*, pl. IV, fig. 11.  
2012 *Segestrespora laevigata* – Sachanski *et al.*, pl. V, fig. i.  
2013 *Segestrespora laevigata* – Le Herissé *et al.*, fig. 10: H  
2015 *Segestrespora laevigata* – Wellman *et al.*, pl. 1, figs 15, 16.  
2016 *Segestrespora laevigata* – Rubinstein *et al.*, pl. 1, figs 3, 4.  
2016 *Segestrespora laevigata* – Ghavidel–Syooki, pl. II, fig. 5; pl. III, figs 2, 15.  
2016 *Segestrespora laevigata* – Raevskaya *et al.*, pl. I, figs 15, 16; pl. II, figs 1,2 5, 6, 9, 13, 16, 17.  
2017 *Segestrespora laevigata* – Vecoli *et al.*, pl. 3, fig. 2.  
2019 *Segestrespora laevigata* – Rubinstein e Vajda, fig. 5: M; fig. 7: J.

**Descrição.** Díade subcircular, composta por dois esporos não totalmente fundidos, envolta por membrana lisa e delicada.

**Material.** Dois espécimes medidos. Ocorrência restrita a quatro amostras na seção Fazenda Três Barras. Uma amostra na Formação Iapó: MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926, CP 958. Três amostras na Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3389, 7.2 m, lâmina 75923, CP 930; MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938, CP 934. Diâmetro menor variando entre 36 e 39 µm. Diâmetro maior variando entre 48 e 50 µm.

**Discussão.** Em comparação com *Segestrespora laevigata* Burgess, 1991 os espécimes recuperados no presente trabalho não apresentam variação expressiva de forma e tamanho.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Espécie de distribuição geográfica mundial e distribuição estratigráfica do Ordoviciano ao Rhuddaniano (Ghavidel–Syooki, 2016). Dapingiano – Darriwilliano inferior, Arabia Saudita, formações Saq e Qasim (Vecoli *et al.*, 2017). Darriwiliano, Suécia, sondagem Borensult –1 (Rubinstein e Vajda, 2019). Ordoviciano Superior – Siluriano inferior, Argentina, Formação Caspalá (Rubinstein *et al.*, 2016). Ashigilliano, Turquia, Formação Bedinan (Stemans *et al.*, 1996). Katiano, Sibéria, formações Dolbor e Bur (Raevskaya *et al.*, 2016). Katiano – Hirnantiano, Irã,

Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2016); Canadá, Quebec, Anticosti Island, sondagem Valga – 10 (Vecoli *et al.*, 2011). Hirnantiano, Argentina, Formação Salar del Ríncon (Rubinstein e Vaccari, 2004; Rubinstein *et al.*, 2016). Rhuddaniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Stemans *et al.*, 2000, Wellman *et al.*, 2000). Rhuddaniano inferior – Aeroniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Wellman *et al.*, 2015). Wenlockiano, Inglaterra, Shropshire (Burgess e Richardson, 1991). Katiano – Hirnantiano, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2016). Brasil, Bacia do Paraná, Formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

### ***Segestrespora rugosa* (Johnson) Burgess, 1991**

Estampa 1, Fig. 9

- 1985 *Pseudodyadospora rugosa* – Johnson, pl. 8 fig. 2 – 6.  
1988 *Pseudodyadospora rugosa* – Richardson, pl. 16, figs 1, 2; pl. 17, figs 1, 2.  
1991 *Segestrespora* (*Pseudodyadospora*) *rugosa* – Burgess, pl. 2, figs 7 – 9.  
1996 *Segestrespora rugosa* – Stemans *et al.*, pl. IV, figs 14, 15.  
1997 *Segestrespora rugosa* – Wang *et al.*, pl. II, figs 1, 2.  
2000 *Segestrespora rugosa* – Stemans *et al.*, pl. 3, fig. q.  
2001 *Segestrespora rugosa* – Stemans, fig. 5: 8, 9.  
2001 *Segestrespora rugosa* – Le Hérisse *et al.*, pl. 4, fig. 12.  
2002 *Segestrespora rugosa* – Mizusaki *et al.*, fig. 4, a.  
2004 *Segestrespora?* *rugosa* – Rubinstein e Vaccari *et al.*, fig. 4:f  
2004 *Segestrespora rugosa* – Mauller *et al.*, fig. 4: 11.  
2011 *Segestrespora rugosa* – Vecoli *et al.*, pl. IV, figs 2, 3.  
2013 *Segestrespora rugosa* – Le Hérisse *et al.*, fig. 10: J.  
2014 *Segestrespora rugosa* – Mahmoudi *et al.*, pl. 1, fig. 6.  
2015 *Segestrespora rugosa* – Wellman *et al.*, pl. 1, figs 19, 20.  
2016 *Segestrespora rugosa* – Tang *et al.*, fig. 7: J – M.

**Descrição.** Díade composta por esporos de formato subcircular não totalmente fundidos envoltos por membrana de ornamentação rugulada e convoluta.

**Material.** Dois espécimes medidos. Ocorrência restrita a sete amostras abrangendo uma amostra da seção córrego da Aldeia e seis amostras da seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria: MP 2854, 14.7 m, lâmina LUnB/MP2854. Seção Fazenda Três Barras: três amostras da Formação Iapó: MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926; MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959. MP 3518, 6.8 m, lâmina 75974. Três amostras da Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3391, 7.6 m, lâmina L.5816; MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938, CP 934. Diâmetro menor variando entre 22 e 52 µm. Diâmetro maior variando entre 25 e 76 µm.

**Discussão.** Os espécimes recuperados na Formação Iapó apresentam formato elíptico mais pronunciado e dimensões maiores de diâmetro maior e diâmetro menor (76 µm e 52 µm, respectivamente). Em contrapartida, os espécimes recuperados na Formação Vila Maria apresentam dimensões menores compatíveis com *Segestrespora rugosa*.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Espécie de ampla distribuição geográfica, e distribuição estratigráfica do Ordoviciano Superior ao Llandoveryano (Vecoli *et al.*, 2011). Ordoviciano Superior, Irã, Formação Ghelli (Mahmoudi *et al.*, 2014). Sandbiano – Hirnantiano, Líbia, sondagem E1–1 (Richardson, 1988). Katiano superior – Hirnantiano, Bélgica, Brabant Massif, sondagem Oostduinkerke (Stemans, 2001). Katiano Superior – Hirnantiano, Turkey, Formação Bedinan (Stemans *et al.*, 1996). Katiano – Hirnantiano, Canadá, Anticosti Island, sondagem Valga – 10 (Vecoli *et al.*, 2011). Hirnantiano, China, Formação Kalpintag (Wang *et al.*, 1997). Hirnantiano, Argentina, Formação Salar del Ríncon (Rubinstein e Vaccari, 2004; Rubinstein *et al.*, 2016). Hirnantiano – Rhuddaniano, País de Gales (Burgess, 1991). Siluriano, EUA, Pennsylvania, Formação Tuscarora (Johnson, 1985). Rhuddaniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Stemans *et al.*, 2000; Wellman *et al.*, 2000); EUA., Niagara Gorge, Grupo Medina (Miller and Eames, 1982). Rhuddaniano inferior – Aeroniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Wellman *et al.*, 2015). Llandoveryano, Brasil, Formação Tianguá (Le Hérisse *et al.*, 2001). Rhuddaniano – Aeroniano inferior, Brasil, Formação Vila Maria (Mizusaki *et al.*, 2002). Aeroniano, Paraguai, Formação Vargas Peña (Mauiller *et al.*, 2004). Brasil, Bacia do Paraná, Formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

#### 4.1.5. Criptosporos tétrades tetraédricas

Tétrades permanentes nuas compostas por quatro esporos ligeiramente não fundidos, cuja linha de fixação é visível na superfície dos esporos.

Gênero *TETRAHEDRALETES* Strother e Traverse emend. Wellman e Richardson, 1993

**Espécie-tipo.** *Tetrahdraletes medinensis* Strother e Traverse, 1979.

#### *Tetrahdraletes medinensis* Strother e Traverse, 1979

Estampa 1, Figs 10, 11, 12

1971 Tétrade em configuração tetraédrica – Gray e Boucot, fig. 1, h.

1971 Tétrade de palinomorfos aletes semelhantes à esporos de paredes espessas – Cramer, pl. 4, fig. 1.



- 1972 Palinomorfo tetraédrico não miósporo – Cramer e Díez, pl. 36, figs 79 e 84.
- 1979 *Tetrahdraletes medinensis* Strother e Traverse, pl. 1, figs 5, 14 – 17.
- 1979 *Nodospora burnhamensis* Strother e Traverse, pl. 1, fig. 11, pl. 2, fig. 1.
- 1982 *Tetrahdraletes medinensis* – Miller e Eames, pl. 5, fig. 1; pl. 6, fig. 1.
- 1982 Tétrade tetraédrica – Gray *et al.*, figs 2: A – B, 3, 4, 8, 9, 10 A – B.
- 1985 *Tetrahdraletes medinensis* – Johnson, pl. 11, figs 3, 11.
- 1985 *Nodospora burnhamensis* – Duffield, figs 1 – 6.
- 1985 cf. *Tetrahdraletes medinensis* – Hill *et al.*, pl. 15, fig. 1.
- 1987 *Tetrahdraletes* cf. *T. medinensis* – Smelror, fig. 4j.
- 1989 *Tetrahdraletes* cf. *T. medinensis* – Barron, fig. 6D.
- 1991 *Tetrahdraletes medinensi* var. *parvus* – Burgess, pl. 1, figs 1 – 4.
- 1991 *Tetrahdraletes medinensi* – Burgess e Richardson, pl. 1, figs 12, 13.
- 1993 *Tetrahdraletes medinensi* – Wellman e Richardson, pl. 2, figs 8, 10–12.
- 1997 *Tetrahdraletes medinensis* – Wang *et al.*, pl. 1, figs 1 – 8.
- 2000 *Tetrahdraletes medinensis* – Steemans *et al.*, pl. 4, figs, c – d.
- 2000 *Tetrahdraletes medinensis* – Wellman *et al.*, pl. 1, figs a, b, c.
- 2001 *Tetrahdraletes medinensis* – Steemans, fig. 6: 3 – 5.
- 2001 *Tetrahdraletes medinensis* – Le Hérisse *et al.*, pl. 5, fig. 15.
- 2002 *Tetrahdraletes medinensis* – Mizusaki *et al.*, fig. 4: b.
- 2004 *Tetrahdraletes medinensis* – Mauller *et al.*, fig. 4: 1 – 5.
- 2004 *Tetrahdraletes medinensis* – Rubinstein e Vaccari, pl. 2, figs, 2, 3, 6, 8, 11, 12.
- 2010 *Tetrahdraletes medinensis* – Wang *et al.*, fig. 5: K,
- 2011 *Tetrahdraletes medinensis* – Vecoli *et al.*, pl. I, fig.1; pl. II, figs 2, 5, 6–9, 13–15; pl. III, figs 1–3, 5; pl. IV, figs 4,12,14.
- 2013 *Tetrahdraletes medinensis* – Thusu *et al.*, pl. 1, fig. 8; pl. 2, fig. 3.
- 2014 *Tetrahdraletes medinensis* – Mahmoudi *et al.*, pl. 1, figs 11, 12; pl. 2, figs 9, 11.
- 2015 *Tetrahdraletes medinensis* – Wellman *et al.*, pl. 2, figs 1, 2.
- 2015 *Tetrahdraletes medinensis* – Strother *et al.*, pl. II, figs 11, 12.
- 2016 *Tetrahdraletes medinensis* – Raevskaya *et al.*, pl. I, figs 3, 4, 11, 12.
- 2016 *Tetrahdraletes medinensis* – Rubinstein *et al.*, pl. 1, figs 15, 17.
- 2016 *Tetrahdraletes medinensis* – Ghavidel-Syooki, pl. III, figs 3, 4, 7, 10, 13; pl. V, figs 4, 13, 14, 15, 17, 18, 20; pl. VI, figs 5, 10, 11, 18, 20; pl. VII, fig. 14
- 2017 *Tetrahdraletes medinensis* – Vecoli *et al.*, pl. 3, fig. 10.
- 2017 *Tetrahdraletes medinensis* – Tang *et al.*, fig. 6: A – C, F, G.
- 2019 *Tetrahdraletes medinensis* – Rubinstein e Vajda, fig. 5: N; fig. 6: M.

**Descrição.** Tétrade tetraédrica de formato circular, superfície lisa e diâmetro maior que 35µm.

**Material.** Ocorrência registrada em 31 amostras abrangendo ambas as seções analisadas, sendo 12 amostras na seção córrego da Aldeia. Dentre estas uma amostra na Formação Iapó: MP 2849, 2.5 m (lâmina danificada). Nesta seção a ocorrência desta espécie é esporádica na Formação Vila Maria abrangendo 11 amostras produtivas para palinomorfos: MP 2854; MP 2855; MP 2860; MP 2861; MP 2863; MP 2865; MP 2866; MP 2869; MP 2871; MP 2872; MP 2874. Ocorrência registrada em 19 amostras na seção Fazenda Três Barras: duas amostras da Formação Iapó: MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929,

CP 959 e MP 3519, 6.95 m, lâmina LUnB/MP 3519. Ocorrência em 15 amostras da Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3389, 7.2 m, lâmina 75923, CP 930; MP 3390, 7.4 m, lâmina 75930, CP 931; MP 3392, 7.8 m, lâmina 75949; MP3393, 8.0 m, lâmina 75938, CP, 934; MP 3394, 8.2 m; MP 3395, lâmina 75952; MP 3504, lâmina LUnB/MP; MP 3505, lâmina 75961; MP 3507, lâmina 75963; MP 3506, 9.0 m; MP 3508, 9.4 m; MP 3509, lâmina 75988; MP 3510, 9.8 m; MP3396, 10.6 m, LUnB/MP 3396; MP 3397, lâmina 75978; MP 3398, lâmina 75957; MP 3399, lâmina 75981. Diâmetro variando entre 35 e 42  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** Morfologia sem variações relevantes em relação à registros de ocorrência em outras localidades. Espécie pouco frequente na Formação Iapó e muito comum na Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Espécie reportada em todo o mundo, cuja distribuição estratigráfica abrange desde o Ordoviciano Superior (Caradociano) (Wellman, 1996) até o Devoniano Inferior, Lochkoviano (Wellman, 1993a; Wellman *et al.*, 2000). Baseado em Bergström *et al.*, (2009) a Série Caradociano, anteriormente estabelecida no Reino Unido, corresponde em termos globais a porção inferior do Ordoviciano Superior. No intervalo Ordoviciano – Siluriano: Dapingiano – Darriwilliano inferior, Arabia Saudita, formações Saq e Qasim (Vecoli *et al.*, 2017). Darriwilliano, Suécia, sondagem Borensult –1 (Rubinstein e Vajda, 2019). Ordoviciano Superior, Irã, Formação Ghelli (Mahmoudi *et al.*, 2014). Ordoviciano Superior, Argentina, Formação Caspalá (Rubinstein *et al.*, 2016). Katiano superior, China, Formação Tierkawati (Tang *et al.*, 2017). Katiano, Sibéria, formações Dolbor e Bur (Raevskaya *et al.*, 2016). Katiano – Hirnantiano, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2016); Canadá, Anticosti Island, sondagem Valga – 10 (Vecoli *et al.*, 2011). Ashgilliano, China, Formação Kalpintag (Wang *et al.*, 1997). Hirnantiano, Bélgica, Brabant Massif, sondagem Oostduinkerke (Stemans, 2001). Hirnantiano, Argentina, Formação Salar del Ríncon (Rubinstein e Vaccari, 2004; Rubinstein *et al.*, 2016). Ordoviciano Superior – Aeroniano superior, UK (Burgess 1991). Ashgilliano – Llandoveryano inferior, África do Sul, Formação Cedarberg, Membro Soon (Gray *et al.*, 1986). Hirnantiano – Rhuddaniano inferior, Líbia, Formação Tanezzuft (Thusu *et al.*, 2013). Siluriano, EUA, Pennsylvania, Formação Tuscarora (Johnson, 1985). Siluriano inferior, Brasil, Formação Vila Maria (Gray *et al.*, 1985). Llandoveryano, Pennsylvania (Strother & Traverse, 1979). Llandoveryano, EUA, Grupo Medina (Miller y Eames, 1982, Gray e Boucot, 1971). Rhuddaniano, Arábia

Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Steevens *et al.*, 2000, Wellman *et al.*, 2000). Rhuddaniano, EUA, Grupo Medina, sondagens E1–81 e A1–46 (Hill *et al.*, 1985). Rhuddaniano inferior – Aeroniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Wellman *et al.*, 2015). Rhuddaniano – Aeroniano inferior, Brasil, Formação Vila Maria (Mizusaki *et al.*, 2002). Aeroniano, Paraguai, Formação Vargas Peña (Maunder *et al.*, 2004). Aeroniano inferior – Telychiano médio, Brasil, Formação Tianguá (Le Hérisse *et al.*, 2001). Wenlockiano, Inglaterra, Shropshire (Burgess e Richardson, 1991). Brasil, Bacia do Paraná, seção córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria.

***Tetrahedraletes medinensis* Strother e Traverse var. *parvus* Burgess, 1991**

Estampa 1, Fig. 13

1985 *Tetrahedraletes* cf. *T. medinensis* – Gray *et al.*, fig. 5 F – H.

1986 *Tetrahedraletes* cf. *T. medinensis* – Gray *et al.*, fig. 7: 1 – 7.

1988 Tétrades de paredes lisas – Gray, figs 1, 5.

1988 *Tetrahedraletes* sp. – Richardson, pl.19, fig. 1.

1991 *Tetrahedraletes medinensis* var *parvus* – Burgess, pl. 1, figs 1 – 4.

**Descrição.** Tétrade tetraédrica de formato circular e superfície lisa com diâmetro menor que 35 µm.

**Material.** Quatro espécimes medidos. Ocorrência restrita a três amostras na seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3389, 7.2 m, lâmina 75923, CP 930; MP 3391, 7.6 m, lâmina L5816, CP 933. Diâmetro maior variando entre 31 e 33 µm.

**Discussão.** Em comparação com *Tetrahedraletes medinensis* Strother e Traverse var. *parvus* Burgess, 1991 os espécimes recuperados apresentam morfologia compatível com a referida espécie.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Ampla distribuição geográfica e distribuição estratigráfica do Ordoviciano mais Superior ao Lochkoviano (Burgess, 1991; Morris *et al.*, 2011). No intervalo Ordoviciano–Siluriano: Ashgiliano, África do Sul, Formação Cedarberg, Membro Soom (Gray *et al.*, 1986). Ashgiliano – Llandoveryiano inferior, EUA, Brasil, África do Sul, República Tcheca (Gray, 1988). Ordoviciano Superior – Siluriano inferior, Líbia (Richardson, 1988). Siluriano inferior, Brasil, Formação Vila Maria (Gray *et al.*, 1985). Brasil, Bacia do Paraná, Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

## *Tetraedraletes grayae* Strother, 1991

Estampa 1, Fig. 14

- 1981 *Tetraedraletes* sp. – Duffield e Legault, pl. 2, fig. 6  
1982 aff. *Tetraletes* Cramer – Vavrdová, pl. 1, fig. 8  
1984 spore tetrad type A – Vavrdová, pl. 2, fig. 1  
1988 *Tetraedraletes* sp. – Richardson, pl. 19, fig. 1  
1991 *Tetraedraletes grayii* – Strother, pl. 1, figs. 1–3  
2001 *Tetraedraletes grayae* Strother 1991 – Steemans, fig. 5: 15  
2011 *Tetraedraletes grayae* – Vecoli *et al.*, pl. II, figs 1, 3, 4, 10 – 12.  
2013 *Tetraedraletes grayii* – Le Hérisse *et al.*, fig. 10: K.  
2015 *Tetraedraletes grayae* – Mahmoudi *et al.*, pl. II, fig. 8.  
2015 *Tetraedraletes grayae* – Strother *et al.*, pl. II, figs 6, 10.  
2015 *Tetraedraletes grayae* – Spina, pl. 2, figs 4, 10, 20.  
2016 *Tetraedraletes grayae* – Ghavidel–Syooki, pl. II, figs 9, 10; pl. V, fig. 9.  
2016 *Tetraedraletes grayae* – Rubinstein *et al.*, pl. 1, figs 13, 14.  
2017 *Tetraedraletes grayae* – Ghavidel–Syooki, pl. II, figs 9, 11.  
2019 *Tetraedraletes grayae* – Rubinstein e Vajda, fig. 6: L.

**Descrição.** Tétrade tetraédrica de formato triangular, superfície lisa e diâmetro menor que 35 µm.

**Material.** Dois espécimes medidos. Ocorrência restrita a seis amostras na seção Fazenda Três Barras. Três amostras na Formação Iapó: MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959; MP 3387, 6.4 m, lâmina LUnB/MP; MP 3518, 6.8 m, lâmina 75974. Três amostras da Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3389, 7.2 m, lâmina 75923, CP 930; MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938, CP 934. Diâmetro maior variando entre 33 e 35 µm.

**Discussão.** Em comparação com *Tetraedraletes grayae* Strother, 1991 os espécimes recuperados apresentam morfologia semelhante ao da referida espécie. Difere do espécime ilustrado em Rubinstein e Vajda (2019: pl. 6:L) em relação ao tamanho. Na referida publicação o diâmetro do espécime ilustrado é ligeiramente maior.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Ampla distribuição do Ordoviciano ao Devoniano (Strother *et al.*, 2015; Morris *et al.*, 2011). No intervalo Ordoviciano – Siluriano: Darriwiliano, Arábia Saudita, Formação Qasim, Membro Hanadir (Strother *et al.*, 2015). Ordoviciano Superior – Telychiano inferior, Líbia (Richardson, 1988). Sandbiano, Suécia, sondagem Borensult –1 (Rubinstein e Vajda, 2019). Katiano – Hirnantiano, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel – Syooki, 2016; 2017). Katiano–Hirnantiano, Anticosti Island, sondagem Valga – 10, Quebec, Canadá (Vecoli *et al.*, 2011). Hirnantiano, Bélgica, Brabant Massif, sondagem Oostduinkerke (Stemans,

2001); Argélia, formações Hassi el Hadjar e M'Kratta (Spina, 2015); Argentina, Formação Caspalá (Rubinstein *et al.*, 2016). Neohirnantiano – Eorhuddaniano, Chade, sondagem Mousseghouda e Líbia (Le Hérisse *et al.*, 2013). Ashgilliano, EUA, Dolomito Couches Fort Atkinson (Strother, 1991); República Tcheca, Formação Kosov (Vávrdová, 1982; 1984). Llandoveryano, EUA, Grupo Medina (Miller and Eames, 1982); Llandoveryano, Canadá, Formação Jupiter (Duffield e Legault, 1981). Brasil, Bacia do Paraná, formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

#### 4.1.6. Criptosporos tétrades tetraplanar

Tétrades compostas por quatro esporos em arranjo tetraplanar. Podem ocorrer nuas ou envoltas por membrana lisa ou ornamentada.

Gênero *TETRAPLARISPORITES* Wellman, Steemans & Miller, 2015

**Espécie-tipo.** *Tetraplanarisporites laevigatus* Wellman, Steemans & Miller, 2015.

*Tetraplanarisporites laevigatus* Wellman, Steemans & Miller, 2015

Estampa 1, Fig. 15

2015 *Tetraplanarisporites laevigatus* – Wellman *et al.*, pl.2, figs 4, 6, 7.

2016 *Tetraplanarisporites* sp. – Rubinstein *et al.*, pl. 1, fig. 18.

2016 *Tetraplanarisporites laevigatus* – Ghavidel–Syooki, pl. II, fig. 3; pl. III, fig. 11.

2017 *Tetraplanarisporites laevigatus* – Abuhmida e Wellman, pl. 6, fig. 4

2019 *Tetraplanarisporites laevigatus* – Rubinstein & Vajda, fig. 6: N.

**Descrição.** Tétrade tetraplanar de parede lisa cuja junção entre os esporos apresenta configuração em formato de cruz “+”.

**Material.** Um espécime medido. Ocorrência restrita a quatro amostras na seção Fazenda Três Barras. Duas amostras na Formação Iapó: MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926, CP 958; MP 3519, 6.95 m, lâmina LUnB/MP 3519. Duas amostras na Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3389, 7.2 m, lâmina 75923, CP 930. Diâmetro menor 22 µm, diâmetro maior 25 µm.

**Discussão:** Os espécimes de *Tetraplanarisporites laevigatus* recuperados nas formações Iapó e Vila Maria são menores que os reportados para a Arábia Saudita (Wellman *et al.*, 2015) e Irã, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2016).

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Darriwiliano, Líbia, Formação Hawaz (Abuhmida e Wellman, 2017). Sandbiano, Suécia, sondagem Borensult –1 (Rubinstein e Vajda, 2019). Katiano, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel – Syooki, 2016). Hirnantiano,

Argentina, Formação Caspalá (Rubinstein *et al.*, 2016). Rhuddaniano inferior – Aeroniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Wellman *et al.*, 2015). Brasil, Bacia do Paraná, Formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

#### 4.1.7. Criptosporos tétrades com esporos não fundidos.

Tétrades compostas por quatro esporos frouxamente fixados. A exina pode variar de fina à muito espessa ou com ornamentação. O formato pode variar entre arredondado ou com esporos proeminentes.

Gênero *RIMOSOTETRAS* Burgess, 1991

**Espécie-tipo.** *Rimosotetras problematica* Burgess, 1991.

#### ***Rimosotetras problematica* Burgess, 1991**

Estampa 2, Fig. 1

- 1988 *Nodospora burnhamensis*, tétrade solta – Richardson, pl. 19, figs 11, 12.  
1988 Tétrades soltas, variedade de paredes finas – Richardson, pl. 19, figs 7, 8.  
1991 *Rimosotetras problematica* sp. nov. – Burgess, pl. 1, fig. 12, 14, 15.  
1993 *Rimosotetras problematica* – Wellman e Richardson, pl. 1, figs 8 – 10.  
1993 *Rimosotetras problematica* – Wellman, pl. 1, figs 4, 5.  
1996 *Rimosotetras problematica* – Steemans *et al.*, pl. 4, figs 5, 6.  
2000 *Rimosotetras problematica* – Wellman *et al.*, pl. 1, fig. d.  
2000 *Rimosotetras problematica* – Steemans *et al.*, pl. 3, figs j, k.  
2001 *Rimosotetras problematica* – Le Hérisse *et al.*, pl. 4, fig. 7.  
2002 *Rimosotetras problematica* – Mizusaki *et al.*, fig. 3:k.  
2004 *Rimosotetras problematica* – Rubinstein e Vaccari *et al.*, pl. 1, fig. 8.  
2011 *Rimosotetras problematica* – Vecoli *et al.*, pl. I, fig. 9; pl. II, figs 19, 20; pl. III, figs 11, 12; pl. IV, figs 13, 20.  
2012 *Rimosotetras problematica* – Sachanski *et al.*, pl. V, figs e, f.  
2013 *Rimosotetras problematica* – Le Hérisse *et al.*, fig. 10: G.  
2015 *Rimosotetras problematica* – Spina, pl. 2, figs 1, 15.  
2015 *Rimosotetras problematica* – Strother *et al.*, pl. 2, fig. 13.  
2016 *Rimosotetras problematica* – Ghavidel–Syooki, pl. I, fig. 9; pl. II, fig. 13; pl. III, figs 1, 6.  
2016 *Rimosotetras problematica* – Rubinstein *et al.*, pl. 1, fig. 11.  
2017 *Rimosotetras problematica* – Abuhmida *et al.*, pl. 6, fig. 9.  
2017 *Rimosotetras problematica* – Vecoli *et al.*, pl. 6, fig. 9.

**Descrição.** Tétrade nua com esporos subtriangulares frouxamente aderidos.

**Material.** Ocorrência restrita a sete amostras na seção Fazenda Três Barras. Duas amostras na Formação Iapó, MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926, CP 958, EF L39; MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959, EF T32/4; MP 3518, 6.8 m, lâmina 75974. Quatro amostras na Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3389, 7.2 m,

lâmina 75923, CP 930; MP 3390, 7.4 m, lâmina 75930, CP 931; MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938, CP 934. Diâmetro menor variando entre 40 e 44  $\mu\text{m}$ , diâmetro maior variando entre 45 e 51  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** Segundo Strother *et al.* (2015) este táxon apresenta variabilidade morfológica considerável, principalmente quanto ao grau de aderência entre os esporos da tétrade. Dentre os espécimes observados no presente trabalho foi possível observar alguma variação no grau de aderência.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Ampla distribuição geográfica. Distribuição estratigráfica do Ordoviciano Médio ao Devoniano inferior (Abuhmida e Wellman, 2017; Wellman e Richardson, 1991; Morris *et al.*, 2011) e registro frequente em estratos do Ordoviciano ao Siluriano (Spina, 2014; Ghavidel–Syooki, 2016). No intervalo Ordoviciano – Siluriano: Dapingiano – Darriwilliano inferior, Arabia Saudita, formações Saq e Qasim (Vecoli *et al.*, 2017). Darriwiliano, Arábia Saudita, Formação Qasim, Membro Hanadir (Strother *et al.*, 2015). Ashgilliano Superior – Telychiano inferior, Líbia (Richardson, 1988). Katiano Superior – Hirnantiano, Turquia, Formação Bedinan (Stemans *et al.*, 1996). Katiano – Hirnantiano, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2016); Canadá, Anticosti Island, sondagem Valga – 10 (Vecoli *et al.*, 2011). Hirnantiano, Argentina, Formação Salar del Ríncon (Rubinstein e Vaccari, 2004; Rubinstein *et al.*, 2016); Argélia, formações Hassi el Hadjar e M’Kratta (Spina, 2015). Hirnantiano superior – Rhuddaniano inferior, Chade, sondagem Mousseghouda (Le Hérisse *et al.*, 2013). Hirnantiano, Argentina, Formação Caspalá (Rubinstein *et al.*, 2016). Ordoviciano Superior – Aeroniano superior, Reino Unido (Burgess 1991). Rhuddaniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Stemans *et al.*, 2000, Wellman *et al.*, 2000). Rhuddaniano – Aeroniano inferior, Brasil, Formação Vila Maria (Mizusaki *et al.*, 2002). Rhuddaniano – Telychiano inferior, Turquia, Formação Findikli (Sachanski *et al.*, 2012). Aeroniano inferior – Telychiano médio, Brasil, Formação Tianguá (Le Hérisse *et al.*, 2001). Brasil, Bacia do Paraná, Formações Iapó e Vila Maria, seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras.

#### **4.1.8. Criptosporos tétrades envoltos por envelope**

Tétrades tetraédricas compostas por quatro esporos ligeiramente não fundidos envoltos por membrana de superfície lisa ou ornamentada por grânulos, muri convoluto, retículo ou muri discreto.

Gênero *VELATITETRAS* Burgess, 1991

**Espécie-tipo.** *Velatitetras laevigata* Burgess, 1991.

***Velatitetras laevigata* Burgess, 1991**

Estampa 2, Fig. 2, 3, 4

- 1985 Tétrade com perisporo liso – Gray, pl. 1, figs. 2, 3.  
1988 Tétrade com envelope liso ou reticulado possivelmente degradado – Gray, pl. 1, fig. 3.  
1991 *Velatitetras laevigata* – Burgess, p. 583, pl. 1, figs. 5 and 6  
1991 *Velatitetras laevigata* – Burgess, pl. 1, figs 5, 6.  
1996 *Velatitetras laevigata* – Steemans *et al.*, pl. V, fig. 5 – 7.  
1997 *Velatitetras laevigata* – Wang *et al.*, pl. I, fig. 10 – 16.  
2000 *Velatitetras laevigata* – Steemans *et al.*, pl. 4, figs e, f.  
2000 *Velatitetras laevigata* – Wellman *et al.*, pl. 1, fig. j.  
2001 *Velatitetras laevigata* – Steemans, fig. 6: 8, 9.  
2001 *Velatitetras laevigata* – Le Hérisse *et al.*, pl. 5, fig. 18.  
2002 *Velatitetras laevigata* – Mizusaki *et al.*, fig. 4: d, e.  
2004 *Velatitetras laevigata* – Rubinstein e Vaccari, fig. 4: E.  
2011 *Velatitetras laevigata* – Vecoli *et al.*, pl. 1, fig. 12; pl. III, figs 13, 19; pl. IV, fig. 8  
2012 *Velatitetras laevigata* – Sachanski *et al.*, pl. V, figs j, k, n.  
2013 *Velatitetras laevigata* – Le Hérisse *et al.*, fig. 10: M.  
2015 *Velatitetras laevigata* – Wellman *et al.*, pl. 3, figs 2, 3.  
2015 *Velatitetras laevigata* – Spina, pl. 1, figs 4, 13, 14, 20.  
2016 *Velatitetras laevigata* – Raevskaya *et al.*, pl. I, figs 1, 2, 8, 13.  
2016 *Velatitetras cf. laevigata* – Rubinstein *et al.*, pl. 1, fig. 19.  
2016 *Velatitetras laevigata* – Ghavidel-Syooki, pl. II, fig. 5; pl. III, figs 2, 15.  
2017 *Velatitetras laevigata* – Vecoli *et al.*, pl. 4, figs 7, 8.  
2017 *Velatitetras laevigata* – Abuhmida e Wellman, pl. 6, fig. 13.

**Descrição.** Tétrade tetraédrica composta por esporos não fundidos envoltos por membrana lisa.

**Material.** Ocorrência restrita a cinco amostras na seção Fazenda Três Barras. Três amostras na Formação Iapó: MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926, CP 958; MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959; MP 3387, 6.4 m, lâmina LUnB/MP 3387. Duas amostras na Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3389, 7.2 m, lâmina 75923, CP 930. Quatro espécimes medidos. Diâmetro menor variando entre 22 e 34 µm. Diâmetro maior variando entre 30 e 38 µm.

**Discussão.** Em comparação com *Velatitetras laevigata* Burgess, 1991 os espécimes recuperados apresentam morfologia similar ao da referida espécie.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Espécie amplamente distribuída em estratos do Katiano ao Devoniano inferior (Abuhmida e Wellman, 2017; Mehlqvist *et al.*, 2015). No intervalo Ordoviciano – Siluriano: Dapingiano – Darriwilliano inferior, Arabia



Saudita, formações Saq e Qasim (Vecoli *et al.*, 2017). Katiano Superior – Hirnantiano, Turquia, Formação Bedinan (Stemans *et al.*, 1996). Katiano – Hirnantiano, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2016); Canadá, Anticosti Island, sondagem Valga – 10 (Vecoli *et al.*, 2011). Hirnantiano, Argentina, Formação Salar del Ríncon (Rubinstein e Vaccari, 2004; Rubinstein *et al.*, 2016); Argélia, formações Hassi el Hadjar e M’Kratra (Spina, 2015). Hirnantiano superior – Rhuddadniano inferior, Chade, sondagem Mousseghouda (Le Hérisse *et al.*, 2013). Hirnantiano – Siluriano inferior, Argentina, Formação Caspalá (Rubinstein *et al.*, 2016). Ordoviciano Superior – Aeroniano superior, Reino Unido (Burgess 1991). Rhuddaniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Stemans *et al.*, 2000, Wellman *et al.*, 2000). Rhuddaniano – Aeroniano inferior, Brasil, Formação Vila Maria (Mizusaki *et al.*, 2002). Rhuddaniano – Telychiano inferior, Turquia, Formação Findikli (Sachanski *et al.*, 2012). Aeroniano inferior – Telychiano médio, Brasil, Formação Tianguá (Le Hérisse *et al.*, 2001). Brasil, Bacia do Paraná, Formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

***Velatitetras rugosa* (Strother e Traverse) Stemans, Le Hérisse e Bozdogan, 1996**

Estampa 2, Fig. 5

- 1982 *Nodospora* cf. *Nodospora rugosa* – Miller e Eames, pl. 6, fig. 2.  
 1985 *Nodospora rugosa* – Johnson, pl. VIII, fig. 1; pl. XII, figs 3, 4.  
 1985 Tétrade com perispofo rugoso firmemente aderido – Gray, pl. 1, figs 10 – 13.  
 1985 Tétrade com perispofo rugoso – Gray, pl. 2, fig. 19.  
 1988 *Nodospora rugosa* – Richardson, pl. 18, figs 3 – 6; pl. 19, figs 2 – 4.  
 1989 *Nodospora rugosa* – Vavrdova, fig. 2: 10.  
 1991 *Velatitetras rugosa* – Burgess, pl. 1, fig. 10.  
 1996 *Velatitetras rugosa* – Stemans *et al.*, pl. V figs 11, 12.  
 2000 *Velatitetras rugosa* – Stemans *et al.*, pl. 4, fig. i.  
 2000 *Velatitetras rugosa* – Wellman *et al.*, pl. 1 figs e, f.  
 2001 *Velatitetras (Nodospora) rugosa* – Stemans, fig. 6: 11.  
 2001 *Velatitetras (Nodospora) rugosa* – Le Hérisse *et al.*, pl. 5, fig. 21.  
 2002 *Velatitetras rugosa* – Mizusaki *et al.*, fig. 4: f, g.  
 2004 *Velatitetras rugosa* – Rubinstein e Vaccari, pl. I, fig. 9.  
 2011 *Velatitetras rugosa* – Vecoli *et al.*, pl. 1, fig. 11; pl. IV, figs 1, 9, 15 – 17.  
 2015 *Velatitetras rugosa* – Spina, pl. 1, fig. 1; pl. 2, fig. 16.  
 2016 *Velatitetras rugosa* – Rubinstein *et al.*, pl. 1, fig. 21.  
 2016 *Velatitetras rugosa* – Ghavidel–Syooki, pl. II, fig. 7; pl. III, fig. 14; pl. IV, figs 1, 2, 8, 12, 17; pl. VI, figs 4, 6, 8, 12, 15; pl. VII, fig. 20.

**Descrição.** Tétrade tetraédrica composta por esporos não fundidos, envoltos por membrana rugulada e convoluta (aparência de cérebro).

**Material.** Ocorrência restrita a uma amostra na seção Fazenda Três Barras, Formação Iapó: MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926, CP 958. Diâmetro variando entre 42 e 55 µm.

**Discussão.** Registro prévio desta espécie foi reportado por Mauller *et al.* (2004) a partir de folhelhos da Formação Vargas Peña, Bacia do Paraná, Paraguai, contudo, sem ilustração.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** No intervalo Ordoviciano – Siluriano: Katiano Superior – Hirnantiano, Turquia, Formação Bedinan (Stemans *et al.*, 1996). Katiano – Hirnantiano, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2016); Canadá, Anticosti Island, sondagem Valga – 10 (Vecoli *et al.*, 2011). Hirnantiano, Argentina, Formação Salar del Ríncon (Rubinstein e Vaccari, 2004; Rubinstein *et al.*, 2016); Argélia, formações Hassi el Hadjar e M’Kratra (Spina, 2015). Ashgilliano inferior, República Tcheca, Formação Kosov (Vávrková, 1989). Ordoviciano superior – Siluriano, Líbia (Richardson, 1988). Ordoviciano Médio – Siluriano inferior, Canadá, Formação Jupiter; EUA, Membro Poor Valley Ridge (Gray, 1985). Hirnantiano – Siluriano inferior, Argentina, Formação Caspalá (Rubinstein *et al.*, 2016). Ordoviciano Superior – Aeroniano superior, Reino Unido (Burgess 1991). Siluriano, EUA, Formação Tuscarora (Johnson, 1985). Llandoveryiano inferior, EUA, Grupo Medina (Miller e Eames, 1982). Rhuddaniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Stemans *et al.*, 2000, Wellman *et al.*, 2000). Rhuddaniano – Aeroniano inferior, Brasil, Formação Vila Maria (Mizusaki *et al.*, 2002). Rhuddaniano – Telychiano inferior, Turquia, Formação Findikli (Sachanski *et al.*, 2012). Aeroniano inferior – Telychiano médio, Brasil, Formação Tianguá (Le Hérissé *et al.*, 2001). Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria.

### ***Velatitetras anatoliensis* Stemans, Le Hérissé e Bozdogan, 1996**

Estampa 2, Fig. 6

1991 *Velatitetras* sp. A – Burgess, pl. 1, fig. 11.

1996 *Velatitetras anatoliensis* sp. nov. – Stemans *et al.*, pl. 5, figs 3, 4.

2000 *Velatitetras anatoliensis* – Wellman *et al.*, pl. 1, fig k.

2001 *Velatitetras anatoliensis* – Stemans, fig. 6:6 –7.

2001 *Velatitetras anatoliensis* – Le Hérissé *et al.*, pl. 5, fig. 22.

2002 *Velatitetras anatoliensis* – Mizusaki *et al.*, fig.4: c.

2012 *Velatitetras anatoliensis* – Sachanski *et al.*, pl. V, fig. M.

2015 *Velatitetras anatoliensis* – Wellman *et al.*, pl.3, fig. 1.

2019 *Velatitetras anatoliensis* – Rubinstein & Vajda, fig. 6, O.

**Descrição.** Tétrade tetraédrica composta por esporos não fundidos, envoltos por membrana com ornamentação granulada.

**Material.** Ocorrência restrita à uma amostra na Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria: MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938, CP 934, EF N29/3. Diâmetro em torno de 45 µm.

**Discussão.** Difere do espécime reportado por Steemans *et al.* (1996) por apresentar diâmetro maior. Registro prévio desta espécie na Bacia do Paraná foi reportado por Mauller *et al.* (2004) a partir de folhelhos da Formação Vargas Peña, Paraguai, contudo, sem ilustração.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Distribuição estratigráfica do Ordoviciano Superior ao limite Aeroniano – Telychiano (Sachanski *et al.*, 2012). Ordoviciano Superior – Aeroniano superior, Reino Unido (Burgess 1991). Darriwiliano, Suécia, sondagem Borensult –1 (Rubinstein e Vajda, 2019). Katiano Superior – Hirnantiano, Turquia, Formação Bedinan (Steemans *et al.*, 1996). Hirnantiano, Bélgica, sondagem Oostduinkerke (Steemans, 2001). Rhuddaniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba, sondagem Hawiyah – 151 (Wellman *et al.*, 2000). Rhuddaniano inferior – Aeroniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Wellman *et al.*, 2015). Rhuddaniano – Aeroniano inferior, Brasil, Formação Vila Maria (Mizusaki *et al.*, 2002). Rhuddaniano – Telychiano inferior, Turquia, Formação Findikli (Sachanski *et al.*, 2012). Aeroniano inferior – Telychiano médio, Brasil, Formação Tianguá (Le Hérisse *et al.*, 2001). Brasil, Bacia do Paraná, Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

#### 4.1.9. Esporos hilatos

Gênero *IMPERFECTOTRILETES* Steemans, Higgs e Wellman, 2000

**Espécie-tipo.** *Imperfectotriletes patinatus* Steemans, Higgs e Wellman, 2000.

***Imperfectotriletes vavrdovae* (Richardson, 1988) Steemans, Higgs e Wellman, 2000**

Estampa 2, Fig. 7

1985 *Ambitisorites?* – Johnson, pl. X, fig. 6.

1985 Esporo trilete com curvatura – Johnson, pl. X, fig. 7.

?1985 Esporo trilete possivelmente quebrado – Johnson, pl. X, fig. 8.

1988 ?*Ambitisorites imperfectus* Richardson – pl. 20, fig. 4–6.

1988 ?*Ambitisorites vavrdovii* Richardson – pl. 20, fig. 1–3.

1991 ?*Ambitisorites vavrdovii* Richardson – Burgess, pl. 2, fig. 16 – 18.

1996 ?*Ambitisorites vavrdovii* Richardson – Steemans *et al.*, pl. VI, fig. 6.

2000 *Imperfectotriletes vavrdovae* – Steemans *et al.*, pl. 2, i–m.

2001 *Imperfectotriletes vavrdovae* – Le Hérisse *et al.*, pl.4, fig. 2.

2002 *Imperfectotriletes vavrdovae* – Mizusaki *et al.*, fig. 3, e.

- 2004 *Imperfectotriletes vavrdovae* – Mauller *et al.*, fig. 4, 15.  
 2004 *Imperfectotriletes vavrdovae* – Rubinstein & Vaccari, pl. 1, fig. 1–6.  
 2012 *Imperfectotriletes vavrdovae* – Sachanski *et al.*, pl. 5, figs q, r, s.  
 2013 *Imperfectotriletes vavrdovae* – Le Hérisse *et al.*, fig.10, D,E.  
 2015 *Imperfectotriletes vavrdovae* – Wellman *et al.*, pl. 3, fig. 16.  
 2016 *Imperfectotriletes* (? *Ambitisporites*) *vavrdovae* – Rubinstein *et al.*, pl.2, figs 2, 3.  
 2016 *Imperfectotriletes vavrdovae* – Ghavidel–Syooki *et al.*, pl.2, fig. 2 – 3.  
 2019 *Imperfectotriletes vavrdovae* – Rubinstein & Vajda, fig. 5, L, Q.

**Descrição.** Mônade nua subtriangular, superfície lisa sem engrossamento na borda equatorial. Apresenta marca trilete incompleta.

**Material.** Ocorrência registrada em nove amostras na seção Fazenda Três Barras: Duas amostras na Formação Iapó: MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926, CP 958; MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959. Sete amostras na Formação Vila Maria: MP 3390, 7.4 m, lâmina 75930, CP 931; MP 3509, 9.6 m, lâmina 75988; MP 3510, lâmina 75967; MP 3396, 10.6 m, LUnB/MP 3396; MP 3397, 11.2 m, lâmina 75978; MP 3398, 11.48 m, lâmina 75957 e MP 3399, 11.7 m, lâmina 75981. Diâmetro menor variando entre 30 µm e 34 µm. Diâmetro maior variando entre 33 e 36 µm.

**Discussão.** Apresenta morfologia compatível com *Imperfectotriletes vavrdovae* (Richardson, 1988) Steemans, Higgs e Wellman, 2000.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Ampla distribuição geográfica e estratigráfica. Quanto ao intervalo Ordoviciano – Siluriano: Ordoviciano Superior, Turquia, Formação Bedinan (Steemans, 1996). Darriwiliano, Suécia, sondagem Borensult –1 (Rubinstein e Vajda, 2019). Katiano – Hirnantiano, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2016). Ashgilliano inferior, República Tcheca, Formação Kosov (Vávrková, 1988). Ordoviciano superior – Siluriano, Líbia (Richardson, 1988). Hirnantiano, Argentina, Formação Salar del Ríncon (Rubinstein e Vaccari, 2004; Rubinstein *et al.*, 2016); Formação Caspalá (Rubinstein *et al.*, 2016). Hirnantiano mais superior – Rhuddaniano mais inferior, Chade e Líbia (Lé Hérisse *et al.*, 2013). Siluriano, EUA, Formação Tuscarora (Johnson, 1985). Rhuddaniano inferior, Reino Unido (Burgess, 1991). Rhuddaniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Steemans *et al.*, 2000). Rhuddaniano inferior – Aeroniano, Brasil, Formação Vila Maria (Mizusaki *et al.*, 2002). Rhuddaniano – Aeroniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Wellman *et al.*, 2015); Turquia, Formação Findikli (Sachanski *et al.*, 2012). Aeroniano, Paraguai, Formação Vargas Peña (Mauller *et al.*, 2004). Aeroniano – Telychiano, Brasil, Formação, Tianguá

(Le Hérisse, 2001). Brasil, Bacia do Paraná, seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria.

Gênero *LAEVOLANCIS* Burgess e Richardson, 1991

**Espécie-tipo.** *Laevolancis divellomedium* (Chibrikovae) Burgess e Richardosn, 1991.

***Laevolancis chibrikovae* Steemans, Higgs e Wellman, 2000**

Estampa 2. Fig. 8

- 1996 *Laevolancis divellomedia* (Chibrikova) – Wellman, pl. 1, figs 21 –24.  
1997 *Laevolancis divellomedia* (Chibrikova) – Wang *et al.*, pl. 2, figs 12 – 13.  
2000 *Laevolancis chibrikovae* – Steemans *et al.*, pl. 2, figs n – o; pl. 3, fig. a.  
2000 *Laevolancis chibrikovae* – Wellman *et al.*, pl. 5, fig. f.  
2004 *Laevolancis chibrikovae* – Rubinstein e Vaccari, pl. 1, fig. 11.  
2010 *Laevolancis chibrikovae* – Wang *et al.*, fig. 5: f.  
2012 *Laevolancis chibrikovae* – Sachanski *et al.*, pl. IV, fig. b.  
2015 cf. *Laevolancis chibrikovae* – Wellman *et al.*, pl. 3, fig. 13.  
2019 *Laevolancis chibrikovae* – Rubinstein e Vajda., fig. 6: G.

**Descrição.** Mônade subcircular com hilum laevigato mais fino que a exina na porção distal. Porção distal irregular contendo restos aderidos de outra mônade, podendo apresentar ruptura em alguns pontos.

**Material.** Ocorrência registrada em seis amostras, sendo duas na seção córrego da Aldeia e quatro na seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia: Uma amostra da Formação Iapó: MP 2849, 2.5 m, lâmina LUnB/MP. Uma amostra da Formação Vila Maria, MP 2874, 21.5 m, lâmina LUnB/MP. Seção Fazenda Três Barras: Duas amostras da Formação Iapó: MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926, CP 958; MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959. Duas amostras da Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936 e MP 3390, 7.4 m, lâmina 75930, CP 931. Diâmetro menor variando entre 36 e 40 Diâmetro maior variando entre 46 e 48 µm.

**Discussão.** Os espécimes recuperados apresentam forma e tamanho similares aos dos espécimes provenientes de outras localidades no mundo.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Distribuição mundial do Ordoviciano ao Llandoveryano. Quanto ao intervalo Ordoviciano – Siluriano: Ordoviciano Superior, sul da Inglaterra (Wellman, 1996). Ashigilliano, China, Xinjiang (Wang *et al.*, 1997). Sandbiano, Suécia, sondagem Borensult –1 (Rubinstein e Vajda, 2019). Hirnantiano, Argentina, Formação Salar del Rincon (Rubinstein e Vaccari, 2004, Rubinstein *et al.*, 2016). Rhuddaniano, Arábia Saudita (Steemans *et al.*, 2000; Wellman *et al.*, 2000). Rhuddaniano inferior – Aeroniano, Arábia Saudita, Qalibah Formation, Membro

Qusaiba, (Wellman *et al.*, 2015). Telychiano, China, Formação Manbo (Wang *et al.*, 2010). Brasil, Bacia do Paraná, seção córrego da Aldeia, Formação Iapó, seção Fazenda Três Barras, Formações Iapó e Vila Maria.

Mônades aletas dissociadas de díades. Apresentam hilum, espessamento equatorial e formato hemisférico em vista longitudinal. A exina pode ocorrer lisa ou ornamentada.

Gênero *GNEUDNASPORA* Burgess e Richardson, 1991

Espécie-tipo. *Laevolancis divellomedium* (Chibrikovae) Burgess and Richardosn, 1991.

***Gneudnaspora divellomedia* (Chibrikova) Balme, 1988 var. *minor* Breuer *et al.*,**

**2007**

Estampa 2, Fig. 9

- 1959 *Archaeozonotriletes divellomedium* – Chibrikova, pl. 9, fig. 4.  
1966 *Hispanaediscus berneseae* – Cramer, pl. 1, figs. 2, 11.  
1968 Spore nº 2651 – Magloire, pl. 1, fig. 6.  
1969 ?*Archaeozonotriletes* cf. *divellomedium* Chibrikova – Richards e Lister, pl. 43, fig. 12.  
1974 *Archaeozonotriletes* (?) *divellomedium* (Chibrikova) – Arkhangelskaya, pl. 1, fig. 51.  
1974 *Zonales* (?) *divellomedium* (Chibrikova) – Arkhangelskaya, pl. 6, figs 3, 4.  
1974 ?*Archaeozonotriletes divellomedium* Chibrikova – McGregor, pl. 1, figs 35, 40.  
1978 *Hispanaediscus* sp. – McGregor e Narbonne, pl. 1, figs 20–22.  
1980 *Zonales* (?) *divellomedium* (Chibrikova) – Arkhangelskaya, pl. 5, fig. 34.  
1984 ?*Stenozonotriletes irregularis* (Schultz) – McGregor, pl. 1, fig. 26.  
1986 *Archaeozonotriletes* cf. *divellomedium* Chibrikova – Buret and Moreau–Benoît, pl. 1, fig. 1.  
1986 *Tholisporites divellomedium* (Chibrikova) – Turnau, pl. 2, fig. 12; pl. 4, fig. 14.  
1988 *Gneudnaspora divellomedium* (Chibrikova) – Balme, pl. 3, figs 1–7.  
1991 *Laevolancis divellomedia* (Chibrikova) – Burgess e Richardson, pl. 2, figs 4, 6.  
1996 *Laevolancis divellomedium* (Chibrikova) – Steemans *et al.*, pl. VI, figs 3, 4.  
1997 *Laevolancis* cf. *divellomedium* (Chibrikova) – Wang *et al.*, pl. II, figs 12, 13.  
2000 *Laevolancis divellomedia* (Chibrikova) – Steemans *et al.*, pl. 3, figs b – e.  
2000 *Laevolancis divellomedia* (Chibrikova) – Wellman *et al.*, pl. 2, fig. K, L.  
2001 *Laevolancis divellomedium* (Chibrikova) – Le Hérissé *et al.*, pl. 4, fig. 4, 5.  
2002 *Laevolancis divellomedium* (Chibrikova) – Mizusaki *et al.*, fig. 3: f, g  
2004 *Laevolancis divellomedia* (Chibrikova) – Mauller *et al.*, fig. 4:18.  
2007 *Gneudnaspora divellomedia* (Chibrikova) Balme, 1988 var. *minor* nov. var. – Breuer *et al.*, pl. 3, figs 10–16.  
2010 *Gneudnaspora* (*Laevolancis*) *divellomedia* – Rubinstein *et al.*, fig. 2: c, d.  
2011 *Gneudnaspora divellomedia* (Chibrikova) Balme, 1988 var. *minor* – Vecoli *et al.*, pl. III, fig. 6.  
2014 *Gneudnaspora divellomedia* (Chibrikova) Balme, 1988 var. *minor* – Spina, pl. 2, fig. 14.

2014 *Gneudnaspora divellomedia* (Chibrikova) Balme, 1988 var. *minor* – Mahmoudi *et al.*, pl. 1, figs 1, 2.

2015 *Gneudnaspora divellomedia* (Chibrikova) Balme, 1988 var. *minor* – Wellman *et al.*, pl. 3, fig. 14.

2016 *Laevolancis divellomedium* (Chibrikova) – Ghavidel–Syooki., pl. 7, figs 5, 19.

2016 *Laevolancis divellomedium* (Chibrikova) – Rubinstein *et al.*, pl. 2, figs 4 – 8.

**Descrição.** Mônade nua, circular à subcircular, hilum levigato e exina espessa. Diâmetro menor que 35  $\mu\text{m}$ .

**Material.** Ocorrência registrada em oito amostras, sendo quatro na seção córrego da Aldeia e quatro na seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia, Formação Iapó: MP 2849, 2.5 m. Formação Vila Maria: MP 2854, 14.7 m; MP 2861, 17.1 m, lâmina L.171016, CP 957; MP 2865, 18.3 m, lâmina L61016. Seção Fazenda Três Barras, três amostras da Formação Iapó: MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926, CP 958; MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959. MP 3518, 6.8 m, lâmina 75974. Uma amostra da Formação Vila Maria: MP 3391, 7.6 m, lâmina L5816, CP 933. Diâmetro menor variando entre 30 e 34  $\mu\text{m}$ . Diâmetro maior variando entre 44 e 48  $\mu\text{m}$ .

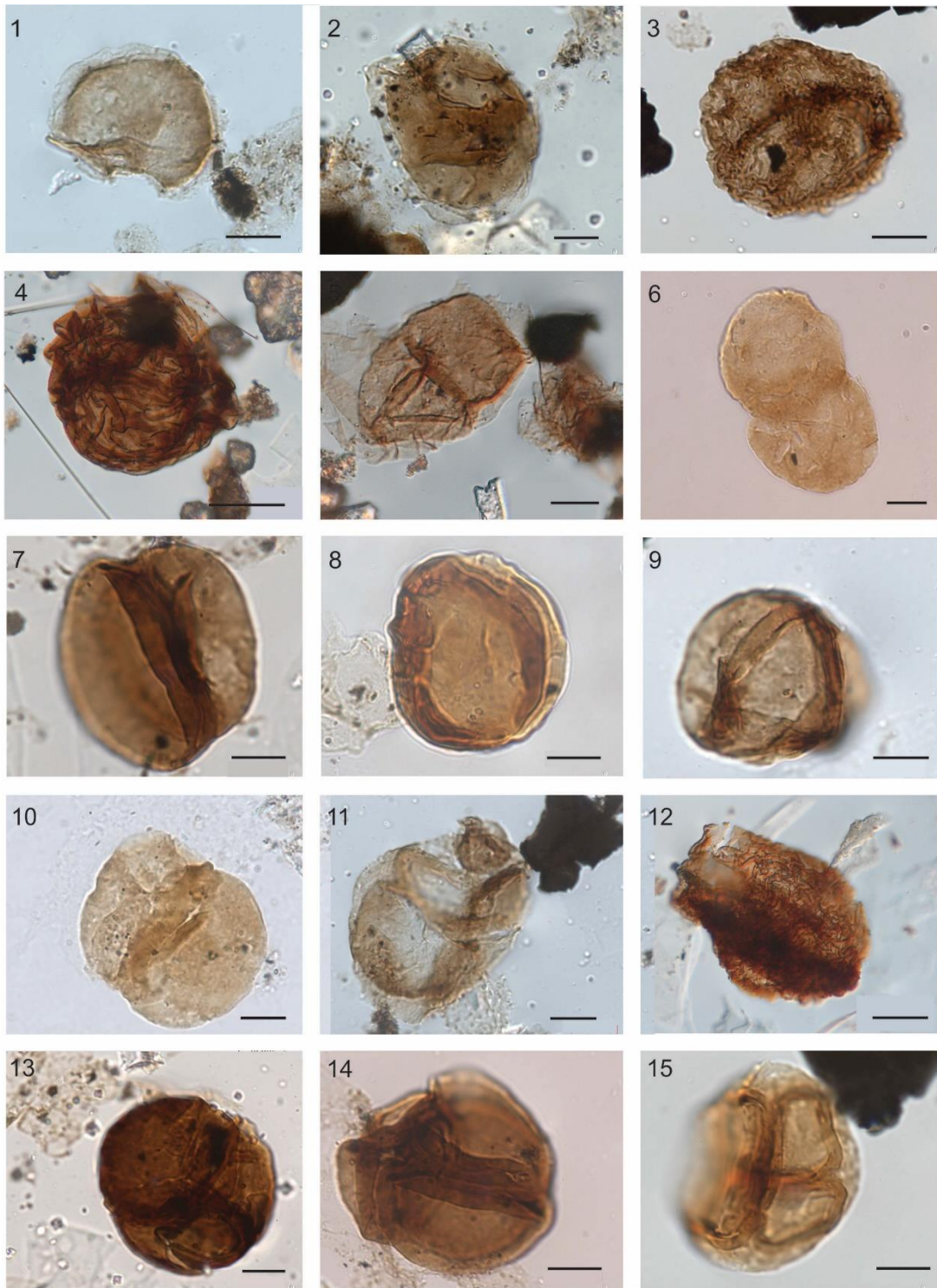
**Discussão.** Os espécimes recuperados apresentam forma e tamanho similares aos dos espécimes de *Gneudnaspora divellomedia* var. *minor* provenientes de outras localidades. Segundo Breuer *et al.* (2007) esta variedade abrange espécimes pequenos (28 – 34  $\mu\text{m}$ ) de *Gneudnaspora divellomedia*. A discussão sobre a variação de tamanho de populações prévias desta última espécie e a acomodação adequada destas populações entre as variedades propostas por Breuer *et al.* (2007) foi reportada por Vecoli *et al.* (2011).

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Distribuição mundial do Ordoviciano ao Devoniano (Stemans *et al.*, 2000; Breuer *et al.*, 2007; Vecoli *et al.*, 2011). Quanto ao intervalo Ordoviciano – Siluriano: Dapingiano (?) – Darriwilliano, Argentina, formações Zanjón e Labrado (Rubinstein *et al.*, 2010). Ordoviciano Superior – Ashgilliano, Turquia (Stemans *et al.*, 1996). Ashgilliano, China, Formação Kalpintag (Wang *et al.*, 1997). Llandoveryano, Arábia Saudita (Stemans *et al.*, 2000; Wellman *et al.*, 2000). Rhuddaniano inferior – Aeroniano, Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Wellman *et al.*, 2015). Rhuddaniano – Aeroniano, Brasil, Formação Vila Maria (Mizusaki *et al.*, 2002). Aeroniano, Paraguai, Formação Vargas Peña (Mauiller *et al.*, 2004). Aeroniano superior – Telychiano inferior, Brasil, Formação Tianguá (Le Hérisse *et al.*, 2001). Brasil, Bacia do Paraná, seção córrego da Aldeia, Formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, Formações Iapó e Vila Maria.

Estampa 1. Criptosporos das formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, Bacia do Paraná. Espécies seguidas de número de amostra (MP), posição estratigráfica (m), número da Coleção do Museu de Geociências (CP) e coordenada England Finder. Barra de escala = 10 µm. Barra de escala = 20 µm (4,12).

- 1- *Sphaerosaccus glabellus* Steemans, Higgs & Wellman, 2000. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. E31/4.
- 2- *Sphaerosaccus glabellus* Steemans, Higgs & Wellman, 2000. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. T 33/4.
- 3- *Rugosphaera cerebra* Miller & Eames, 1982. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. J29/2
- 4- *Rugosphaera?* sp. A. MP 3384, 2,3 m. Lâmina 75926. CP 958. N44.
- 5- *Pseudodyadospora laevigata* Johnson, 1985. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. R44/3.
- 6- *Pseudodyadospora laevigata* Johnson, 1985. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. E 28/1.
- 7- *Pseudodyadospora petasus* Richardson & Wellman, 1993. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. H30/1.
- 8- *Pseudodyadospora petasus* Richardson & Wellman, 1993. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. U 26/4.
- 9- *Dyadospora murusattenuata* Strother & Traverse, 1979. MP 3386, 6.3m. Lâmina 75929. CP 959. O27.
- 10- *Dyadospora murusdensa* Strother & Traverse, 1979. MP 3390, 7,4 m. Lâmina 775930. CP 931. Y30/1.
- 11- *Segestrespora laevigata* Burgess, 1991. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. P27/4.
- 12- *Segestrespora rugosa* (Johnson) Burgess, 1991. MP 3384, 2.3 m. Lâmina 75926. CP 958. S44/3.
- 13- *Tetrahdraletes medinensis* Strother e Traverse, 1979. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. N34/3.
- 14- *Tetrahdraletes medinensis* Strother e Traverse, 1979. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. G27/2.
- 15- *Tetrahdraletes medinensis* Strother e Traverse, 1979. MP 3393, 8,0 m. Lâmina 75950. CP 935. E41/4.

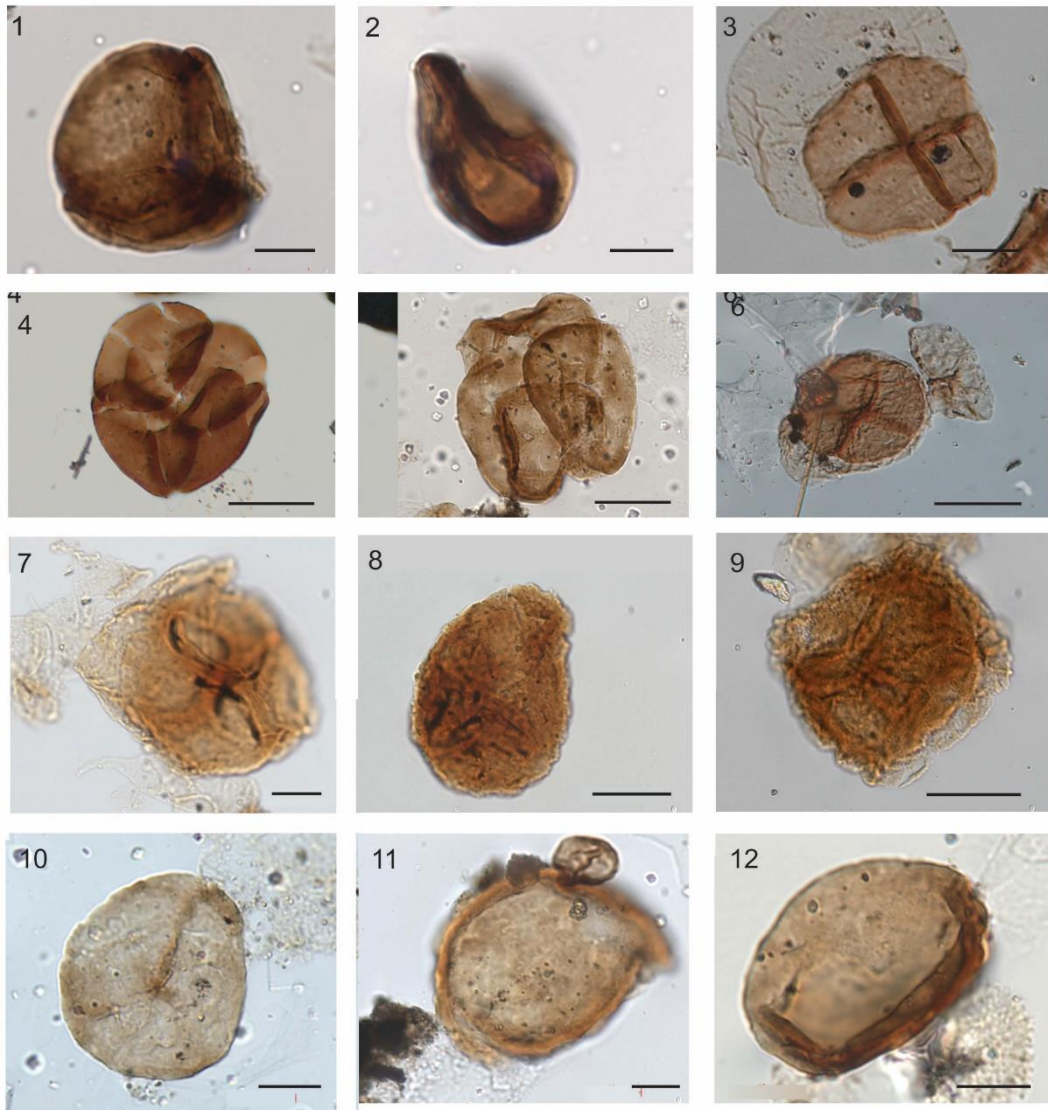




ESTAMPA 1

Estampa 2. Criptosporos da Formação Iapó, seção Fazenda Três Barras, Bacia do Paraná. Espécies seguidas de número de amostra (MP), posição estratigráfica (m), número da Coleção do Museu de Geociências (CP) e coordenada England Finder. Barra de escala = 20 µm. Barra de escala = 10 µm (7, 10, 11, 12).

- 1- *Tetraedraletes medinensis* Strother e Traverse var *parvus* Burgess, 1991. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. H43/3.
- 2- *Tetraedraletes grayae* Steemans, Higgs & Wellman, 2000. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. W31/3.
- 3- *Tetraplanarisporites laevigatus* Wellman, Steemans & Miller, 2015. MP 3384, 2.3 m. Lâmina 75926. CP 958. S46/3.
- 4- *Rimosotetras problematica* Burgess, 1991. MP 3384, 2,3 m. Lâmina 75926. CP 958. L39.
- 5- *Rimosotetras problematica* Burgess, 1991. MP 3384, 2,3 m. Lâmina 75926. CP 958. M14.
- 6- *Velatitetras laevigata* Burgess, 1991. MP 3384, 2.3 m. Lâmina 75926. CP 958. H31/3.
- 7- *Velatitetras laevigata* Burgess, 1991. MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75950. CP 935. D29/3.
- 8- *Velatitetras rugosa* (Strother e Traverse) Steemans, Le Hérisse e Bozdogan, 1996. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. W48.
- 9- *Velatitetras anatoliensis* Steemans, Le Hérisse e Bozdogan, 1996. MP 3393, 8,0 m. Lâmina 75950. CP 935. N29/3.
- 10- *Imperfectotriletes vavrdovae* (Richardson) Steemans *et al.*, 2000. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. L34/3.
- 11- *Laevolancis chibrikovae* Steemans, Higgs & Wellman, 2000. MP 3384, 2.6 m. Lâmina 75926. CP 958. M32/3.
- 12- *Gneudnaspora divellomedia* (Chibrikovae) Balme, 1988 var. *minor* Breuer *et al.*, 2007. MP 3384, 2.6 m. Lâmina 75926. CP 958. F28/4.



ESTAMPA 2

## 4.2. Taxonomia de quitinozoários

As espécies recuperadas são restritas a Formação Vila Maria nas duas seções estudadas. Treze espécies de quitinozoários foram identificadas: *Ancyrochitina ancyrea* Eisenack, 1931; *Ancyrochitina ramosaspina* Nestor, 1994; *Ancyrochitina?* sp. A; *Angochitina* sp. A.; *Belonechitina* cf. *B. pseudarabiensis* Butcher, 2009; *Cyathochitina?* sp.A, *Lagenochitina* sp. A; *Plectochitina* cf. *P. longispina* Achab, 1978; *Spinachitina debbajae* Paris, 1988, *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri* Paris, 2000, *Spinachitina* cf. *S. verniersi* Vandenbroucke, 2009; *Sphaerochitina* sp. A; *Sphaerochitina silurica* Grahn *et al.*, 2000.

Os espécimes ilustrados foram depositados na Coleção de Pesquisa do Museu de Geociências, Universidade de Brasília, sob o prefixo CP. Os espécimes recuperados estão achatados e o valor de correção de 0,8 (Paris, 1981; Jaglin, 1986) foi utilizado para ajustar o valor das dimensões. Desta maneira, os valores medidos são acompanhados pelos valores corrigidos entre parênteses. A taxonomia apresentada segue Paris *et al.* (1999). Para as espécies de quitinozoários referidas no presente trabalho, apenas espécimes ilustrados foram considerados para compor a lista sinonímica das espécies recuperadas a partir de amostras das formações Iapó e Vila Maria.

### *Incertae sedis*

Grupo CHITINOZOA Eisenack, 1931

Ordem PROSOMATIFERA Eisenack, 1972

Família LAGENOCHITINIDAE Eisenack 1931 emend. Paris, 1981b

Subfamília ANCYROCHITININAE Paris 1981b

Gênero ANCYROCHITINA Eisenack, 1955

**Espécie-tipo.** *Conochitina ancyrea* Eisenack, 1931.

### ***Ancyrochitina ramosaspina* Nestor, 1994**

Estampa 3, Fig. 1; Estampa 5, Fig. 1

1994 *Ancyrochitina ramosaspina* – Nestor, pl. IV, figs 5–7.

1998 *Ancyrochitina ramosaspina* – Nestor, pl. II, fig. 5.

2000 *Ancyrochitina ramosaspina* – Soufiane e Achab, pl. fig.2.

2006 *Ancyrochitina ramosaspina* – Ghavidel–Syooki., pl. 6, fig. 3.

2007 *Ancyrochitina ramosaspina* – Ghavidel–Syooki e Vecoli, pl. 6, figs 2 – 3.

2010 *Ancyrochitina ramosaspina* – Loydell *et al.*, pl. 12, Fig. q.

2012 *Ancyrochitina* cf. *A. ramosaspina* – Paris *et al.*, pl. VIII, fig. 4. Pl. IX, figs 1, 2, 6.

**Descrição.** Câmara cônica, flanco arredondado, pescoço que se abre em direção à abertura e base ligeiramente convexa contendo processos longos em relação à câmara e que se bifurcam de 3 a 4 vezes.

**Material.** Dois espécimes medidos. Ocorrência restrita à uma amostra na seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria: MP 3389, 7.2 m. Comprimento variando entre 120 e 175  $\mu\text{m}$ , largura variando entre 98 (78) e 104 (83)  $\mu\text{m}$ , diâmetro da abertura variando entre 40 (32) e 55 (44)  $\mu\text{m}$ , processos medindo entre 40  $\mu\text{m}$  e 50  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** Em comparação com *Ancyrochitina ramosaspina* os espécimes da Formação Vila Maria apresentam silhueta similar, contudo, processos mais ramificados. A variação de comprimento da câmara dos espécimes do presente trabalho é compatível com o tamanho médio dos espécimes reportados por Ghavidel–Syooki (2006: pl. 6, fig. 3) para a Formação Niur. Esta espécie é característica de amostras do Llandoveryano médio (Raikküla stage) na Estônia (Nestor, 1994) e abundante no Membro I da Formação Niur, Irã, cuja idade é atribuída ao Neorhuddaniano–Eoaroniano.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Rhuddaniano inferior, Estônia e Letônia, Formação Raikküla, Membro Kolka (Nestor, 1994, 1998); Leste do Canadá, Ilha Anticosti, Formação Gun River (Soufiane e Achab, 2000). Rhuddaniano – Telychiano, Irã, (Ghavidel–Syooki, 2006), Formação Niur, Membro I (Ghavidel–Syooki e Vecoli, 2007). Rhuddaniano, Letônia, Formação Raikküla, Membro Kolka (Loydell *et al.*, 2010). Rhuddaniano–Aeroniano inferior, Líbia, Formação Tanezzuft (Paris *et al.*, 2012). Brasil, Bacia do Paraná, Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

### *Ancyrochitina ancyrea* Eisenack, 1931

Estampa 3, Figs 2, 3, 4; Estampa 5, Fig. 2

1931 *Conochitina ancyrea* n. sp. – Eisenack, fig. 2: 8–11; 4:4.

**Descrição.** Câmara cônica, lisa, pescoço cilíndrico, com margem basal amplamente arredondada, base convexa, contendo processos longos bifurcados, encurvados na porção distal e dispostos perpendicularmente ao eixo de simetria da câmara.

**Material.** Ocorrência registrada em sete amostras da Formação Vila Maria, sendo uma na seção córrego da Aldeia e seis amostras na seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia: MP 2861, 17.1 m. Seção Fazenda Três Barras: MP 3520, 7.1 m, MP 3389, 7.2 m, MP 3390, 7.4 m, MP 3391, 7.6 m, MP 3392, 7.8 m, MP 3393, 8.0 m. Comprimento

variando entre 109 e 142  $\mu\text{m}$ ; largura variando entre 94 (75) e 108 (86)  $\mu\text{m}$ , diâmetro da abertura variando entre 42 (33) e 57 (45)  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** A espécie *Ancyrochitina ancyrea* (Eisenack, 1931) apresenta morfologia bastante variável. Butcher (2013) comenta sobre a dificuldade de diferenciação entre *Ancyrochitina ancyrea* (Eisenack, 1931) e outras espécies de *Ancyrochitina*. Segundo o referido autor, tal dificuldade teve início com a designação do neótipo por Eisenack (1955) e com a adição de ampla variação morfológica dos processos à descrição da espécie. Adicionalmente, variações dessa natureza foram sugeridas por outros autores, sem, contudo, serem suficientes para proposição de novas espécies. Segundo Grahn *in* Bosetti *et al.* (2011) a designação do neótipo de *Ancyrochitina ancyrea* (Eisenack, 1955) “contribuiu apenas para a descaracterização da espécie, tornando-a um táxon de conveniência (waste-basket táxon)”. No presente trabalho, os espécimes recuperados não apresentam bom estado de preservação, pois há espécimes achatados, com processos quebrados ou faltando, inviabilizando a definição dessas características em diversos espécimes. Nos folhelhos da Formação Vila Maria formas pequenas e de pescoço curto são aparentemente mais frequentes na porção mais basal dos folhelhos (7.1 – 7.2 m), enquanto, formas variadas quanto ao comprimento da câmara e morfologia dos processos tem registro de ocorrência ao longo de todo o intervalo avaliado para a ocorrência de quitinozoários (7.1 – 8.0 m). Diante da ampla variação morfológica admitida para esta espécie, associada ao registro de ocorrência mundial e à longa distribuição estratigráfica de *Ancyrochitina ancyrea*, uma lista sinonímica detalhada não foi abordada no presente trabalho. Quanto ao registro de ocorrência de formas típicas em bacias do Brasil, Grahn *in* Bosetti *et al.* (2011) comenta que é considerado relativamente retrito ao intervalo Llandoveryano – Sheinwoodiano (Eowenlock). Tais registros abrangem: Bacia do Paraná, Formação Vila Maria, seção córrego da Aldeia, Aeroniano (Grahn *et al.*, 2000); Bacia do Parnaíba, Formação Tianguá, Rhuddaniano–Telychiano (Grahn *et al.*, 2001); Bacia do Solimões, Formação Jutai, Lochkovian (Grahn *et al.*, 2003); Bacia do Amazonas, Formação Nhamundá e porção inferior da Formação Pitinga, Rhuddaniano – Sheinwoodiano (Grahn, 2005).

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Distribuição geográfica mundial e distribuição estratigráfica comumente registrada em estratos do Ordoviciano ao Devoniano (Sutherland, 1994; Butcher, 2013). Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria.

*Ancyrochitina* cf. *A. convexa* Nestor, 1980

**Estampa 3, Fig. 5**

1976 *Ancyrochitina* sp. – Nestor, 321.

1980 *Ancyrochitina convexa* – Nestor, fig. 1 : 1–2.

1994 *Ancyrochitina convexa* – Nestor, fig. 2 : 3–5.

2003 *Ancyrochitina convexa* – Loydell *et al.*, fig. 16, j.

2004 *Ancyrochitina convexa* – Ghavidel–Syooki e Winchester–Seeto, fig. 3, H.

2010 *Ancyrochitina convexa* – Loydell *et al.*, pl. 12, fig. p.

2012 *Ancyrochitina convexa* – Nestor, fig. F.

**Descrição.** Câmara cilíndrica a esférica, margem basal fortemente arredondada e ligeiramente convexa. Apresenta pelo menos dois agrupamentos de processos na margem basal. A base de cada agrupamento aparenta ser formada pela união de dois processos que se bifurcam em até três vezes. A porção distal desses processos é curvada.

**Material.** Ocorrência restrita à uma amostra na seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria: MP 3391, 7.6 m. Comprimento de 191  $\mu\text{m}$ ; largura 95 (75)  $\mu\text{m}$ , diâmetro da abertura de 42 (33)  $\mu\text{m}$ , processos 37 (30)  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** O espécime recuperado na Formação Vila Maria apresenta silhueta muito próxima a de *Ancyrochitina convexa* Nestor, 1980. Contudo, difere do holótipo desta espécie por apresentar margem convexa menos pronunciada e somente dois agrupamentos de processos. Não é possível confirmar a ocorrência de barras cruzadas unindo a base dos processos nem a ocorrência de espinhos na porção basal do pescoço.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Rhuddaniano, Estônia (Nestor, 1976, 1980, 1994); Letônia, Formação Raikküla, Membro Kolka (Loydell *et al.*, 2010). Rhuddaniano–Aeroniano, leste do Báltico (Nestor, 2012). Rhuddaniano – Telychiano inferior, Irã, Formação Sarchahan (Ghavidel–Syooki e Winchester–Seeto, 2004). Aeroniano, Estônia, sondagem Aizpute 41 (Loydell *et al.*, 2003). Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria.

*Ancyrochitina?* sp. A

Estampa 3, Figs 6, 7, 8 ; Estampa 5, Fig. 3

**Descrição.** Câmara cônica contendo flancos retos, flexura marcada abruptamente na junção entre a câmara e o pescoço formando um ombro conspícuo. Pescoço cilíndrico cuja abertura oral alarga suavemente. Base ligeiramente convexa e margem angulosa contendo processos grossos e pouco ramificados nas porções mediana e distal.

**Material.** Quatro espécimes medidos. Ocorrência restrita à uma amostra na seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria: MP 3392, 7.8 m. CP 938. Lâmina 75935, CP 932. Comprimento variando entre 135 e 170  $\mu\text{m}$ , largura variando entre 90 (72) e 100 (80)  $\mu\text{m}$ , diâmetro da abertura variando entre 33 (26,4) e 39 (31,2)  $\mu\text{m}$ , comprimento dos processos variando entre 24 e 28  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** Caracteres morfológicos como a câmara cônica associada ao pescoço alongado e aos processos ramificados são compatíveis com o gênero *Ancyrochitina*, contudo, o contato abrupto entre a câmara e base do pescoço formando um ombro conspícuo deixa dúvida sobre a atribuição genérica dos espécimes recuperados. A presente espécie foi deixada em nomenclatura aberta mas, percebe-se após as comparações com outras do gênero, que possivelmente seja um táxon inédito.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Brasil, Bacia do Paraná, Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

Gênero *PLECTOCHITINA* Eisenack, 1955

**Espécie-tipo.** *Plectochitina carminae* Cramer 1964.

*Plectochitina* cf. *P. longispina* Achab, 1978

Estampa 3, Figs 9, 10

2009 *Ancyrochitina* sp. C – Butcher, pl. 4, fig. 7.

2013 *Plectochitina* cf. *longispina* – Thusu *et al.*, pl. VI, fig. 5, 10; pl. XI, fig. 13–15, 17.

**Descrição.** Câmara cônica contendo pescoço cilíndrico e superfície aparentemente lisa. A margem basal contém pelo menos quatro processos alongados, delicados e bifurcados na porção distal, podendo ocorrer ramificação simples antes da bifurcação na porção distal.

**Material.** Dois espécimes medidos. Ocorrência restrita à duas amostras na seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936, EF G52 e EF M29; MP 3389, 7.2 m. Comprimento variando entre 162 e 165  $\mu\text{m}$ , largura variando entre 101 (80) e 104 (83)  $\mu\text{m}$ , diâmetro da abertura variando entre 50 (40) e 52 (42)  $\mu\text{m}$ , comprimento dos processos variando entre 50 e 54  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** A morfologia geral dos espécimes poderia se adequar à *Ancyrochitina*, contudo, a estrutura dos processos longos é mais próxima de *Plectochitina*. Apesar da similaridade com o formato dos espécimes reportados para o Canadá (Butcher, 2009) e para Líbia (Thusu *et al.*, 2013), os espécimes recuperados na Formação Vila Maria



diferem quanto ao comprimento maior da câmara e quanto ao pescoço ligeiramente menor que o dos espécimes reportados para a Líbia. Thusu *et al.* (2013) apontam similaridade de *Plectochitina* cf. *P. longispina* com *Ancyrochitina longispina* Achab, 1978, cuja ocorrência é restrita a estratos do membro inferior da Formação Ellis Bay, Hirnantiano, Quebec (Achab, 1978). Adicionalmente, diante da similaridade com espécimes reportados para a Jordânia, Rhuddaniano (Butcher, 2009), Thusu *et al.* (2013) comentam sobre a necessidade de mais pesquisas sobre espécimes com processos longos provenientes do limite Ordoviciano – Siluriano.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Rhuddaniano inferior, Jordânia, Formação Mudawwara, sondagens BG – 14 e WS – 6 (Butcher, 2009). Hirnantiano – Rhuddaniano inferior, Líbia, Formação Tanezzuft (Thusu *et al.*, 2013). Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria.

#### Subfamília LAGENOCHITININAE Paris, 1981b

Gênero *SPHAEROCHITINA* Eisenack, 1955 *emend.* Paris, Grahn e Lakova

**Espécie-tipo.** *Lagenochitina sphaerocephala* Eisenack, 1932.

#### *Sphaerochitina* sp. A

Estampa 3, Figs 11, 12

**Descrição.** Espécime de *Sphaerochitina* com câmara oval, base convexa, maior largura acima da margem basal, flexura conspícua e pescoço curto que parece fimbriado em direção à abertura da câmara.

**Material.** Quatro espécimes achatados medidos. Ocorrência restrita à uma amostra na seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria: MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75938. Comprimento variando entre 150 e 127  $\mu\text{m}$ , largura máxima variando entre 92 (73) e 76 (60.8)  $\mu\text{m}$ , diâmetro da abertura variando entre 31 (24.8) e 37 (29.6)  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** O pescoço curto e a parede lisa da câmara excluem a atribuição desses espécimes a outras espécies de *Sphaerochitina* registradas na Bacia do Paraná, tais como, *Sphaerochitina solutidina* caracterizada por ter um pescoço alongado e *Sphaerochitina silurica* que apresenta protuberâncias diminutas na parede da câmara. A presente espécie foi deixada em nomenclatura aberta mas, percebe-se após as comparações com outras do gênero, que possivelmente seja um táxon inédito.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Paraguai, Aeroniano. Bacia do Paraná, Formação Vargas Peña, Sondagem RD – 115 (149.45m) (Grahm *et al.*, 2000). Brasil, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria.

***Sphaerochitina silurica* Grahm *et al.*, 2000**

Estampa 5, Fig. 4

2000 *Sphaerochitina silurica* – Grahm *et al.*, pl. 3, fig. 3, 11.

2005 *Sphaerochitina silurica* – Grahm, fig. 3 – I, J.

**Descrição.** Espécime de *Sphaerochitina* com câmara subsférica, flexura conspícua, pescoço cilíndrico alongado que alarga ligeiramente em direção à abertura e mede cerca da metade do comprimento total. A superfície da câmara apresenta granulação (tubérculos) que se tornam menos evidentes no pescoço.

**Material.** Um espécime mal preservado recuperado. Ocorrência restrita à uma amostra na seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria: MP 3393, 8.0 m, CP 937. Comprimento 200 µm, largura 100 (80) µm, diâmetro da abertura 40 (32) µm.

**Discussão.** A forma e tamanho do espécime justificam a atribuição à *Sphaerochitina silurica* Grahm *et al.*, 2000. Ao se comparar *Sphaerochitina silurica* com *Sphaerochitina solutidina* Paris, 1988 nota-se que a primeira destas espécies distingue-se pelo pescoço mais alongado. Contudo, vale salientar a semelhança entre o espécime ilustrado a partir da Formação Vila Maria (Fig. 14:6) e o parátipo de *Sphaerochitina solutidina* ilustrado em Paris (1988: pl. 12, fig. 7). Segundo Grahm *et al.* (2000) *Sphaerochitina silurica* é espécie característica do Aeroniano, com maior abundância registrada no Eoaeroniano da Bacia do Paraná. A associação desta espécie com *Sphaerochitina* sp. A corrobora atribuição prévia da porção intermediária dos folhelhos da Formação Vila Maria ao Eoaeroniano (Mizusaki *et al.*, 2002).

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Aeroniano inferior, Bacia do Paraná, Paraguai oriental, Formação Vargas Peña (Grahm *et al.*, 2000); Brasil, Formação Vila Maria (Grahm *et al.*, 2000). Ocorrência desta espécie na Argentina foi reportada por de la Puente *et al.*, (2015). Contudo, essa ocorrência não é conclusiva, pois, trata-se de resumo de congresso, onde não constam ilustração ou informações mais detalhadas. Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria.

Gênero *LAGENOCHITINA* Eisenack, 1931 *emend.* Paris, Grahm e Lakova.

**Espécie-tipo.** *Lagenochitina baltica* Eisenack, 1931.

### ***Lagenochitina* sp. A**

Estampa 4, Figs 1, 2; Estampa 5, Figs 5, 6

**Descrição.** Câmara com formato cilindro-cônico, superfície lisa, base convexa e pescoço curto medindo 1/3 do comprimento total.

**Material.** Três espécimes achatados recuperados e medidos. Ocorrência restrita à três amostras da seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, *England Finder* H39.; MP 3390, 7.4 m e MP 3391, 7.6 m. Comprimento variando entre 120 e 140 µm, largura máxima da câmara variando entre 66 (53) e 69 (55) µm, diâmetro da abertura variando entre 43 (34) e 48 (38) µm. Pescoço 1/3 – ¼ do comprimento total.

**Discussão.** Os espécimes recuperados apresentam pescoço mais curto que *Lagenochitina navicula* Taugourdeau & Jekhowsky, 1960 (Pl. 9. Figs. 119 e 120). Os espécimes recuperados na Formação Vila Maria são similares aos espécimes tentativamente atribuídos à *Lagenochitina* n. sp. aff. *L. navicula* por Grahn e Paris (1992), Le Hérisse *et al.* (2001), Grahn *et al.* (2005) e Grahn (2005), entretanto, a proposição de uma nova espécie foi adiada devido ao número limitado de espécimes analisados no presente trabalho. A presente espécie foi deixada em nomenclatura aberta mas, percebe-se após as detalhadas comparações com outras do gênero, que possivelmente seja um táxon inédito. Vale ressaltar que, segundo Grahn (2011), esta espécie de *Lagenochitina* apresenta distribuição estratigráfica registrada no Llandoveryano em bacias intracratônicas do Brasil: Paraná, Amazonas e Parnaíba.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Brasil, Aeroniano superior – Telychiano. Bacia do Amazonas, Formação Pitinga (Grahn & Paris, 1992); Bacia do Parnaíba, Formação Tianguá (Le Hérisse *et al.*, 2001), Formações Tianguá e Jaicós (Grahn *et al.*, 2005); Bacia do Paraná, Formação Vila Maria (Grahn, 2005b). Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria.

Subfamília CYATHOCHITININAE Paris, 1981b.

Gênero *CYATHOCHITINA* Eisenack 1955b emend Paris *et al.*, 1999.

Espécie-tipo. *Cyathochitina campanulaeformis* Eisenack 1931.

### ***Cyathochitina?* sp. A**

Estampa 4, Figs 3, 4, 5, 6; Estampa 5, Fig. 7

**Descrição.** Câmara de formato cônico pronunciado, superfície lisa, flexura conspícua, pescoço muito curto, base convexa e carena incipiente. Apenas a margem basal arredondada acentuada é visível, visto que, o fundo da base aparece dobrado para dentro da câmara.

**Material.** 10 espécimes medidos. Ocorrência registrada em cinco amostras da Formação Vila Maria, sendo duas na seção córrego da Aldeia e em três amostras da seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia: MP 2854, 14.7 m e MP 2861, 17.1 m. Seção Fazenda Três Barras: MP 3520, 7.1 m, MP 3392, 7.8 m e MP 3393, 8.0 m. Comprimento variando entre 110 e 125  $\mu\text{m}$ , largura variando entre 119 (95) e 93 (74.4)  $\mu\text{m}$ , diâmetro da abertura variando entre 45 (36) e 32 (25.6)  $\mu\text{m}$ . Vale salientar o pescoço muito curto medindo 1/6 do comprimento total (Tab. 9).

**Discussão.** A atribuição genérica questionável para *Cyathochitina?* sp. A se deve a não visualização exata de carena. Vale salientar que a presença de carena é diagnóstica para a determinação do gênero em questão, contudo a morfologia dos espécimes recuperados na Formação Vila Maria é muito próxima de *Cyathochitina*. Os espécimes recuperados diferem de *Cyathochitina* sp. B, ilustrado por Paris (1981: Pl. 19, figs 2 – 3) por apresentar carena inconspícua, pescoço muito curto e com diâmetro maior. Ao se comparar com *Cyathochitina caputoi* Costa, 1971, *Cyathochitina?* sp. A difere pela ausência de costelas longitudinais ao longo da câmara. Outro ponto que merece destaque é a redescrição de *Cyathochitina caputoi* apresentada por Grahn (2005, 2011). Grahn (2005) analisou espécimes provenientes da localidade-tipo da referida espécie (igarapé da Rainha, Bacia do Amazonas, Brasil) e ilustrou espécime de *Cyathochitina caputoi* apresentando costelas longitudinais (pl. III, fig. 14 in Grahn, 2005), contudo, sem redescrição da espécie. Posteriormente, Grahn in Bosetti *et al.* (2011) apresenta a redescrição de *Cyathochitina caputoi* Costa, 1971 baseado na análise em MEV dos espécimes, provenientes da localidade-tipo da espécie, recuperados em posição estratigráfica equivalente aquela do holótipo. Além da questão sobre a ornamentação ilustrada por Grahn (2005), Butcher (2009) discute a dificuldade de diferenciação entre *Cyathochitina caputoi* e *Cyathochitina campanulaeformis* (Eisenack, 1931) e, assim como outros autores, desconsidera a ornamentação de costelas longitudinais como caractere morfológico diagnóstico de *Cyathochitina caputoi*. A presente espécie foi deixada em nomenclatura aberta mas, percebe-se após as detalhadas comparações com outras do gênero, que possivelmente seja um táxon inédito.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria (presente trabalho).

Subfamília ANGOCHITININAE Paris, 1981.

Gênero *ANGOCHITINA* Eisenack, 1931.

**Espécie-tipo.** *Angochitina echinata* Eisenack, 1931.

***Angochitina* sp. A**

Estampa 4, Fig. 7

**Descrição.** Câmara esférica, pescoço cilíndrico que alarga ligeiramente em direção à abertura. A superfície da câmara e o pescoço parecem conter espinhos simples e curtos.

**Material.** Um espécime danificado medido. Ocorrência de espécimes muito danificados registrada em três amostras da Formação Vila Maria, sendo duas amostras na seção córrego da Aldeia e uma amostra da seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia: MP 2854, 14.7 m; MP 2861, 17.1 m. Seção Fazenda Três Barras: MP 3520, 7.1 m. Lâmina 75975, EF H34. Comprimento 139 µm, largura 97 (78) µm, diâmetro da abertura 51(41) µm.

**Discussão.** A presente espécie foi deixada em nomenclatura pois a recuperação de um espécime mal preservado e a avaliação somente em microscópio óptico não favoreceu identificação detalhada

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria.

Família CONOCHITINIDAE Eisenack 1931 emend. Paris, 1981b

Subfamília SPINACHITININAE 1981b

Gênero *SPINACHITINA* Schallreuter, 1963 emend. Paris *et al.*, 1999

**Espécie-tipo.** *Conochitina cervicornis* Eisenack, 1931

***Spinachitina* cf. *S. debbajae* Paris, 1988**

Estampa 4, Figs 8, 9

1984 *Plectochitina* sp. aff. *P. concinna* – Elaouad–Debbaj, pl.1, fig.1, 11–12.

1985 *Spinachitina* sp. A – Hill *et al.*, pl. 12, fig. 2.

1985 *Spinachitina* sp. A – Molyneux e Paris, pl. 5, fig. 12 a – b, pl. 6, fig. 2.

1988a *Spinachitina debbajae* – Paris, pl. 12, figs 5 e 6a – b.

**Descrição.** Câmara cônica com flancos que afunilam ligeiramente e se abrem em direção à abertura oral. Base convexa bem marcada e margem basal arredondada contendo quantidade incerta de processos delicados e alongados.

**Material.** Três espécimes medidos. Ocorrência restrita à seção Fazenda Três Barras, em uma amostra da Formação Vila Maria: MP 3390, 7.4 m, lâmina 75930, EF K38. Comprimento variando entre 168 e 186  $\mu\text{m}$ , largura variando entre 80 (64) e 93 (74)  $\mu\text{m}$ , diâmetro da abertura variando entre 50 (40) e 56 (45)  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** A silhueta dos espécimes recuperados é muito próxima de *Spinachitina debbajae*. Contudo, a análise realizada apenas sob microscópio óptico, não permite afirmar sobre o número total de processos ou sobre a ocorrência de ramificações na porção distal dos processos. Adicionalmente, não é possível afirmar sobre a presença de ornamentação na superfície da câmara. A base da amplitude de ocorrência de *Spinachitina debbajae* é reportada como indicativa do Siluriano por Paris *et al.* (1988) a partir da seção Nseirat, sequência pós-glacial, Mauritània.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Ashgilliano, Anti-Atlas, Marrocos, Formação Ktaoua (Elaouad-Debbaj, 1984). Nordeste da Líbia, sondagem J1-81 A (Hill *et al.*, 1985). Ordoviciano Superior, nordeste da Líbia (Molyneaux e Paris, 1985). Ashgilliano, nordeste da Líbia, sondagem J1-81 A. (Paris *et al.*, 1988). Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria.

### ***Spinachitina cf. S. oulebsiri* Paris *et al.*, 2000**

Estampa 4, Figs 10, 11, 12; Estampa 5, Figs 8, 9

1984 *Spinachitina bulmani* (Jansonius) – Elaouad-Debbaj, pl.3, fig. 6 – 8, 10, 12.

2000 *Spinachitina oulebsiri* – Paris *et al.*, pl. 1, 2a – b.

2008 *Spinachitina* sp. cf. *oulebsiri* – Rubinstein e de la Puente, fig. 3, 14.

2009 *Spinachitina oulebsiri* – Vandenbroucke *et al.*, pl. 1, figs 1 – 12.

2011 *Spinachitina oulebsiri* – Ghavidel-Syooki *et al.*, fig. 3, G-I.

2013 *Spinachitina* sp. cf. *oulebsiri* – de la Puente & Rubinstein, pl. 2, 2a – b.

2013 *Spinachitina oulebsiri* – Le Hérisse *et al.*, fig. 6, K.

2013 *Spinachitina oulebsiri* – Thusu *et al.*, pl. XI, fig. 6 – 10.

2016 *Spinachitina oulebsiri* – Ghavidel-Syooki, pl. IX, figs 16 – 17.

2017 *Spinachitina oulebsiri* – Ghavidel-Syooki, fig. 11, B-D, F-H, J-L, N-T.

**Descrição.** Câmara cilindro-cônica, flancos retos que afunilam ligeiramente em direção à abertura de aspecto fimbriado. Base reta e margem contendo fileira de espinhos simples, de base cilíndrica com aspecto de quebrados.

**Material.** Cinco espécimes medidos. Ocorrência registrada em três amostras da formação Vila Maria, sendo uma na seção córrego da Aldeia e duas amostras na seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia: MP 2861, lâmina 171016, *EF* K49/4. Seção Fazenda Três Barras: MP 3520, 7.1 m e CP 937 e MP 3390, 7.4 m, lâmina 75930, *EF* L46, CP 938. Comprimento variando entre 130 e 168  $\mu\text{m}$ , largura variando entre 91 (72) e 96 (76)  $\mu\text{m}$ , diâmetro da abertura variando entre 37 (30) e 43 (34)  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** Os espécimes de *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri* diferem de *Spinachitina oulebsiri* Paris *et al.*, 2000, pelo menor comprimento total e por apresentar variações na morfologia dos espinhos presentes na margem basal. Em alguns espécimes os espinhos apresentam aspecto de quebrados e curto espaçamento entre os mesmos (Estampa 3: 14, 15), enquanto em outros espécimes, são alongados e em menor número (Estampa 4: 9). Vandenbroucke *et al.* (2009) comentam a ocorrência de muitas formas de transição entre *Spinachitina oulebsiri* e *Spinachitina verniersi*, principalmente quanto ao número e comprimento dos espinhos. Contudo, o número limitado de espécimes recuperados e apenas tentativamente atribuídos à *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri* não permite análise de variações morfológicas. A constrição do pescoço bem marcada em espécime recuperado em MP 3520, 7.1 m (Estampa 3: 14) confere semelhança com a morfologia de espécime anômalo de *Spinachitina oulebsiri* ilustrado em Thusu *et al.* (2013: pl. XI, fig. 6). *Spinachitina* cf. *Spinachitina oulebsiri* difere de *Spinachitina wolfarti* Grahn *et al.*, 2000 por apresentar menor comprimento da câmara e dos espinhos da margem basal: o comprimento de *Spinachitina wolfarti* varia entre 250 e 450  $\mu\text{m}$ .

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Hirnantiano, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2016), Zargros Mountains, porção superior do diamictito Dargaz (Ghavidel–Syooki *et al.*, 2011), Alborz Mountains, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2017). Hirnantiano superior, Argélia, Formação M’Kratia (Paris *et al.*, 2000); África do Sul, Formação Cedarberg, Membro Soom (Vandenbroucke *et al.*, 2009); Hirnantiano, América do Sul, Argentina, Formação Zapla (Rubinstein e de la Puente, 2008) (de la Puente e Rubinstein, 2013). Hirnantiano mais superior – Rhuddaniano mais inferior, Líbia, sondagem JA–2 (Thusu *et al.*, 2013); Nordeste do Chade, sondagem Mousseouda (Le Hérisse *et al.*, 2013). Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria.

***Spinachitina* cf. *S. verniersi* Vandenbroucke, 2009**

Estampa 5. Figs 10 – 13

- 2000 *Spinachitina* sp. aff. *oulebsiri* – Paris *et al.*, pl. 1, figs 1, 4.  
2004 *Spinachitina* sp. aff. *oulebsiri* – Bourahrouh *et al.*, pl. 4, figs 6, 10.  
2008 *Spinachitina* sp. 5 – Vandenbroucke, pl. 21, figs 8, 11, 12.  
2008 *Spinachitina* sp. aff. *oulebsiri* – Vandenbroucke: pl. 26, figs 5–8.  
2009 *Spinachitina fragilis* – Butcher, pl. 3, figs 6–10.  
2009 *Spinachitina verniersi* – Vandenbroucke *et al.*, pl. 2, figs 1 – 12.  
2013 *Spinachitina verniersi* – de la Puente e Rubinstein, pl.2, fig.3a – b.  
2013 *Spinachitina verniersi* – Le Hérisse *et al.*, fig. 6, C, D, E1, E2, G.  
2013 *Spinachitina verniersi* – Thusu *et al.*, pl. VI, figs 1a–b, 2a–b, 3a–b, pl. VIII, figs 6 a–c, 9a–b, 10a–b.

**Descrição.** Câmara cilindro–cônica, flancos que afunilam ligeiramente em direção à abertura fimbriada e base reta contendo fileira de grânulos/espinhos erodidos ao longo da margem. Superfície da câmara lisa podendo apresentar grânulos diminutos.

**Material.** Dois espécimes medidos. Ocorrência restrita à duas amostras na seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, CP 938. MP 3390, 7.4 m, CP 938. Comprimento 170 µm, largura da câmara variando entre 95 (75) e 110 (88) µm, diâmetro da abertura variando entre 40 (32) e 45 (36) µm.

**Discussão.** Os espécimes de *Spinachitina* cf. *S. verniersi* diferem de *Spinachitina verniersi* Vandenbroucke, 2009 por apresentar câmara com formato cônico bastante pronunciado. Entretanto, os espécimes recuperados na Formação Vila Maria são similares a espécime de *Spinachitina verniersi* ilustrado em Vandenbroucke (2009: pl. 2, fig. 8). Os grânulos erodidos dispostos na margem da câmara corroboram afinidade com *Spinachitina verniersi*. Em comparação com o espécime reportado na Argentina por De la Puente e Rubinstein (2013: pl. 2, fig. 3a – b) os espécimes recuperados no presente trabalho apresentam grânulos/espinhos fortemente erodidos e em menor número.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Hirnantiano mais superior, Argélia, Formação M’Kratia (Paris *et al.*, 2000). África do Sul, Formação Cedarberg, Membro Soom (Vandenbroucke *et al.*, 2009). Morrocos, Anti–Atlas (Bourahrouh *et al.*, 2004). Hirnantiano, Wye Valley, Wales, Reino Unido (Vandenbroucke *et al.*, 2008). Nordeste do Chade, sondagem Moussegouda (Le Hérisse *et al.*, 2013). Hirnantiano mais superior, Argentina, Formação Salar del Rincon (De la Puente e Rubinstein, 2013). Rhuddaniano, sondagem BG–14, Jordânia (Butcher, 2009). Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria.



Subfamília BELONECHITININAE Paris, 1981.

Gênero *BELONECHITINA* Jansonius, 1964 emend. Paris *et al.*, 1999

**Espécie-tipo.** *Conochitina micracantha subsp. robusta* Eisenack, 1959.

***Belonechitina* cf. *B. pseudarabiensis* Butcher, 2009**

Estampa 5. Fig. 14

2009 *Belonechitina pseudarabiensis* – Butcher, pl. 2, figs 1 – 11.

2011 *Belonechitina pseudarabiensis* – Ghavidel–Syooki *et al.*, fig. 3, C–F.

2013 *Belonechitina pseudarabiensis* – Butcher, pl. I, fig. 3.

2015 *Belonechitina pseudarabiensis* – Paris *et al.*, pl. VI, fig. 6, 9–10.

**Descrição.** Câmara cônica de base reta, margem arredondada, flexura suave e superfície contendo espinhos simples e diminutos dispostos ao longo da câmara. A clara observação dos espinhos foi dificultada pela presença de grande quantidade de fragmentos orgânicos aderidos à superfície do espécime.

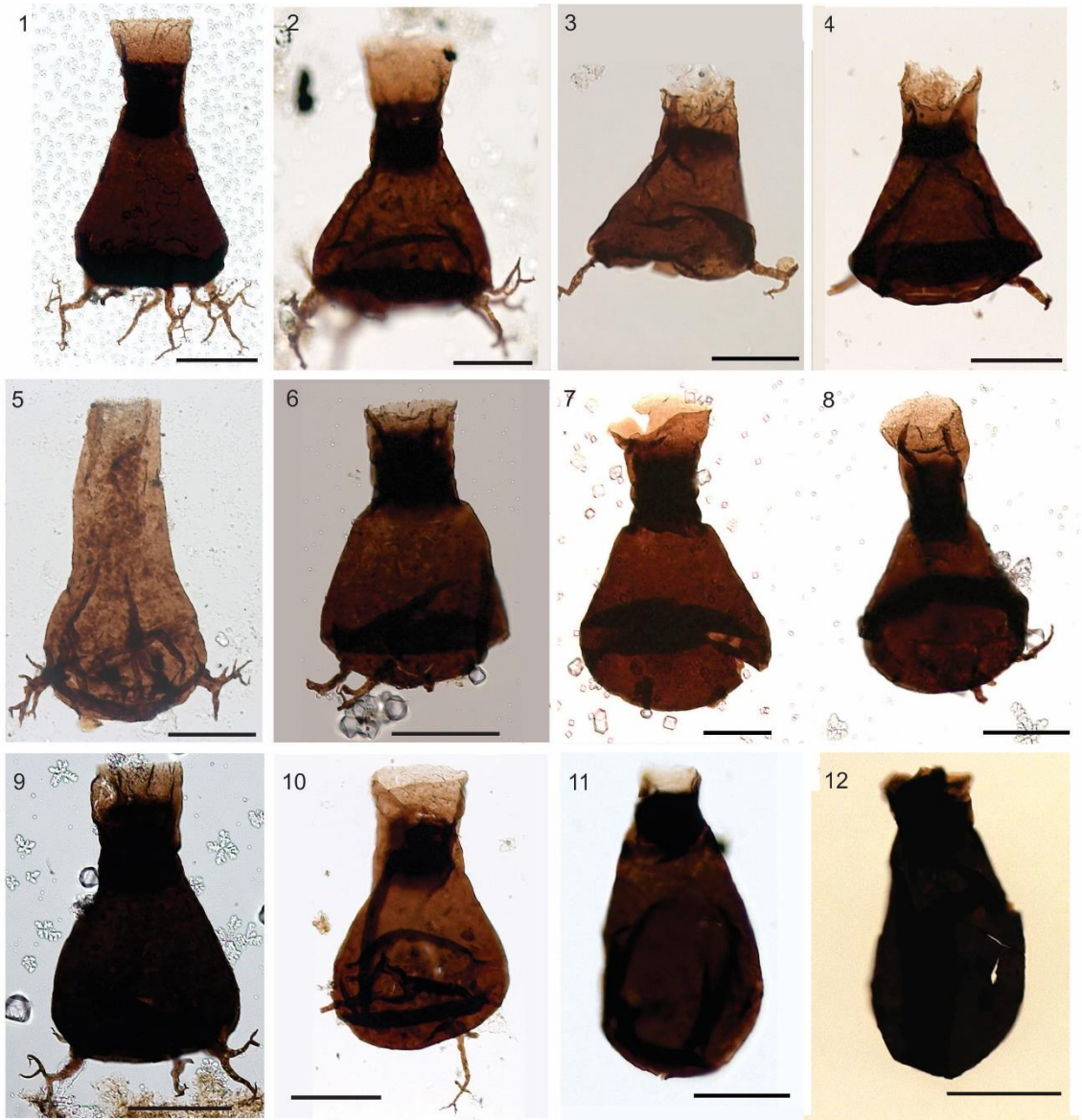
**Material.** Um espécime recuperado. Ocorrência restrita a uma amostra na seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria: MP 3389, 7.2 m, CP 937. Comprimento 110 µm, largura da câmara 63 (50) µm, diâmetro da abertura 48 (38) µm.

**Discussão.** A forma, tamanho da câmara e a possível presença de espinhos diminutos justificam a identificação tentativamente atribuída à *Belonechitina* cf. *B. pseudarabiensis*.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Hirnantiano, Irã, porção superior do diamictito Dargaz (Ghavidel–Syooki *et al.*, 2011). Rhuddaniano, sondagem E1–NC–147 (Butcher, 2013); Jordânia, Formação Mudawwara (Butcher, 2009); Arábia Saudita, Formação Qalibah, Membro Qusaiba (Paris *et al.*, 2015). Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria.

Estampa 3. Quitinozoários da Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras. A identificação acompanha número da amostra (MP), posição estratigráfica a partir do embasamento (m), número da Coleção do Museu de Geociências (CP). Barra de escala: 50 µm. Barra de escala: 42 µm (2). Seção córrego a Aldeia (3).

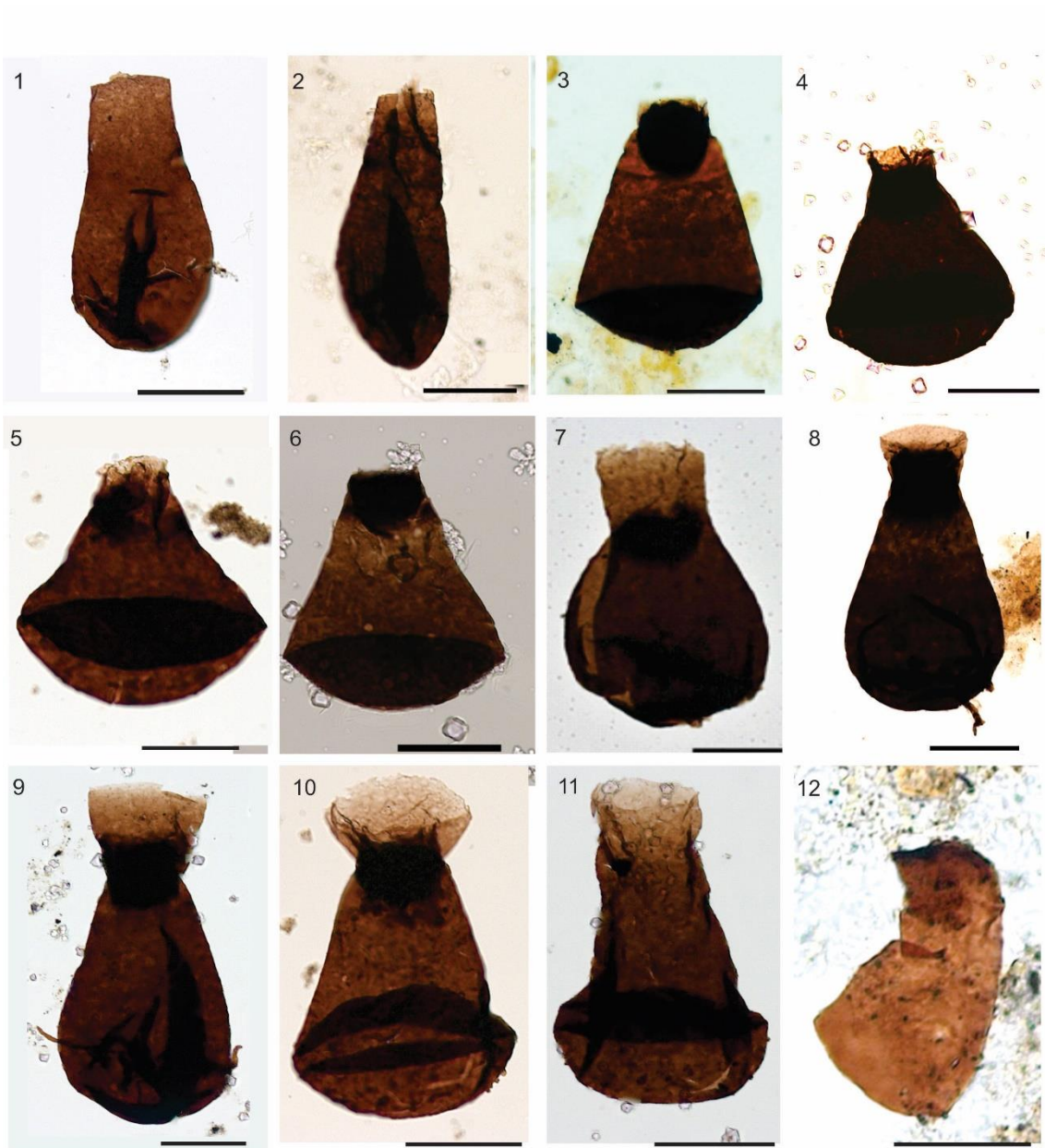
- 1- *Ancyrochitina ramosaspina* Nestor, 1994. MP 3390, 7.4 m. Lâmina 75935, CP 932, S29.
- 2- *Ancyrochitina anyrea* Eisenack, 1931. MP 3520, 7.1 m. Lâmina 75975, CP 936, N26.
- 3- *Ancyrochitina anyrea* Eisenack, 1931. MP , 17.1 m. Lâmina L25917, M39/2.
- 4- *Ancyrochitina anyrea* Eisenack, 1931. MP 3520, 7.1 m. Lâmina 75975, CP 936, Q52/4.
- 5- *Ancyrochitina* cf. *A. convexa* Nestor, 1980. MP 3391, 7.6 m. Lâmina 75935, S29.
- 6- *Ancyrochitina?* sp. A. MP 3392, 7.8 m. Lâmina 75935, CP 932, Q52/4.
- 7- *Ancyrochitina?* sp. A. MP 3392, 7.8 m. Lâmina 75935, CP 932, S28.
- 8- *Ancyrochitina?* sp. A. MP 3392, 7.8 m. Lâmina 75935, CP 932, G33 .
- 9- *Plectochitina* cf. *P. longispina*. MP 3520, 7.1 m. Lâmina 75975 CP 936; M29.
- 10- *Plectochitina* cf. *P. longispina*. MP 3520, 7.1 m. Lâmina 75975 CP 936; G52.
- 11- *Sphaerochitina* sp. A. MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75938, CP 934, S33/2.
- 12- *Sphaerochitina* sp. A. MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75938, CP 934, S33/2.



ESTAMPA 3

Estampa 4. Quitinozoários da Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras. A identificação acompanha número da amostra (MP), posição estratigráfica a partir do embasamento (m), número da Coleção do Museu de Geociências (CP). Barra de escala: 50 µm. Barra de escala: 45 µm (9).

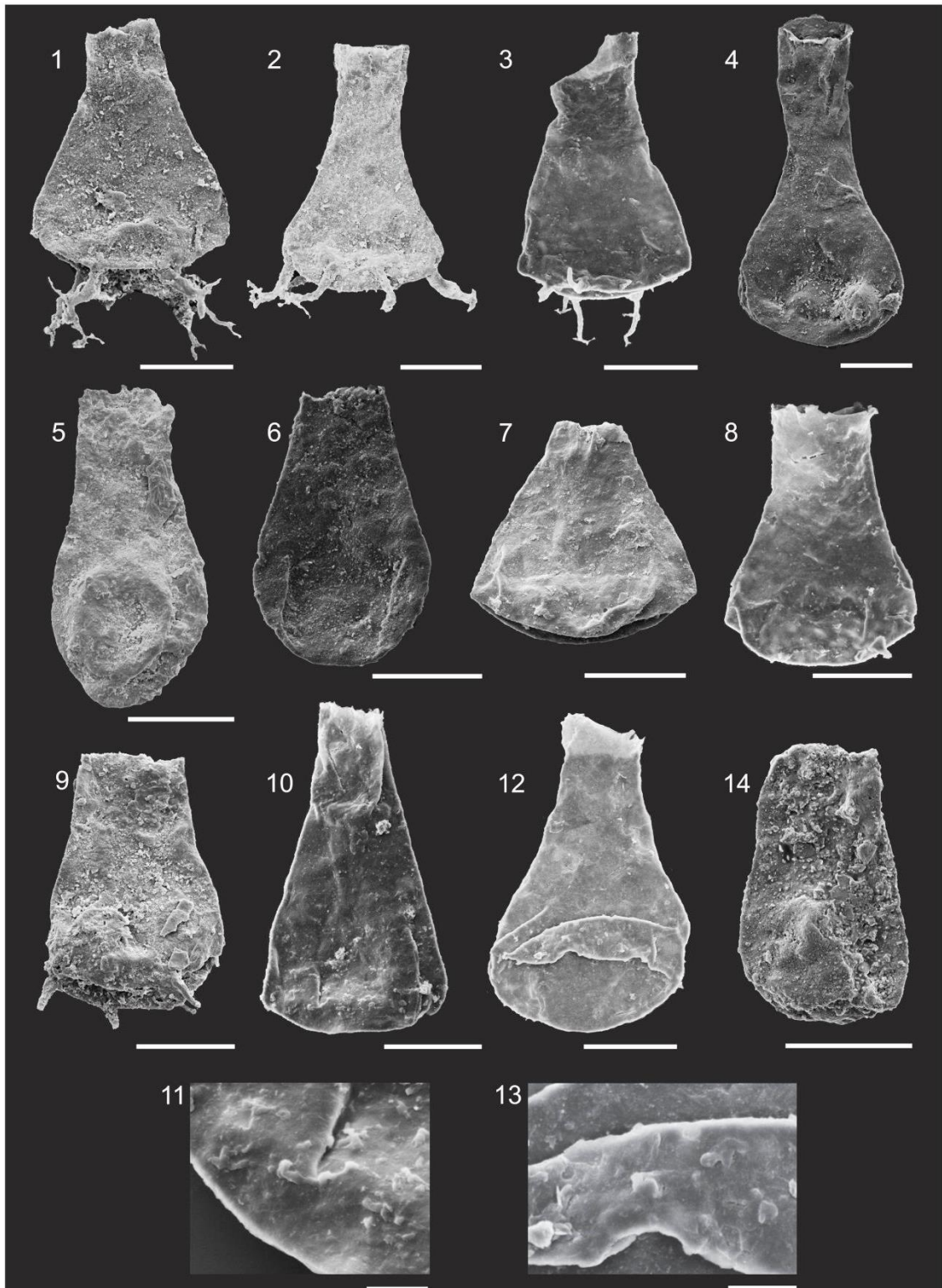
- 1- *Lagenochitina* sp. A. MP 3520, 7.1 m. Lâmina 75975, CP 936, H39.
- 2- *Lagenochitina* sp. A. MP 3520, 7.1 m. Lâmina 75975, CP 936, E49/3.
- 3- *Cyathochitina?* sp. A. MP 3393, 8.0 m. Lâmina L 5.8.16, CP 956, G38.
- 4- *Cyathochitina?* sp. A. MP 3520, 7.8 m. Lâmina 75935, CP 930, S33/4.
- 5- *Cyathochitina?* sp. A. MP 3520, 7.1 m. Lâmina 75975, CP 936, P34/2.
- 6- *Cyathochitina?* sp. A. MP 3520, 7.8 m. Lâmina 75935, CP 930, S29.
- 7- *Angochitina* sp. A. MP 3389, 7.2 m. Lâmina 75902, CP 930; K34/2.
- 8- *Spinachitina debbajae* Paris, 1988. MP 3390, 7.4 m. Lâmina 75930, CP 931, K38.
- 9- *Spinachitina debbajae* Paris, 1988. MP 3390, 7.4 m. Lâmina 75930, CP 931, R36/2.
- 10- *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri* Paris, 2000. MP 3520, 7.1 m. Lâmina 75975, CP 936, O43/3.
- 11- *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri* Paris, 2000. MP 3390, 7.4 m. Lâmina 75930, CP 931, L46.
- 12- *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri* Paris, 2000. 40x. MP 2861, 17.1 m. Lâmina 171016, CP 957, K49/4. Espécime nitidamente deformado.



ESTAMPA 4

Estampa 5. Quitinozoários da Formação Vila Maria, seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras – MEV. A identificação acompanha número da amostra (MP), posição estratigráfica a partir do embasamento (m), lâmina, número da Coleção do Museu de Geociências (CP) e coordenada England Finder. Barra de escala: 50 µm.

- 1- *Ancyrochitina ramosaspina* Nestor, 1994. MP 3389, 7.2 m. CP 937.
- 2- *Ancyrochitina ancyrea* (Eisenack, 1931). MP 3389, 7.2 m. CP 937.
- 3- *Ancyrochitina?* sp. A. MP 3392, 7.8 m, CP 938.
- 4- *Sphaerochitina silurica* Grahn, 2000. MP 3393, 8.0 m, CP 937.
- 5- *Lagenochitina* sp. A. MP3389, 7.2 m, CP 937.
- 6- *Lagenochitina* sp. A. MP3389, 7.2 m, CP 937.
- 7- *Cyathochitina?* sp. A. MP 3391, 7.6 m. CP 937.
- 8- *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri* Paris *et al.*, 2000. MP 3520, 7.1 m, CP 937.
- 9- *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri* Paris *et al.*, 2000. MP 3520, 7.1 m, CP 937.
- 10- *Spinachitina* cf. *S. verniersi* Vandenbroucke *et al.*, 2009. MP 3390, 7.4 m, CP 938.
- 11- Detalhe da margem basal de *Spinachitina* cf. *S. verniersi* (10)
- 12- *Spinachitina* cf. *S. verniersi* Vandenbroucke *et al.*, 2009. MP 3520, 7.1 m, CP 938.
- 13- Detalhe da margem basal de *Spinachitina* cf. *S. verniersi* (12).
- 14- *Belonechitina* cf. *B. pseudarabiensis* Butcher, 2009. MP 3389, 7.2 m, CP 937.



ESTAMPA 5

### 4.3. Taxonomia de acritarcas

As assemblagens de acritarcas recuperadas nas formações Iapó e Vila Maria, seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras abrangem 14 espécies identificadas preliminarmente: *Dorsennidium* sp.; *Eupoikilofusa striata* (Staplin, Jansonius e Pocock) Loeblich e Tappan, 1978; *Evittia* cf. *E. denticulata* (Stockmans e Willièrre) Le Hérisse, 1989; *Helosphaeridium* sp.; *Leiosphaeridia* sp. A; *Leiosphaeridia* sp. B; *Lophosphaeridium* sp. A; *Lophosphaeridium* sp. B; *Multiplicisphaeridium irregulare* Staplin, Jansonius, & Pocock emend. Loeblich & Tappan 1978; *Veryhachium lairdii* Servais *et al.*, 2007; *Veryhachium trispinosum* Servais *et al.*, 2007; *Villosacapsula* cf. *V. setosapellicula* (Loeblich) Loeblich e Tappan, 1976; B; *Visbysphaera* sp. e acritarca indeterminado

Os espécimes ilustrados foram depositados na Coleção de Pesquisa do Museu de Geociências, Universidade de Brasília, sob o prefixo CP. A taxonomia apresentada segue Le Hérisse *et al.* (2009). Para as espécies de acritarcas referidas no presente trabalho, apenas espécimes ilustrados foram considerados para compor a lista sinônima das espécies recuperadas a partir de amostras das formações Iapó e Vila Maria.

#### *Incertae sedis*

Grupo Acritarcha Evitt, 1963

Gênero *DORSENNIDIUM* Widander, 1974 emend. Sarjeant e Stancliffe, 1994.

**Espécie-tipo.** *Dorsennidium patulum* Wicander, 1974.

#### ***Dorsennidium* sp.**

Estampa 6, Fig. 1

**Descrição.** Vesícula poligonal de superfície lisa contendo quatro processos curtos, largos na base e arredondados na porção distal. Um quinto processo ocorre quase perpendicular à vesícula.

**Material.** Um espécime recuperado e medido. Ocorrência restrita à seção Fazenda Três Barras em uma amostra da Formação Iapó: MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959. Vesícula de 15 x 19 µm, comprimento dos processos 9 µm, largura basal dos processos 3 a 4 µm.

**Discussão.** O formato poligonal da vesícula se assemelha à *Dorsennidium*. A ocorrência de processos em diferentes planos de inserção difere de *Veryhachium*.



**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Gênero com ampla distribuição geográfica e distribuição estratigráfica do Cambriano Médio (Sarjeant *et al.*, 1996) ao Cretáceo Superior (Stancliffe *et al.*, 1996). Brasil, Bacia do Paraná, seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria.

Gênero *EVITTIA* Brito emend. Lister, 1970.

**Espécie-tipo.** *Evittia sommeri* Brito, 1967.

***Evittia* cf. *E. denticulata* (Stockmans e Willièrè) Le Hérisse, 1989**

Estampa 6, Fig. 2

- 1970 *Diexallophasis denticulata* – Loeblich, fig. 8 A–E, fig. 9 A–C.  
1973 *Diexallophasis* cf. *D. denticulata* – Richardson e Ioannides, pl. 10, figs 12, 13  
1978 *Diexallophasis denticulata* – Jacobson e Achab, pl. III, fig. 9.  
1985 *Diexallophasis denticulata* – Hill *et al.*, pl. 11, fig. 1.  
1985 *Diexallophasis* sp. – Gray *et al.*, fig. 5: I – J.  
1988 *Diexallophasis denticulata* – Hill e Molyneux, pl. 11, figs 1, 2, 5.  
1989 *Evittia denticulata* – Le Hérisse, pl. 11, figs 1 – 6.  
2007 *Evittia denticulata* – Paris *et al.*, pl. 5, fig. 14.  
2011 *Diexallophasis denticulata* – Ghavidel–Syooki *et al.*, fig. 4: P.  
2012 *Diexallophasis denticulata* – Paris *et al.*, pl. II, fig. 5.  
2013 *Diexallophasis denticulata* – Thusu *et al.*, pl. III, figs 7, 8.  
2020 *Diexallophasis denticulata* – Ghavidel–Syooki e Piri–Kangarshahi, pl. IX, fig. 15.

**Descrição.** Vesícula esférica ornamentada por grânulos irregularmente distribuídos. Apresenta 4 – 8 processos denticulados acompanhados por protuberâncias na porção basal.

**Material.** Dois espécimes medidos. Ocorrência registrada em sete amostras, sendo uma na seção córrego da Aldeia e seis na seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria: MP 2865, 18.3 m, lâmina LUnB/MP 2865. Seção Fazenda Três Barras, uma amostras da Formação Iapó: MP 3397, 6.4 m, lâmina LUnB/MP 3387. Cinco amostras na Formação Vila Maria: MP 3392, 7.8 m, lâmina 75950, CP 932; MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938, CP 934. MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938, CP 934. MP 3505, 8.8 m, lâmina 75961. MP 3397, 11.2 m, lâmina 75978. MP 3399, 11.7 m, lâmina 75981. Diâmetro 26 - 29 µm, processos 13 - 15 µm.

**Discussão.** O tamanho da vesícula é compatível com o de espécimes reportados a partir de outras localidades. O comprimento dos processos se assemelha aos de espécimes pequenos de *Evittia denticulata*. Le Hérisse (1989) propôs sinonímia entre *Evittia* Brito, 1967 emend. Lister 1970 e *Diexallophasis* Loeblich, 1970. Segundo Le Hérisse (1989) não há diferenças significativas entre a diagnose emendada de *Evittia* proposta por Lister

(1970) e a diagnose de *Diexallophasis* proposta por Loeblich (1970). Desta maneira, a referida sinonímia é seguida no presente trabalho.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Espécie de ampla distribuição geográfica e distribuição estratigráfica a partir do Ordoviciano Superior/ Ashgilliano ao Devoniano superior (Le Hérissé, 1989). No intervalo Ordoviciano – Siluriano: Ordoviciano Superior, nordeste da Líbia (Molyneux e Paris, 1985). Ordoviciano Superior, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki e Piri–Kangarshahi, 2020). Ashigiliano, Canadá (Staplin *et al.*, 1965; Jacobson e Achab, 1985). Hirnantiano, Irã, Formação Dargaz (Ghavidel–Syooki *et al.*, 2011). Ordoviciano Superior, nordeste da Líbia (Molyneux e Paris, 1985). Llandoveryano inferior, Líbia, Formação Tanezzuft (Paris *et al.*, 2012). Siluriano inferior, Brasil, Formação Vila Maria (Gray *et al.*, 1985). Brasil, Bacia do Paraná, seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria.

Gênero *EUPOIKILOFUSA* Cramer, 1970

**Espécie-tipo.** *Eupoikilofusa striatifera* (Cramer, 1964; Cramer, 1970).

***Eupoikilofusa striata* (Staplin, Jansonius e Pocock) Eisenack *et al.*, 1976**

Estampa 6, Fig. 3

1978 *Eupoikilofusa striata* – Loeblich e Tappan, pl. 8, figs 6, 7.

1985 *Eupoikilofusa striata?* – Molyneux e Paris, pl. I, fig. 7.

1985 *Eupoikilofusa* cf. *E. striata* – Miller e Eames, pl. 3, figs 4, 7.

2004 *Eupoikilofusa striata* – Rubinstein e Vaccari, fig. 5: E.

2013 *Eupoikilofusa striata* – Le Hérissé *et al.*, fig. 8: R.

**Descrição.** Vesícula fusiforme de superfície ornamentada por estrias paralelas e longitudinais. Os pólos da vesícula afunilam contudo apresentam porção distal um pouco arredondada a sem ornamentação.

**Material.** Ocorrência registrada em ambas as seções analisadas totalizando 12 mostras, sendo duas na seção córrego da Aldeia Formação Vila Maria, e dez na seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria: MP 2861, 17.1 m, lâmina LUnB 2861; MP 2863, 17.7 m, lâmina LUnB 2863. Seção Fazenda Três Barras, Formação Iapó: MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959; MP 3387, 6.4 m, lâmina LUnB 3387; MP 3518, 6.8 m, lâmina 75974; MP 3519, 6.95 m, lâmina LUnB 3519. Formação Vila Maria: MP 3390, 7.4 m, lâmina 75930, CP 931; MP 3505, 8.8 m, lâmina 75961; MP 3507, 9.2 m, lâmina 75963; MP 3397, 11.2 m, lâmina 75978; MP 3398, 11.7 m, lâmina

75957; MP 3399, 11.7 m, lâmina 75981. Comprimento em torno de 147 µm, largura máxima em torno de 24 µm.

**Discussão.** Difere de *Eupoikilofusa striata* reportada por Rubinstein e Vaccari (2004) em função do maior comprimento da vesícula.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Ampla distribuição geográfica e distribuição estratigráfica do Ordoviciano Superior ao Devoniano (Le Hérisse, 1989). No intervalo Ordoviciano – Siluriano: Ordoviciano Superior, nordeste da Líbia (Molyneaux e Paris, 1985). Hirnantiano, Argentina, Formação Salar del Rincon (Rubinstein e Vaccari, 2004; Rubinstein *et al.*, 2016). Hirnantiano mais superior – Rhuddaniano mais inferior, Chade, sondagem Moussegouda (Le Hérisse *et al.*, 2013). Llandoveryano, EUA, Grupo Medina (Miller e Eames, 1982). Brasil, Bacia do Paraná, seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria.

Gênero *HELOSPHAERIDIUM* Lister, 1970

**Espécie-tipo.** *Helosphaeridium clavispinulosum* Lister, 1970.

#### ***Helosphaeridium* sp. A**

Etampa 6, Figs 4, 5

**Descrição.** Vesícula provavelmente subcircular de parede fina ornamentada por elementos curtos de base cilíndrica e superfície plana à arredondada na porção distal. Elementos regularmente e densamente distribuídos na superfície da vesícula.

**Material.** Ocorrência restrita à seção Fazenda Três Barras em uma amostra da Formação Iapó: MP 3384, 2,3 m, lâmina 75926, CP 958, EF M32/2. Não foi possível definir a medida exata do diâmetro da vesícula devido ao estado deformado do espécime. Diâmetro menor estimado em 33 µm, diâmetro maior estimado em 44 µm. Altura dos processos 0.5 µm, largura dos processos 0.5 µm.

**Discussão.** A morfologia geral do espécime recuperado se assemelha a do espécime reportado por Le Hérisse *et al.* (2015: pl. VI, fig. 6), contudo, na referida publicação o espécime ilustrado apresenta maior diâmetro (57 x 47 µm). No presente trabalho, o espécime ilustrado está amassado e apresenta extensa ruptura na vesícula, desta maneira, a comparação de dimensões não foi favorecida. Difere de *Helosphaeridium citrinipeltatum* (Cramer e Diéz) Dorming, 1981, por apresentar parede da vesícula aparentemente mais espessa e ornamentos menores e mais densamente distribuídos.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Brasil, seção Fazenda Três Barras, Formação Iapó.

**Gênero** *LEIOSPHAERIDIA* Eisenack, 1958 emend Downie e Sarjeant, 1963.

**Espécie-tipo.** *Leiosphaeridia baltica* Eisenack, 1958.

***Leiosphaeridia* sp. A**

Estampa 6. Fig. 6

**Descrição.** Vesícula esférica de parede muito fina sem dobras, processos ou ornamentação aparentes. Ocorrem isolados.

**Material.** Ocorrência registrada em ambas as seções estudadas. Seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria: MP 2854, 14.7 m, MP 2855, 15.1 m ; MP 2860, 16.7 m; MP 2861, 17.1 m; MP 2870, 19.9 m; MP 2871, 20.3 m; MP 2874, 21.5 m. Seção Fazenda Três Barras, Formação Iapó: MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926, CP 958; MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959 e em quatro amostras da Formação Vila Maria: MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938; MP 3395, 8.3 m, lâmina 75952; MP 3507, 9.2 m; m; MP 3509, 9.6 m. Espécimes com diâmetro variando entre 30 e 50  $\mu$ m.

**Discussão.** Diferem de *Leiosphaeridia* sp. B em função do diâmetro maior e da ocorrência de espécimes isolados. Estão presentes nos dois perfis estudados, contudo, o registro de ocorrência mais expressivo se dá na Formação Iapó, MP 3384. Na seção Fazenda Três Barras a ocorrência é esporádica. O Gênero *Leiosphaeridia* foi transferido para a Divisão Chlorophyta (Tappan, 1980), Classe Prasinophyceae (Colbath e Grenfell, 1995). Embora esta designação seja adotada por alguns autores (Colbath, 1983; Colbath e Grenfell, 1995; Le Hérisse, 1989), não há consenso sobre a afinidade biológica de todas as espécies de *Leiosphaeridia* com prasinófitas (Strother, 1996). Formas que apresentam algumas características morfológicas que sugerem afinidade com prasinófitas são definidas como possíveis prasinófitas e atribuídas ao Gênero *Leiosphaeridia* por Le Hérisse *et al.* (2009).

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Ampla distribuição geográfica e distribuição estratigráfica do Proterozoico ao Quaternário (Knoll *et al.*, 2006; Hannah *et al.*, 1998). Brasil, Bacia do Paraná, seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria.

***Leiosphaeridia* sp. B**

Estampa 6. Fig. 7

**Descrição.** Vesícula esférica muito pequena de parede fina, sem dobras, processos ou ornamentação aparentes. Ocorrem em aglomerados abundantes e menos frequentemente isolados.

**Material.** Ocorrência registrada em ambas as seções estudadas. Seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria: MP 2854, 14.7 m, MP 2855, 15.1 m ; MP 2860, 16.7 m; MP 2861, 17.1 m; MP 2863; MP 2865, 18.3 m. MP 2866, 18.7m; MP 2870, 19.9 m; MP 2871, 20.3 m; MP 2872, 20.7 m; MP 2874, 21.5 m. Seção Fazenda Três Barras, em quatro amostras da Formação Iapó: MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926, CP 958; MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959. MP 3518, 6.8 m, lâmina 75974; MP 3519, 6.95 m; e em 14 amostras da Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975; MP 3389, 7.2 m, lâmina 75923; MP 3391, 7.6 m, lâmina L5816; MP 3392, 7.8 m, lâmina 75950; MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938; MP 3394, 8.2 m, lâmina LUnB 3394; MP 3395, 8.3 m, lâmina 75952; MP 3504, 8.6 m; MP 3506, 9.0 m; MP 3508, 9.4 m; MP 3396, 10.6 m; MP 3397, 11.2 m; MP 3398, 11.48 m; MP 3399, 11.7 m. Diâmetro variando entre 15 e 25  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** Diferem de *Leiosphaeridia* sp. A em função do tamanho diminuto e da ocorrência frequente formando aglomerados. Estão presentes ao longo dos dois perfis estudados. Apesar da transferência do Gênero *Leiosphaeridia* para a Divisão Chlorophyta (Tappan, 1980), Classe Prasinophyceae (Colbath e Grenfel, 1995), discutida no item anterior, estes espécimes foram relacionados a acritarcas no presente trabalho.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Ampla distribuição geográfica e distribuição estratigráfica do Proterozoico ao Quaternário (Knoll *et al*, 2006; Hannah *et al*, 1998). Brasil, Bacia do Paraná, seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria.

Gênero *LOPHOSPHERIDIUM* Timofeev, 1959, ex Downie, 1963, emend Lister, 1970

**Espécie-tipo.** *Lophosphaeridium rarum* Timofeev, 1959, designated by Downie, 1963.

### ***Lophosphaeridium* sp. A**

Estampa 6, Fig. 8

**Descrição.** Vesícula oval de parede espessa contendo ornamentos sólidos, curtos, largos, de aparência verrucada e globular na porção distal. Ornamentação espaçada e densamente distribuída na superfície da vesícula.

**Material.** Um espécime recuperado. Ocorrência restrita à seção Fazenda Três Barras em uma amostra da Formação Iapó: MP 3384, 2,6 m, lâmina 75926, CP 958. Diâmetro

menor 30 µm. Diâmetro maior 43µm. Altura dos processos variando entre 1.2 e 2 µm. Largura dos processos variando entre 1.2 e 2 µm.

**Discussão.** A morfologia geral do espécime recuperado na Formação Iapó apresenta alguma semelhança com *Lophosphaeridium acinatum* Wicander *et al.*, (1999), contudo, difere por conter ornamentos maiores e mais densamente distribuídos na superfície da vesícula.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Iapó.

### ***Lophosphaeridium* sp. B**

Estampa 6, Fig. 9

**Descrição.** Vesícula circular a subcircular, aparentemente lisa, contendo processos pequenos, simples, ocos, que parecem se comunicar com o interior da vesícula, numerosos e heteromórficos densamente distribuídos na superfície.

**Material.** Ocorrências registradas em dez amostras, sendo duas na seção córrego da Aldeia e oito na seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria: MP 2860, 16.7 m, lâmina LUnB/MP 2860. MP 2861, 17.1 m, lâmina L30517. Seção Fazenda Três Barras: Três amostras da Formação Iapó: MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959; MP 3387, 6.4 m, lâmina LUnB 3387; MP 3519, 6.95 m, lâmina LUnB 3519. Cinco amostras da Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975; MP 3389, 7.2 m, lâmina 75923; MP 3394, 8.2 m, Lâmina LUnB 3394; MP 3505, 8.8 m, lâmina 75961; MP 3397, 11.2 m, lâmina 75978. Diâmetro menor 14 µm, diâmetro maior 16 µm. Largura dos processos 1.05 µm, comprimento 2 µm e 2.2 µm.

**Discussão.** Difere de *Gorgonisphaeridium* por não apresentar processos sólidos. Difere de *Micrhystridium* por conter processos de comprimentos diferentes. Espécie abundante na amostras MP 3520, Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria.

Gênero *MULTIPLICISPHAERIDIUM* Staplin emend. Lister, 1970.

**Espécie-tipo.** *Multiplicisphaeridium ramispinosum* Staplin, 1961.

***Multiplicisphaeridium irregulare* Staplin, Jansonius, & Pocock.**

Estampa 6, Fig. 10

1965 *Multiplicisphaeridium irregulare* – Staplin, Jansonius e Pocock, pl. 18, fig. 18.

- 1978 *Multiplicisphaeridium irregulare* – Loeblich e Tappan, pl. 14, fig. 3.  
1985 *Multiplicisphaeridium irregulare* – Jacobson e Achab, pl. 6, fig. 2.  
1999 *Multiplicisphaeridium irregulare* – Wicander *et al.*, fig. 9: 9 – 12.  
2006 *Multiplicisphaeridium irregulare* – Li *et al.*, pl. V, figs 4 – 6.  
2007 *Multiplicisphaeridium irregulare* – Wicander e Playford, pl. 3, fig. 6.  
2008 *Multiplicisphaeridium irregulare* – Ghavidel–Syooki, pl. III, fig. 6.  
2011 *Multiplicisphaeridium irregulare* – Ghavidel–Syooki *et al.*, fig. 4, S.  
2013 *Multiplicisphaeridium irregulare* – Le Hérissé *et al.*, fig. 8:L.  
2017 *Multiplicisphaeridium irregulare* – Ghavidel–Syooki, fig. 6:J; fig. 7: C.  
2017 *Multiplicisphaeridium irregulare* – Ghavidel–Syooki, fig. 7: C  
2019 *Multiplicisphaeridium irregulare* – Oktay e Wellman, pl. VII, fig. 1.  
2020 *Multiplicisphaeridium irregulare* – Ghavidel–Syooki e Piri–Kangarshahi, pl. IX, fig. 1.

**Descrição.** Vesícula subesférica de superfície fina e lisa contendo processos simples que se comunicam com o interior da vesícula. Os processos são cônicos na base e acuminados na porção distal podendo apresentar bifurcação curta.

**Material.** Cinco espécimes medidos. Ocorrências registradas em 23 amostras, sendo cinco na seção córrego da Aldeia e 18 amostras na seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia: MP 2854, 14.7 m; MP 2866, 18.7 m; MP 2871, 20.3 m; MP 2872, 20.7 m; MP 2873, 21.1 m. Seção Fazenda Três Barras, quatro amostras na Formação Iapó e 14 amostras na Formação Vila Maria. Formação Iapó: MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959; MP 3387, 6.4 m, LUnB/MP 3587; MP 3518, 6.8 m, lâmina 75974; MP 3519, 6.95 m, lâmina LUnB/MP 3519. Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3389, 7.2 m, lâmina 75923, CP 930; MP 3390, 7.4 m, lâmina 75930, CP 931; MP 3391, 7.6 m. MP 3392, 7.8 m, lâmina 75949. MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938, CP 934. MP 3395, 8.3 m, lâmina 75952. MP 3504, 8.6 m, lâmina LUnB/MP 3504. MP 3505, 8.8 m, lâmina 75961. MP 3509, 9.6 m, lâmina 75988. MP 3397, 11.2 m, lâmina 75978. MP 3398, 11.48 m, lâmina 75957. MP 3399, 11.7 m, lâmina 75981. Diâmetro variando entre 26 e 30 µm. Comprimento dos processos variando entre 12 e 14 µm.

**Discussão.** A morfologia geral dos espécime recuperados se adequa a descrição reportada por Loeblich e Tappan, 1978.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Ampla distribuição geográfica. Distribuição estratigráfica reportada para o Ordoviciano Médio (Loeblich e Tappan, 1978) e Superior (Ghavidel–Syooki e Piri–Kangarshahi, 2020). Ordoviciano Médio, Canadá, Formação Trenton (Loeblich e Tappan, 1978). Ordoviciano Superior, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki e Piri–Kangarshahi, 2020). Ordoviciano Superior, Irã, Gorgan Schists (Ghavidel, 2008); China, Formação Qilang (Li *et al.*, 2006); E.U.A. Formação Maquoketa

(Wicander *et al.*, 1999); Katiano, Turquia, Formação (Oktay e Wellman, 2019). Ashigiliano, Canadá, Anticosti, Formação Vaureal (Staplin *et al.*, 1965; Jacobson e Achab, 1985). Ordoviciano Superior, EUA, Formação Stonington, Creek Shale (Wicander e Playford, 2008). Hirnantiano mais superior – Rhuddaniano mais inferior, Chade, sondagem Moussegouda (Le Hérisse *et al.*, 2013). Hirnantiano, Irã, Formação Dargaz (Ghavidel–Syooki *et al.*, 2011). Hirnantiano, Irã, Alborz Mountains, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2017). Brasil, Bacia do Paraná, seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria.

Gênero *VERYHACHIUM* Deunff emend. Sarjeant e Stancliffe, 1994

**Espécie-tipo.** *Veryhachium trisulcum* (Deunff) Deunff, 1959.

**grupo *Veryhachium lairdii* (Deflandre) Loeblich 1970 sensu Servais *et al.*, 2007**

Estampa 6. Fig. 11

1978 *Veryhachium lairdii* – Jacobson e Achab, pl. II, fig. 6.

1978 *Veryhachium lairdii* – Jacobson e Achab, pl. III, fig. 9.

2008 *Veryhachium lairdii* – Ghavidel–Syooki, pl. II, fig. 6.

2016 *Veryhachium lairdii* grupo – Ghavidel–Syooki, pl. VIII, fig. 2.

2017 *Veryhachium lairdii* – Ghavidel–Syooki, fig. 7: i, j.

2020 *Veryhachium lairdii* – Ghavidel–Syooki e Piri–Kangarshahi, pl. IX, fig. 8.

**Descrição.** Vesícula de formato retangular e superfície muito delgada e lisa, contendo quatro processos simples largos na base e acuminados na porção distal que se comunicam com o interior da vesícula.

**Material.** Dois espécimes medidos. Ocorrência restrita a seção Fazenda Três Barras em três amostras, sendo uma amostra da Formação Iapó e duas amostras da Formação Vila Maria. Formação Iapó: MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959. Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3389, 7.2 m, lâmina 75923, CP 930. Vesícula 20 x 17 µm, comprimento dos processos 14 µm, largura basal dos processos 4 µm.

**Discussão.** Servais *et al.* (2007) consideram que *Veryhachium lairdii* abrange espécimes de formato retangular contendo processos curtos e espécimes com processos longos. Estes autores (*op. cit.*) sugerem o uso de uma categoria informal definida como grupo *Veryhachium lairdii* para registro de ocorrência destas espécies até que um detalhamento taxonômico seja realizado a partir dos referidos morfotipos. No presente trabalho, espécimes similares aos morfotipos ilustrados por Servais *et al.* (2007), aliada à variabilidade intraespecífica reportada anteriormente, ocorrem a partir de amostras



provenientes do topo da Formação Iapó e base da Formação Vila Maria. Desta maneira, a utilização da categoria informal citada anteriormente foi adotada no presente trabalho.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Ampla distribuição geográfica. Distribuição estratigráfica a partir do Tremadociano médio (Servais *et al.*, 2007). Ordoviciano Superior, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki e Piri–Kangarshahi, 2020). Ashgilliano, Canadá, Quebec, Formação Vaureal (Jacobson e Achab, 1978). Hirnantiano, Irã, Alborz Mountains, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2017). Outras registros prévios foram sumarizados por Servais *et al.*, (2007). Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Iapó e porção inferior da Formação Vila Maria.

**grupo *Veryhachium trispinosum* (Eisenack) Deunff, 1954 ex Downie, 1959 sensu**

**Servais *et al.*, 2007.**

Estampa 6, Figs 12, 13

1978 *Veryhachium trispinosum* – Jacobson e Achab, pl. III, fig. 9.

1987 *Veryhachium trispinosum* – Górká, pl. 11, fig. 5.

2006 *Veryhachium trispinosum* – Wicander e Playford, pl. 4, fig. 19, 23.

2007 *Veryhachium trispinosum* grupo – Servais *et al.*, pl. I, figs 3, 4.

2007 *Veryhachium trispinosum* grupo – Servais *et al.*, pl. I, figs 1, 2.

2008 *Veryhachium trispinosum* – Ghavidel–Syooki, pl. VIII, fig. 9.

2016 *Veryhachium trispinosum* – Ghavidel–Syooki, pl. VIII, fig. 7.

2017 *Veryhachium trispinosum* – Ghavidel–Syooki, fig. 7: G.

2017 *Veryhachium trispinosum* grupo – Le Hérisse *et al.*, pl. 1, fig. 6.

2020 *Veryhachium trispinosum* – Ghavidel–Syooki e Piri–Kangarshahi, pl. IX, fig. 15.

**Descrição.** Vesícula de formato triangular, superfície aparentemente lisa, contendo quatro processos acuminados. O quarto processo ocorre perpendicular à vesícula.

**Material.** Dois espécimes medidos. Ocorrências registradas em 16 amostras, sendo duas na seção córrego da Aldeia e 14 na seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria: MP 2861, 17.1 m, lâmina LUnB 2861; MP 2863, 17.7 m, lâmina LunB 2863. Seção Fazenda Três Barras, três amostras da Formação Iapó: MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926, CP 958; MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959; MP 3519, 6.95 m, lâmina LUnB 3519. Ocorrências em 11 amostras da Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3389, 7.2 m, lâmina 75923, CP 930; MP 3390, 7.4 m, lâmina 75930, CP 931; MP 3392, 7.8 m, lâmina 75949. MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938, CP 934. MP 3395, 8.3 m, lâmina 75952. MP 3505, 8.8 m, lâmina 75961. MP 3507, 9.2 m, lâmina 75963. MP 3509, 9.6 m, lâmina 75988. MP 3397, 11.2 m, lâmina 75978. MP

3398, 11.48 m, lâmina 75957. Diâmetro das vesículas são de 25 e 28 µm, comprimento dos processos variando entre 17 e 20 µm, largura basal dos processos 4 µm.

**Discussão.** Servais *et al.* (2007) consideram que *Veryhachium trispinosum* abrange espécimes de formato triangular contendo processos curtos e espécimes com processos longos. Os referidos autores (*op. cit.*) sugerem o uso de uma categoria informal definida como grupo *Veryhachium trispinosum* para registro de ocorrência destas espécies até que um detalhamento taxonômico seja realizado a partir dos referidos morfotipos. No presente trabalho, espécimes similares aos morfotipos ilustrados por Servais *et al.* (2007), ocorrem a partir de amostras provenientes do topo da Formação Iapó e base da Formação Vila Maria e evidenciam a variabilidade intraespecífica reportada anteriormente. Desta maneira, a utilização da categoria informal citada por Servais *et al.* (2007) foi adotada no presente trabalho.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Ampla distribuição geográfica (Servais *et al.*, 2018) e distribuição estratigráfica ao longo do Paleozoico (Ghavidel–Syooki e Piri–Kangarshahi, 2020). Distribuição estratigráfica do Tremadociano superior ao Jurássico Inferior (Servais *et al.*, 2007). Ordoviciano Médio, Suécia, (Górka, 1987). Ordoviciano Superior, Irã, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki e Piri–Kangarshahi, 2020). Ordoviciano Superior, EUA, Formação Stonington, Creek Shale (Wicander e Playford, 2008). Ashgilliano, Canadá, Quebec, Formação Vaureal (Jacobson e Achab, 1978). Hirnantiano, Irã, Alborz Mountains, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2017). Outros registros prévios foram sumarizados por Sarjeant e Satancliff (1994) e por Servais *et al.*, (2007). Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria (presente trabalho).

Gênero *VILLOSACAPSULA* Loeblich e Tappan, 1976

**Espécie-tipo.** *Villosacapsula setosapellicula* (Loeblich) Loeblich e Tappan, 1976.

***Villosacapsula* cf. *V. setosapellicula* (Loeblich) Loeblich e Tappan, 1976.**

Estampa 6, Fig. 14

1976 *Villosacapsula setosapellicula* – Loeblich e Tappan, pg. 307.

1978 *Villosacapsula setosapellicula* – Jacobson e Achab, pl. II, fig. 4.

1985 *Villosacapsula setosapellicula* – Molyneux e Paris, pl. 3, figs 3, 11, 14.

1993 *Villosacapsula setosapellicula* – Jachowicz, pl. II, fig. 1.

1999 *Villosacapsula setosapellicula* – Wicander; fig. 14: 5 – 11.

2004 *Villosacapsula* aff. *V. setosapellicula* – Rubinstein e Vaccari; fig. 6:E.

2011 *Villosacapsula setosapellicula* – Wicander e Playford, pl. 4, fig. 20, 24.

2011 *Villosacapsula setosapellicula* – Ghavidel–Syooki *et al.*, fig. 4: K.

- 2013 *Villosacapsula setosapellicula* – Le Hérisse *et al.*, pfig. 8: A.  
2014 *Villosacapsula setosapellicula* – Mahmoudi *et al.*, pl. 3, fig. 5.  
2015 *Villosacapsula setosapellicula* – Le Hérisse *et al.*, pl. III, figs 7, 8.  
2016 *Villosacapsula setosapellicula* – Ghavidel–Syooki, pl. VIII, fig. 6.  
2017 *Villosacapsula setosapellicula* – Ghavidel–Syooki, fig. 7: H.  
2019 *Villosacapsula setosapellicula* – Oktay e Wellman, pl. IV, figs 6, 7, 8.  
2020 *Villosacapsula setosapellicula* – Ghavidel–Syooki e Piri–Kangarshahi, pl. IX, fig. 4.

**Descrição.** Vesícula triangular de parede fina contendo três processos simples num mesmo plano de inserção. Há um processo suplementar na superfície da vesícula a qual parece conter ornamentação granulada.

**Material.** Dois espécimes medidos. Ocorrência restrita a seção Fazenda Três Barras em seis amostras, sendo três amostras da Formação Iapó e três amostras da Formação Vila Maria: Formação Iapó MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926, CP 958; MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959; MP 3519, 6.95 m, lâmina LUnB 3519. Formação Vila Maria MP 3520, 7.1 m, lâmina 75989; MP 3389, 7.2 m, lâmina 75923. MP 3390, 7.4 m, lâmina 75930, CP 931. Largura da vesícula variando entre 22 e 25  $\mu\text{m}$ , comprimento dos processos 7  $\mu\text{m}$ , largura basal dos processos 2  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** A morfologia da vesícula e dos processos dos espécimes estudados é similar à *Villosacapsula setosapellicula*. Contudo, a ornamentação granulada não é claramente observada no espécime ilustrado no presente trabalho. Assim sendo, a identificação foi apenas tentativamente atribuída à *Villosacapsula* cf. *V. setosapellicula*.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Ampla distribuição geográfica. Distribuição estratigráfica reportada para estratos do Ordoviciano Superior (Ghavidel–Syooki e Piri–Kangarshahi, 2020). Ordoviciano Superior, EUA, Formação Stonington, Creek Shale (Wicander e Playford, 2008); Irã Superior (Ghavidel–Syooki e Piri–Kangarshahi, 2020). Katiano – Hirnantiano, Turquia, Formação Bedinan (Oktay e Wellman, 2019). Katiano superior – Hirnantiano inferior, Arábia Saudita, Formação Qasim e Formação Sarah (Le Hérisse *et al.*, 2015). Ordoviciano Superior, Irã, Formação Ghelli (Mahmoudi *et al.*, 2014). Hirnantiano, Irã, Formação Dargaz (Ghavidel–Syooki *et al.*, 2011). Hirnantiano, Argentina, Formação Salar del Rincon (Rubinstein e Vaccari, 2004; Rubinstein *et al.*, 2016). Ashgilliano, EUA, Missouri, Maquoketa Shale (Wicander *et al.*, 1999). Hirnantiano – Rhuddaniano, Chade, Bacia Erdi, Formação Tanezzuft, sondagem Mousseouda (Le Hérisse *et al.*, 2013). Hirnantiano, Irã, Alborz Mountains, Formação Ghelli (Ghavidel–Syooki, 2017). Brasil, Bacia do Paraná, seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria.

Gênero *VISBYSPHAERA* Lister, 1970 emend. Kiryanov, 1978 emend. Le Hérisse, 1989

**Espécie-tipo.** *Histrichosphaeridium piriferum* Eisenack, 1954

***Visbysphaera* sp.**

Estampa 6, Figs 15, 16

**Descrição.** Espécime com vesícula circular, superfície lisa, contendo processos cuja base é alargada e a porção distal arredondada.

**Material.** Dois espécimes medidos. Ocorrência restrita a seção Fazenda Três Barras em cinco amostras da Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m, lâmina 75975, CP 936; MP 3390, 7.4 m, lâmina 75930, CP 931; MP 3391, 7.6 m, lâmina LUnB 3391; MP 3392, 7.8 m, lâmina 75950; MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938, CP 934. Diâmetro variando entre 16 e 20  $\mu\text{m}$ , processos variando entre 3.5 e 5.5  $\mu\text{m}$ .

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria.

***Acritarca indeterminado***

Estampa 6. Fig. 17

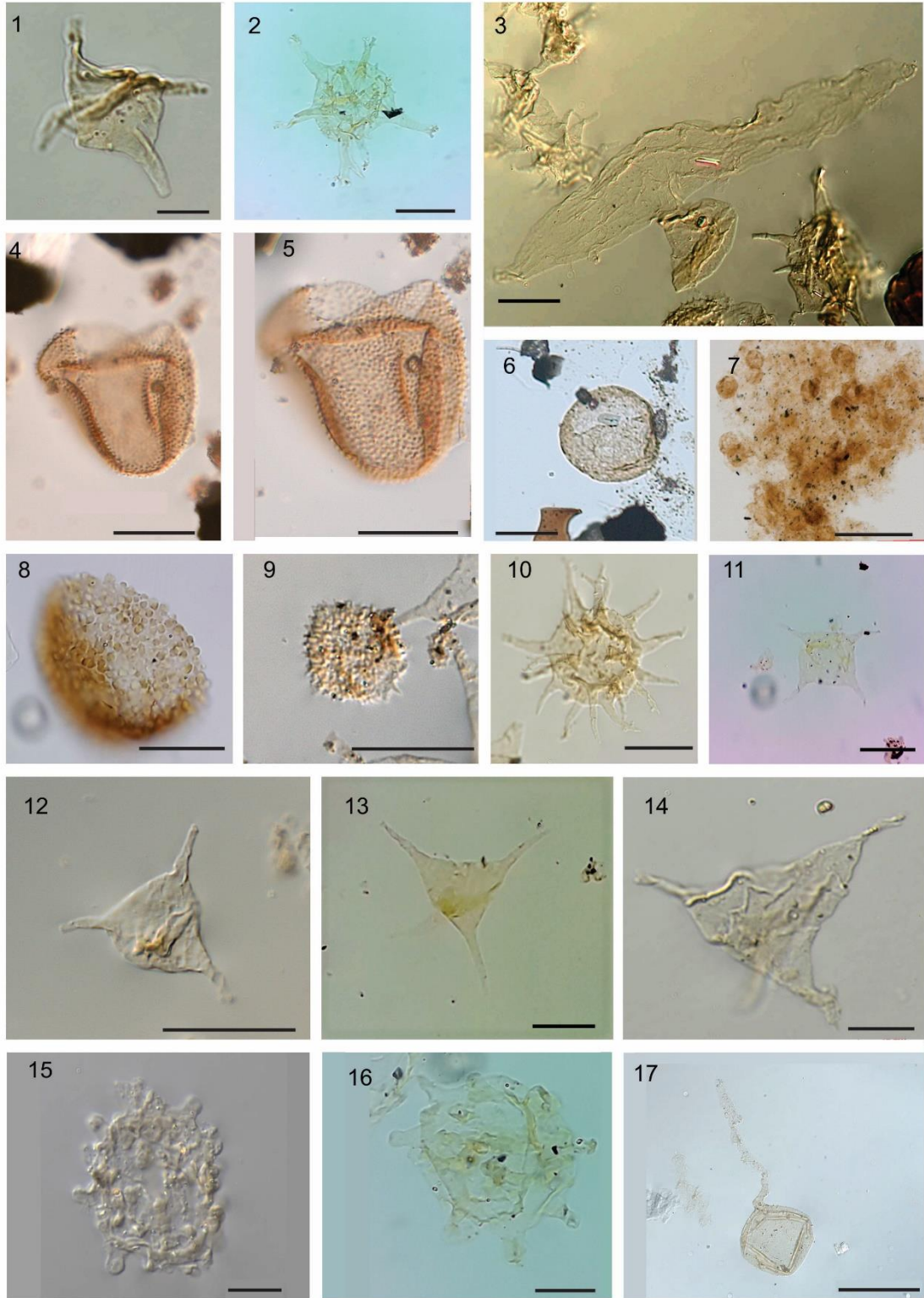
**Descrição.** Forma distinta composta por vesícula esférica, superfície contendo alguma granulação associada a um longo apêndice com o mesmo padrão de ornamentação da vesícula.

**Material.** Um espécime recuperado. Ocorrência restrita a seção Fazenda Três Barras em uma amostra da Formação Vila Maria: MP 3393, 8.0 , lâmina 75938, CP 934, EF M28/1. Diâmetro 44  $\mu\text{m}$ . Comprimento do processo 84  $\mu\text{m}$ .

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria.

Estampa 6. Acrítarcas das Formação Iapó e Vila Maria. Seção Fazenda Três Barras. As espécies são acompanhadas pelo número da amostra (MP), posição estratigráfica a partir do embasamento (m), número da Coleção do Museu de Geociências (CP), coordenada England Finder. Barra de escala = 10 µm (5, 7, 12); Barra de escala = 20 µm (1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 14, 15); Barra de escala = 50 µm (16).

- 1- *Dorsennidium* sp. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. U27/2.
- 2- *Evittia* cf. *E. denticulata* (Stockmans & Williére) Loeblich, 1970. MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75950. CP 959. M28/1.
- 3- *Eupoikilofusa striata* Staplin, Jansonius & Pocock 1965. MP 3518, 6.8 m. Lâmina 75974. D28.
- 4- *Helosphaeridium* sp. A. MP 3384, 2.3 m. Lâmina 75926. CP 958. M32/2.
- 5- *Helosphaeridium* sp. A. MP 3384, 2.3 m. Lâmina 75926. CP 958. M32/2.
- 6- *Leiosphaeridia* sp. A. Espécime isolado. MP 3384, 2.6 m. Lâmina 75926, CP 958. O41/1.
- 7- *Leiosphaeridia* sp. B. Aglomerado. MP 3390, 7.4 m. Lâmina 75930, CP 931. R14.
- 8- *Lophosphaeridium* sp. A. MP 3518, 6.8 m. LUnB/MP3518. O24/3.
- 9- *Lophosphaeridium* sp. B. MP 3520, 7.1 m. Lâmina 75989. CP 958. N27.
- 10- *Multiplicisphaeridium irregulare* (Staplin, Jansonius & Pocock 1965) Eisenack, Cramer & Diez 1976. MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75950. CP 959. U27/2.
- 11- *Veryhachium lairdii* grupo. MP 3520, 7.1 m. Lâmina 75975. CP 936. M24/2.
- 12- *Veryhachium trispinosum* grupo. MP 3520, 7.1 m. Lâmina 75975. CP 936. R28/3.
- 13- *Veryhachium trispinosum* grupo. MP 3520, 7.1 m. Lâmina 75975. CP 936. R22/2.
- 14- *Villosacapsula* cf. *V. setosapellicula* (Loeblich) Loeblich e Tappan, 1976. MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75938. CP 934. M28/1.
- 15- *Visbysphaera* sp. MP 3520, 7.1 m. Lâmina 75975. CP 936. R32/4.
- 16- *Visbysphaera* sp. MP 3390, 7.4 m. Lâmina 75950. CP 958. V34/2.
- 17- Acrítarca indeterminado. MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75938. CP 934. M28/1.



ESTAMPA 6

#### 4.4. Taxonomia de prasinófitas e outros palinormorfos

As assemblagens de prasinófitas recuperadas nas formações Iapó e Vila Maria, seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras abrangem três espécies: *Tasmanites tzadiaensis* Le Hérissé, 2013; *Tasmanites* sp. A e *Tasmanites* sp. B. Adicionalmente, no intuito de incentivar trabalhos futuros foram ilustrados outros palinormorfos: *Tortotubus protuberans* Johnson, 1985, escolocodontes e fragmentos orgânicos sem afinidade biológica definida, conforme ilustrações (Estampa 6). Os espécimes ilustrados foram depositados na Coleção de Pesquisa do Museu de Geociências, Universidade de Brasília, sob o prefixo CP.

Divisão Chlorophyta Pascher, 1914

Classe Prasinophyceae Christensen, 1962

Ordem Pterospermatales Schiller, 1925

Familia Tasmanitaceae Sommer, 1956

Gênero *TASMANITES* Newton, 1875

**Espécie-tipo.** *Tasmanites punctatus* Newton, 1875.

***Tasmanites tzadiaensis* Le Hérissé, 2013**

Estampa 7, Fig. 1

2013 *Tasmanites tzadiaensis* – Le Hérissé *et al.*, fig. 9: A, B, F.

2013 *Tasmanites tzadiaensis* – Thusu *et al.* Pl. XII, fig. 8, 11 – 13.

**Descrição.** Vesícula esférica de parede espessa contendo ornamentação discoidal verrucada de baixa espessura regularmente distribuída sobre a superfície. Poros diminutos estão distribuídos na superfície da vesícula mal preservada.

**Material.** Ocorrência restrita a seção Fazenda Três Barras em uma amostra da Formação Vila Maria: MP 3389, 7.2 m, lâmina 75923, CP 930, EF O 41/1. Diâmetro menor 115 µm. Diâmetro 130 µm. Diâmetro da ornamentação discoidal em torno de 10 µm. Espessura da parede variando entre 6 e 11 µm.

**Discussão.** Difere do espécime reportado por Le Hérissé *et al.* (2013: fig. 9 – A, B, F) por apresentar parede da vesícula mais espessa. Segundo os referidos autores a espessura da parede é de 2 – 3 µm.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Hirnantiano – Rhuddaniano, Chade, Bacia Erdi, Formação Tanezzuft, sondagem Moussegouda (Le Hérissé *et al.*, 2013). Hirnantiano mais superior – Rhuddaniano mais inferior, Líbia, Bacia Kufra, Sondagem

JA–2 (Thusu *et al.*, 2013). Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria.

***Tasmanites* sp. A**

Estampa 7, Fig. 2

2013 *Tasmanites* sp. – Le Hérisse *et al.*, fig. 9: H.

**Descrição.** Vesícula subcircular com parede espessa, ornamentação discoidal verrucada formando elevações conspícuas, amplamente distribuídas sobre a superfície.

**Material.** Ocorrência restrita a seção Fazenda Três Barras em uma amostra da Formação Vila Maria: MP 3393, 8.0 , lâmina 75938, CP 934, EF R43/4. Diâmetro menor em torno de 137. Diâmetro maior em torno de 150 µm.

**Discussão.** Difere de *Tasmanites tzadiaensis* pelo padrão de ornamentação mais amplamente distribuído e pela maior espessura da ornamentação discoidal.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Hirnantiano – Rhuddaniano, Chade, Bacia Erdi, Formação Tanezzuft, sondagem Moussegouda (Le Hérisse *et al.*, 2013). Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Vila Maria.

***Tasmanites* sp. B**

Estampa 7, Fig. 3

**Descrição.** Vesícula esférica, parede fina, superfície lisa, borda espessa e ondulada. Sem abertura visível.

**Material.** Ocorrência restrita a seção Fazenda Três Barras em quatro amostras da Formação Iapó: MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959; MP 3387, 6.4 m, lâmina LUnB 3387; MP 3518, 6.8 m, lâmina 75974; MP 3519, 6.95 m, lâmina LUnB 3519. Diâmetro em torno de 53 µm.

**Discussão.** A ausência de outras característica diagnósticas não favoreceu a identificação detalhada deste espécime.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Brasil, Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formação Iapó.

Reino Fungi Moore, 1980

Grupo Dikarya Hibbett *et al.*, 2007

Gênero TORTOTUBUS Johnson, 1985

***Tortotubus protuberans* Johnson, 1985**

Estampa 7, Figs 4, 5



- 1969 Filamentos – Lele & Streel, fig. 76.  
1978 Filamentos de hifa septada – Pratt *et al.* pl. 4, figs 4, 8.  
1985 *Tortotubus protuberans* – Johnson, pl. 11, figs 5, 14.  
1985 Tubo septado – Johnson, pl. 13, fig. 3.  
1985 Hifa – Sherwood-Pike e Gray, figs 2: a – f; 3, 4.  
1995 *Ornatifilum lornensis* – Wellman, pl. 5.  
1997 *Ornatifilum lornensis* – Hagström, fig. 8: r–s.  
2013 *Tortotubus protuberans* – Thusu *et al.*, pl. 1, fig. 3; pl. XII, figs 9, 14, 18.  
2016 *Tortotubus protuberans* – Smith, fig. 2: A – J.

**Descrição.** Filamentos alongados e de largura constante com pelo menos um ponto de ramificação. A superfície lisa contém porções globosas que aparentam dobras em alguns pontos.

**Material.** Registro de ocorrência restrita a duas amostras da seção Fazenda Três Barras, Formação Iapó: MP 3384, 2.6, lâmina 75926, CP 958; MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929, CP 959. Comprimento variando entre 236 e 350 µm.

**Discussão.** O registro de ocorrência deste palinomorfo fornece indicação de deposição muito próxima da costa, sendo geralmente relacionado com ambientes rasos à continentais em estratos do limite Ordoviciano-Siluriano (Thusu *et al.*, 2013).

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Ordoviciano Superior ao Givetiano. Hirnantiano mais superior – Rhuddaniano mais inferior, Líbia, Bacia Kufra, Sondagem JA–2 (Thusu *et al.*, 2013). Siluriano, EUA, Pennsylvania, Formação Tuscarora (Johnson, 1985). Brasil, Bacia do Paraná, Seção Fazenda Três Barras, Formação Iapó.

Filo ANNELIDA Lamarck 1809

Classe Polychaeta Grube 1850

Ordem Eunicida Dales 1852

#### **Escolecodontes indeterminados**

Estampa 7, Figs 6 - 12

**Descrição.** Peças quitinosas, isoladas, de coloração castanho a castanho escuro provenientes do aparelho bucal de poliquetos. Apresentam variação de forma e tamanho.

**Material.** 46 escolecodontes recuperados com ocorrências registradas em 11 amostras, sendo duas na seção córrego da Aldeia e nove na seção Fazenda Três Barras. Seção córrego da Aldeia, Formação Vila Maria: MP 2860, 16.7 m e MP 2863, 17.7m. Seção Fazenda Três Barras, uma amostra da Formação Iapó: MP 3518, 6.8 m. Formação Vila Maria: MP 3520, 7.1 m; MP 3390, 7.4 m; MP 3392, 7.8 m; MP 3393, 8.0 m; MP 3394,

8.2 m; MP 3395, 8.3 m; MP 3397, 11.2 m; MP 3398, 11.48 m. Comprimento variando entre 63 e 430  $\mu\text{m}$ .

**Discussão.** Os espécimes apresentam diferenças de forma, tamanho e coloração e são mais abundantes em MP 3393, abrangendo 15 espécimes.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Ampla distribuição geográfica. Distribuição estratigráfica do Cambriano mais superior ao Recente (Hints e Eriksson, 2007).

### **Fragmentos indeterminados**

Estampa 7, Figs. 13 - 19

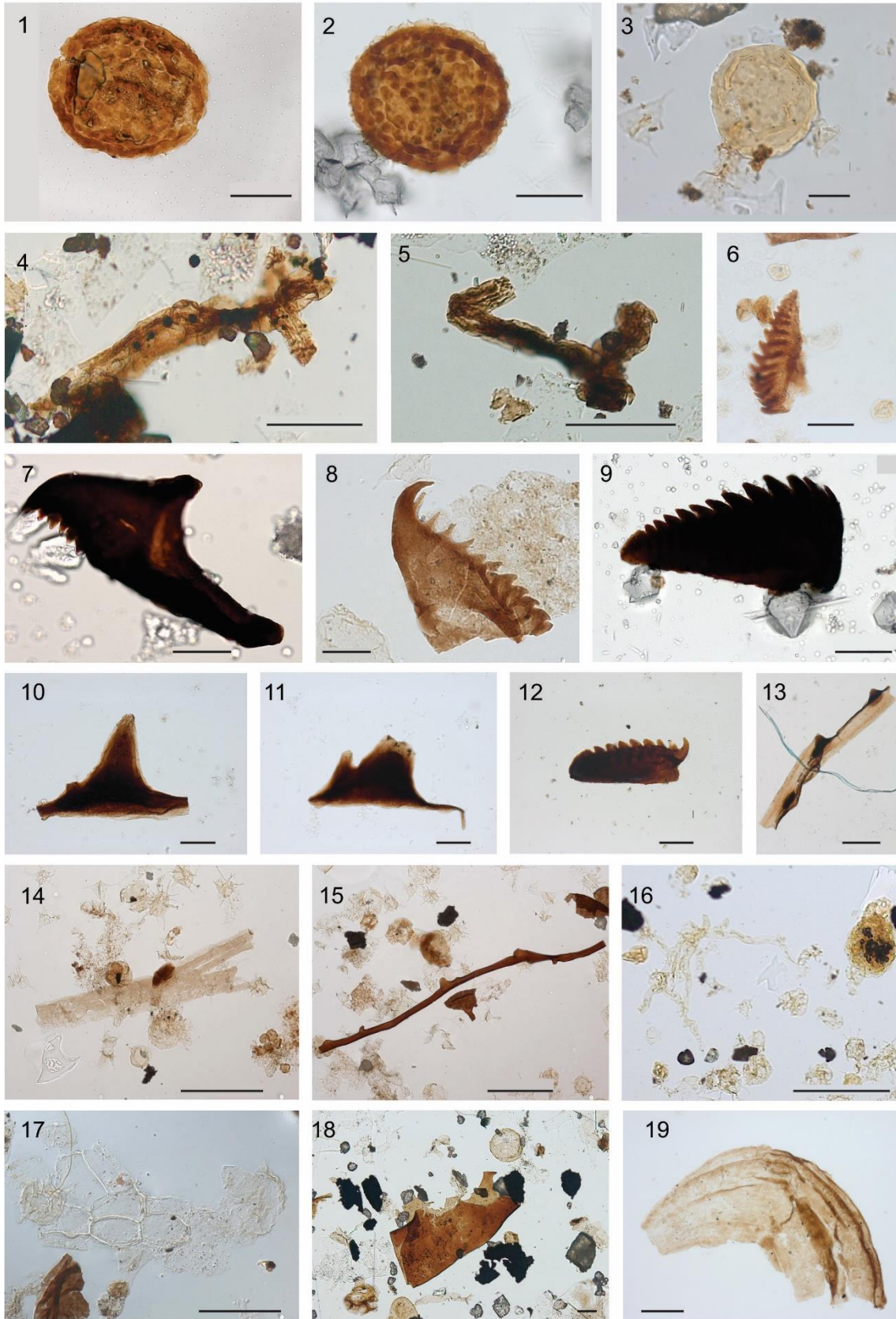
**Descrição.** Fragmentos orgânicos de formatos variados sem afinidade biológica definida.

**Material.** Fragmentos variados. Seção Fazenda Três Barras, Formação Iapó, MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926. Formação Vila Maria: MP 3389, 7.2 m, lâmina 75923; MP 3393, 8.0 m, lâmina 75938.

**Distribuição geográfica e estratigráfica.** Bacia do Paraná, seção Fazenda Três Barras, Formações Iapó e Vila Maria.

Estampa 7. Outros palinomorfos e fragmentos orgânicos indeterminados. Seção Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria. As espécies são acompanhadas pelo número da amostra (MP), posição estratigráfica (m), número da Coleção do Museu de Geociências (CP) e coordenada England Finder. Barra de escala = 20  $\mu\text{m}$  (3, 8, 18); Barra de escala = 50  $\mu\text{m}$  (1, 2, 6, 7, 9, 12, 13, 17); Barra de escala = 100  $\mu\text{m}$  (4, 5, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 19).

- 1 – *Tasmanites tzadiaensis* Le Hérisse in Le Hérisse *et al.*, (2013). MP 3389, 7.2 m. Lâmina 75926. CP 958. O41/1.
- 2 – *Tasmanites* sp. A. MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75938. CP 934. R43/4.
- 3 – *Tasmanites* sp. B. MP 3386, 6.3 m. Lâmina 75929. CP 959. V31.
- 4 – *Tortotubus protuberans* Johnson, 1985. MP 3384, 2.6 m, lâmina 75926. CP 958.
- 5 – *Tortotubus protuberans* Johnson, 1985. MP 3386, 6.3 m, lâmina 75929. CP 959.
- 6 – Escolecodonte indeterminado. MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75950. CP 934. V35/1.
- 7 – Escolecodonte indeterminado. MP 3390, 7.4 m. Lâmina 75926. CP 931.
- 8 – Escolecodonte indeterminado. MP 3390, 7.4 m. Lâmina 75926. CP 931.
- 9 – Escolecodonte indeterminado. MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75938. CP 934. R25/3.
- 10 – Escolecodonte indeterminado. MP 3390, 7.4 m. Lâmina 75926. CP 931.
- 11 – Escolecodonte indeterminado. MP 3390, 7.4 m. Lâmina 75926. CP 931.
- 12 – Escolecodonte indeterminado. MP 3390, 7.4 m. Lâmina 75926. CP 931.
- 13 – Fragmento orgânico indeterminado MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75950. CP 934.
- 14 – Fragmento orgânico indeterminado MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75950. CP 935.
- 15 – Fragmento orgânico indeterminado MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75929. CP 934.
- 16 – Fragmento orgânico indeterminado MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75929. CP 934.
- 17 – Fragmento orgânico indeterminado. Tecido vegetal? MP 3393, 8.0 m. Lâmina 75929. CP 934.
- 18 – Fragmento orgânico indeterminado. MP 3384, 2.6 m. Lâmina 75926. CP 958
- 19 – Fragmento orgânico indeterminado. MP 3389, 7.2 m. Lâmina 75923. CP 935.



ESTAMPA 7

## 5. Diversidade e distribuição estratigráfica de palinomorfos das formações Iapó e Vila Maria

Na seção córrego da Aldeia os palinomorfos não apresentam bom estado de preservação, o registro é descontínuo e as assemblagens são caracterizadas por baixa diversidade e abundância. Em contrapartida, na seção Fazenda Três Barras a preservação dos palinomorfos é moderada e o registro contínuo evidencia assemblagens com diversidade e abundância elevadas em relação à seção anterior.

Nas duas seções avaliadas foi observado um intervalo de descontinuidade na distribuição de palinomorfos contendo apenas material particulado preto. Na seção córrego da Aldeia este intervalo corresponde à 19.1 m (MP 2867) – 19.5 m (MP 2868) e na seção Fazenda Três Barras corresponde ao intervalo 10.1 m (MP 3511) – 10.5 m (MP 3512) (Fig. 12).

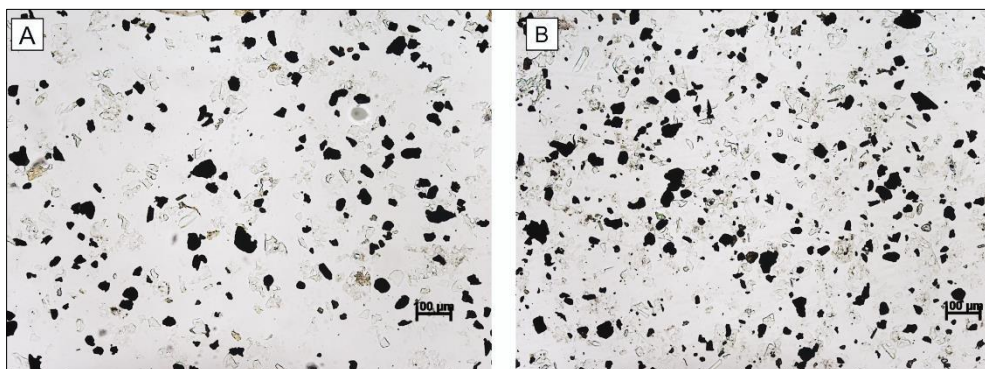


Figura 12. Imagem de lâminas improdutivas para palinomorfos, Formação Vila Maria, contendo fração mineral e material particulado preto. A) MP 2867, seção córrego da Aldeia. B) MP 3512, seção Fazenda Três Barras. Barra de escala=100µm.

### 5.1. Seção córrego da Aldeia

Na seção córrego da Aldeia a diversidade de palinomorfos compreende 17 espécies no total. Destas, sete espécies são de criptosporos, quatro de quitinozoários e seis de acritarcas. Adicionalmente foram registrados escolocodontes. O registro de ocorrência de palinomorfos na Formação Iapó foi restrito a uma amostra, 2.5 m (MP 2849), cuja diversidade abrange: *Gneudnaspóra divellomedia*, *Laevolancis chibrikovae* e *Tetrahedraletes medinensis*. Estas três espécies também ocorrem na Formação Vila Maria, no entanto, as demais 14 espécies de palinomorfos ocorrem apenas na Formação Vila Maria (Fig. 13).

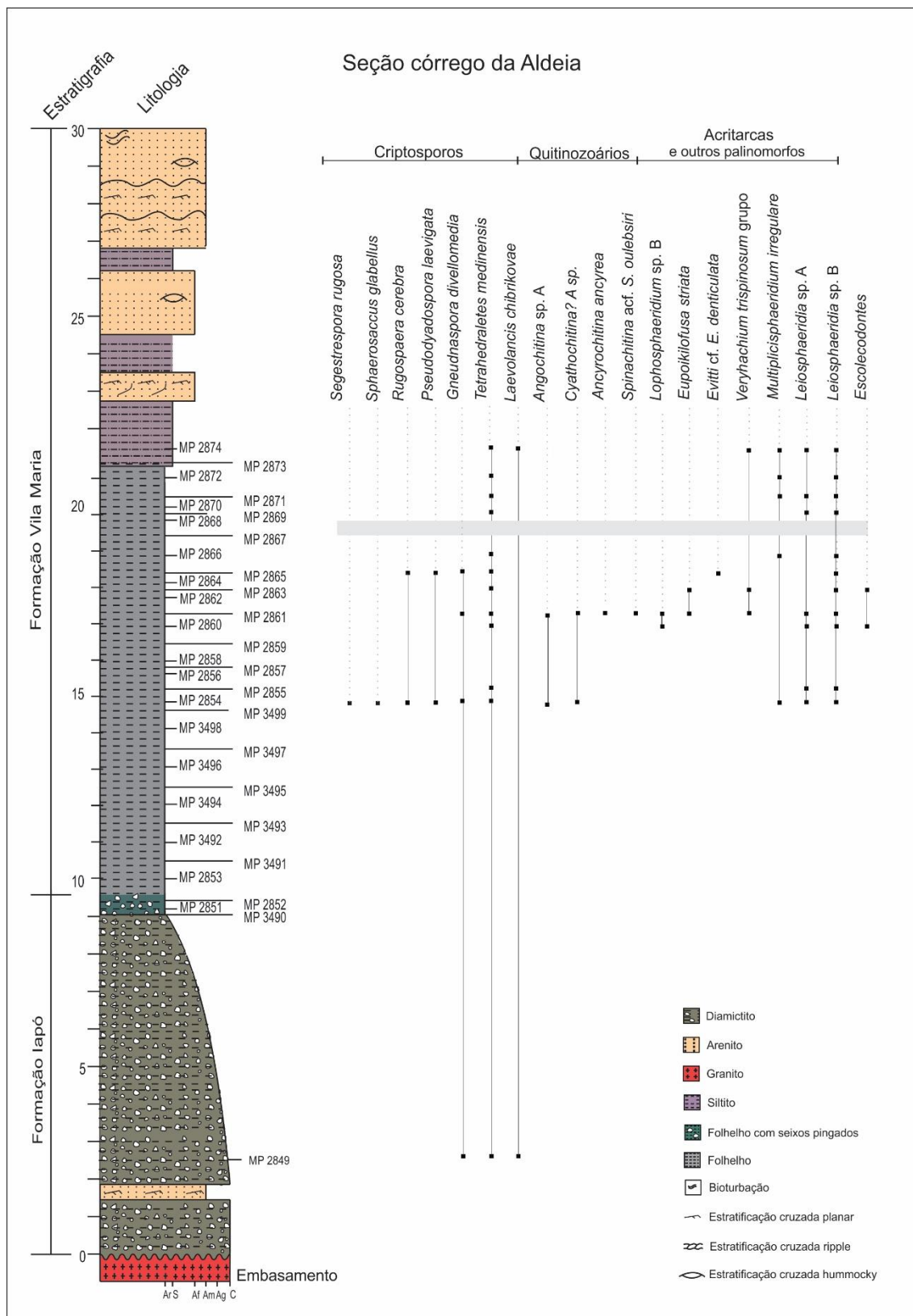


Figura 13. Distribuição estratigráfica das espécies de palinórfos recuperados na seção córrego da Aldeia, formações Iapó e Vila Maria. Intervalo contendo material particulado preto destacado em cinza claro.

As ocorrências de palinomorfos na Formação Vila Maria abrangem 11 amostras inseridas no intervalo 14.7 m (MP 2854) – 21.5 m (MP 2874). Neste intervalo, a diversidade de criptosporos compreende sete espécies: *Rugosphaera cerebra*, *Sphaerasaccus glabellus*, *Pseudodyadospora laevigata*, *Segestrespora rugosa*, *Tetraedraletes medinensis*, *Gneudnaspora divellomedia*, *Laevolancis chibrikovae*. Quanto aos quitinozoários, quatro espécies foram registradas no intervalo 14.7 m (MP 2854) - 17.1 m (MP 2861): *Ancyrochitina ancyrea*, *Angochitina* sp. A, *Cyathochitina?* sp.A e *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri*. A assemblagem de acritarcas consiste em espécimes de *Eupoikilofusa striata*, *Evittia* cf. *E. denticulata*, *Leiosphaeridia* sp., *Lophosphaeridium* sp. B, *Multiplicisphaeridium irregulare* e espécimes do grupo *Veryhachium trispinosum*. Adicionalmente, foi registrada a ocorrência de escolecodontes

Nesta seção um incremento na diversidade de palinomorfos pode ser observado em 17.1 m (MP 2861). Contudo, decréscimo no número de espécies foi registrado a partir de 18.3 m (MP 2865), associado à ocorrência crescente e abundante de esferomorfos e de matéria orgânica amorfa em direção ao topo dos pelitos da Formação Vila Maria.

## 5.2. Seção Fazenda Três Barras

Na seção Fazenda Três Barras a diversidade total de palinomorfos compreende 51 espécies, abrangendo 20 espécies de criptosporos, 14 espécies de quitinozoários, 13 espécies de acritarcas, três espécies de parasinófitas e uma espécie de fungo. Adicionalmente, foram registrados escolecodontes e fragmentos orgânicos indeterminados.

Nesta seção, a assemblagem palinológica da Formação Iapó compreende 30 espécies no total, sendo 17 espécies de criptosporos, 11 espécies de acritarcas, uma espécie de prasinófitas e uma de fungo. Na porção basal da Formação Iapó, 2.3 m (MP 3384), a assemblagem de palinomorfos compreende 17 espécies representadas por criptosporos, acritarcas, prasinófitas e fungo. Desse total, 10 são espécies de criptosporos: *Gneudnaspora divellomedia*, *Imperfectotriletes vavrdovae*, *Laevolancis chibrikovae*, *Rimosotetras problematica*, *Rugosphaera* sp. A, *Segestrespora laevigata*, *Segestrespora rugosa*, *Tetraplanarisporites laevigatus*, *Velatitetras laevigata* e *Velatitetras rugosa*. Quanto aos acritarcas a assemblagem abrange cinco espécies: *Helosphaeridium* sp., *Leiosphaeridia* sp., *Lophosphaeridium* sp. A, *Villosacapsula* cf. *V. setosapelllicula* e espécimes do grupo *Veryhachium trispinosum*. A espécie de fungo consiste em *Tortotubus protuberans* e a espécie de prasinófitas refere-se à *Tasmanites* sp. B. Dentre as

espécies listadas anteriormente apenas sete têm ocorrências restritas a Formação Iapó: *Segestrespora rugosa*, *Rugosphaera* sp. A, *Helosphaeridium* sp., *Dorsennidium* sp., *Lophosphaeridium* sp. A, *Tasmanites* sp. B e *Tortotubus protuberans* (Fig. 14). As demais espécies ocorrem também na Formação Vila Maria.

A assemblagem palinológica correspondente à porção intermediária e superior da Formação Iapó compreende o intervalo 6.3 m (MP 3386) – 6.95 m (MP 3519). Neste intervalo, a diversidade perfaz 26 espécies. Deste total, 15 são espécies de criptosporos, nove de acritarcas, uma espécie de fungo e uma de prasinófitas.

A assemblagem de criptosporos consiste em: *Dyadospora murusdensa*, *Dyadospora murusattenuata*, *Gneudnaspora divellomedia*, *Imperfectotriletes vavrdovae*, *Laevolancis chibrikovae*, *Pseudodyadospora laevigata*, *Pseudodyadospora petasus*, *Rimosotetras problematica*, *Rugosphaera cerebra*, *Segestrespora laevigata*, *Segestrespora rugosa*, *Tetrahedraletes grayae*, *Tetrahedraletes medinensis*, *Tetraplanarisporites laevigatus*, *Velatitetras laevigata*. Dentre estas, apenas sete são compartilhadas com as ocorrências da porção basal. Quanto aos acritarcas, a diversidade consiste em nove espécies: *Dorsennidium* sp., *Eupoikilofusa striata*, *Evittia* cf. *E. denticulata*, *Leiosphaeridia* sp., *Lophosphaeridium* sp. A, *Multiplicisphaeridium irregulare*, *Villosacapsula* cf. *V. setosapellicula*, espécimes do grupo *Veryhachium lairdii* e espécimes do grupo *Veryhachium trispinosum*.

Na seção Fazenda Três Barras, a assemblagem de palinomorfos da Formação Vila Maria, correspondente ao intervalo 7.1 m (MP 3520) – 8.0 m (MP 3393), consiste em 44 espécies no total. Deste total, a diversidade de palinomorfos abrange 18 espécies de criptosporos, 14 espécies de quitinozoários, 10 espécies de acritarcas e duas espécies de prasinófitas. A composição das assemblagens é similar àquela das porções intermediária e superior da Formação Iapó, visto que, do total de 44 espécies recuperadas na Formação Vila Maria, 23 espécies são compartilhadas com as porções intermediária e superior da Formação Iapó.

No intervalo da Formação Vila Maria mencionado anteriormente, a assemblagem é composta por 18 espécies de criptosporos: *Dyadospora murusdensa*, *Dyadospora murusattenuata*, *Gneudnaspora divellomedia*, *Imperfectotriletes*



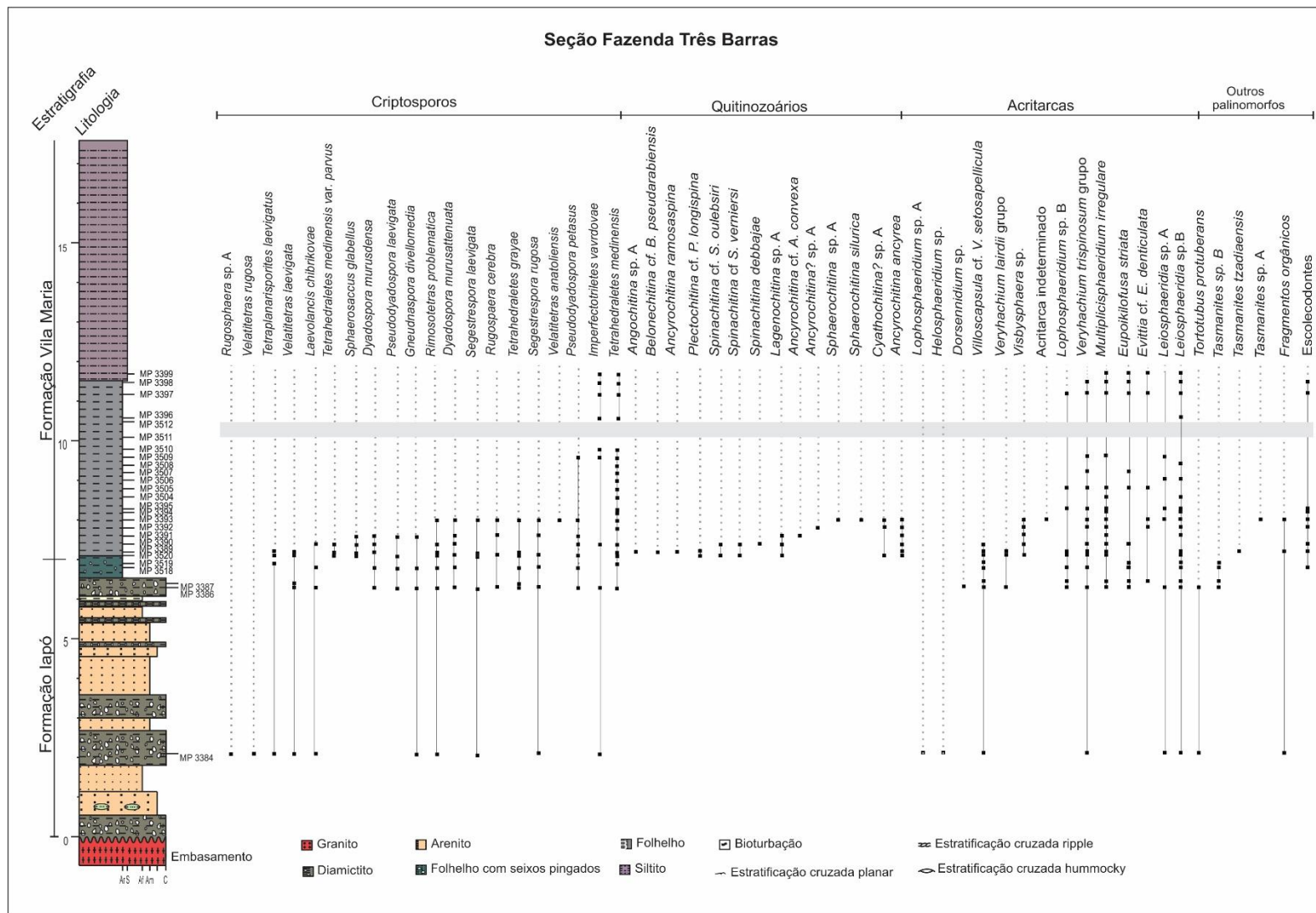


Figura 14. Distribuição estratigráfica das espécies de palinomorfos recuperadas na seção Fazenda Três Barras, formações Iapó e Vila Maria. Intervalo contendo material particulado preto destacado em cinza claro. OBS: Arenitos da porção superior da Formação Vila Maria foram suprimidos desta representação litoestratigráfica.

*vavrdovae*, *Laevolancis chibrikovae*, *Pseudodyadospora laevigata*, *Pseudodyadospora petasus*, *Rimosotetras problematica*, *Rugosphaera cerebra*, *Sphaerasaccus glabellus*, *Segestrespora laevigata*, *Segestrespora rugosa*, *Tetrahedraletes grayae*, *Tetrahedraletes medinensis*, *Tetraplanarisporites laevigatus*, *Tetrahedraletes medinensis* var. *parvus*, *Velatitetras anatoliensis* e *Velatitetras laevigata*.

Quanto aos quitinozoários, 13 espécies foram recuperadas: *Angochitina* sp. A, *Belonechitina* cf. *B. pseudarabiensis*, *Ancyrochitina ramosaspina*, *Plectochitina* cf. *longispina*, *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri*, *Spinachitina* cf. *S. verniersi*, *Spinachitina debbajae*, *Lagenochitina* sp. A, *Ancyrochitina* cf. *A. convexa*, *Ancyrochitina?* sp. A, *Sphaerochitina* sp. A, *Sphaerochitina silurica*, *Ancyrochitina ancyrea*. Vale salientar que a ocorrência de quitinozoários é restrita à Formação Vila Maria nas duas seções estudadas.

No referido intervalo, 7.1 m (MP 3520) – 8.0 m (MP 3393), associadas as espécies de criptosporos e quitinozoários, ocorrem dez espécies de acritarcas: *Eupoikilofusa striata*, *Evittia* cf. *E. denticulata*, *Leiosphaeridia* sp., *Lophosphaeridium* sp. A, *Multiplicisphaeridium irregulare*, *Villosacapsula* cf. *V. setosapellicula*, espécimes do grupo *Veryhachium lairdii*, espécimes do grupo *Veryhachium trispinosum*, *Visbysphaera* sp. e uma espécie de acritarca indeterminada. Dentre estas dez espécies, apenas duas têm ocorrências restritas a Formação Vila Maria: *Visbysphaera* sp. e a espécie de acritarca indeterminada. As outras oito espécies ocorrem também nas porções intermediária e superior da Formação Iapó. Além das espécies de acritarcas mencionada anteriormente, ocorrem duas espécies de prasinófitas: *Tasmanites tzadiaensis* e *Tasmanites* sp. A. vale salientar que estas duas espécies de prasinófitas têm ocorrências restritas à Formação Vila Maria. Adicionalmente, foram registradas as ocorrências de escolocodontes e fragmentos orgânicos indeterminados em amostras provenientes das duas formações estudadas.

Acima do contato entre a Formação Iapó e a base da Formação Vila Maria, em 7.1 m (MP 3520), nota-se um incremento na abundância de espécimes dos grupos *Veryhachium lairdii* e *Veryhachium trispinosum*. Contudo, a partir de 7.4 m (MP 3390), há decréscimo gradual na diversidade e abundância de palinomorfos até 8.0 m (MP 3393). A partir desta última posição estratigráfica, a ocorrência de espécimes de quitinozoários não é mais observada. Vale salientar que em paralelo ao desaparecimento de quitinozoários a ocorrência de criptosporos e acritarcas persiste até o topo da porção pelítica estudada.

No intervalo 8.2 m (MP 3394) – 11.7 m (MP 3399), a assemblagem de palinomorfos é composta por apenas nove espécies, sendo seis espécies de acritarcas e três espécies de

criptosporos. As seis espécies de acritarcas compreendem: *Eupoikilofusa striata*, *Evittia* cf. *E. denticulata*, *Leiosphaeridia* sp., *Lophosphaeridium* sp. B, *Multiplicisphaeridium irregulare*, e espécimes do grupo *Veryhachium trispinosum*. As três espécies de criptosporos são: *Imperfectotriletes vavrdovae*, *Pseudodyadospora petasus* e *Tetrahedraletes medinensis* (Fig. 14).

Em termos comparativos, a análise da diversidade realizada nas duas seções estudadas evidencia maior diversidade de espécies de palinórfos na seção Fazenda Três Barras. Nesta mesma seção a comparação entre a diversidade de espécies de palinórfos reconhecida a partir das formações Iapó e Vila Maria evidenciou maior diversidade na Formação Vila Maria. Adicionalmente, esta análise revela similaridade elevada quanto a diversidade de criptosporos e de acritarcas entre as formações Iapó e Vila Maria (Fig. 15).

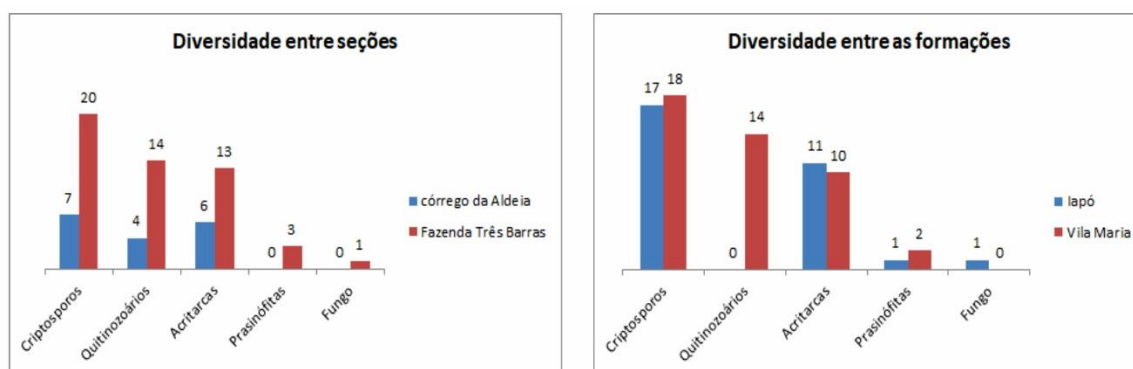


Figura 15. Comparação da diversidade de espécies de palinórfos entre as seções estudadas. Comparação da diversidade entre as formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

### 5.3. Análise da distribuição estratigráfica dos palinórfos

Assemblagens microfossilíferas prévias não são conhecidas para as formações Alto Garças e Iapó, Grupo Rio Ivaí. Desta maneira, as assemblagens palinológicas reportadas no presente trabalho para a Formação Iapó constituem resultados inéditos quanto à diversidade de microfósseis de parede orgânica provenientes de estratos glaciais do Ordoviciano Superior no Brasil. Trinta espécies de palinórfos abrangendo criptosporos, acritarcas, prasinófitas, escolocodontes e fungos tiveram ocorrências registradas nos estratos da Formação Iapó. Em termos comparativos entre a assemblagem recuperada na Formação Iapó e assemblagens do Ordoviciano Superior no Brasil, vale destacar espécies em comum com a assemblagem da Formação Autás-Mirim, Bacia do Amazonas. Com base em dados de Quadros (1986) e de Melo e Steemans (1997), foi possível constatar a ocorrência em comum de quatro espécies de criptosporos e de uma de acritarca:

*Tetraedraletes medinensis*, *Velatitetras laevigata*, *Rugosphaera cerebra*, *Rimosotetras problematica* e *Veryhachium trispinosum*.

Em relação à Formação Vila Maria, as assemblagens reportadas no presente trabalho apresentam espécies em comum com estudos palinológicos anteriores realizados a partir de amostras da porção intermediária desta formação, seção Fazenda Três Barras. Nesse contexto, Gray *et al.* (1985) reportaram nove espécies de palinómorfos abrangendo criptosporos, acritarcas e prasinófitas (Tab. 1). Para este mesmo intervalo litoestratigráfico na seção Fazenda Três Barras, Mizusaki *et al.* (2002) reportaram 22 espécies de palinómorfos abrangendo criptosporos e acritarcas (Tab. 1). A partir de estudos palinológicos da Formação Vila Maria, seção córrego da Aldeia, Grahn *et al.*, (2000) reportaram quatro espécies de quitinozoários (Tab. 1).

Em termos comparativos as assemblagens recuperadas no presente trabalho a partir da Formação Vila Maria contém seis das nove espécies reportadas por Gray *et al.*, (1985). As três espécies que não foram recuperadas no presente trabalho são: *Elektoriskos pogonius*, *Dictyotidium* sp. e *Pterospermella* sp. Quanto as assemblagens reportadas por Mizusaki *et al.* (2002) para a Formação Vila Maria, das 22 espécies de palinómorfos apenas quatro não foram recuperadas no presente trabalho: *Abditusdyadus laevigatus*, *Imperfectotriletes patinatus*, *Nodospora rugosa*, *Velatitetras retimembrana*. Quanto a assemblagem reportada por Grahn *et al.* (2000) para a Formação Vila Maria, seção córrego da Aldeia, das quatro espécies de quitinozoários, apenas duas não foram recuperadas no presente trabalho: *Ancyrochitina paranaensis* e *Salopochitina monterrosae*.

Quanto a diversidade total de palinómorfos reportada no presente trabalho nota-se a similaridade elevada entre as porções intermediária e superior da Formação Iapó e a base da Formação Vila Maria. No entanto, a partir de 8.0 m (MP 3393), Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, esta similaridade diminui em função da redução bem marcada na diversidade total de palinómorfos e, portanto, no número de espécies compartilhadas entre as duas formações (Figs 13 e 14). Diante do exposto, tanto as variações na diversidade de palinómorfos ao longo da sequência Iapó – Vila Maria, quanto a distribuição estratigráfica das espécies favorecem interpretações relevantes para o entendimento do limite Ordoviciano – Siluriano da Bacia do Paraná.

Os criptosporos são palinómorfos de ampla distribuição geográfica e estratigráfica, cuja uniformidade entre assemblagens do Ordoviciano ao Rhuddaniano inferior é reportada em todo o mundo (Gray, 1985; Richardson, 1996; Steemans, 1999; Wellman, 1996;

Rubinstein e Vaccari, 2004; Vecoli *et al.*, 2011; Wellman *et al.*, 2015; Salamon *et al.*, 2018). Nessa perspectiva, as variações de diversidade observadas na sucessão de estratos das formações Iapó e Vila Maria se adequam à curva de biodiversidade de criptosporos proposta por Steemans (2000). Esta curva, apesar da necessidade de atualização quanto ao número de espécies e quanto a cronoestratigrafia, indica estabilidade na diversidade de criptosporos entre o Ashgilliano e o Rhuddaniano e decréscimo expressivo no Aeroniano (Steemans, 2000) (Fig. 16). Vale salientar que o termo Ashgilliano mencionado por Steemans (2000) referia-se à série mais superior do Ordoviciano baseado na cronoestratigrafia do Reino Unido (Bergström *et al.*, 2009). Em termos globais a Série Ashgilliano (449 – 443 Ma) equivale a porção superior do Andar Katiano e ao Andar Hirnantiano (Bergström *et al.*, 2009; IUGS, 2020).

Tal uniformidade na diversidade de criptosporos observada nas seções estudadas e em assemblagens previamente publicadas está relacionada com baixa taxa de inovações evolutivas observadas nas assemblagens do intervalo compreendido entre o Darriwiliano e o Telychiano médio (Wellman, 1996; Steemans, 2000; Wellman e Gray, 2000; Vecoli *et al.*, 2011). Isto implica que esta flora basal de espécies generalistas quanto às condições ecológicas dominou a superfície do planeta por cerca de 50 milhões de anos, entre o Ordoviciano Médio e o Devoniano Inferior praticamente sem incremento significativo na diversidade (Wellman *et al.*, 2015, Salamon *et al.*, 2018, Rubinstein e Vajda, 2019).

Dentre a diversidade total de palinomorfos reportada no presente trabalho as espécies de quitinozoários são restritas aos folhelhos da Formação Vila Maria na porção intermediária dos folhelhos na seção córrego da Aldeia e na porção basal dos folhelhos na seção Fazenda Três Barras. O estado de preservação destes palinomorfos na seção córrego da Aldeia é precário. Na seção Fazenda Três Barras a preservação é moderada, porém, há muitos espécimes com câmaras deformadas, quebradas, com processos quebrados ou faltando, dificultando ou até mesmo inviabilizando a identificação de um número maior de espécies.

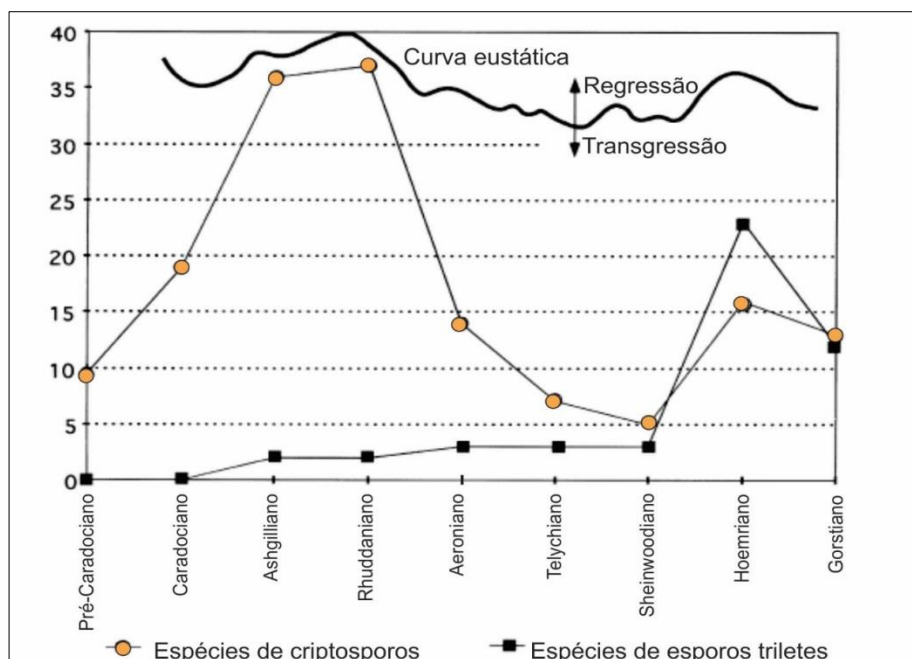


Figura 16. Curvas de biodiversidade de espécies de criptosporos e esporos triletes, comparado ao nível eustático do Ordoviciano ao Siluriano (Adaptado de Steemans, 2000).

Na seção Fazenda Três Barras a ocorrência de quitinozoários foi registrada em seis amostras da Formação Vila Maria: 7.1 m (MP 3520), 7.2 (MP 3389), 7.4 m (MP 3390), 7.6 m (MP 3391), 7.8 m (MP 3392) e 8.0 m (MP 3393). A diversidade de quitinozoários nesta seção corresponde a 14 espécies e, dentre estas, há espécies com potencial bioestratigráfico e outras frequentes ao longo do intervalo analisado. A variação na diversidade e abundância de espécies, aliada a quantidade de espécimes de quitinozoários por grama de rocha da seção Fazenda Três Barras estão representadas na tabela a seguir (Tab. 6).

Tabela 6. Diversidade, abundância e quantidade de quitinozoários por grama de rocha das amostras da Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras. Posição estratigráfica medida em metros a partir do contato com o embasamento (m).

Formação	Amostras (MP)	Posição estratigráfica (m)	Diversidade	Abundância	Quitinozoários por grama de rocha
Vila Maria	3394/3399	8,2 - 11,7	0	0	0
	3393	8	4	142	4.7
	3392	7,8	3	309	7.3
	3391	7,6	3	106	3.5
	3390	7,4	4	286	9.5
	3389	7,2	6	680	22.6
	3520	7,1	6	936	31.2

A redução na diversidade das espécies é percebida a partir de 7.4 m (MP 3390), associada ao decréscimo na abundância dos quitinozoários em direção ao topo dos folhelhos da Formação Vila Maria. Conseqüentemente, esta tendência de decréscimo é

observada na quantidade de quitinozoários por grama de rocha. A diminuição desses valores pode estar relacionada com o efeito de diluição resultante do derretimento de icebergs originados na glaciação do Hirnantiano. Contexto semelhante foi relatado a partir da análise de folhelhos pós-glaciais provenientes da Argélia (Paris *et al.* 2000) e do Chade (Le Hérisse *et al.* 2013). Não há dados comparativos sobre abundância de quitinozoários por grama de rocha em condições glaciais ou pós-glaciais em bacias da América do Sul, desta maneira, uma análise detalhada sobre essa questão não foi possível.

A distribuição estratigráfica das espécies de quitinozoários permitiu identificar mudanças na composição das assemblagens em dois intervalos. O primeiro refere-se ao intervalo 7.1 m (MP 3520) – 7.4 m (MP 3390), o qual abrange espécimes abundantes de *Ancyrochitina ancyrea*, *Ancyrochitina ramosaspina*, *Belonechitina* cf. *B. pseudarabiensis*, *Cyathochitina?* sp. A, *Lagenochitina* sp. A, *Plectochitina* cf. *P. longispina*, *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri*, *Spinachitina* cf. *S. verniersi* e *Spinachitina debbajae*. Apesar de nesta assemblagem não haver espécies exclusivas do Ordoviciano, há registro de duas espécies com o surgimento no Hirnantiano: *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri*, *Spinachitina* cf. *S. verniersi*.

Nesse contexto, a assemblagem do intervalo 7.1 m (MP 3520) – 7.4 m (MP 3390) contém associação de espécies potencialmente indicativas do Hirnantiano, uma vez que, *Spinachitina oulebsiri* é característica do Hirnantiano mais superior no Gondwana (Vandenbroucke *et al.*, 2009). Adicionalmente, outras ocorrências corroboram essa hipótese, visto que, a associação de *Spinachitina oulebsiri* e *Spinachitina verniersi*, sem o registro de espécies típicas do Ordoviciano Tardio, foi atribuída ao Hirnantiano – Eorhuddaniano a partir de depósitos pós-glaciais do Membro Soom, Formação Cedarberg, África do Sul (Vandenbroucke *et al.*, 2009) e da sondagem NI-2, Argélia (Paris *et al.*, 2000). Nos folhelhos pós-glaciais da Formação Tanezzuft, sondagem JA-2, Líbia, a idade do Hirnantiano foi atribuída por meio da associação entre *Spinachitina oulebsiri*, *Spinachitina verniersi* e *Plectochitina* cf. *P. longispina* (Thusu *et al.*, 2013).

Na América do Sul, o registro de ocorrência de *Spinachitina* sp. cf. *oulebsiri* corroborou a datação do Hirnantiano para os depósitos glaciais da Formação Zapla, Argentina, bem como, a mesma datação foi atribuída a Formação Salar del Rincon a partir da ocorrência de *Spinachitina verniersi* (De la Puente e Rubinstein, 2013). A ocorrência de *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri* sugere idade relacionada ao Neohirnantiano, entretanto, pode

ser esporadicamente observada em estratos do Siluriano inferior (Vandenbroucke, 2009; Butcher, 2009; De la Puente e Rubinstein, 2013).

Ainda no intervalo 7.1 m (MP 3520) – 7.4 m (MP 3390), o registro de ocorrência de raros espécimes de *Belonechitina* cf. *B. pseudarabiensis* está associado à espécimes de *Ancyrochitina ramosaspina*. Esta última espécie integra assemblagens atribuídas ao Llandoveryano médio a superior provenientes dos Membros Kolka e Ilka, Formação Saarde, Estônia (Nestor, 1994). *Ancyrochitina ramosaspina* foi também recuperada em estratos do membro carbonático da Formação Niur, atribuído ao Siluriano inferior (Ghavidel-Syooki e Vecoli, 2007; Ghavidel-Syooki, 2016).

Adicionalmente, em 7.4 m (MP 3390) há registro de ocorrência de *Spinachitina debbajae* associada à *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri*. A associação de *Spinachitina debbajae*, *Spinachitina oulebsiri* e *Euconochitina moussegoudaensis*, provenientes das sondagens J1-81A, E1-81 e A1-81, Líbia foi atribuída ao limite Ordoviciano-Siluriano (Hill *et al.*, 1985; Molyneaux e Paris, 1985; Paris, 1988). Enquanto a associação entre *Spinachitina debbajae*, *Belonechitina pseudarabiensis* e *Cyathochitina caputoi*, a partir de sedimentos provenientes da Líbia, seção Nseirat foi atribuída ao Rhuddaniano (NSE-11 a NSE-18; Thusu *et al.*, 2013). Diante disto, Thusu *et al.* (2013) reavaliaram a ocorrência de *Spinachitina oulebsiri*, *Belonechitina pseudarabiensis*, *Ancyrochitina ancyrea* e *Spinachitina debbajae* na composição de assemblagens provenientes de 12 localidades abrangendo a Líbia, Chade, Jordânia, Mauritânia, África do Sul, oeste da França e República Tcheca.

Nesse contexto, os autores anteriormente citados, apresentam uma tabela de correlação entre a distribuição estratigráfica das referidas espécies e o biozoneamento do intervalo estratigráfico contendo o limite Ordoviciano – Siluriano (Thusu *et al.*, 2013) (Fig. 17). De acordo com os autores citados em Thusu *et al.*, (2013), a associação entre *Spinachitina oulebsiri*, *Belonechitina pseudarabiensis* e *Spinachitina debbajae* caracteriza assemblagens do limite Ordoviciano-Siluriano, enquanto a base da amplitude de ocorrência de *Spinachitina debbajae* indica a base do Siluriano.



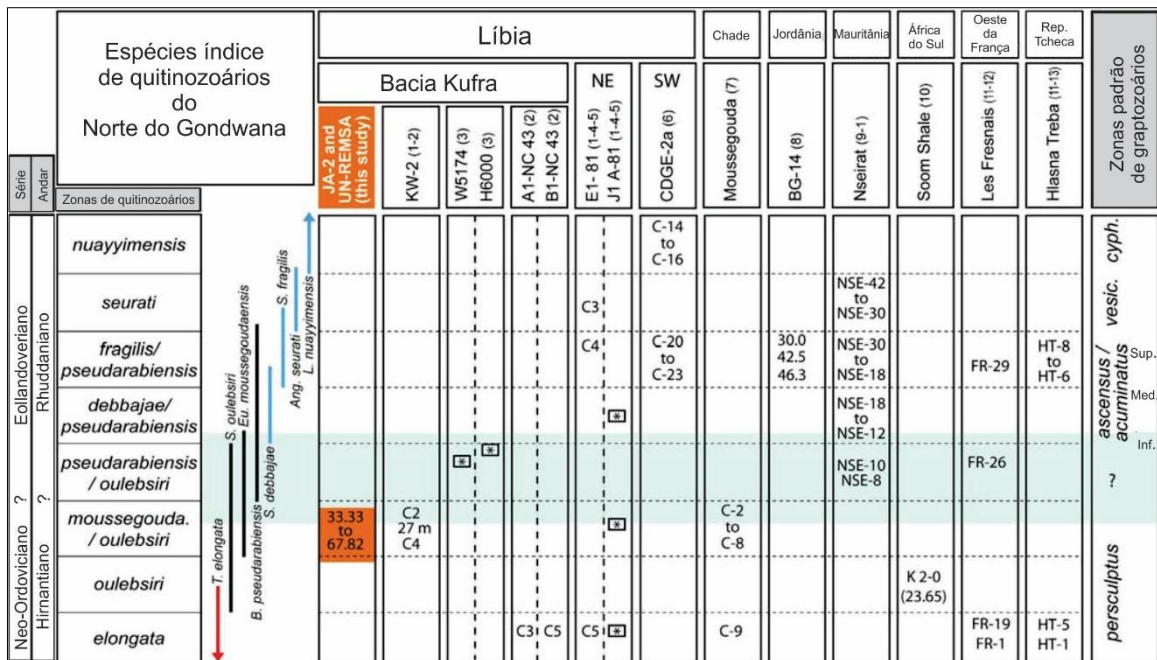


Figura 17. Correlação de alguns estratos do Gondwana com ocorrência de quitinozoários, limite Ordoviciano-Siluriano. Posição estratigráfica relativa dos estratos está relacionada com as zonas de quitinozoários e de graptozoários do intervalo Hirnantiano – Rhuddaniano (1: F. Paris, dados não publicados, 2: Grignani *et al.*, 1991; 3: Paris *et al.*, 2008; 4: Molyneux e Paris, 1985; 5: Paris, 1988; 6: Paris *et al.*, 2012; 7: Le Hérisse *et al.*, 2013; 8: Butcher, 2009; 9: Paris *et al.*, 1998; 10: Vandembroucke *et al.*, 2009; 11, Bourahrouh, 2002; 12: Piçarra *et al.*, 2002; 13: Dufka e Fatka, 1993). Linha vermelha: espécie exclusiva do Ordoviciano tardio. Linha azul: taxa Siluriano primitivo exclusivo. Linha preta: táxons variando possivelmente através do limite Ordoviciano - Siluriano. A faixa verde claro corresponde a um intervalo de tempo breve, mas pouco limitado, do Hirnantiano superior ou Rhuddaniana inferior (ou seja, "interregno" entre o topo do Zona Persculptus e a base da Zona Ascensus; conforme Legrand, 2009) (Adaptado de Thusu *et al.*, 2013).

Contudo, no presente trabalho, a associação entre *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri*, *Spinachitina* cf. *S. verniersi*, *Ancyrochitina ancyrea*, *Ancyrochitina ramosaspina*, *Belonechitina* cf. *B. pseudarabiensis*, *Cyathochitina?* Sp. A, *Lagenochitina* sp. A, *Plectochitina* cf. *P. longispina* e *Spinachitina debbajae* registrada no intervalo 7.1 m (MP 3520) – 7.4 m (MP 3390) foi atribuída a uma zona limite entre o Ordoviciano e o Siluriano pois, apenas um número limitado de espécimes foi recuperado e a identificação de algumas espécies foi apenas tentativamente atribuída. Desta maneira, ainda não há como afirmar com certeza que a base da Formação Vila Maria, intervalo entre 7.1m e 7.4 m seção Fazenda Três Barras, seja do Hirnantiano, assim como, não é possível assegurar sem dúvida que seja do Siluriano. Nesse contexto, a ocorrência sugestiva de *Spinachitina debbajae* seria o indicativo do Eorhuddaniano a partir da posição estratigráfica de 7.4 m.

O segundo intervalo 7.6 m (MP 3391) – 8.0 m (MP 3393) encerra as ocorrências de quitinozoários na Formação Vila Maria e abrange: *Lagenochitina* sp. A, *Ancyrochitina ancyrea*, *Ancyrochitina* cf. *A. convexa*, *Ancyrochitina?* sp. A, *Sphaerochitina* sp. A e

*Sphaerochitina silurica*. Neste intervalo a composição das assemblagens referentes à 7.6 m (MP 3391) – 7.8 m (MP 3392) é caracterizada por diversidade e abundância baixas e pela associação entre *Ancyrochitina ancyrea*, *Cyathochitina?* sp. A e espécimes abundantes de *Ancyrochitina?* sp. A. Finalmente, em MP 3393, 8.0 m, a composição da assemblagem é caracterizada praticamente apenas pela ocorrência de *Sphaerochitina* sp. A e *Sphaerochitina silurica*. Esta última espécie é característica de assemblagem do limite Rhuddaniano – Aeroniano da Formação Vargas Peña, Bacia do Paraná no Paraguai reportada por Grahn *et al.* (2000).

Diante do exposto é possível sugerir que a assemblagem a partir da posição estratigráfica 8.0 m (3393), seção Fazenda Três Barras, pode ser atribuída ao início do Aeroniano devido as ocorrência das espécies *Sphaerochitina silurica* e *Sphaerochitina* sp. A. Baseado na distribuição global das espécies de quitinozoários e na distribuição estratigráficas da espécies de quitinozoários recuperadas foi proposto um esquema palinoestratigráfico (Tab. 9) (Fig. 18).

Tabela 7. Tabela de distribuição global das espécies de quitinozoários recuperadas na Formação Vila Maria

Espécies	Ordov.	Siluriano			Devon.
	Hirnant.	Rhuddan.	Aeron.	Telych.	
<i>Ancyrochitina ancyrea</i>	x	x	x	x	x
<i>Ancyrochitina</i> cf. <i>A. convexa</i>		x	x		
<i>Ancyrochitina ramosapina</i>		x			
<i>Ancyrochitina?</i> sp. A	?	x	?		
<i>Angochitina</i> sp. A		x	x		
<i>Belonechitina</i> cf. <i>B. pseudarabiensis</i>		x			
<i>Cyathochitina?</i> sp. A		x	?		
<i>Lagenochitina</i> sp. A		x	?		
<i>Plectochitina</i> cf. <i>P. longispina</i>	x	x			
<i>Sphaerochitina</i> sp. A			x	?	
<i>Sphaerochitina silurica</i>			x	?	
<i>Spinachitina</i> cf. <i>S. oulebsiri</i>	x	x			
<i>Spinachitina</i> cf. <i>S. verniersi</i>	x	x			
<i>Spinachitina debbajae</i>		x			

Mizusaki *et al.* (2002) reportaram datação absoluta de  $435,9 \pm 7,8$  Ma para a os folhelhos basais da Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras. Esta foi relacionada ao intervalo Eoeorhuddaniano–Eoaeroniano. Atualmente, esta idade está relacionada ao Telychiano.

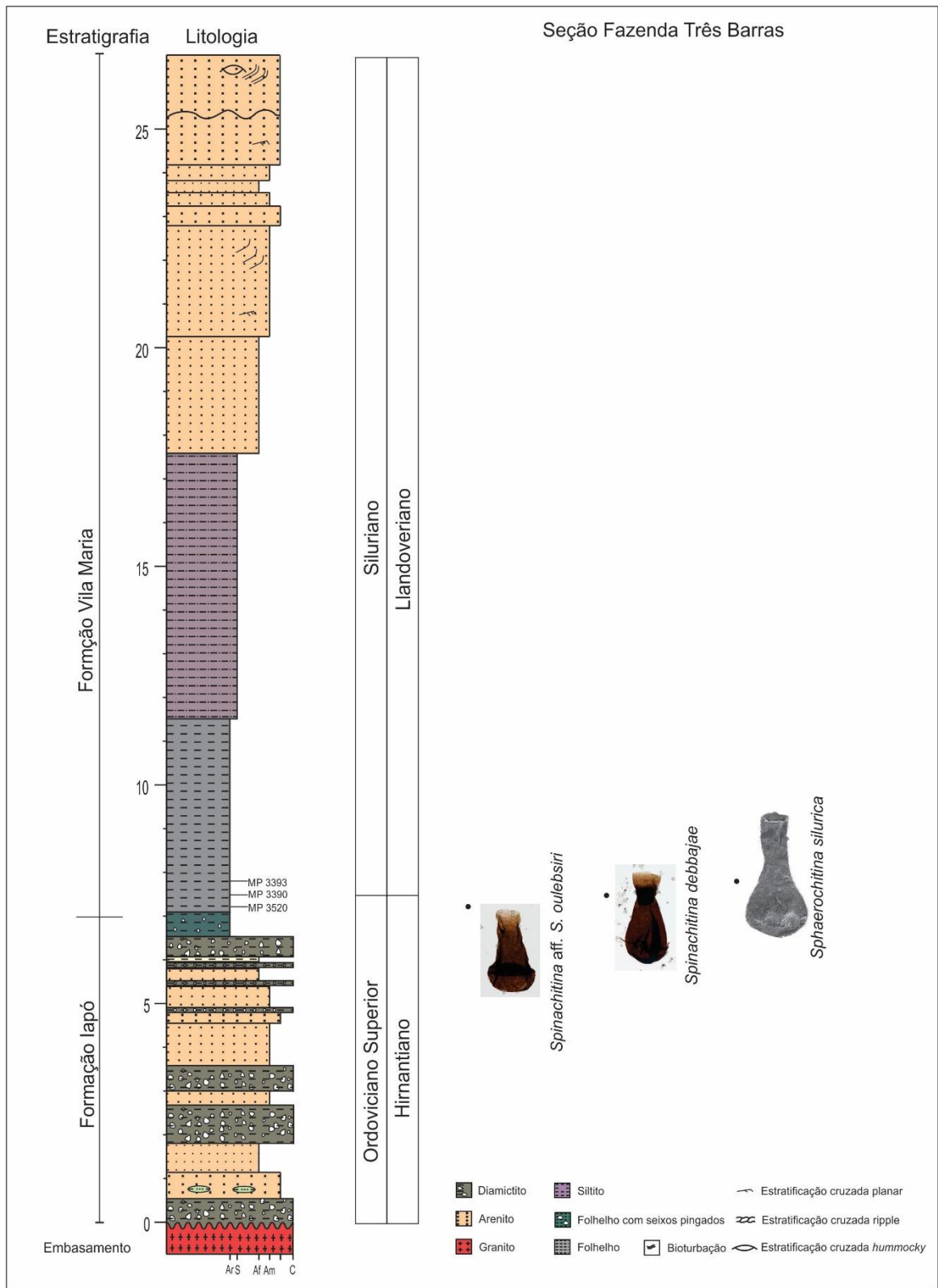


Figura 18. Arcabouço cronoestratigráfico baseado na distribuição de espécies de quitinozoários. Distribuição estratigráfica de espécies-guias do intervalo Ordoviciano superior – Siluriano inferior, Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras: *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri*, *Spinachitina debbajae* e *Sphaerochitina silurica*. Linha pontilhada inferior indica curto intervalo relacionado ao limite Ordoviciano – Siluriano baseado na distribuição estratigráfica de *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri* e *Spinachitina debbajae*. Acima do limite O/S, consta indicação tentativa do limite Rhuddaniano – Aeroniano baseado no surgimento de *Sphaerochitina silurica*.

Desta maneira, a datação baseada na distribuição de quitinozoários corrobora a datação absoluta referida anteriormente, contudo, apenas para as porções intermediária e superior dos folhelhos basais da Formação Vila Maria. Pois a porção inferior destes folhelhos foi atribuída a uma zona limite entre o Ordoviciano e o Siluriano.

Quanto a diversidade total de espécies de acritarcas, das seis espécies que ocorrem na seção córrego da Aldeia, todas tem ocorrência restrita a Formação Vila Maria. Na seção Fazenda Três Barras, dentre a diversidade total de 13 espécies de acritarcas, 11 ocorrem na Formação Iapó. Destas 11 espécies, nove são compartilhadas com ocorrências na Formação Vila Maria. Vale salientar ainda que na seção Fazenda Três Barras, há três espécies de acritarcas com ocorrências restritas na Formação Iapó: *Dorsennidium* sp, *Lophosphaeridium* sp. A e *Helosphaeridium* sp. Ainda nesse mesmo intervalo estratigráfico, a assemblagem recuperada em 2.6 m (MP 3384) é constituída por esferomorfos grandes e delgados, atribuídos à *Leiosphaeridia* sp. A. Adicionalmente, nesta amostra foram recuperados fragmentos frequentes de fungos atribuídos a *Tortotubus protuberans* e diversos fragmentos orgânicos indeterminados.

As assemblagens de acritarcas recuperadas nas formações Iapó e Vila Maria apresentam espécies de ampla distribuição geográfica e distribuição estratigráfica comum ao intervalo Ordoviciano – Siluriano (Molyneux *et al.*, 1996; Paris *et al.*, 2000; Rubinstein e Vaccari, 2004; Le Hérisse e Vecoli, 2004; Vecoli, 2008; Delabroye *et al.*, 2011; Le Hérisse *et al.*, 2013; Thusu *et al.*, 2013). No entanto, na Formação Iapó, as ocorrências de *Helosphaeridium* sp. e *Lophosphaeridium* sp. A constituem exceção, uma vez que estas espécies ainda que indeterminadas no presente trabalho apresentam similaridade com espécies anteriormente reportadas apenas para depósitos do Ordoviciano Superior (Le Hérisse *et al.*, 2015).

Quanto às duas espécies de prasinófitas, *Tasmanites tzadiaensis* e *Tasmanites* sp. A, as mesmas têm registros previamente reportados a partir de depósitos do Hirnantiano superior – Rhuddaniano inferior do Chade (Le Hérisse *et al.*, 2013). Vale ressaltar que *Tasmanites tzadiaensis* é considerada espécie indicadora de paleoambiente proximal a partir de depósitos da Líbia e do Chade atribuídos ao limite Hirnantiano – Rhuddaniano (Thusu *et al.*, 2013; Le Hérisse *et al.*, 2013). Os níveis de ocorrências destas espécies na seção Fazenda Três Barras, 7.2 m (MP 3389) e 8.0 m (MP 3393), ainda que pontuais, sugerem condições de paleoambiente proximal, zona nerítica interna.

## 6. Abundância relativa de palinomorfos

A análise da abundância relativa de palinomorfos de origem continental (criptosporos) e marinha (acritarcas) foi idealizada a partir da contagem de 250 espécimes em uma lâmina palinológica de cada amostra. Contudo, em apenas 10 do total de 61 amostras preparadas a contagem atingiu valores próximos do estabelecido inicialmente. Nas demais lâminas todos os palinomorfos foram contados. Adicionalmente, foi observada quantidade expressiva de matéria orgânica amorfa em algumas amostras da Formação Vila Maria, seção Fazenda Três Barras, e por conta disso, a presença de matéria orgânica amorfa foi considerada na relação entre os grupos de palinomorfos analisados. Os dados observados foram utilizados para basear as interpretações paleoambientais.

Na seção córrego da Aldeia o registro de ocorrência de palinomorfos na Formação Iapó é restrito a uma amostra contendo raros espécimes. Na Formação Vila Maria as amostras produtivas para palinomorfos são provenientes das porções intermediária e superior dos folhelhos transgressivos e totalizam 11 amostras. Na referida seção, apesar do registro palinológico ser descontínuo e caracterizado por baixa diversidade e baixa abundância de espécimes, foi possível indicar a dominância de elementos marinhos a partir da abundância de esferomorfos e acritarcas. A abundância de esferomorfos variou de 84.3% na porção intermediária dos folhelhos à 59.6% próximo ao topo da porção pelítica. Acritarcas correspondem a 12% na porção intermediária, atingem 66.4% em 17.7m e 9.6% no topo da porção pelítica. Criptosporos passam de 2% a 5.2% da porção intermediária ao topo dos folhelhos.

Na seção Fazenda Três Barras o registro contínuo de ocorrência de palinomorfos permitiu reconhecer a evolução da relação palinomorfo marinho-terrestre ao longo das formações Iapó e Vila Maria. Nesse contexto, na Formação Iapó a dominância de esferomorfos é representada pela variação de 47.2% a 52.8% da base para o topo da referida formação. Acritarcas variam de 5.6% a 17.2% em direção ao topo dos folhelhos com seixos caídos enquanto criptosporos variam de 3.2% a 19.2% no mesmo sentido.

Na referida seção, no contato gradacional entre as formações Iapó e Vila Maria, a abundância de esferomorfos decresce sensivelmente de 52.8% no topo da Formação Iapó para 9.6% no nível estratigráfico mais basal da Formação Vila Maria. A variação da abundância de esferomorfos permanece entre 20% e 35% até o topo da porção pelítica da Formação Vila Maria com registro de acréscimo significativo apenas em 7.6 m (54.8%) e em 7.8 m (48%). Em contrapartida, a abundância de acritarcas passa por acréscimo de

17.2% para 74.4% no contato entre as formações estudadas e decresce até 12.4% - 36% no intervalo estratigráfico 7.6 m – 7.8 m. A partir do citado intervalo, a abundância de acritarcas varia de 65% em 8.0 m para 21.2% no topo dos folhelhos transgressivos da Formação Vila Maria. Quanto ao componente terrestre das assemblagens, a abundância de criptosporos no contato Iapó – Vila Maria decresce de 19.2% no topo da Formação Iapó para 2% na base da Formação Vila Maria. Novo acréscimo significativo é registrado apenas em 7.8 m (12.8%). A partir de 8.0 m a abundância de criptosporos varia de 4.8% até 1.2% no topo dos folhelhos da Formação Vila Maria. Diante do exposto é possível indicar que o acréscimo na abundância de esferomorfos e criptosporos nesta seção são acompanhados pelo decréscimo na abundância de acritarcas.

### **7. Teor de carbono orgânico e índice de alteração térmica**

A análise da concentração de carbono orgânico total – COT - nas amostras das formações Iapó e Vila Maria na seção córrego da Aldeia evidenciou variação total entre 0.5 e 1.4% de COT em peso. Na Formação Iapó em 9.0 m (MP 3490) os lamitos com seixos com seixos esparsos contém 1,2% de COT sem registro de assemblagem palinológica associada. Na Formação Vila Maria dois intervalos de variação de COT foram identificados:  $COT \leq 0.5\%$  e COT entre 0.5 % e 1.4%. O primeiro intervalo,  $COT \leq 0.5\%$ , corresponde ao intervalo estratigráfico 10 m (MP2853) – 14.7 m (MP2854). O segundo intervalo de COT compreendido entre 0.5 % e 1.4% corresponde ao intervalo estratigráfico 16.3 m (MP2859) – 21.5 m (MP2874). Na seção córrego da Aldeia a partir de 18.3 m (2865) há incremento discreto nos teores de COT acompanhado pelo incremento de MOA (até 92%) e de esferomorfos (até 59%) em níveis próximos ao topo dos folhelhos da Formação Vila Maria.

Em um sistema transgressivo o COT apresenta valores crescentes até atingir a superfície de inundação máxima enquanto que a contribuição de palinomorfos de origem continental decresce em direção a esta superfície (Pasley *et al.*, 1995; Tyson, 1995). Nesse contexto, a SIM pode ser associada ao valor máximo de COT desde que inserido num contexto de incremento sucessivo de valores de COT relacionados ao Trato Transgressivo (Pereira *et al.*, 2003).

Com base em Pasley *et al.* (1995) e Pereira *et al.* (2003), na seção córrego da Aldeia é possível associar a superfície de inundação máxima (SIM) à posição estratigráfica 18.3

m (MP 2865). Nesta posição estratigráfica foi registrado o valor máximo de 1.3% de COT associado a MOA (43.6 %), esferomorfos (34%) e criptosporos (2.4%)(Anexo II).

Na seção Fazenda Três Barras foi identificada variação entre valores menores que 0.5 e 2.5% de COT. Nesta seção, três intervalos foram definidos: 1) COT<0.5%, 2) COT entre, 0.5 % – 1% e 3) COT 1% – 2.5%. O primeiro intervalo, COT<0.5%, corresponde à Formação Iapó. Nesta formação, da base para o topo, há decréscimo de MOA (44% – 10%), incremento de acritarcas (5% – 17%) e de criptosporos (3% - 19%) e incremento discreto de esferomorfos (47% – 52%).

O segundo intervalo, COT entre 0.5 % – 1%, corresponde ao intervalo estratigráfico 7.1 m (MP 3520) – 8.6 m (MP 3504), porção inferior dos folhelhos basais da Formação Vila Maria. A partir da base deste intervalo, 7.1 m até 7.6 m (MP 3391) há incremento de MOA (14% – 20%) e esferomorfos (9.6 % - 54.8%) acompanhado pelo decréscimo de acritarcas (74.4% – 12.4%) e criptosporos (2% - 12.8%).

O terceiro intervalo, COT entre 1% – 2.5%, corresponde ao intervalo estratigráfico 8.8 m (MP 3505) – 11.7 m (MP 3399), porção superior dos folhelhos da Formação Vila Maria. Neste intervalo há registro de valores crescentes de COT. Com base em Pasley *et al.* (1995) e Pereira *et al.* (2003), nesta seção é possível associar a superfície de inundação máxima à posição estratigráfica 9.6 m (MP 3509). Nesta posição estratigráfica foi registrado o valor máximo de a 2.3% de COT acompanhado por MOA (8.8%), acritarcas (56.8%), esferomorfos (34%) e criptosporos (0.4%) (Anexo II) (Fig 19). Nas duas seções estudadas a superfície de inundação máxima foi posicionada na porção superior dos folhelhos basais da Formação Vila Maria. Este posicionamento foi associado à intervalos estratigráficos contendo valores de COT maiores que 1% .

A análise de COT das amostras das formações Iapó e Vila Maria registra a tendência crescente de valores de COT em direção ao topo da porção pelítica da Formação Vila Maria acompanhada pelo decréscimo da contribuição de criptosporos ao longo das seções estudadas. Desta maneira, nota-se que a tendência transgressiva atribuída aos folhelhos pós-glaciais da Formação Vila Maria foi corroborada por esta análise e pode ser ainda relacionada com a culminância da dominância de elementos marinhos e com a redução da diversidade de espécies de palinórfos identificadas na porção superior dos folhelhos da Formação Vila Maria (Figs. 20 e 21). Na seção córrego da Aldeia a dominância de elementos marinhos é representada por 54% da associação e a contribuição continental consiste em 2.4%. Na seção Fazenda Três Barras esta relação corresponde à

90.8% de elementos marinhos e 0.4% de criptosporos. A análise de COT evidenciou o posicionamento da SIM abaixo dos níveis contendo apenas material particulado preto em ambas as seções estudadas. O registro de variações no conteúdo de matéria orgânica ao longo do limite Ordoviciano – Siluriano na Bacia do Paraná permite inferir que valores muito baixos de COT ( $\leq 0.5\%$ ) ocorrem associados as amostras do Ordoviciano, enquanto valores crescentes de COT foram observados a partir de amostras do Siluriano.

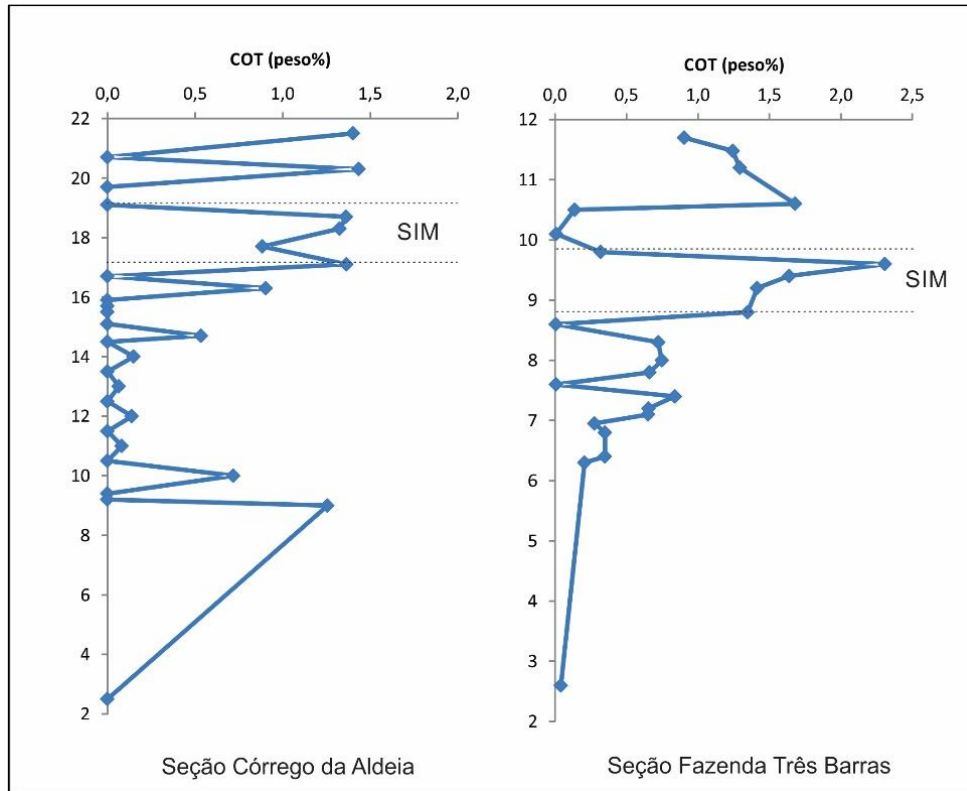


Figura 19. COT da seção córrego da Aldeia e da seção Fazenda Três Barras evidenciando tendência transgressiva dos folhelhos da Formação Vila Maria. O intervalo marcado abriga a SIM e indica prevalência de elementos do componente marinho.

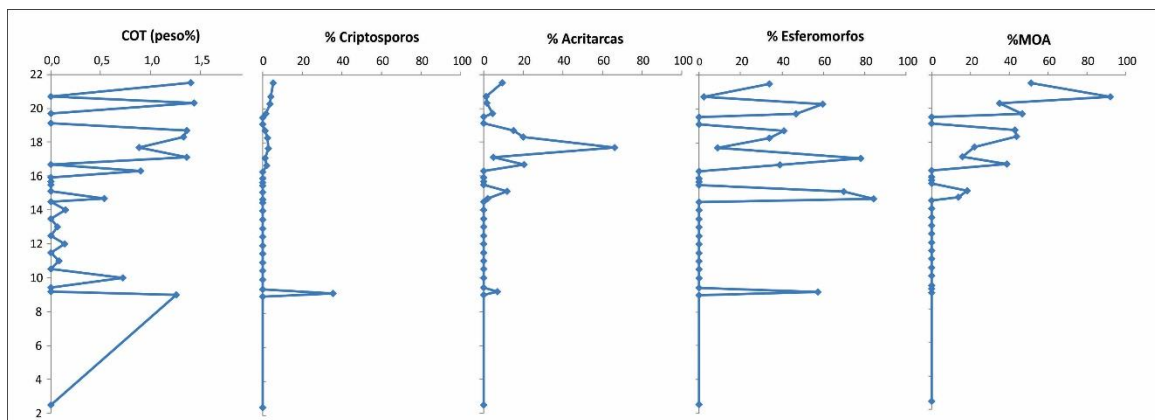


Figura 20. Correspondência entre COT e abundância de elementos do componente continental e marinho, formações Iapó e Vila Maria, seção córrego da Aldeia.



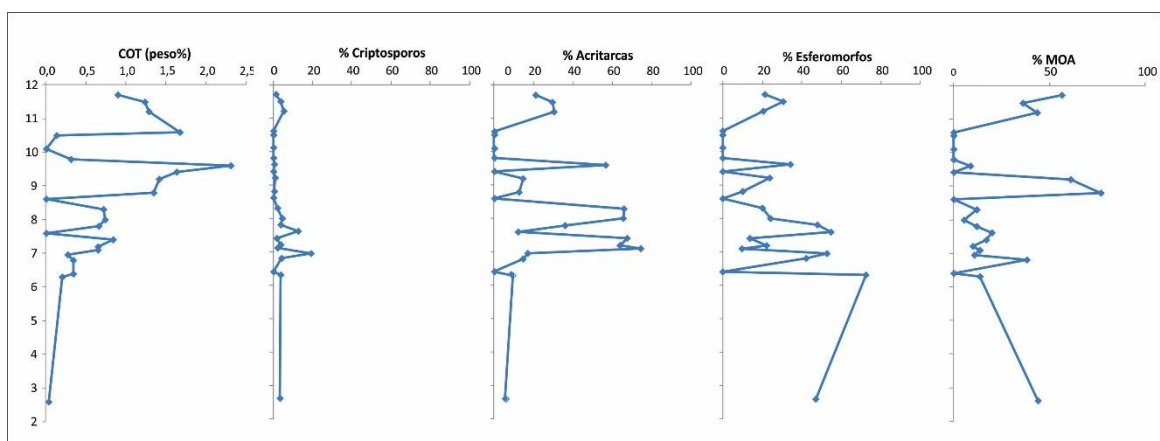


Figura 21. Correspondência entre COT e abundância de elementos do componente marinho e continental, formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

Valores de COT reportados previamente para a Bacia do Paraná referem-se à variação de 1.7% à 2% de COT definida a partir de amostras da Formação Vargas Peña, Paraguai (Pereira et al., 2003). Em termos comparativos nota-se a similaridade entre os valores reportados anteriormente e os valores obtidos a partir das amostras da Formação Vila Maria (1.4% à 2.3%) no presente trabalho. Na Formação Vargas Peña tais valores estão associados à IH entre 80 e 400 mg HC/g COT, querogênio tipo II ou II/III e Tmax acima de 440°C, definindo para aquela formação um potencial gerador moderado e proveniente do efeito térmico de intrusões ígneas (Milani et al., 1990b; Pereira et al., 2003). No Brasil, não há dados comparativos detalhados relacionados ao potencial gerador da Formação Vila Maria.

A análise do índice de alteração térmica, IAT, das amostras das formações Iapó e Vila Maria realizada na seção Fazenda Três Barras mostrou-se mais efetiva devido ao registro contínuo de palinórfos ao longo do perfil litoestratigráfico. Na seção Fazenda Três Barras a evolução da maturação térmica dos elementos do componente orgânico (principalmente criptosporos e matéria orgânica amorfa) apresentou variação entre IAT=3+ e IAT=2-. Na porção inferior da Formação Iapó, 2.6 m (MP 3384), nota-se matéria orgânica com coloração castanho escuro alaranjado à castanho escuro correspondendo a IAT= 3+. Nas porções intermediária e superior da Formação Iapó a coloração grada para amarelo escuro correspondendo a cor próxima de IAT= 2+.

Na porção inferior dos folhelhos basais da Formação Vila Maria, 7.1 m (MP 3520) – 7.2 m (MP 3389), os palinórfos apresentam coloração amarelo muito claro, há

espécimes quase transparentes, sendo a cor predominante corresponde à IAT=2-. A partir de 7.4 m (MP 3390) em direção ao topo da porção pelítica nota-se que a cor do palinomorfos se mantém próxima de amarelo ouro e variações na coloração da MOA são mais perceptíveis. Desta maneira, o intervalo definido entre 8.8 m (3535) à 11.48 m (3398) é caracterizado por palinomorfos de coloração amarelo ouro e matéria orgânica amorfa gradando de amarelo ouro/alaranjado para marrom correspondendo à IAT=3+. Em 11.7 m (MP 3399), topo da porção pelítica da Formação Vila Maria os criptosporos apresentam cor alaranjada e a MOA apresenta-se marrom com bordas amareladas. Nesta posição estratigráfica a cor predominante da matéria orgânica corresponde à IAT=3- (Fig. 22).

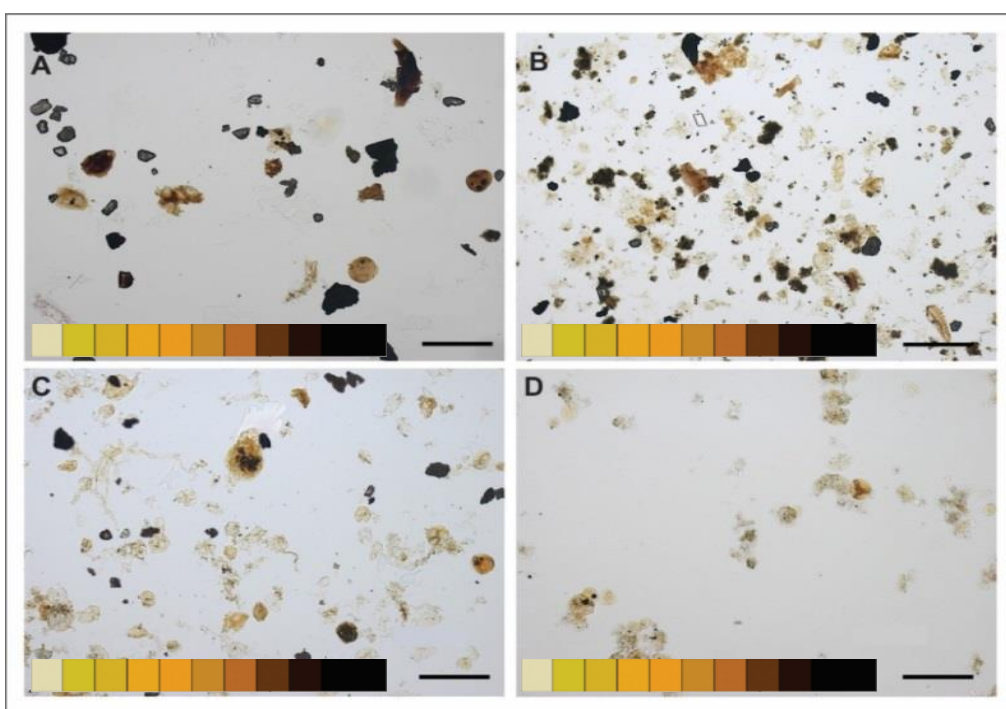


Figura 22. Variação do índice de maturação térmica, seção da Fazenda Três Barras. Formação Iapó: A) MP 3384 (2.6m), TAI= 3+. Formação VilaMaria: B) MP 3520 (7.1m), TAI=3-. C) MP 3509 (9.6 m), TAI=2+. D) MP 3396 (10.6 m), TAI=2+.

Desta maneira, baseado em Quadros (1976) é possível inferir que os índices de alteração térmica atribuídos às formações Iapó e Vila Maria correspondem a temperaturas entre 60° e 140° C e apontam a fase principal de geração de petróleo (maturo). A análise integrada do COT e do IAT, referentes à porção superior da Formação Vila Maria, evidenciam resultados que justificam a ocorrência de gotículas de óleo observadas no extrato orgânico das amostras após a preparação palinológica na Universidade de Liège, Bélgica. Nesse contexto, os valores de COT entre 1% e 2.3% e IAT=2+/3-, associados à dominância do componente marinho e contribuição de MOA corroboram os indícios de

potencial gerador da Formação Vila Maria, contudo, apenas para as porções intermediária e superior dos folhelhos basais desta formação.

Vale ressaltar que a variação de temperatura reportada nesta pesquisa associada ao índice de alteração térmica, pode ter interferido no COT original das amostras, de maneira que os valores aqui reportados podem não representar os teores reais de carbono orgânico durante a deposição. Adicionalmente, a diversidade e a abundância de palinomorfos recuperados nas amostras estudadas depende de fatores locais de deposição e preservação. Portanto, os resultados integrados apresentados e interpretados no presente trabalho representam um “recorte” de um contexto local e não correspondem a um modelo paleoambiental.

## 8. Análise da evolução paleoambiental

Ao final do Ordoviciano, o pólo sul estava posicionado no centro-norte do atual continente africano. O avanço da calota polar ocorreu em direção às latitudes mais baixas e plataformas continentais que bordejavam o Gondwana foram cobertas pelo gelo (Assine *et al.*, 1998). Nesse período a Bacia do Paraná encontrava-se entre 50° e 60° de latitude sul (Assine *et al.*, 1998; Cichowolski *et al.*, 2018) (Fig. 23). Nesse contexto paleogeográfico para a deposição da Formação Iapó, a análise da evolução paleoambiental do intervalo do Hirnantiano – Rhuddaniano – Aeroniano inferido para as seções estudadas, permite sugerir três cenários paleoambientais sucessivos: glacio-marinho, marinho sob influência glacial e pós-glacial.



Figura 23. Mapa paleogeográfico do Ordoviciano Superior – Siluriano inferior (Modificado de Cocks e Torsvik, 2006).

A análise paleoambiental foi realizada com base na associação entre os dados litoestratigráficos, COT, diversidade, distribuição estratigráfica dos palinomorfos e abundância dos principais grupos do componente marinho e continental recuperados nas formações Iapó e Vila Maria, seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras (Anexo II).

A partir da análise da abundância dos principais grupos do componente marinho e continental nota-se a dominância de elementos marinhos ao longo de todo o intervalo estudado (Figs 20 e 21).

A Formação Iapó corresponde a deposição glacio–marinha caracterizada por diamictitos nas porções inferior e intermediária, produzidos pelo avanço de geleira sobre um sistema marinho nerítico. Os folhelhos com seixos esparsos da porção superior resultam do recuo de geleira durante eventos de degelo (Assine *et al.*, 1998). Na seção Fazenda Três Barras, aliado à diversidade de palinomorfos previamente relatada para a Formação Iapó, a associação fitoplanctônica é composta por acantomorfos (de 5.6% à 17.2%) com dominância de esferomorfos simples de parede fina (de 47% à 52%), contribuição crescente de criptosporos (de 3.2% à 19.2%) e MOA (44%) em direção ao topo desta formação.

O registro de incremento na contribuição de criptosporos, bem marcado em 9.0 m (MP 3490) na seção córrego da Aldeia e em 6.95 m (MP 3519) na seção Fazenda Três Barras, pode ser interpretado como relacionado a evento de degelo sob condições paleoambientais glaciais. Com base em Steemans *et al.* (2010) pode-se inferir que as áreas onde a flora produtora de criptosporos teria sido destruída durante o avanço da glaciação, foram recolonizadas sob condições de degelo podendo ser acompanhadas ainda pelo surgimento de novos biótopos. Baseado em publicações prévias sumarizadas por Vecoli (2000) é possível inferir o contexto marinho nerítico interno para a Formação Iapó. Adicionalmente, baseado em Menezes *et al.* (2008), Le Hérissé *et al.* (2013) e Thusu *et al.* (2013) a ocorrência de material particulado preto abundante, fragmentos de *Tortotubus protuberans* frequentes e TOC <0.5% corroboram o contexto proximal atribuído à esta formação.

A Formação Vila Maria corresponde a deposição marinha nerítica caracterizada por folhelhos transgressivos, com o registro da máxima inundação do ciclo Ordoviciano–Siluriano da Bacia do Paraná, sobrepostos por siltitos e arenitos (Milani e Ramos, 1998; Assine *et al.*, 1994; 1998). Na porção inferior dos folhelhos basais da Formação Vila Maria, 7.1 m (MP 3520) – 8.0 m (MP 3393), nota-se o desaparecimento dos lamitos com seixos esparsos característicos da deposição glacial inferida para a Formação Iapó. Apesar disso, a permanência de condições de águas frias pode ser corroborada e limitada pelo intervalo de ocorrências de espécies de quitinozoários restritos à porção inferior dos folhelhos basais desta formação. Desta maneira é possível inferir ambiente nerítico marinho sob influência

glacial para esta porção da Formação Vila Maria. Vale ressaltar que apesar da diversidade de espécies ser muito próxima da diversidade reconhecida para as porções intermediária e superior da Formação Iapó, há neste intervalo um incremento na abundância de espécies do tipo *Veryhachium* e de espécies simples com processos curtos como *Lophosphaeridium* sp. B associadas a esferomorfos.

Ainda quanto a deposição da porção inferior dos folhelhos basais da Formação Vila Maria, 7.1 m (MP 3520) – 8.0 m (MP 3393), além da caracterização do ambiente marinho, pode-se interpretar condição nerítica interna. Esta condição deposicional é sugerida pelo registro de ocorrência pontual de *Tasmanites tzadiaensis*, 7.2 m (MP 3389), visto que, com base em Le Hérisse *et al.* (2013) e Thusu *et al.* (2013), esta espécie é considerada indicadora de paleoambiente proximal em depósitos da Líbia e Chade atribuídos ao Neohirnantiano – Eorhuddaniano. Em contrapartida, este intervalo é caracterizado pela redução gradual da diversidade de espécies de palinomorfos e da quantidade de quitinozoários por grama de rocha, a partir de 7.4m (MP3390), conforme relatado anteriormente. Adicionalmente, próximo ao topo deste intervalo, em 7.6 m (MP 3391), há registro de um segundo incremento na contribuição de criptosporos (12%) provavelmente relacionado ao evento de degelo sob condição marinha e menos glacial que teria encerrado as condições de águas frias.

Nesse contexto, o ambiente deposicional marinho nerítico persiste na deposição das porções intermediária e superior dos folhelhos basais da Formação Vila Maria, intervalo 8.2 m (MP 3394) -11.7 m (MP 3399). Contudo, neste intervalo o desaparecimento das espécies de quitinozoários favorece a interpretação de condições pós-glaciais. Na seção Fazenda Três Barras, o início da transição de fácies proximal para distal está baseada na redução de dois terços da diversidade total de espécies de palinomorfos, em 8.2 m (MP3394), aliada à redução de acritarcas acantomorfos (de 66% à 14.8%), esferomorfos (de 48% à 23%), baixa contribuição de criptosporos (de 4% à 0.8%) e elevada contribuição de MOA (76 à 60%) entre 8.8 m e 9.2 m.

Em relação à linha de costa é possível atribuir posição mais proximal para a seção córrego da Aldeia. Esta atribuição baseia-se na má preservação das espécies de palinomorfos associada ao incremento na contribuição de criptosporos (1.6% à 5.2%) na porção superior dos pelitos da Formação Vila Maria associada à variação discreta da contribuição de esferomorfos (46.8% à 34%) e de MOA (46.8% à 51.2%). Adicionalmente, nota-se que a posição mais proximal desta seção pode ser corroborada

pelo registro de intervalo improdutivo para palinomorfos, 10 m (MP2853) – 14.7 m (MP2854), provavelmente relacionado com condições pouco favoráveis de deposição ou preservação dos palinomorfos (maior energia/oxidação). Em contrapartida, neste mesmo intervalo nota-se o rico registro de ocorrências de microfósseis mineralizados reportados anteriormente por Adorno *et al.* (2016). Para a seção Fazenda Três Barras foi inferida condição de ambiente um pouco mais profundo devido ao decréscimo na contribuição de criptosporos (5.6% à 1.2%), variação discreta da contribuição de esferomorfos (20.4% à 21.2%) e MOA (43.6% à 56) na porção superior dos pelitos da Formação Vila Maria.

A diversidade, distribuição e abundância das espécies de palinomorfos recuperadas nas formações Iapó e Vila Maria nas duas seções estudadas sugerem a sucessão de três situações paleoambientais estabelecidas em ambiente marinho nerítico (Fig. 24). A primeira refere-se à condição glacio marinha proximal da Formação Iapó com a dominância de esferomorfos simples e registro de degelo associado ao acréscimo de criptosporos nas duas seções estudadas.

A segunda refere-se à condição mais marinha e menos glacial registrada no topo da Formação Iapó e na porção inferior dos folhelhos basais da Formação Vila Maria relacionada com três fatores: o primeiro refere-se a deposição compartilhada de espécies de palinomorfos entre as formações Iapó e Vila Maria. Com base em publicações prévias é possível inferir que essa deposição compartilhada de palinomorfos corrobora que a glaciação do Hirnantiano parece não ter afetado a biodiversidade de criptosporos (Wellman, 1996; Steemans *et al.*, 2010; Vecoli *et al.*, 2011). Esse contexto, corrobora que as plantas continentais basais eram cosmopolitas e capazes de sobreviver sob diferentes condições climáticas. Com base em Vecoli (2008) e Delabroy *et al.* (2011) é possível inferir que a glaciação do Hirnantiano também parece não ter afetado a biodiversidade de acritarcas, considerando a deposição compartilhada de espécies entre as formações Iapó e Vila Maria. Contudo, considerações mais detalhadas a partir das assemblagens de acritarcas recuperadas no presente trabalho dependem de avanços nos estudos taxonômicos.

O segundo fator relacionado com a condição mais marinha e menos glacial, sugerida para a porção inferior dos folhelhos basais da Formação Vila Maria, refere-se a ocorrência restrita de quitinozoários. Com base em Paris *et al.* (2000), as espécies de quitinozoários recuperadas na Formação Vila Maria correspondem a assemblagens, reportadas para o Gondwana, características de águas rasas e frias relacionadas à

paleolatitudes elevadas. Ainda sobre a referida condição e com base em Paris *et al.* (2000), o terceiro fator, diminuição gradual da diversidade e abundância de espécies de palinórfos se adequa ao fato de que o início do Siluriano é caracterizado pela baixa diversidade das associações fitoplantônicas com dominância de esferórfos e acritarcas tolerantes a mudanças ambientais. Tais mudanças estariam relacionadas provavelmente com a rápida transgressão pós-glacial. A terceira situação paleoambiental refere-se à condição pós-glacial associada a redução drástica da diversidade de espécies de palinórfos seguida pelo aumento sucessivo de profundidade.



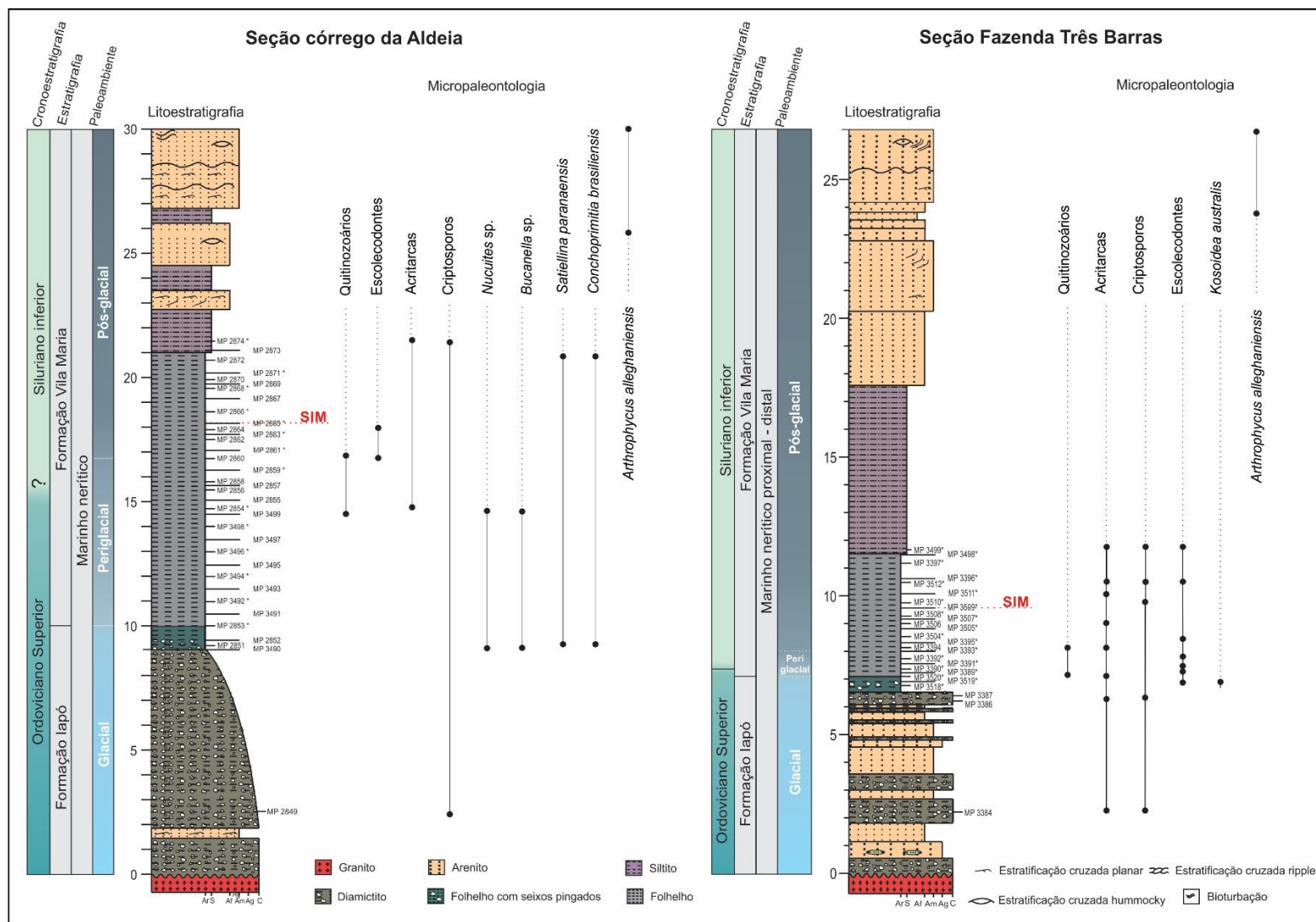


Figura 24. Evolução paleoambiental do intervalo Ordoviciano – Siluriano, Bacia do Paraná, formações Iapó e Vila Maria. Posição da SIM e distribuição estratigráfica de todos os grupos fósseis reportados para as formações Iapó e Vila Maria, seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras.

## Conclusões

A partir do estudo palinológico de amostras das formações Iapó e Vila Maria, foram recuperadas assemblagens com diversidade total abrangendo 51 espécies distribuídas entre criptosporos, quitinozoários, acritarcas, prasinófitas, escolocodontes e fragmentos orgânicos indeterminados. Deste total, 20 são espécies de criptosporos, 14 espécies de quitinozoários, 13 espécies de acritarcas, três espécies de prasinófitas, uma espécie de fungo.

As espécies de criptosporos são: *Dyadospora murusattenuata* Strother e Traverse, 1979 emend. Burgess e Richardson, 1991; *Dyadospora murusdensa* Strother e Traverse, 1979 emend. Burgess e Richardson, 1991; *Gneudnaspora divellomedia* (Chibrikova) Balme, 1988 var. *minor* Breuer *et al.*, 2007; *Imperfectotriletes vavrdovae* (Richardson, 1988) Steemans, Higgs e Wellman, 2000; *Laevolancis chibrikovae* Steemans, Higgs e Wellman, 2000; *Pseudodyadospora laevigata* Johnson, 1985; *Pseudodyadospora petasus* Wellman e Richardson, 1993; *Rimosotetras problematica* Burgess, 1991; *Rugosphaera cerebra* Miller e Eames, 1982; *Rugosphaera* sp. A; *Segestrespora laevigata* Burgess, 1991; *Segestrespora rugosa* (Johnson) Burgess, 1991; *Sphaerasaccus glabellus* Steemans, Higgs e Wellman, 2000; *Tetraedraletes grayae* Strother, 1991; *Tetraedraletes medinensis* Strother e Traverse, 1979; *Tetraedraletes medinensis* var. *parvus* Burgess, 1991; *Tetraplanarisporites laevigatus* Wellman, Steemans & Miller, 2015; *Velatitetras anatoliensis* Steemans, Le Hérissé e Bozdogan, 1996; *Velatitetras laevigata* Burgess, 1991; *Velatitetras rugosa* (Strother e Traverse) Steemans, Le Hérissé e Bozdogan, 1996.

As espécies de quitinozoários são: *Ancyrochitina ancyrea* Eisenack, 1931; *Ancyrochitina ramosaspina* Nestor, 1994; *Ancyrochitina?* sp. A; *Angochitina* sp.A.; *Belonechitina* cf. *B. pseudarabiensis* Butcher, 2009; *Cyathochitina?* sp. A, *Lagenochitina* sp. A; *Plectochitina* cf. *P. longispina* Achab, 1978; *Spinachitina debbajae* Paris, 1988, *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri* Paris, 2000, *Spinachitina* cf. *S. verniersi* Vandenbroucke, 2009; *Sphaerochitina* sp. A; *Sphaerochitina silurica* Grahn *et al.*, 2000.

As espécies de acritarcas são: *Dorsennidium* sp.; *Evittia* cf. *E. denticulata* (Stockmans e Willièrè) Le Hérissé, 1989; *Eupoikilofusa striata* (Staplin, Jansonius e Pocock) Loeblich e Tappan, 1978; *Helosphaeridium* sp.; *Leiosphaeridium* sp. A; *Leiosphaeridium* sp. B; *Lophosphaeridium* sp. A; *Lophosphaeridium* sp. B; *Multiplicisphaeridium irregulare* Staplin, Jansonius, & Pocock emend. Loeblich & Tappan 1978; *Veryhachium lairdii* grupo Servais *et al.*, 2007; *Veryhachium trispinosum* Servais

et al., 2007; *Villosacapsula* cf. *V. setosapellicula* (Loeblich) Loeblich e Tappan, 1976; *Visbysphaera* sp. E acritarca indeterminado. As espécies de prasinofitas abrangem: *Tasmanites tzadiaensis* Le Hérissé, 2013; *Tasmanites* sp. A e *Tasmanites* sp. B. A espécie de fungo é *Tortotubus protuberans* Johnson, 1985.

Quanto a distribuição estratigráfica das espécies nas formações Iapó e Vila Maria pode-se reconhecer que do total de 51 espécies, sete têm ocorrências restritas à Formação Iapó, 20 restritas à Formação Vila Maria e 24 espécies ocorrem nas duas formações. A maior diversidade foi registrada na Formação Vila Maria, totalizando 44 espécies. A partir do número de espécies compartilhadas entre as duas formações foi possível identificar a deposição contínua ao longo do contato gradacional entre as duas formações.

A análise da distribuição estratigráfica evidenciou ocorrência restrita de quitinozoários na Formação Vila Maria. A partir da distribuição estratigráfica e considerando a distribuição global das espécies de quitinozoários foi inferido um arcabouço cronobioestratigráfico local referente a uma zona limite entre o Ordoviciano e o Siluriano abrangendo o intervalo Hirnantiano – Rhuddaniano – Aeroniano. Essa inferência altera a posição cronoestratigráfica reconhecida para a Formação Vila Maria. Nesse contexto, o limite Hirnantiano – Rhuddaniano pode ser atribuído a partir do registro de ocorrência de *Spinachitina debbajae*. Ainda com relação a esse intervalo cronoestratigráfico, a amplitude de distribuição de três espécies merece destaque pois ocorrem do Hirnantiano superior ao Rhuddaniano inferior: *Spinachitina* cf. *S. oulebsiri*, *Spinachitina* cf. *S. verniersi* e *Plectochitina* cf. *P. longispina*. A base do Aeroniano foi reconhecida a partir dos registros de ocorrências de *Sphaerochitina silurica* e *Sphaerochitina* sp. A. Quanto a evolução paleoambiental do Hirnantiano ao Aeroniano, com base na associação entre os dados litoestratigráficos, COT, diversidade, distribuição estratigráfica das espécies de palinomorfos foi possível inferir três cenários paleoambientais sucessivos: glacio-marinho, marinho sob influência glacial e pós-glacial.

Como perspectiva de continuidade dessa linha de pesquisa enfatizando a palinologia do Ordoviciano - Siluriano, pode-se perceber a necessidade da continuidade dos estudos taxonômicos pois há muitas espécies indeterminadas nesse intervalo. A partir dos avanços nos estudos de taxonomia será possível contribuir para ampliar o conhecimento sobre a evolução paleoambiental e paleogeográfica do Gondwana.

## Bibliografia

- Abuhmida, F.H. & Wellman, C.H., 2017: Palynology of the Middle Ordovician Hawaz Formation in the Murzuq Basin, south-west Libya. *Palynology* 41(suppl.1), 31–56.
- Adôrno, R. R.; Do Carmo, D. A.; Salas, M. J.; Zabini, C.; Assine, M.L. 2016. The earliest ostracoda record from Brazil: Vila Maria Formation, Rio Ivaí Group, Paraná basin, central Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*. 19 (3): 379–388.
- Achab, A., 1984. Chitinozoaires de l'Ordovicien moyen de subsurface de l'Ile Anticosti. Chitinozoans from the Middle Ordovician of subsurface Anticosti Island. *Rev. Palaeobotany and Palynology*. 43: 123–143.
- Alfaro, M. B.; Uriz, N. J; Cingolani, C. A.; Tortello, M. F. A.; R. Bidone; Galeano, J. C. 2012. Graptolites and trilobites from the Eusebio Ayala Formation (Hirnantian?–Early Llandovery), Paraná Basin, eastern Paraguay. *Geological journal*.
- Assine, M. L; Soares, P. C.; Milani, E. J. 1994. Sequências tectono–sedimentares mesopaleozoicas do Paraná, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*. 24 (2): 77–89, junho de 1994.
- Assine, M.L.; Alvarenga, C.J.S.; Perinotto, J.A.J. 1998a. Iapó Formation: glaciação continental no limite Ordoviciano/Siluriano da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*. 28, 51–60.
- Assine, M.L., Perinotto, J.A.J., Alvarenga, C.J.S., Petri, S., 1998b. Arquitetura estratigráfica, tratos deposicionais e paleogeografia da Bacia do Paraná (Brasil) no Neo–Ordoviciano/Eo–Siluriano. *Revista Brasileira de Geociências* 28, 61–76
- Assine, M.L.; Soares, P.C. 1989. Correlações nas sequências mesopaleozóicas da Bacia do Paraná. *Acta Geologica. Leopoldensia*. 12 (29):39–48.
- Assine, M.L.; Soares, P.C.; Milani, E.J. 1994. Sequências tectono–sedimentares mesopaleozoicas do Paraná, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*. 24 (2),77–89.
- Bergström, S. M.; Chen, X.; Gutiérrez-Marco, J. C.; Dronov, A. 2009. The new chronostratigraphic classification of the Ordovician System and its relations to major regional series and stages and to  $\delta^{13}\text{C}$  chemostratigraphy. *Lethaia* 42, 98 – 107.
- Bosetti, E. P.; Grahn, Y.; Melo, J.H.G. 2001. Ensaio em homenagem a Frederico Waldemar Lange, pioneiro da micropaleontologia no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência. 450 p.
- Bourahrouh, A., Paris, F., Elaouad-Debbaj, Z., 2004. Biostratigraphy, biodiversity and paleoenvironment of the chitinozoans and associated palynomorphs from the Upper Ordovician of the Central Anti-Atlas, Morocco. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 130, 17–40.
- Burgess, N.D. 1991. Silurian cryptospores and miospores from the type Llandovery area, south–west Wales. *Palaeontology*. 34 (3) 575–599.
- Burjack, M.I; Popp, M.T.B. 1981. A ocorrência do icnogênero *Arthropycus* no Paleozóico da Bacia do Paraná. *Pesquisas, Porto Alegre*, 14:163–168.
- Butcher, A., 2009. Early Llandovery chitinozoans from Jordan. *Palaeontology* 52 (3), 593–629.

- Cardoso, T. R. M.; Rodrigues, M. A. C. 2005. “Complexo *Veryhachium*: Acritarcos indicativos do Siluriano? Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ. 28 (1): 143-157.
- Cichowolski, M.; Uriz, N.J.; Alfaro, M.B.; Galeano Inchausti, J.C. 2018. Ascocerid cephalopods from the Hirnantian?–Llandovery stages of the southern Paraná Basin (Paraguay, South America): first record from high paleolatitude. *Journal of Paleontology*. 93 (1): 37–47.
- Cingolani, C.A.; Uriz, N.J.; Alfaro, M.B.; Tortello, F.; Bidone, A.R.; Galeano Inchausti, J.C. 2011, The Hirnantian–early Llandovery transition sequence in the Paraná Basin, Eastern Paraguay, in Gutiérrez–Marco, J.C., Rábano, I., and García–Abellido, D, eds., *Ordovician of the World: Cuadernos del Museo Geominero*, v. 14, p. 103–108.
- Cioccari, G.M. 2018. Interpretação geoquímica e modelagem térmica na geração atípica de hidrocarbonetos: um exemplo na Formação Irati, Bacia do Paraná. Unpublished PhD thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Colbath, G. K.; Grenfel, H. R. 1995. Review of biological affinities of Paleozoic acid-resistant, organic-walled eukaryotic algal microfossils (including “acritarchs”). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 86:287-314.
- Combaz, A.; Poumot, C. 1962. Observations sur la structure des Chitinozoaires. *Revue de Micropaleontologie*, 5:147-160.
- Combaz, A.; Calandra, F.; Jansonius, J.; Millepied, P.; Poumot, C.; Van Oyen, F. H. 1967. Microfossiles organiques du Paleozoique. Les Chitinozoaires (2): Morphographie. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 58 p.
- Dalziel, I.W. D.; Dalla, S. H.; Gahagan L. M. 1994. Paleozoic Laurentia-Gondwana interaction and the origin of the Appalachian-Andean mountain system. *Bulletin of Geological Society of America*. 106, 243-252.
- de la Puente, G.S., Rubinstein, C.V., Vaccari, N.E., Paris, F., 2015. Latest Ordovician-earliest Silurian chitinozoans from Puna, western Gondwana. In: Leslie, S.A., Goldman, D., Ordoñez, R.C. (Eds.), 12th International Symposium on the Ordovician System, Short papers and abstracts. *Stratigraphy* 12 (2), pp. 127–128.
- Delabroye, A.; Vecoli, M.; Hints, O.; Servais, T. 2011. Acritarchs from the Ordovician–Silurian boundary beds of the Valga–10 drill core, southern Estonia (Baltica) and their stratigraphical and palaeobiogeographical implications, *Palynology*, 35:1, 4–45.
- Deunff, J., 1959. Microorganismes planctoniques du primaire Armoricaïn. I Ordovicien du Veryhac’h (presqu’île de Crozon). *Bulletin de la Société géologique et minéralogique de Bretagne, nouvelle série* 2, 1–41.
- Downie, C., 1963. Hystrichospheres (acritarchs) and spores of the Wenlock Shales (Silurian) of Wenlock, England. *Palaeontology* 6, 625–652.
- Duffield, S. L. 1985. Land-derived microfossils from the Jupiter Formation (Upper Llandoveryan), Anticosti Island, Quebec. *Journal of Paleontology* 59, 1005–1010.
- Eisenack, A., 1931. Neue Mikrofossilien des baltischen Silurs.1. *Palaeontologische Zeitschrift*. 13, 74–118.
- Eisenack, A. 1954. Hystrichosphären aus dem baltischen Gotlandium. *Senckenbergiana Lethaea*, 34 (4-6): 205-211.
- Eisenack, A., 1955. Neue Chitinozoen aus dem Silur des Baltikums und dem Devon der

- Eifel. *Senckenbergiana lethaea* 36, 311–319.
- Eisenack, A., 1958. *Tasmanites* Newton 1875 and *Leiosphaeridia* n.gen als Gattungen der Hystrichosphaeridea. *Palaeontogr. Abt. A* 110, 1–19.
- Eisenack, A.; Cramer, F. H.; Díez, M. del C. R. 1973. Katalog der fossilen Dinoflagellaten, Hystrichosphären und verwandten Mikrofossilien. Band III Acritarcha 1. Teil. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1104 pp.
- Eisenack, A., Cramer, F. H., and Díez M. D. C. R. 1976. Katalog der fossilen Dinoflagellaten, Hystrichosphären und verwandten Mikrofossilien. Band IV Acritarcha 2, Teil 3, E, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 863 p.
- Elaouad-Debbajae, Z. 1984. Chitinozoaires asgilliens de l' Anti-Atlas (Morac). *Geobios* 17, 45-68.
- Evitt, W.R., 1963. A discussion and proposals concerning fossil dinoflagellates, hystrichospheres, and acritarchs, I and II. *Proc. National Academy Science. Washington* 49 (158–164), 298–302.
- Faria, A. 1982. Formação Vila Maria – nova unidade litoestratigráfica siluriana da Bacia do Paraná. *Revista Ciências da Terra*. 3,12–15.
- Félix, C.; Souza, P. A. 2012. Acritarcos (Grupo Acritarcha Eviit 1963): conceitos gerais, aplicações e importância na análise estratigráfica do intervalo Pennsylvaniano e Permiano da Bacia do Paraná. *Revista do Instituto Geológico* 33 (1): 71–88.
- Gabbott, S. E.; Browning, C.; Theron, J. N.; Whittle, R. J. 2016. The Late Ordovician Soom Shale Lagerstätte: an extraordinary post-glacial fossil and sedimentary record. *Journal of the Geological Society*, 174 (1):1-9.
- García, J.V. 2013. *Palinología del Silúrico–Devónico Inferior de la Precordillera Central de San Juan: bioestratigrafía, paleobiogeografía y paleoambientes*. Unpublished PhD thesis, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.
- Ghavidel-Syooki, M., Vecoli, M., 2007. Latest Ordovician-early Silurian chitinozoans from the eastern Alborz Mountain Range, Kopeh-Dagh region, northeastern Iran: Biostratigraphy and palaeobiogeography. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 145, 173–192.
- Ghavidel-Syooki, M., 2008. Palynostratigraphy and Palaeogeography of the Upper Ordovician Gorgan Schists (Southeastern Caspian Sea), Eastern Alborz Mountain Ranges, northern Iran. *Comun. Geol.* 95, 123–155.
- Ghavidel-Syooki, M., Álvaro, J.J., Popov, L., Ghobadi Pour, M., Ehsani, M.H., Suyarkova, A., 2011. Stratigraphic evidence for the Hirnantian (latest Ordovician) glaciation in the Zagros Mountains. *Iran. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*. 307, 1–16.
- Ghavidel-Syooki, M. 2016. Stratigraphic evidence for Hirnantian glaciation in the Alborz Mountain Ranges, northeastern Iran. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 485: 879–898.
- Ghavidel-Syooki, M., 2017. Cryptospore and trilete spore assemblages from the Late Ordovician (Katian–Hirnantian) Ghelli Formation, Alborz Mountain Range, Northeastern Iran: Palaeophytogeographic and palaeoclimatic implications. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 244, 217–240.

- Ghavidel-Syooki, M.; Piri-Kangarshahi, M. H. 2020. Biostratigraphy of acritarchs, chitinozoans, and miospores from Upper Ordovician sequences in Kuh-e Boghou, southwest of Kashmar, eastern central Iran: Stratigraphic and paleogeographic implications. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 284.
- Grahn, Y. 2005. Silurian and Lower Devonian chitinozoan taxonomy and biostratigraphy of the Trombetas Group, Amazonas Basin, Northern Brazil. *Bulletin of Geosciences*. 80, 245–76.
- Grahn, Y. 2005. Early Silurian Chitinozoans in the Apucarana Sub–Basin (Paraná Basin), South Brazil, and their biostratigraphic provenance. *Revista Brasileira de Paleontologia* 8 (3): 209–214.
- Grahn, Y. 2006. Ordovician and Silurian chitinozoans biozone of western Gondwana. *Geological Magazine*. 143 (4): 509 – 529.
- Grahn, Y.; Caputo, M. V. 1992. Early Silurian glaciations in Brazil. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*. 99, 9–15.
- Grahn, Y.; Paris, F. 1992. Age and correlation of the Trombetas Group, Amazonas Basin, Brazil. *Revue de Micropaléontologie* 35, 197–209.
- Grahn, Y.; Paris, F. 2010. Emergence, biodiversification and extinction of the chitinozoan group. *Geological Magazine*. 148 (2): 226 – 236.
- Grahn, Y.; Pereira, E.; Bergamaschi, S. 2000. Silurian and lower Devonian chitinozoan biostratigraphy of the Paraná Basin in Brazil and Paraguay. *Palynology*. 24: 147–176.
- Gray, J. 1985. The microfossil record of early land plants: Advances in understanding of early terrestrialization, 1970 – 1984. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London*. 309: 167 – 195.
- Gray, J. 1988. Land plant spores and the Ordovician– Silurian boundary. *Bulletin of the British Museum (Geology)* 43:351 – 358.
- Gray, J. 1991. Tetrahedraletes, Nodospora, and the 'cross' tetrad: an accretion of myth. In: *Pollen and spores: patterns of diversification* (ed. S. Blackmore & S. H. Barnes), Systematics Association (44): 49 – 87. Oxford: Clarendon Press.
- Gray, J. 1992. Major Paleozoic land plant evolutionary bio–events. *Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology*. 104: 153–169.
- Gray, J.; Boucot, J., Grahn, Y.; Himes, G. 1992. A new record of early Silurian land plant spores from the Paraná basin, Paraguay (Malvinokaffric realm). *Geological Magazine* 129,741–52.
- Gray, J.; Boucot, A.; Massa, D. 1982. Caradocian land plant microfossils from Libya. *Geology* 10:197– 201.
- Gray, J.; Colbath, G.K.; Faria, A.; Boucot, A.J.; Rohr, D. M. 1985. Silurian age fossils from the Paleozoic Paraná Basin. *Geology*.13, 521–525.
- Gray, J.; Theron, N.J.; Boucot, A.J. 1986. Age of the Cerdarberg Formation, South Africa and early plant evolution. *Geology Magazine*. 123 (4): 445–454.
- Hannah, M. J.; Wrenn, J. H. y Wilson, G. J. 1998. Early Miocene and Quaternary Marine Palynomorphs from Cape Roberts Project CRP-1, Mc Murdo Sound, Antarctica. *Terra Antarctica*, 5 (3): 527-538.

- Hill, P.J., Molyneux, S.G., 1988. Biostratigraphy, palynofacies and provincialism of Late Ordovician-Early Silurian acritarchs from northeast Libya. Printed in. In: El-Arnauti, A., Owens, B., Thusu, B. (Eds.), *Subsurface Palynostratigraphy of northeast Libya*, Garyounis University Publications, Benghazi, Libya, pp. 27–43.
- Jacobson, S. R., and Achab, A. 1985. Acritarch biostratigraphy of *Dicellograptus complanatus* graptolite zone from the Vaureal Formation (Ashgillian), Anticosti Island, Quebec, Canada. *Palynology* 9, 65-198.
- Johnson, 1985. Early Silurian palynomorphs from the Tuscarora Formation in central Pennsylvania and their paleobotanical and geological significance. *Review of Palaeobotany and Palynology* 45, 307–360.
- Laufeld, S. 1974. Silurian Chitinozoa from Gotland. *Fossils and Strata*. 5, 120 pp.
- Le Hérissé, A. 1989. Acritarches et kystes d'algues Prasinophycées du Silurien du Gotland, Suède. *Palaeontographia Italica*, 76: 57-302.
- Le Hérissé, A.; Mullins, G. L.; Dorning, K. J. y Wicander, R. 2009. Global patterns of the organic-walled phytoplankton biodiversity during the late Silurian to earliest Devonian. *Palynology*, 33: 25–75.
- Le Hérissé, A.; Melo, J. H. G.; Quadros, L. P. ; Grahn, Y. ; Steemans, P. 2001. Palynological characterization and dating of the Tianguá Formation, Serra Grande Group, northern Brazil. *Correlação de Sequências Paleozóicas Sul-Americanas. Seção: Exploração de Petróleo* (20): 25-41.
- Le Hérissé, A. ; Molyneux, G. ; Miller, A. 2014. Late Ordovician to early Silurian acritarchs from the Qusaiba–1 shallow core hole, central Saudi Arabia. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 212, 22 – 59.
- Le Hérissé, A.; Paris, F.; Steemans, P. 2013. Late Ordovician–earliest Silurian palynomorphs from northern Chad and correlation with contemporaneous deposits of southeastern Libya. *Bulletin of Geosciences*. 88 (3) : 483–504.
- Le Hérissé, A., Vecoli, M., Guidat, C., Not, F., Breuer, P., Wellman, C., Steemans, P., 2017. Middle Ordovician acritarchs and problematic organic-walled microfossils from the Saq-Hanadir transitional beds in the QSIM-801 well, Saudi Arabia. *Review. Micropaléontology*. 60, 289–318.
- Lele, K. M; Streel M. 1969. Middle Devonian (Givetian) plant microfossils from Goe (Belgium). *Annales de la Societ e Geologique de Belgique* – 92: 89–121.
- Li, J.; Wicander, R.; Yan, K.; Zhu, H. 2006. An Upper Ordovician acritarch and prasinophyte assemblage from Dawangou, Xinjiang, northwestern China: Biostratigraphic and paleogeographic implications
- Loeblich, A. R. Jr. 1970. Morphology, ultrastructure and distribution of Paleozoic acritarchs. *Proceeding of the North American Paleontological Convention. Parte G*, pp. 705–788.
- Loeblich, A.R., Tappan, H., 1976. Some new and revised organic-walled phytoplankton microfossil genera. *Journal of Paleontology* 50, 301–308.
- Loeblich, A. R., JR., and Tappan, H. 1978. Some Middle and Late Ordovician microphytoplankton from Central North America. *Journal of Paleontology* 52, 1233-1287.



- Maack, R. 1947. Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina. Curitiba, Arquivos de Biologia e Tecnologia (IBPT). 11, 63–154.
- Mahmoudi, M., Saburi, J., Alimohammadian, H., Majidifard, M.R., 2014. The first cryptospore assemblages of Late Ordovician in Iran, Ghelli Formation, Eastern Alborz. *Geopersia*, 4, 125–140.
- Maunder, P. M.; Pereira, E.; Grahn, Y. 2004. Análise bioestratigráfica do intervalo Llandoveryano da Bacia do Paraná no Paraguai oriental. *Revista Brasileira de Paleontologia*. 7 (2): 199–212.
- Melo, J.H.G.; Steemans, P. 1997. Relatório de investigação palinoestratigráfica em amostras de superfície da região de Presidente Figueiredo (AM), Bacia do Amazonas. Comunicação técnica SEBIPE 048/97.
- Mehlgqvist, K.; Vajda, V. Steemans, P. 2012. Early land plant spore assemblages from the Late Silurian of Skåne, Sweden. *GFF*, 134 (2): 133-144.
- Menezes, T. R; Mendonça Filho, J.G; Araujo, C.V; Souza, I. V; Mendonça, J. 2008. Fácies orgânica: conceitos, métodos e estudos de casos na indústria do petróleo. *Revista Brasileira de Geociências*, 38 (2): 80– 96.
- Milani, E. J., J. H. G. Melo, P. A. Souza, L. A. Fernandes, A. B. França. 2007. A Bacia do Paraná. *Boletim Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265–287.
- Milani, E. J.; Daemon, R. F. 1992. Revisão bio litoestratigráfica da seção siluro–devoniana dos poços ASU–1 e ASU–2 (Pecten, Paraguai). Curitiba: PETROBRAS. NEXPAR. 19p. Relatório interno.
- Milani, E.J.; Assine, M.L.; Soares, P.C.; Daemon, R.F. 1995. A sequência ordovício–siluriana da Bacia do Paraná. *Boletim Geociências Petrobras*. 9, 301–320.
- Milani, E.J.; Ramos, 1998. Orogenias Paleozoicas no domínio sul-ocidental do gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*. 28 (4): 473-484.
- Miller, M. A.; Eames, L. E. 1982. Palynomorphs from the Silurian Medina Group (Lower Llandovery) of the Niagara Gorge, Lewiston, New York, U.S.A. *Palynology*, 6: 221–254.
- Mizusaki, A.M.; Melo, J.H.; Steemans, P. 2002. Vila Maria Formation (Silurian, Paraná Basin, Brazil): integrated radiometric and palynological age determinations. *Geology Magazine*. 139 (4): 453–463.
- Molyneux, S.G., Paris, F., 1985. Late Ordovician Palynomorphs. In: Thusu, B., Owens, B. (Eds.), *Palynostratigraphy of Northeast Libya*. *J. Micropalaeontol.* 4, pp. 11–26.
- Molyneux, A.; Le Hérisse, A. y Wicander, R. 1996. Capítulo 6: Paleozoic phytoplankton. En Jansonius, J y McGregor, D.C. (ed), *Palynology: principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologist Foundation, 2: 493–529.
- Nestor, V., 1980. New chitinozoans species from the Lower Llandovery of Estonia. *Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised Koide Geoloogia* 29 (3), 98–106 (in Russian with English summary).
- Nestor, V., 1994. Early Silurian chitinozoans of Estonia and North Latvia. *Academia*, 4, 1 – 163.

- Oktaý, B., Wellman, C.H., 2019. Palynological analysis of Upper Ordovician to Lower Silurian sediments from the Diyarbakir Basin, southeastern Turkey. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 263, 28–46.
- Paris, F., 1988. Late Ordovician and Early Silurian chitinozoans from central and Southern Cyrenaica. In: El-Arnauti, A., Owens, B., Thusu, B. (Eds.), *Subsurface Palynostratigraphy of Northeast Libya*. Garyounis University Publication, Benghazi (SPLAJ), pp. 61–71.
- Paris, F. & Nölvak, J. 1999. Biological interpretation and paleobiodiversity of a cryptic fossil group: the “Chitinozoan animal”. *Geobios.* 32, 315–24.
- Paris, F., Grahn, Y., Nestor, V. & Lakova, I. 1999. Proposal for a revised chitinozoan classification. *Journal of Paleontology* 73, 549–70.
- Paris, F. ; Bourahrouh, A. ; Le Hérissé, A.. 2000. The effects of the final stages of the Late Ordovician glaciation on marine palynomorphs (chitinozoans, acritarchs, leiospheres) in well NI-2 (NE Algerian Sahara). *Review of Palaeobotany and Palynology.* 113, 87–104.
- Paris, F., 2006. Chitinozoans a fascinating and mysterious microfossil group. Géosciences-Rennes. UMR 6118 du CNRS, Université de Rennes I, Campus de Beaulieu, 35,042 Rennes-cedex, France, p. 81.
- Pasley, M. A.; Riley, G. W.; Nummedal, D. 1995. Sequence stratigraphic significance of organic matter variation: Example from the Upper Cretaceous Mancos Shale of the San Juan Basin, New Mexico. *In: Huc, A. Y. (ed.). Paleogeography, Paleoclimate and Source rocks*. Tulsa, American Association of Petroleum Geologists. Memoir #40: 221-241.
- Pereira, E. Rodrigues, R. & Brazutti, D. 2003. Caracterização geoquímica da superfície de Inundação máxima Llandovertiana na parte paraguaia da Bacia do Paraná. The Late Ordovician Soom Shale Lagerstätte: na extraordinária post-glacial fóssil and sedimentar record. *Geochimica Brasiliensis*, 17(1)001-012.
- Playford, G. & Dettmann, M. E. 1996. Spores. In: J. Jansonius & D. C. McGregor (eds) *Palynology: principles and applications*, volume 1. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Dallas. 227 – 260.
- Popp, M.T.B.; M. I. Burjack, L. R., Esteves. 1981. Estudo preliminar sobre o conteúdo paleontológico da Formação Vila Maria (pré- Devoniano) da Bacia do Paraná. *Pesquisas*, 14:169–180.
- Porter, S. M. & Knoll, A. H. 2000. Testate amoebae in the Neoproterozoic Era: evidence from vase-shaped microfossils in the Chuar group, Grand Canyon. *Paleobiology* 26, 360–85.
- Porter, S. M., Meisterfeld, R. & Knoll, A. H. 2003. Vase-shaped microfossils from the Neoproterozoic Chuar Group, Grand Canyon: a classification guided by modern testate amoebae. *Journal of Paleontology* 77, 409–29.
- Pratt LM, Phillips TL, Dennison JM. 1978. Evidence of non-vascular land plants from the Early Silurian (Llandovertian) of Virginia, USA. *Review of Palaeobotany and Palynology* 25: 121–149.

- Quadros, L. P. 1986. Ocorrência de microfósseis (Acritarchae) ordovicianos na sub-Bacia do Alto Amazonas, Brasil. Boletim técnico Petrobrás. Rio de Janeiro, 29 (3):181 – 191, jul. /set.
- Quadros, L. P. 1976. Efeito das Intrusões Ígneas de Diabásio em Rochas Sedimentares do Leste e Sul da Bacia do Paraná. Boletim Técnico da Petrobras, v. 19, n. 3, p. 139-155.
- Raevskaya, E.; Donovan, A.; Servais, T.; Wellman, C. 2016. Cryptospores from the KATian of the Tungus Basin: The first evidence from early land plants from the Siberian palaeocontinent. *Review of Palaeobotany and Palynology* 224: 4–13.
- Richardson, J. B. 1996. Lower and Middle Paleozoic records of terrestrial palynomorphs. In: Jansonius, J., McGregor, D. C. (Eds.) *Palynology: Principles and applications*. American Association of Stratigraphic palynologists Foundation, Salt Lake City, USA. 555 – 574.
- Richardson, J.B. 1988. Late Ordovician and Early Silurian cryptospores and miospores from northeast Libya. In: El-Arnauti, A., Owens, B., Thusu, B. (Eds.), *Subsurface Palynostratigraphy of Northeast Libya*. Garyounis University Publications, Benghazi, Libya, pp. 89–109.
- Rubinstein, C. V. 2005. Ordovician to Lower Silurian palynomorphs from the Sierras Subandinas (Subandean ranges), northwestern Argentina: a preliminary report. *Carnets de Géologie – Notebooks on Geology*, Brest, Memoir 2005/02, Abstract 09 (CG2005M02/09), p. 51–56. Publicación online, ISSN 1634–0744.
- Rubinstein, C.V., de la Puente, G.S. 2008. Bioestratigrafía del Paleozoico inferior en las Sierras subandinas, Provincia de Jujuy. *Relatorio del XVII Congreso geológico argentino*, Jujuy, 2008. 129-133.
- Rubinstein, C. V.; Gerrienne, P.; De La Puente, G.S.; Astini, R.A.; Steemans, P. 2010. Early Middle Ordovician evidence for land plants in Argentina (eastern Gondwana). *New Phytologist*. 188, 365–369.
- Rubinstein, C. V.; Garcia, Muro, V. J. 2011. Fitoplancton marino de pared orgánica y miosporas silúricos de la Formación Los Espejos, en el perfil del Río de Las Charitas, Precordillera de San Juan, Argentina. *Ameghiniana*, 48 (4): 618-641.
- Rubinstein, C.V.; Vaccari, N. 2004. Cryptospores assemblages from the Ordovician/Silurian boundary in the Puna Region, North–West Argentina. *Palaeontology*. 47 (4), 1037–1061.
- Rubinstein, C.V., de la Puente, G.S., Delabroye, A., & Astini, R.A., 2016. The palynological record across the Ordovician/Silurian boundary in the Cordillera Oriental, Central Andean Basin, northwestern Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology* 224, 14–25.
- Rubinstein, C. V.; Vajda, Vivi. 2019. Baltica cradle of early land plants? Oldest record of trilete spores and diverse cryptospore assemblages; evidence from Ordovician successions of Sweden. *GFF*, 141:3, 181-190.
- Sachanski, V.; Göncüoğlu M. C.; Lakova, I.; Boncheva, I.; Demiray, G. S. 2012. Silurian Graptolite, Conodont and Cryptospore Biostratigraphy of the Gülüç Section in

- Ereğli, Zonguldak Terrane, NW Anatolia, Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.), Vol. 21: 867–903.
- Salamon, A. ; Gerrienne, P. ; Steemans, P. ; Gorzelak, P. ; Filipiak, P. ; Le Hérisse A. ; Paris, F. ; Cascales–Miñana, B. ; Brachaniec, T. ; Misz–Kennan, M ; Niedzwiedzki, R. ; Trela, W. 2018. Putative Late Ordovician land plants. New Phytologist. 218,1305–1309.
- Salgado-Labouriau, M.L. 2007. Critérios e técnicas para o Quaternário. São Paulo: Edgar-Blüncher. 387p.
- Sarjeant, W.A.S., Stancliffe, R.P.W., 1994. The Micrhystridium and Veryhachium Complexes (Acritarcha: Acanthomorphae and Polygonomorphae): A taxonomic reconsideration. Micropaleontology. 40, 1–77.
- Servais, T.; Vecoli, M.; Li, J.; Molyneux, S. G.; Raevskaya, E. G. y Rubinstein, C. V. 2007. The acritarch genus *Veryhachium* Deunff 1954: taxonomic evaluation and first appearance. Palynology, 31 (1): 191-203.
- Soufiane, A. & achab, A. 2000b. Upper Ordovician and Lower Silurian chitinozoans from central Nevada and Arctic Canada. Review of Palaeobotany and Palynology 113, 165–187.
- Spina, A. y Vecoli, M. 2009. Palynostratigraphy and vegetational changes in the Siluro-Devonian of the Ghadamis Basin, North Africa. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 282 (1): 1-18.
- Spina, A. 2014. Latest Ordovician (Hirnantian) miospores from the NI–2well, Algeria, North Africa, and their evolutionary significance. Palynology.
- Staplin, F. L.; Jansonius, J.; Pocock, S. A. J. 1965. Evaluation of some acritarchous hystrichosphere genera. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, 123 (2): 167–201.
- Steemans, P. 1999a. Cryptospores and spores from the Ordovician to the Llandovery. A review. Acta Universitatis Carolinae – Geologica 43 (1/2): 271 – 273.
- Steemans, P. 1999b. Paléodiversification des spores et des cryptospores de l’Ordovicien au Dévonien inférieur. Geobios. 32 (2): 341 – 352.
- Steemans, P. 2000. Miospore evolution from the Ordovician to the Silurian. Review of Palaeobotany & Palynology. 113: 189 – 196.
- Steemans, P. 2001. Ordovician cryptospores from the Oostduinkerke borehole, Brabant Massif, Belgium. Geobios, 34 (1): 3 – 12.
- Steemans, P.; Higgs, K. T.; Wellman, C.H. 2000. Analysis of continental palynomorphs from the Llandovery in Saudi Arabia. In: Al–Hajri S. and Owens B. (Eds.) Stratigraphic Palynology of the Paleozoic of Saudi Arabia, Bahain, pp. 92 – 153.
- Steemans, P.; Le Hérisse, A.; Bozdogan, N. 1996. Ordovician and Silurian cryptospores and miospores from Southeastern Turkey. Review of Palaeobotany and Palynology. 93: 35–76.
- Steemans, P.; Lepot, K.; Le Hérisse, A.; Javaux, E. J. 2010. FTIR characterization of the chemical composition of Silurian miosporos (Cryptospores and trilete spores) from Gotland, Sweden. Review of Palaeobotany and Palynology 162: 577–590.

- Stemans, P.; Pereira, E. 2002. Llandovery miospore biostratigraphy and stratigraphic evolution of the Paraná Basin, Paraguay – Palaeogeographic implications. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 137 (5), 407–414.
- Stemans, P.; Wellman, C.H. 2018. A key of identification of cryptospores. *Palynology* 42 (4), 492–503.
- Stemans, P.; Wellman, C.H.; Gerrienne, P. 2010. Paleogeographic and paleoclimatic considerations based on Ordovician to Lochkovian vegetation. In: Vecoli, M., Clement, M., Meyer–Berthaud, B. (Eds.), *The Terrestrialization Process: Modelling Complex Interactions at the Biosphere–Geosphere Interface*. Geological Society, Special Publications, London. 339, pp. 49–58.
- Strother, P. K. 1991. A classification schema for the cryptospores. *Palynology*, 15 (1): 219–236.
- Strother, P.K.; Traverse, A. 1979. Plant microfossils from Llandoveryan and Wenlockian rocks of Pennsylvania. *Palynology*, 3 (1), 1–21.
- Strother, P.K. 1996. Acritarchs: in: Jansonius, J. & McGregor, D.e. (ed.), *Palynology: principles and applications*. Chapter 5. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Vol. 1, p. 81–106.
- Strother, P.K.; Al–hajri, S.; Traverse, A. 1996. New evidence for land plants from the lower Middle Ordovician of Saudi Arabia. *Geology*. 24 (1): 55–58.
- Taylor, W. A. 1996. Ultrastructure of lower Paleozoic dyads from southern Ohio. *Review of Palaeobotany & Palynology*. 92: 269 – 279.
- Thusu, B.; Rasul, S.; Paris, F.; Meinhold, G.; Howard, J.P.; Abutarruma, Y.; Whitham, A.G. 2013. Latest Ordovician–earliest Silurian acritarchs and chitinozoans from subsurface samples in Jebel Asba, Kufra Basin, SE Libya. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 197, 90–118.
- Traverse, A. 2007. *Paleopalynology*. 2nd Ed., Landman and Jones (Eds), 813 p.
- Tyson, R. V. 1995. Sedimentary organic matter. Organic facies and palynofacies. Ed. Chapman y Hall. XVIII. 615 pp. London.
- Vandenbroucke, T., Gabbott, S.E., Paris, F., Aldridge, R.J., Theron, J.N., 2009. Chitinozoans and the age of the Soom Shale, an Ordovician black shale Lagerstätte, South Africa. *J. Micropalaeontol.* 28, 53–66.
- Vavrdova, M. 1982. Recycled acritarchs in the uppermost Ordovician of Bohemia. *Časopis pro mineralogii a geologii* 31, 349–359.
- Vavrdova, M. 1984. Some plant microfossils of possible terrestrial origin from the Ordovician of central Bohemia. *Věstník Ústředního ústavu geologického* 59(3), 165–170.
- Vavrdova, M. 1989. New acritarchs and miospores from the Late Ordovician of Hlasna Třeň, Czechoslovakia. *Časopis pro mineralogii a geologii* 34(4), 403–420.
- Vecoli, M. 2008. Fossil microphytoplankton dynamics across the Ordovician–Silurian boundary. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 148, 91–107
- Vecoli, M., Riboulleau, A.; Versteegh, G.J.M. 2009. Palynology, organic geochemistry and carbon isotope analysis of a latest Ordovician through Silurian clastic succession from borehole Tt1, Ghadamis Basin, southern Tunisia, North Africa:

- Palaeoenvironmental interpretation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 273: 378–394.
- Vecoli, M.; Delabroye, A.; Spina, A.; Hints, O. 2011. Cryptospore assemblages from the Hirnantian of Anticosti Island, Quebec, Canada, and from Valga–10 borehole, Estonia: palaeophytogeographic and palaeoclimatic implications. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 166:6–93.
- Vecoli, M.; Wellman, C.; Gerrienne, P.; Le Hérisse, A.; Steemans, P. 2017. Middle Ordovician cryptospores from the Saq–Hanadir transitional beds in the QSIM–801 well, Saudi Arabia, *Revue de Micropaléontologie*, Volume 60, Issue 3, 2017, Pg. 319–331.
- Wang, Y.; Li, J.; Wang, R. 1997. Latest Ordovician cryptospores from southern Xinjiang, China. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 99:61–74.
- Wellman CH, Gray J. 2000. The microfossil record of early land plants. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 355:717–732.
- Wellman, C. H. 1993b. A land plant microfossil assemblage of Mid Silurian age from the Stonehaven Group, Scotland. *Journal of Micropalaeontology*, 12 (1): 47–66.
- Wellman, C. H. 1996. Cryptospores from the type area of the Caradoc series in southern Britain. *Special Papers in Palaeontology*. 55: 103 – 136.
- Wellman, C. H.; Richardson, J. B. 1993. Terrestrial plant microfossils from Silurian inliers of the Midland Valley of Scotland. *Palaeontology* 36:155–193.
- Wellman, C.; Habgood, K.; Jenkins, G.; Richardson, J. 2000. A new plant assemblage (microfossil and megafossil) from the Lower Old Red Sandstone of the Anglo–Welsh Basin: its implications for the palaeoecology of early terrestrial ecosystems. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 109, 161–196.
- Wellman, C.; Steemans, P.; Miller, A. 2015. Spore assemblages from Upper Ordovician and lowermost Silurian sediments recovered from the Qusaiba–1 shallow core hole, Qasim region, central Saudi Arabia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 212.
- Wicander, R., Playford, G.; Robertson, E. B. 1999. Stratigraphic and paleogeographic significance of an Upper Ordovician acritarch flora from the Maquoketa shale northeastern Missouri, U.S.A. *Journal of Paleontology*, p. 1 – 38.
- Wicander, R., Playford, G., 2008. Upper Ordovician microphytoplankton of the Bill’s Creek Shale and Stonington Formation, Upper Peninsula of Michigan, U.S.A.: Biostratigraphy and paleogeographic significance. *Rev. Micropaléontol.* 51, 39–66.
- Zabini, C.; Furtado–Carvalho, A.B.; Carmo, D.; Assine, M. 2019. A new discinoid *Kosoidea australis* sp. nov. from the Iapó and Vila Maria Formations, NE Paraná Basin, Brazil. *Historical Biology*.
- Zalán, P.V., S. Wolff, J.C.J. Conceição, I.S. Vieira, M.A.M. Astolfi, V.T. Appi, O.A. Zanotto. 1987. A divisão tripartite do Siluriano da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 17 (3):242–252.

## ANEXO I

Lista de todas as espécies de palinórfos recuperadas nas formações Iapó e Vila Maria, Grupo Rio Ivaí, Bacia do Paraná, seções córrego da Aldeia e Fazenda Três Barras. Adicionalmente, constam as espécies de microfósseis mineralizados reportados anteriormente para ambas as seções estudadas.

### Espécies

#### **Criptosporos**

- Dyadospora murusattenuata* Strother & Traverse, 1979  
*Dyadospora murusdensa* Strother and Traverse, 1979  
*Imperfectotriletes patinatus* Steemans, Higgs & Wellman, 2000  
*Imperfectotriletes vavrdovae* (Richardson) Steemans, Higgs & Wellman, 2000  
*Gneudnaspora divellomedia* (Chibrikovae) Burgess and Richardson, 1991  
*Laevolancis chibrikovae* Steemans, Higgs & Wellman, 2000  
*Pseudodyadospora laevigata* Johnson, 1985  
*Pseudodyadospora petasus* Richardson & Wellman, 1993  
*Rimosotetras problematica* Burgess, 1991  
*Rugosphaera cerebra* Miller and Eams, 1982  
*Segestrespora laevigata* Burgess, 1991  
*Segestrespora rugosa* (Johnson) Burgess, 1991  
*Sphaerosaccus glabellus* Steemans, Higgs & Wellman, 2000  
*Tetraedraletes grayae* Steemans, Higgs & Wellman, 2000  
*Tetraedraletes medinensis* Strother e Traverse, 1979  
*Tetraedraletes medinensis* var *parvus* Burgess, 1991  
*Tetraplarisporites laevigatus* Wellman, Steemans & Miller, 2015  
*Velatitetras anatoliensis* Steemans *et al.*, 1996  
*Velatitetras laevigata* Burgess, 1991  
*Velatitetras rugosa* (Strother and Traverse) Steemans, Le Hérisse and Bozdogan, 1996

#### **Quitinozoários**

- Ancyrochitina ancyrea* Eisenack, 1931  
*Ancyrochitina ramosaspina* Nestor, 1994  
*Ancyrochitina?* sp. A  
*Angochitina* sp. A  
*Belonechitina* cf. *B. pseudarabiensis* Butcher, 2009  
*Cyathochitina?* sp. A  
*Lagenochitina* sp. A  
*Plectochitina* cf. *P. longispina* Achab, 1978  
*Sphaerochitina silurica* Grahn *et al.*, 2000.  
*Sphaerochitina* sp. A  
*Spinachitina* cf. *S. oulebsiri* Paris, 2000  
*Spinachitina* cf. *S. verniersi* Vandenbroucke, 2009  
*Spinachitina debbajae* Paris, 1988

#### **Acritarcas**

- Dorsennidium* sp.  
*Eupoikilofusa striata* Staplin, Jansonius & Pocock 1965  
*Evittia* cf. *E. denticulata* (Stockmans e Willièrè) Le Hérisse, 1989  
*Helosphaeridium* sp.  
*Leiosphaeridia* sp. A  
*Leiosphaeridia* sp. B  
*Lophosphaeridium* sp. A  
*Lophosphaeridium* sp. B  
*Multiplicisphaeridium irregulare* (Staplin, Jansonius & Pocock 1965) Eisenack, Cramer & Diez 1976  
*Veryhachium lairdii* grupo Servais *et al.*, 2007  
*Veryhachium trispinosum* Servais *et al.*, 2007  
*Villosacapsula* cf. *V. setosapelllicula* (Loeblich) Loeblich e Tappan, 1976  
*Visbysphaera* sp.

#### **Prasinófitas**

*Tasmanites tzadiaensis* Le Hérissé, 2013

*Tasmanites* sp. A

*Tasmanites* sp. B

**Fungo**

*Tortotubus protuberans* Johnson, 1985

**Outros palinomorfos**

Escolecodontes

Fragmentos orgânicos

**Ostracodes**

*Satiellina paranaensis* Adôrno *et al.*, 2016

*Conchoprimitia brasiliensis* Adôrno *et al.*, 2016

**Braquiópodes**

*Kosoidea australis* Zabini e Carvalho-Furtado, 2019

**Bivalve**

*Bucanella* sp.

**Molusco**

*Nucullites* sp.

**icnofóssil**

*Arthropycus alleghaniensis* Harlan, 1931

---



## ANEXO II

Tabela de contagem, abundância relativa dos grupos de palinomorfos recuperados e TOC das amostras das formações Iapó e Vila Maria, seção córrego da Aldeia.

Formação	Amostra MP	MOA	Acritarcas			Criptosporos	TOTAL	MOA%	Acritarcas%	Esferomorfos%	Criptosporos%	TOC	
			Acanthomorfos	Verhachium	Esferomorfos								
Vila Maria	MP 2874	128	23	1	85	13	250	51,2	9,6	34	5,2	1,402	
	MP 2872	231	3	0	6	10	250	92,4	1,2	2,4	4	0	
	MP 2871	88	4	0	149	9	250	35,2	1,6	59,6	3,6	1,435	
	MP 2869	117	7	5	117	4	250	46,8	4,8	46,8	1,6	0	
	2867/2868			Particulado preto				0	0	0	0	0	0
	MP 2866	107	23	15	102	3	250	42,8	15,2	40,8	1,2	1,362	
	MP 2865	109	50	0	85	6	250	43,6	20	34	2,4	1,326	
	MP 2863	55	159	7	22	7	250	22	66,4	8,8	2,8	0,884	
	MP 2861	39	3	10	195	3	250	15,6	5,2	78	1,2	1,364	
	MP 2860	97	45	6	97	5	250	38,8	20,4	38,8	2	0	
	MP 2859	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9042	
	MP 2858	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	MP 2857	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	MP 2856	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	MP 2855	12	8	0	46	0	66	18,2	12,1	69,7	0,0	0	
	MP 2854	32	5	0	199	0	236	13,6	2,1	84,3	0,0	0,5334	
	MP 3499	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	MP 3498	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1492	
	MP 3497	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	MP 3496	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06411	
	MP 3495	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	MP 3494	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1386	
	MP 3493	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MP 3492	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08106		
MP 3491	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
MP 2853	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7188		
MP 2852	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Iapó	MP 2851	0	1	0	8	5	14	0,0	7,1	57,1	35,7	0	
	MP 3490	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,256	
	MP 2849	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabela de contagem, abundância relativa dos grupos de palinomorfos recuperados e TOC das amostras das formações Iapó e Vila Maria, seção Fazenda Três Barras.

Formação	Amostra MP	MOA	Acritarcas			Criptosporos	TOTAL	MOA %	Acritarcas %	Esferomorfos %	Criptosporos %	TOC	
			Acanthomorfos	Verhachium	Esferomorfos								
Vila Maria	3399	141	38	15	53	3	250	56,4	21,2	21,2	1,2	0,9035	
	3398	90	35	39	76	10	250	36	29,6	30,4	4	1,244	
	3397	109	32	44	51	14	250	43,6	30,4	20,4	5,6	1,293	
	3396	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,68	
	3512		Particulado preto				0	0	0	0	0	0	0,1371
	3511		Particulado preto				0	0	0	0	0	0	0,00712
	3510	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3194	
	3509	22	70	72	85	1	250	8,8	56,8	34	0,4	2,308	
	3508	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,638	
	3507	152	15	22	59	2	250	60,8	14,8	23,6	0,8	1,415	
	3505	192	10	22	25	1	250	76,8	12,8	10	0,4	1,348	
	3504	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00583	
	3395	30	130	35	50	5	250	12	66	20	2	0,7224	
	3393	14	108	56	60	12	250	5,6	65,6	24	4,8	0,7478	
	3392	30	50	40	120	10	250	12	36	48	4	0,6602	
	3391	50	11	20	137	32	250	20	12,4	54,8	12,8	0,00679	
	3390	43	13	156	34	4	250	17,2	67,6	13,6	1,6	0,8382	
	3389	25	15	145	55	10	250	10	64	22	4	0,6545	
	3520	35	20	166	24	5	250	14	74,4	9,6	2	0,6513	
	Iapó	3519	27	43	0	132	48	250	10,8	17,2	52,8	19,2	0,2752
3518		96	30	7	106	11	250	38,4	14,8	42,4	4,4	0,349	
3387		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,349	
3386		35	8	16	181	10	250	14	9,6	72,4	4	0,2061	
3384		110	14	0	118	8	250	44	5,6	47,2	3,2	0,04093	

