

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GESTÃO DO TERRITÓRIO

DANIEL SEDORKO

ICNOLOGIA E TAFONOMIA DOS DEPÓSITOS EMSIANOS DA FORMAÇÃO
PONTA GROSSA AFLORANTES NA REGIÃO DE TIBAGI E SEU
SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL

PONTA GROSSA
2015

DANIEL SEDORKO

ICNOLOGIA E TAFONOMIA DOS DEPÓSITOS EMSIANOS DA FORMAÇÃO
PONTA GROSSA AFLORANTES NA REGIÃO DE TIBAGI E SEU
SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Gestão do Território, pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Dr. Elvio Pinto Bosetti

Coorientadora: Dr^a. Renata Guimarães Netto

PONTA GROSSA

2015

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

S449 Sedorko, Daniel
 Icnologia e tafonomia dos depósitos
 emsianos da formação Ponta Grossa
 aflorantes na região de Tibagi e seu
 significado paleoambiental/ Daniel
 Sedorko. Ponta Grossa, 2015.
 71f.

 Dissertação (Mestrado em Gestão do
 Território - Área de Concentração: Gestão
 do Território: Sociedade e Natureza),
 Universidade Estadual de Ponta Grossa.
 Orientador: Prof. Dr. Elvio Pinto
 Bosetti.

 Coorientadora: Prof^a Dr^a Renata
 Guimarães Netto.

 1.Icnologia. 2.Tafonomia. 3.Tafofácies.
 4.Devoniano. 5.Formação Ponta Grossa.
 I.Bosetti, Elvio Pinto. II. Netto, Renata
 Guimarães. III. Universidade Estadual de
 Ponta Grossa. Mestrado em Gestão do
 Território. IV. T.

CDD: 551.74

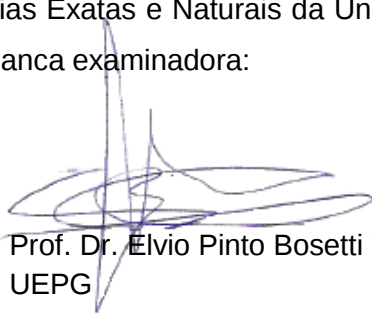
TERMO DE APROVAÇÃO

DANIEL SEDORKO

ICNOLOGIA E TAFONOMIA DOS DEPÓSITOS EMSIANOS DA FORMAÇÃO PONTA GROSSA AFLORANTES NA REGIÃO DE TIBAGI E SEU SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL

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

Orientador:



Prof. Dr. Elvio Pinto Bosetti
UEPG



Prof. Dr. Leonardo Fonseca Borghi de Almeida
UFRJ



Prof. Dr. Mariano Verde Cataldo
UDELAR

Ponta Grossa, 24 de fevereiro de 2015.

À minha família

AGRADECIMENTOS

O autor gostaria de agradecer às pessoas e instituições que auxiliaram na elaboração desse trabalho:

Ao Prof. Dr. Elvio Pinto Bosetti pelas orientações, discussões, inúmeros trabalhos de campo, anos de dedicação e amizade, e por me proporcionar motivação para inserção no meio acadêmico.

À Prof^a. Dr.^a Renata Guimarães Netto pelas orientações, discussões, trabalhos de campo e paciência na execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Leonardo Fonseca Borghi de Almeida (UFRJ) pelas valiosas contribuições no exame de qualificação e por aceitar o convite para compor a banca final.

Ao Prof. Dr. Mariano Verde Cataldo (UDELAR) por aceitar o convite para compor a banca final.

Ao Prof. Dr. Renato Pirani Ghilardi (UNESP) por aceitar o convite para a suplência da banca final.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Scalise Horodyski (UNISINOS) pelas discussões, trabalhos de campo e importantes contribuições no exame de qualificação e na construção deste texto.

Aos Professores Msc. William Mikio Kurita Matsumura (UFRGS), Msc. Jeanninny Carla Comniskey (USP) e Msc. Lucinei Myszynski Júnior (UEPG) pelas informações, discussões e trabalhos de campo.

Aos colegas do Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa (DEGEO-UEPG), Daniel Luz, Michele Lima, Andrea Marcondes, Carla Heirich, Daiane Barreto, Beatriz de Almeida, Kimberly Ramos e Jean Filipaki, pelo auxílio nos trabalhos de campo e de laboratório.

Às turmas de Licenciatura em Ciências Biológicas (2012 - 2015), Bacharelado em Ciências Biológicas (2011 - 2014) e Bacharelado em Geografia (2011 - 2014) da UEPG pelo auxílio nos trabalhos de campo.

Aos meus pais, Teodoro Sedorko e Irene Sedorko, e aos meus irmãos, Maria Lúcia Sedorko e Clóvis Marcelo Sedorko, por todo carinho, apoio, incentivo e compreensão durante toda a trajetória acadêmica.

Aos colegas Gianne Manosso, Fábio Lachinski, Alex Tramontin, Renato Pereira, Arnaldo da Luz, João Dobler Lima e Thiago Lovato pelo incentivo e apoio durante o curso de mestrado.

À Capes (Cordenação de Pessoal de Nível Superior), pela bolsa de mestrado concedida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia por oportunizar a realização desse trabalho.

Ao Departamento de Geociências da UEPG, pela colaboração e acesso ao Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), pela disponibilização da infra-estrutura para visitas técnicas e acesso à bibliografia especializada.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia, pelas discussões e conhecimentos passados nas disciplinas.

Aos funcionários e agentes administrativos do CIPP-UEPG, principalmente à Cleonice Aparecida Castro e Ana Paula de Freitas Pacheco, pela prestatividade nos trâmites institucionais referentes ao mestrado.

Às demais pessoas e instituições que de maneira indireta possibilitaram a execução deste trabalho.

“Ele encantou-se não só com sua área científica, relacionada ao passado, mas também com a ciência como um todo e com o povo do seu estado. Ele foi o melhor amigo dos pássaros, das árvores e das flores silvestres. Ele estava mesmo preocupado com as aves migratórias que voavam em todo o estado, e ele as seguiu para protegê-las. E apesar de ter sido um cientista da mais alta posição, ainda insistia no fato de que Pã não estaria morto. ‘Eu o vi muitas vezes’, disse ele, ‘entre as florestas das montanhas. Eu o escutei farfalhando através dos pântanos e o vislumbrei nas sombras das piscinas de salmão ou descendo as margens de alfazema à noite’. Ele não só tinha o olhar científico para ver sob a superfície da Terra, mas também tinha os ouvidos para ouvir os ‘tubos de juncos’ que ‘cantam tudo o que pode ser cantado’ e ‘dizem tudo o que pode ser dito”.

Palavras de John H. Finley, reitor da Universidade do Estado de Nova Iorque logo após a morte de John Mason Clarke em 1925.

RESUMO

O presente trabalho tem como principal objetivo confrontar interpretações icnológicas e tafonômicas almejando a caracterização do contexto paleoambiental representado por uma seção do Devoniano (Emsiano) da Bacia do Paraná. Foram diagnosticadas 6 icnofábricas na seção, sendo elas: *Planolites-Palaeophycus*, *Skolithos*, *Asterosoma-Teichichnus*, *Chondrites*, *Asterosoma-Zoophycos* e *Asterosoma-Chondrites*. As ocorrências das icnofábricas de *Skolithos* e de *Chondrites* representam alterações, respectivamente, na energia hidrodinâmica e oxigenação do meio. Mudanças nesses parâmetros possibilitaram a abertura da “janela de colonização”, resultando na substituição momentânea da icnofauna residente por uma icnofauna oportunista. Também foram identificadas três tafofácies para a seção (TA, TB e TC). A TA ocorre com o predomínio de fósseis com esqueleto tipo bivalve, inteiros, desarticulados e concordantes ao plano de acamamento, em contexto de parautoctonia a aloctonia; A TB expõe fósseis de organismos com esqueleto bivalve, articulados, inteiros e em aparente posição de vida em contexto de autoctonia; A TC apresenta fósseis de organismo com esqueleto bivalve, articulados, inteiros e em aparente posição de vida, além de organismos com esqueleto univalve inteiros e concordantes ao plano de acamamento e multielemento desarticulados, inteiros e concordantes ao plano de acamamento, todos com predomínio de autoctonia. A tafofácies A é associada com as icnofábricas de *Planolites-Palaeophycus*, de *Chondrites*, de *Asterosoma-Zoophycos* e de *Asterosoma-Chondrites*, sugerindo deposição em condições de transição ao *offshore*. A tafofácies B associa-se com a icnofábrica de *Skolithos*, expressando condições de *shoreface*. A tafofácies C ocorre em camadas com IB 0 provavelmente relacionando-se ao pico de anoxia presente nessas camadas. Diagnosticou-se três picos principais de energia hidrodinâmica na seção, representando oscilações influenciadas por eventos de tempestade (a curva de paleobatimetria relativa acompanha esse parâmetro). Quanto à oxigenação, ocorrem cinco momentos de disaerobia a anoxia. A taxa de salinidade não sofre alteração, caracterizando condições normais para o ambiente marinho. A taxa de sedimentação é moderada, mas em certos níveis torna-se elevada. A partir do predomínio das condições expressas pela tafofácies A e da Icnofácies Cruziana arquetípica na seção analisada, concluiu-se que a deposição dos sedimentos se deu em contexto de transição ao *offshore*, influenciado por tempestade. Nos níveis de ocorrência da tafofácies B, associada à Icnofácies Cruziana Proximal, identificou-se um contexto deposicional de *shoreface*, influenciado por tempestade. Por fim, nas camadas em que foi diagnosticada a tafofácies C, ainda que sem bioturbações associadas, registrou-se o pico de anoxia da seção, sob condições de *offshore*.

Palavras-chave: Icnologia, Tafonomia, Tafofácies, Devoniano, Formação Ponta Grossa.

ABSTRACT

The present study has as main objective to confront the ichnological and taphonomic interpretations aiming to characterize the paleoenvironmental context represented by one section of the Devonian (Emsian) of the Paraná Basin (Southern Brazil). Six ichnofabrics were diagnosed, namely: *Planolites-Palaeophycus*, *Skolithos*, *Asterosoma-Teichichnus*, *Chondrites*, *Asterosoma-Zoophycos* and *Asterosoma-Chondrites*. Ichnofabrics of *Skolithos* and *Chondrites*, respectively, represent changes in hydrodynamic energy and oxygenation. Amendments in these parameters permitted the opening of the "colonization window", resulting in momentary suppression of resident ichnofauna by an opportunistic ichnofauna. It also identified three taphofacies to the section (TA, TB and TC). TA occurs with the predominance of fossils with bivalves bodies, disarticulated, entire and concordant to bedding plane in parautochthonous to allochthonous context; The TB is the expression of bivalves bodies, articulated, in apparent life position in context of autochthony; and the TC expressed bivalves bodies, entire, articulated in apparent life position, multielement bodies, entire, disarticulated and concordant with the bedding plane, and univalves bodies, entire and concordant to bedding plane, all of them with a predominance of autochthony. The TA is associated with *Planolites-Palaeophycus*, *Chondrites*, *Asterosoma-Zoophycos* and *Asterosoma-Chondrites* ichnofabrics, suggesting depositional conditions at transitional offshore. The TB is associated with the *Skolithos* ichnofabric, expressing shoreface conditions. The taphofacies C occurs in beds with BI 0 probably relating with a maximum of anoxia represented in these layers. Was diagnosed three main peaks of hydrodynamic energy in the section, representing oscillations influenced by storm events (the curve of relative paleobathymetry follows this parameter). As regards the oxygenation, occur five moments of dysoxic to anoxic conditions. The salinity rate not changed, featuring normal situation for the marine environment. The sedimentation rate is moderate, but at certain levels becomes high. From the dominance of the conditions expressed by the TA and the Archetypal Cruziana Ichnofacies, it was concluded that the deposition of sediments occurred in the transitional offshore context, influenced by storm. The levels of occurrence of TB associated with Proximal Cruziana Ichnofacies, has identified a depositional context of shoreface, influenced by storm. Finally, the layers when were diagnosed the TC, even though no bioturbations associated, register the maximum of anoxia at the section, under offshore conditions.

Key-words: Ichnology, Taphonomy, Taphofacies, Devonian, Ponta Grossa Formation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Arcabouço cronoestratigráfico da sucessão devoniana na margem leste da Bacia do Paraná	21
Figura 2. Seção Colunar Tibagi - Alto do Amparo, Afloramento BR 153 km 211.....	22
Figura 3. Localização da área de estudo	23
Figura 4. Perfil estratigráfico da seção analisada.....	24
Figura 5. Afloramento BR 153 - km 211.....	26
Figura 6. Diagrama representativo do índice de bioturbação	26
Figura 7. Esquema representativo do empilhamento das quadrículas na seção analisada	28
Figura 8. Representação da quadrícula 1.....	30
Figura 9. Representação da quadrícula 2.....	31
Figura 10. Representação da quadrícula 3.....	32
Figura 11. Representação da quadrícula 4.....	34
Figura 12. Representação da quadrícula 5.....	35
Figura 13. Representação da quadrícula 6.....	36
Figura 14. Icnofábricas da seção.....	43
Figura 15. Fósseis coletados na seção em estudo	48
Figura 16. Reconstituição paleoambiental representada pela tafofácies A.....	52
Figura 17. Reconstituição paleoambiental representada pela tafofácies B.....	53
Figura 18. Reconstituição paleoambiental representada pela tafofácies C.....	54
Figura 19. Posicionamento inferido das tafofácies no ambiente marinho.....	55
Figura 20. Parâmetros ambientais inferidos pela associação dos dados icnológicos e tafonômicos.....	56

Lista de Tabelas

Tabela 1. Litologia do afloramento BR 153, Km 211.....	20
Tabela 2. Tafofácies do Afloramento BR 153 km 211.....	44
Tabela 3. Relação entre IB e a ação da TAZ.....	49
Tabela 4. Relação de hábitos tróficos representados por bioclastos e icnofábricas.....	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Organização geral da dissertação	15
3 EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO PALEONTOLÓGICO NO DEVONIANO PARANAENSE	16
4 CONTEXTO GEOLÓGICO	18
5 MATERIAIS E METODOS	23
6 RESULTADOS.....	28
6.1 Quadrícula 1.....	29
6.2 Quadrícula 2.....	30
6.3 Quadrícula 3.....	31
6.4 Quadrícula 4.....	32
6.5 Quadrícula 5.....	34
6.6 Quadrícula 6.....	35
7 ANÁLISE DAS ASSOCIAÇÕES FOSSILÍFERAS.....	37
7.1 Icnofábricas	37
7.1.1 Icnofábrica de <i>Planolites-Palaeophycus</i>	37
7.1.2 Icnofábrica de <i>Skolithos</i>	38
7.1.3 Icnofábrica de <i>Asterosoma-Teichichnus</i>	39
7.1.4 Icnofábrica de <i>Chondrites</i>	40
7.1.5 Icnofábrica de <i>Asterosoma-Zoophycos</i>	41
7.1.6 Icnofábrica de <i>Asterosoma-Chondrites</i>	41
7.2 Tafofácies.....	44
7.2.1 Tafofácies A	44
7.2.2 Tafofácies B	46
7.2.3 Tafofácies C	46
7.3 TAZ <i>versus</i> Índice de Bioturbação	49
7.4 Padrões paleoecológicos observáveis.....	50
8 CONTEXTO PALEOAMBIENTAL	51
8.1 Icnofábricas <i>versus</i> tafofácies	51

8.2 Anoxia no contexto da seção	55
9 CONCLUSÕES	57
10 REFERÊNCIAS.....	58
11 APÊNDICE.....	68
11.1 Lista de amostras analisadas.....	68

1 INTRODUÇÃO

A Icnologia estuda as interações entre os organismos e o substrato, com ênfase no modo em que os animais e as plantas deixam o registro de tal atividade (EKDALE *et al.*, 1984). Estas interações são estudadas pela Neoicnologia em ambientes modernos e pela Paleoicnologia no registro fóssil. Seilacher (1964) sintetizou que icnofósseis são estruturas sedimentares resultantes da atividade biológica.

Buatois *et al.* (2002) ressaltaram que os icnofósseis possuem algumas particularidades quando comparados aos fósseis corporais, como longa ocorrência temporal, restrição de fácies, ausência de transporte, presença em rochas sem fósseis corporais, produção por fauna de corpo mole e ainda permitem inferências etológicas. Assim, considerando os tendenciamentos do registro sedimentar, os icnofósseis preenchem importante lacuna, pois fornecem valiosas informações sobre a ação da fauna endobentônica, correspondendo ao registro do comportamento dos animais bioturbadores em resposta aos parâmetros atuantes no meio, incluindo de organismos com corpo mole (BROMLEY, 1996).

Como ferramentas de análise, os icnofósseis possuem pouco valor bioestratigráfico devido à longa distribuição vertical na coluna geológica; mas são úteis para correlações de superfícies estratigráficas ou bacias isócronas, e também para comparações paleoecológicas de sucessões sedimentares diacrônicas (NETTO, 2001; BUATOIS *et al.*, 2002).

A ilação do zoneamento paleoambiental dentro do paradigma das icnofácies é embasada, principalmente, nas classes etológicas determinadas por fatores limitantes à distribuição da fauna endobentônica, tais como energia do meio, oxigenação, salinidade, taxa de sedimentação e a coesividade do substrato. A análise icnológica, assim, possibilita reconhecer aspectos da gênese dos depósitos sedimentares (BROMLEY & EKDALE, 1984; EKDALE, 1988; BEYNON & PEMBERTON, 1992; PEMBERTON & WIGHTMAN, 1992; BROMLEY, 1996; MARTIN, 2004).

Em síntese, os icnofósseis representam a resposta do organismo gerador aos processos atuantes no meio, com vínculos faciológicos bem

definidos e gerando uma assinatura icnológica que pode ser elemento-chave na correlação e interpretação de depósitos sedimentares (NETTO, 2000).

O termo Tafonomia foi proposto por Efremov (1940) para denominar o estudo das “leis” que governam a transição dos restos orgânicos da biosfera para a litosfera. Behrensmeyer & Kidwell (1985) definiram a Tafonomia como o estudo dos processos de preservação e o modo como eles afetam a informação no registro fóssilífero. Considerando os processos em análise, a Tafonomia pode ser subdividida em bioestratinomia e diagênese dos fósseis. A bioestratinomia corresponde à história sedimentar dos organismos, da morte até o soterramento, enquanto que a diagênese estuda os processos físicos e químicos que alteram os restos de esqueletos, após o soterramento e antes do metamorfismo (SEILACHER, 1970; FLESSA *et al.*, 1992).

Em análises tafonômicas, o fóssil é considerado como uma partícula sedimentar, denominada de bioclasto, e pode apresentar assinaturas tafonômicas distintas. No caso de macroinvertebrados, essas assinaturas podem ser analisadas por meio de atributos como graus de articulação, fragmentação, abrasão, arredondamento, orientação dos bioclastos, entre outros (SPEYER & BRETT, 1988; 1991; HOLZ & SIMÕES, 2002). Esses atributos variam de acordo com a distribuição dos bioclastos na bacia. Nas porções mais proximais, comumente de maior energia hidrodinâmica, os bioclastos geralmente apresentam níveis de maior fragmentação, desarticulação, abrasão, corrosão e reorientação, enquanto que em regiões mais distais esses níveis são reduzidos (SPEYER & BRETT, 1988).

O conceito de tafofácies postula que há relação direta entre as assinaturas tafonômicas e as características genéticas do ambiente deposicional. As tafofácies são definidas como corpos de rochas identificados a partir de suas características tafonômicas que permitem interpretar os processos e ambientes de fossilização (SPEYER & BRETT 1988; WANI, 2003).

Dados tafonômicos aliados à análise de Estratigrafia de Sequências apresentam maior confiabilidade, uma vez que os processos inferidos pela Tafonomia relacionam-se à formação de um depósito sedimentar. Sendo assim, a análise de tafofácies integrada a um arcabouço de Estratigrafia de

Sequências fornece relevantes dados relacionados às oscilações no nível de base, dos paleoambientes e dos tratos de sistema (HORODYSKI, 2014).

Embora a Tafonomia e a Icnologia tenham sido utilizadas para realizar interpretações paleoambientais no Devoniano da Bacia do Paraná, não há na bibliografia, trabalhos que integrem essas perspectivas de análise para as camadas em apreço. Sendo assim, o presente estudo almeja analisar de modo conjunto dados icnológicos e tafonômicos para auxiliar na compreensão do contexto paleodeposicional responsável pela gênese das camadas em estudo. A integração supracitada configura uma abordagem inédita para o Devoniano da Bacia do Paraná, e fornece a possibilidade de interpretações paleoambientais mais acuradas.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho apresenta como principal objetivo integrar as interpretações icnológicas e tafonômicas almejando a caracterização do contexto paleoambiental representado por uma seção do Devoniano (Emsiano) da Bacia do Paraná.

Para tanto, fez-se necessário atingir os seguintes objetivos específicos:

- i.* Elaborar o perfil estratigráfico da seção em análise;
- ii.* Identificar as icnofábricas presentes no depósito sedimentar;
- iii.* Descrever as tafofácies de macroinvertebrados marinhos;
- iv.* Relacionar as icnofábricas aos atributos tafonômicos dos bioclastos associados;
- v.* Confrontar os dados icnológicos e tafonômicos obtidos na seção;
- vi.* Inferir as condições deposicionais de energia do meio, oxigenação, salinidade, taxa de sedimentação e paleobatimetria relativa representadas pela bioturbação e pelos bioclastos.

2.1 Organização geral da dissertação

O presente texto inicia-se com um breve histórico dos principais trabalhos de cunho paleontológico para o Devoniano paranaense, demonstrando a evolução das pesquisas e suas contribuições para interpretações paleoambientais. Posteriormente é realizada a contextualização

geológica da área de estudo, posicionando-a no sistema Devoniano da Bacia do Paraná.

Um capítulo é destinado aos materiais e métodos no sentido de se demonstrar de que forma realizou-se a aquisição dos dados da presente pesquisa. A metodologia aplicada à coleta dos bioclastos almejou reter o maior número possível de informações, seguindo protocolos paleoautoecológicos disponíveis na literatura. Para a análise icnológica foi realizada prospecção em icnofábricas (bidimensional), devido à forma de exposição da seção analisada não possibilitar a visualização tridimensional das bioturbações. Também é apresentado o perfil do afloramento prospectado.

Na seção de resultados são apresentados os dados coletados a partir das técnicas de prospecção adotadas, e, na seção de análise das associações fossilíferas, são discutidas as ocorrências das icnofábricas e das tafofácies a partir dos dados coletados. Nesta perspectiva, na seção de contexto paleoambiental inferiram-se variações em parâmetros como energia hidrodinâmica, taxa de sedimentação, oxigenação e paleobatimetria relativa. Não se identificou variação na salinidade, sendo esta, representativa de normalidade para ambiente marinho em toda a seção. A reconstituição paleoambiental apresentada é embasada na interpretação das icnofábricas e das tafofácies diagnosticadas, e, a partir dessa análise, nas conclusões, foi possível determinar o predomínio de condições de transição ao *offshore* para maior parte da seção.

3 EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO PALEONTOLÓGICO NO DEVONIANO PARANAENSE

Diversos estudos de cunho paleontológico vêm sendo desenvolvidos no Devoniano da Bacia do Paraná desde seu primeiro registro, realizado há mais de um século por Orville Derby e Richard Rathbun, membros da Comissão Geológica do Império do Brasil (entre 1875 e 1877). A riqueza de macroinvertebrados marinhos é, em parte, responsável pela extensa bibliografia produzida para as camadas em questão.

No final do século XIX e início do século XX surgiram registros inéditos na literatura, como os realizados por Clarke (1890; 1900), Kayser (1900) e

White (1908). A monografia de Clarke (1913) é tida como marco para os estudos no Devoniano paranaense, pois apresentou extensa revisão sistemática dos fósseis, além de considerações paleoecológicas, paleogeográficas e paleobiogeográficas. Os principais grupos taxonômicos que ocorrem nas camadas devonianas do Paraná são braquiópodes, moluscos bivalves e gastrópodes, trilobitas, conulários, equinodermos, tentaculitoides, anelídeos, ostracodes, dentre outros (BOSETTI, 2004).

Desde a consagrada monografia de Clarke (1913), vários grupos de invertebrados foram abordados por diversos autores, enfocando revisões sistemáticas. Dentre esses, destacam-se os trabalhos de Boucot & Gill (1956), com a introdução das discussões referentes ao provincialismo faunístico dos mares devonianos do Hemisfério Sul; Cooper (1977), com correlações faunísticas entre bacias da América do Sul e África do Sul; Morsch (1984a; 1984b) com revisão sistemática dos bivalves e registro de novas espécies; Barcellos Popp (1985) com revisão sistemática dos trilobitas calmonídeos; Melo (1985) com detalhados estudos relativos ao Domínio Malvinocáfrico; Bosetti (1989) e Bosetti & Moro (1989), com estudos sistemáticos referentes ao gênero *Lingula* (Brachiopoda: Inarticulata); Ciguel (1989) com estudos abordando os tentaculitoídeos; Kotzian (1995) e Machado (1999) com revisões sistemáticas de moluscos bivalves; Leme *et al.* (2000) com revisão dos conularídeos; dentre outros trabalhos.

A partir da década de 2000, estudos de cunho tafonômico enfocaram o Devoniano da Bacia do Paraná. Esses trabalhos trouxeram novas interpretações para os sistemas deposicionais associados à paleofauna encontrada. Como exemplo, pode-se mencionar o trabalho de Rodrigues *et al.* (2003), que reconheceram classes tafonômicas para os conularídeos; de Bosetti (2004), que identificou duas tafofácies de macroinvertebrados marinhos, correlacionando à paleobiodiversidade; de Ghilardi (2004), que identificou classes tafonômicas para o registro dos trilobitas; Bosetti *et al.* (2009), que utilizaram tafofácies para correlações estratigráficas; Zabini *et al.* (2010), que reconheceram tafofácies com base em lingulídeos; Horodyski (2014), que realizou análise tafonômica, bioestratigráfica e paleoambiental dos invertebrados marinhos; entre outros estudos. Estes trabalhos almejavam a

reavaliação dos conceitos sob a perspectiva de um novo paradigma, relacionados a aspectos genéticos e paleoecológicos dentro do arcabouço conceitual da Estratigrafia de Sequências.

Trabalhos de enfoque icnológico também são abundantes para as camadas em questão. A primeira menção de ocorrência icnológica foi realizada por Oliveira (1912; 1927), quando se referiu aos “tubos de vermes” presentes na Formação Furnas. Também pode-se mencionar os trabalhos de Aceñolaza & Ciguel (1987), que compararam os icnofósseis das formações Balcarce (Argentina) e Furnas; Bergamaschi (1992), Borghi (1993; 1994), Ciguel *et al.* (1996), Assine & Góis (1996) e Assine (1996; 1999), que se utilizaram dos icnofósseis para interpretações paleoambientais na formação Furnas; Campanha (1985), que analisou a ocorrência de *Zoophycos*, abundante na Formação Ponta Grossa; Abelha *et al.* (2007), que identificaram diversas icnofácies para essas camadas; Netto *et al.* (2012), que sintetizaram as principais ocorrências icnofossilíferas para o Fanerozoico da Bacia do Paraná e ainda identificaram algumas suítes principais para o Devoniano paranaense; Sedorko *et al.* (2013), que realizaram um levantamento dos trabalhos de cunho icnológico para o Devoniano paranaense; entre diversos outros trabalhos. Em síntese, desde os primeiros registros no início do século XX muito se avançou no conhecimento icnológico do Devoniano paranaense, com estudos predominantemente icnotaxonômicos e concentrados na Formação Furnas, rareando para as camadas superiores do referido sistema.

4 CONTEXTO GEOLÓGICO

A região em estudo insere-se na bacia sedimentar do Paraná, que abrange porções territoriais do Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai, com aproximadamente 1.500.000 km². Esta bacia é definida como uma sinéclise intracratônica preenchida com sedimentos paleozoicos, mesozoicos, lavas basálticas e, localmente, rochas cenozoicas (SCHNEIDER *et al.*, 1974; MILANI *et al.*, 2007). A evolução de sua sedimentação envolveu complexa interação de fatores tectônicos, paleogeográficos e paleoclimáticos (SANTOS *et al.*, 1996).

Nos limites dessa bacia sedimentar há vários arcos estruturais soerguidos paralelamente às suas bordas. Por exemplo, ao sul é delimitada

pelo arco de Martin Garcia, a sudeste pelo arco Pampeano Ocidental-Oriental, oeste pelo arco de Assunção, e a norte pelos arcos de São Vicente e da Canastra. São reconhecidos dois depocentros sedimentares no Brasil, a sub-bacia de Alto Garças (Centro-Oeste do país) e a sub-bacia de Apucarana (Sul do país), separados pelo arco estrutural de Campo Grande-Três Lagoas. Toda a sequência deposicional da bacia possui uma espessura de aproximadamente 7.000 m no eixo deposicional (MILANI, 1997).

Milani *et al.* (2007) reconheceram seis unidades de ampla escala ou Supersequências, delimitadas por superfícies de discordância de caráter inter-regional: 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). A Supersequência Paraná representa deposição em condições marinhas em que as sucessões sedimentares são definidas por ciclos transgressivo-regressivos relacionados a oscilações do nível relativo do mar.

A sucessão devoniana (?Lochkoviano-Givetiano) aflorante na região Centro-Leste do estado do Paraná consiste em depósitos sedimentares siliciclásticos provenientes de mar epírico, localizado entre 70° a 80° de paleolatidade Sul e com clima frio a temperado na época da deposição (COOPER, 1977; SCOTese & MCKERROW, 1990; ISAACSON & SABLOCK, 1990; CUNHA, 2005). Arcabouços estratigráficos de sequências foram propostos para a região (*e.g.* ASSINE, 1996; ASSINE, 2001; BERGAMASCHI, 1999; BERGAMASCHI & PEREIRA, 2001), e, mais recentemente, Grahm *et al.* (2013) revisaram o arcabouço de Bergamaschi (1999) para a região de Tibagi (PR), localidade alvo deste estudo.

Bergamaschi (1999) identificou seis sequências deposicionais de terceira ordem para a sucessão devoniana do Paraná. A sequência A compreende depósitos de antepraia e transicionais (deltaicos e estuarinos). As sequências B, C, D e F são constituídas por depósitos representativos de ambientes que vão do *shoreface* ao *offshore*, e em parte dominados por processos de tempestade (BERGAMASCHI, 1999; GRAHN *et al.*, 2013).

Neste trabalho foi utilizado o arcabouço litoestratigráfico original de Grahn (1992), o de estratigrafia de sequências de Bergamaschi (1999), e, assim, a correlação entre ambos apresentada em Grahn *et al.* (2013). O uso do arcabouço de Grahn (1992) justifica-se por ser de fácil reconhecimento em campo (dos sedimentos mais finos da Formação Ponta Grossa, aos mais grossos da Formação São Domingos), incluindo seus limites, atribuídos ao estratótipo original, estabelecido por Oliveira (1912). O posicionamento cronoestratigráfico dessas unidades pode ser observado na figura 1, e a seção analisada é posicionada próximo ao topo da Formação Ponta Grossa.

A área perfilada tem 12 m de espessura e sua composição litológica é apresentada na tabela 1 a seguir. Na sequência, a figura 2 posiciona o afloramento na seção colunar local, perfilada por Bosetti & Horodyski (2008) e Horodyski (2014).

Intervalo	Litologia
0 a 1 m	siltito arenoso com laminação planoparalela e lentes de arenito fino
1 a 1,2 m	arenito fino quartzoso com acamamento ondulado
1,2 a 3,5 m	siltito arenoso com laminação planoparalela e lentes de arenito fino
3,5 a 3,7 m	arenito fino quartzoso com acamamento ondulado
3,7 a 4 m	siltito arenoso com laminação planoparalela
4 a 6 m	siltito arenoso com laminação planoparalela e lentes de arenito fino
6 a 7,05 m	siltito argiloso, com lentes de arenito fino com laminação planoparalela, mas apresentando acamamento ondulado no topo
7,05 a 9,15 m	argilito (folhelho preto)
9,15 a 11,15 m	siltito argiloso com laminação planoparalela
11,15 a 11,45 m	arenito fino quartzoso, com lentes de arenito médio e estratificação cruzada <i>hummocky</i> (HCS)
11,45 a 12 m	siltito argiloso com laminação planoparalela

Tabela 1. Litologia do afloramento BR 153, km 211.

Age	Paraná Basin		Sequences	Spores		Chitinozoans Grahns 2005 Mendlowicz Maunder et al. 2009
	Apucarana Sub-basin	Alto Garças Sub-basin *		A	B	
Frasnian				IV	TP	U. bastosi S. langei
					BMu	
				BM	BPi	Hoegisphaera glabra
				BJ		
Givetian		Chapada Group unit 4	F	TCO	Trg	Fungochitina microspinata Ancyrochitina taouratinensis
				TA		
				AD	Lem	Ramochitina stiphrospinata
Eifelian	São Domingos Fm.		E		Lli	
Eifelian		Chapada Group unit 2	D	Pre-Lem	Per	Alpenachitina eisenacki
		Chapada Group unit 3				?
Emsian			C	AP	Vel	Ancyrochitina varispinosa**
				Pre-Vel	GS	Ancyrochitina parisi
Emsian	?	?	?	FD	Not yet defined	
				AB		Ancyrochitina pachycerata
Pragian	Ponta Grossa Fm.	Chapada Group unit 2	B	Su		
				PoW		
Pragian				Pre-Su	Ems	Ramochitina magnifica
Lochkovian				BZ	E	Urochitina lobo
	Furnas Fm.	Chapada Group unit 1	A	MN	NsZ	Angochitina strigosa

Figura 1. Arcabouço cronoestratigráfico da sucessão devoniana na margem leste da Bacia do Paraná. Sequências (A-F) de acordo com Bergamaschi (1999). Outras legendas: A = Zoneamento de miosporos para a Europa Ocidental após Streel *et al.*, (1987) e Steemans (1989) *apud* Grahns *et al.* (2013). B = Zoneamento de miosporos para o Gondwana Ocidental (Norte do Brasil), após Melo & Loboziak (2003) *apud* Grahns *et al.* (2013). Mb Tib. = Membro Tibagi da Formação São Domingos. **= Biozona informal. ***= Zona *Angochitina praedensibaculata* (Fonte. GRAHNS *et al.*, 2013).

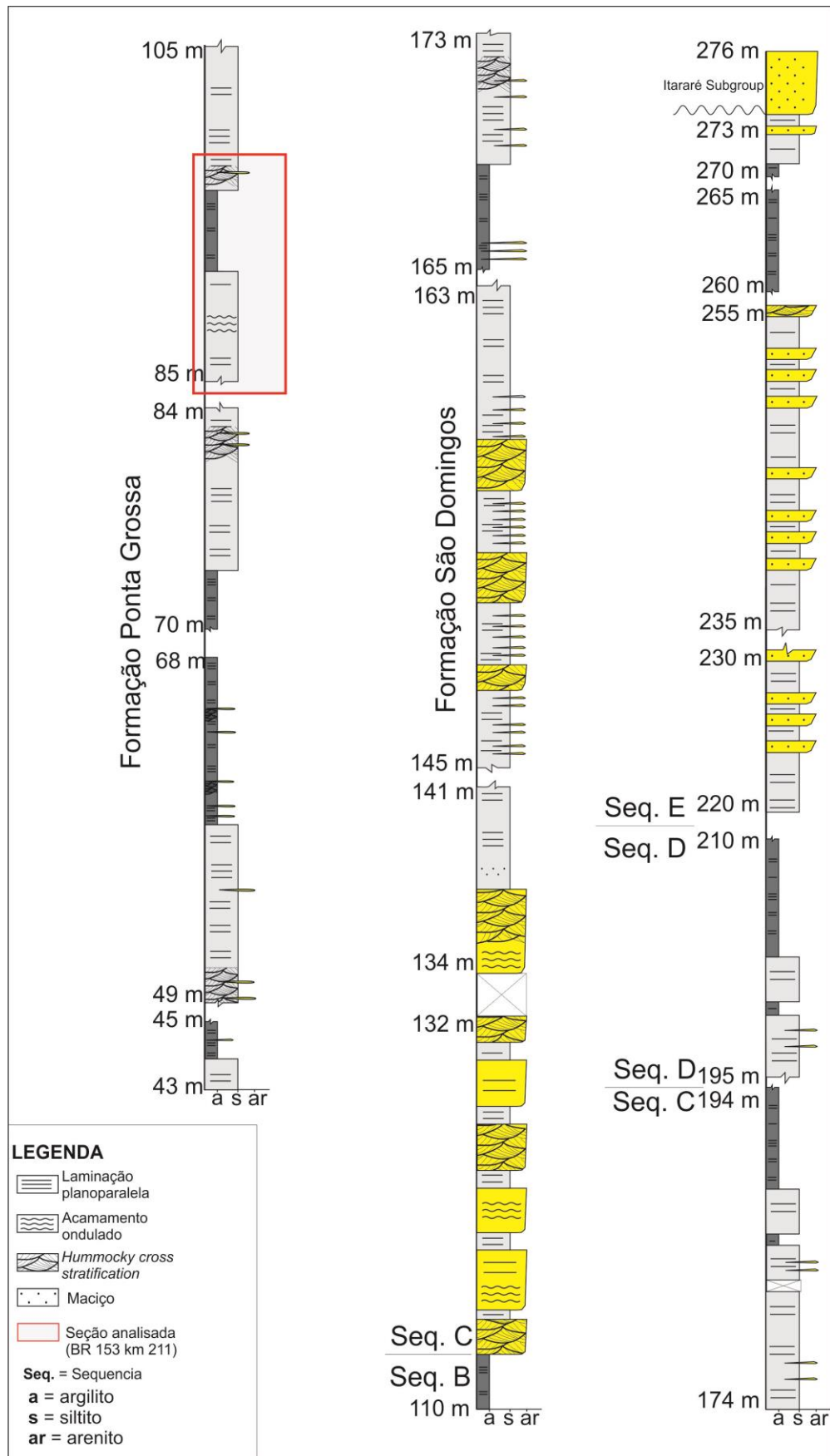


Figura 2. Seção Colunar Tibagi - Alto do Amparo, Afloramento BR 153 km 211(modificado de BOSETTI & HORODYSKI, 2008).

5 MATERIAIS E METODOS

No arcabouço estratigráfico de Bergamaschi (1999) e revisado por Granh *et al.* (2013), o Afloramento BR 153 km 211 (Tibagi, PR - 24°33'50"S; 50°27'14"W, figura 3), que é aqui analisado, posiciona-se na sequência B (Emsiano).

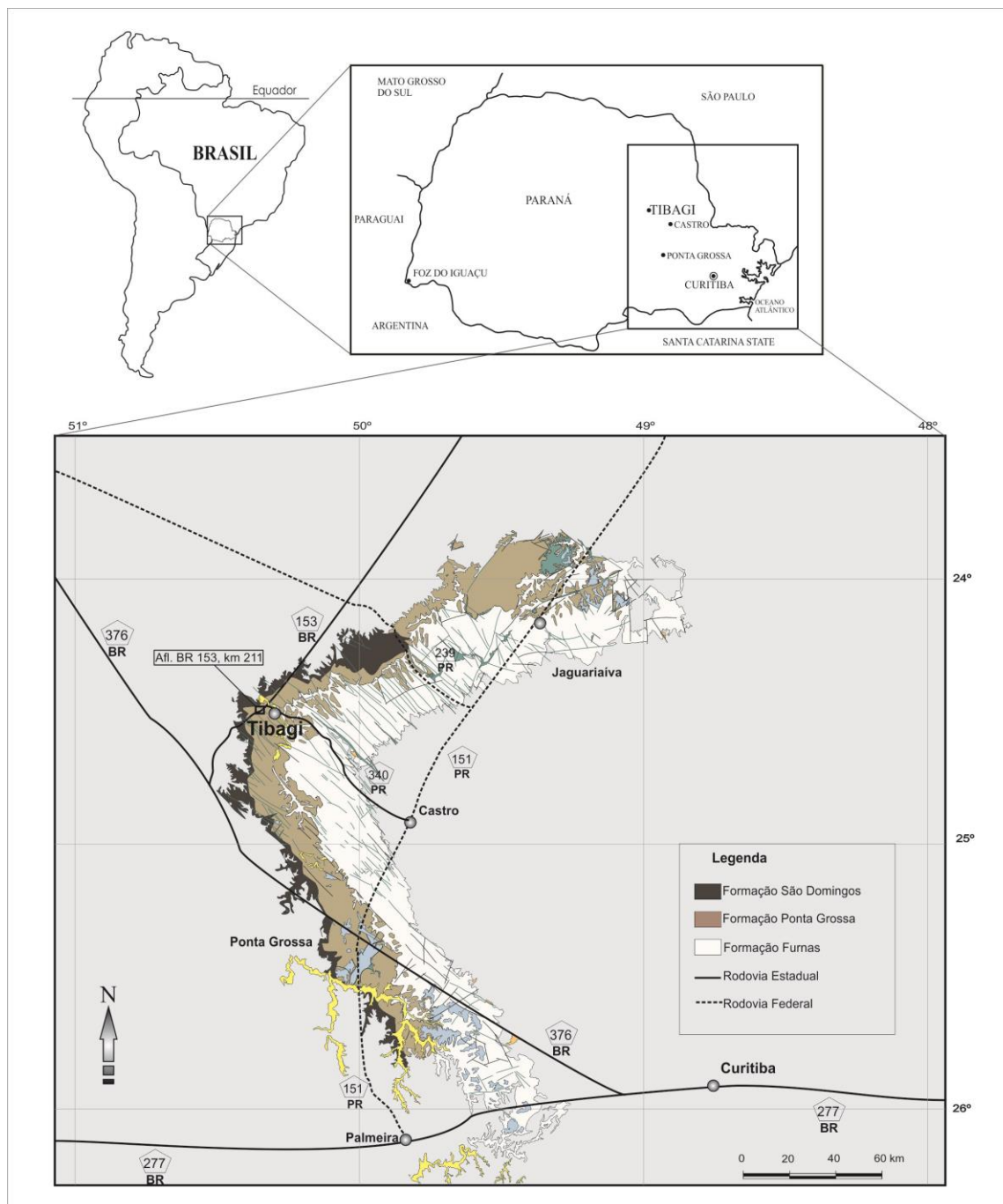


Figura 3. Localização da área de estudo (modificado de BOSETTI *et al.*, 2012).

A sequência B possui localmente em torno de 80 m de espesura e inicia-se com arenitos finos, folhelhos cinza e/ou siltitos bioturbados. Nessa associação faciológica são frequentes fósseis malvinocáfricos e *Zoophycos* isp. (CLARKE, 1913; LANGE & PETRI, 1967; MELO, 1988). A sequência expressa tendência transgressiva (retrogradação) diagnosticada nos registros de raios gama pelo aumento do teor de lama em direção ao topo do intervalo, quando apresenta evidência da superfície de máxima inundação (GRAHN *et al.*, 2013).

A aquisição de dados foi efetuada a partir da descrição das feições litológicas, icnológicas e tafonômicas. Primeiramente realizou-se a identificação e mensuração de uma sucessão estratigráfica, com auxílio de clinômetro e trena, para empilhar e compor o perfil da seção estratigráfica de superfície. Os resultados são expostos no perfil estratigráfico da seção (figura 4) e posteriormente discutidos em conjunto com os demais dados.

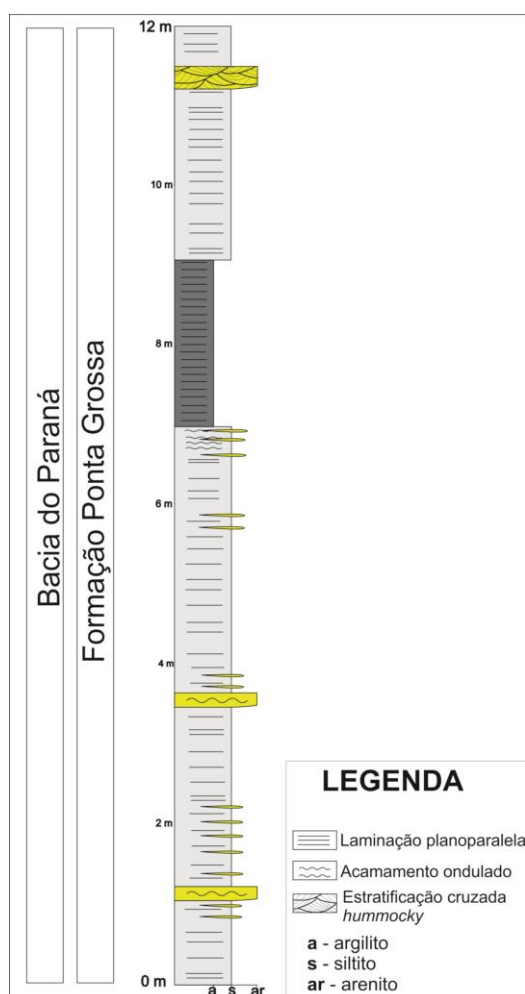


Figura 4. Perfil estratigráfico da seção analisada.

Uma vez que a seção analisada não favorece a observação tridimensional dos icnofósseis, pois não oferece exposição em pavimentos, as feições icnológicas foram observadas no contexto de icnofábricas. Na análise de icnofábricas, a identificação é embasada em “aproximações” aos táxons, que visam auxiliar a reconstrução do cenário da biocenose original escavadora do substrato. Mesmo em bioturbações indistintas (quando não é possível identificar os icnotáxons) pode-se reconhecer o grau de retrabalhamento do substrato. A morfologia e o padrão arquitetural nos fornecem valiosas informações sobre a etologia de seus organismos geradores (PEMBERTON *et al.*, 1992). Na análise a partir de icnofábricas, escavações epiestratais são pouco evidentes ou até imperceptíveis, e, sendo assim, neste estudo predominou a análise das escavações intraestratais.

Icnofábricas correspondem à textura gerada pela atividade de bioturbação (retrabalhamento orgânico no interior do substrato) que comumente exhibe preservação bidimensional (em exposições verticais e em testemunhos de sondagem), podendo ser classificada em icnofábrica simples, que representam a atividade de uma comunidade bentônica, ou composta, que representam sucessivas comunidades em diferentes períodos de tempo.

Para facilitar a visualização das estruturas em icnofábricas foram realizados cortes em perfil na seção (como exemplificado nas figuras 5b,c), que permitiram identificar e distribuir verticalmente as icnofábricas. Posteriormente realizou-se registro fotográfico e descrição das ocorrências identificadas.

Para análise das bioturbações foi adotado o índice de bioturbação (IB) de Reineck (1967), que varia de 0 (sem bioturbação) a 6 (sedimentos homogeneizados/sem estrutura sedimentar aparente), como ilustrado na figura 6. A metodologia de Reineck (1967) é baseada nas alterações das estruturas primárias da rocha, e não necessariamente em métodos de mensuração e análises quantitativas como a metodologia proposta por Taylor & Goldring (1993).

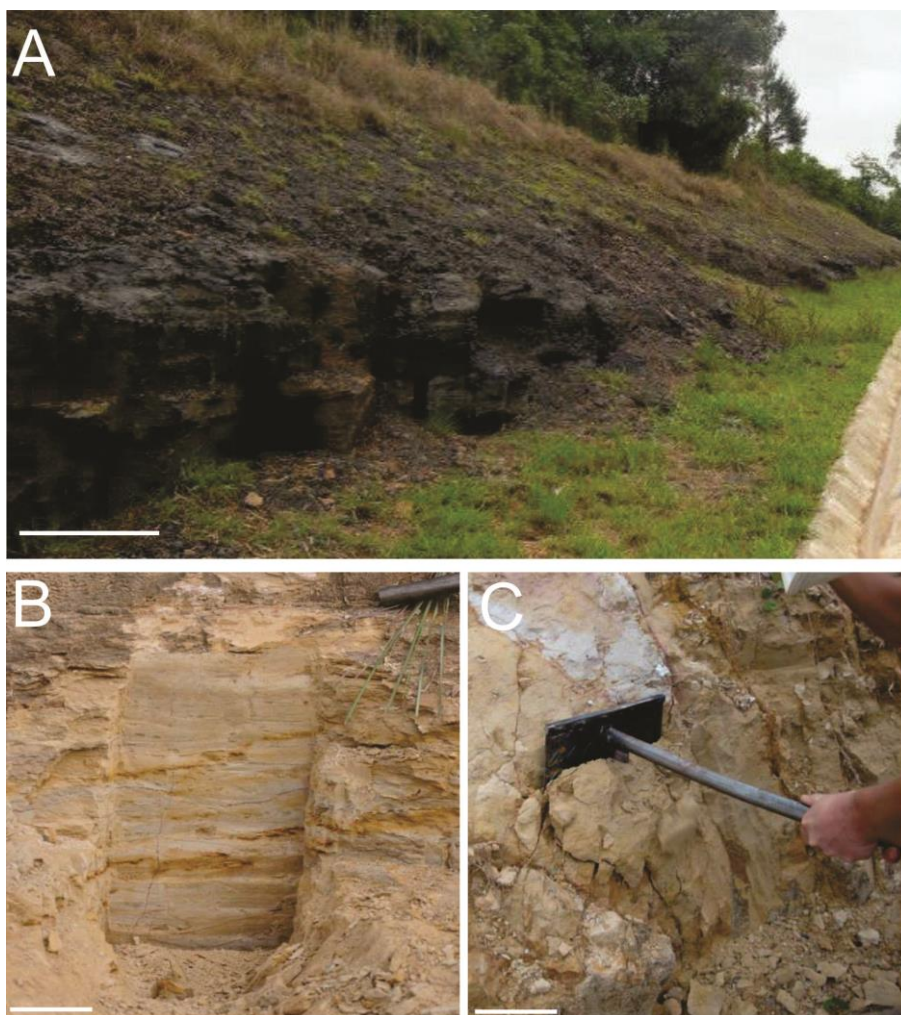


Figura 5. Afloramento BR 153 - km 211. Legenda: A - Visão geral da seção (escala 1 m); B e C - Corte realizado para visualização das icnofábricas (escala 10 cm).

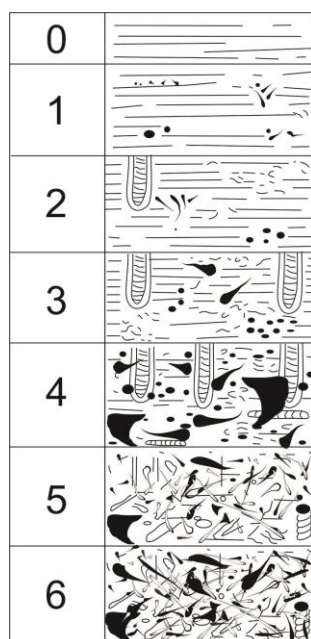


Figura 6. Diagrama representativo do índice de bioturbação (adaptado de REINECK, 1967).

Realizou-se, portanto, identificação das principais icnofábricas, considerando o modo que apareceram na seção para diagnose de icnofábricas simples ou compostas. Também foram consideradas suas relações de *tiering*, ou seja, à interação dos escavadores gerada pela sobreposição de icnofábricas numa mesma camada, bem como de icnoguildas, relacionadas ao modo de exploração do substrato e sua categoria trófica, representados pela bioturbação em um mesmo nível.

Para a aquisição de dados tafonômicos aplicou-se o protocolo paleoautoecológico de Simões & Ghilardi (2000) e a metodologia empregada por Bosetti (2004) na região. Essa metodologia almeja reter ao máximo as informações tafonômicas, consistindo basicamente na delimitação de quadrículas de 3 m de base por 2 m de altura, onde são coletados os fósseis. As quadrículas devem ser empilhadas na seção e a litologia deve ser considerada ao posicionar os fósseis encontrados. Deve-se evitar falhas geológicas para não influenciar na interpretação. De mesmo modo, deve-se padronizar a duração da coleta, a quantidade de coletores por quadrícula, e assegurar que toda a área delimitada seja explorada, para evitar tendenciamentos tafonômicos, como a exploração maior de determinado nível, resultando em uma maior diversidade que não condiz com a realidade. Neste trabalho ainda foi considerada a orientação azimutal da quadrícula.

Os graus de aloctonia, parautoctonia e autoctonia foram diagnosticados considerando o hábito e local de vida do organismo e os atributos tafonômicos diagnosticados, principalmente os indicativos de transporte. A figura 7 ilustra como se deu a disposição vertical das quadrículas na seção analisada.

Nesse procedimento foram coletadas 196 amostras contendo um ou mais bioclastos, como exposto no apêndice (seção 11.1). As amostras foram tombadas na coleção do Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, sob a numeração DEGEO/MPI 1500; 1501; 9610; 9636 a 9795; 9978 a 9997; 10434 a 10440; 10454 a 10461.



Figura 7. Esquema representativo do empilhamento das quadrículas na seção analisada (escala: 2 m).

A análise laboratorial das amostras possibilitou a identificação das tafofácies a partir dos critérios estabelecidos por Speyer & Brett (1986; 1988). Nessa análise foram considerados o tipo de esqueleto (univalve, bivalve, multielemento ou teca flexível) e suas assinaturas tafonômicas, as quais sejam graus de desarticulação, de empacotamento, fragmentação, abrasão, corrosão, arredondamento, reorientação, bioerosão, dissolução e posição do bioclasto em relação ao plano de acamamento.

6 RESULTADOS

Nesse capítulo, os dados icnológicos são apresentados em conjunto com os dados faciológicos e tafonômicos para cada quadrícula, da base para o topo. Conforme apresentado no capítulo 5 (Materiais e Métodos) todas as assinaturas tafonômicas observáveis foram verificadas. No entanto, foram diagnosticadas apenas assinaturas como articulação, bioclastos inteiros e posição do mesmo em relação ao plano de acamamento. A ausência das assinaturas como fragmentação, abrasão, bioerosão, incrustação, corrosão, dissolução parcial e arredondamento serviram como dados importantes para as posteriores interpretações paleoambientais.

6.1 Quadícula 1

A base é composta por 1 m de siltito arenoso com laminação planoparalela e lentes de arenito fino. Nestas camadas identifica-se a icnofábrica de *Planolites-Palaeophycus*, cujos icnogêneros acessórios são *Arenicolites*, *Gordia*, *Lockeia* e *Rhizocorallium*, com IB variando de 2 a 3. Os bioclastos presentes neste pacote são exclusivamente de organismos de esqueletos bivalves (lingulídeos infaunais), ocorrendo desarticulados, inteiros, concordantes ao plano de acamamento e fracamente empacotados na matriz, como exposto na figura 8.

Sobrepondo essas camadas, há 0,2 m de arenito fino com acamamento ondulado. Nessas camadas está presente a icnofábrica de *Skolithos*, cujo icnogênero acessório é *Palaeophycus* e o IB é 2. Os bioclastos são de organismos de esqueleto bivalve (gênero *Australospirifer*) ocorrendo articulados, inteiros, em aparente posição de vida e fracamente empacotados na matriz.

No topo da quadricula ocorrem 0,8 m de siltito arenoso com laminação planoparalela e lentes de arenito fino. Nestas camadas está presente a icnofábrica de *Asterosoma-Teichichnus*, com os acessórios *Arenicolites*, *Gordia*, *Lockeia*, *Rhizocorallium*, *Palaeophycus* e *Planolites*. O IB é 5 e não registrou-se a ocorrência de bioclastos.

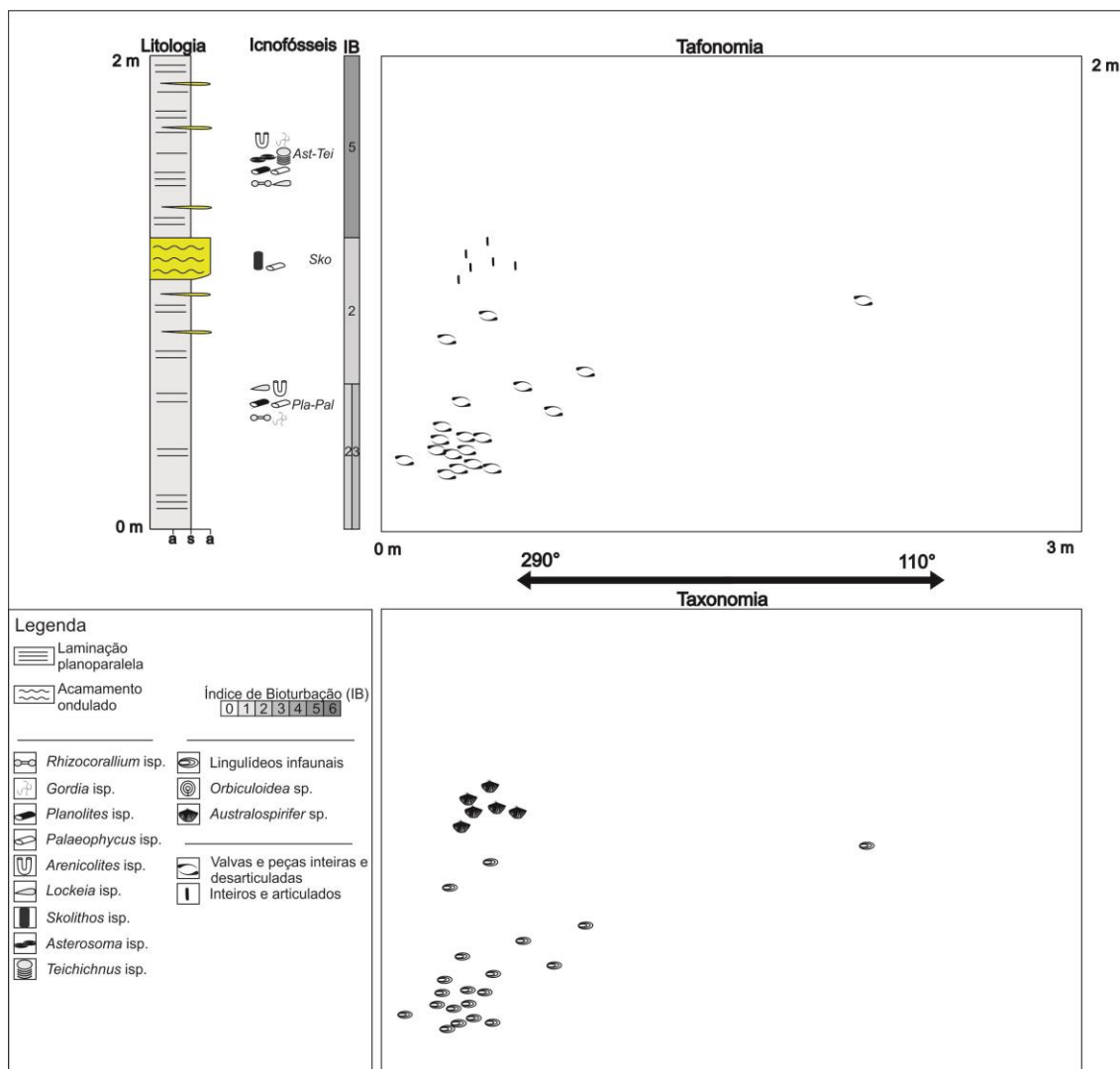


Figura 8. Representação da quadrícula 1.

6.2 Quadrícula 2

Na base há 1,5 m de siltito arenoso com laminação planoparalela e lentes de arenito fino, que é subdividida em duas partes de acordo com as icnofábricas. Inicialmente ocorre a icnofábrica de *Chondrites*, com os acessórios *Palaeophycus* e *Planolites* e IB variando de 2 a 3. Sobrepondo, ocorre a icnofábrica de *Planolites-Palaeophycus*, em que os acessórios são *Cylindrichnus*, *Lockeia*, *Skolithos* e *Thalassinoides*, com IB 3. Os bioclastos presentes nesta porção (1,5 m) são organismos de esqueleto bivalve (gênero *Orbiculoidea*), apresentando-se desarticulados, inteiros, concordantes ao plano de acamamento e fracamente empacotados na matriz como representados na figura 9.

Posteriormente há 0,2 m de arenito fino com acamamento ondulado, onde ocorre a icnofábrica de *Skolithos* com IB 2 e *Palaeophycus* como acessório. Os bioclastos presentes são organismos de esqueleto bivalve (*Australospirifer* sp.), novamente articulados, inteiros, em aparente posição de vida e fracamente empacotados.

Por fim, há 0,3 m de siltito arenoso com laminação planoparalela, exibindo novamente a icnofábrica de *Asterosoma-Teichichnus*, cujos acessórios são, *Chondrites*, *Palaeophycus* e *Planolites*, com IB 5. Não foram encontrados bioclastos nessas camadas.

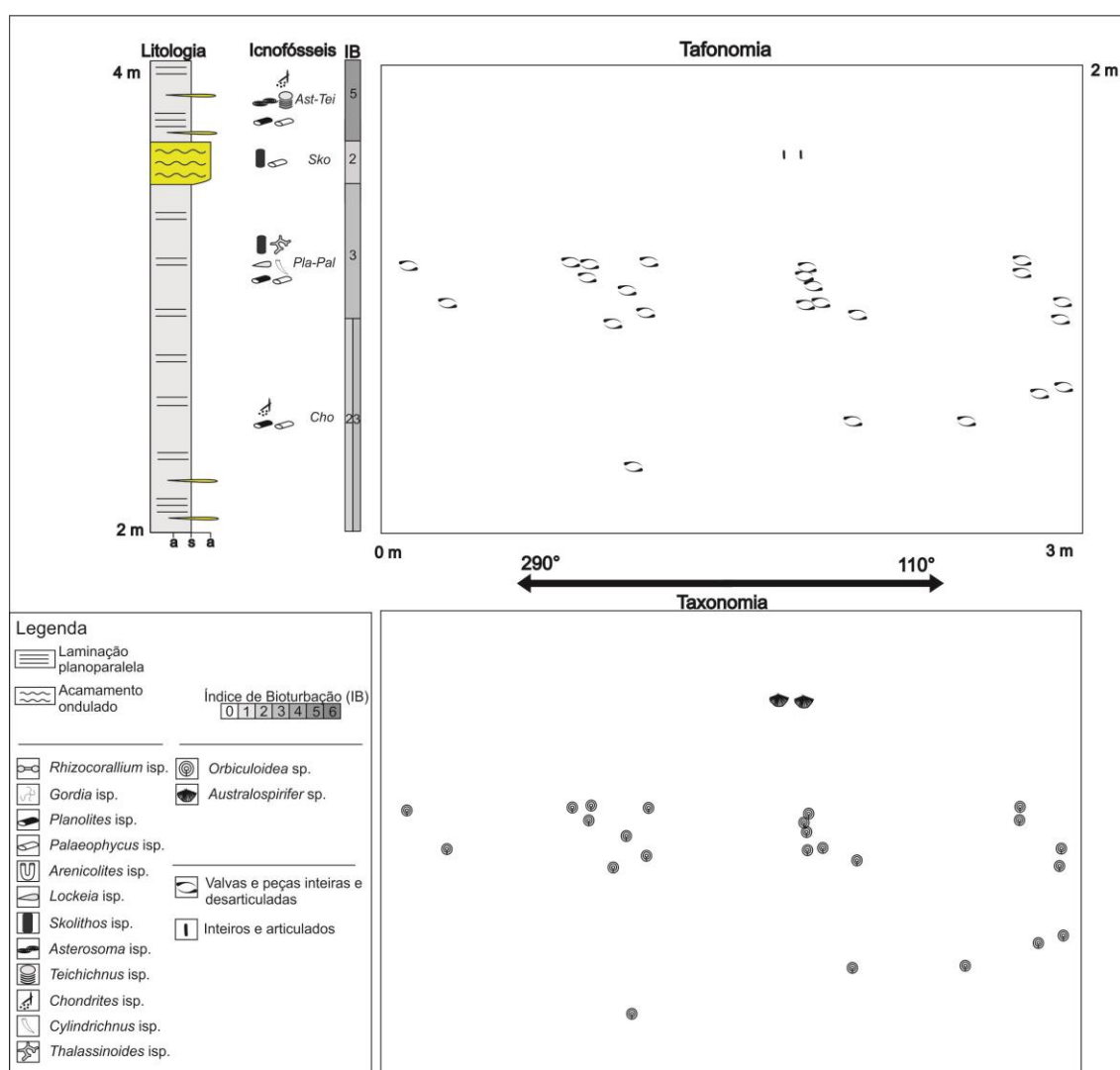


Figura 9. Representação da quadrícula 2.

6.3 Quadrícula 3

Esta quadrícula expõe 2 m de siltito arenoso com laminação planoparalela e lentes de arenito fino (figura 10). Foram identificadas duas

icnofábricas nesta quadrícula, estando presente na base (1,2 m de espessura) a icnofábrica de *Chondrites* e o icnogênero *Planolites* como acessório onde o IB é 2, em que os bioclastos associados são de organismos com esqueleto bivalve (*Orbiculoidea* sp.) ocorrendo desarticulados, inteiros, concordantes ao plano de acamamento e fracamente empacotados na matriz.

Nos 0,8 m do topo da quadrícula, recorre a icnofábrica *Asterosoma-Teichichnus* com IB 5, estando presentes ainda *Arenicolites*, *Chondrites*, *Cylindrichnus*, *Diplocraterion*, *Lockeia*, *Planolites* e *Skolithos*. Nessas camadas não foram encontrados bioclastos.

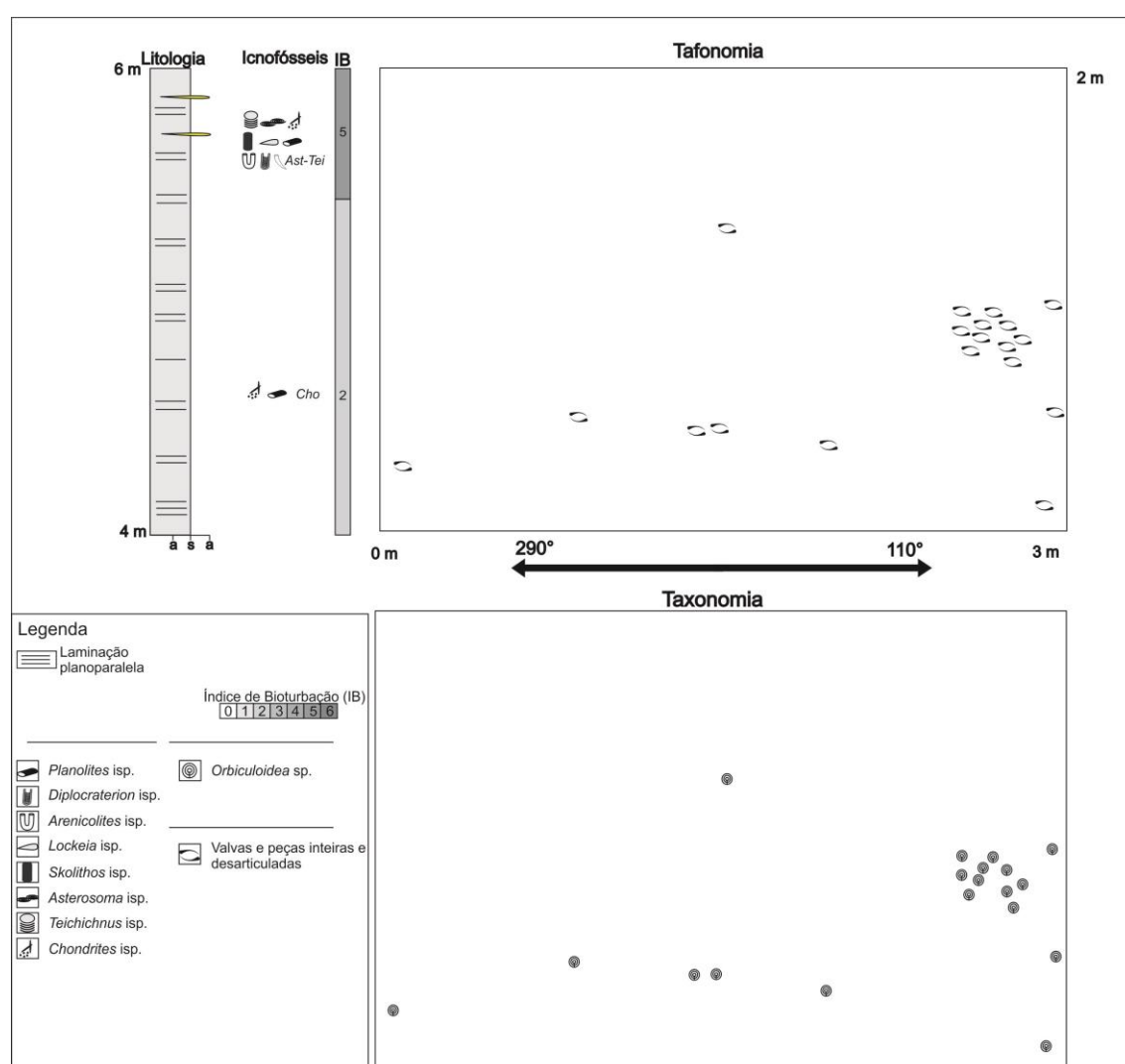


Figura 10. Representação da quadrícula 3.

6.4 Quadrícula 4

Na base dessa quadrícula ocorrem 1,05 m de siltito argiloso, com lentes de arenito fino, predominantemente com laminação planoparalela, mas

pontualmente apresentando acamamento ondulado (figura 11). Nestas camadas está presente a icnofábrica de *Asterosoma-Zoophycos*, com os icnogêneros acessórios *Chondrites*, *Cylindrichnus*, *Rhizocorallium*, *Rosselia* e *Teichichnus* e com IB entre 4 e 5. Os bioclastos nestas camadas ocorrem predominantemente desarticulados, inteiros, concordantes ao plano de acamamento e fracamente empacotados na matriz.

Sobrepondo estas camadas, ocorrem 0,95 m de folhelho, com níveis piritizados. Com base no IB e nas assinaturas tafonômicas, foram identificados dois pacotes menores. Na base há 0,45 m com IB 0 e predomínio de bioclastos de univalves, inteiros e concordantes ao plano de acamamento, mas também ocorrendo fósseis com esqueleto multielemento articulados ou desarticulados, inteiros e de bivalves articulados e inteiros em aparente posição de vida, todos fracamente empacotados.

Posteriormente, nos 0,5 m do topo da quadrícula o IB é de 5 a 6 com a icnofábrica de *Asterosoma-Chondrites*, além da presença de *Cylindrichnus*, *Palaeophycus*, *Planolites*, *Rhizocorallium*, *Rosselia*, *Teichichnus* e *Zoophycos*. Os bioclastos nestas camadas ocorrem desarticulados, inteiros, concordantes ao plano de acamamento e fracamente empacotados.

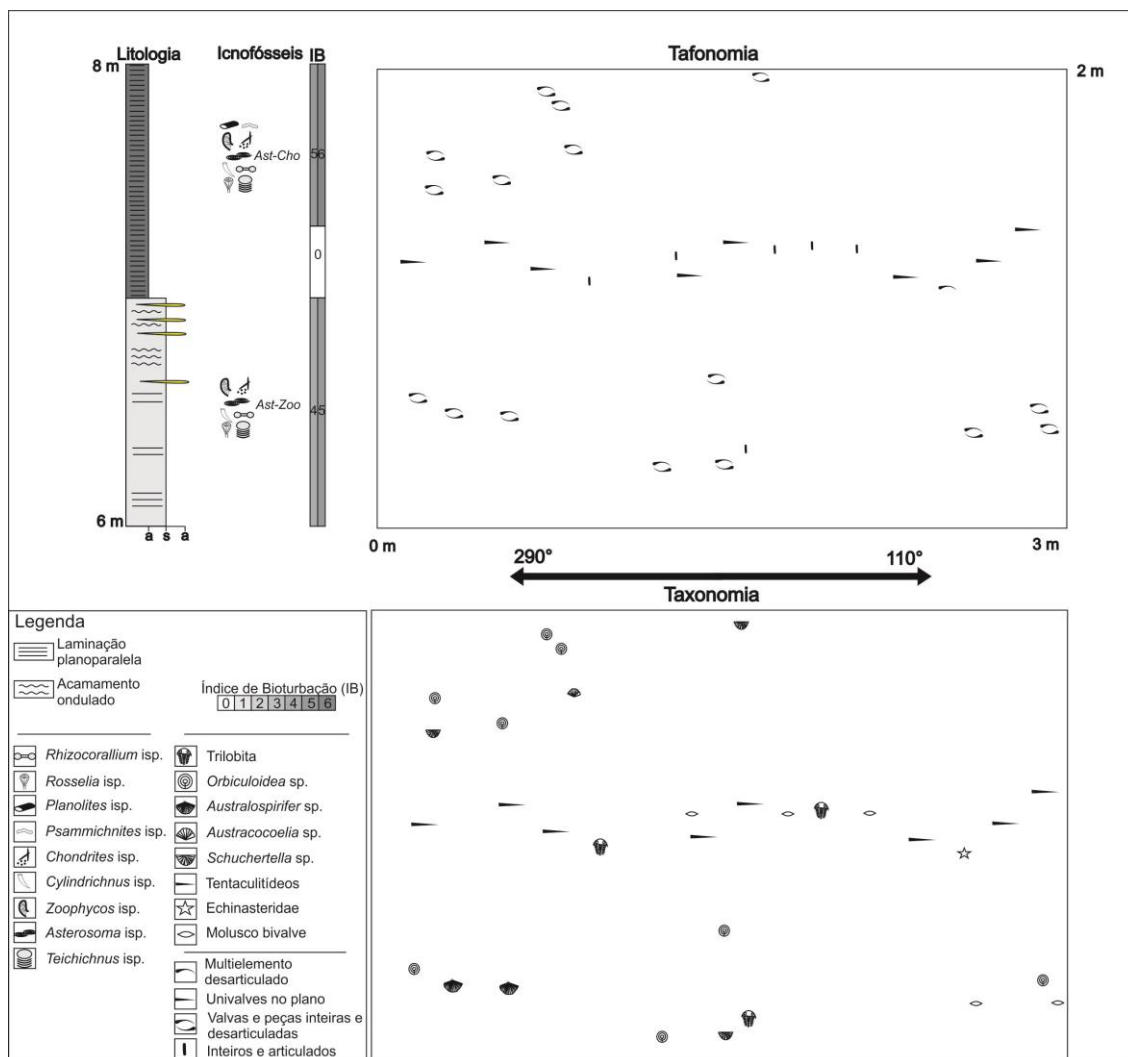


Figura 11. Representação da quadrícula 4.

6.5 Quadrícula 5

Na base da quadrícula há 1,15 m de folhelho preto (figura 12). Nos primeiros 0,35 m mantém-se a expressão da icnofábrica de *Asterosoma-Chondrites*, com IB 4 e 5 e os icnogêneros acessórios *Cylindrichnus*, *Planolites*, *Rhizocorallium*, *Rosselia*, *Teichichnus* e *Zoophycos*. Nos 0,8 m restantes há a recorrência da icnofábrica de *Chondrites* com IB 2.

Sobrepondo, há 0,85 m de siltito argiloso com laminação planoparalela, onde recorre a icnofábrica de *Asterosoma-Chondrites*, com *Cylindrichnus*, *Planolites*, *Psammichnites*, *Rhizocorallium*, *Rosselia*, *Teichichnus* e *Zoophycos* como icnogêneros acessórios e IB 4.

Os bioclastos em toda a quadrícula ocorrem predominantemente desarticulados, inteiros, concordantes ao plano de acamamento e fracamente empacotados a dispersos na matriz.

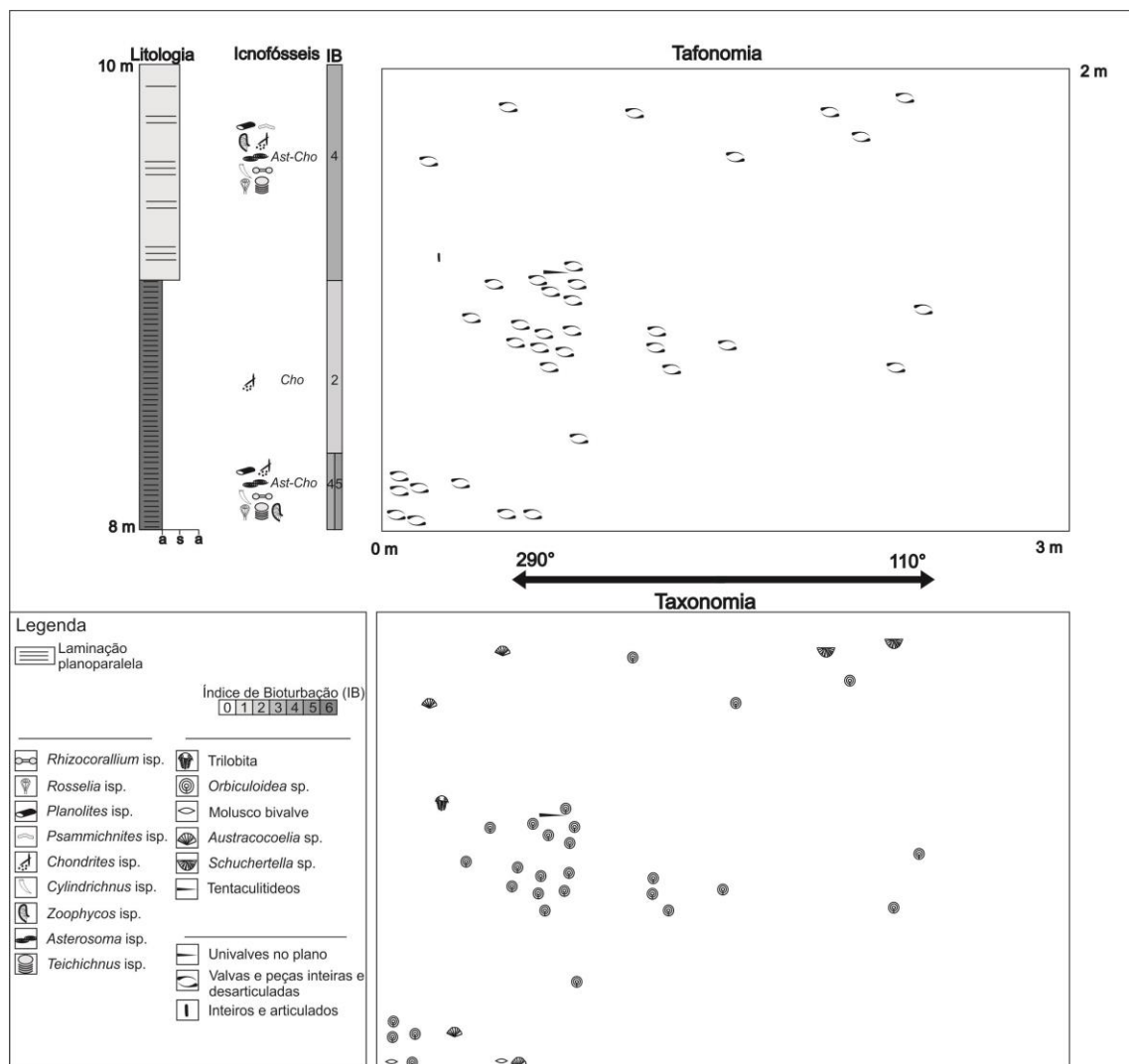


Figura 12. Representação da quadrícula 5.

6.6 Quadrícula 6

Na base dessa quadrícula há 1,15 m de siltito argiloso com laminação planoparalela (figura 13). O contexto icnológico é o mesmo do topo da quadrícula anterior, com IB 5 e exibindo a icnofábrica de *Asterosoma-Chondrites* com *Cylindrichnus*, *Planolites*, *Psammichnites*, *Rhizocorallium*, *Rosselia*, *Teichichnus* e *Zoophycos* como icnogêneros acessórios. Os

bioclastos presentes ocorrem desarticulados, inteiros, concordantes ao plano de acamamento e fracamente empacotados na matriz.

Sobrepondo essas camadas há 0,3 m de arenito fino, com lentes de arenito médio e estratificação cruzada *hummocky* (HCS) apresentando IB 0. Os bioclastos presentes ocorrem articulados, inteiros, em aparente posição de vida e dispersos na matriz. Por fim, acima há 0,55 m de siltito com laminação planoparalela. O IB é 1 e exibe a icnofábrica de *Chondrites*. Não registrou-se a ocorrência de bioclastos.

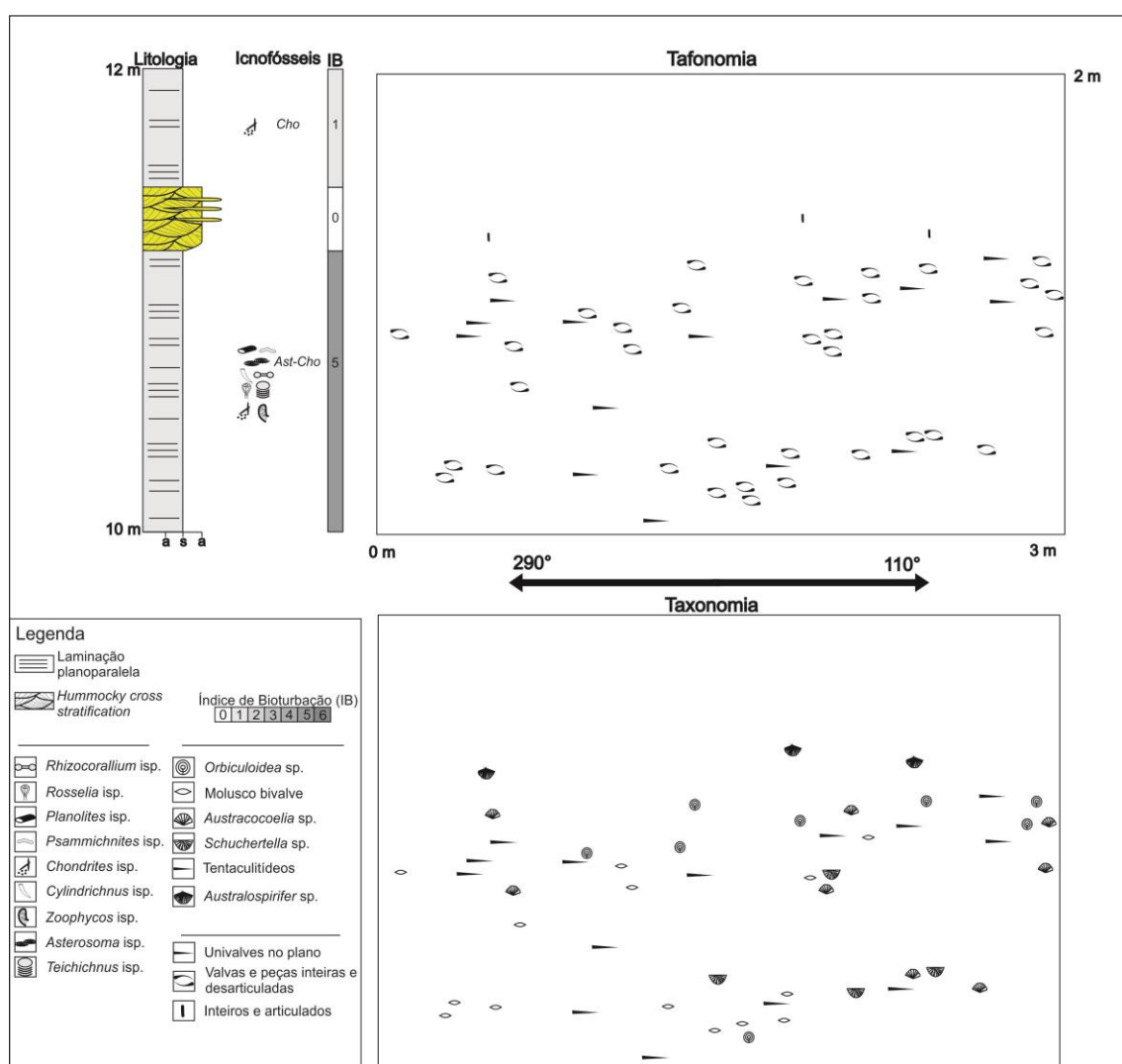


Figura 13. Representação da quadrícula 6.

7 ANÁLISE DAS ASSOCIAÇÕES FOSSILÍFERAS

Nesse capítulo são apontadas as interpretações dos dados adquiridos em trabalhos de campo e análises de laboratório, conforme explicitado nos materiais e métodos.

7.1 Icnofábricas

Foram identificadas 6 icnofábricas na seção, sendo elas: *Planolites-Palaeophycus*, *Skolithos*, *Asterosoma-Teichichnus*, *Chondrites*, *Asterosoma-Zoophycos* e *Asterosoma-Chondrites*.

As icnofábricas frequentemente são classificadas em simples e compostas em que as simples representam a atividade de uma comunidade bentônica enquanto as compostas representam sucessivas comunidades em diferentes períodos de tempo. Para Bromley & Ekdale (1986) as icnofábricas compostas resultam da continua sedimentação que acrescenta sedimento e conduz à migração contínua da fauna bentônica, ou resultam de mudanças bruscas na deposição gerando migração ou extermínio da fauna residente.

7.1.1 Icnofábrica de *Planolites-Palaeophycus*

A icnofábrica de *Planolites-Palaeophycus* (figura 14a), que é expressa na base da seção, ocorre em siltito arenoso com laminação planoparalela e IB entre 2 e 3. Caracteriza-se como uma icnofábrica composta, onde as formas horizontalizadas (*Planolites*, *Palaeophycus*) se sobrepõem às verticalizadas (*Arenicolites*), representando o predomínio de bioturbações horizontalizadas na composição da icnoguilda.

O termo “guilda” foi definido por Root (1967, p.335 *apud* BROMLEY, 1996) como um grupo de espécies, independente da posição taxonômica, que exploram os mesmos recursos de um ambiente. É importante frisar que icnoguildas diferem de guildas, uma vez que os icnofósseis não correspondem diretamente aos organismos da paleocomunidade, mas indicam o modo de exploração do substrato e sua categoria trófica, em um mesmo nível de *tiering* (BROMLEY, 1996).

Esta icnofábrica é aqui caracterizada pelo predomínio de estruturas de alimentação, principalmente resultante da atividade de detritívoros,

representando depósitos em condições de menor energia hidrodinâmica, presumivelmente em contexto de *offshore*.

7.1.2 Icnofábrica de *Skolithos*

A icnofábrica de *Skolithos* (figura 14b) ocorre associada a depósitos de arenitos finos, caracterizando-se como icnofábrica simples expressando predomínio da atividade de moradia/alimentação de suspensívoros. No contexto da seção, a suíte de traços fósseis representada por esta icnofábrica sugere condições de oportunismo, já que possui ocorrência pontual, vinculada ao aporte de areias e substitui a suíte residente, representada em camadas inferiores pela icnofábrica de *Planolites-Palaeophycus*.

Dependendo das variações nos parâmetros ecológicos do meio, as espécies podem se distinguir em tolerantes ou oportunistas. Em síntese, comunidades oportunistas podem adaptar-se rapidamente a um nicho aberto ou não explorado e sua icnofauna caracteriza-se por baixa diversidade, mas alta densidade. Basicamente, o registro do comportamento oportunista caracteriza-se por escavações simples, com hábitos tróficos generalistas, que sugerem rápida colonização e diagnóstico de ambientes instáveis. Tais organismos apresentam alta capacidade de dispersão, além de elevada capacidade de reprodução, enquanto que a estratégia de tolerância pressupõe que os organismos suportam variações nos parâmetros ambientais e permanecem habitando o local (GRASSLE & GRASSLE, 1974).

Dados sedimentológicos indicam que as bioturbações que representam contexto de oportunismo são produzidas em um curto período de tempo e em ambientes desfavoráveis para a maior parte das formas de vida (BROMLEY, 1996).

Essa estratégia ecológica pode ser associada ao conceito de “janela de colonização” (*sensu* POLLARD *et al.*, 1993). Esse conceito relaciona-se às alterações nos parâmetros do meio, que proporcionam a colonização temporária de um ambiente. Como exemplo, Pollard *et al.* (1993) citam o caso da ocorrência de icnofábricas de *Ophiomorpha* em diferentes contextos deposicionais. A literatura aponta que o produtor de *Ophiomorpha* normalmente coloniza ambientes arenosos ou com alta energia, associados à *Skolithos*.

Porém, os autores registram a ocorrência de *Ophiomorpha* em substratos argilosos, em uma fase de baixa energia de um regime sedimentar flutuante. O período disponível para essa colonização é chamado “janela de colonização” e relaciona-se com o intervalo de manutenção das alterações nos parâmetros do meio.

No contexto da seção, a alteração da icnofábrica de *Planolites-Palaeophycus* para de *Skolithos*, atesta acréscimo na taxa de energia hidrodinâmica. Bromley (1996) aponta que a importância de reconhecer a “janela de colonização” reside no fato de que os eventos de colonização são ligados a alterações no regime hidráulico. A alteração da energia hidrodinâmica, portanto, foi determinante para a abertura da “janela de colonização” que oportunizou a supressão da suíte residente por uma icnofauna oportunista.

7.1.3 Icnofábrica de *Asterosoma-Teichichnus*

A icnofábrica de *Asterosoma-Teichichnus* (figura 14c) caracterizada como icnofábrica composta, ocorre em siltito arenoso com laminação planoparalela e lentes de arenito fino, apresentando IB 5. Nesta icnofábrica predominam estruturas de alimentação, horizontalizadas, refletindo a atividade de organismos de hábito detritívoro. Visualizaram-se também estruturas verticalizadas produzidas por organismos suspensívoros (*i.e.* *Arenicolites*, *Cylindrichnus*, *Skolithos*), representando a preservação pontual de *tierings* mais superficiais na capa histórica.

Em condições estáveis a ocupação do substrato obedece a certo escalonamento (*tiering*) composto por níveis de ocupação, indo dos mais superficiais aos mais profundos. A análise da sucessão de *tierings* presentes permite a compreensão da evolução dos processos que levaram à distribuição da fauna bentônica ou que limitaram a colonização desses níveis pela fauna bioturbadora (EKDALE & BROMLEY, 1991).

O elevado IB, associado à maior icnodiversidade e a prospecção de *tiers* inferiores sugerem estabilidade no meio. As condições inferidas por esta icnofábrica sugerem que a fauna bioturbadora teve tempo suficiente para colonizar o substrato e atingir níveis mais profundos, fato este proporcionado

pela estabilidade nos parâmetros paleoambientais. Assim, diagnostica-se aqui a expressão da suíte residente, suprimindo a oportunista, e, neste contexto, adota-se *Asterosoma* como icnoguilda da suíte residente, pois reflete o modo de exploração preferencial de recursos na seção.

7.1.4 Icnofábrica de *Chondrites*

A icnofábrica de *Chondrites* (figura 14d) ocorre em siltitos com laminação planoparalela e em folhelhos pretos, e é caracterizada como icnofábrica simples. Estão presentes estruturas que representam a atividade de organismos detritívoros.

Ocorrências da icnofábrica de *Chondrites*, em contexto geral, representam alterações na oxigenação do meio, para condições de disaerobia a anoxia. Buatois *et al.* (2002) apontam que o predomínio de *Chondrites* em ambientes pobres em oxigênio também pode representar oportunismo. De modo semelhante à colonização pelos produtores de *Skolithos*, a presença de níveis dominados por *Chondrites* representa a abertura da “janela de colonização” para esses produtores. Porém, o parâmetro que sofre alterações neste contexto é a oxigenação, e não a energia hidrodinâmica como nas camadas inferiores.

Os icnogêneros *Chondrites*, *Zoophycos* e *Phycosiphon* são apontados como indicadores de anoxia no substrato (BROMLEY & EKDALE, 1984; EKDALE, 1988; BROMLEY, 1996; MARTIN, 2004). *Chondrites* e *Zoophycos* são produzidos por organismos detritívoros que suportam baixos níveis de oxigenação ou mesmo por organismos de hábito quimiossimbionte, estando aptos a explorar os *tiers* mais profundos no substrato (UCHMAN, 1995; BROMLEY & EKDALE, 1984; BROMLEY, 1996; BUATOIS & MÁNGANO, 2011).

A oxigenação da água intersticial é um importante parâmetro controlador da distribuição da icnofauna, com maior icnodiversidade em locais oxigenados (BROMLEY, 1996). A oxigenação do substrato diminui nas camadas mais profundas, limitando a icnodiversidade às estruturas de organismos tolerantes a altas taxas de disaerobia.

Do mesmo modo, a pressão da coluna d'água aumenta com a profundidade, limitando a oxigenação do substrato, mesmo nas camadas mais superficiais, e inibindo a colonização nos níveis mais profundos. Deste modo, a oxigenação da água intersticial afeta diretamente a composição dos *tierings* e favorece a presença de icnogêneros marcadores de restrição de O₂, como *Chondrites*, *Phycosiphon* e *Zoophycos* (EKDALE, 1988; MARTIN, 2004). A ocorrência de icnofábricas de *Chondrites* e *Zoophycos* corresponde a essa configuração e indica alto grau de disaerobia no substrato (EKDALE & MASON, 1988).

7.1.5 Icnofábrica de *Asterosoma-Zoophycos*

A icnofábrica de *Asterosoma-Zoophycos* (figura 14e) é composta, e ocorre em siltito argiloso, com lentes de arenito fino predominantemente com laminação planoparalela, mas apresentando pontualmente acamamento ondulado. O IB é entre 4 e 5 e há o predomínio de estruturas de alimentação, horizontalizadas, refletindo a atividade de organismos detritívoros. Também ocorrem estruturas verticalizadas produzidas por organismos de hábito suspensívoro (*i.e.* *Cylindrichnus*, *Rosselia*).

Nessa icnofábrica o contexto é semelhante ao exposto para a icnofábrica de *Asterosoma-Teichichnus*, porém, a presença de *Zoophycos* sobrepondo outras estruturas atesta que seu produtor foi o último colonizador. Representa um contexto de baixa energia hidrodinâmica e elevada quantidade de matéria orgânica no substrato, que é utilizada como alimento pela fauna bioturbadora. Deste modo, há o predomínio de estruturas representativas de hábitos mais profundos assentando-se sobre uma icnofauna de hábitos relativamente mais rasos, expressando, assim, uma tendência de inundação corroborada pelos folhelhos pretos que a sobrepõe (MILLER, 1991).

7.1.6 Icnofábrica de *Asterosoma-Chondrites*

A icnofábrica de *Asterosoma-Chondrites* (figura 14f) ocorre em siltito argiloso com laminação planoparalela e em folhelhos pretos. É uma icnofábrica composta, cujo IB varia de 4 a 6, na qual são representadas estruturas de alimentação, horizontalizadas, refletindo a atividade de organismos detritívoros

e decompositores, além de estruturas verticalizadas produzidas por organismos de hábito suspensívoro.

A presença desta icnofábrica representa a colonização de *tiers* mais profundos pela suíte residente, chegando ao nível dos decompositores (BROMLEY, 1996). O predomínio de *Chondrites* expressa condições de baixa energia e alta disponibilidade de matéria orgânica no substrato que indicam um paleoambiente estável, ou seja, que possibilitou a sucessão de exploração dos *tiers* pelos bioturbadores.

Assim, para as icnofácricas de *Planolites-Palaeophycus*, *Asterosoma-Teichichnus*, *Asterosoma-Zoophycos*, *Asterosoma-Chondrites* e *Chondrites* adota-se *Asterosoma* como icnoguilda, por representar o modo preferencial de prospecção de recursos. Do mesmo modo, nos níveis de ocorrência da icnofábrica de *Skolithos* adota-se *Skolithos* como icnoguilda.

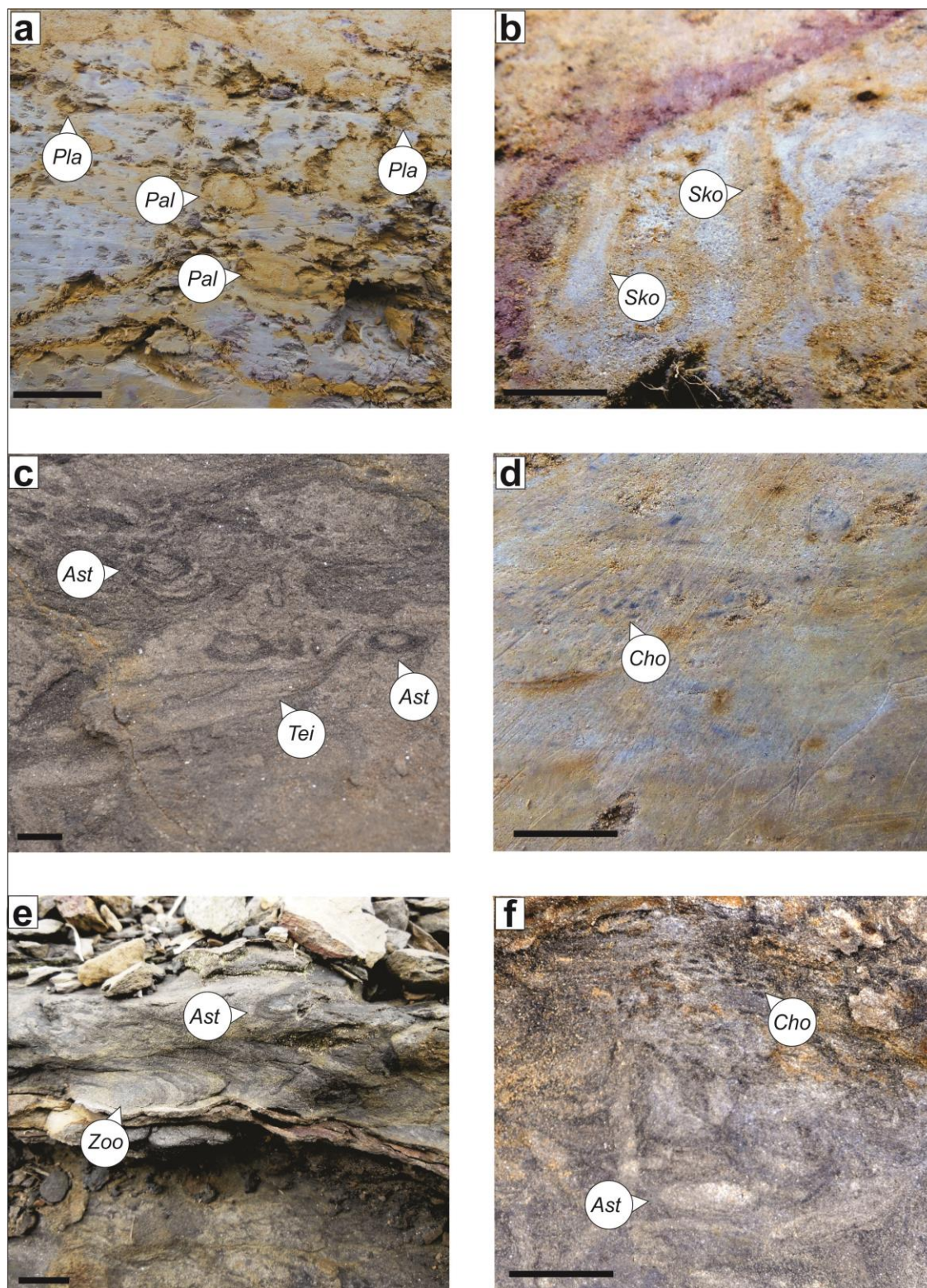


Figura 14. Icnofábricas da seção. Legenda: A - icnofábrica de *Planolites* - *Palaeophycus*; B - icnofábrica de *Skolithos*; C - icnofábrica de *Asterosoma*-*Teichichnus*; D - icnofábrica de *Chondrites*; E - icnofábrica de *Asterosoma*-*Zoophycos*; F - icnofábrica de *Asterosoma*-*Chondrites*. Escala: 1 cm

7.2 Tafofácies

Foram diagnosticadas três tafofácies, denominadas tafofácies A (TA), tafofácies B (TB) e tafofácies C (TC), que serão discutidas a seguir.

Tafofácies	Tipo de esqueleto	Grau de artulação	Descrição	Textura e estruturas	Iconofábricas	Quadrícula
TA	Bivalve, multielemento	Desarticulados	Bioclastos inteiros, desarticulados, concordantes ao plano de acamamento e dispersos a fracamente empacotados	Siltito arenoso, com laminação planoparalela e lentes de arenito fino ou folhelho preto	<i>Planolites-Palaeophycos, Chondrites, Asterosoma-Zoophycos, Asterosoma-Chondrites</i>	1, 2, 3, 4, 5 e 6
TB	Bivalve	Articulados	Bioclastos inteiros, articulados, oblíquos a verticalmente orientados em relação ao plano de acamamento e fracamente empacotados	Arenito fino, acamamento ondulado	<i>Skolithos</i>	1; 2; e 6
TC	Univalve e Multielemento	Articulados (multielemento)	Bioclastos articulados, inteiros, concordantes ao plano de acamamento e fracamente empacotados	Siltito argiloso, com laminação planoparalela e lentes de arenito fino ou folhelho preto	Ausente	4

Tabela 2. Tafofácies do Afloramento BR 153 km 211.

7.2.1 Tafofácies A

A Tafofácies A (TA) ocorre predominantemente em níveis sílticos com laminação planoparalela (pontualmente com acamamento ondulado), e, subordinadamente, pode ocorrer em folhelhos pretos. Os bioclastos dessa tafofácies são predominantemente de esqueleto bivalve e apresentam-se dispersos a fracamente empacotados na matriz, inteiros, desarticulados e concordantes ao plano de acamamento. Em menor expressão ocorrem bioclastos com esqueleto univalve, inteiros e concordantes ao plano de acamamento, ou ainda com esqueleto multielemento, inteiros, articulados e concordantes ao plano de acamamento.

Apesar do predomínio de bioclastos desarticulados, os graus de aloctonia e parautoctonia dependem do hábito de vida do grupo taxonômico em questão. Os bioclastos de *Orbiculoidea* ocorrem desarticulados e paralelos ao

plano de acamamento. Considerando o hábito de vida desses organismos, apontado por Mergl (2001; 2010) e Comniskey (2011) como de águas marinhas relativamente rasas, as ocorrências aqui registradas apontam para um contexto de aloctonia, em que esses organismos teriam sido transportados por correntes de retorno relacionadas a eventos de tempestade para as regiões mais profundas da plataforma, o que teria gerado a desarticulação.

Bioclastos marinhos de lingúlídeos infaunais, *Australocoelia*, *Schuchertella*, que são organismos bentônicos suspensívoros (EMIG, 1997; BOUCOT & GILL, 1956; WILLIAMS *et al.*, 2006), de trilobitas do gênero *Calmonia*, detritívoro vágil (GHILARDI, 2004) e *Edmondia* detritívoro-quimiossimbionte (WILLIAMS *et al.*, 2000) representam parautoctonia, ocorrendo próximos aos seus locais de vida, entre *shoreface* inferior e *offshore* transicional. Quanto aos tentaculítídeos (*Tentaculites* e *Styliolina*) não foi possível inferir os graus de autoctonia e aloctonia, uma vez que seu hábito de vida ainda é desconhecido (WITTMER & MILLER, 2011; SCHINDLER, 2012).

Esse contexto sugere moderadas taxas de sedimentação e turbulência, que teriam proporcionado tempo de exposição na interface água/sedimento. Níveis moderados de energia teriam gerado desarticulação das valvas enquanto disponíveis na Zona Tafonomicamente Ativa (TAZ), que corresponde ao intervalo físico abaixo da interface água/sedimento onde ocorrem processos tafonômicos predominantemente destrutivos (OLSZEWSKI, 1999). Associando esses dados com o predomínio de siltitos argilosos com laminação planoparalela, pode-se posicionar o ambiente deposicional em regiões distais da bacia, onde a fácies sugere contexto de ambiente oxigenado a disaeróbio, posicionado na transição ao *offshore*.

Simões & Torello (2003) apontam que a maioria das concentrações fossilíferas geradas em mares epicontinentais é produto de eventos de tempestades, que geram erosão do fundo, seleção e cobertura lamosa. Bergamaschi (1999) e Bergamaschi & Pereira (2001) observaram que o principal agente de transporte de sedimentos ao longo da sequência B foi ondas de tempestade. Neste contexto, pelas características diagnosticadas nessa tafofácies (agregando bioclastos *in situ* e transportados nas mesmas camadas) identifica-se certo grau de mistura temporal (*time averaging*), em que

eventos de tempestade proporcionaram exumação dos bioclastos antes do soterramento final. A TA aqui descrita é similar à tafofácies 5 diagnosticada por Horodyski (2014) para a região.

7.2.2 Tafofácies B

A Tafofácies B (TB) ocorre em arenito fino com acamamento ondulado ou *HCS*. Na TB os bioclastos apresentam esqueleto bivalve e ocorrendo inteiros, articulados, oblíquos a verticalmente orientados em relação ao plano de acamamento e fracamente empacotados na matriz. Registra-se fragmentos de plantas nessas camadas.

Boucot (1983) infere que por suas características anatômicas (tamanho e peso relativamente grande além de costelas proeminentes), os organismos do gênero *Australospirifer* suportavam águas mais turbulentas, corroborando a interpretação de um ambiente de águas relativamente mais rasas para esta fácies. Deste modo, por se apresentarem inteiros e articulados em aparente posição de vida, os bioclastos presentes nessas camadas ocorrem em contexto de autoctonia.

Os atributos tafonômicos diagnosticados nos bioclastos de *Australospirifer*, associados à presença de fragmentos de plantas, sugerem alta taxa de sedimentação e turbulência, em ambiente bem oxigenado, caracterizando condições de *shoreface*. A TB é semelhante à tafofácies 3 diagnosticada por Horodyski (2014).

7.2.3 Tafofácies C

A Tafofácies C (TC) ocorre em folhelhos negros. Nessa tafofácies os bioclastos predominantes apresentam esqueleto tipo univalve, ocorrendo inteiros, concordantes ao plano de acamamento e fracamente empacotados. Ocorrem também bioclastos com esqueleto tipo bivalve, articulados e em aparente posição de vida e com esqueleto tipo multielemento, inteiros, podendo estar articulados ou desarticulados e concordantes ao plano de acamamento.

Como anteriormente exposto, o hábito de vida dos tentaculítídeos ainda não é conhecido, impossibilitando inferências precisas, contudo, por apresentarem-se inteiros provavelmente sofreram pouco transporte do seu sítio de vida.

Equinasterídeos (Asteroidea, detritívoros) presentes nessas camadas ocorrem desarticulados do eixo central, mas com o braço inteiro. Estudos atualísticos demonstram que a total desarticulação de alguns equinodermos em águas bem oxigenadas leva poucas semanas (SCHAEFER, 1962; SMITH, 1984; KIDWELL & BAUMILLER, 1990; DONOVAN, 1991). Este contexto sugere pouco tempo de exposição desses bioclastos na interface água/sedimento, e/ou estresse na oxigenação.

Fósseis de *Edmondia*, organismos detritívoros-quimiossimbiontes da infauna (WILLIAMS *et al.*, 2000), ocorrem inteiros e articulados e em contexto de autoctonia. A ocorrência de trilobitas em posição de estresse (modo salteriano) permite a inferência de rápido soterramento. Uma vez que trilobitas são vágeis, esse modo de ocorrência sugere depósitos de sufocamento. O principal mecanismo gerador desses depósitos é o aumento brusco nas taxas de sedimentação, por decantação de finos, em áreas mais distais, durante eventos de tempestade (BRETT & SEILACHER, 1991; BRETT, 1995; BRETT *et al.*, 1997). Esses depósitos são gerados, abaixo do nível de ondas de tempestade, possibilitando a preservação da epifauna em posição de vida, como ocorre na TC.

Essa tafofácies indica deposição em porções mais distais da bacia, em um contexto de *offshore* com baixos níveis de oxigenação (disaerobia a anoxia, corroborados pela presença de pirita), com baixa taxa de turbulência e alta taxa de sedimentação. A TC assemelha-se à tafofácies 6 diagnosticada por Horodyski (2014).

Cabe ressaltar que as tafofácies identificadas por Horodyski (2014) para a região foram estabelecidas em escala de sequências, enquanto que na seção analisada nesse estudo trabalhou-se em escala de parassequências. A figura 15 a seguir ilustra as principais ocorrências de fósseis para a seção estudada.

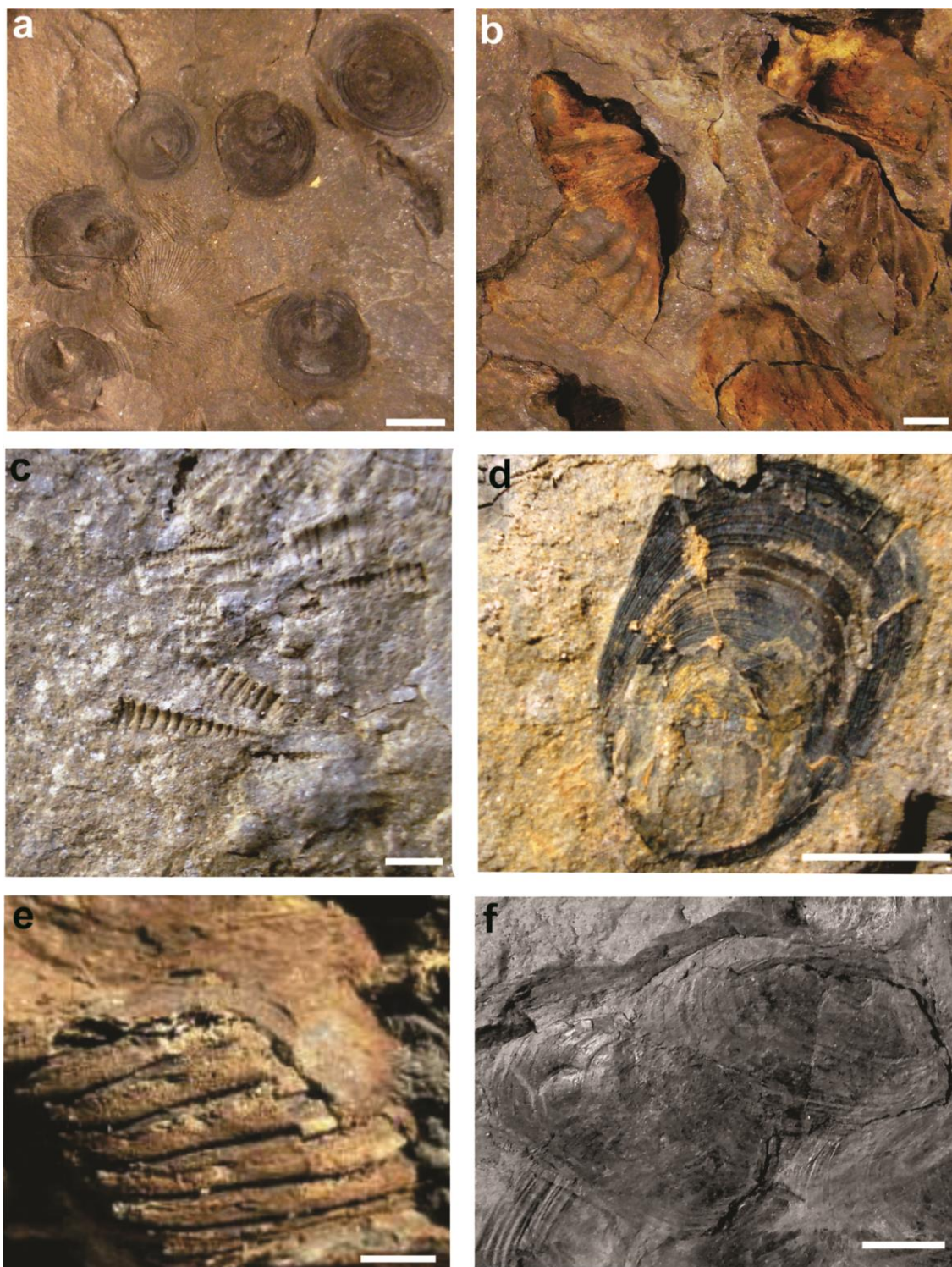


Figura 15. Fósseis coletados na seção em estudo. Legenda: a. *Orbiculoidea* sp. e *Shuchertella* sp. (comuns na TA); b. *Australospirifer* sp. (presente na TB); c. *Tentaculites* sp. (ocorre predominantemente na TC); d. Lingulídeo infaunal (comum na TA); e. Trilobita em modo salteriano (presente na TC); e f. *Edmondia* sp. (presente na TC).

7.3 TAZ *versus* Índice de Bioturbação

Como previamente apresentado na discussão da tafofácies A (item 7.2.1), a TAZ corresponde ao intervalo físico abaixo da interface água/sedimento onde ocorrem processos tafonômicos como ganho (e.g., incrustação) ou perda de material esquelético, com o predomínio de processos destrutivos (OLSZEWSKI, 1999).

Confrontando-se alguns dados adquiridos na seção aqui em estudo, como índice de bioturbação, graus de articulação e de empacotamento foi possível inferir níveis de ação de processos destrutivos na TAZ. Nas camadas que apresentam maior grau de autoctonia, com predomínio de bioclastos articulados e fracamente empacotados, o IB é baixo, e a atividade dos bioturbadores comumente não atinge *tierings* mais profundos. Esse contexto teria favorecido a preservação dos bioclastos inteiros (ERTHAL, 2012).

Por outro lado, nos níveis de predomínio de bioclastos desarticulados (maior aloctonia), de dispersos a fracamente empacotados, o IB é elevado e a atividade biogênica associada é intraestratal, principalmente de organismos detritívoros. A intensa atividade intraestratal seria um fator coadjuvante na destruição dos restos bioclásticos, dentro da TAZ. Frequentemente, nas camadas aqui analisadas que apresentam elevado IB, não são encontrados bioclastos associados, o que sugere acentuada ação na TAZ. A intensa atividade da fauna bioturbadora teria favorecido a dissolução dos restos esqueléticos parcialmente soterrados (SMITH & NELSON, 2003). Essas inferências são sintetizadas na tabela 3.

IB	Articulação	Desarticulação	Grau de empacotamento	TAZ	Atividade biogênica predominante
0-2	Alta	Baixa	Fracamente empacotado	Pouca ação	Suspensívoros - epiestratal e/ou intraestratal
2-4	Moderada	Moderada	Fracamente empacotado	Moderada ação	Detritívoros - intraestratal e/ou epiestratal
4-6	Baixa	Alta	Disperso a fracamente empacotado	Elevada ação	Detritívoros – intraestratal

Tabela 3. Relação entre IB e a ação da TAZ.

7.4 Padrões paleoecológicos observáveis

Para a seção analisada diagnosticou-se o predomínio da icnoguilda de *Asterosoma*, refletindo a estratégia principal de prospecção de alimento da suíte residente. Entretanto, pontualmente ocorre preservada a icnoguilda de *Skolithos*, em momentos de alteração nos parâmetros ambientais, principalmente a energia hidrodinâmica. Neste contexto, analisaram-se ocorrências de bioclastos que representam preservação autóctone (*in situ*), para relacionar à icnoguilda associada.

Bioclastos de *Australospirifer* estão preservados *in situ* na seção, em camadas que abrigam a icnoguilda de *Skolithos*. *Australospirifer* sp. eram organismos suspensívoros, fixos, da epifauna e que suportavam maiores níveis de energia hidrodinâmica (BOUCOT & GILL 1956; BOUCOT & JOHNSON, 1973). Embora *Australospirifer* não seja o organismo produtor da icnofábrica de *Skolithos*, em seu período de vida pertenceram à mesma guilda (*sensu* ABERHAN, 1994), de organismos suspensívoros. Nesse caso, identifica-se aqui uma “associação positiva” entre a icnoguilda representada pela icnofábrica e a guilda inferida pelos bioclastos.

Em contraste, bioclastos do gênero *Orbiculoidea*, inferidos como organismos da epifauna suspensívoros, fixos por pedículo (MERGL, 2010; COMNISKEY, 2011), ocorrem associados à icnoguilda de *Asterosoma*, onde dominam hábitos de organismos detritívoros. Uma vez que esses bioclastos ocorrem em contexto de aloctonia, os processos tafonômicos favoreceram a mistura das guildas, identificando-se para estas camadas uma “associação negativa” com a icnoguilda.

Esta análise não postula que diferentes guildas não possam interagir em um mesmo meio, mas sim demonstra que o predomínio de determinado hábito trófico relaciona-se aos parâmetros atuantes. Neste sentido, a tabela 4 apresenta as ocorrências de bioclastos da seção em análise considerando seus atributos tafonômicos diagnosticados e relacionando com a análise icnológica (guilda *versus* icnoguilda).

Táxon	Hábito	Aloctonia/ autoctonia	icnofábrica	icnoguilda	Associação
Lingulidae	Suspensívoro infaunal	Parautóctone	<i>Planolites-Palaeophycus</i>	<i>Asterosoma</i>	Negativa
<i>Australospirifer</i>	Suspensívoro epifaunal	Autóctone	<i>Skolithos</i>	<i>Skolithos</i>	Positiva
<i>Australospirifer</i>	Suspensívoro epifaunal	Alóctone	<i>Asterosoma-Zoophycos</i>	<i>Asterosoma</i>	Negativa
<i>Orbiculoidea</i>	Suspensívoro epifaunal	Alóctone	<i>Planolites-Palaeophycus</i> ; <i>Chondrites</i> ; <i>Asterosoma-Zoophycos</i> ; e <i>Asterosoma-Chondrites</i>	<i>Asterosoma</i>	Negativa
<i>Schuscherella</i>	Suspensívoro epifaunal	Parautóctone	<i>Asterosoma-Zoophycos</i> ; <i>Asterosoma-Chondrites</i>	<i>Asterosoma</i>	Negativa
<i>Edmondia</i>	Detritívoro-quimiossimbionte infaunal	Parautóctone	<i>Asterosoma-Zoophycos</i>	<i>Asterosoma</i>	Positiva
<i>Calmonia</i>	Detritívoro epifaunal vágil	Autóctone	<i>Asterosoma-Zoophycos</i> ; <i>Asterosoma-Chondrites</i>	<i>Asterosoma</i>	Positiva
<i>Australocoelia</i>	Suspensívoro epifaunal	Parautóctone	<i>Asterosoma-Chondrites</i>	<i>Asterosoma</i>	Negativa
Tentaculítídeo	Suspensívoro epifaunal sésil ou vágil	Alóctone	<i>Asterosoma-Chondrites</i>	<i>Asterosoma</i>	Negativa
<i>Palaeoneilo</i>	Suspensívoro epifaunal	Alóctone	<i>Asterosoma-Chondrites</i>	<i>Asterosoma</i>	Negativa

Tabela 4. Relação de hábitos tróficos representados por bioclastos e icnofábricas.

8 CONTEXTO PALEOAMBIENTAL

Para se inferir parâmetros como oxigenação, salinidade, energia hidrodinâmica, taxa de sedimentação e paleobatimetria relativa representados pelo depósito em análise, realizou-se uma síntese entre os dados obtidos pela análise das icnofábricas e das assinaturas tafonômicas, considerando também aspectos sedimentológicos, como exposto a seguir.

8.1 Icnofábricas versus tafofácies

A associação da tafofácies A com as icnofábricas de *Planolites-Palaeophycos*, de *Chondrites*, de *Asterosoma-Zoophycos* e de *Asterosoma-Chondrites* sugere deposição em condições de transição ao *offshore*, com salinidade e oxigenação normais para o ambiente marinho e moderada taxa de energia hidrodinâmica e sedimentação (figura 16). A curva da paleobatimetria relativa acompanha a taxa de energia do meio, e, deste modo, não será mencionada nas interpretações aqui apresentadas. Do mesmo modo, em nenhum momento se observam icnofábricas que sugiram oscilação nas taxas

de salinidade. Portanto, toda a seção expressa condições estáveis para esse parâmetro.

As icnofábricas supracitadas correspondem a suítes de traços fósseis representativas da Icnofácies Cruziana. Essa icnofácies ocorre em substrato arenopelítico do tipo *softground* e caracteriza, preferencialmente, ambientes plataformais. Sua expressão arquetípica é mais bem observada em substratos depositados acima do nível de base de ondas de tempestade até logo acima do nível de base das ondas normais, correspondendo ao intervalo entre o *shoreface* inferior e o *offshore* inferior (MACEACHERN & PEMBERTON, 1992). As condições de moderada a baixa energia possibilitam a decantação de parte da matéria orgânica. Todas as categorias etológicas elencadas para icnofósseis estão representadas na Icnofácies Cruziana, que abriga estruturas de locomoção, repouso, moradia e escavações de alimentação, sendo comuns galerias e estruturas ramificadas e túneis horizontalizados a inclinados em relação ao plano de acamamento. Organismos bioturbadores de hábito trófico suspensívoro, detritívoro, sedimentófago e quimiossimbionte estão presentes, a bioturbação tende a ser abundante e com alta icnodiversidade (BUATOIS, 2010).

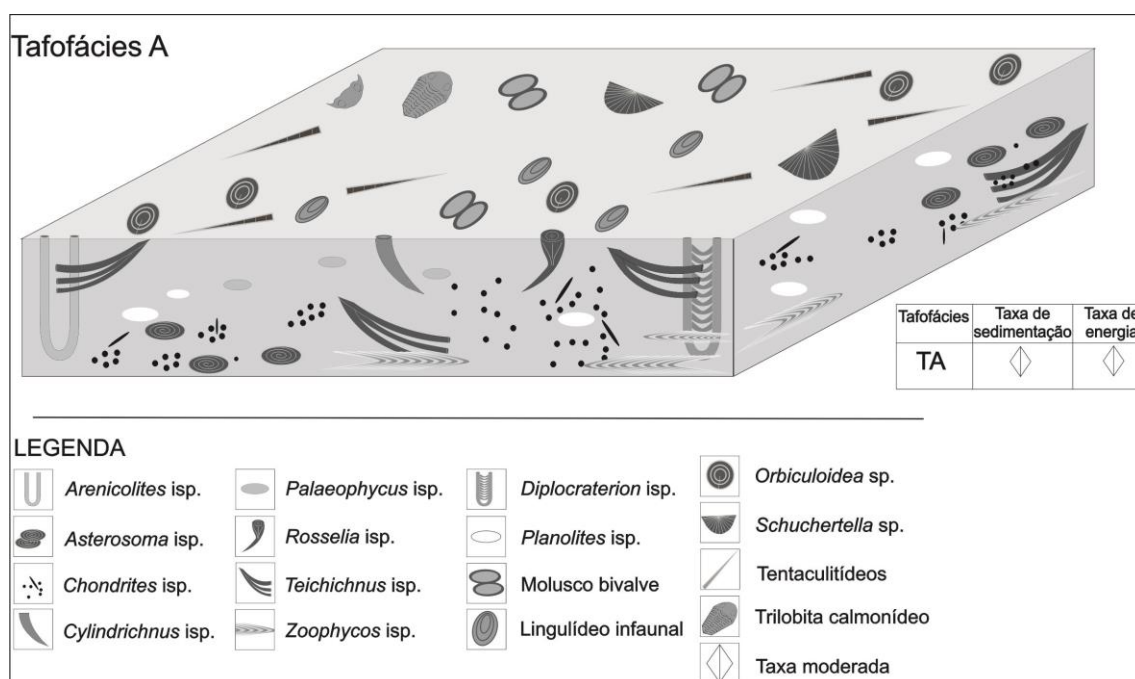


Figura 16. Reconstituição paleoambiental representada pela tafofácies A.

A associação da tafofácies B com a icnofábrica de *Skolithos* expressa condições de *shoreface*, com altas taxas de sedimentação e energia hidrodinâmica, em ambiente oxigenado (figura 17). Os dados icnológicos apontam para a expressão da Icnofácies Cruziana proximal, posicionada no *shoreface* inferior. Os níveis representados pela TB associada à icnofábrica de *Skolithos* demarcam a ocorrência de novas condições energéticas para o contexto deposicional da seção, ou seja, a abertura da “janela de colonização” (*sensu* POLLARD *et al.* 1993) como discutido na seção 6.1.2.

Frey (1990) diagnostica situação semelhante para o Cretáceo de Utah, onde sete níveis de camadas com estratificação cruzada *hummocky* aparecem exploradas principalmente por organismos oportunistas, expressando domínio de *domichnia* sobre estruturas de *fodichnia*. Próximo aos 11,5 m da seção, a TB não possui bioturbação (IB 0), sugerindo que a alta taxa de sedimentação tenha inibido a colonização do substrato, mesmo pela fauna oportunista.

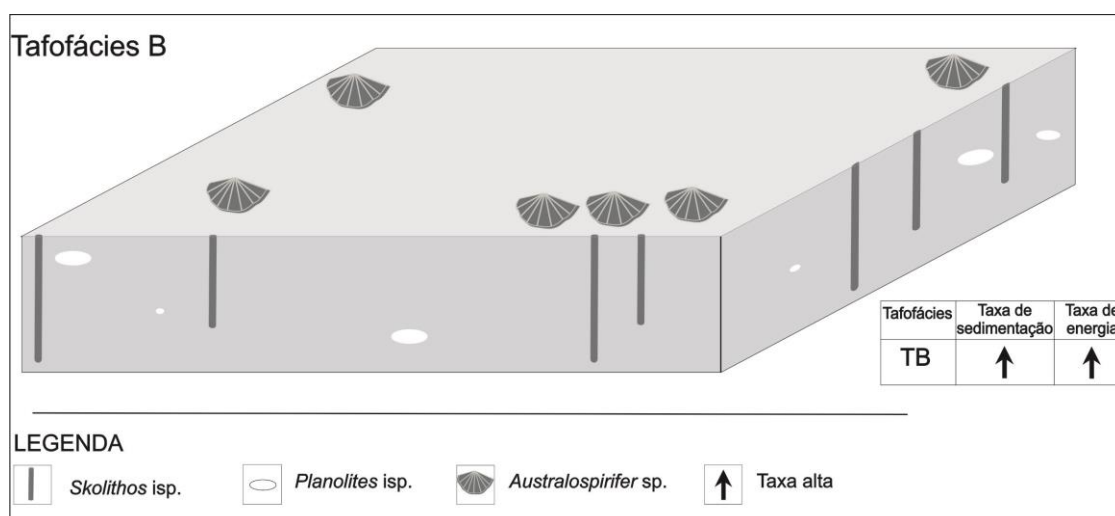


Figura 17. Reconstituição paleoambiental representada pela tafofácies B.

A ocorrência da tafofácies C em camadas com IB 0 provavelmente relaciona-se ao pico de anoxia representado nessas camadas. Como apresentado anteriormente, essa tafofácies caracteriza deposição sob condições de baixa taxa de turbulência e alta taxa de sedimentação, posicionada no *offshore*. Este contexto, embora favoreça a preservação de fósseis corporais, impossibilita a ação da fauna bioturbadora, mesmo por

organismos adaptados a baixos níveis de oxigenação, devido à elevada taxa de sedimentação (figura 18).

Por fim, a ocorrência da icnofábrica de *Asterosoma-Teichichnus* em camadas sem bioclastos pode estar relacionada ao elevado índice de bioturbação que acompanha essa icnofábrica. Esse contexto sugere o estabelecimento de condições mais estáveis no meio, e reflete condições ótimas para o pleno desenvolvimento da comunidade endobêntica, em contexto de Icnofácies Cruziana arquetípica. A intensa atividade intraestratal (evidenciada pelo IB entre 5 e 6 e pela icnoguilda de *Asterosoma*) teria exumado os esqueletos parcialmente soterrados na Zona Tafonomicamente Ativa (TAZ) e, assim, facilitado a dissolução das conchas mortas, evidenciando assim elevada ação da TAZ (OLSZEWSKI, 1999; BROMLEY & EKDALE, 1986).

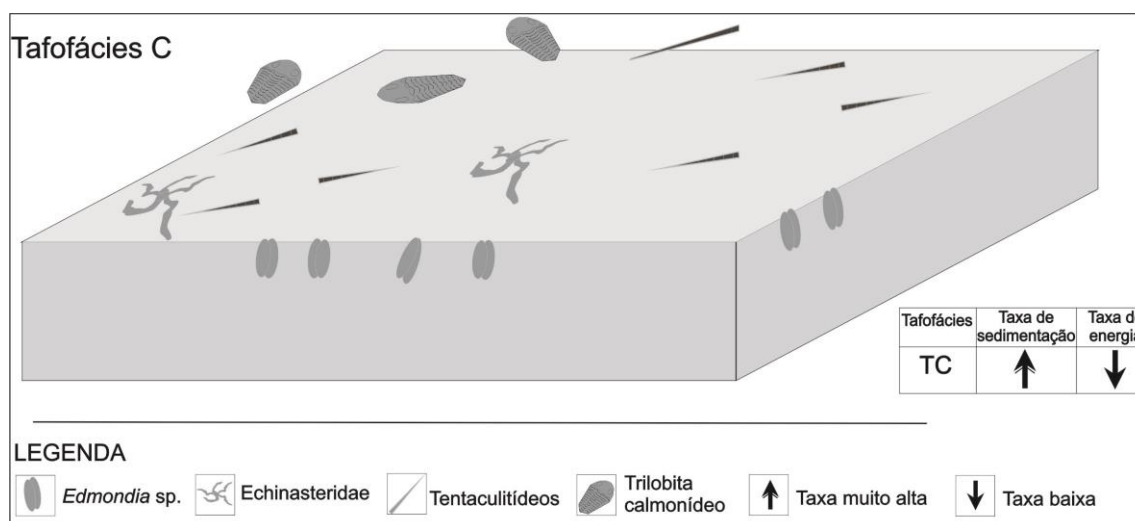


Figura 18. Reconstituição paleoambiental representada pela tafofácies C.

A figura 19 a seguir ilustra o posicionamento inferido das ocorrências das tafofácies no ambiente marinho.

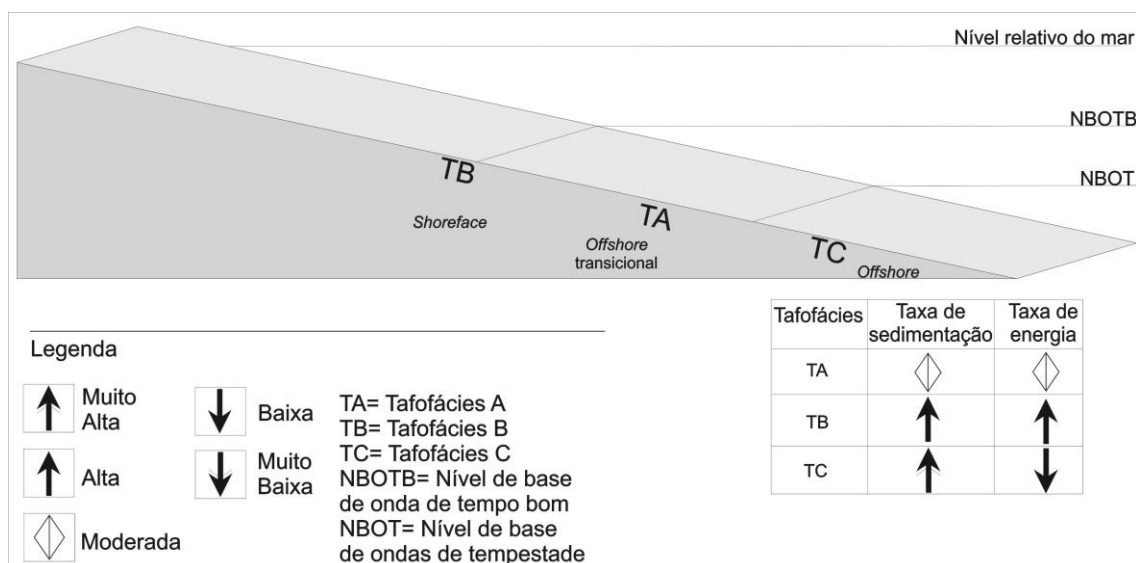


Figura 19. Posicionamento inferido das tafofácies no ambiente marinho.

A figura 20, na sequência, sintetiza a distribuição das icnofábricas e das tafofácies na seção analisada.

8.2 Anoxia no contexto da seção

Como observado na figura 20, a seção apresenta cinco níveis de disaerobia a anoxia. A ocorrência desses níveis de estresse na oxigenação pode estar relacionada ao evento global denominado por Chlupáč & Kukal (1986; 1988) como Evento Zlíčov Basal (Eoemsiano - representado pela sequência B de Grahm *et al.*, 2013 para a Bacia do Paraná).

House (2002) não considerou o Zlíčov Basal ou outros eventos do Devoniano Inferior como responsáveis por grandes extinções, caracterizando-os como eventos de baixa escala, e indicando que não se relacionam necessariamente com os elevados níveis de disaerobia ou anoxia dos eventos posteriores (e.g. Evento Kačák). Entretanto, Bosetti *et al.* (2012) diagnosticaram o primeiro registro do declínio da fauna Malvinocáfrica entre o Eoemsiano e Neoemsiano da Bacia do Paraná, com a extinção de 4 classes, 25 famílias, 41 gêneros e 54 espécies. Os autores relacionaram esse declínio com oscilações no nível do mar, provavelmente influenciadas pelos ciclos de excentricidade (ciclos orbitais de Milankovitch), mais notáveis em regiões de altas latitudes, como era o caso da Bacia do Paraná no Emsiano.

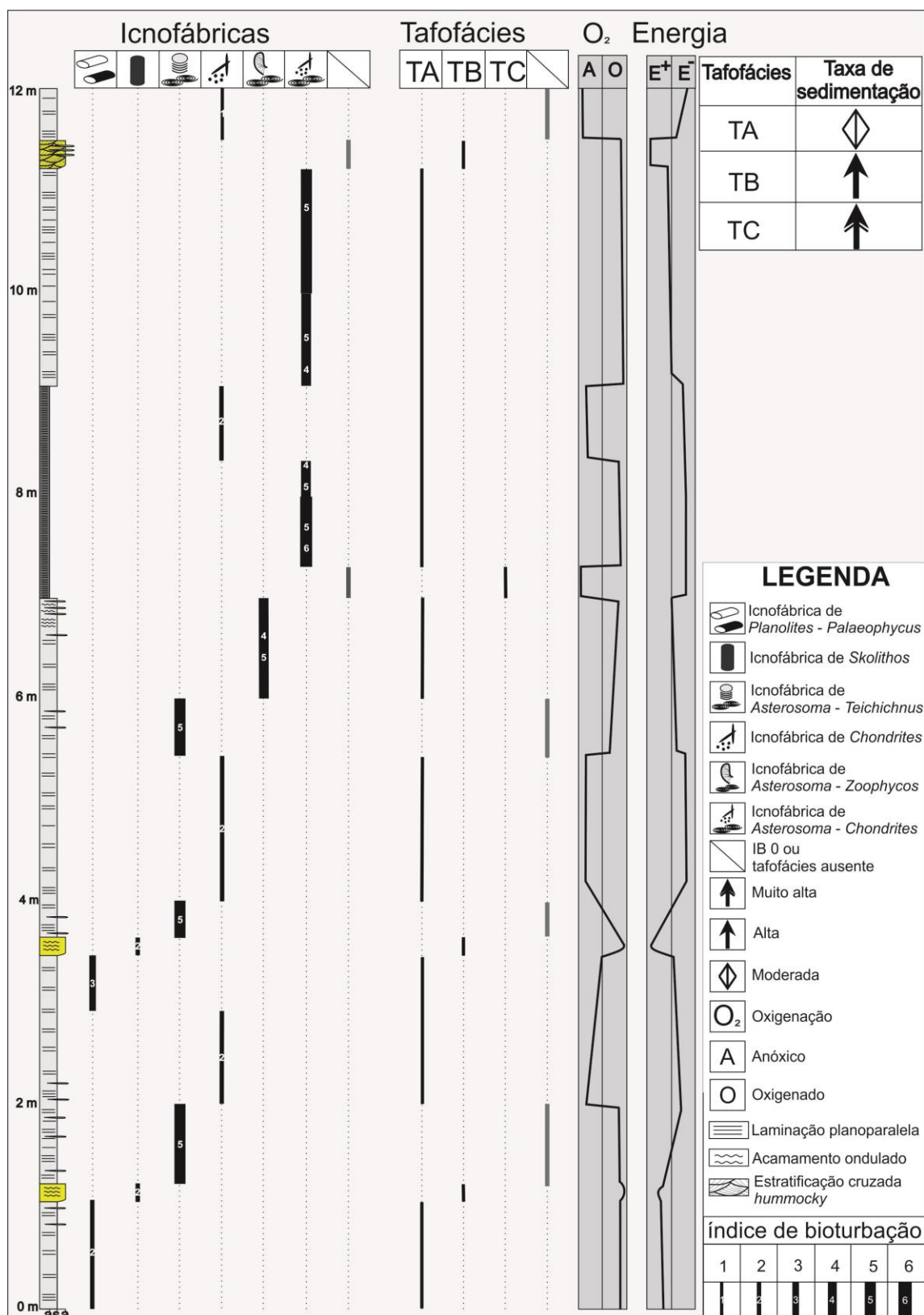


Figura 20. Parâmetros ambientais inferidos pela associação dos dados icnológicos e tafonômicos (ver texto da seção 8.1 para salinidade e paleobatimetria relativa).

Chlupáč & Kukal (1986; 1988) associaram o Evento Zlíčov Basal com evidências de aprofundamento, considerando mudanças paleontológicas como suficientes para a definição internacional. Em ampla escala, o intervalo é marcado por redução gradual nos graptolitos pelágicos e sua posterior substituição por amonóides, e os autores assinalaram que este corresponde ao maior exemplo paleozoico de mudança na ocupação de um mesmo ambiente. Ainda que o estresse na oxigenação aqui diagnosticado não apresente relação direta com o Evento Zlíčov Basal ou o primeiro declínio da fauna Malvinocáfrica da Bacia do Paraná, as alterações paleontológicas apontadas por esses eventos podem ter relação com os picos de anoxia identificados nesta pesquisa.

9 CONCLUSÕES

Em síntese, o desenvolvimento da pesquisa que norteou este trabalho permitiu a identificação de seis icnofábricas para a seção analisada, as quais sejam: icnofábrica de *Planolites-Palaeophycus*, icnofábrica de *Skolithos*, icnofábrica de *Chondrites*, icnofábrica de *Asterosoma-Teichichnus*, icnofábrica de *Asterosoma-Zoophycos* e icnofábrica de *Asterosoma-Chondrites*. Também foram identificadas três tafofácies para a seção, denominadas como TA, TB e TC. A TA ocorre com o predomínio de parautoctonia a aloctonia; a TB em contexto de autoctonia e; a TC em ocorrências predominantemente autóctones.

Neste contexto, registrou-se a associação da tafofácies A com as icnofábricas de *Planolites-Palaeophycos*, de *Chondrites*, de *Asterosoma-Zoophycos* e de *Asterosoma-Chondrites*, sugerindo deposição em condições de transição ao *offshore*. A associação da tafofácies B com a icnofábrica de *Skolithos* expressa condições de *shoreface*, enquanto que a ocorrência da tafofácies C em camadas com IB 0 provavelmente relacionando-se ao pico de anoxia representado nessas camadas. Por fim, a ocorrência da icnofábrica de *Asterosoma-Teichichnus* em camadas sem bioclastos, pode ser justificada pela intensa atividade intraestratal, que teria exumado os esqueletos parcialmente soterrados na Zona Tafonomicamente Ativa (TAZ) e assim, facilitado a dissolução das conchas mortas.

Os resultados obtidos após a análise dos dados permitiram concluir que a energia hidrodinâmica exibe três picos principais na seção, representando oscilações influenciadas por eventos de tempestade e a curva de paleobatimetria relativa acompanha esse parâmetro (sendo mais raso em ambientes mais energéticos). Quanto à oxigenação do meio, foram diagnosticados cinco momentos de disaerobia a anoxia, caracterizando importante fator de estresse para a fauna do substrato. Já a taxa de sedimentação é predominantemente moderada, mas em certos níveis torna-se elevada. E por fim, a taxa de salinidade não sofre alteração, caracterizando condições normais para o ambiente marinho.

Concluiu-se também que o predomínio das condições expressas pela tafofácies A e da Icnofácies Cruziana arquetípica na seção analisada, posicionam a deposição dos sedimentos predominantemente em contexto de transição ao *offshore*, influenciado por tempestade. Nos níveis de ocorrência da tafofácies B, associada à Icnofácies Cruziana Proximal, identificou-se um contexto deposicional de *shoreface*, influenciado por tempestade. Por fim, nas camadas em que foi diagnosticada a tafofácies C, ainda que sem bioturbações associadas, registrou-se o pico de anoxia da seção, sob condições de *offshore*.

O presente estudo possibilitou inferências paleoambientais em todos os níveis da seção, uma vez que nas camadas que não possuíam fósseis corporais para análises tafonômicas haviam icnofósseis que supriram essa ausência de dados, e vice versa. Sendo assim, pela associação da Icnologia e da Tafonomia foi possível inferir o contexto paleoambiental para toda a seção.

10 REFERÊNCIAS

ABELHA, M.; BORGHI, L.; FERNANDES, A.C.S. Análise Icnológica da Formação Ponta Grossa (Devoniano) em Afloramentos da Borda Leste da Bacia do Paraná. *In: Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Artística e Cultural Da UFRJ*, 28, Rio de Janeiro. **Livro de Resumos**. Rio de Janeiro: Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, 2007.

ABERHAN, M. Guild-structure and Evolution of Mesozoic Benthic Shelf Communities: **Palaos**, v. 9, p. 516-545. 1994.

ACEÑOLAZA, F.G.; CIGUEL, J.H.G. Analisis comparativo entre lãs formaciones Balcarce (Argentina) y Furnas (Brasil). *In: Congresso Geológico*

Argentino, 10, San Miguel de Tucumán. **Actas**, San Miguel de Tucumán: SAG, t1, 1987. p.299-305.

ASSINE, M.L. **Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil**. 1996. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar), USP, São Paulo, SP. 207 p.

ASSINE, M.L. Fácies, icnofósseis, paleocorrentes e sistemas deposicionais da Formação Furnas no flanco sudeste da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, p. 357-370, 1999.

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, 20: 55-62, 2001.

ASSINE, M.L.; GÓIS, J.R. Traços fósseis de trilobita na Formação Furnas, Bacia do Paraná, Brasil. *In*: Simpósio Sulamericano do Siluro-Devoniano, 1, Ponta Grossa. **Anais**. Ponta Grossa: UEPG-UFPR, v. 1, 1996. p. 371-373.

BARCELLOS POPP, M. T. **Revisão dos trilobitas calmonídeos e comunidades faunísticas da Formação Ponta Grossa, Devoniano, no Estado do Paraná**. 1985. Porto Alegre, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências/UFRGS.

BEHRENSMEYER, A.K.; KIDWELL, S.M. Taphonomy's contributions to paleobiology. **Paleobiology**, v.11, p.105-119, 1985.

BERGAMASCHI, S. **Análise sedimentológica da Formação Furnas na faixa de afloramentos do flanco norte do arco estrutural de Ponta Grossa, Bacia do Paraná, Brasil**. 1992. Dissertação (Mestrado em Geologia) Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. 172 p.

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, 20: 63-72, 2001.

BEYNON, B.M.; PEMBERTON, S.G. Ichnological signature of a brackish water deposit: an example from the lower Cretaceous Grand Rapids Formation, cold lake oil sands area, Alberta. *In*: PEMBERTON, S.G. **Applications of ichnology to petroleum exploration – A core workshop**. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core workshop 17. 1992.

BORGHI, L. **Caracterização e análise faciológicas da Formação Furnas (Prídoli -Devoniano inferior) em afloramentos do bordo leste da bacia**

sedimentar do Paraná, estado do Paraná, Brasil. 1993. Dissertação (Mestrado em Geologia) Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. 227p.

BORGHI, L. Icnofácies da Formação Furnas no estado do Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 66, n.1, p. 121, 1994.

BOSETTI, E.P. **Paleontologia do Lingulida (Brachiopoda: Inarticulata) da Formação Ponta Grossa, Devoniano, Bacia do Paraná, Brasil.** 1989. 136 p. Dissertação (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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.; MORO, N. S. Análise da estrutura e diversidade Morfotípica de Lingúlídeos em algumas Paleocomunidades fossilizadas in situ na Formação (Devoniano), Bacia do Paraná, Brasil. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, **Anais**. Curitiba. 1989.

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, 1: 787, 2008.

BOSETTI, E.P.; HORODYSKI, R.S.; ZABINI, C., GODOY, L.C. Interpretação paleoambiental na sequência basal da formação Ponta Grossa (Devoniano) do município de Ponta Grossa, Parana, Brasil. **Terr@ Plural** (UEPG.Impresso), 3: 137-156, 2009.

BOSETTI, E.P.; GRAHN; Y.; HORODYSKI, R.S.; MENDLOWICZ MAULLER, P. The first recorded decline of the Malvinokaffric Devonian fauna in the Paraná Basin (southern Brazil) and its cause; taphonomic and fossil evidences. **Journal of South America Earth Sciences**. 37:228–24, 2012.

BOUCOT, A. J. **Principles of Benthic Marine Paleoeecology**. Academic Press. New York, 405p. 1983.

BOUCOT, A. J.; 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.

BOUCOT, A. J.; JOHNSON, J. G. Silurian brachiopods. In: HALLAN, A. **Atlas of Paleobiogeography**. Amsterdam, Elsevier, p. 59-65. 1973.

BRETT, C.E. Sequence stratigraphy, biostratigraphy and taphonomy in shallow marine environments. **Palaeogeography. Palaeoclimatology and Palaeoecology**,10:597-616, 1995.

BRETT, C. E.; SEILACHER, A. Fossil Lagerstätten a taphonomic consequence of event sedimentation. *In* EINSELE, G.; RICKEN, W.; SEILACHER, A., (eds). **Cycles and Events in Stratigraphy**, Springer-Verlag, Berlin, p. 283-297. 1991.

BRETT, C.E.; BAIRD, G.C.; SPEYER, S.E. Fossil Lagerstätten: stratigraphic record of paleontological and taphonomical events. *In*: C.E. BRETT & G.C. BAIRD (eds.) **Paleontologic Events: Stratigraphic, Ecologic, and Evolutionary Implications**. Columbia University Press, pp.:3-40. 1997.

BROMLEY, R.G. **Trace fossils: Biology, taphonomy and applications**. Londres: Chapman & Hall, 1996. 361p.

BROMLEY, R.G.; A.A. EKDALE. *Chondrites: a trace fossil indicator of anoxia in sediments*. **Science**, 224:72-874. 1984.

BROMLEY, R.G. & EKDALE, A.A. Composite ichnofacies and tiering of burrows. **Geological Magazine**, 123: 59-65. 1986.

BUATOIS, L.A. Ichnology applied to facies analyses and sequence stratigraphy: a core workshop. *In*. Simposio Latinoamericano de Icnologia, São Leopoldo, RS, Brazil. **Short-Course**, 2010.

BUATOIS, L.A.; MÁNGANO, M.G.; ACEÑOLAZA, F.G. **Trazas fósiles: Señales de comportamiento em el registro estratigráfico**. Museo Paleontológico Egidio Feruglio, Argentina, 2002.

BUATOIS, L.; MANGANO, M.G. **Ichnology: Organism-Substrate Interactions in Space and Time**. xii + 358 pp. Cambridge University Press, 2011.

CAMPANHA, V.A. O significado do icnofóssil Zoophycos na sedimentação da Formação Ponta Grossa (D) Bacia do Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** (57), 1985.

CHLUPÁČ, I.; KUKAL, Z. Reflection of possible global Devonian events in the Barrandian area, C.S.S.R. **Lecture Notes in Earth Sciences**, vol.8, Global Bio-Events, 1986.

CHLUPÁČ, I.; KUKAL, Z. Possible global events and the stratigraphy of the palaeozoic of the Barrandian (Cambrian-Middle Devonian, Czechoslovakia). *Sb. Geol. Ved. Geol.* 43, 83-146. 1988.

CIGUEL, J. H. G. **Bioestratigrafia dos Tentaculitoidea no flanco oriental da Bacia do Paraná e sua ocorrência na América do Sul**. 1989. Dissertação de Mestrado. São Paulo, 233 f. USP/SP.

CIGUEL, J.H.G.; PEDREIRA, A.J; GOIS, J.R. Os icnofósseis da localidade de Sítio Cercado, estado do Paraná, Brasil - Formação Furnas. (Siluriano - Devoniano), flanco oriental da Bacia do Paraná. *In*: Simpósio Sulamericano do Siluro-Devoniano, 1, Ponta Grossa. **Anais**. Ponta Grossa: UEPG-UFPR, v. 1, 1996.

CLARKE, J. M. As trilobitas do gréz de Erere e Maecuru, Estado do Pará, Brazil. **Archivos do Museu Nacional**. Rio de Janeiro, 9: 1-58, est. 1,2. 1890.

CLARKE, J. M. Moluscos Devonianos do Estado do Pará, Brazil. **Archivos do Museu Nacional**. Rio de Janeiro, 10: 49-174. 1900.

CLARKE, J. M. **Fósseis devonianos do Paraná**. Monografia do serviço geológico e mineralógico do Brasil, 1913.

COMNISKEY, J.C. **Paleontologia dos Discinidae (Brachiopoda: Linguliformea) da sucessão devoniana da Bacia do Paraná, Brasil**: Revisão sistemática, distribuição geográfica e estratigráfica. 2011. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. p. 176.

COOPER, P. Paleolatitudes in the Devonian of Brazil and the Frasnian-Famennian mass extinction. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. 1977.

CUNHA, P.R.C. Cicloestratigrafia e interpretação do controle climático na sedimentação Eo/mesodevoniana da Bacia do Amazonas. *In*: HORBE, A.M.C.; SOUZA, V.S. (Coord.) **Contribuição à Geologia da Amazônia**. Manaus: Gráfica e Editora Silva, v. 4, 2005.

DONOVAN, S.K. The taphonomy of echinoderms: calcareous multielement skeletons in the marine environment. *In* DONOVAN, S.K. (ed.) **The process of fossilization**: Belhaven Press, London, p. 241-269. 1991.

EFREMOV, J.A. Taphonomy: new branch of Paleontology. **Pam. Am. Geol**, 1 (74): 81-93, 1940.

EKDALE, A.A. Pitfalls of paleobathymetric interpretations based on trace fossil assemblages. **Palaios**, 3, 464–472. 1988.

EKDALE, A.A.; MASON, T.R. Characteristic trace-fossil associations in oxygen-poor sedimentary environments. **Geology**, 16:720-723. 1988.

EKDALE, A.A.; BROMLEY, R.G.; PEMBERTON, S.G. **Ichnology**: Trace Fossils in Sedimentology and Stratigraphy. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Short Course, 1984.

EKDALE, A. A.; BROMLEY, R. G. Analysis of composite ichnofabrics: an example in uppermost Cretaceous chalk of Denmark. **Palaios** 6, 232–249. 1991.

EMIG, C.C. Ecology of the inarticulated brachiopods, *In*: R. L. KAESLER, ed., **Treatise on Invertebrate Paleontology**, Part H. Brachiopoda revised, Geological Society of America and University of Kansas, Boulder, Colorado and Lawrence, Kansas, 497-502. 1997.

ERTHAL, F. **Assinaturas tafonômicas em bivalves marinhos recentes na costa do Brasil e seu significado paleoambiental**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2012.

FLESSA, K.W.; KOWALEWSKI, M.; WALKER, S.E. Post-collection Taphonomy: shell destruction and the Chevrolet. **Palaaios**, 7: 553-554, 1992.

FREY, R.W. Trace fossils and hummocky cross-stratification, Upper Cretaceous of Utah. **Palaaios**, v.5,p. 203-218,1990.

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. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, SP. p. 125.

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

GRAHN, Y.; MAULLER, P. M.; BERGAMASCHI, S.; BOSETTI, E.P. Palynology and sequence stratigraphy of three Devonian rock units in the Apucarana Sub-basin (Paraná Basin, south Brazil): additional data and correlation. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 2013.

GRASSLE, J. E.; GRASSLE, J. P. Opportunistic life histories and genetic systems in marine benthic polychaetes. **Journal of Marine Research**, 32: 253-284. 1974.

HOLZ, M.; SIMÕES, M.G. **Elementos fundamentais de tafonomia**. Porto Alegre - Ed. Universidade/UFRGS, 231p, 2002.

HORODYSKI, R.S. **Análise tafonômica, bioestratigráfica e paleoambiental dos invertebrados marinhos da região de Tibagi-PR (Devoniano Inferior e Médio da Bacia do Paraná)**. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014

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

ISAACSON, P.E.; SABLOCK, P.E. Devonian palaeogeography and palaeobiogeography of the Central Andes. **Geological Society, of London, Memoirs**, 1990.

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

KIDWELL, S.M & BAUMILLER, T. experimental disintegration of regular echinoids: roles of temperature, oxygen, and decay thresholds. **Paleobiology**, V. 16, p. 247-271, 1990.

KOTZIAN, C. B. **Estudo morfo-funcional e sistemático de bivalves (Mollusca) das Formações Vila Maria (Siluriano) e Ponta Grossa (Devoniano), Bacia do Paraná, Brasil:** interpretação do regime hidrodinâmico – Sedimentar. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 375 f., 16 est.1995.

LANGE, F.W.; PETRI, S. The Devonian of Paraná Basin. **Boletim Paranaense de Geociências**, 1967.

LEME, J. M.; RODRIGUES, S. C. e SIMOES, M. G. Systematic of the Conulatae (Cnidaria) of the Ponta Grossa Formation (?Lochkovian-Frasnian), Parana Basin, Brazil. Paleo-2000/SP, SBP, Botucatu, **Boletim de Resumos**, p.9. 2000.

MACEACHERN, J.A.; PEMBERTON, S.G. Ichnological aspects of Cretaceous shoreface successions and shoreface variability in the Western interior Seaway of North America. *In*. PEMBERTON, S.G. (ed.). **Applications of ichnology to petroleum exploration: a core workshop**. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core Workshop, 17: 57-84, 1992.

MACHADO, D. M. C. **Nuculites Conrad, 1841 (Mollusca, Bivalvia):** sistemática e implicações paleobiogeográficas Tese de Doutorado Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. . Porto Alegre, 289 f. 1999.

MARTIN, K. D. A re-evaluation of the relationship between trace fossils and dysoxia. *In*: McILROY, D. (ed.) **The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis**. Geological Society, London, Special Publications, 2004.

MELO, J. H. G. **A Província Malvinocáfrica no Devoniano do Brasil**. 1985. Dissertação de mestrado Ciências. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, v.1 880p., v. 2, v.3 182 fig. Rio de Janeiro, 467 f.

MELO, J. H. G. The Malvinokaffric realm in the Devonian of Brazil. *In*: MCMILLAN, N. J.; EMBRY, A. F. & GLASS, D. J. (eds.) **Devonian of the world**. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir, p. 669-703. 1988.

MERGL, M. Lingulate brachiopods of the Silurian and Devonian of the Barrandian: **Acta Musei nationalis Pragae**, v.57, p. 1-49. 2001.

MERGL, M. Discinid brachiopod life assemblages: Fossil and extant: **Bulletin of Geosciences**, v. 85, p. 27- 38. 2010.

MILANI, E.J.. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental:** 1997. Tese de doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Porto Alegre, 255 p.

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

MILLER, M. F., 1991. Morphology and paleoenvironmental distribution of Paleozoic *Spirophyton* and Zoophycos Ichnofacies. **Palaos**, 6: 410–425.

MORSCH, S. M. **Revisão sistemática de Bivalves (Mollusca) provenientes de estratos da Formação Ponta Grossa – Devoniano do Estado do Paraná**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 106 f. 1984a.

MORSCH, S. M. Nova ocorrência de moluscos (Bivalvia) no Devoniano da Bacia do Paraná. *In*: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE PALEONTOLOGIA, México, **Anais**, 96-102 p. 1984b.

NETTO, R.G. Paleoicnologia do Rio Grande do Sul. *In*: HOLZ, M. & DE ROS, L.F. **Paleontologia do Rio Grande do Sul**. Publicação especial CIGO/UFRGS, p.25-43, 2000.

NETTO, R.G. Icnologia e Estratigrafia de Seqüências. *In*: RIBEIRO, H.J.P.S. (ed.), **Estratigrafia de Seqüências**: Fundamentos e Aplicações. São Leopoldo, Edunisinos, p. 219-259, 2001.

NETTO, R.G.; TOGNOLI, F.M.W.; GANDINI, R.; LIMA, J.H.D.; GIBERT, J.M. Ichnology of the Phanerozoic deposits of southern Brazil: synthetic review. *In*: NETTO, R.G.; CARMONA, N.B.; TOGNOLI, F.M.W. (orgs). **Ichnology of Latin America**: Selected Papers. Monografias da Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2, 2012. p. 37 - 68.

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

OLIVEIRA, E.P. **Geologia e recursos minerais do estado do Paraná**. Monografia do Serviço Geológico e Mineralógico, (6), 1927.172 p.

OLSZEWSKI, T.D. Taking advantage of time-averaging: **Paleobiology**, v. 25, p. 226-238, 1999.

PEMBERTON, S.G.; FREY, R.W.; RANGER, M.J.; MACEACHERN, J. The conceptual framework of ichnology. *In*: PEMBERTON, S.G. **Applications of ichnology to petroleum exploration** – A core workshop. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core workshop 17, 1992.

PEMBERTON, S.G.; WIGHTMAN, D.M. Ichnological characteristics of brackish water deposits. *In*: PEMBERTON, S.G. **Applications of ichnology to petroleum exploration** – A core workshop. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core workshop 17, 1992.

POLLARD, J.E.; GOLDRING, R.; BUCK, S.G. Ichnofabrics containing *Ophiomorpha*: significance in shallow-water facies interpretation: **Geological Society of London**, Journal, v. 150, p. 149–164, 1993.

REINECK, H.E. Parameter von schichtung und bioturbation: **Geologische Rundschau**, v. 56, p. 420– 438. 1967.

RODRIGUES, R.C.; SIMÕES, M.G.; LEME, J.M. Tafonomia comparada dos Conulatae (Cnidaria), Formação Ponta Grossa (Devoniano), Bacia do Paraná, Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, 3(4):381-390, 2003.

SANTOS, P.R.; ROCHA-CAMPOS, A.C.; CANUTO, J.R. Patterns of Late Palaeozoic deglaciation in the Paraná Basin, Brazil. **Palaeogeography, Palaeodiatology, Palaeoecology**, 125: 165-184, 1996.

SCHAEFER, W. **Aktuopalaeontologie nach Studien in der Nordsee**. Frankfurt, Waldemar Kramer, 666p, 1962.

SCHINDLER, E. Tentaculitoids – An enigmatic group of Paleozoic fossils. In: TALENT, J.A. (ed.) **Earth and Life**, Springer, 479-490. 2012.

SCHNEIDER, R. L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A.A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre, **Anais**. Sociedade Brasileira de Geologia. 41-65, 1974.

SCOTSE, C.R.; MCKERROW, W.S. Revised world maps and introduction. In: MCKERROW, W.S.; SCOTSE, C.R. (eds.) **Palaeozoic, Palaeogeography and Biogeography**. The Geological Society Memoir, 1990. p. 222-231.

SEDORKO, D.; NETTO, R.G.; BOSETTI, E.P. Paleocnologia do Siluro-Devoniano do estado do Paraná e a obra de John Mason Clarke. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v.7, Número Especial, p. 59-73, jul./dez. 2013.

SEILACHER, A. Biogenic sedimentary structures. In: IMBRIE, J. NEWELL, N. (eds.), **Approaches to Paleocology**. Wiley and Sons, New York, p. 296-316. 1964.

SEILACHER, A. Cruziana stratigraphy of non-fossiliferous Paleozoic sandstones. In: CRIMES, Thomas Peter; HARPER, J.C. (eds.), **Trace Fossils**. Geological Journal Special. Issue 3, p. 447-476. 1970

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**, 27:(2) 3-13, 2000.

SIMÕES, M.G.; TORELLO, F.F. Modelo de tafofácies para os moluscos bivalves do Grupo Passa Dois (Formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí), Permiano Superior, Bacia do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**. 33(4):371-380, 2003

SMITH, A.B. **Echinoid paleobiology**, London: Allen and Unwin, 1984.

SMITH, A.M.; NELSON, C. Effects of early sea-floor processes on the Taphonomy of temperate shelf skeletal carbonate deposits. **Earth-Science Reviews**, 63: 1-31. 2003.

SPEYER, S.E.; BRETT, C.E. Trilobite taphonomy and middle devonian taphofacies: **Palaios**, v.1, 1986, p. 312-327.

SPEYER, S.E.; BRETT, C.E. Taphofacies models for epeiric sea environments: Middle Paleozoic examples. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 63:222-262, 1988.

SPEYER, S.E.; BRETT, C.E. Taphonomic controls: background and episodic process in fossil assemblage preservation. *In*: ALISSON, P.A.; BRIGGS, D.E. (eds.) **Taphonomy**: releasing the data locked in the fossil record. Topics in geobiology, New York: Plenum Press, p. 501-545, 1991.

TAYLOR A. M.; GOLDRING. R. Description and analysis of bioturbation and ichnofabric. **Journal of the Geological Society**, February, v.150, 1993.

UCHMAN, A. Taxonomy and palaeoecology of flysch trace fossils: the Marnoso-arenacea Formation and associated facies (Miocene, Northern Apennines, Italy) **Beringeria**, 15, 1995. p. 1-115.

WANI, R. Taphofacies models for Upper Cretaceous ammonoids from the Kotanbetsu area, northwestern Hokkaido, Japan. **Palaeogeography, Paleoclimatology and Palaeoecology**. 199:71-82. 2003.

WHITE, I. C. Relatório sobre as "Coal Measures" e rochas associadas do sul do Brasil. *In*: **Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil**. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, parte 1, p. 1-300, il., mapa. 1908.

WILLIAMS, A.; CARLSON, S.J.; BRUNTON, S.C.C.; HOLMER, L.E.; POPOV, L.E.; MERGL, M.; LAURIE, J.R.; BASSETT, M.G.; COCKS, L.R.M.; RONG, J.Y.; LAZAREV, S.S.; GRANT, R.E.; RACHEBOEUF, P.R.; JIN, Y.G.; WARDLAW, B.R.; HARPER, D.A.T.; WRIGHT A.D. **Treatise on Invertebrate Paleontology**: Linguliformea, Craniiformea, Rhynchonelliformea, Part H Brachiopoda (revised), v. 2-3, p. 1-919. 2000.

WILLIAMS, A.; BRUNTON, C.H.C.; CARLSON BAKER, S.J.P.G.; CARTER, J.L.; CURRY, G.B.; DAGYS, A.S.; GOURVENNEC, R.; HOU, H.F.; JIN, Y.G.; JOHNSON, J.G.; LEE, D.E.; MACKINNON, D.I.; RACHEBOEUF, P.R.; SMIRNOVA, T.N.; SUN, D.L. **Treatise on Invertebrate Paleontology**: Rhynchonelliformea, Brachiopoda, Part H, v. 5, p. 1689-2320. 2006.

WITTMER, J.M. e MILLER, A.I. Dissecting the global diversity trajectory of an enigmatic group: The paleogeographic history of tentaculitoids: **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 312, p. 54-65. 2011.

ZABINI, C.; BOSETTI, E. P.; HOLZ, M. Taphonomy and taphofacies analysis of lingulid brachiopods from Devonian sequences of the Paraná Basin, Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 292: 44-56, 2010.

11 APÊNDICE

11.1 Lista de amostras analisadas

Numeração amostra	Táxon	Posição no acamamento	Textura	Quadrícula
MPI 1500	<i>Australospirifer</i> sp.	Paralela	Siltito	4
MPI 1501	<i>Australospirifer</i> sp.	Paralela	Siltito	4
MPI 9610	<i>Orbiculoidea</i> sp.	Paralela	Siltito	4
MPI 9636	<i>Planolites</i>	-	Siltito	1
MPI 9637	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9638	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9639	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9640	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9641	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9642	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9643	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9644	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9645	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9646	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9647	<i>Orbiculoidea</i> sp.	Paralela	Siltito	4
MPI 9648	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9649	<i>Australospirifer</i> sp.	Inclinada	Arenito	1
MPI 9650	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9651	<i>Australospirifer</i> sp.	Inclinada	Arenito	1
MPI 9652	<i>Australospirifer</i> sp.	Inclinada	Arenito	1
MPI 9653	<i>Skolithos</i> isp.	-	Arenito	1
MPI 9654	<i>Australospirifer</i> sp.	Inclinada	Arenito	1
MPI 9655	<i>Planolites</i>	-	Siltito	1
MPI 9656	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9657	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9658	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9659	<i>Australospirifer</i> sp.	Inclinada	Arenito	1
MPI 9660	<i>Gordia</i> isp.	-	Siltito	1
MPI 9661	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	1
MPI 9662	<i>Orbiculoidea</i> sp.	Paralela	Siltito	2
MPI 9663	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	1
MPI 9664	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	1
MPI 9665	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9666	<i>Arenicolites</i> isp.	-	Siltito	1
MPI 9667	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9668	<i>Australospirifer</i> sp.	Inclinada	Arenito	1
MPI 9669	<i>Lockeia</i> isp.	-	Siltito	1
MPI 9670	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	1
MPI 9671	<i>Gordia</i> isp.	-	Siltito	1
MPI 9672	Lingulideo infaunal	Paralela	Siltito	1
MPI 9673	<i>Chondrites</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9674	<i>Asterosoma</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9675	<i>Skolithos</i> isp.	-	Arenito	2
MPI 9676	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9677	<i>Orbiculoidea</i> sp.	Paralela	Siltito	2
MPI 9678	<i>Orbiculoidea</i> sp.	Paralela	Siltito	2

MPI 9679	<i>Orbiculoidea</i> sp.	Paralela	Siltito	2
MPI 9680	<i>Orbiculoidea</i> sp.	Paralela	Siltito	2
MPI 9681	<i>Orbiculoidea</i> sp.	Paralela	Siltito	2
MPI 9682	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9683	<i>Orbiculoidea</i> sp.	Paralela	Siltito	2
MPI 9684	<i>Teichichnus</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9685	<i>Lockeia</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9686	<i>Cylindrichnus</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9687	<i>Orbiculoidea</i> sp.	Paralela	Siltito	2
MPI 9688	<i>Orbiculoidea</i> sp.	Paralela	Siltito	2
MPI 9689	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9690	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9691	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9692	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9693	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	2
MPI 9694	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9695	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9696	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	2
MPI 9697	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	2
MPI 9698	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	2
MPI 9699	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	2
MPI 9700	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	2
MPI 9701	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	2
MPI 9702	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	3
MPI 9703	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	3
MPI 9704	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	3
MPI 9705	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	3
MPI 9706	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	3
MPI 9707	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	3
MPI 9708	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	3
MPI 9709	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	3
MPI 9710	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	3
MPI 9711	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	3
MPI 9712	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	3
MPI 9713	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	3
MPI 9714	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	3
MPI 9715	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	3
MPI 9716	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	4
MPI 9717	<i>Calmonia</i> sp.	Vertical (modo salteriano)	Folhelho	4
MPI 9718	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Folhelho	4
MPI 9719	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Folhelho	4
MPI 9720	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	4
MPI 9721	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Folhelho	4
MPI 9722	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	4
MPI 9723	<i>Schuchertella</i> sp.	Paralela	Siltito	4
MPI 9724	<i>Edmondia</i> sp.	Inclinada	Folhelho	4
MPI 9725	<i>Edmondia</i> sp.	Inclinada	Folhelho	4
MPI 9726	<i>Schuchertella</i> sp.	Paralela	Folhelho	4
MPI 9727	<i>Palaeoneilo</i> sp	Paralela	Siltito	4
MPI 9728	<i>Schuchertella</i> sp.	Paralela	Folhelho	4
MPI 9729	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Folhelho	5
MPI 9730	<i>Orbiculoidea</i> sp / <i>Australocoelia</i> sp.	Paralela	Folhelho	5
MPI 9731	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Folhelho	5
MPI 9732	<i>Edmondia</i> sp.	Paralela	Folhelho	5
MPI 9733	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Folhelho	5

MPI 9734	<i>Rosselia</i> isp.	-	Siltito	5
MPI 9735	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Folhelho	5
MPI 9736	<i>Australocoelia</i>	Paralela	Folhelho	5
MPI 9737	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Folhelho	5
MPI 9738	<i>Orbiculoidea</i> sp / <i>Edmondia</i>	Paralela	Folhelho	5
MPI 9739	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	5
MPI 9740	<i>Rhizocorallium</i> sp.	-	Siltito	5
MPI 9741	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Folhelho	5
MPI 9742	<i>Orbiculoidea</i> sp.	Paralela	Siltito	5
MPI 9743	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Folhelho	5
MPI 9744	<i>Tentaculitideo</i>	Paralela	Siltito	5
MPI 9745	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Folhelho	5
MPI 9746	<i>Australocoelia</i> sp.	Paralela	Folhelho	5
MPI 9747	<i>Calmonia</i> sp.	Inclinada	Folhelho	5
MPI 9748	<i>Tentaculites</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9749	<i>Rosselia</i> isp.	-	Siltito	6
MPI 9750	<i>Teichichnus</i> isp.	-	Siltito	6
MPI 9751	<i>Tentaculites</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9752	<i>Schuchertella</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9753	<i>Rhizocorallium</i> isp.	-	Siltito	6
MPI 9754	<i>Skolithos</i> isp.	-	Arenito	6
MPI 9755	<i>Schuchertella</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9756	<i>Palaeoneilo</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9757	<i>Orbiculoidea</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9758	<i>Tentaculites</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9759	<i>Australocoelia</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9760	<i>Palaeoneilo</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9761	<i>Tentaculites</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9762	<i>Rhizocorallium</i> isp.	-	Siltito	6
MPI 9763	Molusco Bivalvia	Paralela	Siltito	6
MPI 9764	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	6
MPI 9765	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	6
MPI 9766	Molusco Bivalvia	Paralela	Siltito	6
MPI 9767	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	6
MPI 9768	Molusco Bivalvia	Paralela	Siltito	6
MPI 9769	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	6
MPI 9770	<i>Tentaculites</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9771	<i>Australocoelia</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9772	<i>Schuchertella</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9773	<i>Tentaculites</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9774	<i>Tentaculites</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9775	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	6
MPI 9776	<i>Tentaculites</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9777	<i>Tentaculites</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9778	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	6
MPI 9779	<i>Tentaculites</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9780	<i>Orbiculoidea</i> sp / <i>Planolites</i> isp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9781	<i>Australospirifer</i> sp.	Inclinada	Arenito	6
MPI 9782	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	6
MPI 9783	<i>Australospirifer</i> sp.	Inclinada	Arenito	6
MPI 9784	<i>Australospirifer</i> sp.	Inclinada	Arenito	6
MPI 9785	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	6
MPI 9786	<i>Tentaculites</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9787	Molusco Bivalvia	Paralela	Siltito	6
MPI 9788	<i>Tentaculites</i> sp.	Paralela	Siltito	6

MPI 9789	Molusco Bivalvia	Paralela	Siltito	6
MPI 9790	Molusco Bivalvia	Paralela	Siltito	6
MPI 9791	<i>Tentaculites</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9792	Molusco Bivalvia/ <i>Schuchertella</i> sp.	Paralela	Siltito	6
MPI 9793	Molusco Bivalvia	Paralela	Siltito	6
MPI 9794	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	6
MPI 9795	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	6
MPI 9978	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	2
MPI 9979	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	2
MPI 9980	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	2
MPI 9981	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9982	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	2
MPI 9983	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	2
MPI 9984	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9985	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9986	<i>Australospirifer</i> sp.	Inclinada	Arenito	2
MPI 9987	<i>Australospirifer</i> sp.	Inclinada	Arenito	2
MPI 9988	<i>Gordia</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9989	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	2
MPI 9990	<i>Skolithos</i> isp.	-	Arenito	2
MPI 9991	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	3
MPI 9992	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	3
MPI 9993	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	3
MPI 9994	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	5
MPI 9995	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	4
MPI 9996	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	4
MPI 9997	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	4
MPI 10434	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	5
MPI 10435	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	5
MPI 10436	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	5
MPI 10437	<i>Rosselia</i> isp.	-	Siltito	5
MPI 10438	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	5
MPI 10439	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	5
MPI 10440	<i>Planolites</i> isp.	-	Siltito	5
MPI 10454	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	5
MPI 10455	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	5
MPI 10456	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	5
MPI 10457	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	5
MPI 10458	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	5
MPI 10459	<i>Cylindrichnus</i> isp.	-	Siltito	5
MPI 10460	<i>Teichichnus</i> isp.	-	Siltito	5
MPI 10461	<i>Orbiculoidea</i> sp	Paralela	Siltito	5