

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**TAFONOMIA DOS INVERTEBRADOS FÓSSEIS NA SEQUÊNCIA
EIFELIANA-FRASNIANA DA SUCESSÃO DEVONIANA DA SUB-
BACIA DE APUCARANA, BACIA DO PARANÁ, TIBAGI – PR,
BRASIL**

RODRIGO SCALISE HORODYSKI

ORIENTADOR: Prof. Dr. MICHAEL HOLZ

Porto Alegre - 2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**TAFONOMIA DOS INVERTEBRADOS FÓSSEIS NA SEQUÊNCIA
EIFELIANA-FRASNIANA DA SUCESSÃO DEVONIANA DA SUB-
BACIA DE APUCARANA, BACIA DO PARANÁ, TIBAGI – PR,
BRASIL**

RODRIGO SCALISE HORODYSKI

ORIENTADOR: Prof. Dr. MICHAEL HOLZ

**BANCA EXAMINADORA: Prof. Dr. Elvio Pinto Bosetti
Prof. Dr. Marcelo Guimarães Simões
Prof, Dr^a Cristina Bertoni Machado**

**Dissertação de Mestrado apresentada
como requisito parcial para obtenção
do Título de Mestre em Geociências.**

Porto Alegre – 2010

Aos meus pais,
Konstanty Horodyski
Maria Cristina Scalise Horodyski

Agradecimentos

O autor do presente trabalho gostaria de externar os mais sinceros agradecimentos às instituições e pessoas que cooperaram de alguma forma com esta dissertação:

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida durante todos os meses de minha dedicação exclusiva deste trabalho. Sem este apoio, a presente pesquisa não seria possível.

Ao Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela colaboração e acesso ao Laboratório de Paleontologia.

Ao Prof. Dr. Michael Holz, meu Orientador da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, gratidão pela oportunidade oferecida, pela contribuição ao meu crescimento profissional, amizade, confiança, dedicação e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Elvio Pinto Bosetti da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela contribuição ao meu crescimento profissional, pelos exaustivos trabalhos de campo, orientações, e dedicação nos anos de trabalho conjunto.

Ao Grupo Palaios – Paleontologia Estratigráfica da Universidade Estadual de Ponta Grossa/CNPq, pelos trabalhos de campo e em especial: aos pesquisadores Prof. Willian Mikio Kurita Matsumura da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Prof^a. Msc. Carolina Zabini da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a acadêmica de Biologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa Andressa Carla Penteado.

Ao Laboratório de Geologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, em especial aos professores Dr. Mário Sérgio de Melo e Dr. Gilson Burigo Guimarães pelo uso do equipamento fotográfico.

Ao Prof Dr. Yngve Grahn da Universidade Estadual do Rio de Janeiro e Petrobrás, pelas informações e discussões necessárias.

Ao Prof. Msc. Sandro Scheffler da Universidade Federal do Rio de Janeiro pelas discussões e informações fornecidas.

A minha família é externado um agradecimento especial, onde, sem a amizade, compreensão, confiança e principalmente pelo carinho, este trabalho não seria concluído.

"O mar é tudo. Ele cobre sete décimos do globo terrestre. Seu sopro é puro e saudável. É um deserto imenso, onde o homem jamais está sozinho, pois sente a vida se movimentando por todos os lados."

Júlio Verne, Vinte Mil Léguas Submarinas, 1870

Resumo

O presente estudo ocupa-se da descrição e detalhamento das fácies pertencentes à seqüência Eifeliana/Frasniana (Devoniano) na região de afloramentos ocorrente no planalto de Tibagi (estado do Paraná, Brasil). Além da área tipo do Membro São Domingos, áreas aflorantes nunca antes estudadas foram ainda brevemente abordadas. Afloramentos ocorrentes na PR 340 e ao longo da BR 153 (Transbrasiliana), também foram prospectados, analisados e correlacionados. Para a análise tafonômica adotou-se a metodologia de coleta de alta resolução contando com um total de aproximadamente 900 amostras de invertebrados fósseis representantes do contexto paleobiogeográfico conhecido como Domínio Malvinocáfrico. A particularidade de todos os bioclastos encontrados nesses pacotes, bem como dos icnofósseis, são suas pequenas dimensões quando comparados às demais ocorrências dos mesmos *taxa* em outras fácies da Formação Ponta Grossa. Apesar do tamanho diminuto, todos os *taxa* coletados apresentam-se em estágio ontogenético avançado, ou seja, são representantes de formas adultas e são considerados como fenótipos subnormais de tamanho. No presente caso, os dados tafonômicos obtidos sugerem que se houve transporte dos bioclastos, este não foi suficiente para promover a seleção por tamanho ou densidade. Não são considerados representantes de possíveis *taphotaxa*. Estas concentrações fossilíferas podem ser consideradas como representantes de assembléias relictuais, pois tal qual a fauna malvinocáfrica típica, a fauna encontrada apresenta-se com baixa diversidade taxonômica e grande abundância numérica. O fator distintivo destas novas concentrações é que a diversidade é ainda menor do que aquela que caracteriza o endemismo malvinocáfrico, e os níveis de abundância de cada *taxon* são também muito altos. Adicionalmente, os níveis estratigráficos prospectados são supostamente aqueles depositados após a extinção da fauna malvinocáfrica. Todos estes atributos somados conferem a esta concentração um *status* de fauna relictual da Província Malvinocáfrica e demais invertebrados associados, incluindo os fenótipos de tamanhos subnormais, e a presença de um *taxon* adventício, que em conjunto são resultado da síndrome pós-evento de extinção. No perfil geológico em estudo foi possível identificar grandes mudanças batimétricas, e conseqüentemente de temperatura e oxigenação. Essas variações foram responsáveis pelo controle da distribuição vertical dos *taxa* ocorrentes nas camadas, com mudanças na paleoecologia dos grupos taxonômicos presentes.

Abstract

The present study deals with the description and detail of facies belonging to the sequence Eifelian / Frasnian (Devonian) in the region of outcrops occurring in the plateau of Tibagi (Paraná State, Brazil). In the type area of the São Domingos Member, outcrops areas never before studied were also briefly addressed. Outcrops occur in the PR 340 and along the BR 153 (Transbrasiliana) have also been prospected, analyzed and correlated. For taphonomic analysis we adopted the methodology of collecting high-resolution counting a total of approximately 900 samples of the fossil invertebrate representatives context paleobiogeography known as Malvinokaffric Realm. The particularity of all bioclasts found in these outcrops, as well as icnofossils, are its small size compared to other occurrences of the same rate in other facies of Ponta Grossa. Despite the diminutive size, all *taxa* collected are presented in advanced ontogenetic stages, in other words, they are representatives of adult and are considered subnormal size phenotypes. In this case, taphonomic data suggest that if was transport of bioclasts, this was not enough to cause selection by size or density. This is not considered representatives of possible *taphotaxa*. These concentrations fossils can be considered as representatives of relictual assemblies, because as the Malvinokaffric typical fauna, the fauna found presents with low taxonomic diversity and numerical abundance. The distinguishing factor of these new concentrations is that diversity is even lower than that which characterizes the Malvinokaffric endemism and levels of abundance of each *taxon* are also very high. Additionally, the stratigraphic levels prospected are supposed those filed after the extinction of Malvinokaffric fauna. All these attributes combined give this status to a concentration relictual fauna of the Malvinokaffric Real and other invertebrate species, including the phenotypes of subnormal size, and the presence of a *taxon* immigrants, which together are the result of post-extinction event. The geological section in the study were able to identify major bathymetric changes, and therefore temperature and oxygenation. These variations were responsible for controlling the vertical distribution of *taxa* that occur in layers, with changes in the paleoecology of these *taxa*.

SUMÁRIO

Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
1. Introdução.....	1
Problemática.....	2
Objetivos.....	5
2. Contextualização Geológica e Estratigráfica.....	6
Supersequência Paraná.....	6
A Sucessão devoniana.....	9
Formação Furnas.....	13
Formação Ponta Grossa.....	13
2.2.2.1. Membro Jaguariaíva.....	14
2.2.2.2. Membro Tibagi.....	14
2.2.2.3. Membro São Domingos.....	15
3. Procedimentos e metodologia de coleta.....	16
3.1. Escolha do local de coleta.....	17
4. Geologia da área de estudo.....	21
4.1 Fácies.....	26
4.2 Sistemas deposicionais.....	27
4.3. Estratigrafia.....	28
5. Análise tafonômica.....	31
5.1 Conulários.....	35
5.2 Trilobites.....	38
5.3 Rhynchonelliformes.....	40
5.4 Moluscos bivalves.....	42
5.5 Ostracodes.....	42
5.6 Orbiculóides.....	42

5.7 Lingulídeos.....	43
5.8 Cefalópodes.....	43
5.9 Icnofósseis.....	46
5.10 Interpretação.....	46
6. Os fenótipos subnormais de tamanho.....	50
7. Considerações sobre a fauna relictual malvinocáfrica.....	55
8. Conclusões.....	59
9. Referências Bibliográficas.....	61

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa geológico da Bacia do Paraná (adaptado de Milani <i>et al.</i> 2007).....	8
Figura 2 - Arcabouço estratigráfico das seqüências do Devoniano da Bacia do Paraná (fonte: Assine, 1996).....	11
Figura 3 - Arcabouço estratigráfico das seqüências do Devoniano da Bacia do Paraná (fonte: Bergamaschi, 1999).....	12
Figura 4 – Mapa geológico de localização dos afloramentos estudados na borda leste da Bacia do Paraná, Estado do Paraná (adaptado de Bosetti <i>et al.</i> 2007).....	19
Figura 5 – Localização das seções estudadas na região do Barreiro do bairro São Domingos, Tibagi, Paraná, Brasil.....	20
Figura 6 – Seção colunar Barreiro e suas distribuições taxonômicas e tafonômicas.....	22
Figura 7 – Correlação estratigráfica dos afloramentos (Sb1) Wolf, (Sb2) Quadrícula 13, (Sb3) Cabanha, (Sb4) Casa de Pedra, (Sb5) São Bento I e II e (Sb6) Fazenda Xaxin com a seção colunar Barreiro (SB).....	23
Figura 8 – (A) Evolução sedimentar da seção colunar Barreiro. (PS = parasequências).....	29
Figura 8 – (B) Evolução sedimentar da seção colunar Barreiro. (PS = parasequências).....	30
Figura 9 - (A) Gráfico de abundância de bioclastos totais; (B) gráfico de abundância de bioclastos animais; (C) gráfico de abundância de indivíduos.....	34
Figura 10 - Gráficos que demonstram os fenótipos subnormais dos fósseis do afloramento Sítio Wolf, em comparação aos fenótipos normais de outras sequências da Formação Ponta Grossa. (A) <i>Conularia</i> sp.; (B) <i>Lingulideos</i> indet.; A1 e B1 representam espécies de fenótipos subnormais; A2 e B2, representam tamanhos normais de outras fácies.....	51
Figura 11 - Gráficos que demonstram os fenótipos subnormais dos fósseis do afloramento Sítio Wolf, em comparação aos fenótipos normais de outras sequências da Formação Ponta Grossa. (A) <i>Orbiculoidea baini</i> ; (B) <i>Australocoelia</i> sp.. A1 e B1 representam espécies de fenótipos subnormais; A2 e B2 representam tamanhos normais de outras fácies.....	53

Lista de Estampas

- Estampa 1 – (A) Vista do Afloramento Cabanha; (B) Afloramento Quadrícula 13; (C) Afloramento da Seção-Tipo do Membro São domingos; (D) Estrutura sedimentar do tipo *Hummocky* apontado pelo martelo no Afloramento Casa de Pedra; (E) Vista do Afloramento Casa de Pedra; (F) Linha pontilhada demonstrando o limite dos sedimentitos Devonianos/Carboníferos; (G) Sedimentitos pertencentes ao Devoniano do afloramento Casa de Pedra.....24
- Estampa 2 – (A) e (B) Vista geral do Afloramento Wolf; (C) Vista do Afloramento Wolf.....25
- Estampa 3 – Fragmentos de conulários. (A, F, G, H e J) Conulários associados a fragmentos vegetais; (C, D e H) conulários isolados; (D, E e I); fragmentos de conulários de diversos tamanhos (B, C e K).....36
- Estampa 4 – (A), (B), (C), (D), (E), (F) fotos de orbiculóides; (G) foto de orbiculóide (1) associado a fragmentos de conulários (2 e 3), icnofósseis (4) e *Spongiophyton* (5). Lingulídeo em forma de tesoura (H) e valvas de lingulídeos (I e J).....37
- Estampa 5 - Ocorrência de céfalos (A, G e H), tórax (B e J), pigídeo (E) carcaças estendidas (C, D e F) e tórax/pigídeo (I e K) de trilobites.....39
- Estampa 6 – (A, C, D e E) Valvas de Braquiópode *Australocoelia* sp. (B) Valva de Braquiópode *Schuchertella agassizi* parcialmente fragmentado. (F) Valva de Bivalvia *Nuculana viator*.....41
- Estampa 7 – (A a G) Orthocerídeos do gênero *Ctenoceras*. (E) Concha de *Ctenoceras* associado a fragmento de *Spongiophyton*.....45
- Estampa 8 – (A, B e C) Ocorrência do icnogênero *Phycosiphon*. (C) Restos vegetais fragmentados associados a icnofósseis.....47
- Estampa 9 – (A) Restos de vegetais fragmentados. (B) Associação de microfragmentos com fragmentos maiores de vegetais.....49

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Descrição das fácies da Seção Colunar Barreiro, Tibagi, PR.....	26
Tabela 2 – Taxonomia dos invertebrados fósseis ocorrentes na seção colunar Barreiro, Tibagi – PR.....	31
Tabela 3 – Paleoecologia dos invertebrados fósseis ocorrentes na seção colunar Barreiro, Tibagi – PR.....	32
Tabela 4 – Dados tafonômicos: (F) fragmentado; (MF) muito fragmentado; (PF) pouco fragmentado; (I) inteiro; (D) desarticulado; (A) articulado; (PA) no plano de acamamento; (X) dado não considerado.....	33

1 Introdução

A sucessão devoniana (?Lochkoviano-Frasniano) aflorante na região centro-leste do Estado do Paraná (Brasil) é composta pelas formações Furnas e Ponta Grossa. A base e o topo são marcados por discordâncias regionais. Além do arcabouço litoestratigráfico clássico (Lange e Petri, 1967; Northfleet *et al* 1969 e Schneider *et al* 1974), arcabouços estratigráficos, de talhe genético, foram estabelecidos para a região (*e.g.* Assine, 1996; Assine, 2001; Bergamaschi, 1999 e Bergamaschi e Pereira, 2001). Estudos de ordem tafonômica (*e.g.* Simões e Ghilardi, 2000; Simões *et. al.*; 2002; Rodrigues, 2002; Bosetti, 2004; Ghilardi, 2004; Bosetti *et. al.*; 2005; Zabini, 2007) têm sido elaborados com o intuito de se re-interpretar os jazigos fossilíferos anteriormente descritos, baseados em técnicas de coleta de alta resolução (Simões & Ghilardi, 2000; Rodrigues, 2002; Bosetti, 2004; Ghilardi, 2004) modificando substancialmente a clássica interpretação paleoambiental do Devoniano paranaense. As novas interpretações das superfícies estratigráficas demonstraram que a distribuição vertical e horizontal dos fósseis, bem como sua posição taxonômica aparente foi fortemente controlada pela história deposicional.

Grande parte dos estudos que se ocuparam da tafonomia dos fósseis devonianos parananenses tem privilegiado a porção basal da sucessão (Seqüência basal Praguiano/Eifeliana de Assine (1996), Seqüência “B” do arcabouço de seqüências de Bergamaschi (1999) e Bergamaschi e Pereira (2001) ou Membro Jaguariaíva de Lange e Petri, 1967). Trabalhos como os de Simões *et. al.* (2002), Rodrigues *et. al* (2001), Rodrigues (2002), Rodrigues *et al.* (2003) Zabini (2007) dentre outros, ocuparam-se do detalhamento destas concentrações e suas interpretações, encontrando-se atualmente os estudos tafonômicos da base da Formação Ponta Grossa já bastante adiantados. Em contrapartida, as seqüências superiores permaneceram até o momento sem estudos dessa ordem, e por este motivo optou-se pela reavaliação de áreas já descritas e prospecção de novas áreas correlatas às seqüências mais jovens da unidade.

O presente estudo ocupa-se da descrição e detalhamento das fácies consideradas como pertencentes ao final da porção média e ao topo da Formação Ponta Grossa em uma clássica região de afloramentos ocorrente no planalto de Tibagi (Paraná). Além da área tipo do Membro São Domingos, topo da Formação Ponta Grossa (*sensu* Lange e Petri, 1967), áreas aflorantes nunca antes estudadas são ainda brevemente abordadas.

Afloramentos pertencentes ao arcabouço estratigráfico de sequências de Bergamaschi (1999) ocorrentes na PR 340 (seção colunar Tibagi-Telêmaco Borba - São Bento I e II) e aqueles sumariamente descritos por Bosetti e Horodyski (2008) nas recentes seções expostas ao longo da BR 153 (Transbrasileira - seção colunar Tibagi-Alto do Amparo), também foram prospectados, analisados e correlacionados.

Inicialmente procurou-se contextualizar a área de estudo no escopo das pesquisas mais atualizadas sobre o Devoniano da Bacia do Paraná, e uma breve abordagem generalizada sobre a sucessão devoniana é apresentada.

1.1. Problemática

A Bacia do Paraná foi a sede, no Brasil, da fauna da Província Malvinocáfrica. Esta se desenvolveu essencialmente no hemisfério sul (América do Sul, Antártica e África do Sul, durante o Eodevoniano Superior (Emsiano) e o Mesodevoniano Inferior (Eifeliano). No Mesodevoniano superior, o ingresso do braquiópode articulado extra-malvinocáfrico *Tropidoleptus* em regiões até então dominadas por formas malvinocáfricas na sub-bacia de Alto-Garças, parece assinalar para grande parte dos autores o declínio irreversível da província faunística definida por estas últimas.

Bosetti (2004) destaca que a maioria dos autores que trabalharam com a fauna da Província Malvinocáfrica consideraram a paleozoogeografia do Eo e Mesodevoniano do Hemisfério Sul representada por formas endêmicas (a fauna da província em si), e para o Neodevoniano, uma fauna com acentuado cosmopolitismo. Sob esta óptica as águas ficaram mais aquecidas no final do Devoniano da Bacia do Paraná. Ao contrário disto, Cooper (1977), formula a hipótese de um resfriamento global nesta última fase do Devoniano austral, o que corroboraria a aparente extinção em massa da fauna nesta época. Por outro lado Isaacson (1978) contesta esta hipótese alegando que a fauna típica de climas rigorosamente frios já havia se extinguido quase que totalmente no Mesodevoniano.

A extinção da fauna malvinocáfrica é assunto muito polêmico, tanto em relação aos fatores ambientais físicos quanto em relação à geocronologia. Segundo Melo (1985), desconhecem-se formas malvinocáfricas na seção superior do sistema Devoniano preservado atualmente na Bacia do Paraná (=folhelhos São Domingos), mas

o mesmo admite uma expansão temporal da fauna (se bem que com índices muito baixos de ocorrência) até o Givetiano. Para Assine e Petri (1996), a transgressão ocorrida na passagem Eifeliano-Givetiano acarretou uma mudança ecológica drástica, responsável pelo desaparecimento da fauna da Província Malvinocáfrica. Mais recentemente, Bosetti (2004), em trabalho de coleta de alta resolução tafonômica descreveu em semi-detalle parte da seção-tipo do Membro São Domingos (*sensu*: Lange e Petri, 1967) na região do Barreiro (Tibagi-PR) e os novos achados evidenciaram a presença de uma fauna de trilobites calmoniídeos, conulários e braquiópodes rhynchonelliformes, todos supostamente extintos nessa época de deposição segundo os autores predecessores.

Para Bosetti (2004) esse registro indicou preliminarmente que a fauna malvinocáfrica ultrapassara os limites do Givetiano, chegando ao topo da seqüência devoniana local sem aparente modificação em sua paleobiodiversidade. No entanto, novos achados da mesma região, relatados em Bosetti *et al.* (2009), demonstraram que apenas alguns grupos malvinocáfricos ultrapassaram esse limite e, assim mesmo, representados por morfologia subnormal se comparados aos típicos representantes malvinocáfricos, caracterizando dessa forma, uma aparente assembléia relictual da fauna malvinocáfrica no registro paleontológico dos folhelhos São Domingos.

Presume-se que boa parte das seqüências superiores foram depositadas em condições de maior profundidade, pois refletem um pico de transgressão ocorrida ao final do Devoniano. Mas tal fato não justifica a ausência da paleofauna original, porque mesmo nas seqüências inferiores são evidenciados picos transgressivos de igual intensidade com a presença abundante dos invertebrados. Melo (1985) destaca que áreas equivalentes ao Membro São Domingos, mostram-se via de regra, desprovidas de fósseis malvinocáfricos típicos, e mesmo os invertebrados em geral (ora representados principalmente por moluscos bivalvíos, braquiópodes linguliformes e tentaculiformes) apresentaram-se em números bastante escassos.

É comum constar da bibliografia especializada de que o topo do Devoniano da Bacia do Paraná apresenta-se como pouco fossilífero, onde grande parte dos invertebrados ocorrentes na base e porção média (esta representada pelo Membro Tibagi *strictu sensu*), seriam mal representados ou inexistentes. Segundo grande parte dos autores os típicos *taxa* da Província Malvinocáfrica: Trilobita Phacopida (Clarke, 1913; Baldis, 1979; Melo, 1985; Simões *et al.*, 2009) e Brachiopoda Rhynchonellata e

Strophomenata (Clarke, 1913; Boucot e Gill, 1956; Melo, 1985) teriam sido extintos antes da deposição dos pacotes superiores.

A evidência de que a quase totalidade dos afloramentos do “autêntico” folhelho São Domingos no Paraná revelam-se normalmente muito pobres em macrofósseis, exceção feita a restos vegetais fragmentados (*Spongiophyton*) e icnofósseis, ambos localmente muito comuns, é um argumento muito difundido, e que perde o sentido face aos achados relatados por Bosetti (2004) e Bosetti *et al.* (2009) e aos novos achados relatados na presente pesquisa.

Muitos dos afloramentos considerados na literatura como pertencentes ao Membro São Domingos devido simplesmente à presença de folhelhos escuros, não mais são considerados como tal, pois análises embasadas na Estratigrafia de Seqüências e na Tafonomia modificaram as interpretações de vários sítios (*e.g.* afloramento Rivadavia em Ponta Grossa, PR, Bergamaschi, 1999 e afloramento Curva 1 em Ponta Grossa, PR, Bosetti, 2004). Mello (1985) para justificar a pobreza em macrofósseis nos sedimentos do Membro São Domingos admite até que os afloramentos expostos no perfil principal de Lambedor na região de Arapoti – PR (Petri, 1948) seriam supostamente identificados com o Membro Jaguariaíva (Lange e Petri, 1967), resultado da constatação evidente de que o registro em macrofósseis é muito pobre. Mello (1985) ainda destaca que em áreas equivalentes ao Membro São Domingos, tanto na sub-bacia de Apucarana, quanto em Alto Garças mostram-se via de regra desprovidas de fósseis malvinocáfricos típicos, e mesmo os invertebrados em geral (ora representados principalmente por bivalvíos, braquiópodes linguliformes ou rhynchonelliformes e tentaculiformes) tornam-se então bastante escassos.

Por este motivo, um estudo de cunho tafonômico enfocando as seqüências superiores da seção devoniana (Eifeliano/Frasniano de Assine, 1996; Eifeliano/Givetiano – seqüências ”D” e “E” de Bergamaschi, 1999) faz-se necessário. Desta forma, algumas questões deverão ser respondidas: O topo do Devoniano paranaense é realmente caracterizado pela quase total ausência de fósseis? O fato desses pacotes serem considerados como o pico máximo transgressivo do sistema restringiu a colonização de fundo por poucos grupos taxonômicos? Até que ponto as condições paleoambientais são diferentes das seções inferiores? A fraca ocorrência de afloramentos desta idade, bem como seu difícil acesso geográfico, tem levado a interpretações equivocadas? As novas técnicas de coleta de alta resolução tafonômica

aplicadas pioneiramente nas porções superiores podem colaborar para interpretações distintas de possíveis tendenciamentos?

1.2 Objetivos

O presente estudo visa a reinterpretação das fácies do topo do Devoniano paranaense com base em análise tafonômica e aplicação de métodos de coleta sistemáticos. Portanto, segue alguns objetivos específicos:

- 1) avaliar os arcaouços estratigráficos existentes;
- 2) levantar seções estratigráficas e comparar com as já descritas;
- 3) identificar os *taxa* vinculados aos eventos sedimentares da sucessão em estudo;
- 4) aplicar métodos de análise tafonômica visando estabelecimento de classes tafonômicas e graus de aloctonia, autoctonia e para-autoctonia;

2 Contextualização Geológica e Estratigráfica

2.1 Supersequência Paraná

A Bacia sedimentar do Paraná localizada no continente sul-americano é classificada como uma bacia cratônica intercontinental e de natureza policíclica. É uma sinéclise de grande extensão que ocorre na porção territorial do Brasil meridional (estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), Paraguai oriental, nordeste da Argentina e norte do Uruguai, possuindo uma área de 1,5 milhão de quilômetros quadrados (Milani *et al.* 2007) (figura 1). Ocorrem em seus limites diversos arcos estruturais soerguidos paralelamente às suas bordas. Os arcos de São Vicente e o da Canastra delimitam a porção norte, enquanto que os arcos de Martin Garcia, Pampeano, Ocidental-Oriental e de Assunção fazem o limite da porção sul, sudeste e oeste. Devido à força do tectonismo de ruptura ocorrido no mesozóico com a fragmentação do supercontinente Gondwana, o limite para leste não fica em território brasileiro (Petri & Fulfaro, 1983).

A Bacia mostra-se hoje como uma estrutura razoavelmente íntegra na sua extensão brasileira, apesar do longo período de erosão a que foi sujeita. Isso talvez se deva ao seu comportamento tectônico, mas em boa dose também à proteção fornecida pelas camadas de basalto e pelo emaranhado de injeções de rochas intrusivas básicas, sob a forma de diques no fim da era mesozóica. O registro estratigráfico da bacia compreende um pacote sedimentar-magmático com cerca de 7 mil metros de espessura total no eixo deposicional, que coincide geograficamente com o depocentro estrutural da sinéclise com a região da calha do rio que lhe empresta o nome (Milani *et al.* 2007). Milani (2007) reconheceu no registro estratigráfico da Bacia do Paraná seis unidades de ampla escala ou Supersequências (Vail *et al.* 1977), na forma de pacotes rochosos materializando cada um deles intervalos temporais com algumas dezenas de milhões de anos de duração e envelopados por superfícies de discordância de caráter interregional: Supersequência Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Supersequência Paraná (Devoniano), Supersequência Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Supersequência Gondwana II (Meso a Neotriássico), Supersequência Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Supersequência Bauru (Neocretáceo). As três primeiras são representadas por sucessões sedimentares que definem ciclos transgressivo-regressivos ligados a oscilações do nível

relativo do mar no Paleozóico, enquanto que as três últimas correspondem a pacotes de sedimentos continentais com rochas ígneas associadas.

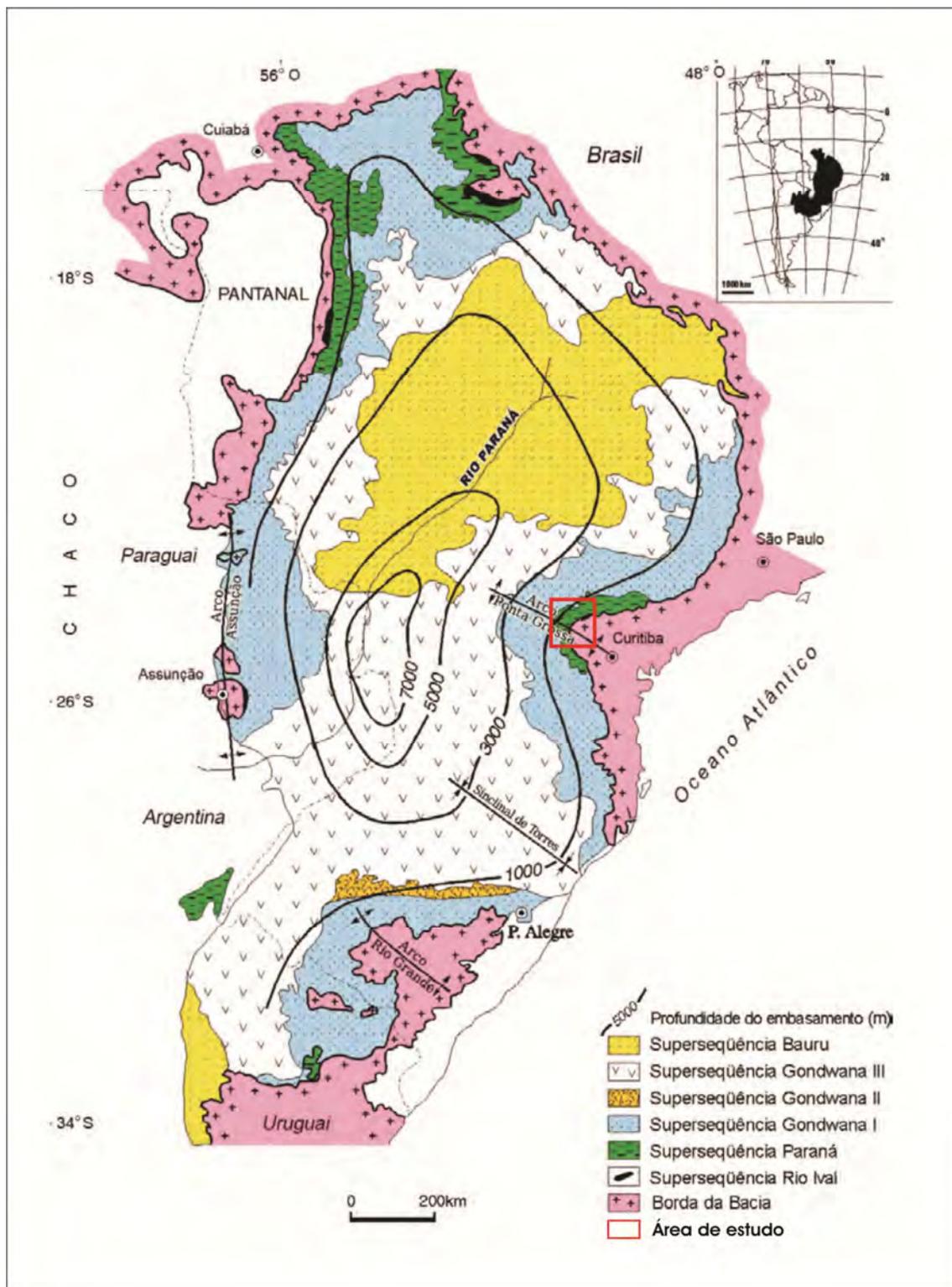


Fig. 1 – Mapa geológico da Bacia do Paraná (adaptado de Milani *et al.* 2007).

2.2 A Sucessão devoniana

As primeiras tentativas de organização dos estratos devonianos do que hoje se compreende como Superseqüência Paraná (Milani, 1997) foram escritas pela primeira vez por Derby (1878). Para Oliveira (1912), é atribuída a pioneira divisão do pacote devoniano da região meridional da bacia, a partir da base em “Grés de Furnas”, “Shistos de Ponta Grossa” e “Grés de Tibagi”. Os aspectos sedimentológicos e paleontológicos deste pacote foram investigados inicialmente por Kayser (1900), Clarke (1913) e Kozłowski (1913). Petri (1948) formalizou as unidades devonianas de acordo com o Código Norte Americano de Nomenclatura Estratigráfica propondo as denominações Formações Furnas e Ponta Grossa. Lange e Petri (1967) formalizaram a litoestratigrafia do Devoniano paranaense propondo a divisão tripartite da Formação Ponta Grossa, constituída, a partir da base, pelos membros Jaguariaíva, Tibagi e São Domingos. Através de dados de subsuperfície, Northfleet *et al* (1969) e Schneider *et al* (1974) adotam a designação “Grupo Paraná”, para englobar as duas formações, sem mencionarem membros ou fácies, tratando-as como indivisas. Melo (1985) com base na prioridade dos termos através dos dados conferidos por Maack (1947) redefine a unidade superior designando a Formação Santa Rosa com seus respectivos membros: Ponta Grossa, Tibagi e São Domingos (da base para o topo). Grahn (1992) classificou o Devoniano do estado do Paraná como Formação Furnas na base, Formação Ponta Grossa na porção média e Formação São Domingos no topo. Sob a óptica da Estratigrafia de Seqüências os sedimentos devonianos foram estudados por Assine (1996), resumindo o arcabouço estratigráfico em três seqüências deposicionais correlacionado-as em parte com as unidades litoestratigráficas existentes (figura 2) na seguinte ordem do topo para a base:

Seqüência Eifeliana-Frasniana:	(Fm. Ponta Grossa – Topo do Mb. Tibagi e Mb São Domingos)
Seqüência Praguiana-Eifeliana:	(Fm. Furnas – Unid. III e Fm. Ponta Grossa – Mb. Jaguariaíva e Mb. Tibagi)
Seqüência Lochkoviana:	(Fm. Furnas – Unid. I e II)

Bergamaschi (1999) resumiu as seqüências devonianas correlacionando-as com as unidades litoestratigráficas na seguinte ordem do topo para a base (figura 3):

Seqüência Depositional “F”	Frasniano – Fm. Ponta Grossa
Seqüência Depositional “E”	?Neo-Eifeliano-Neo-Givetiano – Fm. Ponta Grossa
Seqüência Depositional “D”	Eifeliano – Fm. Ponta Grossa
Seqüência Depositional “C”	?Neo-Emsiano -?Eo-Eifeliano – Fm. Ponta Grossa
Seqüência Depositional “B”	?Neolochkoviano-Emsiano – Fm. Ponta Grossa
Seqüência Depositional “A”	?Pridoliano-Lochkoviano – Fm. Furnas

Para o presente estudo adotou-se o arcabouço de seqüências de Assine (1996) por considerá-lo mais adequado para as porções superiores do devoniano. Levou-se em conta, o fato de que a escala temporal da coluna estratigráfica é maior se comparado ao número de seqüências identificadas por aquele autor, sendo assim, não compromete uma correlação confiável com os afloramentos aqui estudados.

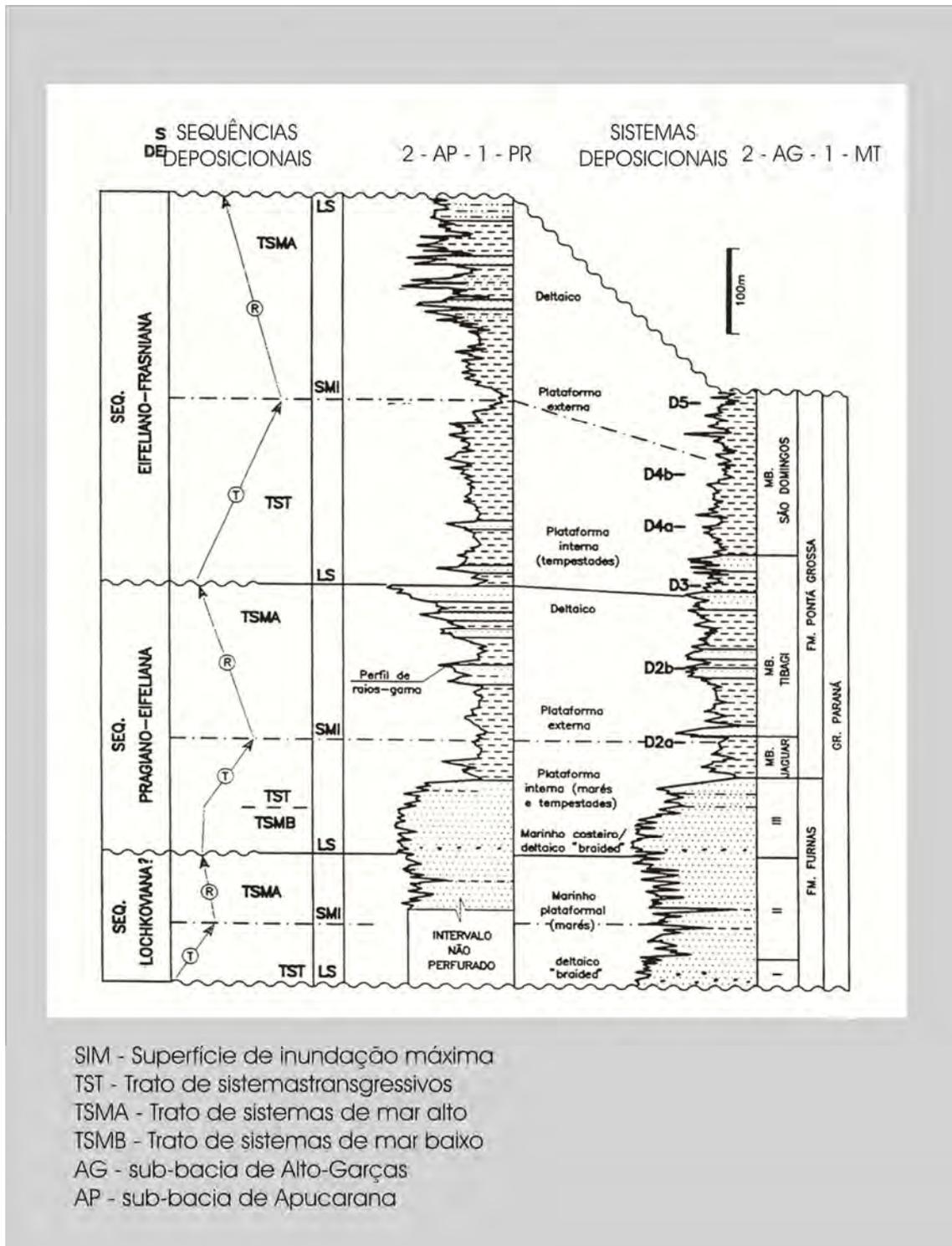
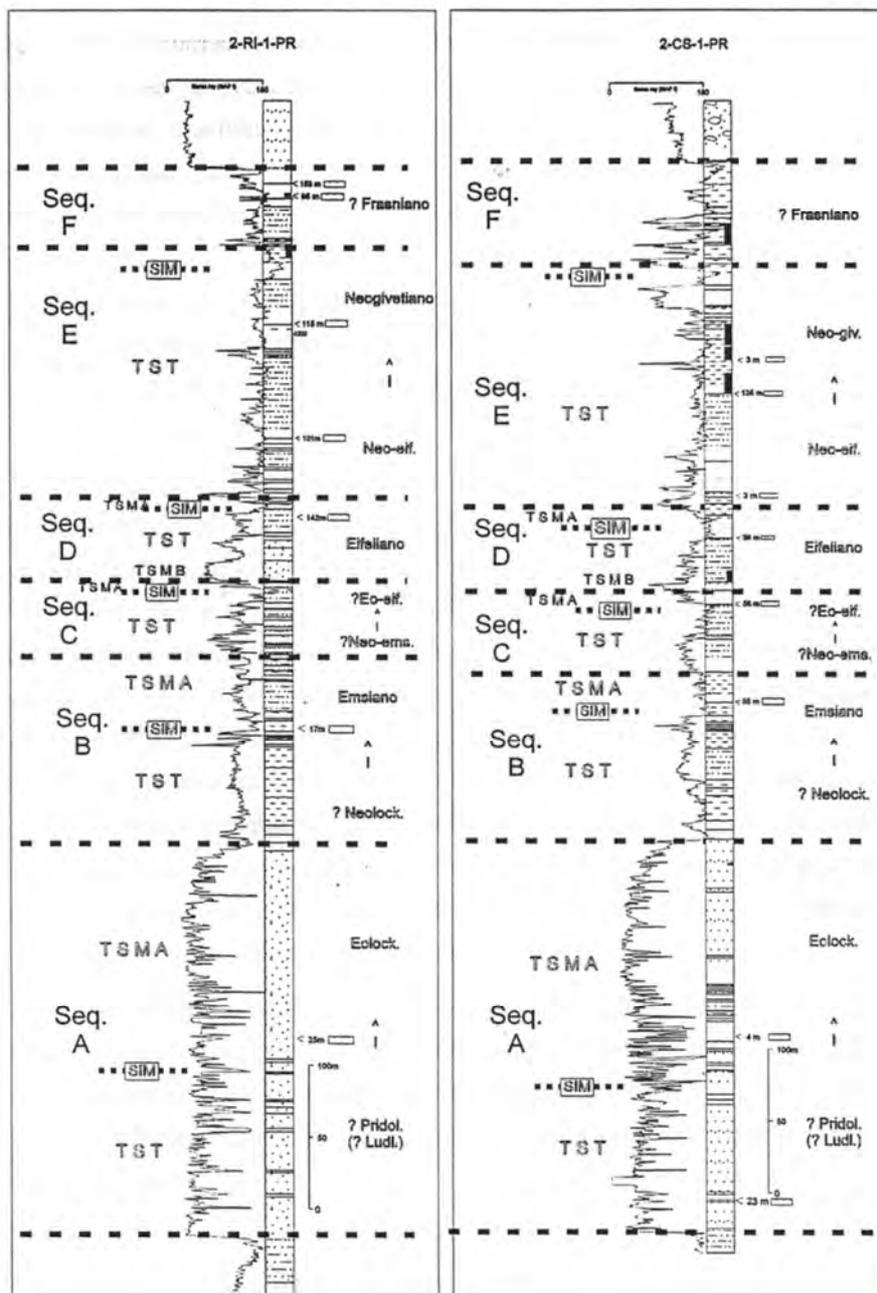


Fig. 2 - Arcabouço estratigráfico das seq ncias do Devoniano da Bacia do Paraná (fonte: Assine, 1996).



TSMB - trato de sistemas de mar baixo
 TSMA - trato de sistemas de mar alto
 TST - trato de sistemas transgressivo
 SIM - superfície de inundação máxima

Fig. 3 - Arcabouço estratigráfico das seqüências do Devoniano da Bacia do Paraná (fonte: Bergamaschi, 1999).

2.2.1 Formação Furnas

A Formação Furnas (Siluro-Devoniano) é freqüentemente descrita como uma monótona seqüência de arenitos quartzosos brancos, de granulação média a grossa, feldspáticos e/ou caulínicos, portadores de estratificações cruzadas de várias naturezas, aos quais se interestratificam delgados níveis de conglomerados, sobretudo na porção basal (Assine, 1996).

Com espessuras entre 250 e 300 metros, a Formação Furnas aflora no flanco leste da bacia, desde o sul do Paraná até as imediações de Itapeva (SP), voltando a ocorrer no flanco norte, em Goiás e Mato Grosso, sendo recoberta em grande parte da bacia, pela Formação Ponta Grossa e discordantemente é recoberta pelo grupo Itararé em áreas restritas como no centro-leste do Mato Grosso pelas formações Botucatu, Bauru e Cachoeirinha.

Segundo Bergamaschi (1999) a Formação Furnas representa uma deposição litorânea/marinha-costeira. Para Sanford e Lange (1960), Bigarella *et al* (1966) e Lange e Petri (1967) a formação é de origem marinha, enquanto Northfleet *et al* (1969) e Schneider *et al* (1974), consideram esta formação como fluvial. Os icnofósseis (*Rusophycus* e *Cruziana*) são muito comuns na formação e de importância paleoambiental significativa, uma vez que por serem atribuídos a traços de repouso de trilobitas, conferem origem marinha aos sedimentitos onde se fazem presentes.

2.2.2 Formação Ponta Grossa

A Formação Ponta Grossa sobrepõe-se à Formação Furnas e consiste em folhelhos argilosos micáceos finamente laminados, cinzentos, localmente betuminosos. Esta formação ultrapassa os 600 metros de espessura em subsuperfície, com 300 metros remanescentes em afloramentos. No Paraná a unidade foi subdividida em três membros: Membro Jaguariaíva, Membro Tibagi e Membro São Domingos (Petri & Lange, 1967). Quanto às pesquisas palinoestratigráficas por meio de zoneamentos com base em quitinozoários (Lange, 1967; Grahn *et al.* 2000, 2002; Grahn, 2005; Gaugris e Grahn,

2006) e miósporos (Daemom *et al.* 1967; Loboziak *et al.* 1988, 1995, 1998; Dino *et al.* 1995; Melo e Loboziak, 2003), que se dataram os estratos Ponta Grossa. Estes resultados indicam que o pacote pelítico Devoniano, preservado atualmente na Bacia do Paraná, depositou-se do Praguiano ao Neofrasniano. O afogamento marinho na Bacia do Paraná persistiu até pelo menos o Frasniano, embora não com a magnitude e o desenvolvimento anóxico observados então nas bacias paleozóicas do Norte brasileiro. No seu conjunto, o pacote Ponta Grossa registra condições de mar alto, sendo a seção predominantemente pelítica pontuada localmente por progradações arenosas, a mais significativa delas correspondendo ao membro Tibagi (Milani *et al.* 2007).

2.2.2.1 Membro Jaguariaíva

O Membro Jaguariaíva é constituído por folhelhos argilosos, silticos e arenosos, micáceos. Sua seção tipo encontra-se ao longo da ferrovia Jaguariaíva-Arapoti desde o quilômetro 2,2 até o quilômetro 6,6 mediações da cidade de Jaguariaíva. Com espessura de aproximadamente 100 m, o contato basal com a Formação Furnas é concordante gradacional materializando o afogamento dos sistemas transicionais da porção superior da Formação Furnas contendo lentes de arenito fino com estratificações retrabalhadas por ondas. Na localidade tipo está coberto pelo Grupo Itararé (Pensilvaniano) (Lange & Petri, 1967). Seu conteúdo fossilífero é composto por bivalves, gastrópodes, trilobitas, braquiópodes e outros, sendo um ambiente de sedimentação marinho-raso (Lange & Petri, 1967). Entretanto esta interpretação se contrasta com o trabalho de Rodrigues (2002) e o reconhecimento de Bosetti (2004) das fácies de *offshore* nesta seqüência.

2.2.2.2 Membro Tibagi

O Membro Tibagi é caracterizado pela presença de arenitos finos a muito finos, lenticulares e fossilíferos, entremeados em folhelhos silticos refletindo um contexto regressivo de progradação de sistemas deltaicos provenientes da borda nordeste, onde é bastante expressivo o aporte dos termos arenosos (Milani *et al.* 2007). A seção clássica é a das cabeceiras do arroio São Domingos onde ocorrem arenitos com 20m de espessura (Oliveira, 1927). Assine (1996) constatou espessuras de até 150m em subsuperfície. Os arenitos são marinhos, apresentando estratificações cruzadas do tipo *hummocky*. O seu conteúdo fossilífero é muito rico em braquiópodes articulados,

cricoconarídeos, bivalves e trilobitas, nas fácies siltico-argilosas. Predominam nos arenitos os braquiópodes do gênero *Australospirifer*.

2.2.2.3 Membro São Domingos

O Membro São Domingos é a unidade topo, constituindo uma seção de folhelhos laminados de cor cinza, às vezes betuminosos, entremeados aos quais se apresentam delgadas camadas de arenitos finos a grossos, de espessura aproximada 90 m. Este membro predominantemente pelítico documenta uma inundação marinha em ampla escala, que fecha o registro devoniano da sinéclise. Os folhelhos do Givetiano representam uma expansão do sítio deposicional, sendo o registro do pico máximo de transgressão no devoniano da Bacia do Paraná. Para Assine e Petri (1996), a transgressão ocorrida neste tempo acarretou uma mudança ecológica drástica, responsável pelo desaparecimento da fauna da Província Malvinocáfrica (a qual pertence grande parte dos *taxa* da Formação Ponta Grossa) na passagem Eifeliano-Givetiano. Milani *et al.* (2007) ainda afirmam que na passagem Eifeliano-Givetiano um episódio de expansão marinha teria promovido uma conexão entre as bacias do Paraná e Parnaíba evidenciada paleontologicamente por megafósseis e palinórfos. O topo da seqüência devoniana é truncada pela discordância erosiva da base da seção permo-carbonífera do Grupo Itararé.

3 Procedimentos e metodologia de coleta

Para o desenvolvimento do trabalho seguiram-se as etapas enumeradas abaixo:

1) Revisão bibliográfica;

2) Estratégia de trabalhos de campo mediante coleta de alta resolução tafonômica e estratigráfica. Para que o trabalho de campo fosse padronizado optou-se por algumas premissas importantes elaboradas a partir dos trabalhos de Simões e Ghilardi (2000) e Bosetti (2004), tais como:

(a) Localização geográfica local (mapa regional), reconhecimento das fácies sedimentares envolvidas, intervalo estratigráfico e os tipos de concentrações fossilíferas dos afloramentos estudados;

(b) Evitou-se o máximo possível a proximidade de falhamentos ou diques, visto que a geologia local da região preferida foi fortemente perturbada pela tectônica. No entanto, justifica-se, como já discutido (capítulo 1.1), que a região do Barreiro no bairro São Domingos em Tibagi – PR é onde se encontram as melhores exposições de rochas reconhecidas do topo da porção média e topo da Formação Ponta Grossa na sub-Bacia de Apucarana da Bacia do Paraná (*cf.* Maack, 1946; Petri, 1948; Lange e Petri, 1967; Lange, 1967; Mello, 1985; Bosetti, 2004 e Bosetti *et al.* 2009);

(c) Os afloramentos foram estratigraficamente empilhados com o uso do clinômetro. As litologias e estruturas sedimentares ocorrentes nas seções foram devidamente reconhecidas e anotadas em planilha de campo;

(d) Durante a coleta, foi utilizado o mesmo número de coletores e de horas dispensadas (aproximadamente 800 horas), para que se obtivesse uma amostragem fossilífera estatisticamente confiável;

(e) A coleta do material foi efetuada com a utilização de ferramentas de uso braçal como martelos, talhadeiras, picaretas, pás, enxadas e martetele rompedor (Bosch®) ligado a um gerador (Toyama®);

(f) Foram anotadas centímetro a centímetro as posições verticais de cada bioclasto encontrado para que se caracterizasse uma distribuição estratigráfica dos mesmos na seção colunar, obtendo assim, um controle base/topo. No entanto optou-se por não utilizar as demarcações feitas por quadrículas. Vários setores dos afloramentos

estudados variavam em metragem na sua horizontalidade devido à erosão, o que acabou prejudicando a marcação da distribuição horizontal dos fósseis;

(g) A identificação taxonômica das amostras foi feita provisoriamente em anotações de planilha no campo e detalhadamente em laboratório;

(h) Foram anotadas na planilha de campo assinaturas tafonômicas como níveis de fragmentação, graus de articulação das conchas (fechadas, abertas, desarticuladas) e posição do bioclasto em relação ao plano de acamamento (posição de vida, por exemplo);

(i) Durante as coletas notou-se uma peculiaridade em especial, onde todos os fósseis encontrados eram de tamanho muito pequeno, o que em várias situações, foi difícil a visualização a olho nu. Para isso, a lupa de bolso (20X) foi essencial na identificação de todos os atributos. Foram utilizadas também canetas marcadoras para circundar os fósseis, facilitando assim, a rápida localização dos mesmos nas amostras em laboratório. O material foi embalado de maneira adequada.

3.1 Escolha do local de coleta

A unidade estratigráfica de interesse do presente trabalho é o Membro São Domingos (Lange e Petri, 1967) correlata em parte a Sequência Eifeliana/Frasniana (Assine 1996) e às Sequências Eifeliano-Givetiano da Sequência D e E (Bergamaschi, 1999; Bergamaschi e Pereira 2001) e está localizada na borda leste da Bacia do Paraná (figura 4). A opção da escolha da área de estudo justifica-se pelos raros trabalhos paleontológicos e principalmente tafonômicos nas seções superiores do Devoniano paranaense (ver capítulo 1.1). Os afloramentos de estudo são os de maior exposição identificados e encontram-se na região do Barreiro no bairro São Domingos da cidade de Tibagi, Paraná (figura 5). Estes sedimentitos foram reconhecidos pelos trabalhos de Petri (1948), Lange e Petri (1967) e Melo (1985), Bosetti (2004), Bosetti *et al.* (2009) como pertencentes ao Membro São Domingos. As amostras A-11, A-12 e A-13 de Lange (1967), colhidas na serra do Barreiro, são oriundas das exposições de rochas da seção tipo do Membro São Domingos e correspondem à parte inferior do intervalo bioestratigráfico D4 (Eifeliano-Givetiano; subintervalo D4a e base do subintervalo D4b) a partir de estudos com o grupo do quitinozoários. Por este motivo os afloramentos desta região foram preferidos. São ainda brevemente investigados os afloramentos pertencentes ao arcabouço estratigráfico de sequências de Bergamaschi (1999)

ocorrentes na PR 340 (seção colunar Tibagi-Telêmaco Borba - São Bento I e II) e aqueles sumariamente descritos por Bosetti e Horodyski (2008) nas recentes seções expostas ao longo da BR 153 (Transbrasiliana - seção colunar Tibagi-Alto do Amparo), no intuito de se correlacionar os afloramentos da região do Barreiro com os demais arcabouços citados acima. Todas as amostras coletadas provém de sedimentitos da região do Barreiro no bairro São Domingos em Tibagi – PR, aprimorando o referencial coletado obtendo controle estratigráfico e tafonômico. Estão depositadas no Laboratório de Paleontologia – Invertebrados, Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa - PR sob a sigla “MPI” representando um total de 900 amostras.

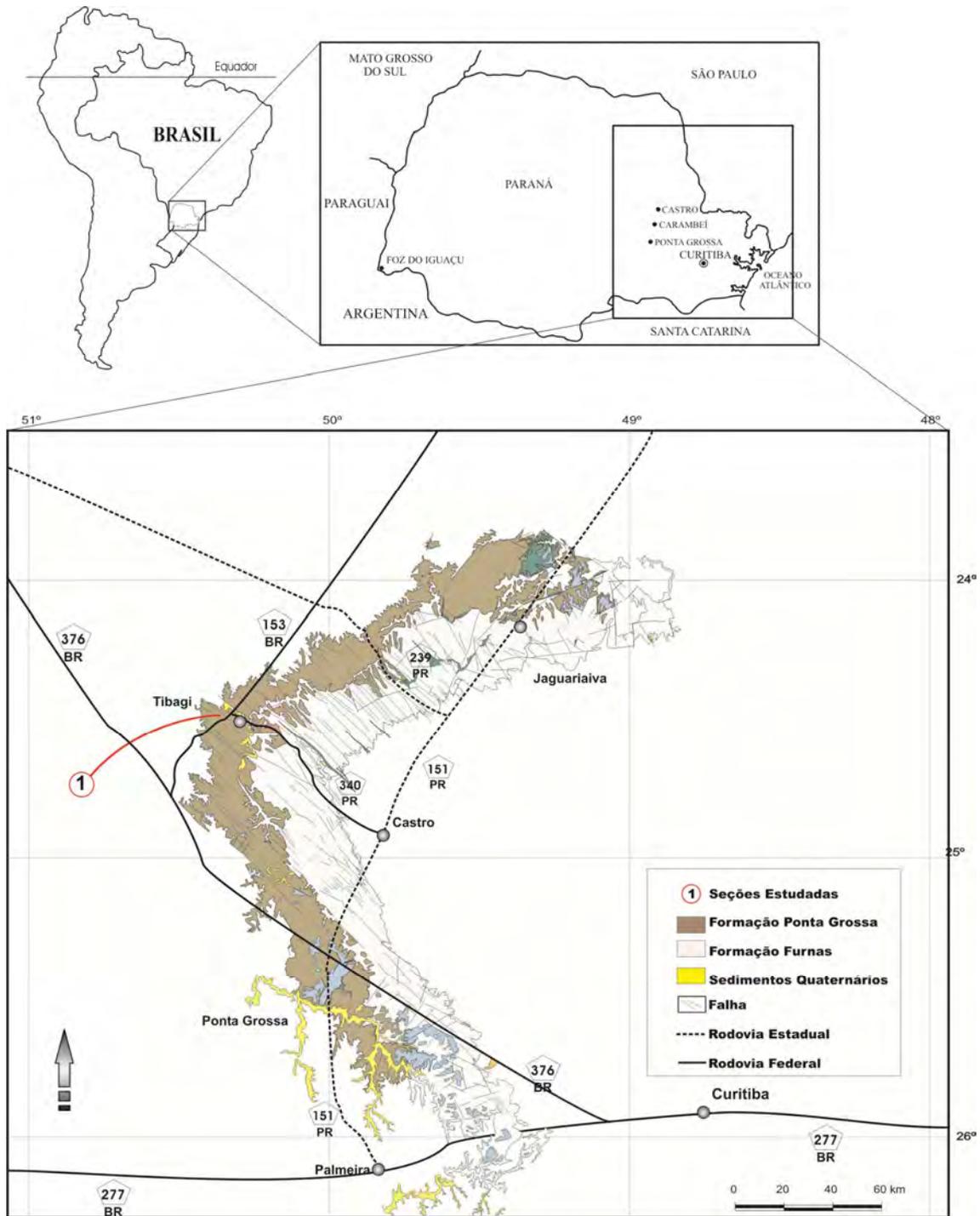


Fig. 4 – Mapa geológico de localização dos afloramentos estudados na borda leste da Bacia do Paraná, Estado do Paraná (adaptado de Bosetti *et al.* 2007).

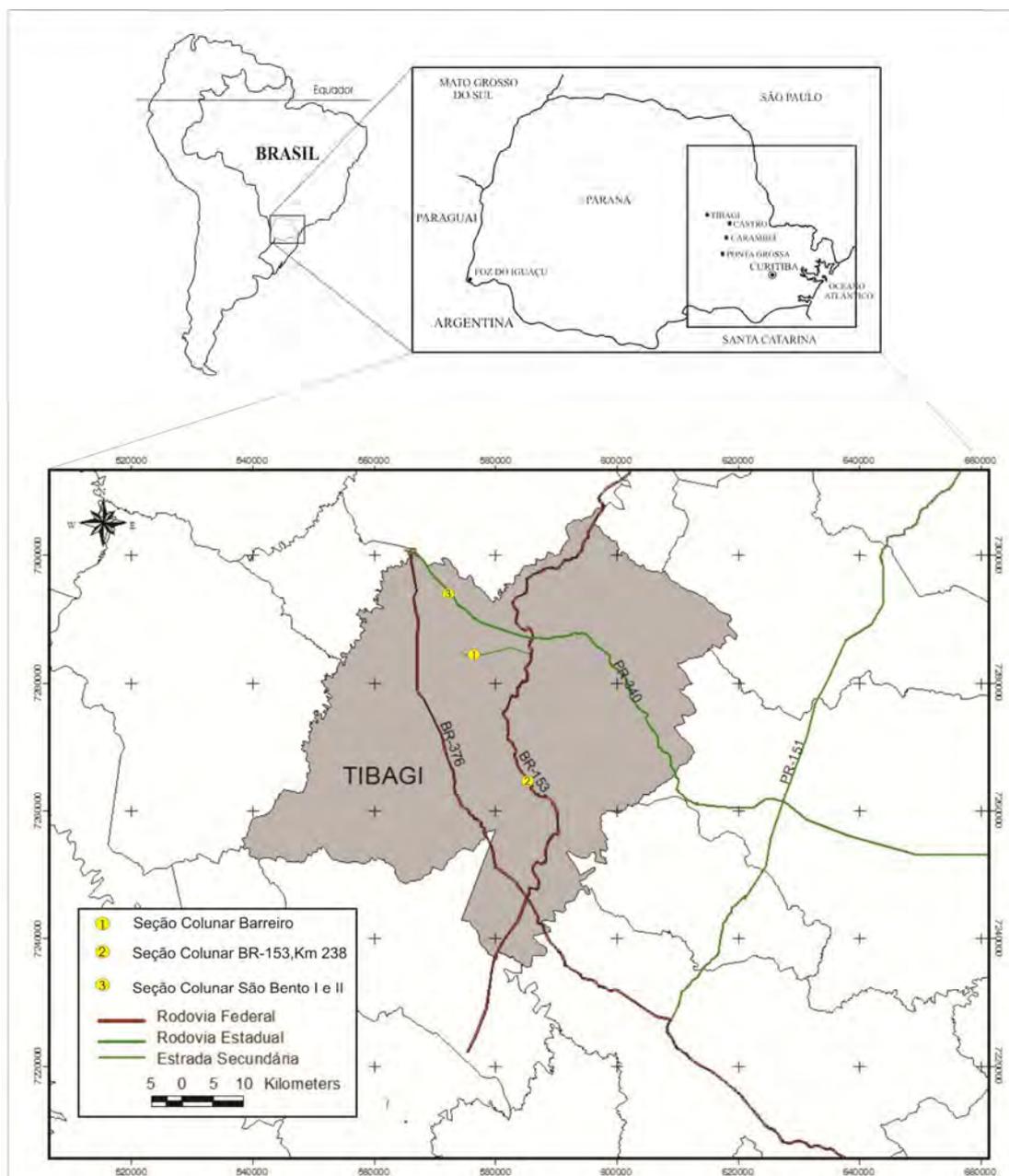


Fig. 5 – Localização das seções estudadas na região do Barreiro do bairro São Domingos, Tibagi, Paraná, Brasil.

4 Geologia da área de estudo

Na região do Barreiro em São Domingos, Tibagi-PR foram identificados quatro afloramentos denominados “Wolf, Quadrícula 13, Cabanha e Casa de Pedra”, sendo que o afloramento “Quadrícula 13” foi trabalhado previamente por Bosetti (2004). Os pontos prospectados foram perfilados na estrada principal da Serra do Barreiro (sem denominação) constituindo assim a seção colunar Barreiro (figura 6).

Os afloramentos da região (estampas 1 e 2), cujas espessuras variam de 1m a 25m, são comumente perturbados por intrusões de diques de diabásio, apresentando em alguns casos, numerosos planos sub-verticais de diaclasamento. Por este motivo, o empilhamento dos pontos de coleta foi em alguns casos prejudicado, uma vez que não raramente, os diques ocorrem entre os afloramentos. Foram ainda identificados três afloramentos denominados: São Bento 1 e São Bento 2 na seção colunar Tibagi – Telêmaco Borba (Bergamaschi, 1999 - rodovia PR-340) e Fazenda Xaxim no Km 238 da rodovia BR 153 (Transbrasiliana - na seção colunar Tibagi – Alto do Amparo de Bosetti e Horodyski, 2008) que devido às similaridades litológicas, estruturas sedimentares e conteúdo fossilífero puderam ser correlacionados com a área principal de estudo (figura 7).

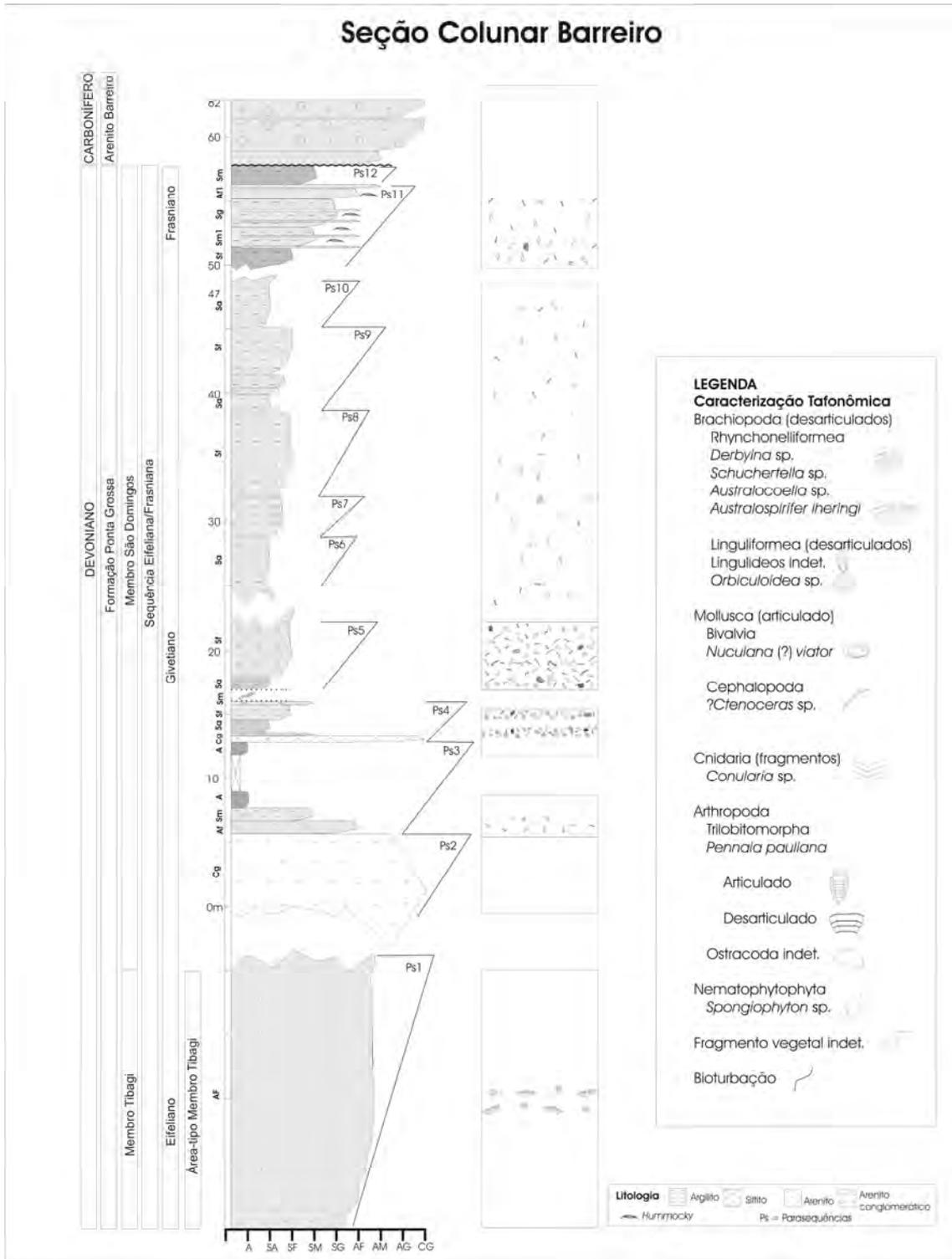
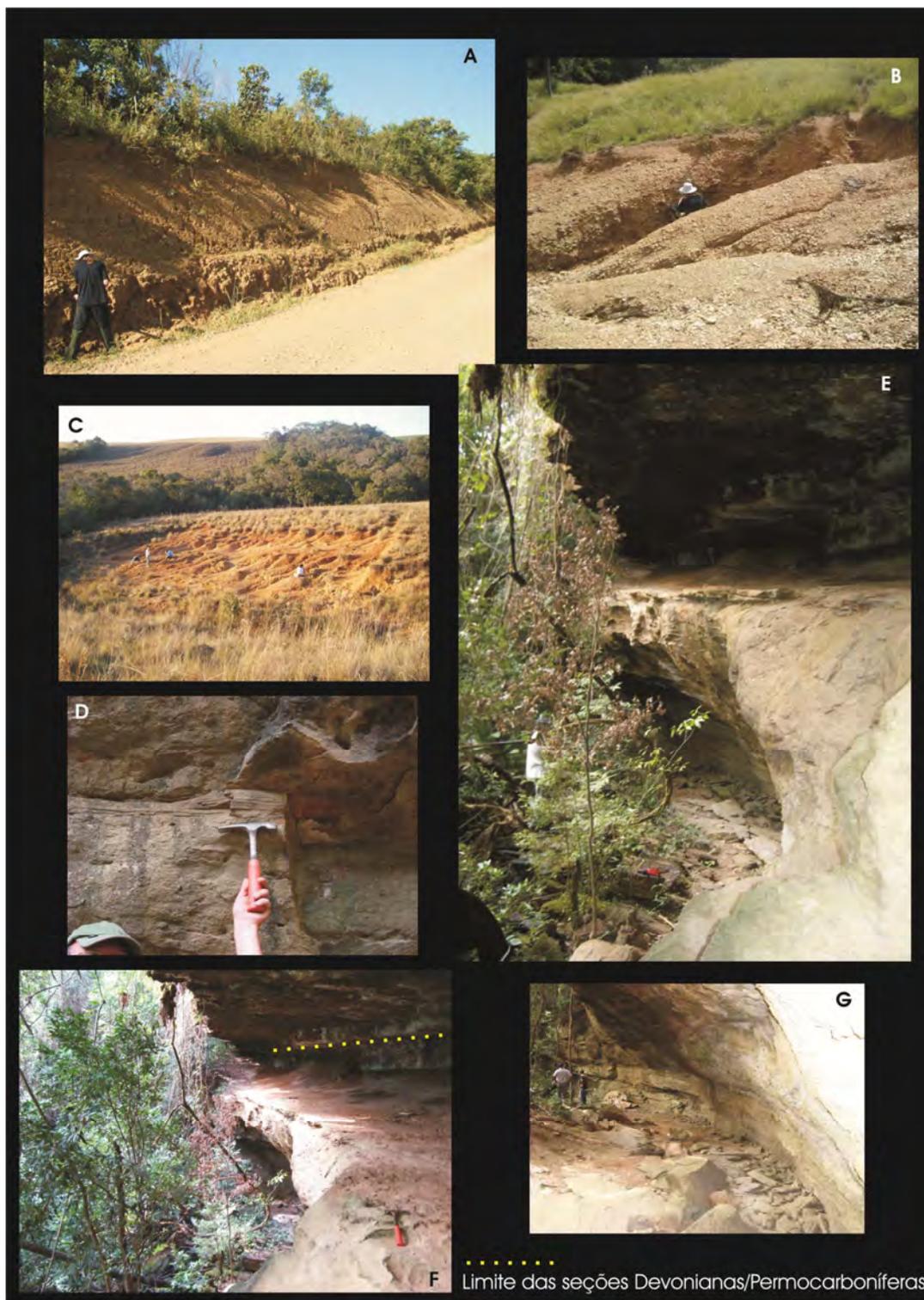


Fig. 6 – Seção colunar Barreiro e suas distribuições taxonômicas e tafonômicas.



Fig. 7 – Correlação estratigráfica dos afloramentos (Sb1) Wolf, (Sb2) Quadrícula 13, (Sb3) Cabanha, (Sb4) Casa de Pedra, (Sb5) São Bento I e II e (Sb6) Fazenda Xaxin com a seção colunar Barreiro (SB).



Estampa 1 – (A) Vista do Afloramento Cabanha; (B) Afloramento Quadrícula 13; (C) Aforamento da Seção-Tipo do Membro São domingos; (D) Estrutura sedimentar do tipo *Hummocky* apontado pelo martelo no Afloramento Casa de Pedra; (E) Vista do Afloramento Casa de Pedra; (F) Linha pontilhada demonstrando o limite dos sedimentitos Devonianos/Carboníferos; (G) Sedimentitos pertencentes ao Devoniano do afloramento Casa de Pedra.



Estampa 2 – (A) e (B) Vista geral do Afloramento Wolf; (C) Vista do Afloramento Wolf.

4.1 Fácies

As descrições das fácies da Seção Colunar Barreiro pode ser acompanhada pela Tabela 1 abaixo.

Designação/sigla	Textura	Estruturas	Interpretação
Cg	Arenito conglomerático	Sem estrutura, mal selecionado	Deposição turbulenta, <i>shoreface</i> proximal
Af	Arenito fino	maciço	Deposição acima do NBOTB, Ambiente de <i>Shoreface</i>
Af1	Arenito fino	Maciço, com intercalação de areia, <i>Hummocky</i>	Deposição sob oscilatório acima ou no NBOTB
Sg	Siltito grosso	Finamente laminado	ambientes de <i>shoreface</i> distal, próximo ao NBOTB
Sm	Siltito médio	Folhelhosos, plano paralelos	Decantação em ambientes de <i>shoreface</i> distal, próximo ao NBOTB
Sm1	Siltito médio	Plano paralelos com intercalação de lentes de areia, <i>Hummocky</i>	Deposição sob oscilatório, próximo ao NBOTB
Sf	Siltito fino	Laminado plano paralelo	ambientes de <i>shoreface</i> distal, próximo ao NBOTB
Sa	Siltito argiloso	Laminado, plano paralelo	Decantação abaixo do NBOT, <i>offshore</i> distal
A	argilito	Finamente laminado	Decantação abaixo do NBOT, <i>offshore</i> distal

Tabela 1 – Descrição das fácies da Seção Colunar Barreiro, Tibagi, PR.

4.2 Sistemas deposicionais

A variação litológica observada na área perfilada foi regida por variações eustáticas drásticas, se consideradas as modestas variações litológicas de grande parte da Formação Ponta Grossa. Esse empilhamento (figura 6) indica uma sucessão de paleoambientes expressos num padrão de sedimentos grossos, para *shoreface*, a finos, para *offshore*, segundo modelo de Walker & Plint (1992) e Reading & Collison, (1996). Os paleoambientes inferidos para a seção vão desde o *shoreface* proximal até o *offshore* distal. A base é representada por um acentuado processo regressivo com a presença de arenitos muito grossos, conglomeráticos (estes, provavelmente relacionados a um evento de sexta ordem, extremamente turbulento e energético, associado a um pequeno rebaixamento do nível relativo do mar), evidenciando um ambiente de *shoreface* proximal sem a presença de nenhum vestígio fóssil. Acima destes, um nível granodecrescente é composto por uma sucessão de arenitos finos a siltitos médios contendo icnofósseis (*Phycosiphon?*) e fragmentos vegetais não identificados, culminando com um folhelho argiloso preto, estéril em macrofósseis, indicando um processo retrogradacional, de ambiente de *offshore* distal, abaixo do nível de base ondas de tempestade (NBOT). Em direção ao topo uma fina camada de arenitos conglomeráticos semelhante à base é novamente registrada, representando um repentino retorno da fácies praial (*shoreface* proximal) Acima são representados folhelhos sílticos recobertos por siltitos finos a grossos contendo marcas onduladas, espelhando ambientes de *shoreface* distal, próximo ao nível de base de ondas de tempo bom (NBOTB). Estas últimas fácies são abundantemente fossilíferas e detentoras dos fenótipos subnormais de tamanho reduzido anteriormente referidos. A distribuição e a abundância dos fósseis na seção não são aleatórias e estão estreitamente vinculadas aos ambientes deposicionais reconhecidos. Subindo a coluna uma sucessão de siltitos finos a médios, fraturados e sem marcas onduladas ou HCS representam ambientes de *shoreface* distal, próximo ao nível de base de ondas de tempo bom (NBOTB). Capeando todo o pacote uma sucessão de siltitos, arenitos finos e grossos, representam o final dos estratos devonianos, onde, nela foram registrados braquiópodes, trilobites e grau moderado de bioturbação. Estas fácies contêm lentes de areia e estruturas sedimentares do tipo HCS (de maior porte do que os comumente encontrados) geradas por tempestades representando um ambiente de *shoreface* acima ou no nível de base ondas

de tempo bom (NBOTB). Acima, em contato discordante e erosivo ocorrem fácies das seqüências permocarboníferas representando um hiato no registro sedimentar da Bacia do Paraná. Estas são constituídas por arenitos grossos a arenitos conglomeráticos contendo grandes seixos, angulosos e facetados representando ambientes de alta energia. Estruturas sedimentares cruzadas planares são registradas e foram geradas em ambiente fluvio/glacial.

4.3. Estratigrafia

A área perfilada permitiu a identificação de doze (figura 6) parasequências (Ps) onde sete episódios de aparecimento ou desaparecimento da macrofauna de invertebrados associados a variações litológicas foram registrados:

- 1) Ocorrência da típica fauna Malvinocáfrica em arenitos finos (Ps1);
- 2) Brusca queda do nível relativo do mar onde o registro é afossilífero nos conglomerados (Ps2);
- 3) Subida do nível de base gerando parasequência retrogradante com bioturbações registradas na base e ausência total de registro fóssil no topo representado por folhelhos negros indicando o máximo afogamento da seção. (Ps3).
- 4) Leve queda do nível de base representada por conglomerados basais gerados por eventos de 6º ordem (ciclos de Milankovitch), periódicos, extremamente turbulentos e energéticos, sem registro fossilífero; no centro e no topo da Ps ocorre a abundante fauna relictual malvinocáfrica, representada por fenótipos subnormais de tamanho (Ps4);
- 5) Variações do nível de base (Ps5, 6, 7, 8, 9, e 10) onde declina a abundancia da fauna (Ps5) e a brusca queda do registro fóssil nas últimas parasequências;
- 6) Queda do nível de base representada por siltitos grossos contendo lentes de areia e estruturas sedimentares do tipo *Hummocky* gerados por tempestades onde foram registrados poucos invertebrados fósseis de tamanho aparentemente normal (Ps11);
- 7) Subida do nível de base representada por folhelhos escuros com a aparente ausência de fósseis (Ps12).

As variações litológicas da seção indicam mudanças ambientais físicas drásticas sendo marcante na seção, um acentuado pico transgressivo. Estas variações controlam a distribuição da fauna na região perfilada. A evolução sedimentar deste pacote pode ser observada na figura 8 (A) e (B).

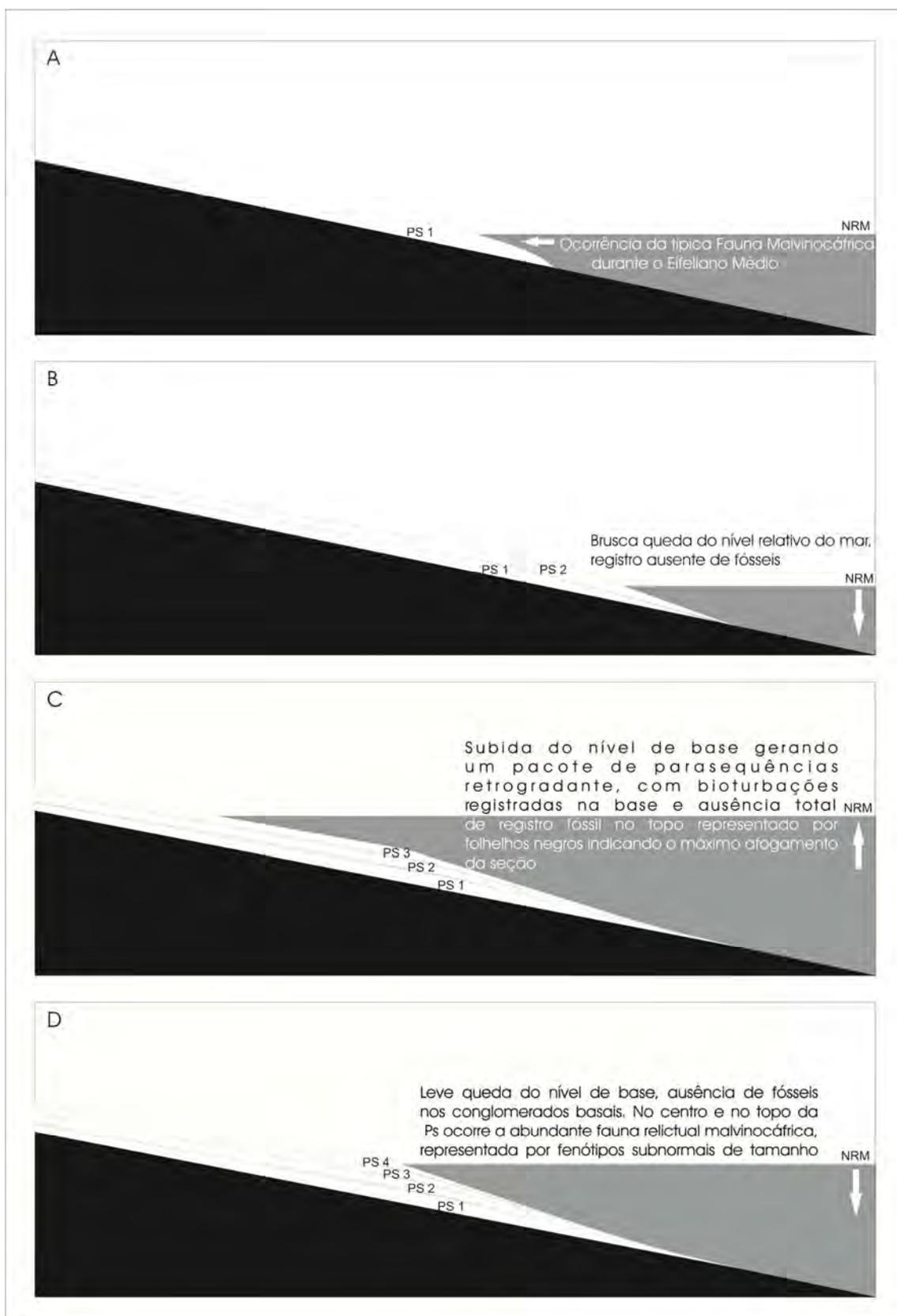


Fig. 8 – (A) Evolução sedimentar da seção colunar Barreiro. (PS = parasequências).

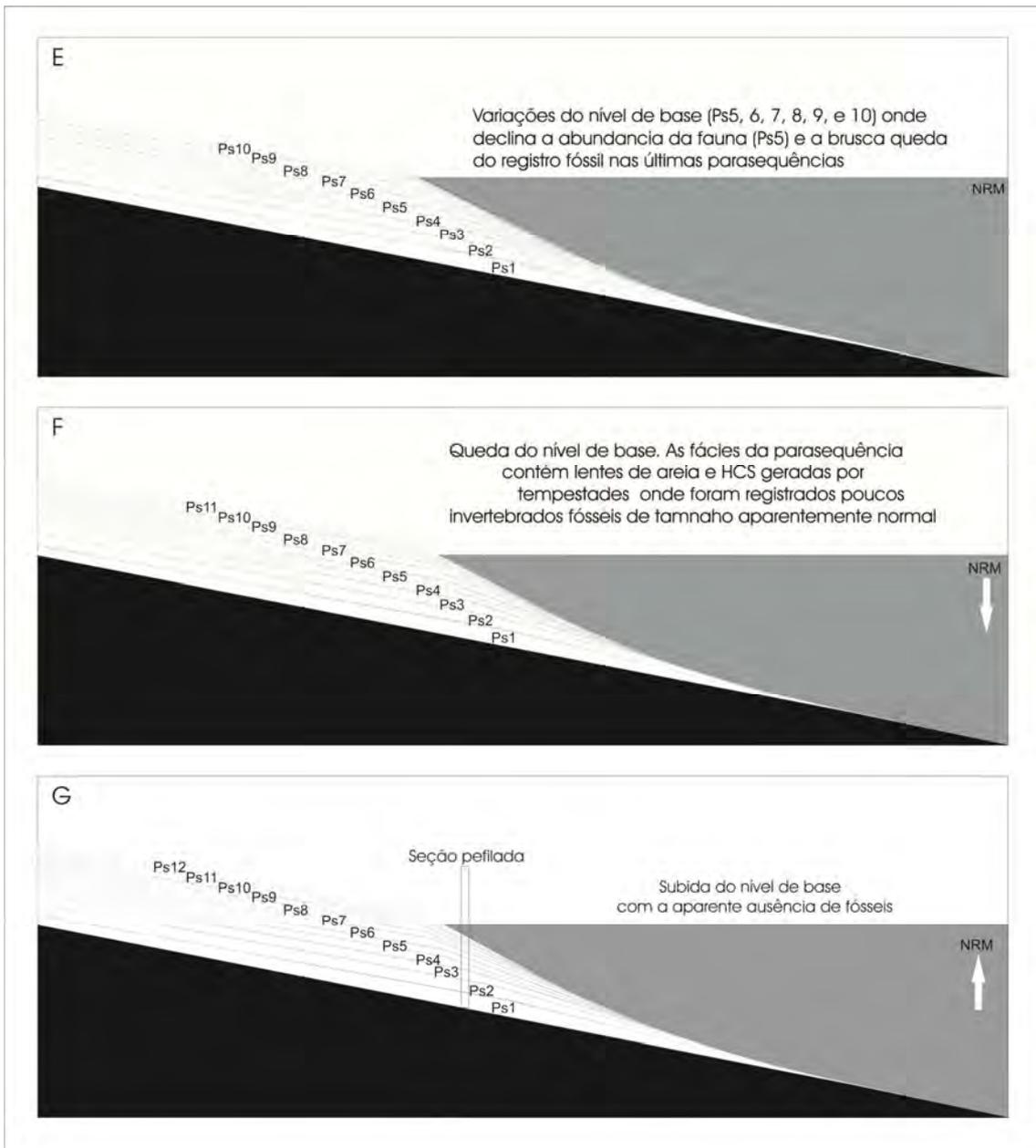


Fig. 8 (B) - Evolução sedimentar da seção colunar Barreiro. (PS = parasequências)

5 Análise tafonômica

Uma particularidade de todos os bioclastos encontrados nesses pacotes, bem como dos icnofósseis, são suas pequenas dimensões quando comparados às demais ocorrências dos mesmos *taxa* em outras fácies da Formação Ponta Grossa e mesmo de outras unidades. Apesar do tamanho diminuto, todos os *taxa* coletados apresentam-se em estágio ontogenético avançado, ou seja, são representantes de formas adultas e foram taxonomicamente (tabela 2) e paleoecologicamente (tabela 3) identificados:

CNIDARIA	CONULATAE		<i>Conularia</i> sp. SOWERBY, 1820
BRACHIOPODA	LINGULATA	DISCINIDAE	<i>Orbiculoidea baini</i> SHARPE, 1856 <i>Orbiculoidea excentrica</i> LANGE, 1943
		LINGULIDAE	Lingulídeos indet.
	RHYNCHONELLATA		<i>Derbyina whitiorum</i> CLARKE, 1913 <i>Australocoelia</i> sp. BOUCOT & GILL, 1956 <i>Schuchertella agassizi</i> HARTT, 1874
MOLLUSCA	BIVALVIA		<i>Nuculana? viator</i> REED, 1925
	CEPHALOPODA		? <i>Ctenoceras</i> sp. NOETLING, 1884
ARTHROPODA	TRILOBITA		<i>Pennaia pauliana</i> CLARKE, 1913
	CRUSTACEA		Ostracoda indet.
ICNOFÓSSEIS	ICNOFÁCIES ZOOPHYCOS		<i>Phycosiphon</i> isp.
DIVISÃO NEMATOPHYTOPH YTA	SPONGIOPHYTACEAE		<i>Spongiophyton</i> spp. KRÄUSEL, 1954
ALGAS indet.	?		?

Tabela 2 – Taxonomia dos invertebrados fósseis ocorrentes na seção colunar Barreiro, Tibagi – PR.

	Biometria (média)	Hábitos ecológicos
<i>Conularia</i> sp.	1,5 x 0,7cm	Suspensívoro de epifauna sésil
<i>Orbiculoidea baini</i>	0,5 x 0,4cm	Suspensívoro de epifauna livre
<i>Orbiculoidea excentrica</i>	0,5 x 0,4cm	Suspensívoro de epifauna livre
Lingulídeos indet.	0,4 x 0,3cm	Suspensívoros de infauna rasa a moderadamente profunda
<i>Derbyina whitiorum</i>	0,4 x 0,4cm	Suspensívoro de epifauna livre
<i>Australocoelia</i> sp.	0,3 x 0,4cm	Suspensívoro de epifauna livre
<i>Schuchertella agassizi</i>	0,4 x 0,3cm	Suspensívoro de epifauna livre
<i>Nuculana? viator</i>	2,0 x 1,0cm	Detritívoros de infauna rasa
? <i>Ctenoceras</i> sp.	1,5 x 0,2cm	Nectônico carnívoro
<i>Pennaia pauliana</i>	2,2 x 1,5cm	Detritívoros de epifauna móvel
Ostracoda indet.	0,6 x 0,3cm	Bentônico detritívoro ou planctônico suspensívoro

Tabela 3 – Paleoecologia dos invertebrados fósseis ocorrentes na seção colunar Barreiro, Tibagi – PR.

A análise tafonômica foi efetuada procurando-se identificar os seguintes atributos: *a)* graus de fragmentação de valvas; *b)* graus de desarticulação de valvas e peças; *c)* posição das valvas e peças em relação ao plano de acamamento; *d)* graus de bioerosão; *e)* graus de abrasão; *f)* grau de empacotamento; *g)* níveis de distribuição e abundância. Conforme Tabela 4, os conulários apresentam-se muito fragmentados; braquiópodes e moluscos apresentam-se inteiros, com exceção de um exemplar de *Schuchertella agassizi* HARTT (1874) parcialmente fragmentado. Os trilobites apresentam baixo grau de desarticulação representado por espécimes inteiros e articulação tórax/pigídio. Pigídios e céfalos isolados são subordinadamente registrados. Com exceção de *Spongiophyton*, os vegetais são de difícil classificação. O grau de

empacotamento dos bioclastos pode ser classificado como fracamente empacotado, suportados pela matriz. O número de abundância de bioclastos totais (inteiros ou fragmentados), abundância de bioclastos animais e abundância de indivíduos (foi considerado que para os conularios, 10 fragmentos registram um indivíduo e 2 valvas de conchas quando próximas, um indivíduo) são demonstrados graficamente através da figura 9.

TAXON	FRAGMENTAÇÃO	ARTICULAÇÃO	POSIÇÃO
<i>Conularia</i> sp.	MF	X	PA
<i>Orbiculoidea baini</i>	I	D	PA
<i>Orbiculoidea excentrica</i>	I	D	PA
Lingulídeos indet	I	D	PA
<i>Derbyina whitiorum</i>	I	D	PA
<i>Australocoelia</i> sp.	I	D	PA
<i>Schuchertella agassizi</i>	F	D	PA
<i>Nuculana? viator</i>	I	D	PA
? <i>Ctenoceras</i> sp.	PF	X	PA
<i>Pennaia pauliana</i>	X	D e A	PA
Ostracoda indet	I	A	PA
<i>Phycosiphon</i> sp.	X	X	PA
<i>Spongiophyton</i> spp.	F	X	PA
Algas indeterminadas	MF	X	PA

Tabela 4 – Dados tafonômicos: (F) fragmentado; (MF) muito fragmentado; (PF) pouco fragmentado; (I) inteiro; (D) desarticulado; (A) articulado; (PA) no plano de acamamento; (X) dado não considerado.

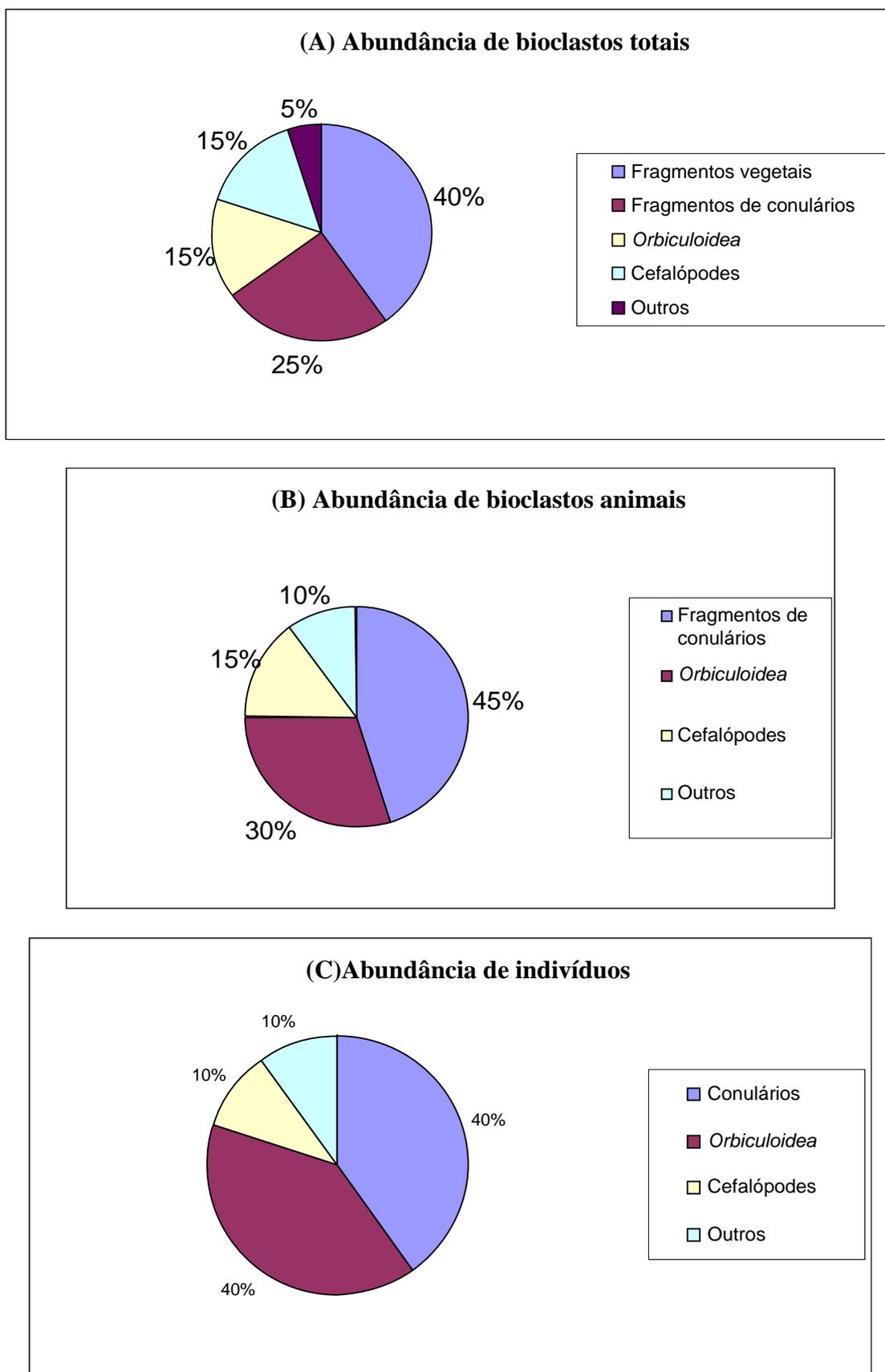
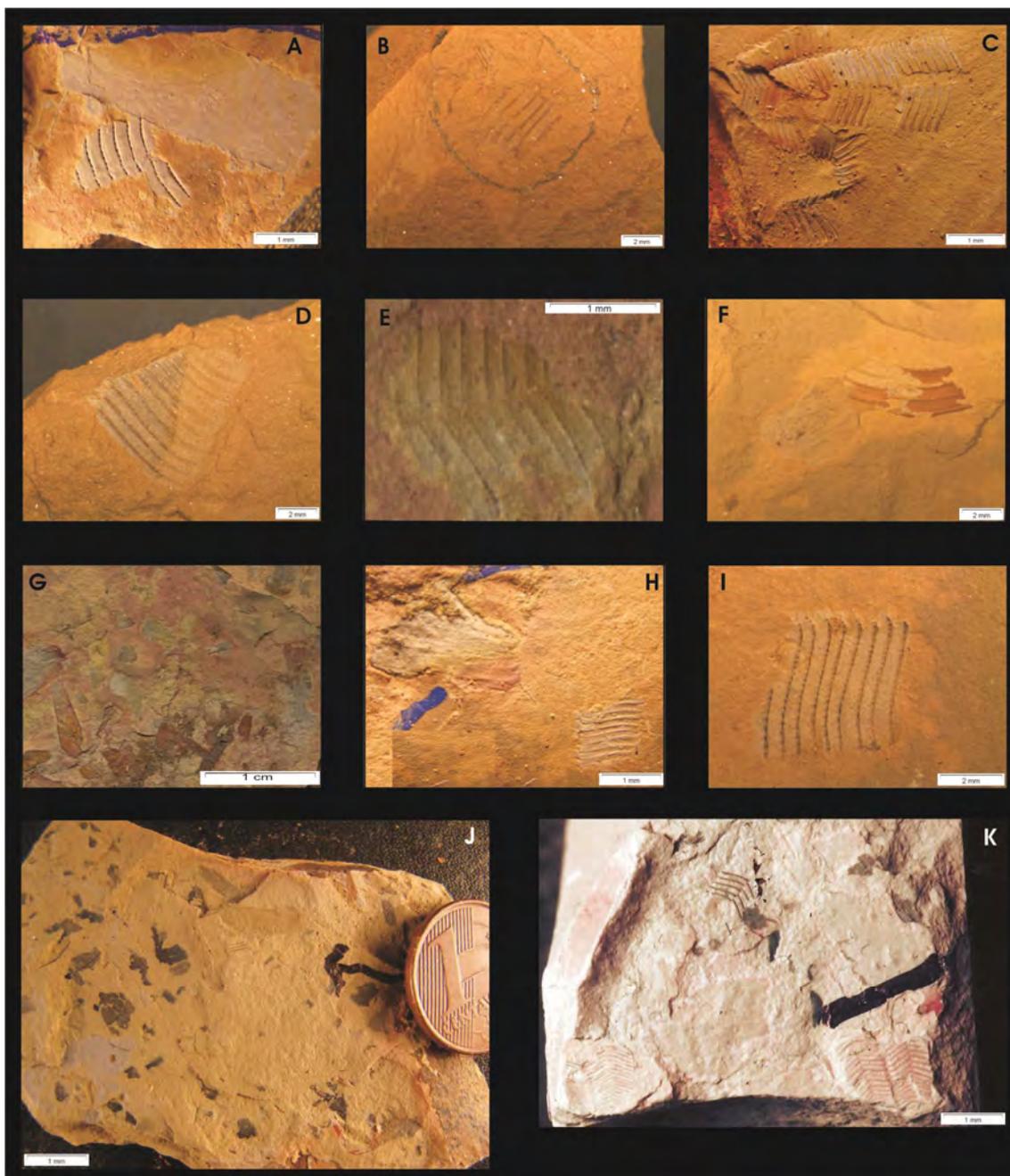


Fig. 9 - (A) Gráfico de abundância de bioclastos totais; (B) gráfico de abundância de bioclastos animais; (C) gráfico de abundância de indivíduos.

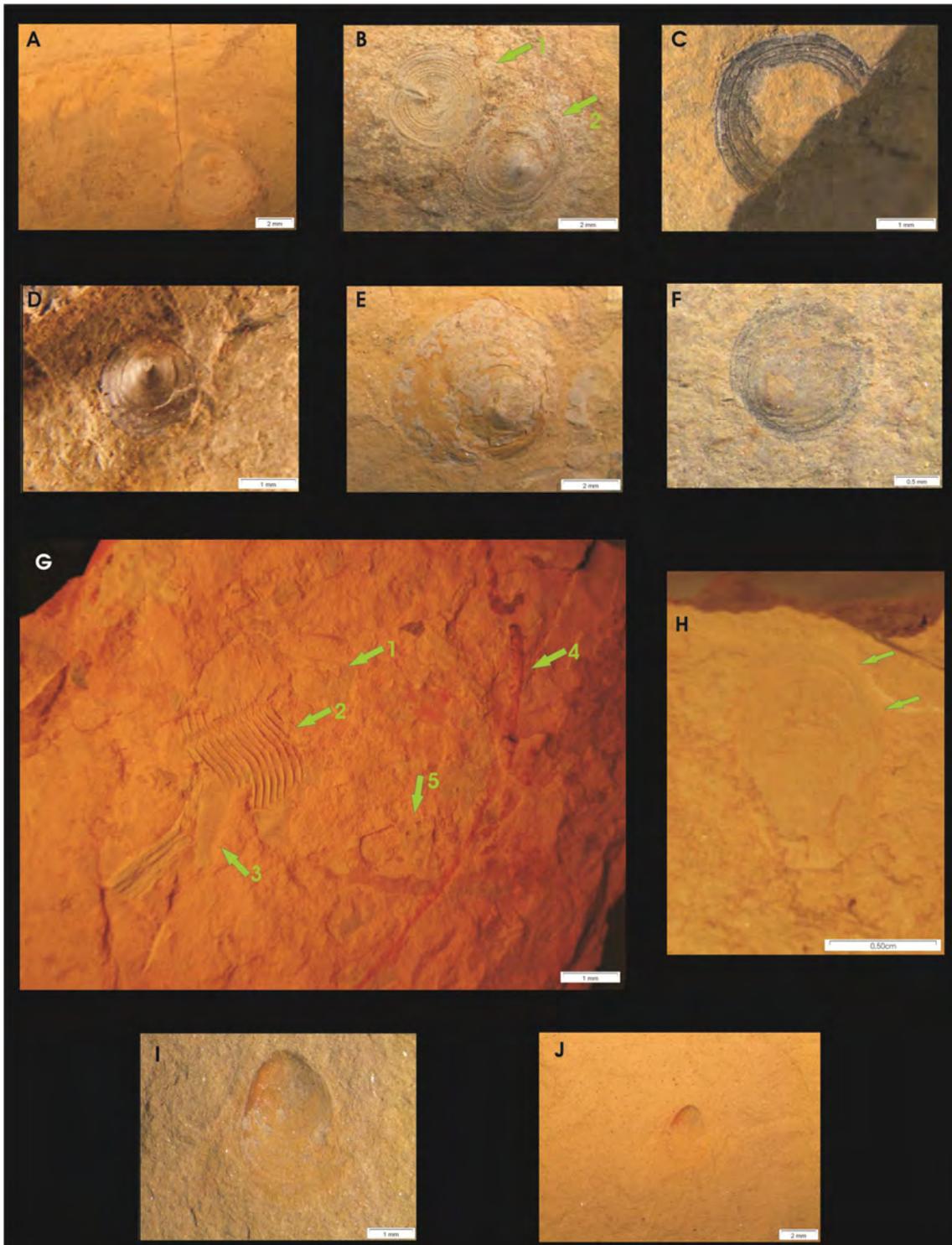
5.1 Conulários

Classes tafonômicas vinculadas à paleobatimetria e a graus de autoctonia/parautoctonia/aloctonia, foram propostas por Rodrigues *et al.* (2003) para os conulários. Para os conulários ocorrentes (estampa 3) foi identificada a classe tafonômica 3-IV de Rodrigues *et al.* (2003) que é representada por conulários isolados e horizontalmente orientados no plano de acamamento, incompletos e faltando a região da abertura, ocorrendo em siltitos bioturbados (índice de bioturbação 3 de Miller & Smail, 1997) no nível de base de ondas de tempo bom (NBOTB).

Em vários casos, ocorrem na mesma amostra, fragmentos de conulários de diferentes tamanhos ou associados a orbiculóides, *Spongiophyton*, restos vegetais fragmentados de vários tamanhos ou de densidade (estampa 4-G), demonstrando o fato dos bioclastos terem pesos desiguais num mesmo nível, pouco transporte. Se considerada a tafonomia dos conulários, a tafocenose apresenta-se como parautóctone a alóctone.



Estampa 3 – Fragmentos de conulários. (A, F, G, H e J) Conulários associados a fragmentos vegetais; (C, D e H) conulários isolados; (D, E e I); fragmentos de conulários de diversos tamanhos (B, C e K).



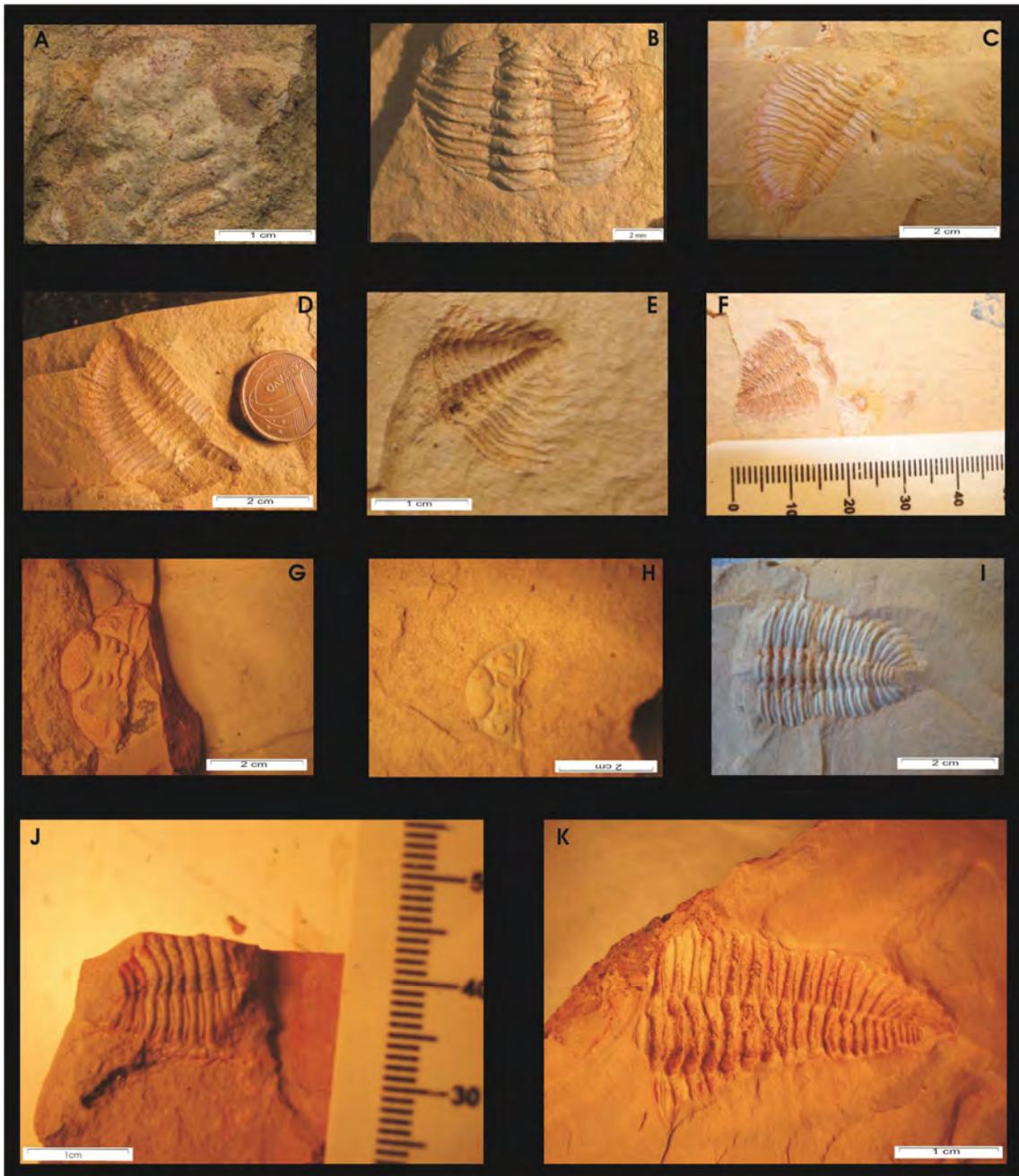
Estampa 4 – (A), (B), (C), (D), (E), (F) fotos de orbiculóides; (G) foto de orbiculóide (1) associado a fragmentos de conulários (2 e 3), icnofósseis (4) e *Spongiophyton* (5). Lingulídeo em forma de tesoura (H) e valvas de lingulídeos (I e J)

5.2 Trilobites

Não foram encontrados trilobites homalonotideos nas fácies prospectadas, e por este motivo as classes tafonômicas propostas por Simões *et al.* (2009) não puderam ser utilizadas ou comparadas. No entanto, Ghilardi (2004) em trabalho com o grupo dos trilobites abrangendo também os calmoniideos da seqüência B (Bergamaschi 1999) reconheceu duas classes tafonômicas de preservação: 1-articulados (1a - restos de carcaças estendidas; 1b - restos de carcaças enroladas; 1c - restos de carcaças torcidas); 2 - desarticulados (2a - restos de carcaças parcialmente desarticuladas, onde ao menos dois escleritos permanecem articulados; 2b - restos de carcaças parcialmente desarticuladas, onde há a preservação de apenas um dos escleritos). Quanto aos trilobites encontrados (estampa 5) cinco situações foram diagnosticadas (em ordem de predominância):

1. preservação completa das exúvias (carcaça estendida);
2. preservação de articulação tórax/pigídio;
3. pigídios isolados;
4. céfalos isolados;
5. tórax isolados.

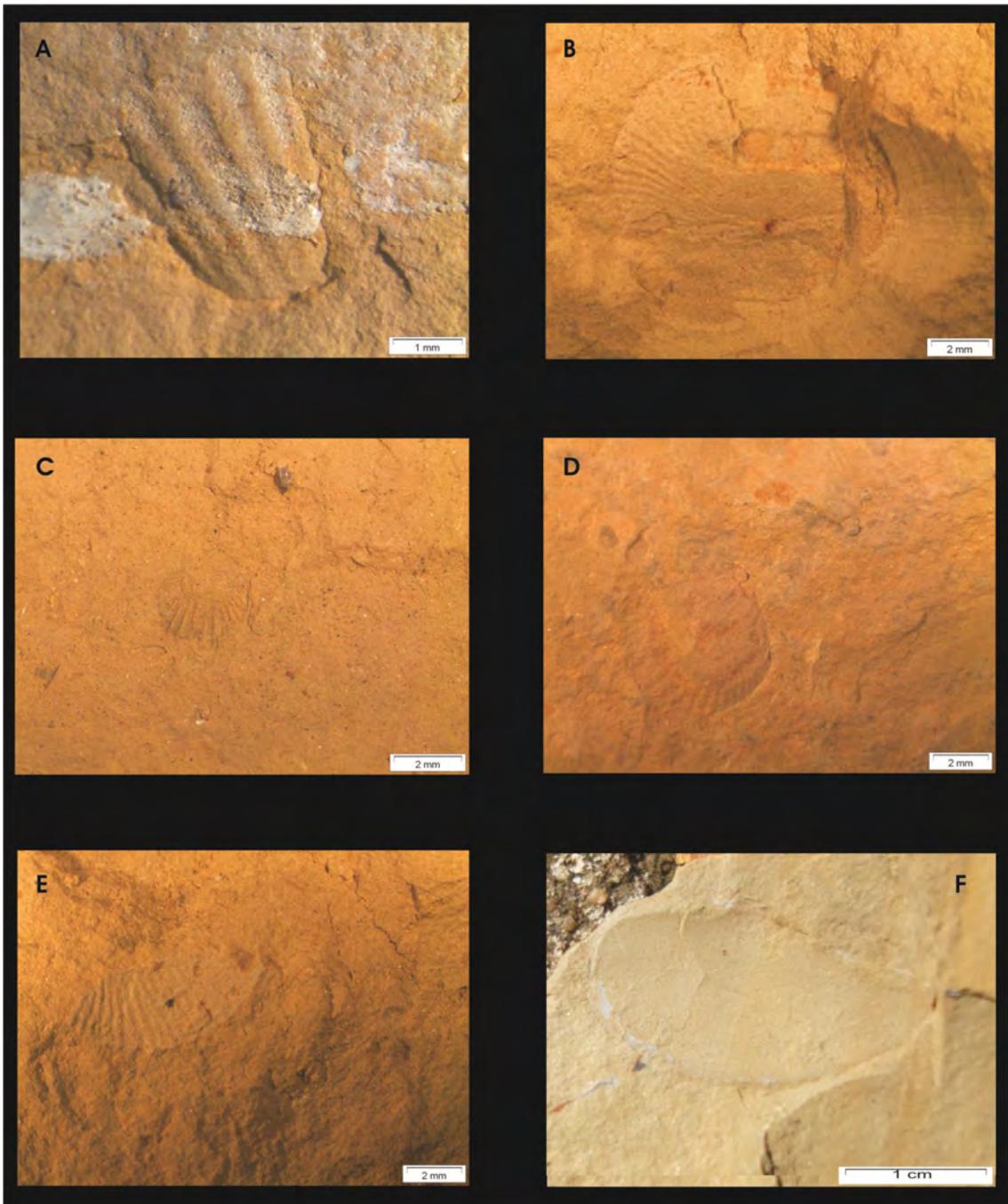
Os dados obtidos conferem situação de autoctonia a parautoctonia para a concentração. Os exemplares estão associados às classes tafonômicas 1 (1a) e 2 (2a e 2b) de Ghilardi (2004).



Estampa 5 - Ocorrência de céfalos (A, G e H), tórax (B e J), pigídeo (E) carcaças estendidas (C, D e F) e tórax/pigídeo (I e K) de trilobites.

5.3 Rhynchonelliformes

Todas as valvas de braquiópodes rhynchonelliformes (estampa 6) representadas por *Schuchertella agassizi*, *Australocoelia* sp. e *Derbyina whitiorum* estão desarticuladas e dispostas em acordo ao plano de acamamento. Apenas em *Schuchertella agassizi* foi reconhecida fragmentação parcial (estampa 6-B), o que nos demais fósseis não foi evidenciada tal feição tafonômica. Nenhum grau de bioerosão, abrasão ou arredondamento foi diagnosticado em nenhuma das valvas. Todos estes padrões observados em conjunto, sugerem que algum tempo ocorreu entre a morte destes organismos e seu soterramento final, porém sem seleção hidrodinâmica.



Estampa 6 – (A, C, D e E) Valvas de Braquiópode *Australocoelia* sp. (B) Valva de Braquiópode *Schuchertella agassizi* parcialmente fragmentado. (F) Valva de Bivalvia *Nuculana viator*.

5.4 Moluscos bivalves

Valvas de moluscos bivalves (estampa 6-F) representados pelo único taxon *Nuculana viator* estão desarticuladas e dispostas em acordo ao plano de acamamento. Não foi diagnosticado fragmentação, bioerosão, abrasão ou arredondamento nas valvas. Todos estes padrões observados em conjunto, sugerem que algum tempo ocorreu entre a morte destes organismos e seu soterramento final, porém sem seleção hidrodinâmica.

5.5 Ostracodes

A tafonomia dos ostracodes da Formação Ponta Grossa foi citada pela primeira vez por Azevedo (1996) para as seções inferiores do Devoniano paranaense (Membro Jaguariaíva). As assinaturas tafonômicas aqui reconhecidas diferem-se em poucos atributos do trabalho supracitado. Os ostracodes coletados apresentam-se distribuídos paralelamente ao plano de acamamento, não havendo fragmentação, exibindo sua forma e sem ornamentação original, o que não permitiu a identificação quanto ao grau ontogenético. Ocorrem como moldes, porém não foram observadas impressões musculares ou espinhos.

Não foi diagnosticado fragmentação, bioerosão, abrasão ou arredondamento nas valvas. Estes padrões observados em conjunto, sugerem que algum tempo ocorreu entre a morte destes organismos e seu soterramento final, porém sem seleção hidrodinâmica.

5.6 Orbiculoídes

Braquiópodes discinídios organo fosfáticos (estampa 4 – A, B, C, D, E, F, G) são muito abundantes e representados exclusivamente pelo gênero *Orbiculoidea* e não foi diagnosticado o típico achatamento dorso ventral nas valvas braquiaais comumente registrado na Formação Ponta Grossa, pois estas apresentam sua forma cônica original. São comuns a ocorrência de valvas braquiaais e pediculares desarticuladas, porém próximas, em alguns casos trata-se de mesmo indivíduo. Todas as amostras estão dispostas em acordo ao plano de acamamento. Níveis de fragmentação não foram diagnosticados em nenhuma das valvas, bem como bioerosão ou abrasão. O gênero *Orbiculoidea* tem o hábito de vida apenas inferido, e a literatura especializada apresenta interpretações diversas como hábito epibionte, detritívoro ou mesmo epiplanctônico

(aderente a algas ou a cnidários pelágicos). Todos esses dados demonstram que não houve significativo transporte destes espécimens, podendo considerá-los como autóctones a parautóctones.

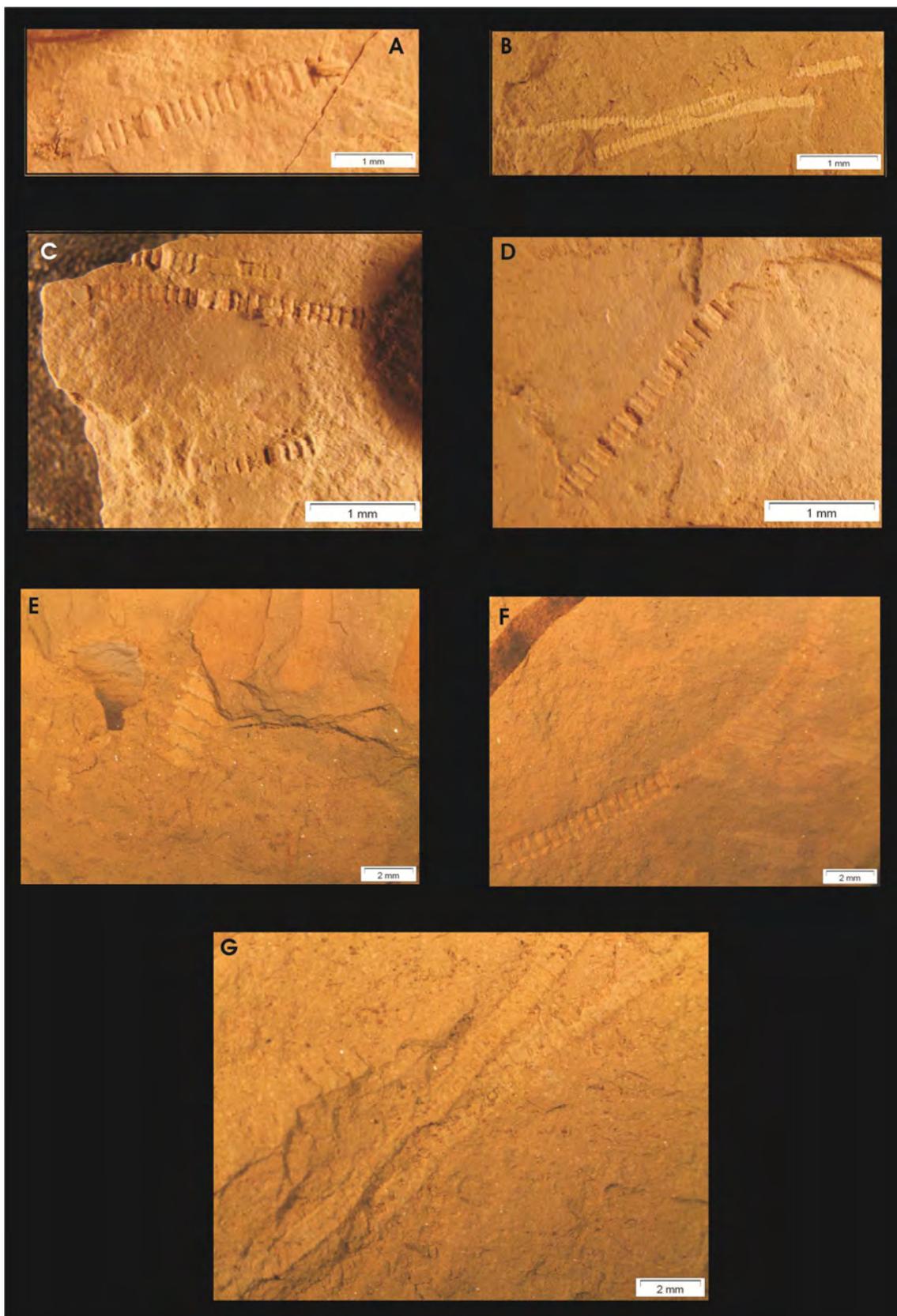
5.7 Lingulídeos

Lingulídeos indet. (estampa 4- H, I e J) apresentam-se paralelos ao plano de acamamento e em valvas em tesoura. Não foram diagnosticados fragmentação em nenhum bioclasto, dessa forma todos se apresentam inteiros. As conchas de lingulídeos, segundo Kowalewski (1996) e Emig (1982) não ultrapassam o período de semanas na interface sedimento-água. Zabini (2007) ainda relata a importância do registro de icnofósseis de lingulídeos para que possa argumentar a autoctonia de tais bioclastos, o que não é o caso da presente situação. Todos esses dados demonstram que não houve significativo transporte destes espécimens, podendo considerá-los como autóctones a parautóctones.

5.8 Cefalópodes

Cefalópodes (estampa 7) são relativamente raros na Formação Ponta Grossa, dois gêneros de orthoceratídeos são registrados (*Orthoceras* e *Spyroceras*). Na área em estudo, os cefalópodes orthoceratídeos aqui referidos com dúvida ao gênero *Ctenoceras* NOETLING (1884) são muito abundantes e pela primeira vez registrados para a Formação Ponta Grossa. Os bioclastos encontram-se completos ou sem a extremidade apical, no plano de acamamento, sem direcionamento preferencial, não evidenciando a presença de paleocorrentes. A maioria dos Orthocerídeos são nadadores ativos enquanto vivos e podem alcançar várias distâncias, ou mesmo serem transportados por correntes durante a flutuação pós-morte até a submersão final. Portanto, o grau de aloctonia ou autoctonia desses fósseis é difícil de diagnosticar. Essas formas de orthoceratídeos de concha cyrtocônica fortemente encurvada, quando fragmentadas, podem ser confundidas com tentaculídeos do gênero *Homoctenus* LJASCHENKO (1955), cujo registro foi efetuado por Ciguel (1989) em posicionamento estratigráfico referente ao Givetiano do Estado do Paraná. Apesar das semelhanças, os exemplares aqui estudados possuem câmaras evidentes, mais alongadas do que as dos tentaculiformes e a curvatura localiza-se próxima a região mediana da concha e não na região apical, como naqueles.

Pela similaridade da forma da concha optou-se provisoriamente pelo gênero *Ctenoceras* para definir esse grupo, no entanto, estudos taxonômicos mais criteriosos devem ser ainda efetuados com o material.



Estampa 7 – (A a G) Orthocerídeos do gênero *Ctenoceras*. (E) Concha de *Ctenoceras* associado a fragmento de *Spongiophyton*.

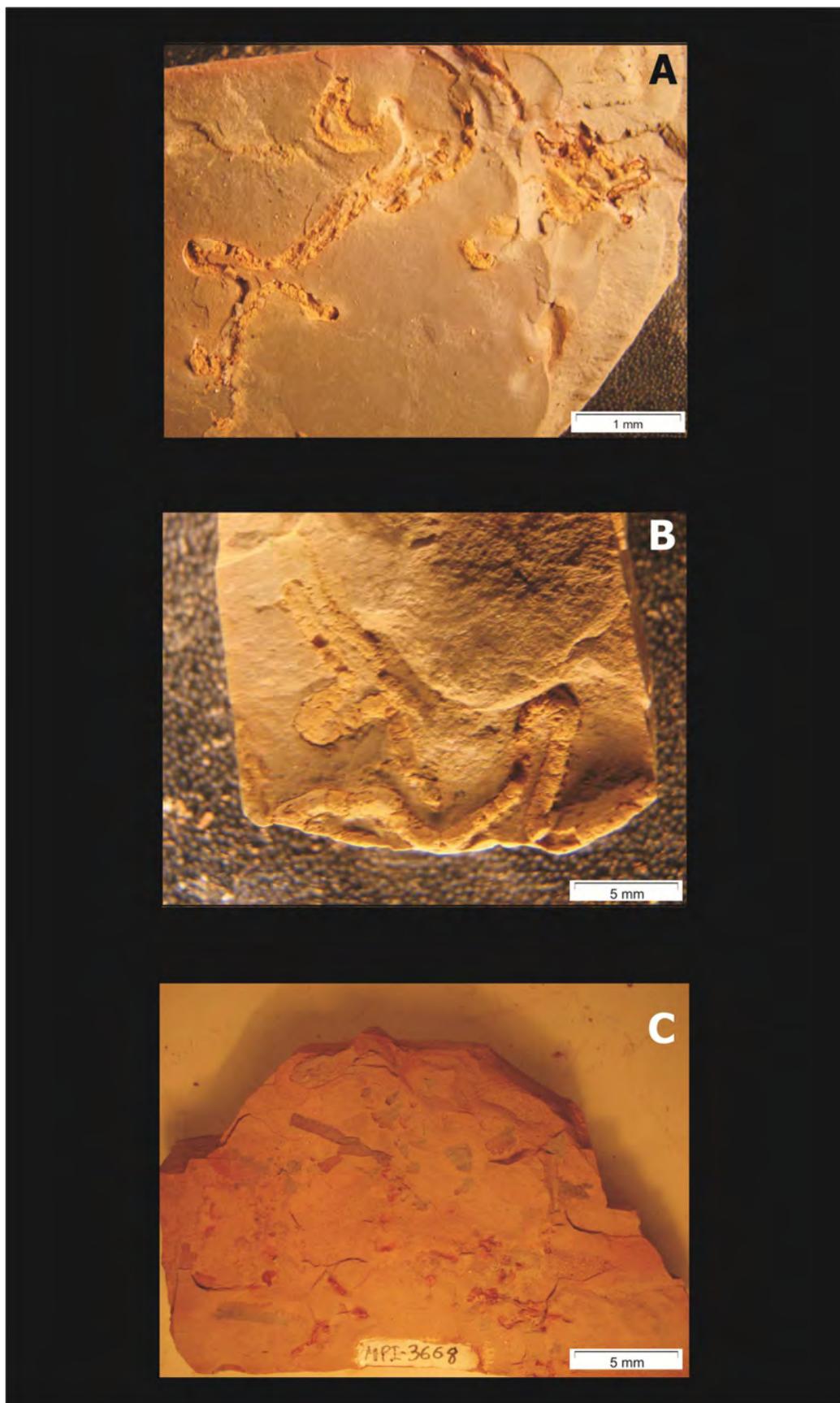
5.9 Icnofósseis

Icnofósseis (estampa 8) referidos ao icnogênero *Phycosiphon* (icnofácies *Zoophycos*) são muito abundantes (icnitos de pastagem). Estes foram registrados pela primeira vez por Bosetti e Silva (2010) para a Formação Ponta Grossa. São pequenas escavações dispostas como laços em forma de U, frequentemente ramificados, e que em grande número, originam sistemas maiores, dispendo-se de modo paralelo ou levemente oblíquo em relação ao plano de acamamento. Encontram-se geralmente separados, mas podendo ocorrer em alguns casos superposições entre eles.

5.10 Interpretação

Na seção colunar Barreiro, sedimentitos relacionados a eventos de alta energia ocorrem apenas nos 0 a 5m e 12 m que são representados por conglomerados (ausente de fósseis) e a 52 a 56m por siltitos e arenitos (muito pobres em fósseis) contendo estruturas do tipo *hummocky* (HCS). Dessa forma a gênese da tafocenose em estudo está associada a eventos de pouca energia, visto a ausência de estruturas HCS o que poderia evidenciar fluxos oscilatórios, gerando certo grau de seleção dos bioclastos, o que não é o caso da presente situação (estampa 4-G). Em apenas um nível estratigráfico foi reconhecido estruturas do tipo *wavy*, esta porém, levemente ondulada, sendo quase imperceptível, demonstrou aparente ausência de bioclastos. Todas as ocorrências fossilíferas estão associadas a estruturas plano paralela, distribuídas concordantemente em relação ao plano de acamamento, dessa forma, indicam a ocorrência de eventos de pouca redeposição, onde os fragmentos bioclásticos referentes aos conulários ou as conchas não foram colocados em suspensão. A atividade biogênica intra-estratal de invertebrados dentro do substrato é moderada, podendo ser este, um agente reorientador dos bioclastos.

A ausência de abrasão, bioerosão e arredondamento dos bioclastos, indicam que estes não ficaram expostos na interface água/sedimento durante muito tempo. O registro sedimentar indica condições de águas mais rasas o que normalmente possibilitaria abrasão mecânica, demonstrando desgaste nos bioclastos. No caso das valvas registradas a ausência de arredondamento e desgaste das superfícies das carapaças forneceria importante evidência sobre o grau de retrabalhamento do elemento esquelético, quando houvesse fratura. O braquiópode *Schuchertella agasizzi* encontra-se



Estampa 8 – (A, B e C) Ocorrência do icnogênero *Phycosiphon*. (C) Restos vegetais fragmentados associados a icnofósseis.

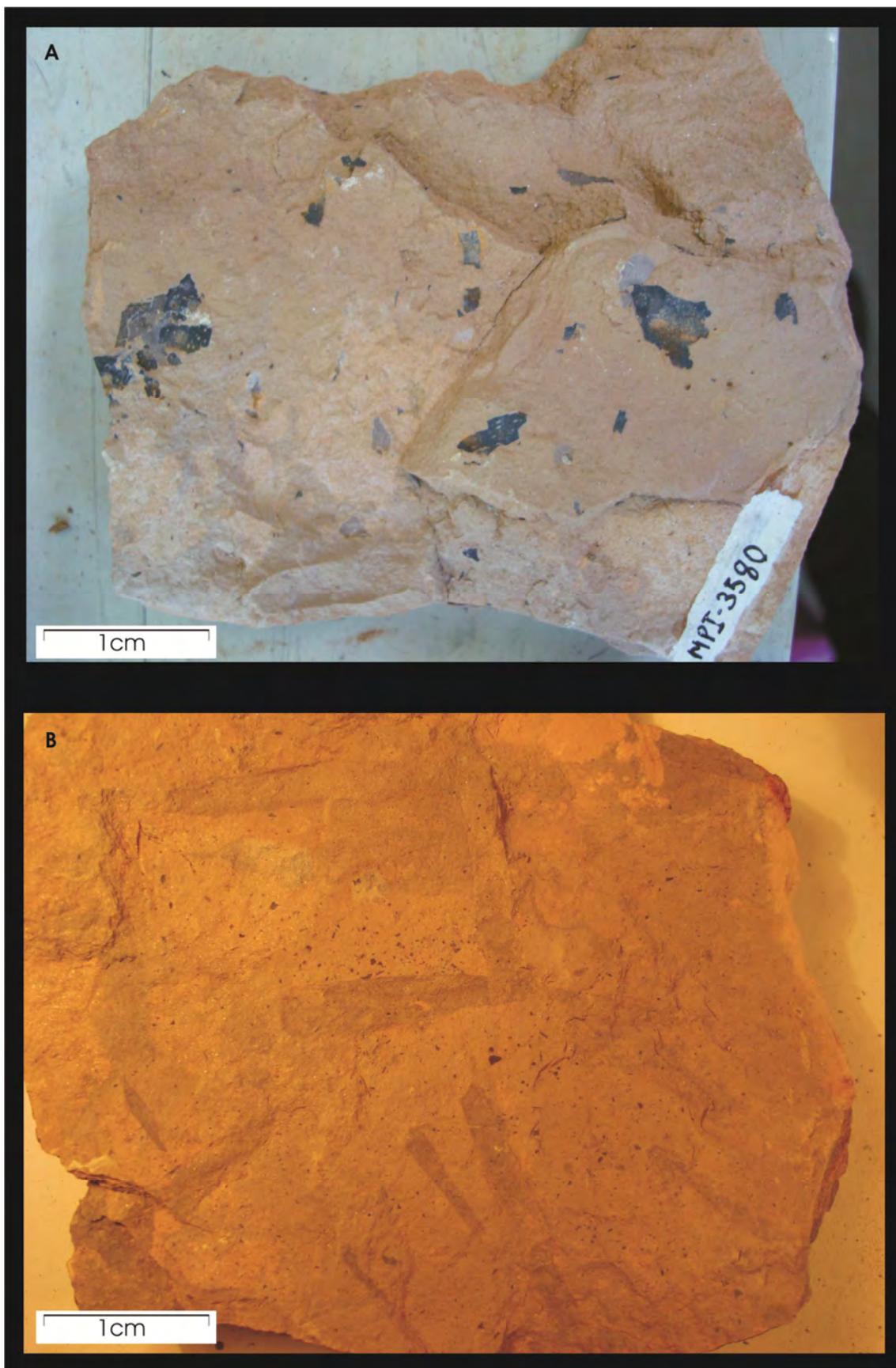
parcialmente fragmentado e seus restos esqueléticos estão muito próximos ou unidos no mesmo local.

Para o caso dos conulários da Formação Ponta Grossa, são pela primeira vez registrada níveis de fragmentação extremamente alta. Nenhum conulário inteiro foi encontrado, portanto, são identificados dois tipos de preservação, onde o segundo caso é o de maior abundância e inédito: 1- faces horizontalmente preservadas, achatadas lateralmente, rasgadas e/ou parcialmente fragmentada; 2A- fragmento achatado de um (1) cordão estando articulado pela linha mediana; 2B- fragmento achatado de dois (2) ou mais cordões ligados pela linha mediana; 3C- fragmento achatado de um (1) ou mais cordões com ausência de articulação da linha mediana, ou seja, apenas um lado de uma face. Em vários casos estão associados a qualquer tipo das situações citadas acima, restos de fragmentos vegetais e/ou *Spongiophyton* e/ou valvas de conchas.

Os restos vegetais vão de fragmentos milimétricos a centimétricos (estampa 9). Quando o grau de fragmentação é menor sugere maior transporte, enquanto que os fragmentos maiores sugerem o inverso. Estes ocorrem em siltitos, o que evidenciaria menos competência de transporte dos restos vegetais fragmentados. No entanto, na maioria dos casos aqui registrados, ocorrem na mesma amostra microfragmentos associados a fragmentos maiores ou ainda a valvas de conchas desarticuladas. Isto pode indicar certo retrabalhamento e pouco ou nulo transporte devido à discrepância no tamanho dos bioclastos.

Para o caso dos trilobites e conulários ocorrentes foram utilizados os trabalhos de Ghilardi (2004) e de Rodrigues *et al.* (2003), respectivamente, a fim de testar se as classes tafonômicas otidas pelos autores citados acima se assemelham com os modos de ocorrência dos trilobites, conulários e demais fósseis associados do presente estudo. Num contexto geral, estes modelos foram bastante funcionais para grande parte da fauna encontrada, ou seja, todos os bioclastos aparentemente sofreram a mesma história deposicional.

Pelo conjunto de dados resultantes da análise tafonômica, pode-se concluir que a tafocenose é parautóctone, sugerindo que a assembléia não se encontra muito distante da área de origem e que ocorre mistura temporal dos bioclastos, sendo o transporte nulo ou pouco significativo.



Estampa 9 – (A) Restos de vegetais fragmentados. (B) Associação de microfragmentos com fragmentos maiores de vegetais.

6 Os fenótipos subnormais de tamanho

As variações morfológicas e fenótipos aparentemente subnormais devem ser analisados com muito critério, uma vez que os processos de fossilização, sobretudo a fossildiagênese, podem afetar a morfologia original dos bioclastos. Lucas (2001) introduziu na literatura o termo “*taphotaxa*” em alusão aos *taxa* erigidos com base em caracteres morfológicos que são fruto de alterações produzidas pelo processo de fossilização. Simões *et al.* (2003) e Soares *et al.* (2008), identificaram *taxa* inválidos descritos para a fauna da Formação Ponta Grossa (conulários e trilobites respectivamente) demonstrando como as alterações diagenéticas e intempéricas podem modificar as estruturas originais dos fósseis, levando a erros nas classificações taxonômicas destes grupos.

Os fenótipos de tamanho subnormal foram descritos e comparados aos de dimensões normais encontrados em outras fácies (figura 10 e 11). Alterações morfológicas ligadas aos aspectos tafonômicos não foram observadas, e todos os fósseis apresentam linhas de crescimento, estrias, peças e morfologia das carapaças e exúvias indicando avançado crescimento ontogenético.

Segundo Twichett (2007), em relação ao tamanho dos espécimens, alguns aspectos preservacionais podem afetar a totalidade de fósseis de uma assembléia. Seilacher (1973), ainda afirma que na análise tafonômica, o fóssil é visto como partícula sedimentar, ou seja, capaz de sofrer os mesmos processos sedimentares devido à equivalência hidráulica. Estes são fatores a serem relevados na checagem de tendenciamentos tafonômicos. No presente caso, há ocorrência de fósseis inteiros e fragmentos de tamanhos variados numa mesma amostra de mão e nos mesmos pavimentos. Fragmentos vegetais muito tênues estão associados a carcaças de trilobites inteiros e a orbiculóides de dimensões quase imperceptíveis a olho nú, todos com dimensões e densidades diferentes, mas que ocorrem lado-a-lado, o que sugere que se houve transporte dos bioclastos, este não foi suficiente para promover a seleção por tamanho ou densidade.

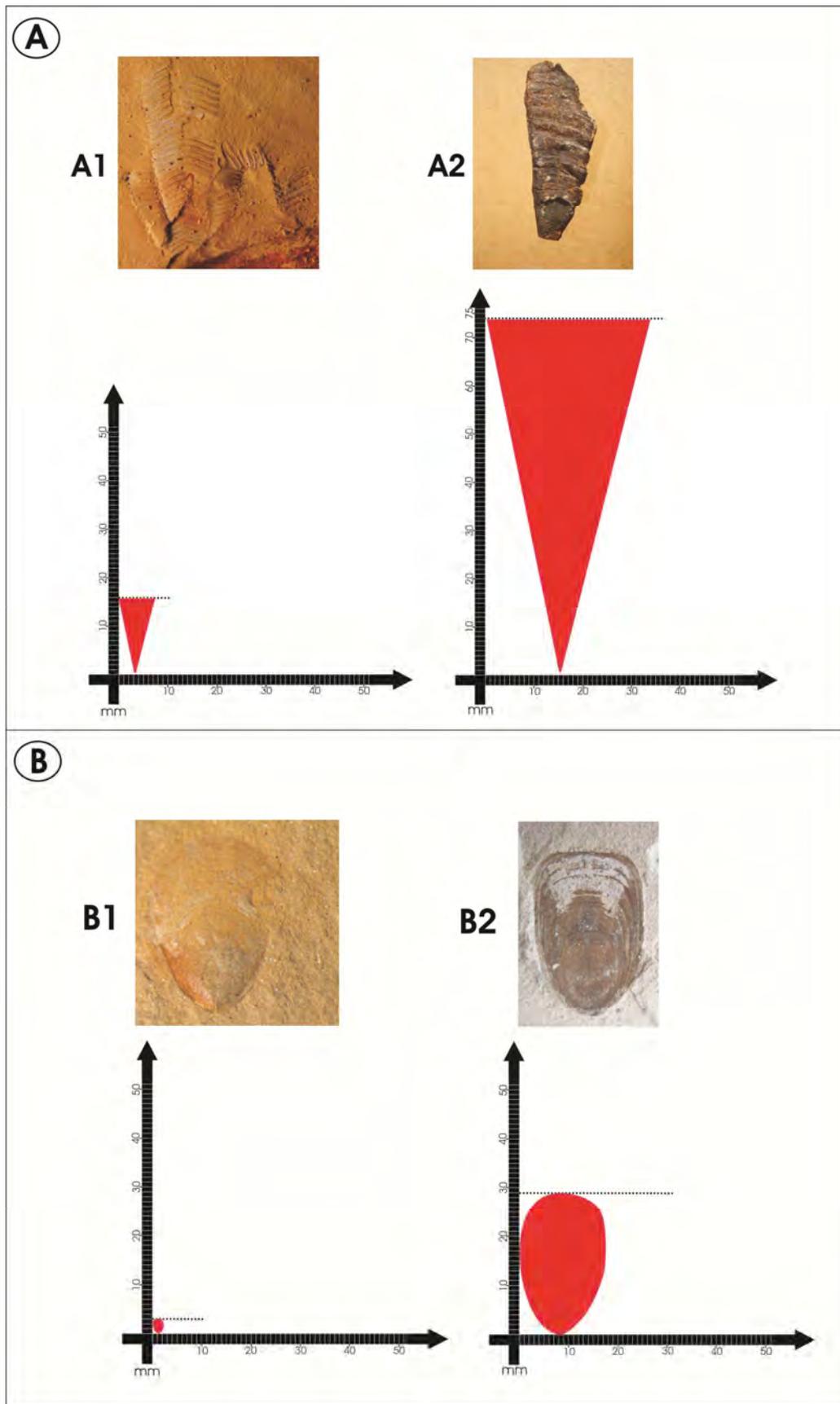


Fig. 10 - Gráficos que demonstram os fenótipos subnormais dos fósseis do afloramento Sítio Wolf, em comparação aos fenótipos normais de outras sequências da Formação

Ponta Grossa. (A) *Conularia* sp.; (B) Lingulídeos indet.; A1 e B1 representam espécies de fenótipos subnormais; A2 e B2, representam tamanhos normais de outras fácies.

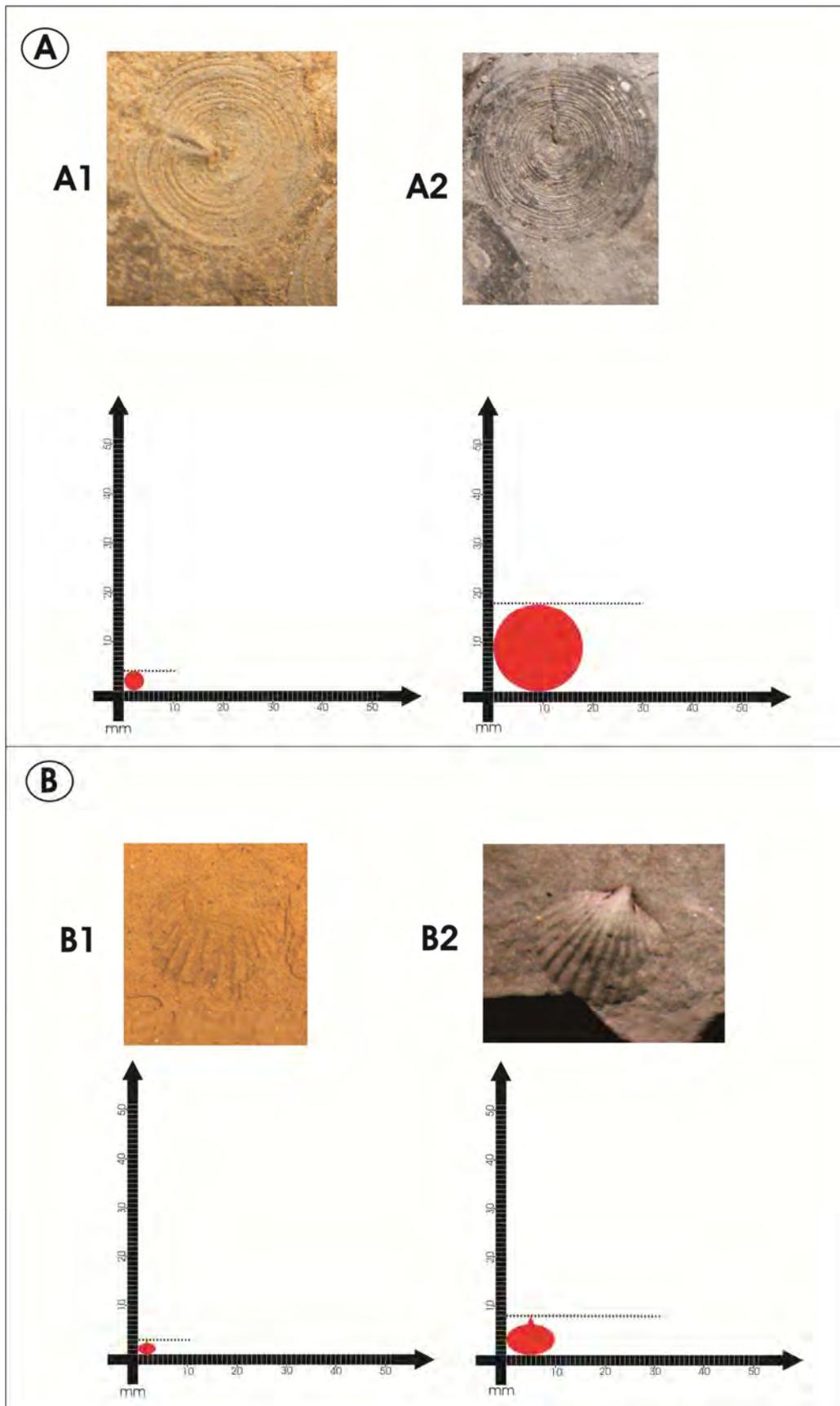


Fig. 11 - Gráficos que demonstram os fenótipos subnormais dos fósseis do afloramento Sítio Wolf, em comparação aos fenótipos normais de outras sequências da Formação

Ponta Grossa. (A) *Orbiculoidea baini*; (B) *Australocoelia* sp.. A1 e B1 representam espécies de fenótipos subnormais; A2 e B2 representam tamanhos normais de outras fâcies.

7 Considerações sobre a fauna relictual malvinocáfrica

O aparecimento de assembléias fósseis relictuais é comum no registro paleontológico mundial, principalmente naqueles que representam momentos imediatos pós-extinção (e.g. *Ireviken Event*, Siluriano da Suécia – Erfeldt, 2006; *Trangrediens Event*, limite Siluro-Devoniano no leste-europeu – Urbanek, 1993); *End-Permian Event* – Twitchett, 2007 dentre outros). Urbanek (1970) define as assembléias relictuais como complexos de espécies de baixa diversidade ou ocorrências monoespecíficas sobreviventes a distúrbios ambientais de uma determinada área. É o efeito imediato pós-extinção, associado a cada crise biótica, que conduz à drástica redução no número de espécies como resultado de ação ecológica. Esta, por sua vez abre possibilidades de novas espécies ocuparem o local afetado via especiação ou imigração. Urbanek (1993) salienta que em alguns casos as assembléias relictuais exibem atributos de síndrome pós-evento e apresentam algumas características como: extrema baixa diversidade, abundância de indivíduos muito alta e fenótipos subnormais devido à aparente redução do tamanho.

As concentrações fossilíferas que são objeto deste trabalho podem ser consideradas como representantes de assembléias relictuais, pois tal qual a fauna malvinocáfrica típica, a fauna encontrada apresenta-se com baixa diversidade taxonômica e grande abundância numérica. O fator distintivo destas novas concentrações é que a diversidade é ainda menor do que aquela que caracteriza o endemismo malvinocáfrico, e os níveis de abundância de cada *taxon* são também muito altos. Se comparar a diversidade dos taxa comuns a nível genérico representantes da fauna Malvinocáfrica durante o Praguiano ao Eoifeliano de forma generalizada, com os taxa representantes da fauna relictual Malvinocáfrica durante o Eifeliano ao Eogivetiano registrados no presente trabalho, os dados podem chegar a aproximadamente 90% menor no número de representantes totais se comparado com as seções inferiores do Devoniano na sub-bacia de Apucarana. O fato das formas adultas dos fósseis encontrados nesta localidade apresentarem dimensões de carapaças e peças muito menores do que o normal e que um grupo taxonômico adventício (cefalópodes orthoceratídeos) (Estampa 7) foi registrado nessas camadas (imigração?) sugere que as condições estabelecidas por Urbanek (1970, 1993) estão presentes nestas fácies do topo da Formação Ponta Grossa.

Adicionalmente, os níveis estratigráficos prospectados são supostamente aqueles depositados após a extinção da fauna malvinocáfrica. Todos estes atributos somados conferem a esta concentração um *status* de fauna relictual da Província Malvinocáfrica e demais invertebrados associados, incluindo os fenótipos de tamanhos subnormais, e a presença de *taxon* adventício, que em conjunto são resultado da síndrome pós-evento de extinção. Bosetti *et al.* (2009), referem-se com prudência ao fenômeno conhecido como “Efeito Lilliput” (*Lilliput Effect*), proposto por Urbanek (1993). O termo define o aparecimento temporário de redução do tamanho do corpo em animais, como resultado de eventos de extinção. Bosetti *et al.* (2009) ressaltam ainda que estudos de ordem tafonômica devam ser efetuados no sentido de se evitar uma interpretação equivocada baseada em tendenciamentos de preservação, o que foi realizado na presente pesquisa. O Efeito Lilliput, foi diagnosticado em muitas assembléias fósseis sobreviventes da maioria das crises bióticas do registro paleontológico, inclusive nas cinco grandes extinções globais. No presente caso, ao que tudo indica o aparecimento de fenótipos subnormais de tamanho nas camadas de topo da Formação Ponta Grossa não é o resultado de tendenciamentos do registro fóssil, portanto, evidencia-se aqui uma real resposta adaptativa na fauna relictual em condições de estresse pós-síndrome. No entanto é necessária uma revisão sistemática de todos os grupos ocorrentes no sentido de corroborar a ocorrência do Efeito Lilliput *strictu sensu*.

No atual estágio do conhecimento sobre o Devoniano da Bacia do Paraná seria imprudente afirmar categoricamente que o aparecimento da fauna relictual aqui proposta, espelhe a resposta fenotípica *strictu sensu* de Urbanek, (1970; 1993) às condições desfavoráveis que condicionaram o desaparecimento da fauna malvinocáfrica do registro paleontológico no Estado do Paraná ao final do Givetiano. Uma vez que as camadas em questão não foram absolutamente datadas, a fauna relictual aqui descrita pode representar a síndrome ocorrida após uma das várias extinções de menor escala que ocorreram durante o Devoniano (braquiópodes do gênero *Australospirifer* e trilobites homalonotídeos, podem ser inferidos nessa discussão, por exemplo). Por outro lado, os novos achados, associados à interpretação paleoambiental dos depósitos perfilados não deixam dúvidas quanto a um registro de mudança radical da composição, distribuição e abundância das tafocenoses na área tipo do Membro São Domingos, independentemente da precisão temporal e de qual dos eventos locais de extinção elas são o produto.

A fauna malvinocáfrica e os demais invertebrados que povoaram os mares epicontinentais durante o Devoniano na Bacia do Paraná, foram sujeitos a barreiras ecológicas efetivas, e por este motivo, a fauna apresenta alto grau de endemismo evidente em quase todos os grupos taxonômicos. Essa situação, por si só, gerou uma assembléia fóssil com baixa biodiversidade e alto número de indivíduos. Segundo Boucot (1975), as barreiras ecológicas poderiam ser principalmente: a distribuição das terras emersas envolvendo diferenciais de temperatura; barreiras térmicas independentes da distribuição de terras; ausência de suprimento adequado em nutrientes ou oxigênio e existência de massas de água hipersalina ou salobra. Sob esta óptica a fauna devoniana da Bacia do Paraná coexistiu em constante estresse ecológico, sendo perturbada ocasionalmente pela imigração de outros *taxa* quando prováveis interligações com outras bacias fossem possíveis devido a picos transgressivos.

Das conjecturas acima se pode inferir que o caso específico da fauna relictual aqui enfocada é a representação de um momento crítico da fauna malvinocáfrica e demais invertebrados associados, que sofreram impactos devido a uma intensa mudança ambiental com as rápidas elevações do nível do mar ocorridas no topo do Devoniano médio e superior. Crises bióticas (alteração dos níveis de oxigenação, temperatura e disponibilidade de nutrientes) podem ter sido as responsáveis pelo declínio da fauna original já bem adaptada. O intervalo imediato de pós-extinção, denominado por Urbanek (1970) de “Síndrome pós-Evento” é o responsável pelo surgimento no registro geológico de assembléias relictuais, normalmente apresentando fenótipos subnormais de tamanho nos sobreviventes.

No perfil em estudo foi possível grandes mudanças batimétricas, e conseqüentemente de temperatura e oxigenação. A base do perfil representa situação de fácies praial e a ausência de bioclastos pode ser explicada pela tafonomia, uma vez que a preservação de fósseis em arenitos grossos conglomeráticos é mais difícil de ocorrer. A porção média por sua vez, representa um momento de afogamento máximo do sistema e o pico mais elevado da transgressão local, o fato de nenhum bioclasto e nenhum icnofóssil ter sido encontrado nesta fácies pode ser devido à anoxia ou condições extremas de baixa oxigenação do fundo marinho. A síndrome pós-evento estaria registrada na porção superior do perfil (ambiente de *shoreface* distal) onde os bioclastos apresentaram uma reação fenotípica às condições desfavoráveis de crescimento individual (conulários, braquiópodes e moluscos) ou ainda a seleção natural tanto de espécimens bem como de espécies de menor tamanho (icnofósseis, ostracodes e

trilobites), cujas necessidades alimentares seriam ainda atendidas, mesmo sob condições desfavoráveis, após o declínio da produção primária causada pela transgressão.

Segundo Urbanek (1993) fenótipos subnormais de tamanho não implicam necessariamente em mutação gênica ou especiação e na maioria das vezes é um estágio passageiro para a re-colonização do substrato pelas antigas assembleias quando as condições ambientais são normalizadas. Adicionalmente, os espaços ecológicos vazios podem ser ainda ocupados por imigrantes crípticos ou adventícios, o que no caso em estudo justificaria a presença marcante dos cefalópodes. Estes, por não terem sido registrados em estratos inferiores, removem a suspeita de “Efeito Lázarus”, normalmente associado a essa situação (*cryptic fauna*) optando-se no presente caso, pelo registro de uma fauna adventícia.

Segundo Twichett (2007) nota-se que ao longo do registro geológico, fósseis preservados em fácies mais profundas são tipicamente menores que seus coespecíficos de fácies mais rasas. Para faunas autóctones as razões para esta preservação diferencial podem ser ambientais, e para faunas alóctones as causas podem ser tafonômicas. Erfeldt (2006) considera ainda que a baixa produção primária em áreas bentônicas poderia invariavelmente ter um efeito adverso na população de braquiópodes e refletir no declínio do tamanho da população, no declínio do número de espécies e/ou no declínio em tamanho dos espécimens. Uma vez que condições de parautoctonia foram evidenciadas na ocorrência dos fenótipos subnormais aqui relatados, os mesmos são considerados como a resposta morfotípica temporária para as acentuadas transgressões predominantes nas fácies superiores da Formação Ponta Grossa, estas, teriam modificado os fatores ambientais vigentes à época (inclusive oxigenação, temperatura e produção primária) resultando nos fenótipos ali preservados.

8 Conclusões

Através dos resultados obtidos algumas conclusões podem ser consideradas:

1. A área de estudo é representada por pacotes sedimentares de espessuras modestas que identificam variações drásticas de oscilação do nível relativo do mar evidenciadas pelas variações litológicas.

2. Essas variações foram responsáveis pelo controle da distribuição vertical dos taxa ocorrentes nas camadas, com mudanças na paleoecologia dos grupos taxonômicos presentes.

3. Ocorrências de fósseis inteiros e fragmentos de tamanhos variados numa mesma amostra e nos mesmos pavimentos, fragmentos vegetais muito tênues que estão associados a carcaças de trilobites inteiros e a orbiculóides de dimensões quase imperceptíveis a olho nú, todos com dimensões e densidades diferentes, mas que ocorrem lado-a-lado, sugerem que se houve transporte dos bioclastos, este não foi suficiente para promover a seleção por tamanho ou densidade, conferindo às tafocenoses situação de autoctonia a parautoctonia.

4. Os bioclastos identificados não são considerados representantes de possíveis *taphotaxa* e apresentam-se como fenótipos subnormais que apesar do tamanho diminuto encontram-se em alto grau de estágio ontogenético, tratando-se de formas adultas.

5. A análise taxonômica dos bioclastos indicou que os taxa ocorrentes compõem uma assembléia relictual da Província Malvinocáfrica e demais invertebrados não malvinocáfricos associados. Estas formas ao que tudo indica teriam alcançado até pelo menos o Givetiano e são remanescentes do endemismo malvinocáfrico.

6. A ausência de macrofósseis e microfósseis nos folhelhos pretos da coluna Barreiro que por sua vez representa o pico máximo da transgressão ocorrida é considerada o marco de um evento de alteração paleoambiental significativa.

7. A síndrome pós-evento é representada pela distribuição e abundância dos fenótipos subnormais de tamanho ocorrentes nas seções superiores do perfil.

8. O registro inédito dos moluscos cefalópodes orthoceratídeos representam o elemento adventício comum nas concentrações portadoras de faunas relictuais.

O próximo passo da pesquisa é buscar o maior detalhamento e o registro da fauna relictual em outras localidades nas porções superiores da Formação Ponta Grossa, principalmente nas correlatas seções colunares Tibagi – Telemaco Borba do arcabouço

de seqüências de Bergamaschi (1999) e Tibagi – Alto do Amparo de Bosetti e Horodyski (2008) no sentido de se comparar os dados aqui obtidos com as demais localidades referidas.

9 Referências

ASSINE, M. L. **Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil**. 1996. 206 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

ASSINE, M. L.; PETRI, S. Seqüências e tratos deposicionais no pré-Carbonífero da Bacia do Paraná, Brasil. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO DO SILURO DEVONIANO – PALEONTOLOGIA E ESTRATIGRAFIA, 1996. Ponta Grossa, **Anais...** Ponta Grossa: UEPG, 1996. pág 357-361.

ASSINE, M. L. O ciclo Devoniano na Bacia do Paraná e correlações com outras Bacias Gondwânicas. **Ciência-Técnica-Petróleo**, seção: Exploração de Petróleo. Rio de Janeiro, vol. 20, pág. 55-62, 2001.

AZEVEDO, I. Considerações tafonômicas sobre os ostracodes da Formação Ponta Grossa (Devoniano). In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO DO SILURO DEVONIANO – PALEONTOLOGIA E ESTRATIGRAFIA, 1996. Ponta Grossa, **Anais...** Ponta Grossa: UEPG, 1996. pág 141-145.

BALDIS, B. A. J. Paleozoogeografía de los trilobites devónicos en Sudamérica Austral. *Ameghiniana*. Buenos Aires, 16 (3-4): 1979, 209-16, dic.

BERGAMASCHI, S. **Análise estratigráfica do Siluro-Devoniano (Formações Furnas e Ponta Grossa) da sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil**. 1999. 167 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

BERGAMASCHI, S.; PEREIRA, E. Caracterização de seqüências deposicionais de 3º ordem para o Siluro-Devoniano na sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil. **Ciência-Técnica-Petróleo**, seção: Exploração de Petróleo. Rio de Janeiro, vol. 20, pág 63-72, 2001.

BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R.; MARQUES FILHO, P. L. Estruturas e texturas da Formação Furnas e sua significação paleogeográfica. **Boletim da Universidade Federal do Paraná - Geologia**. Curitiba, vol. 18, pág. 1-114, 1966.

BOSETTI, E.P. **Tafonomia de alta resolução das fácies de *offshore* da sucessão devoniana da região de Ponta Grossa – Paraná, Brasil**. 2004, 137f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BOSETTI, E.P.; HORODYSKI, R.S.; MYSZYNSKI, L. Diagnóstico de seções estratigráficas de superfície do corredor de rochas devonianas do bairro de Uvaranas em Ponta Grossa- PR: seções Francelina I, II e III e CampusUEPG.. In: PALEO 2005, Ponta Grossa - PR. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Paleontologia - **Resumos**, 2005.

BOSETTI, E. P.; HORODYSKI, R. S. Distribuição da macropaleofauna devoniana na seção colunar Tibagi-Alto do Amparo, Tibagi, Estado do Paraná. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2008. Curitiba, **Anais...** Curitiba: SBG, vol 1, p. 787, 2008.

BOSETTI, E.P.; HORODYSKI, R.S.; ZABINI, C. Lilliput Effect in the Malvinokaffric Realm?. In: X Reunião anual da Sociedade Brasileira de Paleontologia, Ponta Grossa. **Boletim Paleontologia em Destaque**, SBP, p. 37-38, 2009.

BOSETTI, E.P.; SILVA, R.C. Primeira Ocorrência de *Phycosiphon* Von Fischer-Ooster, 1858 na Formação Ponta Grossa (Devoniano, Bacia do Paraná) e considerações sobre mudanças ecológicas na passagem Eifeliano-Givetiano. In: XI Reunião anual da Sociedade Brasileira de Paleontologia, Curitiba. **Boletim Paleontologia em Destaque**, SBP, p. 10 , 2010.

BOUCOT, A.J. Evolution and extinction rate controls. **Developments in Paleontology and Stratigraphy**. 15: 427, 1975.

BOUCOT, A. J. e GILL, E. D. Australocoelia, a new Lower Devonian Brachiopod from South Africa, South America and Australia. **Journal of Paleontology**. Menasha, 30 (5): 1173-8, est. 126, Sep, 1956.

CASTER, K.; PETRI, S. Geology and Paleontology of Devonian area of the Paraná, Brazil. **Bulletin of the Geological Society of América**: v. 58, n. 12, 19, 1947.

CIGUEL, J. H. G. **Bioestratigrafia dos Tentaculitoidea no Flanco Oriental da Bacia do Paraná e sua ocorrência na América do Sul (Ordoviciano-Devoniano)**. 1989, 233 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-graduação em Geologia Sedimentar. Universidade de São Paulo, São Paulo. 1989.

CLARKE, J. M. Fósseis Devonianos do Paraná. **Monographias do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil**. Rio de Janeiro, f: 1-353, pl. 1-27. 1913.

COPPER, P. Paleolatitudes in the Devonian of Brazil and the Frasnian-Famennian mass extinction. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. 21: 165-207, 1977.

DAEMON, R. F.; QUADROS, L. P. e SILVA, L. C. da. Devonian palinology and biostratigraphy of the Paraná Basin. **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba, 21/22: 99-132, et. 1-7, tab. 1. (In: BIGARELLA, J. J. Problems in Brazilian Devonian Geology) 1967.

DERBY, O. A. Geologia da região diamantífera da província do Paraná, no Brasil. **Archivos do Museu Nacional**. Rio de Janeiro, 3: 89-96, 1878.

DINO, R. ; BERGAMASCHI, S. ; PEREIRA, Egberto ; MELO, J. H. G. ; LOBOZIAK, S. ; STEEMANS, P. Biochronostratigraphic investigations of the Pragian and Emsian Stages on the Southeastern border of the Paraná Basin. In: 2º Simpósio sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná, 1995, Porto Alegre, RS. **Boletim de Resumos Expandidos** do 2º Simpósio sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná. Porto Alegre, RS : Universidade Federal do Rio Grande do Sul-Inst. Geociências. p. 19-25, 1995.

EMIG, C.C. Taxonomie du genre *Lingula* (Brachiopodes, Inarticulés). **Bull. Mus. Natn. Hist. Nat.** Paris: 4^o sér., vol.4, section A, n^o 3-4, pág. 337-367. 1982.

ERFELDT, A. Brachiopod faunal dynamics during the Silurian IrevikenEvent, Gotland. 2006. <http://geobib.lu.se/publikationer/geologi/fulltext/199.pdf>.

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

GRAHN, Y. Devonian chitinozoan biozones of Western Gondwana. **Acta Geologica Polonica**. Warszawa, v. 55, n. 3, p. 211-227, 2005.

GRAHN, Y.; PEREIRA, E.; BERGAMASCHI, S. Silurian and Lower Devonian chitinozoan biostratigraphy of the Paraná Basin in Brazil and Paraguay. **Palynology**. Dallas, n. 24, p. 147-176, 2000.

GRAHN, Y.; PEREIRA, E.; BERGAMASCHI, S. Middle and Upper Devonian chitinozoan biostratigraphy of the Paraná Basin in Brazil and Paraguay. **Palynology**. Dallas, n. 26, p. 135-165, 2002.

GHILARDI, R. P. **Tafonomia comparada e paleoecologia dos macroinvertebrados (ênfase em trilobites), da Formação Ponta Grossa (Devoniano, Sub-bacia Apucarana), Estado do Paraná, Brasil**. 2004, 113 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ISAACSON, P.E. Paleolatitudes in the Devonian of Brazil and the Frasnian-Famnenian mass extinction. In: **Coments: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. 24: 359-362, 1978.

KOWALEWSKI, M. Taphonomy of a living fossil: The Lingulide Brachiopod *Glottidia palmeri* Dall from Baja California, Mexico. **Palaios**. Vol. 11, pág. 244-265. 1996.

KOZLOWSKI, R. Fósiles Dévoniens de l'état de Paraná (Brésil). **Annales de Paleontologie**. Paris, 8 (3): 1-19, est. 1-3, 1913

KAYSER, E. Alguns fósseis paleozóicos do Estado do Paraná. **Revista do Museu Paulista**. São Paulo, 4: 301-311, est. 1-2, 1900.

LANGE, F.W. Biostratigraphic Subdivision and Correlation of Devonian in the Paraná Basin. **Boletim Paranaense de Geociências**. 21/22: 63-98, 1967.

LANGE, F. W.; PETRI, S. The Devonian of the Paraná Basin. **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba, vol. 21 e 22, pág. 5-55, 1967.

LOBOZIAK, S.; STREEL, M.; BURJACK, M. I. A. Miospores du Dévonien moyen et supérieur du bassin du Paraná, Brésil: systématique et stratigraphie. **Sciences Géologiques Bulletin**. Strasbourg, v. 41, n. 3-4, p. 351-377, 1988.

LOBOZIAK, S.; MELO, J. H. G.; STEEMANS, P.; BARRILARI, I. M. R. Miospore evidence for pre-Emsian and latest Famennian sedimentation in the Devonian of the Paraná Basin, south Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, v. 67, n. 3, p. 391-392, 1995.

LOBOZIAK, S.; STEEMANS, P.; BORGHI, L. New miospore evidence for a Praguian Age of the lower Ponta Grossa Formation Devonian, Paraná Basin, in the Chapada dos Guimarães area, Mato Grosso State, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, v. 70, n. 2, p. 382, 1998.

Lucas, S. G. Taphotaxon. **Lethaia**. vol 34, pág. 30. 2001.

MAACK, R. Notas preliminares sobre uma nova estratigrafia do Devoniano do Estado do Paraná. Tese apresentada ao 2º Congresso Panamericano de Engenharia de Minas e Geologia, Rio de Janeiro. 1946.

MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**. Curitiba, 2: 63-154, est. 13-73, fig.1, tab. 1,2, anexo 1-4, 1947

MELO, J.H.G. **A Província Malvinocáfrica no Devoniano do Brasil**. Dissertação de Mestrado. – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1200p, 1985.

MELO, J. H. G.; LOBOZIAK, S. Devonian – Early Carboniferous micropore biostratigraphy of the Amazon Basin, northern Brazil. **Review of Paleobotany and Palynology**. Amsterdam, v. 124, n. 3-4, p. 131-202, 2003

MILANI, E.J.; MELO, J.H.G.; SOUZA, P.A.; FERNANDES, L.A.; FRANÇA, A.B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, 15: 265-287, 2007.

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

MILLER, M.F; SMAIL, S.E. A semiquantitative field method for evaluating bioturbation on bedding planes. **Palaios**. 12:391-396, 1997.

NORTHFLEET, A. A.; MEDEIROS, R. A. e MULLMANN, H. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. **Boletim Técnico da Petrobrás**. Rio de Janeiro, (12) (3): 291-346, 1969.

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

OPPENHEIM, V. Fósseis do Devoniano do Paraná. Academia Brasileira de Ciências. Ann., v. 7, n. 4, p. 345-348. Rio de Janeiro. 1936 – Geology of Devonian areas of Paraná basin in Brazil, Uruguay and Paraguay. **American Association of Petroleum Geologists**. v. 20, n. 9, p. 1208-1236, 1936.

PETRI, S. Contribuição ao estudo do Devoniano Paranaense. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**. Rio de Janeiro, vol. 129, pág.1-125. 1948.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1983. 631 p.

READING, H.G., COLLINSON, J.D. Clastic coasts. In: READING, H.G. (ed.), **Sedimentary Environment**. Blackwell Science, p.154-231, 1996.

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

RICHTER, R. e RICHTER, E. **Die Trilobiten der Weismes-Schichten am Hohen Venn, mit Benmerkungen über die Malvinocaffrische provinz**. Seckenbergiana, Frankfurt A. M., 25 (1/3): 156-79, juli, 1942

RODRIGUES, M. A.; SOARES, H. L. A.; BERGAMASCHI, S. Horizontes de mortalidade em massa de Tentaculida na Formação Ponta Grossa (Devoniano, Bacia do Paraná, Brasil). **Ciência-Técnica-Petróleo**. Seção exploração de petróleo. Rio de Janeiro: vol. 20, pág. 73-80. 2001.

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

RODRIGUES, S. C.; SIMÕES, M. G.; LEME, J. de M. Tafonomia Comparada dos Conulatae (Cnidaria), Formação Ponta Grossa (Devoniano), Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**. Brasília: vol. 33, nº 3, pág. 1-10. 2003.

SANFORD, R. M. LANGE, F. W. Basin study approach to oil evaluation of Paraná miogeosyncline of south Brazil. **Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists**. Tulsa, 44 (8): 1316-70, aug., 1960.

SEILACHER, A. Biostratigraphy: the sedimentology of biologically standardized particles. In: GINSBURG, R. N. (ed) **Evolving Concepts in Sedimentology**, p. 159-177, 1973.

SHIRLEY, J. The distribution of Lower Devonian faunas. In: NAIR, E.A.M.; (ed). **Problems in palaeoclimatology**. Interscience, London. p.255-261, 1965.

SCHNEIDER, R. L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F. e NOGUEIRA, A. A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. v.1, p. 41-65. Sociedade Brasileira de Geologia. **Anais...**

SIGNOR, P. W. e LIPPS, J. H. Sampling bias, gradual extinction patterns and catastrophes in the fossil Record. In: SILVER, R. T. e SCHULTZ, P. H. (eds) **Geological Implications of Impacts of Large Asteroids and comets on the Earth**. Geol. Soc. Amer. Spec. Pap., v 190, p. 353-371, 1982.

SIMÕES, M. G.; GHILARDI, R. P. Protocolo tafonômico/paleoautoecológico como ferramenta nas análises paleossinecológicas de invertebrados: exemplos de aplicação em concentrações fossilíferas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, vol. 27, nº 2, pág. 3-13, 2000.

SIMÕES, M. G.; MELLO, L. H. C.; RODRIGUES, S. C.; LEME, J. DE M.; MARQUES, A. C. Conulariid taphonomy as a tool in paleoenvironmental analysis. **Revista Brasileira de Geociências**. Brasília: vol. 30, nº 4, pág. 757-762. 2000.

SIMÕES, M.G.; RODRIGUES, S.C.; LEME, J.M.; ITEN, H. V. (2003) Some Middle Paleozoic Conulariids (Cnidaria) as Possible Examples of Taphonomic Artifacts. **Journal of Taphonomy**, Spain, 1:165-186.

SIMÕES, M.G.; LEME, J.M.; SOARES, S.P. Systematics, Taphonomy, and Paleoecology of Homalnotid Trilobites (Phacopida) From the Ponta Grossa Formation (Devonian), Paraná Basin, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, 12:27-42, 2009.

SOARES, S.P.; SIMÕES, M.G.; LEME, J.M. O papel da fossilização e do intemperismo na sistemática de trilobitas Phacopida (Calmoniidae e Homalonotidae) do Devoniano da bacia do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, 11:59-68, 2008.

TWICHETT, R.J. The Lilliput effect in the aftermath of the end-Permian extinction event. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. 252: 132-144, 2007.

URBANEK, A. Neocucullograptinae n. subfam. (Graptolithina) - their evolutionary and stratigraphic bearing. **Acta Palaeontologica Polonica**, Warszawa, 15:163-388, 1970

URBANEK, A. Biotic crises in the history of Upper Silurian graptoloids: a palaeobiological model. **Historical Biology**, 7: 29-50, 1993.

VAIL, P.R.; MICHUM, R.M.; THOMPSON, S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 3: relative changes of sea level from costas onlap. In: PAYTON, C. E. (Ed). **Seismic stratigraphy: Applications to hydrocarbon exploration**. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists. P 63-81. (AAPG. Memoir, 26), 1977.

WALKER, R.G.; PLINT, A.G. Wave and storm dominated shallow marine systems. In: WALKER, R.G.; JAMES, N.P. (eds.) **Facies Models – Response to sea level change**. Geological Association of Canada, p. 219-238, 1992.

ZABINI, C. **Lingulídeos da sucessão devoniana da Bacia do Paraná, região dos Campos Gerais, Brasil: revisão de conceitos biológicos-ecológicos e análise tafonômica básica**. 2007, 2v, 144. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

ANEXO I
Título da Dissertação/Tese
“TAFONOMIA DOS INVERTEBRADOS FÓSSEIS NA SEQUENCIA EIFELIANA-FRASNIANA DA SUCESSÃO DEVONIANA DA SUB-BACIA DE APUCARANA, BACIA DO PARANÁ, TIBAGI – PR, BRASIL”
Área de Concentração: PALEONTOLOGIA
Autor: Rodrigo Scalise Horodyski
Orientador: Prof. Dr. Michael Holz
Examinador: Dra. Cristina Bertoni Machado
Data: 01 de fevereiro de 2010
Conceito: A (excelente)
PARECER
<p>Gostaria de parabenizar o autor e o orientador pela excelente dissertação. O trabalho apresenta pouquíssimos erros ortográficos, está muito bem apresentado, numa seqüência bem distribuída que faz com que tenha bastante fluência, o que faz com que seja uma excelente leitura.</p> <p>Infelizmente algumas figuras apresentaram baixa qualidade, em especial os perfis estratigráficos e correlações.</p> <p>Em relação ao objetivo geral da tese, ela alcança o proposto. Já os objetivos específicos ficam um pouco aquém dos resultados e conclusões apresentados. Acho que a avaliação dos arcaibouços estratigráficos existentes ficou bastante superficial e foi o único objetivo não-cumprido. Também ficou faltando, como objetivo específico, a “descrição” de uma fauna de tamanho diminuto nunca antes registrada para a sucessão.</p> <p>Apesar de saber que sugestões de alterações não obrigatoriamente serão incorporadas à versão final da tese, alguns pontos precisam ser salientados, como segue abaixo.</p> <p>A figura 2 poderia apresentar um quadrado ou alguma marcação assinalando o intervalo de estudo. Na descrição do Membro São Domingos faltou apontar claramente que aquele é o intervalo de estudo e afirmar que descrição e novas interpretações seriam apresentadas no item 3.1. Os mapas quatro e cinco deveriam ter sido montados como apenas uma figura. A estampa dois apresenta figuras repetidas. uma não acrescenta em nada a outra, pois não há uma vista mais detalhada, reduzir para apenas uma imagem. No item 4.1 (fácies) o autor entra direto com as abreviaturas NBOTB e NBOT sem apresentar a descrição, o que só ocorre na página seguinte. Em relação à estratigrafia, me pareceu bastante pertinente e importante as definições das</p>

provável fauna relictual da Província Malvinocáfrica, corroborando com as teorias mundiais sobre grandes mudanças ambientais no Devoniano Médio e Superior.

No entanto algumas observações e sugestões importantes são necessárias:

1. Na página 4 (segundo parágrafo; sexta linha) lê-se:

“Melo (1985) para justificar a pobreza em macrofósseis em sedimentos do membro São Domingos admite até que os afloramentos expostos no perfil principal de Lambedor, na região de Arapoti – PR (Petri, 1948), seriam supostamente identificados com o Membro Jaguariaíva (Lange e Petri, 1967), resultado da constatação evidente de que o registro em macrofósseis é muito pobre.”

Aqui o autor equivocou-se, pois o Membro Jaguariaíva é notoriamente o mais rico em macrofósseis dentre a divisão tripartite da Formação Ponta Grossa. E por isso Melo (1985) considera supostamente o perfil principal de Lambedor como pertencente ao Membro Jaguariaíva (Petri, 1948, definira esse perfil como pertencente ao Membro São Domingos).

Citando Melo (1985 -V. 2,p. 719): “Admitindo-se, conforme vem sendo pleiteado no presente trabalho, que a maior parte dos sedimentos devonianos ricamente fossilíferos, expostos no perfil principal de Lambedor, deve ser identificada com o próprio membro Ponta Grossa da formação Santa Rosa (isto é, com o membro Jaguariaíva de Lange e Petri, 1967), resulta daí a constatação evidente de que a quase totalidade dos afloramentos do autêntico folhelho São Domingos no Paraná passam a revelar-se normalmente muito pobres em macrofósseis - exceção feita a restos vegetais fragmentários, além de icnofósseis, que podem ser localmente muito comuns.”

Como pode-se observar o autor define o perfil como Mb. Jaguariaíva, para justificar a riqueza de fósseis e não à pobreza como o autor da presente dissertação se referiu.

2. Na página 26 o autor apresenta uma tabela própria onde são listadas as fácies identificadas. Sugere-se que as fácies sejam empilhadas, da base para o topo, ou do topo para base em concordância com a figura 6 da página 22.

Assinatura:

Data:

21/02/2010

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:

ANEXO I
Título da Dissertação/Tese:
"TAFONOMIA DOS INVERTEBRADOS FÓSSEIS NA SEQUÊNCIA EIFELIANA-FRASNIANA DA SUCESSÃO DEVONIANA DA SUB-BACIA DE APUCARANA, BACIA DO PARANÁ, TIBAGI – PR, BRASIL"
Área de Concentração: PALEONTOLOGIA
Autor: Rodrigo Scalise Horodyski
Orientador: Prof. Dr. Michael Holz
Examinador: Dr. Elvio Pinto Bosetti
Data: 21/02/2010
Conceito: A
PARECER:
<p>A dissertação em análise é exemplo de estudo relevante, apresentando resultados e interpretações inéditas sobre as camadas superiores da Formação Ponta Grossa. Trata-se de uma abordagem baseada em técnicas atualizadas e avançadas em Estratigrafia de Sequências e Tafonomia. Além disso os trabalhos de campo resultaram em achados também inéditos, representantes de provável efeito macroevolutivo ainda pouco estudado a nível nacional. A dissertação tem ainda o mérito da abordagem de área de difícil acesso geográfico e preenche lacunas do conhecimento da região há muito tempo existentes, principalmente no que se refere a abundância relativa dos fósseis em intervalo cronoestratigráfico (Eifeliano/Givetiano) tido como regulador da expansão da irradiação evolutiva e imigração das faunas de invertebrados marinhos do Devoniano em nível global. A dissertação apresentada, encontra-se, em sua maior parte, bem redigida e expõe com clareza o tema abordado. No entanto algumas correções de texto, principalmente no tocante à digitação deveriam ser evitadas. Todos os capítulos que compõem o manuscrito estão fundamentados em ampla bibliografia nacional e internacional atualizada. O texto inicia com a contextualização geológica e estratigráfica geral chegando à abordagem local. As técnicas de coleta foram bem explicitadas e a descrição geológica é criteriosa. A abordagem tafonômica segue a mais atualizada bibliografia e demonstra com clareza a questão dos graus de aloctonia/autoctonia dos bioclastos prospectados. A abordagem taxonômica deveria ser mais criteriosa, mas entendemos que por se tratar de fauna variada, uma classificação mais acurada dependeria do envolvimento de vários especialistas. Os dados compilados, tomados em conjunto, fornecem subsídios consistentes para o entendimento da história deposicional do Devoniano Médio e início do Devoniano Superior no Estado do Paraná. O estudo apresentado, faz duas contribuições importantes em aspectos distintos. A primeira refere-se à análise das fácies sedimentares e suas relações com a distribuição da paleofauna pelas parasequências, fornecendo um controle de alta resolução das ocorrências vinculadas aos ambientes. A segunda é a descoberta de uma</p>

fauna, abundância e diversidade são muito interessantes e deveriam ser motivo de maior detalhamento. Falta, por exemplo, melhor ou maior aplicação de testes estatísticos etc. De qq modo, contudo, a dissertação claramente serviu ao propósito de ensinar o aluno em métodos e conceitos paleontológicos e geológicos.

As conclusões obtidas são compatíveis com os dados analisados e os objetivos do trabalho.

Para fins de publicação futura dos dados, sugiro que os autores melhorem as análises estatísticas (não apenas apresentação de gráficos) e reescrevam novamente algum conceito (fauna liliputiana). Assim sendo, aproveito a oportunidade para cumprimentar o mestrando e seu orientador pelo trabalho realizado.

Assinatura:

Y. S. U.

Data: 03/03/2010

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:

ANEXO I

Título da Dissertação/Tese:

"TAFONOMIA DOS INVERTEBRADOS FÓSSEIS NA SEQUÊNCIA EIFELIANA-FRASNIANA DA SUCESSÃO DEVONIANA DA SUB-BACIA DE APUCARANA, BACIA DO PARANÁ, TIGABI - PR, BRASIL"

Área de Concentração: PALEONTOLOGIA

Autor: Rodrigo Scalise Horodyski

Orientador: Prof. Dr. Michael Holz

Examinador: Dr. Marcello Guimarães Simões

Data: 03/03/2010

Conceito: B

PARECER:

A presente dissertação está, no geral, bem organizada e redigida. As ilustrações apresentadas estão adequadas ao texto do documento sendo, na maioria dos casos adequadas ao que se quer representar.

No ponto de vista conceitual, a dissertação é bem interessante, embora não apresente novidades em termos de conceitos e métodos. Trata-se de, por assim dizer, tradicional combinação entre tafonomia e estratigrafia de seqüências. Nesse caso, porém, como os resultados mostram os dados obtidos possuem importante valor paleontológico. Algumas das observações feitas especialmente no que tange ao tamanho da

provável fauna relictual da Província Malvinocáfrica, corroborando com as teorias mundiais sobre grandes mudanças ambientais no Devoniano Médio e Superior.

No entanto algumas observações e sugestões importantes são necessárias:

1. Na página 4 (segundo parágrafo; sexta linha) lê-se:

“Melo (1985) para justificar a pobreza em macrofósseis em sedimentos do membro São Domingos admite até que os afloramentos expostos no perfil principal de Lambedor, na região de Arapoti – PR (Petri, 1948), seriam supostamente identificados com o Membro Jaguariaíva (Lange e Petri, 1967), resultado da constatação evidente de que o registro em macrofósseis é muito pobre.”

Aqui o autor equivocou-se, pois o Membro Jaguariaíva é notoriamente o mais rico em macrofósseis dentre a divisão tripartite da Formação Ponta Grossa. E por isso Melo (1985) considera supostamente o perfil principal de Lambedor como pertencente ao Membro Jaguariaíva (Petri, 1948, definira esse perfil como pertencente ao Membro São Domingos).

Citando Melo (1985 -V. 2,p. 719): “Admitindo-se, conforme vem sendo pleiteado no presente trabalho, que a maior parte dos sedimentos devonianos ricamente fossilíferos, expostos no perfil principal de Lambedor, deve ser identificada com o próprio membro Ponta Grossa da formação Santa Rosa (isto é, com o membro Jaguariaíva de Lange e Petri, 1967), resulta daí a constatação evidente de que a quase totalidade dos afloramentos do autêntico folhelho São Domingos no Paraná passam a revelar-se normalmente muito pobres em macrofósseis - exceção feita a restos vegetais fragmentários, além de icnofósseis, que podem ser localmente muito comuns.”

Como pode-se observar o autor define o perfil como Mb. Jaguariaíva, para justificar a riqueza de fósseis e não a pobreza como o autor da presente dissertação se referiu.

2. Na página 26 o autor apresenta uma tabela própria onde são listadas as fácies identificadas. Sugere-se que as fácies sejam empilhadas, da base para o topo, ou do topo para base em concordância com a figura 6 da página 22.

Assinatura:

Data:

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno:

ANEXO I

Título da Dissertação/Tese:

"TAFONOMIA DOS INVERTEBRADOS FÓSSEIS NA SEQUÊNCIA EIFELIANA-FRASNIANA DA SUCESSÃO DEVONIANA DA SUB-BACIA DE APUCARANA, BACIA DO PARANÁ, TIBAGI – PR, BRASIL"

Área de Concentração: PALEONTOLOGIA

Autor: Rodrigo Scalise Horodyski

Orientador: Prof. Dr. Michael Holz

Examinador: Dr. Elvio Pinto Bosetti

Data: 21/02/2010

Conceito: A

PARECER:

A dissertação em análise é exemplo de estudo relevante, apresentando resultados e interpretações inéditas sobre as camadas superiores da Formação Ponta Grossa. Trata-se de uma abordagem baseada em técnicas atualizadas e avançadas em Estratigrafia de Sequências e Tafonomia. Além disso os trabalhos de campo resultaram em achados também inéditos, representantes de provável efeito macroevolutivo ainda pouco estudado a nível nacional. A dissertação tem ainda o mérito da abordagem de área de difícil acesso geográfico e preenche lacunas do conhecimento da região há muito tempo existentes, principalmente no que se refere a abundância relativa dos fósseis em intervalo cronoestratigráfico (Eifeliano/Givetiano) tido como regulador da expansão da irradiação evolutiva e imigração das faunas de invertebrados marinhos do Devoniano em nível global. A dissertação apresentada, encontra-se, em sua maior parte, bem redigida e expõe com clareza o tema abordado. No entanto algumas correções de texto, principalmente no tocante à digitação deveriam ser evitadas. Todos os capítulos que compõem o manuscrito estão fundamentados em ampla bibliografia nacional e internacional atualizada. O texto inicia com a contextualização geológica e estratigráfica geral chegando à abordagem local. As técnicas de coleta foram bem explicitadas e a descrição geológica é criteriosa. A abordagem tafonômica segue a mais atualizada bibliografia e demonstra com clareza a questão dos graus de aloctonia/autoctonia dos bioclastos prospectados. A abordagem taxonômica deveria ser mais criteriosa, mas entendemos que por se tratar de fauna variada, uma classificação mais acurada dependeria do envolvimento de vários especialistas. Os dados compilados, tomados em conjunto, fornecem subsídios consistentes para o entendimento da história deposicional do Devoniano Médio e início do Devoniano Superior no Estado do Paraná. O estudo apresentado, faz duas contribuições importantes em aspectos distintos. A primeira refere-se à análise das fácies sedimentares e suas relações com a distribuição da paleofauna pelas parasequências, fornecendo um controle de alta resolução das ocorrências vinculadas aos ambientes. A segunda é a descoberta de uma

ATA Nº 544

A comissão abaixo assinada tendo examinado a Dissertação de Mestrado do aluno **RODRIGO SCALISE HORODYSKI**, intitulada **“TAFONOMIA DOS INVERTEBRADOS FÓSSEIS NA SEQUÊNCIA EIFELIANA-FRASNIANA DA SUCESSÃO DEVONIANA DA SUB-BACIA DE APUCARANA, BACIA DO PARANÁ, TIGABI – PR, BRASIL”** atribui os seguintes conceitos:

Prof. Dr. Elvio Pinto Bosetti (Universidade Estadual de Ponta Grossa)
CONCEITO: “A” (EXCELENTE)

Profa. Dra. Cristina Bertoni Machado (Pesquisadora - CNPq)
CONCEITO: “A” (EXCELENTE)

Prof. Dr. Marcello Guimarães Simões (Universidade Estadual Paulista - UNESP)
CONCEITO: “B” (BOM)

Porto Alegre, .

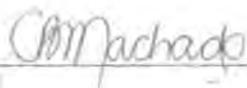
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Homologação pela Comissão de Pós-Graduação
Ata nº 01 MONITÓRIO DE CIÊNCIAS 2010
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
Conceito Final: A
Rubrica:

Roberto Martins Pereira
Secretário
Identificação Única 003550729

parassequências propostas pelo autor, bem como as relações entre fácies e fósseis com o tipo de sistema em vigência no período de deposição. Pela lógica de divisão das parassequências, creio que seria mais parcimonioso dividir a Ps9 em duas parassequências.

Em relação à análise tafonômica propriamente dita, senti falta de definições básicas de alguns conceitos, ou pelo menos citações. Grau de empacotamento é uma feição tafonômica proposta por Simões & Holz (2002) e pouco usado em trabalhos gerais de tafonomia, portanto deveria ter sido mais bem detalhada. Além disso, sendo esta uma dissertação que tem no título a análise tafonômica, senti falta de figuras ilustrando as principais características descritas pelo autor, com exemplos dos materiais trabalhados por ele. As estampas que acompanham as descrições dos principais taxa encontrados são de difícil visualização e poderiam vir acompanhadas de desenhos, facilitando o leitor não especialista nos grupos aqui abordados a identificarem as características que o autor quis salientar. De forma geral as estampas estão com baixa resolução e deveriam ser melhoradas. Alguns conceitos relacionados à abrasão x transporte e fraturas x retrabalhamento precisam ser revistas, pois está bastante confuso no texto. Acho imprudente afirmar, quando a assembléia é caracterizada como parautóctone que o transporte é nulo, como o autor afirma na página 48.

Em relação aos fenótipos subnormais, o autor quase "atira" a informação sem antes ter apresentado alguma informação na introdução. Como a meu ver esta é a principal descoberta do trabalho, ela deveria ter sido mencionada antes e, inclusive, no título. Para facilitar a leitura de quão menores estes fenótipos são, o autor poderia apresentar alguma relação de porcentagem para cada táxon. A descoberta dos cefalópodes adventícios também mereceria mais destaque. Mesmo com estas ressalvas, acredito que este é um trabalho excelente e que deve ser publicado em periódicos de alto impacto.

Assinatura: 

Data: 23 de fevereiro de 10

Ciente do Orientador:

Ciente do Aluno: