

SANDRO MARCELO SCHEFFLER

**Os Crinoidea do Afloramento Rio Caniú
(Devoniano, Formação Ponta Grossa), no Estado
do Paraná**

Monografia apresentada ao Departamento de
Zoologia, Setor de Ciências Biológicas,
Universidade Federal do Paraná como
requisito para a obtenção do título de Bacharel
em Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. Arno Blankensteyn
Departamento de Zoologia,

Co-orientador: Dr. Robson Tadeu Bolzon
Departamento de Geologia,
Setor de Ciências da Terra, UFPR

**CURITIBA
2000**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Arno Blankensteyn

Prof. Dra. Inês Azevedo

Prof. Dr. Robson Tadeu Bolzon

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer as seguintes unidades da Universidade Federal do Paraná:

- Departamento de Geologia do Seto de Ciências da Terra.
- Coordenação do Curso de Ciências Biológicas.
- Departamento de Zoologia do Setor de Ciências Biológicas.

Ao meu orientador Arno Blankensteyn por possibilitar que minha monografia fosse desenvolvida na área de Paleontologia, se oferecendo como vínculo entre o departamento de Zoologia e o departamento de Geologia.

Agradeço à Inês Azevedo e Júlio Vaz Nitché, acadêmico do Curso de Geografia, pela ajuda na coleta de Campo; aos meus amigos Maurizio Cúnico Cordoba, que me auxiliou na revisão desta, e a Luiz Antônio Coltro Jr., Rodrigo Fonseca e Jeferson pelo apoio neste momento crucial de minha vida.

E, principalmente, agradeço ao meu orientador Robson Tadeu Bolzon, que foi responsável por minha formação científica durante a graduação, por toda paciência que demonstrou em várias oportunidades, sem a qual talvez eu não estivesse me formando.

Em especial gostaria de agradecer à minha família, principalmente à meus pais que sempre deram maior apoio ao que fiz. Minha educação, assim como a de meus irmãos sempre foi prioridade para eles, e hoje estou colhendo os frutos dos seus esforços.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	1
2. MATERIAIS E MÉTODOS	3
2.1 – Métodos de coleta	3
2.2 – Métodos de observação e análise	7
3. REVISÃO DA LITERATURA	11
3.1 - Geologia da área	11
3.1.1 - Bacia Sedimentar do Paraná	11
3.1.2 - Formação Ponta Grossa	13
3.1.3 - Trabalhos anteriores no Afloramento	17
3.2 - Morfologia dos Crinóides	18
3.2.1 - Descrição Morfológica	18
3.2.2 - Princípios da Sistemática com segmentos de Pedúnculo	21
3.3 - Considerações sobre a Paleoecologia de Crinóides	23
4. RESULTADOS	25
4.1 - Descrição da Fauna associada	25
4.2 - Análise Morfológica das partes dissociadas de crinóides	29
4.2.1 - Colunais	29
4.2.2 - Pluricolunais	30
4.3 - Paleoecologia	34
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	41
5.1 - Morfologia dos Crinóides encontrados	41
5.1.1 - Morfologia das Colunais	41
5.1.2 - Morfologia das Pluricolunais	43
5.2 - Paleoecologia	45
6. CONCLUSÕES	49
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
8. ESTAMPAS	53

1 - APRESENTAÇÃO

Os Crinoidea (Filo Echinodermata, Sub-filo Crinozoa), existem desde o Cambriano Médio (Sprinkle & Kier, 1987). São importantes elementos faunais de muitos ambientes e paleocomunidades (Kammer et alii, 1997) e predominam nas associações fósseis de equinodermas de todo o Paleozóico. Todos os crinóides do Paleozóico eram pedunculados (Clarkson, 1986) e apresentavam alimentação do tipo suspensívora (Hallan, 1984; Llewellyn & Messin, 1993). O grupo é considerado exclusivamente marinho e durante o Paleozóico predominou em ambientes marinhos rasos (Donovan et alii, 1995), tendo habitado substrato duro ou mole (Sprinkle e Guensburg, 1995). É mais difícil observar sua ocorrência em ambientes de águas profundas, geralmente maiores que 150m (Lane & Webster, 1980; apud Donovan et alii, 1995).

Após a morte os crinóides são submetidos à decomposição, com conseqüente desligamento das placas e colunais (Clarkson, 1986), constituindo importante fonte para obtenção de dados em relação à taxa de energia, ao sentido de correntes, às taxas de deposição e sepultamento e às condições do ambiente de fossilização.

No Registro fóssil a ocorrência de um indivíduo de crinóide com cálice e pedúnculo é raro. A classificação sistemática dos crinóides inclui características morfológicas do cálice que assim como o indivíduo completo é raro nas associações fósseis. Em Paleontologia, diferentes grupos taxonômicos são classificados seguindo parâmetros artificiais. Esta classificação parataxonômica é empregada em Paleobotânica sendo diferentes órgãos vegetais estudados e sistematizados separadamente. Outros exemplos similares são empregados com os microfósseis Escolecodontes e Conodontes. Entre os equinodermas existem táxons estabelecidos com elementos esqueléticos dissociados que incluem: Asteroidea; Ophiuroidea; espinhos e placas ambulacrais de Equinoidea e escleritos de Holoturoidea (Stukalina, 1988). Os crinóides estudados no Afloramento Rio Caniú constituem segmentos de pedúnculo e foram classificados segundo os fundamentos da parataxonomia.

A Formação Ponta Grossa constitui em importante registro do Devoniano da América do Sul. O registro fóssil é constituído principalmente de invertebrados marinhos.

Os primeiros registros de ocorrência de Crinoidea na Formação Ponta Grossa correspondem ao trabalho de Lange (1943), que encontrou artigos e pedúnculos,

classificando-os por Crinoidea indet.. Vários autores citam a ocorrência de crinóides em diversos afloramentos desta Formação (Petri, 1948; Lange & Petri, 1967; Ciguel, 1989; Popp, 1985).

Neste trabalho, foram estudados os crinóides que ocorrem em diferentes níveis fossilíferos do Afloramento Rio Caniú, Município de Ponta Grossa, Estado do Paraná.

Inicialmente é apresentado uma breve revisão sobre a geologia da área em estudo, incluindo considerações sobre a Formação Ponta Grossa, principalmente quanto ao ambiente deposicional e a idade. Também é apresentado uma revisão sobre a descrição morfológica e sistemática de segmentos de pedúnculo de crinóides. Ainda e princípios foi incluído alguns métodos de análise de Paleoecologia dos crinóides.

Dados de natureza paleoecológica foram reunidos para cada nível amostrado. Estes dados incluíram a integridade dos crinóides fósseis encontrados e da fauna associada.

Os grupos que ocorreram associados foram: Moluscos (Bivalves, Gastrópodes e Tentaculitóides); Braquiópodes Articulados e Inarticulados; Ostracodes e um grupo de posição sistemática incerta (*Serpulites sp.*).

A morfologia das colunais e pluricolunais foi analisada em detalhe permitindo reconhecer padrões morfológicos e estabelecer morfogêneros para colunais e pluricolunais. Em relação às pluricolunais constatou-se que diferentes padrões pertenciam à um mesmo segmento de pedúnculo. Assim foi possível reunir em Morfotipos possibilitando reconstituir em parte os indivíduos.

Os resultados indicaram que a fauna associada é relativamente diversificada. Os crinóides apresentam diferentes graus de integridade desde pedúnculos quase completos até colunais isoladas. Alguns níveis foram similares em relação à abundância e riqueza de táxons da fauna associada.

Ao final foi possível integrar os resultados paleoecológicos obtidos com os crinóides e a fauna associada resgatando dados, sobre taxa de sedimentação e energia do ambiente deposicional.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta parte do trabalho será esclarecido como foi efetuada a coleta e o posicionamento espacial e estratigráfico dos níveis amostrados. Em cada amostra foram analisadas diversas características referentes a morfologia e a paleoecologia dos crinóides. Também nesta parte do trabalho são citadas as terminologias utilizadas, e outros procedimentos metodológicos.

2.1 - MÉTODOS DE COLETA

As amostras estudadas foram coletadas no Afloramento Rio Caniú. Este afloramento está localizado no km 18 (partindo de Palmeira) da PR 151, (Rodovia Deputado João Chede), Município de Ponta Grossa, Estado do Paraná (Fig. 1). As coordenadas do afloramento são: 25° 18'48''S e 50° 05'32'' W (em UTM 22J 0591369 e 7200048).

A metodologia de coleta foi modificada de Gaucher et alii (1996). Os níveis amostrados incluem a litofácia 6 de Ciguel (1989). Inicialmente foram localizados os níveis com ocorrência de crinóide (Fig. 2 e 3). Em seguida foi delimitado uma área retangular com os lados orientados e plotados os pontos de coleta. A figura 4 ilustra em detalhe os pontos amostrados.

Dois perfis foram traçados para determinar o desnível do terreno (Fig. 5). Um incluiu os níveis amostrados (A, A') e o outro foi paralelo a rodovia (B, B').

Em laboratório as amostras foram preparadas utilizando métodos usuais de preparação mecânica. Foi utilizado agulhas e estiletos de vários tamanhos além de pequenos martelos e talhadeiras.

As amostras receberam numeração provisória e foram depositadas no Museu de Paleontologia do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná.

A tabela abaixo mostra os níveis de coleta, os códigos de cada amostra e o número de amostras por nível.

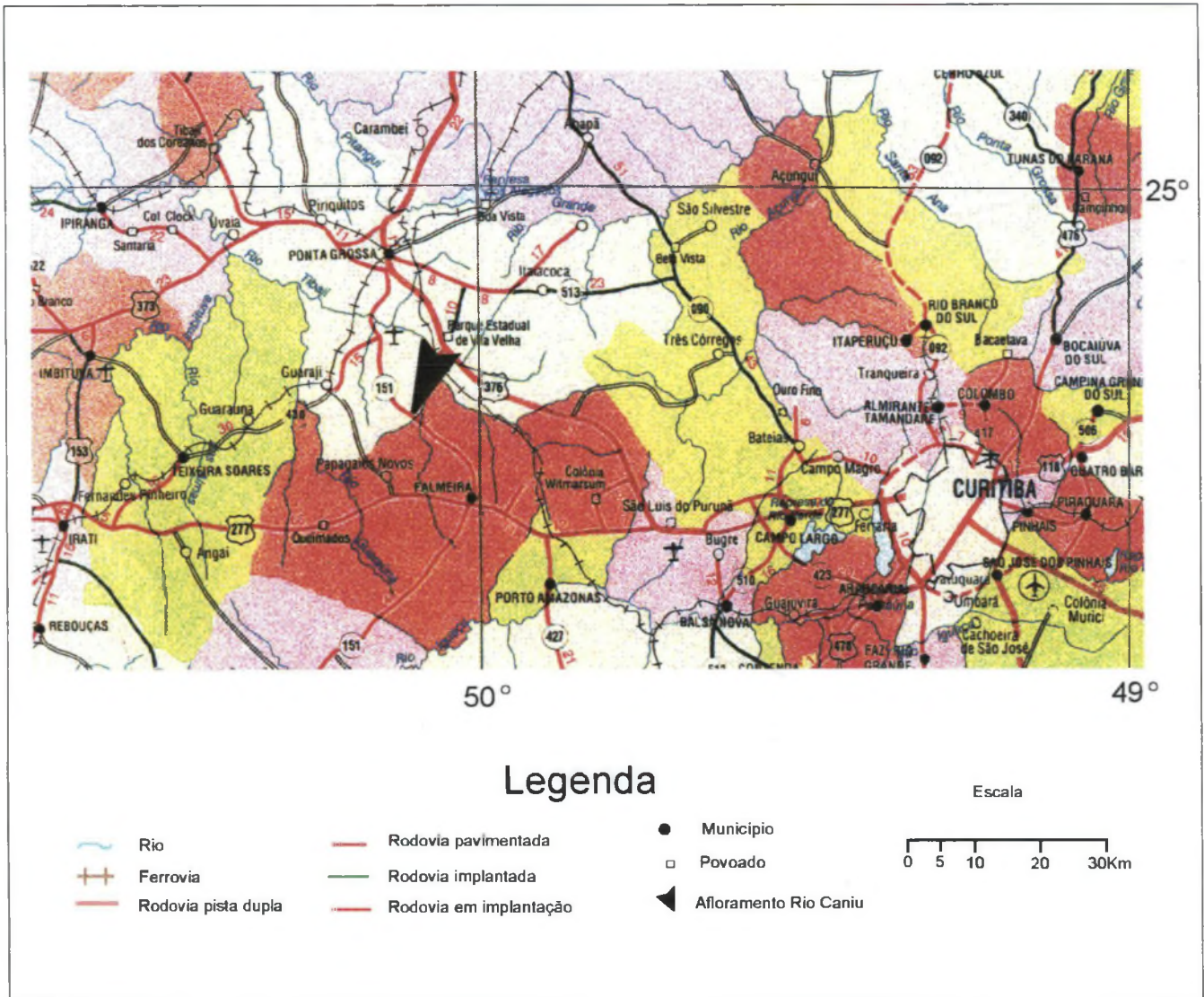


Figura 1: Mapa de localização do Afloramento Rio Caniú (modificado de Estado do Paraná, 1996)



Figura 2 – Vista do afloramento (Norte) mostrando a litofÁCIE 6 definida por Ciguel (1989).
As setas indicam os níveis amostrados.



Fig. 3 – Vista Sul do afloramento.

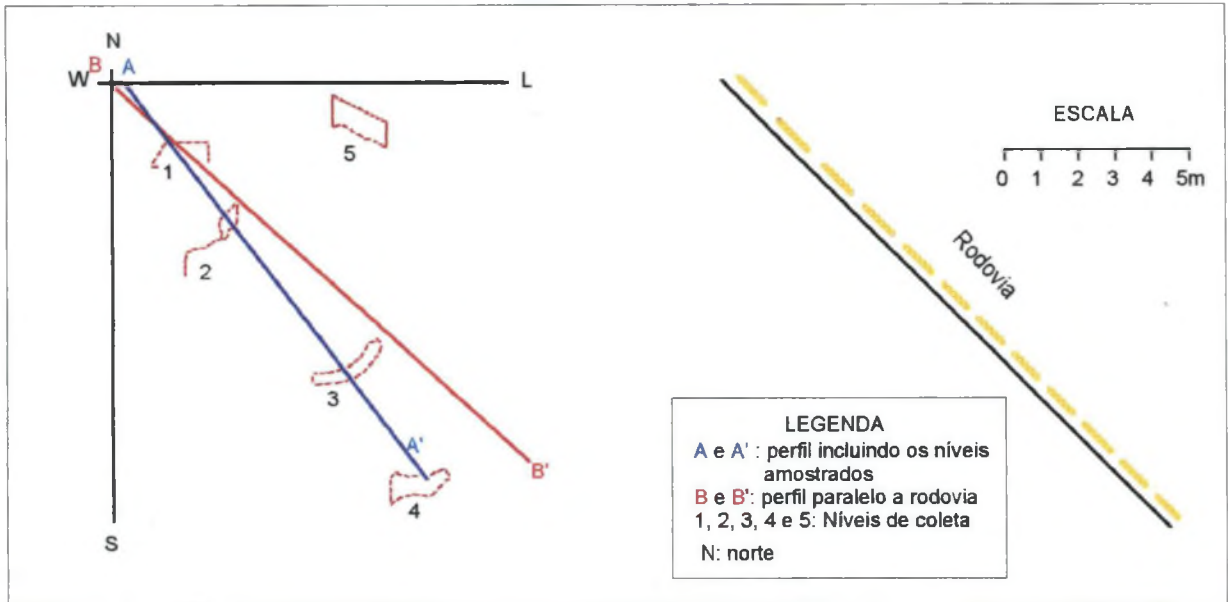


Figura 4: Localização dos níveis de coleta no Afloramento Rio Caniú.

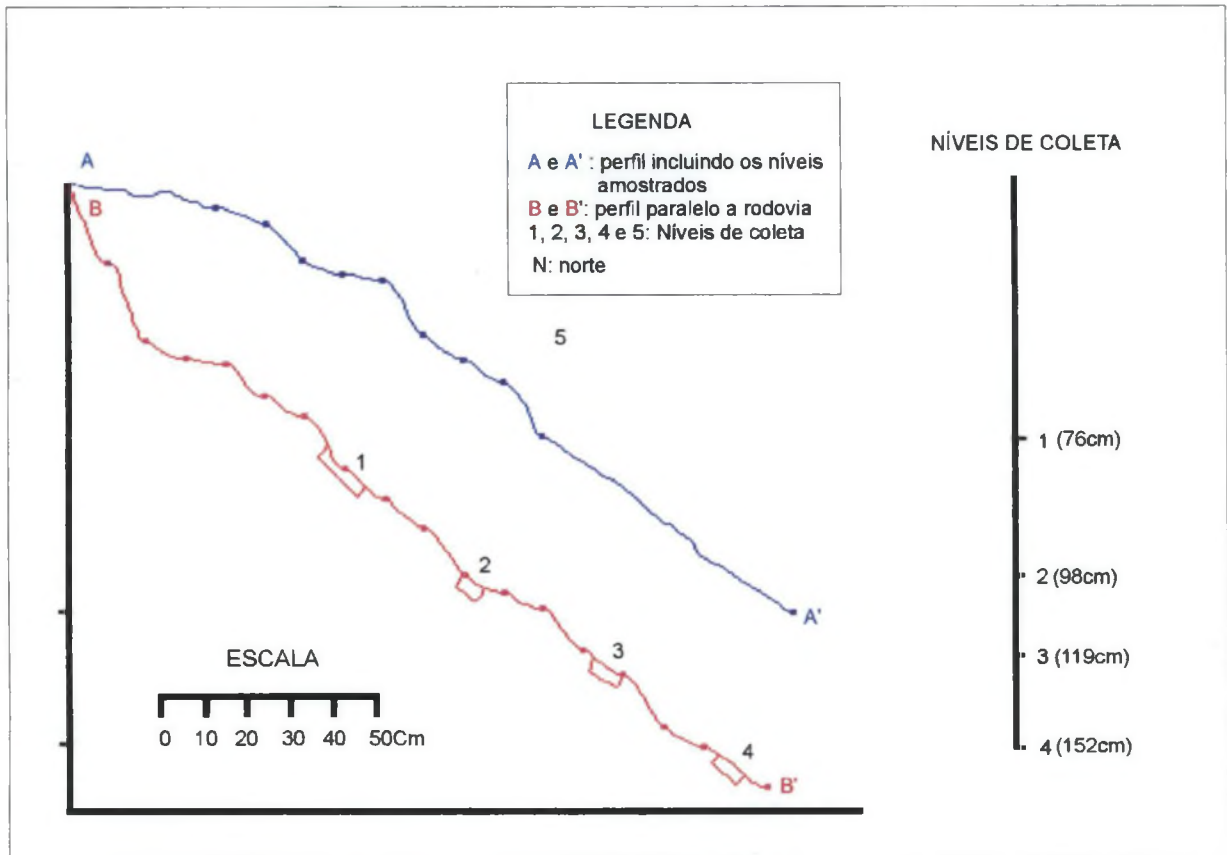


Figura 5: Ilustra o desnível do afloramento e os níveis de coleta

NÍVEL	CÓDIGOS DAS AMOSTRAS	TOTAL DE AMOSTRAS
01	1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1E, 1F, 1G, 1H, 1I, 1J, 2K, 1L, 1M, 1N, 1O, 1P, 1Q, 1R, 1S, 1T, 1 1, 1 2, 1 3, 1 4, 1 5, 1 6, 1 7, 1 8, 1 9, 1 10	30
02	2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F, 2G, 2H, 2I, 2J, 2K, 2L, 2M, 2N, 2O, 2P	16
03	3A, 3B, 3C, 3D, 3E, 3F, 3G, 3H, 3I	9
04	4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F, 4G, 4H, 4I, 4J	10
05	1a1, 1a2, 1a3, 1a4, 1 ^a 5, 1a6, 1a7, 1a8, 1a9, 1a10, 1a11, 1a12, 1 ^a A, 1aB, 1aC, 1aD, 1aE, 1aF, 1aG, 1aH, 1aI, 1aJ, 1aK, 1aL, 1aM, 1aN, 1aO, 1aP, 1aQ, 1aR, 1aS	31

Todas as amostras foram analisadas em microscópio estereoscópico (upa binocular). Algumas amostras foram selecionadas para fotografias.

2.2 - MÉTODOS DE OBSERVAÇÃO E ANÁLISE

Os seguintes dados foram observados para cada amostra: preservação (preservação ótima, boa, razoável ou ruim); integridade (inteiros ou fragmentados); a posição em relação ao plano de acamamento; quantificação dos crinóides e dos demais organismos encontrados associados (número de crinóides e indivíduos associados); modo de fossilização (preservação autigênica – impressão ou molde e composta) e alteração diagenética. Também foram observadas algumas características da matriz como: coloração e granulometria. A quantificação do número de crinóides presente na amostra foi diferenciada entre pluricolunais e colunais isoladas. Foram utilizados na caracterização morfológica das colunais e das pluricolunais apenas os espécimens que se encontravam bem preservados.

Na quantificação dos crinóides e dos organismos associados cada fragmento foi considerado como um indivíduo inteiro. Cabe ressaltar que este é um procedimento usual em

análises paleontológicas quantitativas. Como os crinóides são formados por milhares de elementos esqueléticos não se pode determinar todas as partes que pertenceriam a um mesmo indivíduo. A terminologia utilizada neste trabalho é a proposta por Moore et alii (1968). A figura 6 ilustra estes termos.

Cada colunal foi analisada observando, sempre que possível: o diâmetro da superfície articular, o diâmetro do lúmen, o diâmetro da areola e o número de crenelas e cúlmens.

As características morfológicas utilizadas para a definição dos morfotipos de colonais foram o diâmetro da faceta articular (artícula) e o índice areolar (Ai) proposto por Moore et alii (1968). O índice areolar é definido como sendo a proporção entre o diâmetro da areola e o diâmetro da superfície articular.

Quatro classes de valores de índices areolares são propostas.

- Ai menor que 33,33: diâmetro da areola menor que 1/3 do diâmetro da faceta articular
- Ai entre 33,33 e 49,99: diâmetro da areola entre 1/3 e a metade do diâmetro da faceta articular.
- Ai entre 50 e 66,65: diâmetro da areola entre a metade e 2/3 do diâmetro da faceta articular.
- Ai igual ou maior que 66,66: diâmetro da areola igual ou maior que 2/3 do diâmetro da faceta articular.

As colonais foram classificadas, seguindo as classes propostas acima, combinadas com os valores de intervalo de diâmetros em que as colonais apareceram com maior frequência.

Na análise dos pluricolonais foram observados os seguintes itens: a orientação das pluricolonais e dos organismos associados; o número de colonais; o padrão de arranjo das colonais nas pluricolonais; o comprimento e a largura das pluricolonais; e outras observações julgadas relevantes para cada amostra. Na análise paleoecológica o tamanho das pluricolonais foi utilizado com indicativo de energia do meio.

Os padrões de pluricolonais foram definidos com base na sequência com que as colonais aparecem nos noditaxes e com os mesmos intervalos de diâmetros utilizados na definição dos morfotipos de colonais.

Os cinco níveis amostrados foram comparados em relação as características sistemáticas e paleoecológicas. A análise paleoecológica foi baseada no trabalho de Bosseti e

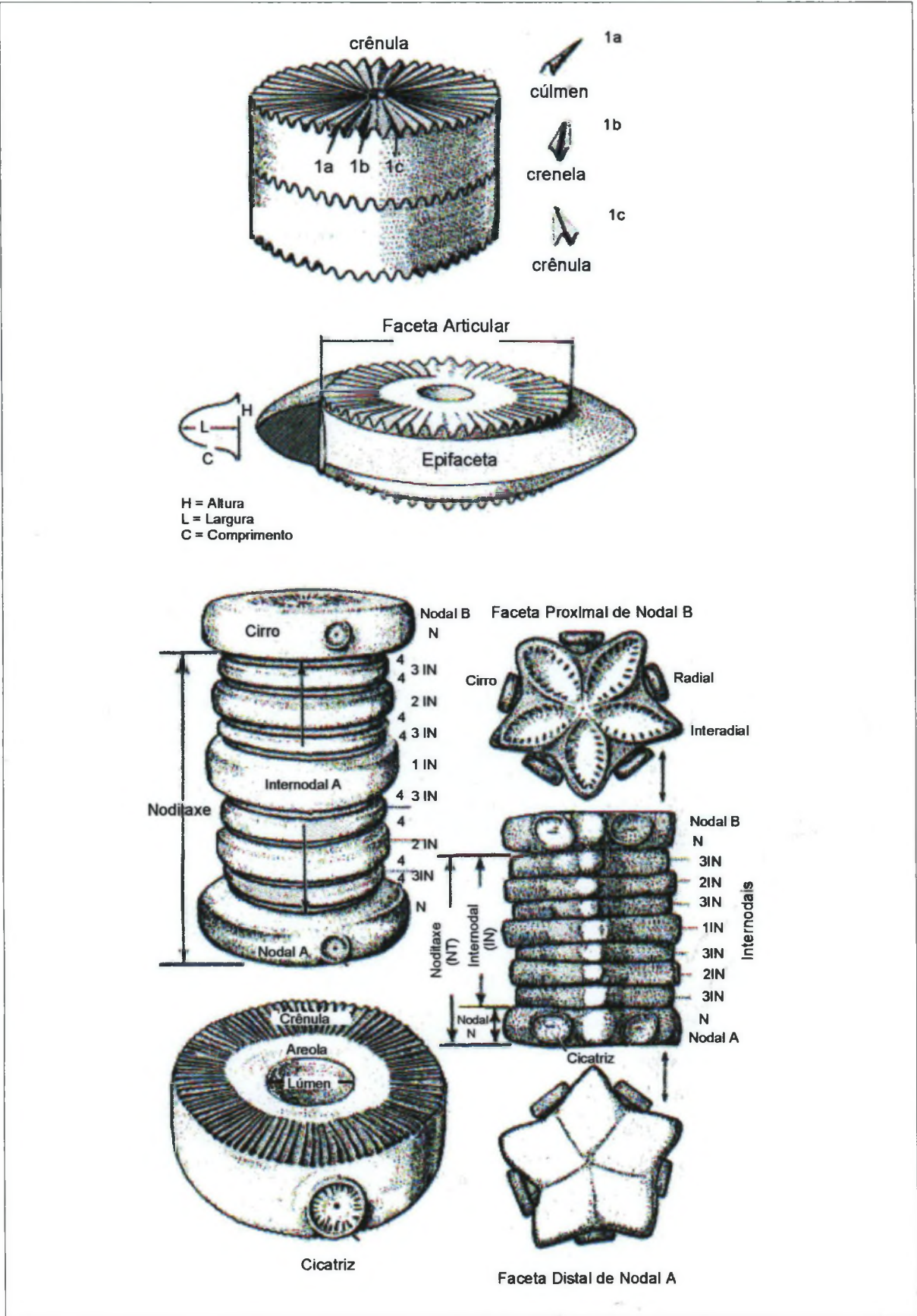


Figura 6: Caracteres morfológicos das colunais e pluricolunais dos Crinóides (modificado de Moore e Jeffords, 1968).

Moro (1989). O índice de abundância foi determinado como sendo o número de organismos encontrados por amostra dividido pelo número de amostras estudadas por nível.

3 - REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão apresentadas considerações sobre a geologia da área incluindo a localização e dados estratigráficos da Bacia sedimentar do Paraná. Também a morfologia da Classe Crinoidea é apresentada de forma resumida, associando esta morfologia à sistemática e paleoecologia.

3.1 - GEOLOGIA DA ÁREA

Aqui é feita uma breve descrição da Bacia sedimentar do Paraná e da Formação Ponta Grossa, incluindo localização, origem, idade, litologia e outras considerações. Também é apresentado um breve histórico dos trabalhos realizados na Formação Ponta Grossa e no afloramento Rio Caniú.

3.1.1 - BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ

A Bacia sedimentar do Paraná está situada no centro-leste da América do Sul, abrangendo uma área de 1.600.000 km², dos quais 1.000.000 km² situados em território brasileiro, 400.000 km² em território argentino, 100.000 km² em território uruguaio e 100.000km² em território paraguaio (Petri e Fúlfaro, 1983). A maior parte dos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina (regiões central e ocidental) e Rio Grande do Sul (regiões norte, central e ocidental) e parte dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do sul, Minas Gerais e Goiás estão situados nesta bacia (Fig. 7).

A Bacia sedimentar do Paraná, em função de aspectos inerentes a seu posicionamento geotectônico atual e a suas características tectono-sedimentares, é considerada uma típica bacia intracratônica (Milani & Ramos, 1998). A Bacia do Paraná, originada como um golfo aberto para o Panthalassa, tornou-se com o tempo, através do crescimento da litosfera continental ao longo da margem sul do Gondwana, uma depressão intracratônica (Milani & Ramos, 1998).

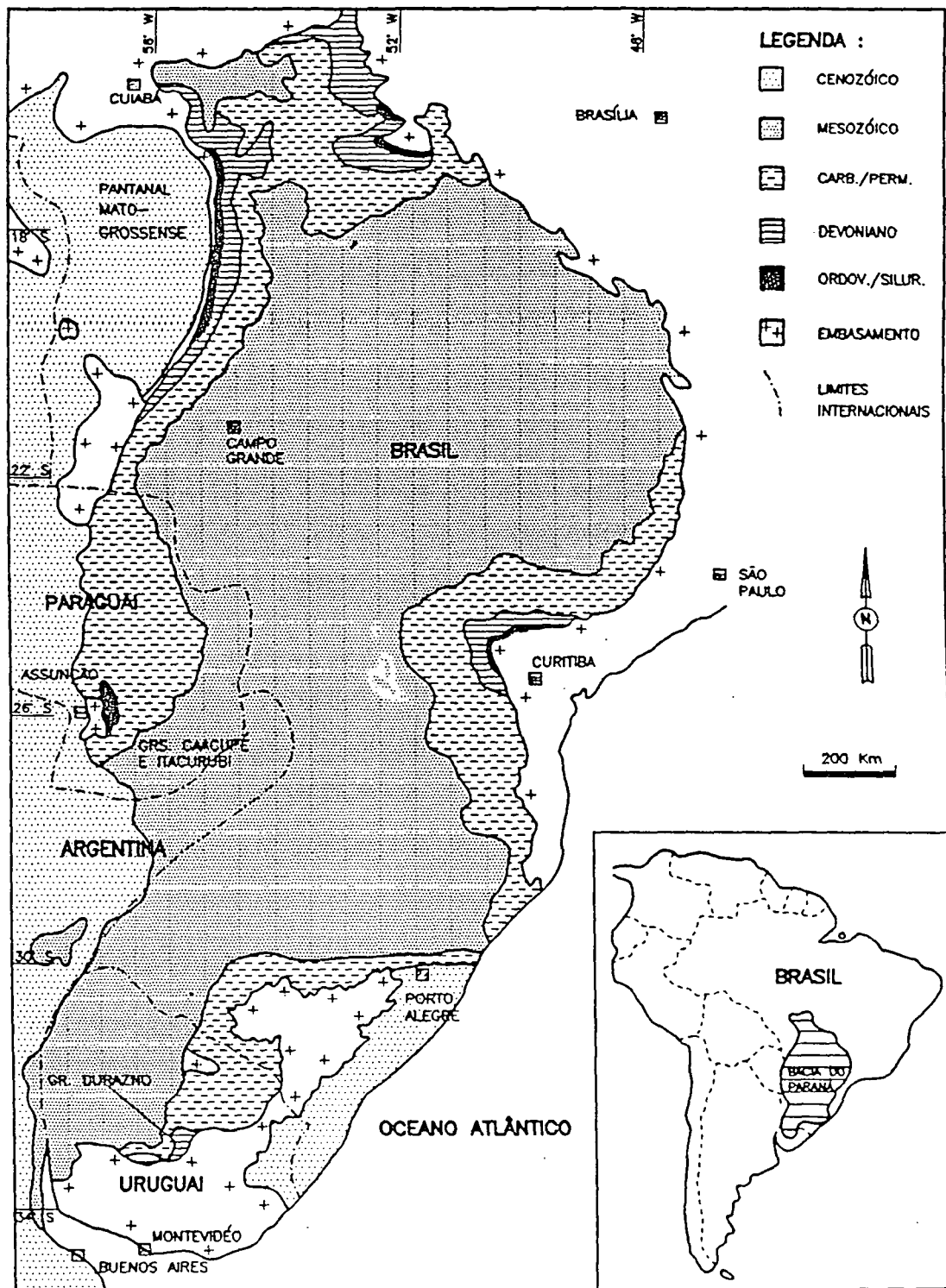


Figura 7 - Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná.

Conforme Milani e Ramos (1998) a Bacia do Paraná evoluiu durante o Paleozóico e o Mesozóico e abriga um registro estratigráfico temporalmente posicionado entre o Neo-Ordoviciano e o Neocretáceo, documentando assim quase 400 milhões de anos da história geológica fanerozóica dessa região do planeta. Os sedimentos Devonianos, que são os sedimentos de interesse para este trabalho, afloram em faixas relativamente estreitas nas bordas leste e oeste, sendo que na maior parte da área da bacia eles estão recobertos por rochas mesozóicas (Petri & Fúlfaro, 1983). A figura 8 apresenta o intervalo de interesse da coluna estratigráfica da Bacia sedimentar do Paraná.

Segundo Assine (1996) a Bacia sedimentar do Paraná apresentava-se, tectonicamente, compartimentada no Devoniano. Dados estratigráficos de superfície e subsuperfície indicaram que naquele período a Bacia possuía dois depocentros: um ao sul e outro ao norte. Estas áreas são consideradas como duas sub-bacias designadas, respectivamente, de Apucarana e Alto Garças. A sub-bacia Apucarana ocuparia áreas hoje correspondentes aos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. A sub-bacia de Alto Garças ocuparia grande parte dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e do sudoeste de Goiás (Assine, 1996).

O Devoniano no Estado do Paraná esta representado pelas Formações Furnas e Ponta Grossa. A Formação Furnas, do Devoniano inferior, é interpretada como sendo de ambiente fluvial e transicional marinho. No Estado do Paraná a Formação Ponta Grossa está subdividida nos membros: Jaguariaíva, Tibagi e São Domingos.

3.1.2 - FORMAÇÃO PONTA GROSSA

Oliveira em (1912 apud Ciguel, 1989) reconheceu uma unidade estratigráfica na base da Bacia sedimentar do Paraná, denominando de Formação Ponta Grossa. Depois do reconhecimento da Formação Ponta Grossa, vários termos e divisões foram propostos: Clark (1913) usou o termo Série Ponta Grossa; Moraes Rego (1940) propôs o nome de Série Paraná; Oliveira (1933) chamou de Serie Campos Gerais e Maack (1934) designou de Série Tibagi (apud Bigarella, 1967). Maack (1947; apud Bigarella, 1967) mudou novamente o nome para Série Campos Gerais que apresentou subdividida em Grupo Faxin-Furnas (conglomerados basais e arenito Furnas), Grupo Santa Rosa (Folhelho Ponta Grossa, Arenito Tibagi e folhelho São Domingos) e Grupo Barreiro (arenito Barreiro). Vários autores não concordaram com a subdivisão de Maack (1934-1963).

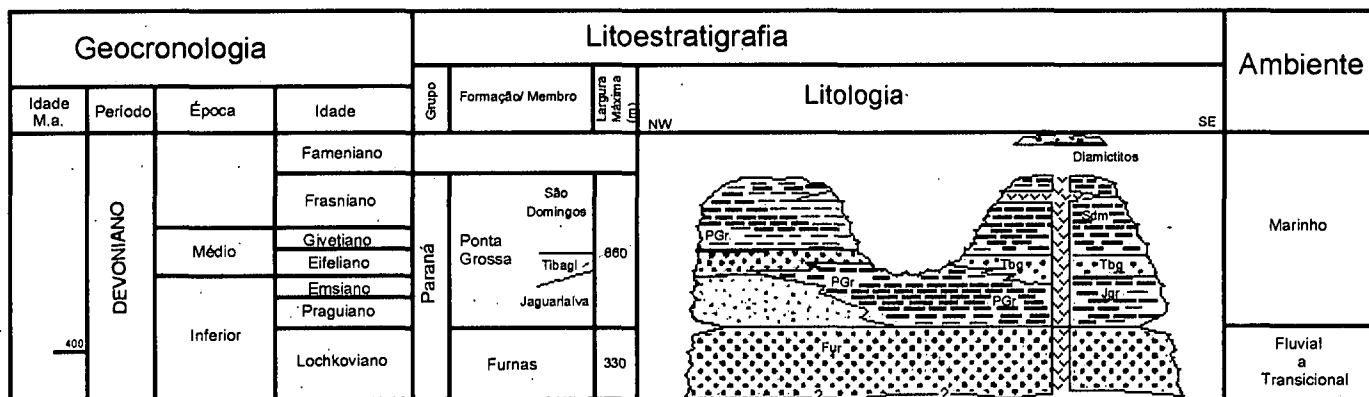


Figura 8: Coluna Estratigráfica do Devoniano da Bacia do Paraná (modificada de Quadros, 1999).

A Formação Ponta Grossa consiste de folhelhos argilosos, micáceos, finamente laminados, cinzentos, localmente betuminosos ou carbonosos e folhelhos silticos a arenosos, com siltitos e arenitos muito finos subordinados (Petri & Fúlvaro, 1983).

Lange e Petri apoiados em investigações micropaleontológicas (Lange, 1967; Daemon et alii, 1967), subdividiram a Formação Ponta Grossa em três Membros, que são facilmente reconhecidos para o Estado do Paraná: Membro Jaguariaíva (inferior); Membro Tibagi (médio); e Membro São Domingos (superior). Conforme Quadros (1999) associações de acritarcas encontradas em cada membro indicam as seguintes idades: Membro Jaguariaíva; idade Praguiano-Emsiano; Membro Tibagi, Emsiano-Eifeliano; São Domingos, Eifeliano-Neo-fameniano (Figura 8).

Conforme Assine (1996) o ambiente de deposição da Formação Ponta Grossa é marinho plataformar, sendo esta afirmação atestada pela presença de macrofósseis (Trilobita, Brachiopoda, Tentaculitoidea, etc.) e microfósseis (Acritarcha, Quitinozoa, etc.). Este ambiente de deposição deve ter sido calmo, mais afastado da costa, ou em regiões protegidas, tais como angras e enseadas (Petri & Fúlvaro, 1983). Correntes devem ter existido, contudo, evidenciadas por fósseis iso-orientados e pela presença de esqueletos desarticulados (Lange e Petri, 1967). Segundo Ciguel (1989) a presença de icnofósseis e assembléias fossilíferas sugere um ambiente deposicional, como situado entre a região litorânea e sub-litoral externo. As icnofácies, faunas e estruturas deposicionais sugerem o predomínio do ambiente sub-litoral interno com a lâmina d'água situando-se entre 40 e 60 metros de profundidade.

Segundo Lange e Petri (1967) a presença de Brachiopodes inarticulados *Orbiculoidea sp* em folhelhos negros, piritosos e carbonosos constitui um indicador de condições redutoras. A ocorrência de Lingulida associados a *Orbiculoidea sp* em folhelhos, sugere um substrato de lama movediça impróprio para formas bentônicas (Lange e Petri, 1967; Bigarella, 1967).

A Formação Ponta Grossa é ricamente fossilífera. Entre os vegetais foram registrados: palinomorfos, Acritarcha e restos de Psilofitales e quitinozoas. A fauna de invertebrados é representada por Cifozoa, Briozoa, Brachiopoda, Molusca (Bivalvia, gastropoda, tentaculitoidea e Cephalopoda), Trilobita, Crustacea (Ostracode), Equinoderma (Asterozoa e Crinozoa).

Muitos trabalhos paleontológicos foram realizados na Formação Ponta Grossa, destacando-se: Clarke (1913), que descreveu 80 espécies de diferentes grupos: Oppenheim

(1935), que trabalhou com plantas; Lange (1943), com ostracodes; Lange (1947; 1950), com escolecodontes; Caster (1954), que estudou equinodermos; Lange (1967) e Daemon et al. (1967), com pesquisas micropaleontológicas; Eldrege e Branisa (1980), que caracterizaram trilobitas calmoniídeos e as comunidades faunísticas da Formação Ponta Grossa; Popp (1985), com trilobitas Calmoniídeos; Ciguel (1989), que revisou a sistemática de tentaculitóides; Bosseti (1989a), com a revisão sistemática dos lingulídeos da Formação Ponta Grossa; e Kotzian (1995) com Bivalves.

Esta fauna presente nos sedimentos devoniano é muito similar à fauna verificada em outras áreas devonianas brasileiras, além de áreas contemporâneas da Bolívia, Argentina, Ilhas Maldivas e África do Sul (Clarck, 1913). A semelhança da fauna nestas áreas e a diferença para outras áreas situadas mais ao norte, levou a região por ela ocupada a ser chamada de Província Malvinocáfrica (Richter & Richter, 1942, apud Kotzian e Marchioro, 1997). Conforme Clarke (1913), a principal causa da existência da fauna Malvinocáfrica seria climática. Este autor enumerou as seguintes evidências de clima frio: a- ausência quase completa de corais e briozoos; b- grande presença de bivalves taxodontes; c- abundância de braquiópodes inarticulados; d- frequência de trilobitas fora de comum para a época. Shirley (1963, apud Petri e Fúlfaro, 1983), argumentou que a falta de variedade da fauna também seria uma evidência de clima frio, apesar do grande número e da grande área em que esses indivíduos aparecem. Petri e Fúlfaro (1983) apresentaram dois outros argumentos: a- natureza da fossilização, em que fósseis originalmente de conchas calcárias apareçam sempre sob a forma de moldes, enquanto os de parede quitinosa comumente exibem conservação parcial, em parte carbonizada; b- ausência de calcários.

Segundo Rodrigues e Quadros (1976) a paleossalinidade na Formação Ponta Grossa seria relativamente baixa para um ambiente marinho. As áreas mais salinas estariam localizadas na porção oeste da Bacia do Paraná, onde esta se comunicava com o mar de Panthalassa.

Os folhelhos que constituem o Membro São Domingos foram reconhecidos por Oliveira (1912, apud Ciguel, 1989). Bodziak e Maack (1946, apud Ciguel, 1989) denominaram os folhelhos que capeiam os arenitos Tibagi como São Domingos.

Segundo Lange e Petri (1967) a litologia do Membro São Domingos é constituída de folhelhos predominantemente argilosos, com intercalações betuminosas e com uma coloração bastante escura. A parte basal é constituída de arenito conglomerático argiloso e fino, mal

selecionado e de folhelhos micáceos ricos em restos vegetais. Seguem-se camadas de folhelhos e siltitos que apresentam marcas onduladas e laminação cruzada recobertas por arenito e folhelho argiloso. Em alguns lugares os folhelhos do Membro São Domingos passam gradativamente para arenitos de granulação de fina a média contendo fósseis (Petri, 1948; Petri e Fúlfaro, 1983).

A fauna do Membro São Domingos é semelhante à do Membro Jaguariaíva, mas com menos espécies e faltam os grupos tipicamente malvinocáfricos. Lange & Petri (1967) sugeriram, com base na litologia, que esta unidade foi depositada em condições redutoras.

Cooper (1977; apud Kotzian, 1995), com base em comunidades fósseis e características litológicas, apresenta interpretações similares. Para o autor, os folhelhos cinza escuros e piríticos, onde ocorrem lingúlideos e nukulídeos devem representar locais com pouca oxigenação, próximos à praia.

Popp (1985) identifica braços e pedúnculos intactos de crinóides e tentaculitóides iso-orientados no Membro São Domingos, indicando ambientes calmos.

3.1.3 - TRABALHOS ANTERIORES NO AFLORAMENTO RIO CANIÚ

Ciguel (1989) estudou em detalhe o afloramento do Rio Caniú. O perfil colunar indica que este afloramento é composto por várias camadas com granodecrescência ascendente, onde o arenito fino grada para siltitos e estes para folhelhos. A forma abrupta com que os arenitos assentam-se sobre os folhelhos sugere que ambientes possivelmente calmos foram perturbados periodicamente por correntes mais fortes. O autor reconheceu 8 litofácies e considerou este afloramento como topo do Membro São Domingos.

Popp e Barcellos – Popp (1986) descreveram o afloramento como constituído por uma sequência de 7 metros de folhelhos síltico-arenosos, cinza escuros, com intercalações de concreções ferruginosas fossilíferas. Bosseti (1989b) assinala a presença de estrutura lenticular, sugerindo deposição por fluxos unidirecionais. Kotzian (1995) também considerou o afloramento Rio Caniú como topo do Membro São Domingos.

Para Ciguel (1989) as diversas litofácies da Seção Colunar Rio Caniú, possivelmente foram depositadas em lagunas costeiras, com salinidade variável, aporte de águas continentais e circulação restrita. Kotzian (1995) sugeriu ambiente com circulação moderada de águas e substratos predominantemente arenosos, pelo predomínio de espécies suspensívoras. Segundo

o autor, locais hidrodinâmicos mais calmos com substrato lamosos, também poderiam ter ocorrido no afloramento.

A deposição do Membro São Domingos teria iniciado em período de regressão em ambiente plataformar. O máximo da regressão ocorre no topo do membro, caracterizando a comunidade de *Lingula*. Essa comunidade de *Lingula*, que é constituída por braquiópodes, lingulídeos e orbiculídeos, associados a Bivalves nuculídeos, trilobitas homalonótídeos e ao gastrópodo *Plectonotus* (Boucot, 1971), e ocorre no afloramento Rio Caniú (Bosseti e Moro, 1989).

Ciguel (1989), em sua dissertação de mestrado, citou a ocorrência de crinóides em 3 litofácies da seção colunar do Rio Caniú (litofácies 6, 7, 8). Cabe ressaltar que no presente trabalho foram efetuadas coletas em vários níveis da litofácia 6 (Fig. 9).

3.2 - MORFOLOGIA DOS CRINÓIDES

Neste item é apresentada uma descrição da morfologia de um crinóide, principalmente, em relação à morfologia dos pedúnculos. Também é apresentado um breve histórico da sistemática de partes dissociadas de crinóides, em especial do pedúnculo e os fundamentos e os procedimentos desta sistemática.

3.2.1 - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Um crinóide é constituído tipicamente por um corpo central (teca ou cálice) que contém as vísceras e que é sustentado por um esqueleto (Grassé, 1948). Este corpo central é composto de uma “taça” aboral (ou dorsal) e de um tegmen (oral). A “taça” aboral possui forma cônica, globular ou côncava e se situa abaixo da inserção dos braços, sendo formada de vários anéis de pequenas à largas placas; possui uma simetria pentâmera bem desenvolvida. O tegmen é plano ou em forma de cúpula e está situado acima da inserção dos braços, sendo formado de poucas à muitas placas pequenas (Sprinkle, 1987).

O corpo central ou teca pentâmera emite dois tipos de prolongamentos: os braços e o pedúnculo. Grassé (1948) afirmou que os braços podem ser pouco ou muito ramificados. Os braços constituem os órgãos de coleta de alimento. Barnes et alii (1988) denominou de

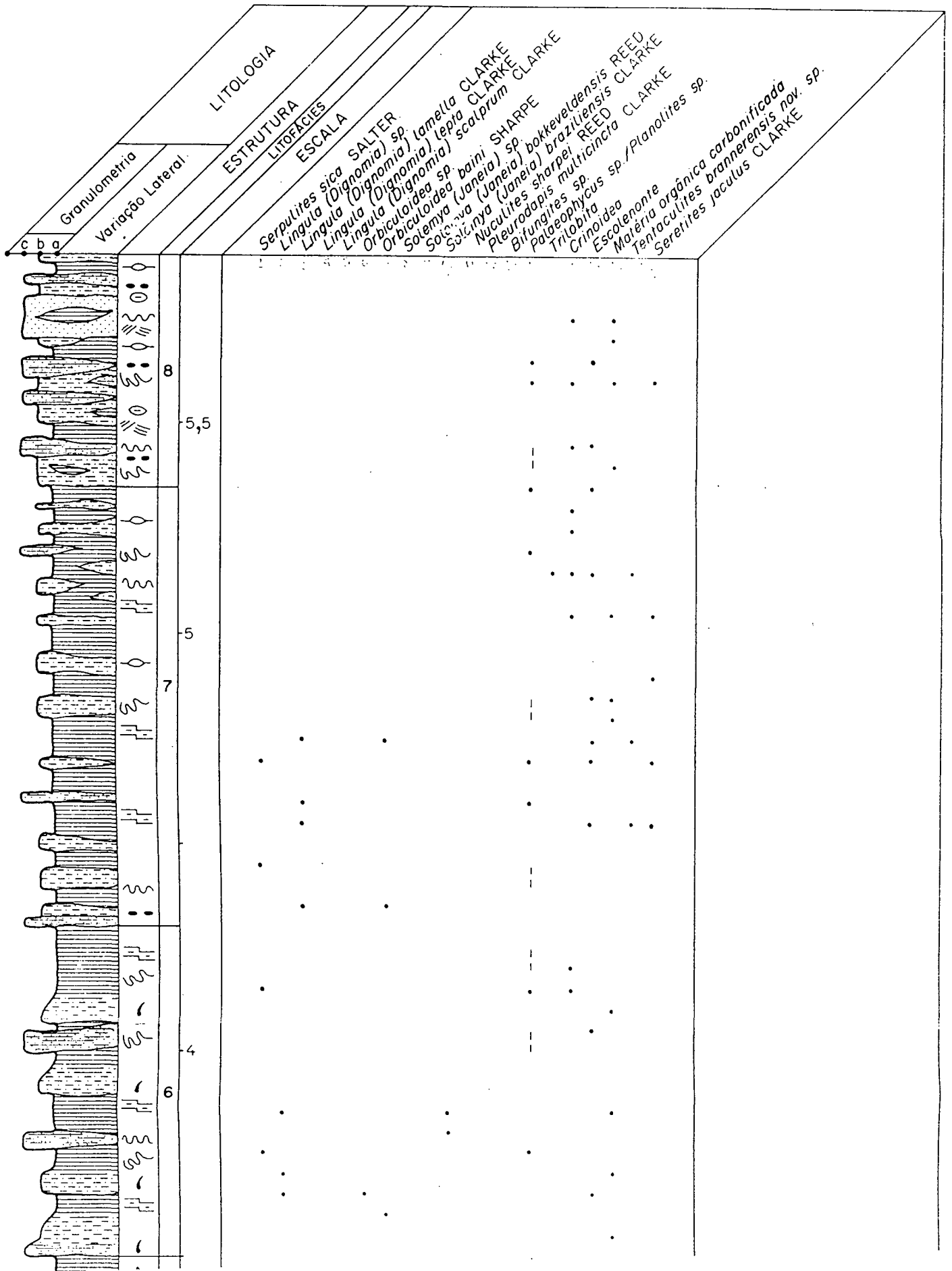


Fig. 9 - Parte do Perfil colunar do afloramento Rio Caniú mostrando a litofácia 6 amostrada (modificado de Ciguel, 1989).

pínulas as ramificações laterais que ocorrem ao longo de toda a extensão dos braços. Nos braços e nas pínulas ocorre o sulco ambulacral que é ciliado e contornado de pódios sem ventosas. Os sulcos de todos os braços convergem para a boca no centro da superfície oral (Barnes et alii, 1988). O pedúnculo está localizado na região aboral e está ancorado ao substrato nos crinóides sésseis (Grassé, 1948). O pedúnculo é formado por ossículos ou colunais. A organização das colunais do pedúnculo é diferente em cada táxon de crinóide. Os crinóides apresentam a maior variedade morfológica no pedúnculo que todos os demais grupos de equinodermas pedunculados juntos (Donovan et alii, 1995).

O conjunto de colunais constituem segmentos do pedúnculo e são chamadas de pluricolunais. Uma pluricolunal apresenta todas as colunais com a mesma morfologia ou com morfologia diferente.

Lewis et alii (1990) afirmaram que cada crinóide é constituído por milhares de ossículos composto por calcita e magnésio. Segundo Grassé (1948) o esqueleto de um crinóide compreende quatro partes: os ossículos aranjados ao redor da extremidade aboral e que constituem a taça dorsal; o pedúnculo juntamente com os cirros, que são apêndices comuns; os ossículos braquiais que formam os braços e suas ramificações; e as placas suplementares interbraquiais e interambulacrais.

Os crinóides fixos são considerados os mais primitivos entre os equinodermas atuais e, provavelmente, ilustrem o modo ancestral de existência do filo (Barnes et alii, 1988).

Nos crinóides sésseis a superfície aboral está ligada ao substrato por um pedúnculo. O pedúnculo é composto por ossículos e pode curvar-se (Barnes et alii, 1988).

Segundo Ausich e Baumiller (1998) o endoesqueleto multielemento consiste de placas individuais conectadas uma à outra por um tecido mole que mantém o suporte estrutural dos crinóides. Placas adjacentes podem ser unidas durante a vida por cimentação ou por dois tipos de tecidos moles, ligamentos e músculos. As articulações podem consistir de um ou de uma combinação desses materiais. Funcionalmente os diferentes tipos de união das placas possibilita uma grande variedade de movimento entre essas placas. Por exemplo uma articulação cimentada não pode se mover, já a articulação ligamentar ou muscular possibilita várias graduações e tipos de movimento.

Os ligamentos de colágenos penetram nos poros da microestrutura estereômica das colunais adjacentes e se ancoram nas trabéculas de calcita (Grimmer et alii, 1984, 1985; apud Donovan et alii, 1995).

Conforme Stukalina (1988) o canal axial corre ao longo do eixo do pedúnculo e sua cavidade na parte proximal conecta com a cavidade do cálice. Cada colunal se une à adjacente por meio das superfícies articulares. As superfícies articulares são ornamentadas por: um sistema de cúlmens radiais, pinados, ou bifurcados; e um sistema de crenelas de diferentes comprimentos e larguras. Esses artículos são aranjados de forma com que uma crenela (sulco) de um artículo fique em contato com um cúmnen (crista) da outra colunal. Ocorre portanto uma rígida união das colunais que propicia uma neutralização do torque gerado pelo movimento da coluna (Stukalina, 1988).

Stukalina (1988) afirmou que a necessidade do pedúnculo curvar-se devido mobilidade dos braços da coroa. Nos tipos morfofuncionais de pedúnculos altamente avançados em relação à mobilidade (altamente ativos), áreas aprofundadas na superfície articular desprovidas de crênulas, situadas entre o crenulário e o canal axial, são o ponto de inserção de um tecido elástico conectivo, que une as duas colunais (Stukalina, 1988). Moore et alii (1968) denominaram essas áreas aprofundadas da superfície articular de areola. As areolas apresentam diferentes dimensões e graus de aprofundamento e podem ser: pentagonais, estreladas, quinquilobadas, circulares ou elípticas.

A terminação radicular ou dispositivo de fixação discoidal (holdfast) constituem a estrutura de fixação ao substrato dos crinóides pedunculados (Stukalina, 1988).

3.2.2 - PRINCÍPIOS DA SISTEMÁTICA COM SEGMENTOS DE PEDÚNCULO

O principal problema na sistemática de crinóides é se taxas com base em cálices e pedúnculos devem ser unificados em um sistema simples, ou se devem ser classificados independentemente (Stukalina, 1988). No registro fóssil as pluricolunais e colunais de pedúnculo aparecem em muito maior número do que cálices e coroas. A probabilidade da ocorrência de cálice e pedúnculo juntos é infima se comparada com o número total de colunais e pluricolunais de crinóides encontradas. Esses dados demonstram a necessidade da sistematização dos crinóides com base em cálices e em partes dissociadas de pedúnculo (Stukalina, 1988).

A possibilidade de usar características estruturais do pedúnculo para resolver problemas de sistemática de taxas de crinóides era sugerido por diferentes autores (Stukalina, 1988).

Segundo Moore et alii (1968) além das características da superfície externa dos pedúnculos é também muito importante levar em consideração características estruturais da superfície articular das colunais e pluricolunais, tanto na porção proximal quanto na distal. Citaram entre outras características: a dimensão, a forma, as características da articulação para o canal axial e campo ligamentário e a disposição das suturas interpentâmeras.

Stukalina (1988) comentou que estes estudos começaram por volta do século XVI. Durante muitas décadas foram utilizados com sucesso em estudos estratigráficos regionais. Na maioria dos casos foram descritos com diferentes nomes (*Entrochus*, *Entrochi*, *Entroques*, *Trochites*, *Trochita*, *Trochi*, etc.) e não eram incluídos na sistemática geral dos crinóides.

Moore (1939; apud Le Menn, 1987) supôs que era possível definir colunais isoladas com nomes de espécies diferentes. Na classificação de Moore eram subdividas em gênero e espécie. O gênero era definido pela combinação de dois caracteres: forma das colunais e forma do canal axial. As outras características morfológicas dos pedúnculos serviam para designar a espécie.

Conforme Stukalina (1988), na década de 50, cientistas Franceses também começaram a estudar pedúnculos de crinóides isolados de cálices e coroas. Ao descreverem fragmentos isolados de pedúnculos de crinóides usaram nomes da sistemática geral dos crinóides.

Vyalov (1953, 1977; apud Stukalina) propôs uma classificação de pedúnculos de crinóides no qual conseguiu incluir praticamente todas as categorias taxonômicas da classificação biológica, incluindo a classe. Distingui os pedúnculos de crinóides do Mesozóico e do Paleozóico como uma Classe diferente, a Caulinaria. O sistema criterioso subdividindo a classe Caulinaria em sub-classes, ordens e famílias não chegou a ser posto em prática.

A teoria de classificação de pedúnculos de crinóides e os princípios de sistematização elaborados foram aprimorados. Yeltysheva (1955, 1956; apud Stukalina, 1988) propôs um sistema de chave dicotômica para 36 gêneros convencionais, definidos pelas combinações possíveis do canal axial e contorno do pedúnculo (Colunais). Quando comparado com o trabalho de Moore (1939; apud Le Menn), Yeltysheva valorizou mais a forma do canal axial em vez do contorno do articulo (Le Menn, 1987; Donovan, 1984).

As classificações de Moore e Yeltysheva constituem as primeiras tentativas de sistematização baseada apenas na morfologia de partes dissociadas de crinóides fósseis (Le Menn, 1987; Donovan, 1984; Stukalina, 1988). Atualmente uma classificação amplamente

aceita é a de Moore et alii (1968). A classificação de partes dissociadas de pedúnculos de crinóides fósseis é principalmente quantitativa e baseada em índices de importantes características morfológicas das colunais.

3.3 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A PALEOECOLOGIA DE CRINÓIDES

A Paleoeologia é o ramo da Paleontologia que tem por objetivo a investigação das relações entre os organismos e os seus ambientes de vida nas épocas que antecederam ao Holoceno. Os princípios gerais desta disciplina do conhecimento é baseada na Ecologia, porém há certas peculiaridades quanto ao método de investigação. Isso ocorre pela relativa escassez de dados e pela maior amplitude de tempo abrangida por cada amostra.

A Paleoeologia nos permite reconstituir, na medida do possível paleocomunidades e inferir os respectivos paleoambientes.

Segundo Brett e Baird (1986) equinodermas pedunculados são potencialmente bons indicadores de processos deposicionais pós-morte porque a desarticulação diferencial pode ser correlacionada com exposição ao tempo e grau de transporte até o sepultamento final.

A rápida desarticulação pós-morte diminui o potencial fossilização de um indivíduo inteiro. Segmentos desarticulados apresentam um alto potencial de preservação como é evidenciado em diversos depósitos do Paleozóico (Lewis et alii, 1990). Assim os segmentos de pedúnculo de crinóides possuem uma grande importância tafonômica.

De acordo com Brett e Baird (1986) a ocorrência de fósseis de crinóides articulados indica rápido sepultamento e o aumento da taxa de desarticulação reflete sepultamento um mais gradual.

Meyer et alii (1989) apresentou um modelo geral para tafonomia de pelmatozoários baseada em observações atuais e paleontológicas.

Os crinóides por apresentarem grande comprimento longitudinal, quando não muito desarticulados, podem estar sujeitos a orientação por correntes. Este argumento foi um dos argumentos usado por Lange & Petri (1967) e Bigarella (1967) para evidenciar a existência de correntes na Formação Ponta Grossa. Popp (1985) também cita a ocorrência de fragmentos de braço de Crinoidea, utilizando-os para inferir algumas características do ambiente deposicional.

Segundo Clarkson (1986) os crinóides podem ser considerados reofóbicos e reofílicos. Os crinóides reofóbicos são os que ocorrem em ambientes mais profundos, desprovidos de correntes e se alimentariam de material em suspensão. Estes crinóides apresentam pedúnculos estreitos. Os crinóides reofílicos são os crinóides que habitam locais mais próximos da praia e correspondem a maioria dos crinóides fósseis pedunculados. Apresentam diâmetro do pedúnculos maior.

Clarkson (1986) afirmou que as comunidades de crinóides pedunculados do Paleozóico seriam estratificadas semelhante a uma floresta.

4 - RESULTADOS

Inicialmente nos resultados será apresentada uma descrição sistemática da fauna associada. As descrições foram retiradas da literatura. Ao final de cada descrição são efetuadas observações que incluem a ocorrência para a Formação, o Membro ou para o afloramento em estudo.

Também neste capítulo serão apresentados os resultados da análise morfológica dos crinóides e os dados da análise paleoecológica.

4.1 - DESCRIÇÃO SISTEMÁTICA DA FAUNA ASSOCIADA

PHYLUM	MOLUSCA
CLASSIS	GASTROPODA

ESTAMPA 1 FIGURA 1

Descrição:

Concha planoespiralada, involuta, isostrófica, trilobada. Volta corporal convexa. Lobos mediano e laterais aproximadamente com a mesma largura. Lobos laterais convexos, separados do lobo mediano por um sulco profundo. Ornamentação constituída por linhas de crescimento. Abertura trilobada e expandida. Concha biumbilicada. Umbílicos muito pequenos.

Observações: Os espécimens analisados pertencem provavelmente ao gênero *Plectonotus*. Bosseti e Moro (1989) registraram a ocorrência da comunidade de *Lingula* para o afloramento Rio Caniú. Conforme Boucot (1971) o gênero *Plectonotus* integra esta comunidade. Marchioro et alii (1998) citaram a ocorrência deste para o Membro São Domingos.

PHYLUM	MOLUSCA
CLASSIS	TENTACULITOIDA

ESTAMPA 1 FIGURA 2

Descrição:

Concha reta na região apical com estrias e câmara embrionária. Câmara embrionária cônica e pontiaguda ou abrupta. Presença de septos. Região apical geralmente com 2 ou 3 septos, podendo chegar a 5. Número de câmaras e septos é variável. Câmara embrionária subesférica, geralmente em forma de gota alongada. Pode apresentar um prolongamento apical em forma de ponta. Na região da abertura a ornamentação é mais saliente.

Observações: A descrição acima foi baseada no trabalho de Ciguel (1989). O autor estudou os tentaculitóideos que ocorrem no Afloramento Rio Caniú. Bosseti e Moro (1989) também citam a ocorrência de Tentaculitóideos para este mesmo afloramento.

PHYLUM	MOLUSCA
CLASSIS	BIVALVIA

ESTAMPA 2 FIGURA 7

Descrição:

Conchas equivalvas, estreitas e alongadas com os bicos quase anteriores. Valvas muito aproximadas atrás do bico. Margens dorsal e ventral subparalelas. Do bico parte um baixo sulco umbonal que se estende para trás e para cima. Ornamentação constituída de finas linhas concêntricas de crescimento.

Observações: Os espécimens descritos não foram identificados. O espécimens figurado provavelmente pertece ao gênero *Nuculites*. Kotzian (1995) registrou a ocorrência de 05

gêneros e 08 espécies de bivalves para o Afloramento Rio Caniú, sendo elas: *Nuculites sp.*, *Solemya ulrichi*, *Sanguinolites lagoensis*, *Prothyris knodi*, *P. epops*, *Palaeoneilo magnífica*, *Orthonota bokkeveldensis*, *E. brasiliensis* e *Goniophora afflingualis*. Ciguel (1989) assinalou a presença na litofácia 6 da espécie *Solemya (Janeia) brasiliensis*. Bosseti e Moro (1989), citaram a ocorrência para o afloramento dos gêneros *Solemya* e *Nuculites*.

PHYLUM	BRACHIOPODA
CLASSIS	INARTICULATA
ORDO	LINGULIDA

Descrição:

Concha de contorno longitudinalmente longo e lateralmente alargado. Coeficiente comprimento/largura entre 1,5 e 2 vezes mais longas que largas. Concha de tamanho médio (entre 15 e 25mm de comprimento). Maior largura da concha na margem anterior do terço mediano. Bordo anterior de contorno sub-oval e posterior ovalado. Margens laterais sub-paralelas, pouco infladas na região mediana. Ornamentação consta de linhas de crescimento concêntricas de espaçamento fino e contínuo em toda a extensão das valvas.

Observações: Bosseti e Moro (1989) registraram duas espécies novas para o afloramento Rio Caniú: *Lingula sagittalis* sp. nov. e *Lingula liliata* sp. nov.

ORDO	ACROTRETIDA
GÊNERO	<i>Orbiculoidea</i>

ESTAMPA 1 FIGURA 3

Descrição:

Conchas de contorno circular. Valva braquial com o ápice elevado e bem atrás do centro. Valva pedicular chata. Valvas com linhas concêntricas de crescimento. Presença de estrias radiais. Cicatriz pedicular em forma de fenda.

Observações: Os espécimens encontrados pertencem provavelmente a *Orbiculoidea baini*. Esta espécie é a mais comum na Formação Ponta Grossa. No Afloramento Rio Caniú o gênero foi registrado por Bosseti (1989) e Ciguel (1989). Cabe ressaltar que Ciguel (1989) registrou a ocorrência da espécie na litofácies 6.

CLASSIS ARTICULATA

ESTAMPA 1 FIGURA 4

Descrição:

Valvas uniformemente convexas. Superfície de cada valva conta de costelas simples arredondadas, mais largas que os sulcos. Ornamentação constituída de linhas de crescimento dispostos em intervalos regulares.

PHYLLUM ARTHROPODA
 CLASSIS CRUSTACEA
 ORDO OSTRACODA

ESTAMPA 2 FIGURA 6

Descrição: Valvas de tamanho pequeno, lisas ou levemente ornamentadas.

Observações: Este grupo foi estudado apenas por Pinto e Purper (1986) e Azevedo (1986), mas não incluiu material procedente do Afloramento Rio Caniú.

PHYLLUM	ANELIDAE
Gênero	<i>Serpulites</i>

ESTAMPA 2 FIGURA 5

Descrição:

Tubos compridos, ligeiramente cônicos, encurvados e achatados, com margens reforçadas.

Observações: Estes fósseis foram apenas descritos e figurados por Clarke (1913) com pertencentes a *Serpulites sica* Salter. Ciguel (1989) também registrou a sua ocorrência destes fósseis para a litofácia 6 do Afloramento Rio Caniú.

4.2 - ANÁLISE MORFOLÓGICA DAS PARTES DISSOCIADAS

Neste item os crinóides são descritos quanto a morfologia das colunais isoladas e das pluricolunais. A descrição morfológica permitiu definir 10 morfotipos para as colunais. Em relação às pluricolunais, inicialmente foram observados 15 padrões de organização.

4.2.1 - COLUNAIS

As características comuns a todas as colunais analisadas foram: forma circular, areola circular, látera convexa, presença de crenulário e lúmen circular e estreito com diâmetro entre 0,02 e 0,04 cm. Colunais de vários diâmetros e de vários índices areolares eram frequentemente encontrados na mesma amostra.

Definiu-se os seguintes morfotipos:

Morfotipo A: Ai menor que 33,33 com diâmetro entre 0,39 à 0,45 cm. Obs: ocorreram 9 exemplares desse morfotipo. No nível 1 apareceram 3; 1 no nível 2; 3 no nível 3; 2 no nível 4.

Morfotipo B: Ai entre 33,33 e 49,99 com diâmetro entre 0,17 e 0,37 cm. Obs: Foram encontradas 43 exemplares desse morfotipo. No nível 1 ocorreu 11 exemplares ; 8 no nível 2; 1 no nível 3; 2 no nível 4; e 21 no nível 5 (Estampa 3, Fig. 10).

Morfotipo C: Ai abaixo de 33,33 e com diâmetro entre 0,17 e 0,37 cm. Obs: Foram encontradas 24 exemplares deste morfotipo. No nível 1 ocorreu 12 exemplares; 2 no nível 4 e 10 no nível 5.

Morfotipo D: Ai entre 50 e 66,65 com diâmetro entre 0,07 e 0,09 cm. Obs: Foram encontradas 9 exemplares deste morfotipo. No nível 1 ocorreu 1 exemplar e 8 no nível 5 (Estampa 3, Fig. 12).

Morfotipo E: Ai entre 50 e 66,65 com diâmetro entre 0,17 e 0,37 cm. Obs: Foram encontradas 22 exemplares deste morfotipo. No nível 1 ocorreu 7 exemplares; 3 no nível 2; 2 no nível 3; 3 no nível 4 e 7 colunais no nível 5 (Estampa 3, Fig. 13).

Morfotipo F: Ai maior ou igual à 66,66 com diâmetro entre 0,18 e 0,27 cm. Obs: Foram encontradas apenas 6 exemplares deste morfotipo no nível 4.

Morfotipo G: Ai abaixo de 33,33 com entre 0,12 e 0,13 cm. Obs: Apenas 2 exemplares deste morfotipo foram encontrados no nível 5 (Estampa 3, Fig. 8).

Morfotipo H: Ai entre 33,33 e 49,99 com diâmetro de 0,11 cm. Obs: Apenas 2 exemplares deste morfotipo foram encontrados no nível 5.

Morfotipo I: Ai entre 50 e 66,65 com diâmetro de 0,12 cm. Obs: Apenas 1 exemplar deste morfotipo foi encontrado no nível 5.

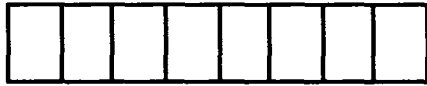
Morfotipo J: 6 colunais não apresentaram areola. Obs: Foram encontrados 6 exemplares deste morfotipo, sendo: 1 proveniente do nível 1; 1 do nível 2 e 4 do nível 5 (Estampa 3, Fig. 11).

4.2.2 - PLURICOLUNAIS

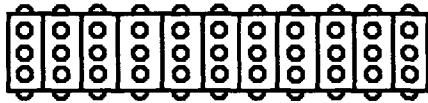
Com base nas várias sequências em que as colunais aparecem nos noditaxes (Fig. 10) e o diâmetro das pluricolunais foram definidos os seguintes padrões:

Padrão de pluricolunal A: Todas colunais com a mesma forma, altura e diâmetro, não ornamentadas. Faceta articular com diâmetro entre 0,07 e 0,09 cm. Apareceu apenas 1 exemplar no nível 5 (Estampa 4, Fig. 15).

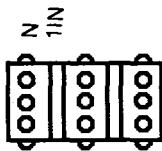
Padrão de pluricolunal B: Todas colunais com a mesma forma, altura e diâmetro. Pequenas ornamentações em forma de tubérculos na epifaceta (latus). Tubérculos em número de 10 a 20. Diâmetro da faceta articular entre 0,1 e 0,13 cm. Obs: ocorreu 2 exemplares no nível 5 (Estampa 4, Fig. 15).



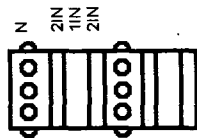
Pluricolunais com mesma forma



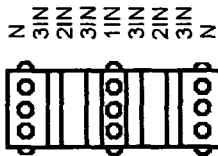
Pluricolunais com mesma forma e com pequenas ornamentações



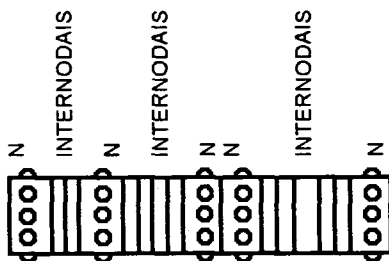
Noditaxes com duas colunais



Noditaxes com 4 colunais



Noditaxes com 8 colunais



Padrão de transição

Figura 10: Representação esquemática da morfologia dos naditaxes encontrados no Afloramento Rio Caniú (N=nodal; 1In, 2In e 3In= internodais).

Padrão de pluricolunal C: Noditaxes com 4 colunais: uma nodal, uma priminternodal e duas secudinternodal. Nodal com até 15 tubérculos grandes. Colunais com a mesma altura. Faceta articular com diâmetro entre 0,07 e 0,09 cm. Obs: ocorreu 12 exemplares de pluricolunais com essas características, sendo: 3 no nível 1 e 9 pluricolunais no nível 5 (Estampa 4, Fig. 16).

Padrão de pluricolunal D: Noditaxes com 4 colunais: uma nodal, uma priminternodal e duas secudinternodal. Nodal com até 15 tubérculos grandes. Colunais com alturas decrescendo na seguinte ordem: nodal, priminternodal e secudinternodal. Diâmetro da faceta articular entre 0,1 e 0,13 cm. Obs: Ocorreu 3 exemplares no nível 5.

Padrão de pluricolunal E: Noditaxes com 4 colunais: uma nodal, uma priminternodal e duas secudinternodal. Nodal com até 15 tubérculos grandes. Colunais com altura decrescendo na seguinte ordem: nodal, priminternodal e secudinternodal. Diâmetro da faceta articular entre 0,17 e 0,37 cm. Obs: Ocorreu 50 exemplares. No nível 1, 14; 11 no nível 2; 2 no nível 3; 4 no nível 4; e 19 no nível 5 (Estampa 4, Fig. 17).

Padrão de pluricolunal F: Noditaxes com 4 colunais: uma nodal, uma priminternodal e duas secudinternodal. Nodal com até 15 tubérculos grandes. Colunais com altura decrescendo na seguinte ordem: nodal, priminternodal e secudinternodal. Diâmetro da faceta articular entre 0,39 e 0,45 cm. Obs: Ocorreu 5 exemplares. 2 pluricolunais no nível 1 e 3 pluricolunais no nível 5 (Estampa 4, Fig. 18).

Padrão de pluricolunal G: Noditaxes com 2 colunais: uma nodal e uma priminternodal. Nodal com até 15 tubérculos grandes. Colunais com a mesma altura e diâmetro da faceta articular entre 0,07 e 0,09 cm. Obs: Ocorreu 6 exemplares sendo 3 no nível 1 e 3 no nível 5.

Padrão de pluricolunal H: Noditaxes com 2 colunais: uma nodal e uma priminternodal. Nodal com até 15 tubérculos grandes. Nodal mais larga que internodal. Diâmetro da faceta articular em torno de 0,12 cm. Obs: Apenas 1 exemplar foi encontrado no nível 5.

Padrão de pluricolunal I: Noditaxes com 2 colunais: uma nodal e uma priminternodal. Nodal com até 15 tubérculos grandes. Nodal mais larga e mais alta que internodal. Diâmetro da faceta articular entre 0,17 e 0,37 cm. Obs: Ocorreu 13 exemplares sendo 3 no nível 1; 2 no nível 2; 1 no nível 3; 1 no nível 4; e 6 no nível 5.

Padrão de pluricolunal J: Noditaxes com 2 colunais: uma nodal e uma priminternodal. Nodal com até 15 tubérculos grandes. Nodal mais larga que internodal. Diâmetro da faceta articular entre 0,39 e 0,45 cm. Obs: Ocorreu 2 exemplares, sendo 1 no nível 1 e 1 no nível 5.

Padrão de pluricolunal K: Noditaxes com 8 colunais: uma nodal, uma priminternodal, duas secundinternodal e quatro tertinternodal. Nodal e priminternodal com até 15 tubérculos grandes. Colunais com altura decrescendo na seguinte ordem: nodal, priminternodal, secundinternodal e tertinternodal. Epifaceta da priminternodal menor que da nodal. Faceta articular com diâmetro entre 0,17 e 0,37. Obs: Ocorreu apenas 3 exemplares com essas características sendo 1 no nível 3 e 2 no nível 4 (Estampa 4, Fig. 19).

Padrão de pluricolunal L: Padrão de transição de um morfotipo para outro. Ocorre em várias pluricolunais que apresentam mais de um dos morfotipos de A à O. Número de internodais inconstante, podendo estarem ausentes ou em número de 1 à 5 no mesmo noditaxe. Nodal com vários tubérculos grandes como em outros morfotipos anteriores. Todas colunais com mesma altura. Diâmetro da faceta articular entre 0,07 e 0,09 cm. Obs: Ocorreu 4 exemplares. 1 no nível 1 e 3 no nível 5.

Padrão de pluricolunal M: Padrão de transição de um morfotipo para outro. Ocorre em várias pluricolunais que apresentam mais de um dos morfotipos de A à O. Número de internodais inconstante, podendo estarem ausentes ou em número de 1 à 5 no mesmo noditaxe. Nodal com até 15 tubérculos grandes. Diâmetro da faceta articular em torno de 0,12 cm. Obs: Apenas um exemplar foi encontrado no nível 5.

Padrão de pluricolunal N: Padrão de transição de um morfotipo para outro. Ocorre em várias pluricolunais que apresentam mais de um padrão de pluricolunal. Número de internodais inconstante, podendo estarem ausentes ou em número de 1 à 5 no mesmo noditaxe. Nodal com até 15 tubérculos grandes. Diâmetro da faceta articular entre 0,17 e 0,37 cm. Obs: Ocorreu 10 exemplares com essas características. 4 para o nível 1; 1 no nível 2; 1 no nível 3; 1 no nível 4; e 3 no nível 5.

Padrão de pluricolunal O: Padrão de transição de um morfotipo para outro. Ocorre em várias pluricolunais que apresentam mais de um dos morfotipos de A à O. Número de internodais inconstante, podendo estarem ausentes ou em número de 1 à 5 no mesmo noditaxe. Nodal com até 15 tubérculos grandes. Diâmetro da faceta articular entre 0,39 e 0,45 cm. Obs: Foram encontrados apenas 2 exemplares no nível 1.

Cabe ressaltar que estes vários padrões de pluricolunais foram encontrados associados, num mesmo segmento de pedúnculo (pluricolunal), conforme abaixo:

O padrão de pluricolunal A foi encontrado associado com o C, G e L.

- O padrão de pluricolunal B também foi encontrado articulado num mesmo pedúnculo (pluricolunal) com os padrões D, H e M.
- O padrão de pluricolunal E foi encontrado associado aos padrões I e N.
- E o padrão F estava associado em algumas pluricolunais com os padrões J e O.

4.3- ANÁLISE PALEOECOLÓGICA

Os resultados obtidos nos cinco níveis estudados incluíram dados relativos a preservação dos fósseis nas amostras e cor da matriz. Todas as amostras analisadas continham fósseis de crinóides. As amostras apresentaram colunais e pluricolunas, apenas colunais ou apenas pluricolunais. Em geral, as amostras apresentavam outros fósseis associados aos crinóides. A maioria dos organismos inteiros e fragmentos ocorreram dispostos paralelos ao plano de acamamento. Outros resultados obtidos incluíram: a presença de grânulos e areia grossa na matriz e o grau de oxidação das amostras.

Nível 01:

No nível 01 foram analisadas 30 amostras. A preservação dos fósseis neste nível, em geral, é boa pois, na maioria das amostras as estruturas morfológicas são visíveis. A cor da matriz da maioria das amostras é cinza claro e a tonalidade varia de cinza escuro para cinza amarelado.

Em relação aos fósseis de crinóides foi encontrado: colunais e pluricolunais associadas em 07 amostras; apenas pluricolunais em 16 amostras e apenas colunais em 07 amostras. Em 14 das amostras o tamanho das pluricolunais é menor que 1cm de comprimento e ocorrem colunais isoladas. Nas demais amostras as pluricolunais apresentam comprimento entre 1 e 5 cm de comprimento.

Organismos associados ocorrem em 21 amostras sendo que em 09 amostras os exemplares estão fragmentados. Nas amostras com organismos fragmentados em 05 amostras ocorrem colunais e pluricolunais menores que 1 cm. Apenas em 1 amostra com fauna associada fragmentada ocorre uma pluricolunal com mais de um centímetro. Nas amostras sem organismos associados 06 amostras apresentaram apenas pluricolunais e 03 amostras apenas colunais.

Os organismos ocorrem paralelos em relação ao plano de acamamento em 18 amostras, incluindo: 04 amostras que apresentam fauna associada fragmentada; 09 amostras que apresentam apenas pluricolunais e 05 amostras que apresentam apenas colunais.

A matriz apresenta areia grossa e grânulos de quartzo em 19 amostras. As amostras que apresentaram matriz com estas características incluem: 04 amostras com pluricolunais com mais de um centímetro de comprimento; 05 com organismos associados fragmentados; 07 amostras com apenas colunais isoladas, 07 amostras com apenas pluricolunas e 12 amostras com organismos paralelos em relação ao plano de acamamento.

Os fósseis de crinóides ocorrem oxidados em 17 amostras.

Apenas em duas amostras os fragmenos fósseis estão dispostos num mesmo sentido e nestas ocorrem apenas pluricolunais e a matriz apresenta poucos grânulos.

Em 08 amostras é encontrado associado aos crinóides (participando da formação do molde), uma incrustação de cor cinza escuro até quase preto e que apresenta uma microestrutura reticular. Esta incrustação ocorre em 02 amostras que apresentam apenas colunais e em 03 amostras que possuem somente pluricolunas. Nas amostras com colunais e pluricolunais a incrustação é mais freqüente nas pluricolunais.

A tabela abaixo mostra os organismos encontrados no nível 01, o número de exemplares encontrados, porcentual em relação ao total de organismos observados, o número de amostras que ocorreram e o porcentual das amostras que ocorreram.

Organismo	Número encontrado	% do total	Número de amostras	% das amostras
Ostracoda	46	18,04	09	30
Brachiopoda Articulata	02	0,78	02	6,7
<i>Orbiculoidea sp</i>	04	1,56	03	10
Bivalvia	31	12,15	09	30
Tentaculitoidea	11	4,31	08	26,7
Gastropoda	10	3,92	09	30
<i>Sepulites sp</i>	24	9,41	07	23,3
Crinóides	127	49,8	30	100

O índice de abundância (B) foi de 8,5 organismos por amostra

Nível 02:

No nível 2 foram analisadas 16 amostras. Neste nível a preservação dos fósseis é razoável sendo que em 05 amostras as estruturas não foram visíveis. A cor da matriz variou de cinza, cinza amarelado a alaranjado em algumas amostras.

Os fósseis de crinóides ocorrem como: colunais isoladas e pluricolunais em 06 amostras, colunais isoladas em 03 amostras e pluricolunais em 07 amostras. Nas amostras com pluricolunais, 03 apresentam mais que 1 cm. Nas amostras contendo colunais isoladas e pluricolunais, apenas uma pluricolunal apresenta comprimento maior que 1 cm.

Organismos associados ocorrem em 10 amostras sendo que em 02 amostras os exemplares estão fragmentados. Nas amostras com organismos fragmentados, 01 amostra apresenta colunais e pluricolunais e 01 amostra apresenta pluricolunais.

Os organismos ocorrem paralelos em relação ao plano de acamamento em 11 amostras, incluindo: todas as amostras que apresentam apenas colunais; e 05 amostras em que apenas ocorreram pluricolunais. Em todas as amostras que apresentavam pluricolunais maior que 1cm os fósseis também ocorreram paralelos ao plano de acamamento. Apenas em uma amostra em que os fósseis ocorriam paralelo os organismos associados estavam fragmentados.

A matriz apresenta areia grossa e grânulos em nas 16 amostras analisadas neste nível.

Os organismos ocorrem paralelos ao plano de acamamento em 11 amostras, incluindo: duas amostras em que os fósseis estavam fragmentados com poucos grânulos e demais amostras com organismos associados não fragmentados com muitos grânulos.

Das 16 amostras 08 estavam oxidadas.

A estrutura reticular cinza ocorreu em 02 amostras

Neste nível os fósseis encontrados não estavam orientados.

A tabela abaixo mostra os organismos encontrados no nível 02, o número de exemplares encontrados, porcentual em relação ao total de organismos observados, o número de amostras que ocorreram e o porcentual das amostras que ocorreram.

Organismo	Número encontrado	% do total	Número de amostras	% das amostras
Ostracoda	04	7,69	03	18,75
Brachiopoda Articulata	01	1,92	01	6,25
Bivalvia	02	3,84,	02	12,5
Tentaculitoidea	05	9,61	04	25

Gastropoda	04	7,69	04	25
Crinóides	37	71,15	16	100

O índice de abundância foi: $B2 = 3,31$ organismos/amostra

Nível 03:

No nível 03 foram analisadas 09 amostras. A preservação dos fósseis neste nível foi razoável. A cor da matriz na maioria das amostras era cinza claro ou escuro e a tonalidade variou de amarelado, chegando à alaranjado e às vezes marron em algumas partes da amostra. O sedimento da matriz das amostras deste nível se apresentou bastante micáceo.

Em relação aos fósseis de crinóides foi encontrado: colunais e pluricolunais em 05 amostras; apenas colunais em uma amostra e apenas pluricolunais em 03 amostras. As 02 amostras que apresentavam pluricolunais com mais de 1 cm possuíam exclusivamente pluricolunais.

Organismos associados ocorreram em 06 amostras: sendo que em 05 amostras em que tanto pluricolunais como colunais estão presentes e em apenas uma só contém pluricolunais. Organismos associados fragmentados foram encontrados em 03 amostras que possuíam pluricolunais e colunais.

Os organismos ocorrem paralelos ao plano de acamamento em 06 amostras, incluindo: as 03 amostras em que só apareceram pluricolunais e em 03 amostras com colunais e pluricolunais; 04 amostras com organismos associados, sendo duas com organismos fragmentados. Nas duas amostras em que as pluricolunais tem um comprimento maior que 1 cm.

A matriz apresenta areia grossa e grânulos associados em 05 amostras. As amostras que apresentaram matriz com estas características incluem: 01 com apenas colunais e 04 com pluricolunais e colunais, sendo 03 com organismos associados fragmentados.

Os fósseis de crinóides ocorrem oxidados em 04 amostras.

Também esta presente a incrustação cinza, que apresenta microestrutura reticular, em 02 das amostras.

A tabela abaixo mostra os organismos encontrados no nível 03, o número de exemplares encontrados, porcentual em relação ao total de organismos observados, o número de amostras que ocorreram e o porcentual das amostras que ocorreram.

Organismo	Número encontrado	% do total	Número de amostras	% das amostras
Ostracoda	04	5,06	02	22,22
Brachiopoda Articulata	04	5,06	02	22,22
Lingulida	02	2,53	02	22,22
Bivalvia	24	30,3	05	55,55
Tentaculitoidea	03	3,79	01	11,11
Gastropoda	01	1,26	01	11,11
Crinóides	41	51,89	09	100

O índice de abundância foi de: $B3 = 8,77$ organismos/amostra

Nível 04:

Foram analisadas 10 amostras. A preservação dos fósseis em geral foi boa. A cor da matriz na maioria das amostras foi cinza claro e a tonalidade de amarelado até alaranjado em algumas partes.

Em relação aos fósseis de Crinóides foi encontrado: colunais e pluricolunais associadas em 02 amostras; apenas colunais em 05 amostras; e apenas pluricolunais em 03 amostras. Em 01 as pluricolunais ultrapassaram 1 cm.

Organismos associados ocorreram em 06 amostras sendo que em 02 só haviam pluricolunais e em outras 02 só haviam colunais. Em 05 amostras os organismos estavam fragmentados.

Os fósseis ocorreram paralelos em relação ao plano de acamamento em 8 amostras, incluindo: 05 amostras com organismos associados, sendo 04 com organismos fragmentados; 02 amostras com apenas pluricolunais; 01 apenas com colunais e 01 com pluricolunais e colunais. Na amostra em que a pluricolunal tem mais que 1 cm os fósseis se encontram paralelos.

A matriz apresenta areia grossa e grânulos de quartzo em 06 amostras. As amostras que apresentaram matriz com estas características incluem: 02 amostras com pluricolunais; 03 com colunais e 01 com colunais e pluricolunais. E 01 amostra com organismos associados.

Os organismos associados ocorrem paralelos em relação ao plano de acamamento em: 05 amostras com colunais; 01 amostra com pluricolunais; 01 amostra com pluricolunais e colunais.

Os fósseis de crinóides ocorreram oxidados em 04 amostras.

A estrutura reticular cinza ocorreu em 02 amostras.

A tabela abaixo mostra os organismos encontrados no nível 04, o número de exemplares encontrados, percentual em relação ao total de organismos observados, o número de amostras que ocorreram e o percentual das amostras que ocorreram.

Organismo	Número encontrado	% do total	Número de amostras	% das amostras
<i>Orbiculoidea sp</i>	01	3,45	01	10
Bivalvia	06	20,69	04	40
Tentaculitoidea	05	17,24	04	40
Gastropoda	01	3,45	01	10
Crinóides	16	55,17	10	100

O índice de abundância ficou em: $B4 = 2,9$ organismos/amostra.

Nível 05:

No nível 05 foram analisadas 31 amostras. A preservação em geral foi boa. A cor na maioria das amostras foi de cinza escuro ou claro e a tonalidade variou de amarelado para alaranjado chegando até à marron (oxidado) em certas amostras.

Em relação aos fósseis de crinóides foi encontrado: 14 amostras com pluricolunais e colunais; colunais em 10 amostras e apenas pluricolunais em 07 amostras. Em apenas uma das amostras com pluricolunais não foi encontrada pluricolunal maior de 1 cm de comprimento. Em 04 amostras com colunais e pluricolunais, as pluricolunais passam de 1cm de comprimento.

Organismos associados ocorrem em 17 amostras, sendo que em 06 ocorrem apenas pluricolunais e em 09 pluricolunais e colunais. Apenas em 03 amostras as pluricolunais ultrapassaram mais de 1 cm. Em 06 amostras os organismos associados estavam fragmentados, sendo que em 04 amostras só haviam colunais e em 02 haviam tanto colunais como pluricolunais, nenhuma ultrapassando 1 cm de comprimento.

Os organismos ocorreram paralelos em relação ao plano de acamamento em 19 amostras. 01 amostra com apenas colunais não estava posicionada paralelamente em relação ao acamamento. Todas as amostras apresentavam fauna associada fragmentada. Em 04 amostras com apenas pluricolunais paralelas ao plano de acamamento todas apresentavam mais que 1 cm de comprimento.

A matriz apresentava areia grossa e grânulos de quartzo em 14 amostras. As amostras que apresentaram matriz com estas características incluem: 06 com apenas colunais, onde todas tinham organismos associados e estavam paralelos ao plano de acamamento, em 04 amostras os organismos estavam fragmentados; em 07 amostras ocorreram pluricolunais e colunais; em 06 com fauna associada sendo 02 com fauna fragmentada; e em apenas 01 amostra ocorreu somente pluricolunais.

Os fósseis de crinóides ocorreram oxidados em 21 amostras.

Em 17 amostras estava presente a estrutura reticular cinza.

A tabela abaixo mostra os organismos encontrados no nível 05, o número de exemplares encontrados, porcentual em relação ao total de organismos observados, o número de amostras que ocorreram e o porcentual das amostras que ocorreram.

Organismo	Número encontrado	% do total	Número de amostras	% das amostras ¹
Ostracoda	18	6,95	04	12,90
Brachiopoda Articulata	02	0,77	02	2,45
<i>Orbiculoidea sp</i>	07	2,70	05	16,12
Bivalvia	15	5,79	09	29,03
Tentaculitoidea	09	3,47	06	19,35
Gastropoda	04	1,54	04	12,90
<i>Sepulites sp</i>	06	2,32	03	9,67
Crinóides	198	76,45	31	100

O índice de abundância ficou: $B5 = 8,35$ organismos/amostra

5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 - MORFOLOGIA DOS CRINÓIDES ENCONTRADOS

5.1.1 - MORFOLOGIA DAS COLUNAIS

As colunais que ocorrem no Afloramento Rio Caniú são todas monolíticas. Conforme Moore et alii (1968) e Stukalina (1988) na maioria das unidades estratigráficas do período Devoniano as colunais de crinóide encontradas apresentam estrutura monolítica.

As colunais do Afloramento Rio Caniú apresentam lúmen circular, forma circular, látera levemente convexa e todas as nodais e a priminternodal dos noditaxes com 08 colunais são ornamentadas por tubérculos. Segundo Moore et alii (1968) as colunais do grupo morfológico Cíclici apresentam esta morfologia.

Stukalina (1988) afirmou que a função das ornamentações ainda não está bem definida, podendo funcionar como mecanismo de proteção. Os crinóides do Afloramento estudado apresentam ornamentação do tipo tubérculo em todas as nodais e nas priminternodais dos noditaxes com 08 colunais.

O tipo de articulação das colunais analisadas é denominado *simplexi* e consiste na mais comum das articulações dos crinóides Cíclici (Moore et alii, 1968). A articulação é formada pelo contato da crenela da superfície articular de uma colunal com a culmina de outra colunal (Stukalina, 1988; Donovan, 1984).

Segundo Stukalina (1988) são conhecidos três tipos morfofuncionais de pedúnculos de crinóides e que correspondem às três maiores tendências adaptativas. Os tipos morfofuncionais são: 1. Canal axial largo pentagonal, 2. Canal axial estreito sem aréola, 3. Canal axial estreito com aréola (campo ligamentar). No Afloramento Rio Caniú ocorrem 09 morfotipos (A, B, C, D, E, F, G, H e I) que possuem canal axial estreito com aréola de várias proporções em relação ao diâmetro. Estes morfotipos correspondem ao 3º tipo morfofuncional. Um morfotipo (J), possui o canal axial estreito porém sem aréola sendo considerado como do 2º tipo morfofuncional.

A aréola das colunais de crinóides do afloramento Rio Caniú são: planas, lisas e levemente mais baixas que a superfície do crenulário. A superfície do crenulário é mais alta para que o tecido de ligamento possa se inserir na aréola (Stukalina, 1988).

A maioria das características da superfície articular varia de acordo com o estágio ontogenético ou posição da colunal no pedúnculo (Stukalina, 1988; Le Menn, 1987). Stukalina (1988) considerou como características importantes das aréolas para a taxonomia: a forma, o padrão de subdivisão, a granulação e as estruturas ou arestas. Estas características não variaram nas colunais do Afloramento Rio Caniú e não foram utilizadas na definição dos morfotipos. Inicialmente o número de crênulas foi analisado com o objetivo de ser utilizado na classificação. As colunais dos crinóides fósseis estudados apresentaram entre 15 e 60 crênulas. Donovan (1984) observou que no crinóide o número e a amplitude (largura) das crênulas pode mudar de acordo com o estágio de desenvolvimento ontogenético, sendo as distais (mais velhas) diferentes das proximais. Stukalina (1988) também observou esta variabilidade do número de crênulas.

Segundo Stukalina (1988) uma das características de maior valor taxonômico é o Índice Areolar (A_i) ou seja a proporção entre o diâmetro da aréola e o diâmetro da colunal.

Na mesma amostra foram encontradas colunais com diâmetros e índices areolares diferentes. Alguns autores (Stukalina, 1988; Le Menn, 1987) observaram nas colunais dos crinóides significativa variação morfológica relacionada com a ontogenia. A análise das colunais do Afloramento Rio Caniú demonstrou que a utilização do Índice Areolar combinado com o diâmetro da colunal apresenta maior valor taxonômico, especialmente no caso da Formação Ponta Grossa onde os fósseis são constituídos de moldes e impressões.

Diversas colunais apresentaram círculos concêntricos (Estampa 3, Fig. 14). Estas colunais ocorrem principalmente nas amostras em que a preservação é muito ruim. Os círculos estão preenchidos por matriz e correspondem provavelmente a região do crenulário. Donovan (1984) reconheceu diferenças da microestrutura entre a zona petalóide (superfície areolar) e a zona interpetalóide (crenularium). Segundo Moore et alii (1968) a microestrutura das colunais apresenta duas partes distintas. Uma região mais externa, em que ocorrem linhas de crescimento e outra interna, situada próxima ao canal axial com microestrutura é mais densa e chamada de medula interna. Os círculos concêntricos observados nas colunais dos crinóides do Afloramento Rio Caniú são mais largos que o diâmetro das linhas de crescimento. Estes círculos consistem provavelmente de modificações diagenéticas das linhas

de crescimento. Donovan (1984) afirmou que as amplitudes das crênulas variam entre as colunais que formam as diferentes partes de um mesmo pedúnculo. Em algumas amostras do afloramento estudado, a amplitude das crênulas das colunais não variou entre colunais de diferentes partes do pedúnculo, mas variou na mesma colunal, apresentando crênulas com diferentes amplitudes (Estampa 3, Fig. 9). Alguns cúlmens estão subdivididos em dois. Esta mudança é provavelmente decorrente de alteração diagenética que afetou a estrutura original da colunal. Em algumas colunais ocorrem crênulas muito tênues. Estas colunais podem corresponder a diferentes estágios de alteração. Assim, durante a diagênese, a estrutura das crênulas pode ser influenciada pela microestrutura da colunal.

5.1.2 - MORFOLOGIA DAS PLURICOLUNAIS

No Afloramento Rio Caniú, os segmentos de pedúnculos de crinóides apresentam pluricolunais com mais de um padrão morfológico. Pedúnculos com vários padrões de pluricolunais são denominados de xenomórficos (Le Menn, 1987; Stukalina, 1988; Donovan, 1984; Moore et alii, 1968).

A maioria dos padrões de pluricolunais que ocorre no Afloramento Rio Caniú são heteromórficos, isto é, apresentam no mesmo pluricolunal, colunais com diferentes formas e tamanhos, sendo apenas os padrões A e B homomórficos. Esta classificação é utilizada por diferentes autores (Le Menn, 1987; Donovan, 1984; Stukalina, 1988 e Moore et alii, 1968).

Segundo Le Menn (1987), os pedúnculos xenomórficos apresentam as colunais nodais e internodais bem distintas nos noditaxes proximais. Gradativamente ocorre uma diminuição na diferença entre as colunais originando um obscuro heteromórfico, posteriormente um homomórfico e finalmente colunais cilíndricas.

Webster (1974, apud Donovan, 1984) denominou as partes do pedúnculo de crinóide como: proxistele, mesistele e dististele. Segundo Donovan (1984), é difícil reconhecer estas diferentes partes de pedúnculo em alguns crinóides, especialmente quando ocorrem dissociados. Moore et alii (1968) afirmaram que a diferença entre proxistele e dististele em pedúnculos xenomórfico tem significado ontogenético.

Le Menn (1987) utilizou critérios para reconhecer a seqüência de padrões de pluricolunais que formam o pedúnculo de crinóide. No nível 5, uma amostra apresentou um segmento de pedúnculo com os padrões de pluricolunais B, D, H e M. Aplicando os critérios

de Le Menn (1987), este pedúnculo xenomórfico teria a seguinte seqüência da região proximal para a distal: iniciaria com o padrão de pluricolunal D; em seguida uma zona de transição, padrão de pluricolunal M; após a zona de transição teria o padrão de pluricolunal H; seria uma nova zona de transição estava presente e na região distal teria o padrão de pluricolunal B. O padrão de pluricolunal D poderia ser a proxistele; o padrão de pluricolunal H seria a mesistele e o padrão de pluricolunal B seria considerado a disistele. Este pedúnculo (Morfotipo A) apresentaria mais de uma centena de colunais e pode ser relacionado com as colunais com diâmetro entre 0,11 e 0,13 que aparecem apenas no nível 5 (morfotipos de colunais G, H e I), assim como essas pluricolunais.

No nível 5, em outra amostra, foi encontrado um segmento de pedúnculo com mais de uma centena de colunais, apresentando os padrões de pluricolunais A, C, G e L. Esse segmento tem a seguinte seqüência: padrão de pluricolunal A; segue abruptamente o padrão de pluricolunal C; ocorre uma zona de transição, padrão de pluricolunal L e por último apresenta o padrão de pluricolunal G. Este segmento de pedúnculo caracteriza o Morfotipo B. Este morfotipo ocorreu no nível 1 e 5, e podem ser relacionados com o Morfotipo D de colunais, pois possuem o mesmo diâmetro e ocorrem nos mesmos níveis.

No mesmo segmento de pedúnculo foram encontrados os padrões de pluricolunais E, I, e N. O segmento apresentava a seguinte ordem: o padrão de pluricolunal E, seguido do padrão de transição N e por último, o padrão de pluricolunal I. Os padrões de pluricolunais E, I e N, juntos, serão designados de Morfotipo de pluricolunal C. O Morfotipo C de pluricolunais podem estar relacionados com os morfotipos de colunais B, C e E.

Também foi encontrado no mesmo segmento de pedúnculo, os padrões de pluricolunais F, J e O. Este padrões seguiam a seguinte ordem: padrão de pluricolunal F, seguido do padrão de transição O e por último, o padrão de pluricolunal J. Os padrões de pluricolunais F, J e O, juntos, serão designados de Morfotipo D. O morfotipo de pluricolunal D pode estar relacionado com o morfotipo de colunal A, por apresentarem diâmetros semelhantes.

O padrão de pluricolunais C não foi encontrado articulado com outro padrão. Este padrão foi denominado morfotipo pluricolunal E. Este morfotipo também pode estar relacionado com os morfotipos B, C, E de colunais, por apresentarem diâmetros semelhantes.

Assim, os morfotipos de pluricolunais podem ser definidos como o conjunto de padrões de pluricolunais que foram encontrados articulados. Cabe ressaltar que dois pedúnculos foram quase completamente reconstruídos. Foram reconhecidos:

Morfotipo A: padrões de pluricolunais A, C, G e L associados.

Morfotipo B: padrões de pluricolunais B, D, H e M associados.

Morfotipo C: padrões de pluricolunais E, I e N associados.

Morfotipo D: padrões de pluricolunais F, J e O associados.

Morfotipo E: padrão de pluricolunal K.

Nas pluricolunais encontradas no Afloramento Rio Caniú, ocorre uma estrutura reticular cinza (Estampa 4, Fig. 16 e 20). Esta estrutura pode estar refletindo o esqueleto reticular (stereom) dos crinóides. Em grande parte das amostras esta estrutura está sendo oxidada (Fig. 20). Esta estrutura reticular poderia estar refletindo a microestrutura, não sendo o modo de fossilização simplesmente preservação autigênica (Schopf, 1975).

5.2 - DISCUSSÃO PALEOECOLÓGICA

Equinodermas pedunculados e outros organismos com esqueleto multielementos são potencialmente bons indicadores de processos deposicionais. Após a morte, a desarticulação diferenciada pode indicar o tempo de exposição e o grau de transporte até o sepultamento final (Brett e Baird, 1986). Segundo Lewis et al. (1990), as características morfológicas dos crinóides fazem com os segmentos de pedúnculos tenham grande importância tafonômica.

Nos níveis estudados do Afloramento Rio Caniú, os fósseis de crinóides constituem segmentos de pedúnculos e apresentam diferentes graus de integridade. As amostras foram analisadas como pluricolunais e colunais. As pluricolunais indicam um sepultamento mais rápido em relação as colunais. Nas amostras com pluricolunais e colunais associadas, quando as pluricolunais apresentaram comprimento menor que 1cm a frequência de colunais foi maior. Acredita-se que uma pluricolunal menor que 1cm de comprimento reflete o mesmo contexto tafonômico que uma colunal isolada. Assim, pode-se considerar que os crinóides do afloramento foram rapidamente sepultados.

Os organismos associados ocorrem principalmente nas amostras que contém colunais e pluricolunais associadas, que apresentavam: matriz com areia grossa; grânulo de quartzo; e na maioria das amostras os fósseis não estavam paralelos ao plano de acamamento.

Nas amostras que apresentaram somente colunais ocorre um número menor de organismos associados. A matriz geralmente apresentou areia grossa ou grânulos de quartzo e a maioria das colunais estavam paralelas em relação ao plano de acamamento. Isto sugere uma taxa de sedimentação e uma energia do meio baixas, pois a maioria das colunais estão na posição mais estável (paralelas ao plano de acamamento).

Nas amostras que apresentaram somente pluricolunais, estas pluricolunais possuíam, em geral, comprimento maior que 1 cm; a matriz na maioria das amostras não apresentavam grânulos; poucas apresentaram organismos associados e as pluricolunais ocorreram paralelas em relação ao plano de acamamento. Estes elementos indicam uma taxa de sedimentação maior que o sugerido para as amostras com colunais isoladas pois as pluricolunais não foram desarticuladas. Também poderia indicar uma menor energia pois as pluricolunais estão paralelas e não orientadas.

A forma de ocorrência dos pedúnculos de crinóides indicam uma dinâmica relativa para o ambiente deposicional. Os níveis com pluricolunais e colunais associadas indicariam maior energia, os níveis com apenas pluricolunais menor energia e os níveis com apenas colunais indicariam energia intermediária.

As amostras que apresentaram colunais e pluricolunais associadas provavelmente evidenciam retrabalhamento.

Entre os cinco níveis estudados os que apresentaram os crinóides mais inteiros foram os níveis 1, 3 e 5. Por outro lado, os níveis 2 e 4 apresentaram os crinóides mais desarticulados. O nível 2 provavelmente apresentou fósseis retrabalhados.

Os pedúnculos de crinóides podem ser orientados por correntes. As pluricolunais estudadas ocorreram orientadas em poucas amostras dos níveis 1 e 5, sugerindo pouca ação de correntes no ambiente deposicional.

A orientação dos fósseis foi paralela em relação ao acamamento em todos os níveis analisados, sugerindo baixa taxa de sedimentação.

Os morfotipos de pluricolunais C, D e E apresentam maior diâmetro e altura e sugerem indivíduos mais robustos. Estes morfotipos, em geral, ocorrem mais fragmentados. Clarkson (1986) denominou de reofilicos os crinóides habitantes de locais mais próximos das

praias, correspondendo a grande maioria dos crinóides fósseis pedunculados. Os demais morfotipos de pluricolunais (A e B) apresentam menor diâmetro e indicam organismos mais frágeis. Segundo Clarkson (1986), estes crinóides seriam chamados reofóbicos e habitariam regiões mais profundas, desprovidas de correntes e se alimentariam de suspensão.

Na mesma amostra foram encontradas colunais com vários diâmetros e diferentes índices areolares. Isto indicaria uma grande diversidade de crinóides. Clarkson (1986) afirmou que durante o Paleozóico, os crinóides pedunculados apresentariam associações estratificadas semelhantes a uma floresta, aproveitando os diferentes recursos naturais dos diferentes níveis. O número de adaptações alimentares e conseqüentemente o número de espécies nestas “florestas crinoideanas” seria relativamente alto, explicando a presença de grande diversidade de padrões de colunais na mesma amostra. A variação encontrada na morfologia das colunais poderia ser uma mistura dos fragmentos de pedúnculos de crinóides de diferentes ambientes que teriam sido transportados após a morte.

Os crinóides predominaram em todos os níveis amostrados. Uma explicação seria o fato de o esqueleto ser multielemento e, provavelmente partes dissociadas de um mesmo indivíduo foram considerados como se fossem de indivíduos diferentes.

Nos cinco níveis analisados, ocorreram diferentes grupos de organismos associados aos crinóides: Ostracoda, Bivalvia, Gastropoda, Brachipoda Articulata, Brachiopoda Inarticulata, Gastropoda, Tentaculitoidea, *Serpulites* sp. O Índice de Abundância foi maior nos níveis 1, 3 e 5 e menor nos níveis 2 e 4. Bivalvia, Gastropoda e Tentaculitoidea ocorreram em todos os níveis. Ostracoda e Brachipoda Articulata não ocorreram apenas no nível 4. Brachiopoda Inarticulata não ocorreu apenas no nível 2. Cabe ressaltar que o número de amostras foi relativamente baixo nos níveis 2, 3 e 4.

A presença de Brachiopoda Inarticulata está associada, segundo Lange e Petri (1967), com ambientes de baixa energia e fundo lamoso.

Os Ostracoda são organismos saprófagos, e sua ocorrência indica uma menor taxa de energia. Já que nos mesmos níveis em que eles ocorrem com mais frequência (níveis 1 e 5) também encontramos os crinóides mais frágeis e menos desarticulados (Morfotipo de pluricolunais A e B), podemos dizer que o ambiente deposicional destes níveis foi bastante calmo.

Os resultados obtidos sobre as condições do ambiente deposicional com a análise dos segmentos de pedúnculos coincidem com os resultados encontrados com a análise da fauna associada.

6 - CONCLUSÕES

O estudo dos crinóides e da fauna associada no Afloramento Rio Caniú permitiu as seguintes conclusões:

1. O controle mantido na análise das amostras por nível permitiu correlacionar o padrão das pluricolunais com os morfotipos de colunais. Este controle também possibilitou a observação de mudanças na fauna associada e nas variáveis bioestratinômicas;
2. O grau de integridade dos crinóides que ocorrem no afloramento é variável e está relacionado principalmente com diferentes fatores do ambiente deposicional, especialmente a energia do meio e o tempo de sepultamento;
3. A fauna associada é relativamente diversificada. Os organismos que ocorrem associados aos crinóides incluem Ostracoda, Brachiopoda Articulata, Brachiopoda Inarticulata, Bivalvia, Gastropoda, Tentaculitoidea e *Serpulites* sp;
4. As colunais de crinóides que ocorrem no afloramento são todas do tipo monolíticas, possuem articulação simplectial e pertencem ao grupo morfológico Cyclici;
5. As colunais apresentam Índice Areolar e diâmetro que permitem reunir em dez morfotipos: A, B, C, D, E, F, G, H, I e J;
6. Processos diagenéticos dificultam a observação de caracteres anatômicos e morfológicos das colunais e pluricolunais de crinóides;
7. As pluricolunais apresentam diferentes padrões morfológicos. Os segmentos de pedúnculo apresentam padrões de pluricolunais característicos e que podem ser reunidos em cinco morfotipos: A, B, C, D e E;
8. Os morfotipos de pluricolunais A, B, C e D são xenomórficos. O morfotipo E é do tipo heteromórfico;
9. Os níveis estudados diferem apenas em algumas variáveis analisadas não sendo possível individualizar cada nível.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSINE, M. L.. **Aspectos da Estratigrafia das sequências Pré-Carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil**. São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 1996. 207p.
- AUSICH, W. I.; BAUMILLER, T. K.. Disarticulation patterns in Ordovician crinoids: Implications for the evolutionary history of connective tissue in the Crinoidea. **Lethaia**, 1998. V. 31, p. 113-123.
- AZEVEDO, I.. Considerações Tafonômicas sobre os Ostracodes da Formação Ponta Grossa (Devoniano). Ponta Grossa, Brasil: **Simpósio Sul Americano do Siluro-Devoniano: Estratigrafia e Paleontologia**, 1996. (1): 141-145.
- BARNES, R. D.; VILEE, C. A.; WALKER, W. F. Jr.. **Zoologia Geral**. 6° ed.. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988, 683p.
- BIGARELLA, J. J.. Problems in Brazilian Devonian Geology. Curitiba: **Boletim Paranaense de Geociências**, 1967. N. 21/22, 151 p.
- BOSSETTI, E. P.. Revisão sistemática dos Lingulida (Brachiopoda: Inarticulata) da Formação Ponta Grossa (Devoniano) estado do Paraná, Brasil. Curitiba: **An. Congr. Bras. Pal.**, 11, 1989a. V. 1, p. 74-89.
- BOSSETTI, E. P.. **Paleontologia dos Lingulida (Brachiopoda Inarticulata) da Formação Ponta Grossa, Devoniano, Bacia do Paraná, Brasil**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado, 1989b. 136p.
- BOSSETTI, E. P.; MORO, N. S.. Análise da estrutura e diversidade morfológica de lingulídeos em algumas paleocomunidades fossilizadas in situ na Formação Ponta Grossa (Devoniano), Bacia do Paraná, Brasil. Curitiba: **An. Congr. Bras. Pal.**, 11, 1989. V. 1 p. 91-104.
- BOUCOT, A. J.. Malvinokaffric Devonian marine community distribution and implication for Gondwana. **An. Acad. Bras. Ciênc.**, 1971. (suplemento), 43: 23-49.
- BRETT, C. E.; BAIRD, G. C.. Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. **Palaios**, 1986. V.1, p. 207-227.
- CASTER, K. E.. A Devonian placocystoid echinoderm from Paraná, Brazil. In: Lange, F. W.. Curitiba: **Paleontologia do Paraná**, 1954, p. 137-148.
- CIGUEL, J. H. G.. **Bioestratigrafia dos Tentaculitoidea no flanco oriental da Bacia do Paraná e sua ocorrência na América do Sul (Ordoviciano-Devoniano)**. São Paulo: Dissertação de Mestrado, 1989. V. 1 237p.; e V.2. s.p..
- CLARKE, J. M.. **Fósseis Devonianos do Paraná**. Rio de Janeiro: Monografia Divisão de Geologia e Mineralogia do Brasil, 1913. V. 1: 1-353.
- CLARKSON, E. N. K.. **Paleontologia de invertebrados y su evolución**. Madrid: Paraninfo, 1986. 357 p..
- DAEMON, R. F.; QUADROS, L. P.; SILVA, L. C.. Devonian palinology and biostratigraphy of the Paraná, Basin. Curitiba: **Boletim Paranaense de Geociências**, 1967. (21/22): 99-132.
- DONOVAN, S. K.. Stem morphology of the recent crinoid *Chladocrinus (Neocrinus) decorus*. **Palaeontology**, 1984. V.27, n. 4, p. 825-841.
- DONOVAN, S. K.; KALLMEYER, J. W.; VELTKAMP, C. J.. Functional morphologies of the columns of Upper Ordovician *Xenocrinus* and *Dendrocrinus*. **Lethaia**, 1995. V. 28, p. 309-315.

- ELDREDGE, N.; BRANISA, L.. Calmoniid trilobites of the Lower Devonian Scaphicoelia zone of Bolívia, with remarks on related species. New York: **Bulletin of the American Museum of Natural History**, 1980. 165 (2): 181-290.
- GAUCHER, C.; SPRECHMANN, P.; BARNECH, R. J.. Contribución a la tafonomía, paleoecología y sedimentología de la Formación Cordobés (Devónico Inferior, Uruguay). Ponta Grossa, Brasil: **Simpósio Sul Americano do Siluro Devoniano: Estratigrafia e Paleontologia**, 1996. 1: 147-166.
- GRASSÉ, P-P.. *Traité de Zoologie*. Paris: ed. Masson, 1948. Tome XI, 330p..
- HALLAN, A.. Distribution of fossil marine invertebrates in relation to climate. In: BRENCHLEY, P. J. (ed.). **Fossil and climate**. Chichester: John Wiley & Sons, 1984. p. 107-125.
- KAMMER, T. W.; BAUMILLER, T. K.; AUSICH, W. I.. Species longevity as a function of niche breadth: Evidence from fossil crinoids. **Geology**, 1997. V.25, n. 3, p. 219-222.
- KOTZIAN, C. B.. **Estudo Sistemático e morfo-funcional de Bivales (Mollusca) das Formações Vila Maria (Siluriano) e Ponta Grossa (Devoniano), Bacia do Paraná, Brasil: interpretação do regime hidrodinâmico sedimentar**. Porto Alegre: Tese de Doutorado, UFRGS, 1995. 337p.
- KOTZIAN, C. B.; MARCHIORO, A.. Gastrópodes (Mollusca) Devonianos da Formação Ponta Grossa no Estado do Paraná (Bacia do Paraná): Gênero *Ptomatis* Clarke, 1899, *Pleurotomaria* (?) Defrans, 1826 e *Platyceras* Conrad, 1840. Santa Maria: **Revista Ciência e Natura**, 1997. V. 19, p. 77-117.
- LANGE, F. W.. Novos fósseis devonianos do Paraná. Curitiba: **Arquivo do Museu Paranaense**, 1943. 3: 215-231.
- LANGE, F. W.. Anelideos poliquetos dos folhelhos devonianos do Paraná. Curitiba: **Arquivo do Museu Paranaense**, 1947. 6: 161-230.
- LANGE, F. W.. Um novo escolecodonte dos folhelhos devonianos do Paraná. Curitiba: **Arquivo do Museu Paranaense**, 1950. 8: 189-214.
- LANGE, F. W.. Biostratigraphic subdivision and correlation of the Devonian in the Paraná Basin. Curitiba: **Boletim Paranaense de Geociências**, 1967. (21/22): 63-151.
- LANGE, F. W.; PETRI, S.. The Devonian of the Paraná Basin. Curitiba: **Boletim Paranaense de Geociências**, 1967. (21/22): 5-25.
- LE MENN, J.. Growth patterns and evolutionary trends of Devonian crinoid columns. Lyon: **Geobios**, 1987. n 20, fasc.6, p. 811-829.
- LEWIS, R. D.; CHAMBERS, C. R.; PEEBLES, M. W.. Grain Morphologies and Surface Textures of recent and Pleistocene Crinoid Ossicles, San Salvador, Bahamas. **Palaios**, 1990. V. 5, p. 570-579.
- LLEWELLYN, G.; MESSIN, C. G.. Compositional and taphonomic variations in modern crinoid-rich sediments from the deep-water margin of a carbonate bank. **Palaios**, 1993. V. 8, p. 554-573.
- MARCHIORO, A.; KOTZIAN, C. B.; SIMÕES, R. I.. Belerofontinas (Mollusca: Gastropoda?) Devonianos do Estados do Paraná (Formação Ponta Grossa, Bacia do Paraná): gênero *Bucanella* Meek, 1871. Santa Maria: **Revista Ciência e Natura**, 1998. V. 20, p. 143-185.
- MEYER, D. L.; AUSICH, W. I.; TERRY, R. E.. Comparative Taphonomy of Echinoderms in Carbonate Facies: Fort Payne Formation (Lower Mississippian) of Kentucky and Tennessee. **Palaios**, 1989. V. 4, p. 533-552.

- MILANI, E. J.; RAMOS, V. A.. Orogenias Paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, 1998. 28(4): 473-484.
- MOORE, R. C.; JEFFORDS, R. M.; MILLER T. H. Morphological features of crinoid columns. Kansas: **The University of Kansas Paleontological Contributions**, 1968. V. 8, n. 45, p. 1-30.
- OPPENHEIM, V.. Fósseis devonianos do Paraná. Rio de Janeiro: **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 1935. 7 (4): 345-349.
- PETRI, S.. Contribuição ao estudo do Devoniano Paranaense. Rio de Janeiro: **Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia**, 1948. 129: 1-125.
- PETRI, S.; FÚLFARO, V. J.. **Geologia do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1983. 631p..
- PINTO, I. D.; PURPER, I.. A Devonian Ostracode from Ponta Formation, Paraná Basin, Brazil. Porto Alegre: **Pesquisas**, 1986. V. 18, p. 31-38.
- POPP, M. T. B.. **Revisão dos trilobitas calmoniídeos e comunidades faunísticas da Formação Ponta Grossa, Devoniano, no Estado do Paraná**. Porto Alegre: Tese de Doutorado, 1985.
- POPP, J. H.; BARCELLOS-POPP, M.. Análise estratigráfica da sequência deposicional Devoniana da Bacia do Paraná (Brasil). **Revista Brasileira de Geociências**, 1986. 16(2): 187-194.
- QUADROS, L. P.. Silurian-Devonian acritarch assemblages from Paraná Basin: na update and correlation with Northern Brazilian basins. In: RODRIGUES, M. A. C. e PEREIRA, E. eds.. Rio de Janeiro: **UFRJ**, 1999. P. 105-146.
- RODRIGUES, R.; QUADROS, L. P.. Mineralogia das argilas e teor de boro das Formações Paleozóicas da Bacia do Paraná. Ouro Preto: **Anais do Congresso Brasileiro de geologia**, 29, 1976. V. 1, p. 351-379.
- SCHOPF, J. M.. Modes of fossil preservation. Netherlands: **Review of Paleobotany and Palynology**, 1975. V. 20, p. 27-53.
- SCHUBERT, J. K.; BOTTJER, D. J.; SIMMS, M. J.. Paleobiology of the oldest known articulate crinoid. **Lethaia**, 1992. V. 25, p. 97-110.
- SPRINKLE, J.. Phylum Echinodermata – Part II Additional concepts, Class Crinoidea. In: BOARDMAN, R. S.; CHEETHAM, A. H.; ROWELL, A. J.. Palo Alto: **Blackwell**, 1987. P. 573-580.
- SPRINKLE, J.; KIER, P. M.. Phylum Echinodermata . In: BOARDMAN, R. S., CHEETHAM, A. H. & POWELL, A. J. (eds). **Fossil invertebrates**. Palo Alto: Blackwell, 1987. P. 550-611.
- SPRINKLE, J.; GUENSBURG, T. E.. Origin of Echinoderms in the Paleozoic Evolutionary fauna: The role of substrates. **Palaios**, 1995. V. 10, p. 437-453.
- STUKALINA, G. A.. Studies in Paleozoic crinoid-columnals and –stems. Stuttgart: **Palaeontographica Abt. A.**, 1988. V. 204, n. 1-3, p. 1-66.

ESTAMPA 1
FAUNA ASSOCIADA

Figura 1 – Fragmento de um gastrópode encontrado associado aos crinóides (amostra 2P).

Figura 2 – Tentaculitóideo, molde interno e externo (amostra NR 1841A, Coleção de Paleontologia do Departamento de Geologia da UFPR). Obs: A amostra foi coletada no Afloramento Jaguariaíva.

Figura 3 – Concha de Brachiopoda Inarticulata Acrotretida, mostrando as linhas de crescimento concêntricas.

Figura 4 – Colunal de crinóide associada a Brachiopoda Articulata (1) e uma concha de Molusca Bivalvia (2) muito alterada por diagênese.

ESTAMPA 1



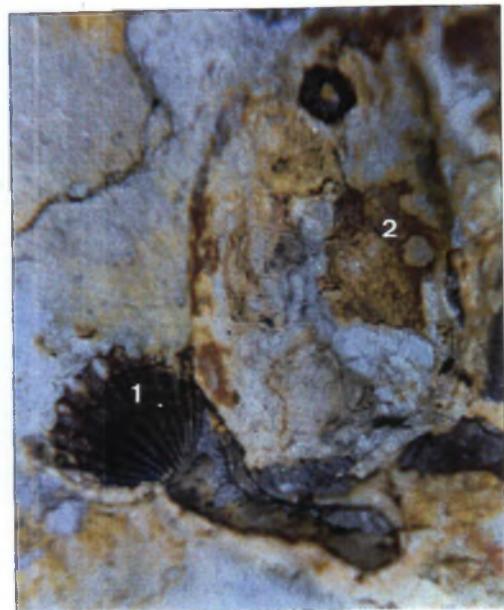
5mm



2mm



2mm



5mm

ESTAMPA 2
FAUNA ASSOCIADA

Figura 5 – Colunais de crinóides associadas à *Serpulites sp* (1) e Ostracodes (2).

Figura 6 – Detalhe da figura anterior mostrando o *Serpulites sp* (1) e Crustacea Ostracode (2).
Também mostra um detalhe dos grânulos de quartzo (3).

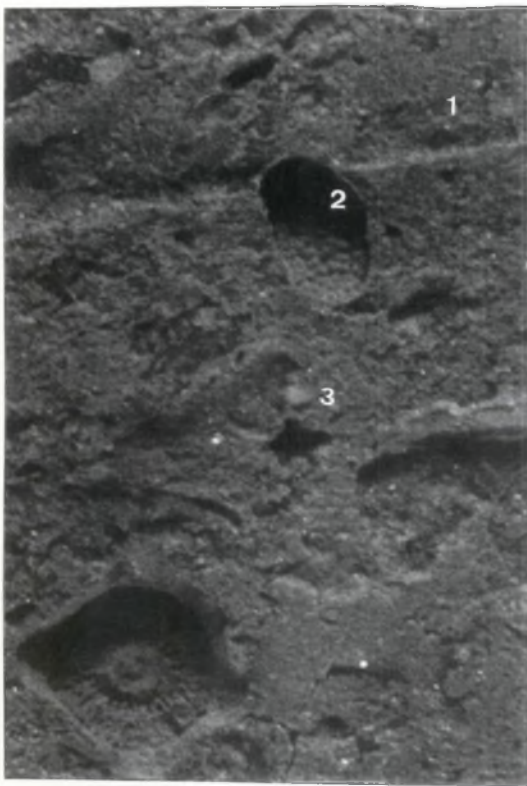
Figura 7 – Concha de Molusca Bivalvia mostrando linhas de crescimento.

ESTAMPA 2



5

3mm



6

1mm



7

5mm

ESTAMPA 3 COLUNAIS

Figura 8 – Colunal morfotipo G (esquerda) com índice areolar menor que 33,33. Colunal morfotipo B (direita) (Amostra 1aQ).

Figura 9 – Colunal com crênulas de diferentes amplitudes. Foi modificada por diagênese. A seta indica um molde interno de Ostracode (Amostra 1Q).

Figura 10 – Colunal morfotipo B (esquerda), é provavelmente uma nodal pela presença de tubérculos. Colunal morfotipo C (direita) com areola bem distinta (Amostra 1aH).

Figura 11 – Colunal morfotipo J. As crênulas não estão bem preservadas. A colunal apresenta três tubérculos (Amostra 2G).

Figura 12 – Colunal morfotipo D, mostrando o lúmen pequeno e em relevo (Amostra 1aB).

Figura 13 – Colunal morfotipo E. Molde formado por várias colunais. A areola das várias colunais foram preservadas fusionadas (Amostra 1D).

Figura 14 – Colunal apresentando círculos concêntricos na região do crenulário. Foi modificada por diagênese (Amostra 1E).

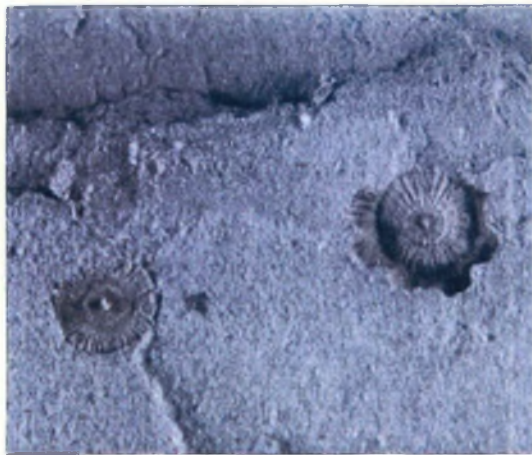
ESTAMPA 3



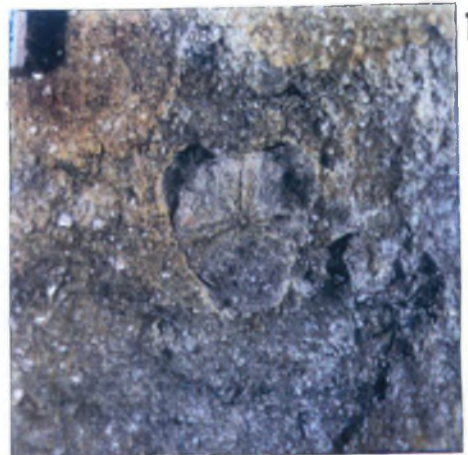
2mm



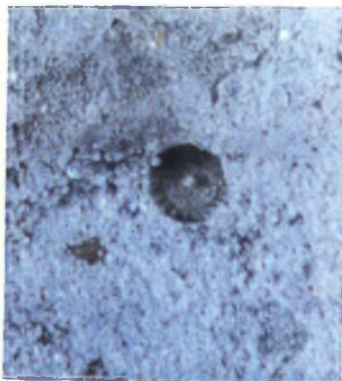
2mm



2mm



2mm



1mm



2mm



2mm

ESTAMPA 4 **PLURICOLUNAIS**

Figura 15 – Padrão de pluricolunal A (esquerda) e padrão de pluricolunal B (direita) (Amostra 1aI).

Figura 16 – Padrão de pluricolunal C na região superior e padrão de pluricolunal tendendo para L na região inferior (2 noditaxes com apenas 2 internodais). Estrutura reticular presente e piritizada (Amostra 1aA).

Figura 17 – Padrão de pluricolunal E com alguns noditaxes intercalados com padrão de pluricolunal N (Amostra 1K).

Figura 18 – Padrão de pluricolunal F (Amostra II).

Figura 19 – Padrão de pluricolunal K (Amostra 1F).

Figura 20 – Padrão de pluricolunal E mostrando estrutura reticular (cinza), que ocorre no interior da pluricolunal (Amostra 1K).

ESTAMPA 4



15

2mm



16

2mm



17

2mm



18

2mm



19

2mm



20

2mm