



**Sobre os Equinodermos Devonianos da Bacia do Paraná:
Mudanças Faunísticas e Implicações para a Utilidade Bioestratigráfica**
About Echinoderms of the Devonian of the Paraná Basin:
Faunal Turnovers and Implications for Biostratigraphic Utility

Sandro Marcelo Scheffler¹; Ana Paula Santos Francisco² & Elvio Pinto Bosetti³

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Departamento de Geologia e Paleontologia,
Laboratório de Paleoinvertebrados - LAPIN, Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, 20940-040, Rio de Janeiro, RJ

²Universidade Federal de São Paulo, Campus Diadema, Rua Prof. Artur Riedel, 275, Jardim Eldorado, 09972-270, Diadema, SP

³Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Geociências, Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia.

Av. Carlos Cavalcanti 9.500, Uvaranas, 84010-919, caixa-postal 992, Ponta Grossa, PR

Emails: schefflersm@mn.ufrj.br; apsf.anapaula@gmail.com; elviobosetti@gmail.com

Recebido em: 14/09/2017 Aprovado em: 12/10/2017

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2017_3_102_116

Resumo

No Devoniano da Bacia do Paraná são registradas as classes de equinodermos Crinoidea, Blastoidea, Stylophora, Ophiuroidea e Asteroidea. Portanto, das 14 classes que ainda existiam no mundo durante o Devoniano, apenas cinco já foram registradas para o Devoniano desta bacia. Esse fato pode estar associado aos ainda escassos estudos sobre o grupo, bem como à problemas de potencial de preservação ou ainda à condições paleoecológicas diversas. O presente trabalho faz as primeiras descrições formais de táxons do grupo no Givetiano do Paraná (Sub-Bacia de Apucarana) e no Devoniano de Goiás (Sub-Bacia de Alto Garças). A pesquisa também visou à descrição de novas ocorrências de equinodermos já registrados em outras localidades do Devoniano da Bacia do Paraná, discutindo preliminarmente a utilidade bioestratigráfica de alguns padrões morfológicos. Os tipos morfológicos descritos foram: *Pisocrinidae* indet., *Costalocrinus?* sp. B, *øCrenatames* sp. A, *øMarettocrinus katzeri*, *øSalairocrinus?* cf *S. kerevenensis*, *Pentremetidae* indet., *ø*Morfotipo PRap/PG-008, *ø*Morfotipo PRap/PG-009 e *ø* Morfotipo PRap/PG-010. O primeiro registro de ocorrência de *øMarettocrinus* sp. *katzeri* na Bacia do Paraná fornece mais indícios da existência de uma comunicação entre a Bacia do Paraná e a Bacia do Amazonas. A primeira descrição de um crinoide em Goiás feita neste trabalho, depois de mais de 80 anos de pesquisas em afloramentos devonianos nesse estado, evidencia como os estudos de equinodermos pedunculados ainda são escassos e necessários no Brasil.

Palavras Chave: Echinodermata; Formação Ponta Grossa; Formação São Domingos; Bacia do Paraná.

Abstract

In the Devonian of the Paraná Basin are recorded the classes of echinoderms Crinoidea, Blastoidea, Stylophora, Ophiuroidea and Asteroidea. Therefore, of the 14 classes that still existed in the world during the Devonian time, only five have already been registered for the Devonian of the Paraná Basin. This fact may be associated with the scarce studies about the group in the basin, as well as the problems of potential of preservation or to the diverse paleoecological conditions. The present work is the first formal descriptions of taxa of the stalked echinoderms in the Givetian do Paraná (Apucarana Sub-basin) and in the Devonian of Goiás (Alto Garças Sub-basin). The research also aimed at the description of new occurrences of echinoderms already registered in other places of the Devonian of the Paraná Basin, discussing preliminarily the biostratigraphic utility of some morphological patterns. The morphological types described were: *Pisocrinidae* indet., *Costalocrinus?* sp. B, *øCrenatames* sp. A, *øMarettocrinus katzeri*, *øSalairocrinus?* cf *S. kerevenensis*, *Pentremetidae* indet., Morphotype PRap / PG-008, Morphotype PRap / PG-009 and Morphotype PRap / PG-010. The first occurrence record of *øMarettocrinus katzeri* in the Paraná Basin provides evidence of a communication between the Paraná Basin (Apucarana Sub-basin) and the Amazon Basin. The first description of a crinoid in Goiás, after more than 80 years of research on Devonian in this state, shows how pedunculated echinoderm studies are still scarce and necessary in Brazil.

Keywords: Echinodermata; Ponta Grossa Formation; São Domingos Formation; Paraná Basin.

1 Introdução

O filo Echinodermata é um grupo muito diversificado, apresentando aproximadamente 20 classes (Ubaghs, 1967), e de ampla distribuição estratigráfica, sendo que seus representantes mais antigos são do início do Cambriano, ocorrendo até o presente. São divididos em cinco subfilos, Echinozoa, Asterozoa, Homalozoa, Crinozoa, Blastozoa, (Sprinkle, 1973), sendo os dois últimos chamados de pelmatozoários ou equinodermos pedunculados, organismos com o corpo em forma de cálice e apresentando um pedúnculo que os possibilita viverem fixados ao substrato (Brusca & Brusca, 2007).

Os equinodermos pedunculados foram muito abundantes durante a era Paleozoica e originaram uma grande variedade de formas nas quais se destacaram os crinoides e os blastoides. Os primeiros, ainda existentes, apresentaram ampla diversidade e abundância durante quase toda essa Era, enquanto que os blastoides tiveram sua distribuição estratigráfica restrita entre o Ordoviciano Médio e o Permiano (Donovan, 1995). Estas duas classes já foram registradas no Devoniano da Bacia do Paraná, estas duas classes já foram registradas no Paraná através da presença de cálices, pedúnculos, braquíolos e braços e a classe Crinoidea já foi registrada para o Devoniano de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul através da presença de pedúnculo e braços (ver Scheffler, 2007a; 2011 para histórico do filo na bacia).

Nas unidades geológicas devonianas desta bacia, como nas demais bacias paleozoicas brasileiras, a presença de crinoides é representada quase que exclusivamente por fragmentos incompletos das colunas e suas partes dissociadas, sendo a presença de cálices citada esporadicamente a partir do século XXI no Devoniano do Estado do Paraná (Scheffler *et al.*, 2001; Scheffler & Fernandes, 2003; Scheffler & Fernandes, 2007a; Scheffler *et al.*, 2013).

A fauna de blastoides na América do Sul é muito reduzida quando comparada com o número de espécies existentes na Europa, América do Norte e Ásia e, como no resto do mundo, seu registro é formado predominantemente por segmentos de pedúnculos e placas dissociadas. Seu registro é ainda mais escasso no Brasil onde as primeiras ocorrências foram feitas por Scheffler & Fernandes (2003, 2007b) para as camadas devonianas (Formação São Domingos *sensu* Bosetti *et al.*, 2012) da Bacia do Paraná.

Além de blastoides e crinoides também já foram registradas as classes Ophiuroidea, Asteroidea

e Stylophora (Clarke, 1913; Schuchert, 1915; Caster, 1954a, b; para histórico ver Scheffler, 2007a, 2011). Portanto, das 14 classes que ainda existiam no mundo durante o Devoniano (Ubaghs, 1967), apenas cinco já foram registradas para o Devoniano da Bacia do Paraná, o que mostra o quão pouco estudado está o filo.

Atualmente são conhecidos 43 tipos morfológicos, entre táxons formais, paratáxons e morfotipos, de equinodermos identificados no Devoniano da bacia, sendo a grande maioria de equinodermos pedunculados da Sub-Bacia de Apucarana. Nestes números, levantados a partir dos trabalhos de Scheffler (2010, 2011, 2015), já estão incluídas as primeiras identificações e descrições formais no Givetiano da Sub-Bacia de Apucarana e no Devoniano de Goiás, aqui realizadas. Além disso, o presente trabalho tem por objetivo descrever também novas ocorrências de equinodermos já descritos em outras localidades do Devoniano da Bacia do Paraná, discutindo preliminarmente a utilidade bioestratigráfica de alguns padrões morfológicos.

2 Sobre a Utilidade Bioestratigráfica dos Equinodermos

O principal grupo de equinodermos utilizado no mundo para fins estratigráficos são os pelmatozoários, em especial os crinoides. A grande abundância das partes de pedúnculos dissociadas (colunais e pluricolunais) em depósitos sedimentares paleozóicos tem chamado a atenção dos paleontólogos para o uso destes elementos esqueletais na bioestratigrafia desde o século XIX, porém apenas a partir da década de 1950 estes estudos se tornaram mais frequentes (Webster, 1974).

Cálices e coroas podem ser usados para objetivos estratigráficos somente em poucas regiões, onde estes fósseis podem ser coletados em sucessão estratigráfica restrita (Stukalina, 1988). Exemplos desta utilização podem ser vistos em Ausich (1977, 1978), com base no gênero *Pisocrinus*. Diferente dos cálices inteiros e coroas, colunais e pluricolunais são amplamente distribuídos em rochas sedimentares e adicionam muita informação as distribuições estratigráficas de crinóides fósseis, principalmente do Paleozoico. Esta abundância é muito evidente em depósitos

sedimentares de mares equatoriais paleozoicos, onde existem camadas com 30 metros ou mais de espessura compostas em grande parte por “detritos crinoidais” (Moore & Teichert, 1978). O estudo destes restos tem importância bioestratigráfica por causa desta abundância, da variedade morfológica muito grande e porque a distribuição estratigráfica da maioria das espécies é muito curta (Moore & Jeffords, 1968; Moore & Teichert, 1978; Jeffords, 1979). Além da abundância e diversidade dos grupos e das tendências evolutivas, a complexidade do endoesqueleto e a alta taxa de evolução é que determinam a relevância destes restos esqueléticos para os estudos estratigráficos (Stukalina, 1988).

Estudos paleontológicos relacionados à sistematização dos pedúnculos de crinóides e seu uso para objetivos estratigráficos foram muito abundantes na antiga União Soviética. Um histórico destes estudos pode ser encontrado em Stukalina (1988), que publicou um amplo trabalho sobre a morfogênese e tendências evolutivas dos pedúnculos de crinóides dissociados, comentando que as análises bioestratigráficas dos taxa, distinguidos na base de princípios filogenéticos, permitem o uso destes ossículos esqueléticos não somente na estratigrafia regional, mas também em correlações amplas de regiões intercontinentais e para resolver problemas em escala global, distinguindo unidades zonais baseadas na sucessão filogenética das espécies.

Conforme Stukalina (1988) os depósitos sedimentares da antiga União Soviética, do Ordoviciano ao Devoniano Inferior, estão completamente zoneados com base em trabalhos de morfogênese e filogenia dos pedúnculos das diversas espécies de crinoides, baseadas em elementos dissociados, fruto de décadas de estudos bioestratigráficos levados a cabo pelos autores russos. Neste mesmo trabalho o autor também cita vários exemplos de correlações estratigráficas, com base em partes dissociadas de colunas de crinóides, em nível regional e também em nível global entre a antiga União Soviética e a Europa e também com os Estados Unidos da América.

Outros exemplos da utilidade deste material em zonações e correlações estratigráficas podem ser dados pelos trabalhos de Le Menn no Devoniano do

Maçiço Armoricano (e.g. Le Menn, 1985, 1994). Em vários trabalhos J. Le Menn propõe um zoneamento bioestratigráfico com base em partes dissociadas de pedúnculo. Para o Siegeniano comenta que as colunais dissociadas apresentam um interesse estratigráfico inegável nos depósitos franceses (Le Menn, 1970), correlaciona as mudanças na fauna de colunais de crinóides do Emsiano com zonações estratigráficas propostas com outros grupos de organismos, obtendo resultados satisfatórios (Le Menn, 1976a, b; Le Menn, 1981) e posiciona estratigraficamente as espécies de crinoides baseados em fragmentos de pedúnculo do Givetiano e Frasniano da Bolonha, conseguindo caracterizar associações diagnósticas entre e dentro de cada formação litológica (Le Menn, 1981). Em todos estes trabalhos, J. Le Menn apresenta correlações entre os depósitos sedimentares franceses e os depósitos sedimentares de outras regiões da Europa, como Alemanha, Espanha, Turquia e Bélgica, mostrando a utilidade estratigráfica destes fósseis.

No Devoniano da Bacia do Paraná, em mares situados presumivelmente em altas latitudes, os ossículos dissociados de pelmatozoários, principalmente crinoides, são os equinodermos mais comumente encontrados no registro sedimentar, no entanto são muito menos abundantes e diversos que nos antigos mares paleozoicos situados em regiões tropicais e equatoriais. Portanto, sua utilidade bioestratigráfica também deve ser mais restrita. Apesar disso, podem ser úteis em estudos bioestratigráficos, principalmente para correlações regionais de afloramentos e talvez interbaciais. Este artigo visa iniciar as discussões sobre esta utilidade, apresentando a distribuição estratigráfica dos equinodermos conhecidos.

3 Caracterização da Área e Material de Estudo

3.1 Contexto Geológico

O Devoniano da Bacia do Paraná aflora em faixas relativamente estreitas nas bordas leste e noroeste, nas sub-bacias de Apucarana e Alto Garças, respectivamente, sendo recoberto por rochas mesozoicas na maior parte da área da bacia (Petri & Fulfaro, 1983).

A Sub-Bacia Apucarana ocuparia hoje áreas correspondentes aos estados de São Paulo, Paraná e

Santa Catarina. A Sub-Bacia Alto Garças ocuparia grande parte dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e do sudoeste de Goiás (Assine, 1996). Para a primeira reconheceu-se desde cedo uma divisão natural do Período Devoniano em duas unidades: um pacote arenoso inferior (Formação Furnas), e outro, pelítico, sobreposto (Formação Ponta Grossa). A Formação Ponta Grossa, é representada por três membros na interpretação clássica (*sensu* Lange & Petri, 1967): Jaguariaíva, Tibagi e São Domingos. Porém, mais recentemente vem sendo usada uma nova interpretação, que subdivide o Devoniano da Bacia do Paraná em três formações denominadas, a partir da base, de: Formações Furnas, Ponta Grossa (antigo Membro Jaguariaíva) e São Domingos (antigos membros Tibagi e São Domingos) (*sensu* Grahn *et al.*, 2000, 2013; Bosetti *et al.*, 2012). Essa nova interpretação é usada no presente trabalho.

Já o Devoniano da Sub-Bacia Alto Garças é composto por arenitos brancos e caulínicos da Formação Furnas (Grupo Chapada I), sotoposto por arenitos muito finos a grossos e com intercalações de folhelhos de cores avermelhadas ou pretos dos estratos equivalentes às formações

Ponta Grossa (Grupo Chapada II inferior) e São Domingos (unidades II superior, III e IV do Grupo Chapada; *sensu* Melo, 1988, modificado por Grahn *et al.*, 2013).

3.2 Procedência e Repositório

As amostras identificadas procedem de sete afloramentos (Figura 1) nos estados do Paraná e Goiás e estão depositadas em quatro coleções paleontológicas: 1) Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Paulo (acrônimo UNIFESP/In); 2) Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (acrônimo GP/IE); 3) Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa (acrônimo MPI); 4) Departamento de Geologia e Paleontologia da Universidade Federal do Paraná (acrônimo NR).

Além dos afloramentos abaixo listados, também foram considerados, para elaboração da tabela de distribuição estratigráfica dos equinodermos do Devoniano da Bacia do Paraná (Tabela 1), todos os demais afloramentos citados em Scheffler (2010), cujas datações através de palinologia ou por

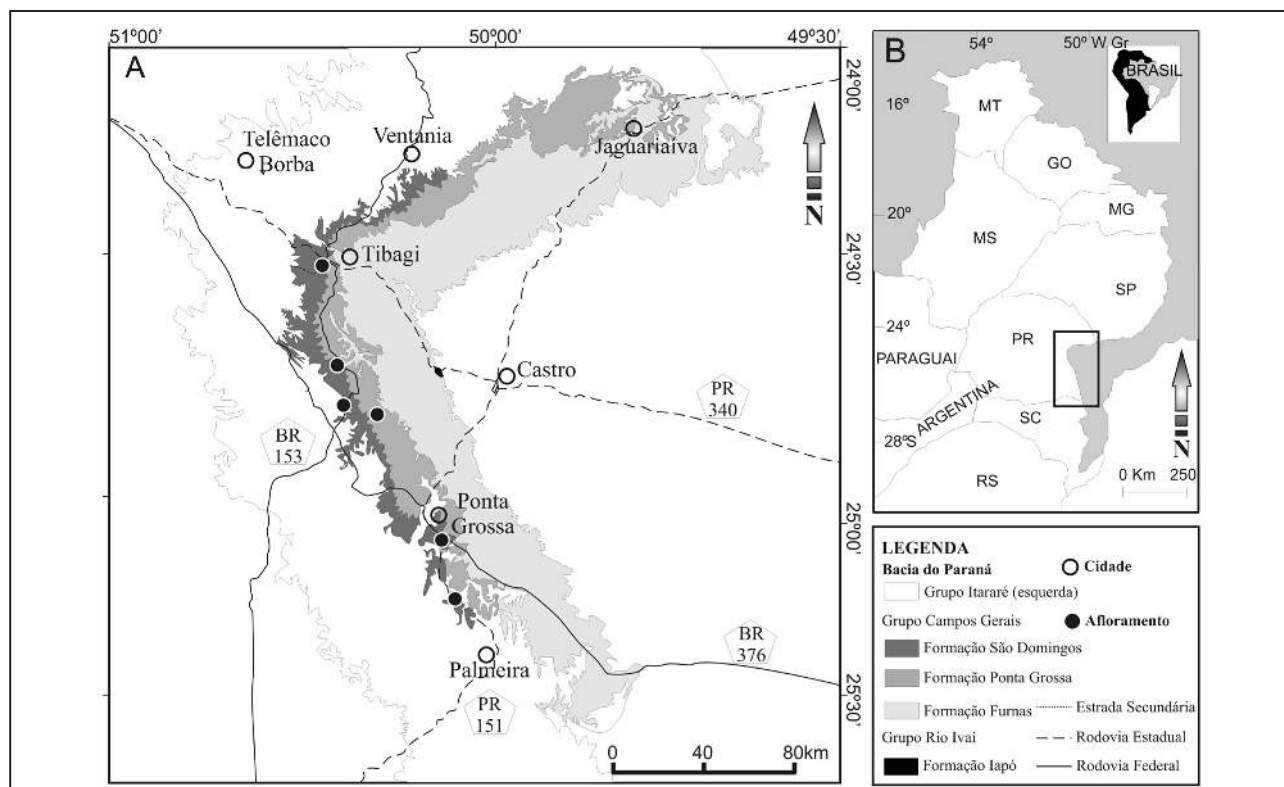


Figura 1 Mapa geológico do Devoniano no estado do Paraná (modificado de Bosetti *et al.*, 2012). Círculos pretos representam os afloramentos estudados, de cima para baixo: Aldeia dos Pioneiros, Ponto Estrela, Alto do Amparo, Fazenda da Guarda, Desvio Ribas-Tibagi (Aeroporto), Rio Caniú.

posicionamento estratigráfico e geográfico estão justificadas, sendo as mesmas atualizadas pelas datações apresentadas em Bosetti *et al.* (2010, 2011, 2012) e Ghran *et al.* (2013).

3.2.1 Formação Ponta Grossa

Afloramento Fazenda da Guarda: estrada secundária da Serra da Bocaina que liga a BR 373 a BR 153, nas margens da Fazenda da Guarda, Município de Ponta Grossa. O afloramento não apresenta datação palinológica. Pela posição estratigráfica e geográfica provavelmente é de idade praguiana ou emsiana inicial.

3.2.2 Formação São Domingos

Afloramento Ponto Estrela: localizado na BR 153, entre Ponta Grossa e Tibagi, km 220, Município de Tibagi, Estado do Paraná (coordenadas 24°37'54,4"S e 50°27'29,2"W, *datum* SAD 69). Conforme Richter *et al.* (2017) este afloramento pertencente à base da Formação São Domingos, Emsiano tardio.

Afloramento Rio Caniú: localizado na Rodovia PR-151, a 23 km do Trevo Vendrami, no Município de Ponta Grossa (coordenadas 25°18'48" S e 50°05'32", *datum* SAD 69). De acordo com José Ricardo Maizatto e José Henrique Gonçalves de Mello, pela análise de palinóforos da lâmina 200402225 do Cenpes/Petrobras indicaram idade provável neoemsiana (Scheffler & Fernandes, 2007b), base da Formação São Domingos.

Afloramento Desvio Ribas-Tibagi (Aeroporto): situado no corte da estrada de ferro Central do Paraná no Desvio Ribas – Tibagi, onde cruza a rodovia PR-151 – Ponta Grossa/Palmeira, Km262, Município de Ponta Grossa, Estado do Paraná (coordenadas S25°12'02,73" e W50°03'58,55", *datum* SAD 69). De acordo com Bosetti *et al.* (2012) tem idade possivelmente neo-emisiana, base da Formação São Domingos.

Afloramento Aldeia dos Pioneiros: situado na BR 153, entre Ponta Grossa e Tibagi, 2 km antes do trevo com a PR 340 que dá acesso a cidade de Tibagi, Município de Tibagi, Estado do Paraná. Considerado de idade givetiana inicial pelo posicionamento estratigráfico.

Afloramento Alto do Amparo: estrada vicinal de chão que liga a BR 153 a localidade alto do amparo, a 1 km antes da vila (coordenadas 24°45'34,2"S e 50°29'0,09"W, *datum* SAD 69). Considerado de idade givetiana inicial pelo posicionamento estratigráfico.

Afloramento Fazenda "Sonho Meu": localizado na Fazenda "Sonho Meu", região do Município de Amorinópolis, próximo à rodovia GO-221 que liga Iporá à Palestina, Km 45 Estado de Goiás, pertencente ao grupo Chapada III, considerado como correlato à parte basal da Formação São Domingos (Emsiano tardio - Eifeliano).

3.3 Metodologia de Observação e Análise

As amostras foram analisadas nos laboratórios de Paleocologia e Ecologia da Paisagem e de Paleontologia Universidade Federal de São Paulo, Campus Diadema e na coleção de paleontologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

As fotografias foram feitas com Estereomicroscópio Zeiss, que apresenta câmara digital e acessórios para captura de imagens e câmera Canon Betel em mesa estativa de fotografia macro.

As descrições utilizam a terminologia proposta por Moore *et al.* (1968) e Webster (1974), sendo a parataxonomia baseada na proposta parasistemática de Moore & Jeffords (1968). O símbolo "ø", que precede algumas vezes o nome da espécie, é um símbolo usado comumente em trabalhos de equinodermos pedunculados fósseis para indicar que aquela espécie foi descrita ou o espécimen foi identificado com base no pedúnculo.

4 Taxonomia

Filo ECHINODERMATA Klein, 1734

Classe CRINOIDEA Miller, 1821

Subclasse DISPARIDA Moore & Laudon, 1943

Superfamília PISOCRINACEA Angelin, 1878

Família PISOCRINIDAE Angelin, 1878

øPisocrinidae indet.

(Figura 2.13)

Material: MPI 10051.

Procedência: Afloramento Fazenda da Guarda.

Descrição: Pedúnculo muito pequeno, menor de 1 mm de diâmetro, circular, aparentemente heteromórfico com noditaxe formado por duas

colunais. Todas as colunais apresentam látera lisa, simétrica e levemente convexa. Nodal apresenta quase a mesma altura da internodal.

Discussão: Apesar da amostra não estar muito bem preservada as características presentes no pedúnculo são suficientes para atribuir a Pisocrinidae indet. descrito por Scheffler (2010).

Subclasse CLADIDA Moore & Laudon, 1943
Ordem POTERIOCRINIDA Jaekel, 1918
Subordem DENDROCRININA Bather, 1899
Superfamília DENDROCRINITACEA
Wachsmuth and Springer, 1886
Família BOTRYOCRINIDAE Wachsmuth and
Springer, 1886

Gênero *Costalocrinus* Jaekel, 1918

Espécie-tipo: *Costalocrinus dilatatus*

(Schultze, 1867).

♂*Costalocrinus?* sp. B

(Figuras 2.1-11)

Material: Espécimes presentes nas amostras GP/1E 5530, GP/1E 5546, GP/1E 8496, GP/1E 8497, GP/1E 8498, GP/1E 8499, GP/1E 8500, GP/1E 8501, GP/1E 8502 e GP/1E 8504.

Procedência: Afloramento Fazenda “Sonho meu”.

Descrição: Pedúnculo circular e heteromórfico, com noditaxe formado por aparentemente 16 colunais e quatro ordens de internodais (434243414342434N). A látera das colunais é, lisa, reta a levemente convexa e simétrica. Suturas do tipo simplectial. Faceta articular apresentando de 34 a 84 cúlmens, sendo estes compridos, bifurcados e finos, que se estendem da margem externa da faceta articular até o grande lúmen pentalobado. O tamanho médio do noditaxe (NT) foi de 5,01 mm, sendo que a média de altura da nodal (NH) foi de 0,65 mm e da altura da intermodal (INH) de 0,28 mm. O lúmen teve tamanho médio de 4,7 mm e a faceta articular (de uma borda a outra da faceta) um tamanho médio de 9,83 mm.

Discussão: Através destas características podemos atribuir o material como um crinoide, possivelmente do gênero *Costalocrinus*. Assemelha-se a *Costalocrinus?* sp. A descrito para a Formação Ponta Grossa no estado do Paraná por Scheffler *et al.* (2013), no entanto o material paranaense apresenta colunais

do tipo pentâmeras e lúmen circular, enquanto que as amostras aqui analisadas apresentam colunais monolíticas e têm o lúmen pentalobado; em relação a superfície articular, o número de cúlmens da espécie descrita para o Paraná é menor e os mesmos são simples, enquanto que as amostras aqui analisadas apresentam cúlmens bifurcados, mais finos e longos.

Apesar do estado do Paraná apresentar uma grande variedade de pelmatozoários, o mesmo não ocorre para a porção noroeste (Sub-Bacia de Alto Garças), que não apresentava pelmatozoários descritos até recentemente, tendo apenas poucas citações da presença de fragmentos de pedúnculos de crinoídes nos estados de Goiás e Mato Grosso. Como exemplos para o estado de Goiás podemos citar Erichsen (1937 *apud* Petri, 1948), que se refere a presença de braços e pedúnculos no município de Rio Bonito, e Marques (2006), que cita e figura “15 fragmentos de coluna desarticulados” identificando como Crinoidea indet.

Este material citado por Marques (2006) teve uma descrição preliminar por Francisco *et al.* (2013) na forma de resumo, publicado posteriormente como Francisco *et al.* (2014), sendo esta a primeira identificação de um crinoide em nível abaixo de classe no estado. Estes fósseis tiveram aqui sua identificação refinada e descrição detalhada, representando a primeira identificação e descrição formalmente publicada.

Ordem INCERTA

Família ♂FLUCTICHARACIDAE Moore & Jeffords, 1968

Gênero ♂*Crenatames* Moore & Jeffords, 1968

Espécie-tipo: *Crenatames amicabilis* Moore & Jeffords, 1968

♂*Crenatames* sp. A

(Figuras 2.18-19)

Material: MPI 8657.

Procedência: Afloramento Ponto Estrela.

Descrição: Pedúnculo circular e heteromórfico, noditaxe com duas colunais (N1). Nodal com maior altura e diâmetro que a internodal. Não foram observados tubérculos. Sutura com grossa crenulação do tipo simplectial. Superfície articular plana, circular, com lúmen pequeno e circular. Crenulário se estende

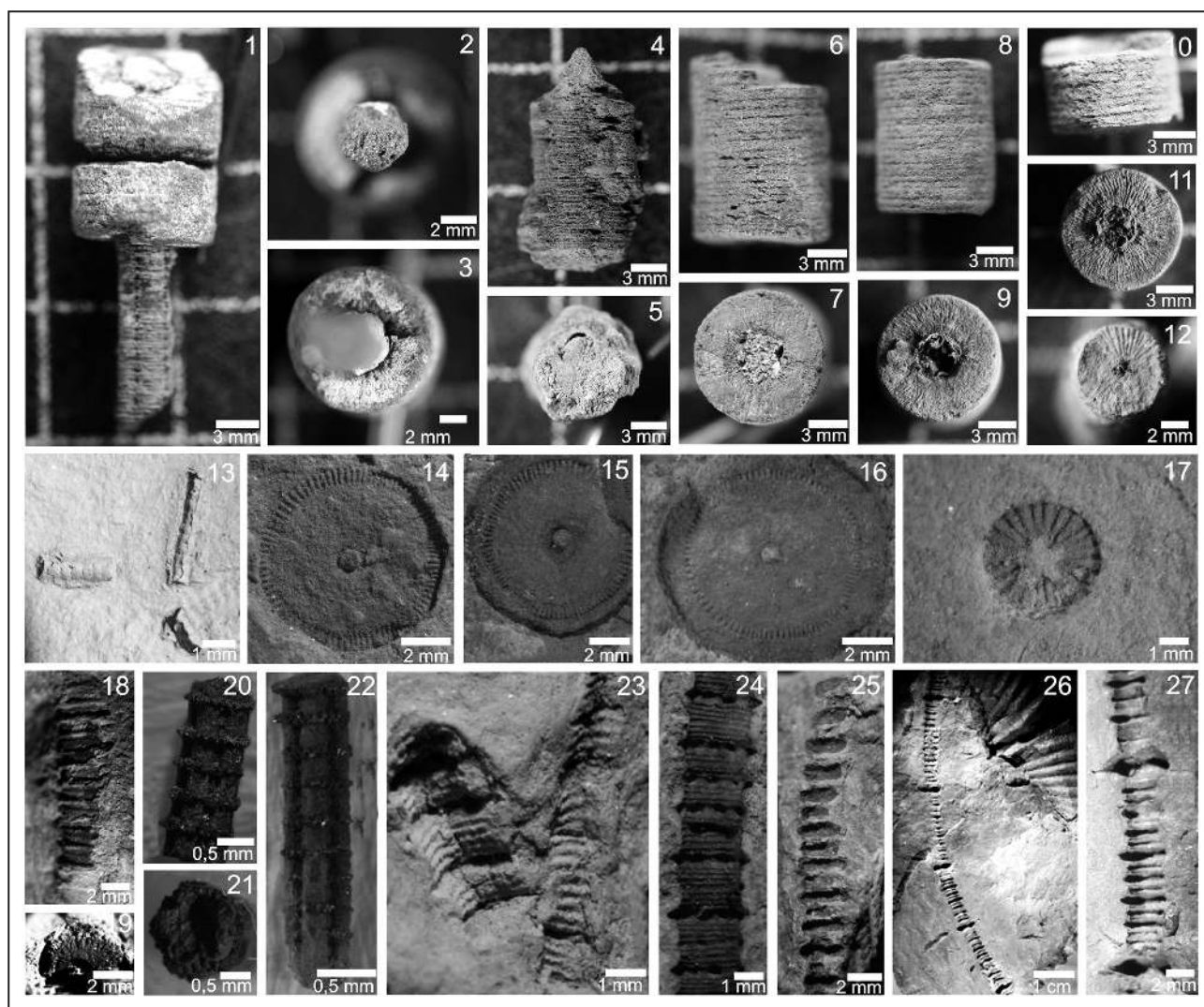


Figura 2. 1-11 – *Costalocrinus?* sp. B: 1-3 – pluricolunal apresentando o padrão de noditaxe, lúmen pentalobado e faceta articular, respectivamente (GP1E 5546a); 4-5 – padrão de pluricolunal e lúmen pentalobado (GP1E 5546b); 6-7 - pluricolunal e faceta articular (GP1E 8497); 8-9 - pluricolunal e faceta articular (GP1E 8498); 10-11 - pluricolunal e faceta articular (GP1E 8499). 12 – outro padrão morfológico de Goiás, talvez próximo a *Salairocrinus*. 13 – pluricolunais de Pisocrinidae indet. (MPI 10051). 14-16 – facetas articulares de *Marettocrinus katzeri* (MPI 8258B, MPI 8268a e MPI 8265, respectivamente). 17 – faceta articular de *Salairocrinus?* cf. *S. kerevenensis* (MPI 10053). 18-19 – pluricolunal e faceta articular de *Crenatames* sp. A (MPI 8657). 20-22 – vista de preenchimento do lúmen do \emptyset Morfotipo PRap/PG-010 (MPI 10052). 23-24 – pluricolunais de Pentremetidae indet. (UNIFESP/In470 e NR5815, respectivamente). 25 – pluricolunal do \emptyset Morfotipo PRap/PG-008 (MPI 8662). 26-27 – pluricolunal do \emptyset Morfotipo PRap/PG-009 (MPI 8658).

da margem externa até a aréola, com aproximadamente 40 cúlmens, grossos, curtos, retos, simples e altos. Aréola circular. Perilúmen com crenulações no topo. Medidas: NH - 1 mm, ND - 4,1 mm, iNH - 0,6 mm, iND - 4,0 mm, L - 0,7 mm, A - 1,6 mm, F - 4,5 mm.

Discussão: Os espécimes presentes nesta amostra foram identificados como \emptyset *Crenatames* sp. A, descrito por Scheffler (2010). A análise para identificação concentrou-se na grossa crenulação das suturas, uma vez que os cúlmens são mais altos nesta espécie do que nas demais formas do

gênero. Essa amostra poderia ser confundida com *C. amicabile*, porém difere desta última por apresentar menor altura das colunais em relação ao diâmetro e pela nodal apresentar maior altura que a internodal. Essa espécie já foi descrita para Jaguariaíva, localidade incerta, base da Formação Ponta Grossa, provavelmente Praguiano.

Gênero \emptyset *Marettocrinus* Le Menn, 1981

Espécie-tipo: \emptyset *Marettocrinus tenuis* Le Menn, 1981.

\emptyset *Marettocrinus katzeri* Scheffler, Fonseca &

Fernandes, 2015
(Figuras 2.14-16)

Material: MPI 8258A,B; MPI 8261; MPI 8265; MPI 8267 e MPI 8268.

Procedência: Afloramento Aldeia dos Pioneiros.

Descrição: Faceta articular circular, plana. Crenulário formando um estreito anel próximo à periferia, apresentando de 92 a 108 cúlmenes, retos, finos e curtos. Aréola muito ampla, circular e plana. Perilúmen pequeno, mas bem evidente, portando aproximadamente 20 finos dentículos no topo. Lúmen pequeno, levemente pentagonal (?). Epifaceta lisa, simétrica. LD - 0,79 mm, AD - 5,46 mm, KD - 9,76 mm, FD - 7,9 mm.

Discussão: A identificação desses espécimens foi sugerida brevemente por Ghilardi *et al.* (2011) como *øMarettocrinus* sp. C, descrito por Scheffler (2010) para a Formação Maecuru (Eifeliano médio) da Bacia do Amazonas e posteriormente descrito como a nova espécie *øMarettocrinus katzeri* (Scheffler *et al.*, 2015). Neste trabalho é confirmada esta identificação, no entanto, o material do Paraná apresenta uma epifaceta que não está presente no material do Pará, talvez por este último ser composto apenas por internodais. O encontro desta espécie no Paraná apresenta grande importância, uma vez que nos fornece outros indícios da existência de uma comunicação (“seaway”) entre a Bacia do Paraná, sub-bacia Apucarana, e a Bacia do Amazonas, relacionada a uma grande transgressão marinha na passagem Eifeliano/Givetiano (Ghilardi *et al.*, 2011), com ingresso de elementos exóticos após o evento de extinção KACÁK.

Família SALAIROCRINIDAE Dubatolova, 1971

Gênero *øSalairocrinus* Dubatolova, 1971

Espécie tipo: *øSalairocrinus textus*
(Dubatolova, 1964)

øSalairocrinus? cf. *S. kerevenensis*
(Figura 2.17)

Material: MPI 10053.

Procedência: Afloramento Alto do Amparo.

Descrição: Faceta articular circular com 12 cúlmenes que se estendem da periferia até o lúmen. Cúlmenes retos, mais grossos na periferia da faceta, afinando em direção ao lúmen. Lúmen fortemente estrelado. Medidas: LD - 0,7 mm, FD - 2,1 mm.

Discussão: a característica mais evidente nesse espécimen é o lúmen estrelado, que juntamente com as características do crenulário o aproxima do gênero *Salairocrinus*, se assemelhando a *S. kerevenensis*, descrita por Le Menn (1985) para o Givetiano da França, mesma idade atribuída ao afloramento Alto do Amparo. Outra evidência da entrada de fauna do norte do Gondwana a partir do Devoniano Médio nas bacias brasileiras, possivelmente via bacias do Amazonas e Parnaíba. No estado de Goiás, no afloramento Sonho Meu, foi encontrado uma pluricolunal que talvez possa pertencer a este gênero (Figura 2.12).

Classe BLATOIDEA Say, 1825

Ordem SPIRACULATA Jaekel, 1921

Família PENTREMITIDAE d’Orbigny, 1851

øPentremetidae indet.

(Figuras 2.23-24)

Material: Espécimes presentes nas amostras UNIFESP/In376, UNIFESP/In470 e NR5815.

Procedência: Afloramentos Desvio Ribas-Tibagi (UNIFESP/In470) e Rio Caniú (demais amostras).

Descrição: Pedúnculo circular, fortemente heteromórfico, noditaxe com quatro colunais e duas ordens de internodais (212N); internode apresenta aproximadamente o dobro de altura da nodal. Láteras com de 6 a 10 tubérculos grandes, arredondados. Sutura do tipo simplectial. Superfície articular circular, levemente convexa, com crenulário composto por aproximadamente 46 cúlmenes curtos e simples. Aréola grande e circular; lúmen pequeno e circular. Medidas do espécimen: NH - 0,5 mm, ND - 2,2 mm, iNH - 0,15 mm, iND - 2,15 mm, LD - 0,4 mm, AD - 1,5 mm, FD - 2 mm.

Discussão: A faceta e o padrão de noditaxe destes espécimens se assemelha à *Pachyblastus?* sp., já descrito para a formação. Porém, o pedúnculo da amostra UNIFESP/In376 possui um alto internode e as internodais não são tão baixas em relação ao noditaxe como em *Pachyblastus?*. Além disso, os tubérculos presentes na amostra aqui estudadas estão mais regularmente dispostos. Essas características divergem de *Pachyblastus?* e se assemelham a *Pentremetidae* indet. A amostra NR5815 aparenta ser a parte distal do pedúnculo.

Classe INDETERMINADA

øMorfotipo P Rap/PG-008

(Figura 2.25)

Material: MPI 8662.

Procedência: Afloramento Ponto Estrela.

Descrição: Pedúnculo circular, heteromórfico com noditaxe com duas colunais (N1) (?). Os tubérculos são pequenos. Látera das colunais bastante convexa longitudinalmente, formando uma epifaceta. Medidas: NH - 0,9 mm; ND - 2,7 mm; iNH - 0,7 mm; iND - 1,7 mm.

Discussão: O espécimen foi identificado como Morfotipo P Rap/PG-008, descrito por Scheffler (2007b), pelo pedúnculo circular e heteromórfico, noditaxe com duas colunais (N1) e os tubérculos pequenos.

øMorfotipo P Rap/PG-009

(Figuras 2.26-27)

Material: MPI 8658.

Procedência: Afloramento Ponto Estrela.

Descrição: Pedúnculo circular, fortemente heteromórfico, noditaxe com dezesseis colunais e quatro ordens de internodais (434243414342434N), gradação em altura e diâmetro entre as colunais, seguindo a ordem de inserção no pedúnculo, sendo a nodal bem maior que as demais colunais. Nodal com grande epifaceta, látera muito convexa longitudinalmente, e portando cinco tubérculos, em forma de espinhos, estes são bastante desenvolvidos e apresentam uma longa projeção pontiaguda. As internodais possuem a látera lisa, porém em algumas regiões do pedúnculo é possível observar em torno de 5 a 6 tubérculos na priminternodal, na secundinternodal e na tertinternodal, bastante desenvolvidos e com projeção pontiaguda, porém bem menor que na nodal. A látera é gradualmente menos convexa longitudinalmente e apresenta epifaceta cada vez menor, conforme a ordem de inserção no pedúnculo, sendo que a quartinternodal não apresenta epifaceta. Medidas: NH - 1,7 mm, ND - 4,6 mm, iNH - 0,5 mm, iND - 2,5 mm.

Discussão: O espécimen foi identificado como pertencente ao Morfotipo P Rap/PG-009, um provável crinoide descrito por Scheffler (2010), principalmente devido a presença de tubérculos que apresentam uma projeção pontiaguda, em forma de espinho. Este morfotipo apresenta noditaxe bastante irregular, mas o espécimen descrito apresenta o

noditaxe com dezesseis colunais. Esse morfotipo já foi citado para os afloramentos Jaguariaíva (localidade incerta, possivelmente Praguiano) e Curva do Trilho II, de provável idade devoniana inicial (pré-neopragiana).

øMorfotipo P Rap/PG-010

(Figuras 2.20-22)

Material: MPI 10052.

Procedência: Afloramento Ponto Estrela.

Descrição: Pedúnculo provavelmente heteromórfico, com noditaxe formado por duas colunais (1N). Faceta articular apresenta aproximadamente 20 cúlmens. Lúmen grande e fortemente pentalobado.

Discussão: A amostra aqui analisada representa três fragmentos de moldes internos de lúmens. Como essa é a única estrutura preservada, não é possível fazer uma descrição mais detalhada. O que chama a atenção nesses lúmens é o formato fortemente pentalobado, que o difere de todos os outros padrões encontrados na Formação Ponta Grossa, e é uma forte característica do ø Morfotipo P Rap/PG-010, um provável crinoide descrito por Scheffler (2010) para o Afloramento Rio Caniú, Emsiano tardio.

5 Considerações Estratigráficas, de Mudanças Faunísticas e Paleobiogeográficas

A discussão apresentada neste item será amplamente enfocada na Sub-Bacia de Apucarana, por ser mais conhecida em termos estratigráficos e apresentar a maioria absoluta das formas de equinodermos já encontrados para o Devoniano da bacia.

Como tradicionalmente interpretado, a fauna malvinocáfrica distribui-se estratigraficamente desde a base do Membro Jaguariaíva (*sensu* Lange & Petri, 1967) ou Formação Ponta Grossa (*sensu* Bosetti *et al.*, 2012; Grahn *et al.*, 2013) até a parte basal do Membro São Domingos (*e.g.* Melo, 1985, 1988 *sensu* Lange & Petri, 1967) ou parte média da Formação São Domingos (*sensu* Bosetti *et al.*, 2012; Grahn *et al.*, 2013), que Melo (1985, 1988) posicionou no topo do Eifeliano, o que também já teria sido notado por Assine (1996). O ingresso de águas mais quentes, vindas do norte, foi o provável responsável pelo declínio das comunidades endêmicas malvinocábricas, atribuído ao evento global de extinção KACÁK por Bosetti *et al.* (2010, 2011), na passagem Eifeliano-Givetiano. Algumas poucas espécies malvinocábricas são encontradas na base do

Givetiano (Bosetti *et al.*, 2010, 2011, 2012). No entanto, recentemente tem sido reconhecido na bacia um evento de extinção no Devoniano Inferior, mais expressivo que o evento do Devoniano Médio (Bosetti *et al.*, 2012). Conforme estes autores, a fauna da parte basal da Formação São Domingos (posicionado no Emsiano tardio *sensu* Grahn *et al.*, 2013) é semelhante à da Formação Ponta Grossa, mas com menos espécies da maioria dos grupos de macroinvertebrados, devido a uma grande extinção ocorrida no Emsiano médio (Bosetti *et al.*, 2012).

Para entendermos a amplitude destes dois eventos de extinção, podemos calcular com base nos dados apresentados em Bosetti *et al.* (2010, 2011, 2012) que eles seriam responsáveis por extinguir

quase 80% da fauna de macroinvertebrados. Com a fauna de equinodermos não aconteceu diferente e dos 37 tipos morfológicos descritos para o Praguiano e Emsiano, no estado do Paraná, apenas um deles é registrado para o Givetiano, a espécie de Stylophora *Placocystella langei*, além das duas espécies de crinoides aqui descritas, *Salairocrinus?* cf. *S. kerevenensis* e *Marettocrinus katzeri*, todas ocorrendo em pouca abundância (Figura 3; Tabela 1).

Conforme Bosetti *et al.* (2012), com exceção do filo Cnidaria, os filos do Domínio Malvinocáfrico experimentam significativas modificações em sua representatividade no Emsiano médio, sendo isto também verdadeiro para os equinodermos, que apresentaram uma mudança quase total de seus

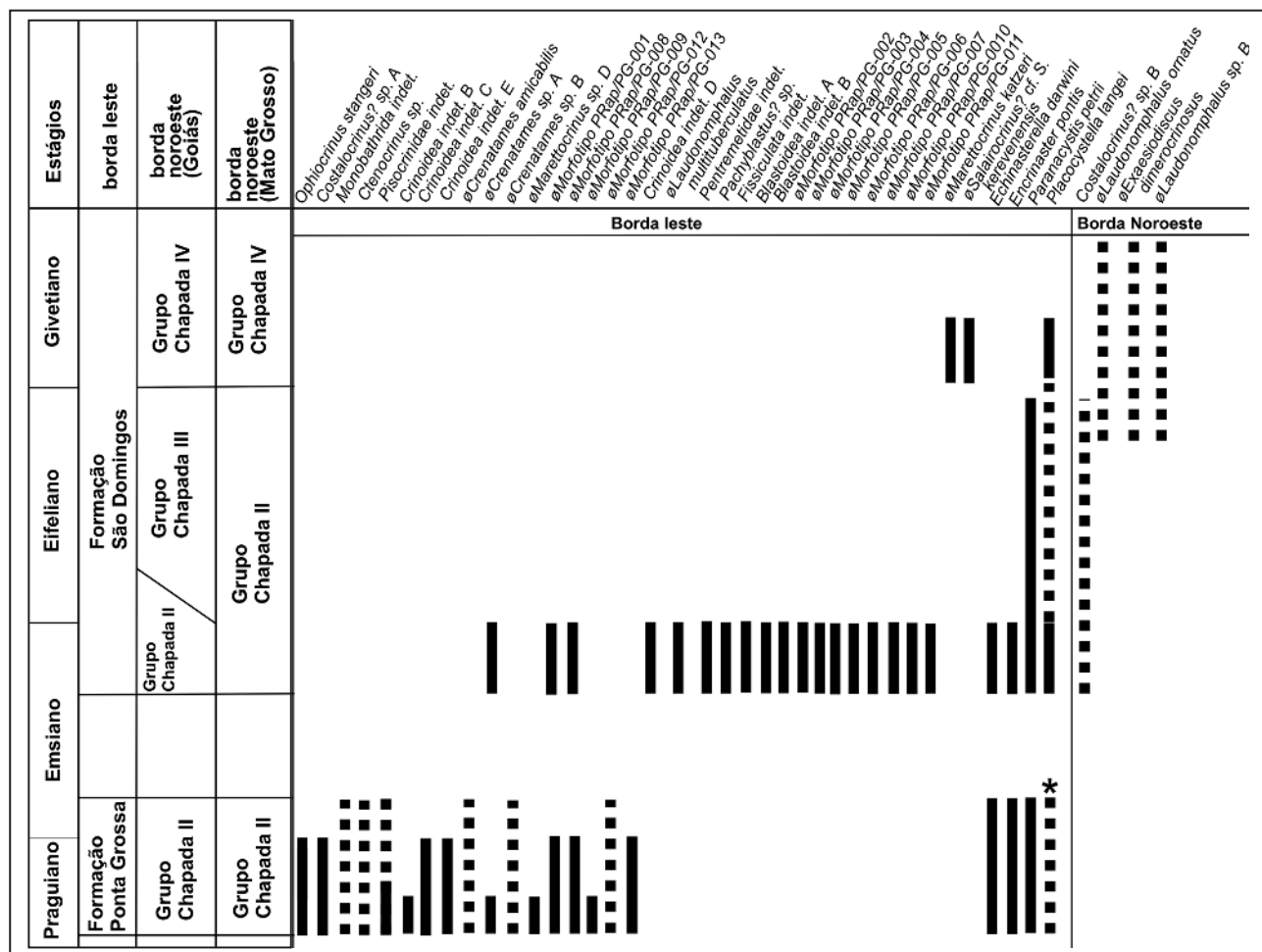


Figura 3 Distribuição estratigráfica dos equinodermos do Devoniano da Bacia do Paraná (fontes bibliográficas como apresentado na tabela 1, complementadas com informações presentes neste artigo). Barras intermitentes significam que a exata posição estratigráfica do táxon dentro do intervalo não é conhecida. * A ocorrência de *Placocystella langei* na Formação Ponta Grossa (Praguiano – Emsiano inicial) é duvidosa, pois Caster (1954a) comenta que os três espécimens descritos originalmente foram encontrados em afloramento na rodovia Ponta Grossa – Palmeira, na localidade de Santa Cruz, provavelmente próximo ou no atual afloramento Sutil, de idade Emsiana tardia. No entanto, Caster (1954b) apresenta um histórico mais detalhado do encontro por parte de Frederico W. Lange das duas espécies de Stylophora do Devoniano paranaense e comenta que os três espécimens desta espécie foram encontrados aos 26,40 metros do poço Trigo N. 1, na cidade de Ponta Grossa, o que implicaria em idade praguiana ou emsiana inicial. Este segundo relato, mais completo, parece ser a informação mais confiável e a confusão pode ter se originado no fato de que vários espécimens da espécie *Paranacystis petrii* foram encontrados neste afloramento de Santa Cruz. Por isso, neste trabalho optamos por considerar a distribuição estratigráfica de *Placocystella langei* do Praguiano-Emsiano inicial até o Givetiano inicial.

representantes. Apenas três táxons de equinodermos pedunculados (Crinoidea) e quatro taxas de outros equinodermos (Ophiuroidea, Asteroidea e Stylophora) dos 21 táxons que ocorrem na Formação Ponta Grossa sobrevivem a esta extinção e continuam ocorrendo na Formação São Domingos. Apesar desta mudança de dois terços da fauna de equinodermos os mesmos não apresentam declínio de biodiversidade, ao contrário do que já foi mencionado para quase todos os filos que compõem o Dominio Malvinocáfrico (Bosetti *et al.*, 2012). Resta saber se esta nova fauna de equinodermos da Formação São Domingos, formada por 22 táxons, se distribuiu apenas durante o Emsiano terminal, como o registro estratigráfico parece indicar. É preciso dizer que rochas do Eifeliano não são tão representadas no Devoniano paranaense e são também menos estudadas e, portanto, é possível que estes táxons sobrevivam até a passagem Eifeliano-Givetiano.

Esta extinção no Devoniano médio talvez esteja relacionada com o aumento do tectonismo na bacia, relacionado ao final do ciclo Cordilherano (orogenia Ocloica), relacionada ao choque do microcontinente Chilenia (Alvarez *et al.*, 2011), levando a um isolamento maior da bacia e/ou mudanças nos padrões de circulação de correntes. Conforme já comentado por Horodyski *et al.* (2017) uma possível reativação tectônica de altos morfoestruturais durante o Emsiano médio (Membro Tibagi, *sensu* Bosetti *et al.*, 2011, 2012) pode ter gerado uma bacia com uma grande inclinação no ambiente proximal e rápido aumento de batimetria na região distal, reduzindo as áreas marinhas rasas, modificando as relações ecológicas. Outra hipótese destes autores para as mudanças na fauna entre as formações Ponta Grossa e São Domingos é que esta possível reativação tectônica poderia causar uma redução na influência das marés (não diagnosticadas na Formação São Domingos), modificando a distribuição de nutrientes e consequentemente as condições paleoecológicas (Horodyski *et al.*, 2017). Estas hipóteses são muito preliminares e ainda precisam ser melhor avaliadas.

Na passagem Eifeliano-Givetiano ocorre uma nova mudança faunística, quando o evento KĀČĀK extingue praticamente todas as formas de equinodermos do mar de São Domingos, passando a ocorrer apenas o Stylophora *Placocystella langei*

e duas formas exógenas que migram a partir da Bacia do Amazonas (*Marettocrinus katzeri*) e de regiões do norte do Gondwana (*Sailarocrinus?* cf. *S. kerevenensis*). Estas formas passam a ocorrer acima das camadas que contem os fósseis com fenótipos subnormais do Efeito *Lilliput* (Bosetti *et al.*, 2010; 2011), aparentemente quando as condições ambientais voltam a se tornar mais favoráveis à vida. Esta migração, que provavelmente acompanha a subida do nível do mar e a entrada de águas mais quentes na bacia, também é corroborada pela ocorrência em camadas do Devoniano Médio do Mato Grosso (Sub-Bacia de Alto Garças) de espécies já registradas por Scheffler (2010, 2015) e por Scheffler *et al.* (2011) para a Formação Pimenteira (*Exaesiocrinus dimerocrinosus*, *Laudonomphalus* sp. B) e por Scheffler (2010, 2015) e Scheffler *et al.* (2015) para a Formação Maecuru (*Exaesiocrinus dimerocrinosus*).

Com base nos dados aqui apresentados (Figura 3, Tabela 1), precisamos, pois, considerar algumas alterações na relação dos equinodermos do Devoniano da Bacia do Paraná mostrada em Bosetti *et al.* (2012) e suas distribuições estratigráficas.

Estes dados mostram que há mudanças faunísticas de equinodermos ao longo do tempo, e que muitos deles apresentam um registro estratigráfico com pequena ou bem marcada amplitude, o que poderia torná-los úteis como indicadores estratigráficos. Para isso é necessário compreender melhor a distribuição geográfica e estratigráfica dos tipos morfológicos para entender seu potencial em estudos estratigráficos. Para contribuir com esta discussão alguns exemplos são apresentados abaixo.

A presença de apenas dois equinodermos exóticos identificados até o momento no Givetiano, *Sailarocrinus?* cf. *S. kerevenensis* e *Marettocrinus katzeri*, parece indicar que estes são bons marcadores, apesar da pouca abundância, da recuperação da fauna pós evento KĀČĀK, pelo menos na Sub-Bacia de Apucarana, tornando-os úteis para correlação regional de afloramentos.

Da mesma forma, novas ocorrências de táxons em outros afloramentos onde ainda não eram conhecidos podem contribuir para esta discussão sobre a utilidade bioestratigráfica dos equinodermos. O afloramento Ponto Estrela, Emsiano tardio,

Sobre os Equinodermos Devonianos da Bacia do Paraná: Mudanças Faunísticas e Implicações para a Utilidade Bioestratigráfica
Sandro Marcelo Scheffler; Ana Paula Santos Francisco & Elvio Pinto Bosetti

UNIDADE GEOLÓGICA			TÁXONS ATUALMENTE VÁLIDOS/AUTOR	CLASSIFICAÇÃO
Borda leste	Borda noroeste, margem leste (Goiás)	Borda noroeste, margem oeste (Mato Grosso)		
Formação Ponta Grossa				
Praguiano			<i>Ophiocrinus stangeri</i> /Scheffler et al. (2013)	Crinoidea/ Diplobathrida
Praguiano			<i>Costalocrinus?</i> sp./Scheffler et al. (2013)	Crinoidea/Cladida
Praguiano/Emsiano?			Monobathrida indet./Scheffler et al. (2013)	Crinoidea/Monobathrida
Praguiano/Emsiano?			<i>Ctenocrinus</i> sp./Scheffler et al. (2013)	Crinoidea/Monobathrida
pré-Neopraguiano-?Eo-Emsiano			Pisocrinidae indet./Scheffler (2010)	Crinoidea/Disparida
pré-Neopraguiano			Crinoidea indet. B/Scheffler (2010)	Crinoidea
Praguiano			Crinoidea indet. C/Scheffler (2010)	Crinoidea
Praguiano			Crinoidea indet. E/Scheffler (2010)	Crinoidea
Praguiano-?Eo-Emsiano			<i>øCrenatames amicabilis</i> /Scheffler & Fernandes (2007a)	Crinoidea
pré-Neopraguiano			<i>ø Crenatames</i> sp. A/Scheffler (2010)	Crinoidea
Praguiano/Emsiano?			<i>ø Crenatames</i> sp. B/Scheffler (2010)	Crinoidea
pré-Neopraguiano			<i>ø Maretocrinus</i> sp. D/Scheffler (2010)	Crinoidea
Praguiano			<i>ø</i> Morfotipo PRap/PG-001/Scheffler (2007b) (possível pedúnculo de <i>Ophiocrinus stangeri</i>)	Crinoidea?
Praguiano			<i>ø</i> Morfotipo PRap/PG-008/Scheffler (2007b)	Crinoidea
pré-Neopraguiano			<i>ø</i> Morfotipo PRap/PG-009/Scheffler (2010)	Crinoidea
Praguiano?			<i>ø</i> Morfotipo PRap/PG-012/Scheffler (2010)	Crinoidea
Praguiano			<i>ø</i> Morfotipo PRap/PG-013/Scheffler (2010)	?
Praguiano/Eo-Emsiano			<i>Echinasterella darwini</i> /Clarke (1913), Petri (1948) e neste artigo	Asteroidea/Estenuroidea
Praguiano/Eo-Emsiano			<i>Encrinaster pontis</i> / Clarke (1913), Petri (1948) e neste artigo	Ophiuroidea/Encrinasteridae
Praguiano/Eo-Emsiano			<i>Paranacystis petrii</i> /Petri (1948) e Caster (1954b)	Stylophora/Paranacystidae
Praguiano/Eo-Emsiano?			<i>Placocystella langei</i> /Caster (1954a, b) e neste artigo	Stylophora/Allanicytidiinae
Formação São Domingos				
Neo-Emsiano			Crinoidea indet. D/Scheffler (2010)	Crinoidea
Neo-Emsiano			<i>øLaudonomphalus multituberculatus</i> / Scheffler & Fernandes (2007a)	Crinoidea
Neo-Emsiano/Eo-Eifeliano?			<i>øCrenatames</i> sp. A/Scheffler (2010)	Crinoidea
Neo-Emsiano			Pentremetidae indet. /Scheffler & Fernandes (2007b)	Blastoidea/Spiraculata
Neo-Emsiano			<i>Pachyblastus?</i> sp. /Scheffler & Fernandes (2007b)	Blastoidea/Fissiculata
Neo-Emsiano			Fissiculata indet. /Scheffler & Fernandes (2007b)	Blastoidea/Fissiculata
Neo-Emsiano			Blastoidea indet. A/Scheffler (2010)	Blastoidea/Fissiculata
Neo-Emsiano			Blastoidea indet. B/Scheffler (2010)	Blastoidea/Fissiculata
Neo-Emsiano			<i>ø</i> Morfotipo PRap/PG-002/Scheffler (2007b)	?
Neo-Emsiano			<i>ø</i> Morfotipo PRap/PG-003/Scheffler (2007b)	Crinoidea
Neo-Emsiano			<i>ø</i> Morfotipo PRap/PG-004/Scheffler (2007b)	?
Neo-Emsiano			<i>ø</i> Morfotipo PRap/PG-005/Scheffler (2007b)	?
Neo-Emsiano			<i>ø</i> Morfotipo PRap/PG-006/Scheffler (2007b)	Crinoidea
Neo-Emsiano			<i>ø</i> Morfotipo PRap/PG-007/Scheffler (2007b)	?
Neo-Emsiano/Eo-Eifeliano?			<i>ø</i> Morfotipo PRap/PG-008/Scheffler (2007b) e neste artigo	Crinoidea
Neo-Emsiano/Eo-Eifeliano?			<i>ø</i> Morfotipo PRap/PG-009/Scheffler (2010) e neste artigo	Crinoidea
Neo-Emsiano			<i>ø</i> Morfotipo PRap/PG-010/Scheffler (2010) e neste artigo	Crinoidea
Neo-Emsiano			<i>ø</i> Morfotipo PRap/PG-011/Scheffler (2010)	?
Neo-Emsiano			<i>Echinasterella darwini</i> /Clarke (1913), Petri (1948) e neste artigo	Asteroidea/Estenuroidea
Neo-Emsiano			<i>Encrinaster pontis</i> / Clarke (1913), Petri (1948) e neste artigo	Ophiuroidea/Encrinasteridae
Neo-Emsiano/Eo-Eifeliano			<i>Paranacystis petrii</i> /Petri (1948) e Caster (1954b)	Stylophora/Paranacystidae
Neo-Emsiano/ Eogivetiano			<i>Placocystella langei</i> /neste artigo e outro artigo já submetido à publicação	Stylophora/Allanicytidiinae
Eogivetiano			<i>øMaretocrinus katzeri</i> /Scheffler et al. (2015) e neste artigo	Crinoidea
Eogivetiano			<i>øSalaiocrinus?</i> cf. <i>S. kerevenensis</i> /Francisco & Scheffler (2013) e neste artigo	Crinoidea
	Formação São Domingos (Grupo Chapada III)			
	Neo-Emsiano/ Eifeliano?		<i>Costalocrinus?</i> sp. B/ Francisco et al. (2013) e neste artigo	Crinoidea/Cladida
		Formação São Domingos (Grupo Chapada III/IV?)		
		Neo-Eifeliano/ Givetiano?	<i>øLaudonomphalus ornatus</i> / Ferreira & Fernandes (1985, 1989)	Crinoidea
		Neo-Eifeliano/ Givetiano?	<i>øExaesiodycus dimerocrinosus</i> / Scheffler et al. (2011)	Crinoidea/Diplobathrida?
		Neo-Eifeliano/ Givetiano?	<i>øLaudonomphalus</i> sp. B/Scheffler (2010)	Crinoidea

Tabela 1 Distribuição estratigráfica dos táxons de equinodermos do Devoniano da Bacia do Paraná, com relação das fontes bibliográficas que propõe o táxon e que complementa sua distribuição estratigráfica e indicação de sua atribuição taxonômica em níveis hierárquicos superiores.

apresentou *Crenamates* sp. A, Morfotipo PRap /PG-008, Morfotipo PRap/PG-009 e Morfotipo PRap/PG-010. O Morfotipo PRap/PG-009 já foi descrito para o Afloramento Curva do Trilho II (idade pré-neopragiana) e Jaguariaíva (localidade incerta, praguiana?), *Crenamates* sp. A. já foi descrita para o Afloramento Fazenda Rivadávia (provavelmente Praguiano não terminal), e o Morfotipo PR/AP/PG-008 já foi descrito para o quilômetro 3,9 do Afloramento Jaguariaíva e Afloramento Jaguariaíva localidade incerta (idade praguiana). O Morfotipo PRap/PG-010 já foi descrito para o afloramento Rio Caniú, de idade neo-emsiana.

Portanto os tipos morfológicos *Crenamates* sp. A, o Morfotipo PRap/PG-009 e o Morfotipo PRap/PG-008 tem ocorrência do Praguiano (afloramentos Curva do Trilho II e Jaguariaíva) até o Neoemsiano (afloramento Ponto Estrela). Estes seriam os únicos pelmatozoários a sobreviver a extinção do Emsiano médio e, portanto, o Morfotipo PRap/PG-010 pode ser mais útil para correlações estratigráficas.

O afloramento Fazenda da Guarda não apresenta datação da literatura, mas a partir da amostra MPI 10051 é possível inferir sua idade. Essa amostra foi identificada para este afloramento como Pisocrinidae indet. (ver Scheffler, 2010), táxon já descrito para os afloramentos Curva do Trilho I (Praguiano - ?Eo-emsiano), Rivadávia (provável Praguiano não terminal), Santa Gertrudis (Praguiano médio a tardio), Corte n. 1 da EFCP (ponto O.A.D. 20 da Expedição Orville Derby patrocinada pela Petrobras, em 1986; provável Praguiano – Emsiano inicial pela posição geográfica e estratigráfica). Esta idade condiz com o posicionamento estratigráfico e geográfico do afloramento, situado a sul – sudeste do afloramento Ponto Estrela.

Outro exemplo que parece demonstrar que alguns equinodermos possam ter utilidade bioestratigráfica é a ocorrência de *Pachyblastus* sp. Este blastoide foi primeiramente descrito com base no cálice e pedúnculo para o afloramento Rio Caniú, que apresenta idade neo-emsiana. O encontro do pedúnculo deste blastoide no afloramento Desvio Ribas-Tibagi, como descrito neste trabalho, que também apresenta idade neo-emsiana com base em palinomorfos, parece indicar que o mesmo aparece no registro estratigráfico da bacia apenas após a extinção do Emsiano, descrita por Bosetti *et al.* (2012).

Alguns padrões provavelmente são melhores que outros para correlação estratigráfica e, possivelmente, associações de táxons de equinodermos podem ser mais úteis com este objetivo. Ao menos está muito claro que no mínimo três zonas de equinodermos podem ser definidas, inicialmente, na Sub-Bacia de Apucarana. A primeira situada entre no Praguiano-Emsiano inicial, a segunda situada no Emsiano tardio (talvez se estendendo até o Eifeliano tardio) e a terceira posicionada no Givetiano (Figura 3).

Esforços estão sendo feitos para entender a distribuição estratigráfica dos equinodermos no Devoniano e com isso avaliar a real potencialidade do uso dos mesmos em correlações de afloramentos em escala regional, ou talvez, até mesmo, em zoneamentos bioestratigráficos intra-bacinais e inter-bacinais. Para tanto, são de fundamental importância aliar as ocorrências dos padrões morfológicos às datações palinológicas em afloramentos chaves, para entendermos as sucessões faunísticas dos equinodermos localmente, para posteriormente aplicá-las em outras áreas menos conhecidas do Devoniano da Bacia do Paraná para fins estratigráficos.

6 Agradecimentos

O primeiro autor (S.M.S.) agradece ao CNPq (processo 474952/2013-4) pelo apoio financeiro.

7 Referências

- Álvarez, J.; Mpodozis, C.; Arriagada, C.; Astini, R.; Morata, D.; Salazar, E.; Valencia, V.A. & Vervoort, J.D. 2011. Detrital zircons from late Paleozoic accretionary complexes in north-central Chile (28° e 32° S): Possible fingerprints of the Chilean terrane. *Journal of South American Earth Sciences*, 32:460-476.
- Assine, M.L. 1996. *Aspectos da estratigrafia de seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geologia, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 207p.
- Ausich, W.I. 1977. The Functional Morphology and Evolution of Pisocrinus (Crinoidea: Silurian). *Journal of Paleontology*, 51(4):672-686.
- Ausich, W.I. 1978. *Pisocrinus* from Califórnia, Nevada, Utah e Gaspé Península. *Journal of paleontology*, 52(2):484-511.
- Bosetti, E.P.; Horodyski, R.S.; Zabini, C.; Matsumura, W.M.K. & Pentead, A.C. 2010. Ocorrência de fenótipos subnormais no limite Neoeifeliano/Eogivetiano, Tibagi, estado do Paraná: implicações tafonômicas e

- paleossinecológicas. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.*, 5(2):135-149.
- Bosetti, E.P.; Grahn, Y.; Horodyski, R.S.; Mendlowicz Mauller, P.; Breuer, P. & Zabini, C. 2011. An earliest Givetian "Lilliput Effect" in the Paraná Basin, and the collapse of the Malvinokaffric shelly fauna. *Paläontologische Zeitschrift*, 85(1):49-65.
- Bosetti E.P.; Grahn, Y.; Horodyski, R.S. & Mauller, P.M. 2012. The first recorded decline of the Malvinokaffric Devonian fauna in the Paraná Basin (southern Brazil) and its cause; taphonomic and fossil evidences. *Journal of South American Earth Sciences*, 37:228-241.
- Brusca, R.C. & Brusca, G.J. 2007. *Invertebrados*. 2ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 968 p.
- Caster, K.E. 1954a. A Devonian Placocystoid Echinoderm from Paraná, Brazil. In: LANGE, F.W. (ed.). *Paleontologia do Paraná*, Curitiba, Comissão de Comemorações do Centenário do Paraná, p. 137-148.
- Caster, K.E. 1954b. A new Carpod Echinoderm from the Paraná Devonian. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 26(1):123-147.
- Clarck, J.M. 1913. *Fósseis Devonianos do Paraná*, Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, 353 p. (Série Monografias 1)
- Donovan, S.K. 1995. Fossil explained 15: Palaeozoic crinoids. *Geology Today*, 11(4):196-199.
- Ferreira, C.S. & Fernandes, A.C.S. 1985. Nota sobre alguns crinóides do Devoniano da Amazônia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 57(1):139.
- Ferreira, C.S. & Fernandes, A.C.S., 1989. Crinóides do Devoniano do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, Curitiba, 1989. *Resumos*, Curitiba, Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 23.
- Francisco, A.P.S. & Scheffler, S.M. 2013. Análise preliminar do potencial bioestratigráfico dos pedunculos de pelmatozoários da Formação Ponta Grossa (Devoniano, Bacia do Paraná). In: ENCONTRO REGIONAL DE PALEONTOLOGIA - PALEO SP, Sorocaba, 2013. *Livro de resumos*, SBP.
- Francisco, A.P.S.; Anelli, L.E. & Scheffler, S.M. 2013. Primeira descrição e identificação de crinoide (crinoidea, echinodermata) em Goiás (Devoniano, Formação Ponta Grossa). In: ENCONTRO REGIONAL DE PALEONTOLOGIA - PALEO RJ/ES, Rio de Janeiro, 2013. *Livro de resumos*, UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.
- Francisco, A.P.S.; Anelli, L.E. & Scheffler, S.M. 2014. *Primeira descrição e identificação de crinoide (crinoidea, echinodermata) em Goiás (Devoniano, Formação Ponta Grossa)*, Sociedade Brasileira de Paleontologia, Boletim Paleontologia em destaque 67, p. 46-47.
- Ghilardi, R.P.; Scheffler, S.M.; Horodyski, R.S. & Bosetti, E.P. 2011. Ocorrência de macroinvertebrados pós evento KACÁK: considerações prévias sobre paleobiogeografia do Eogivetiano da Bacia do Paraná. In: ENCONTRO REGIONAL DE PALEONTOLOGIA - Paleo PR/SC, Mafra, 2011. *Caderno de Resumos*, UNC, Mafra, p. 20.
- Grahn, Y.; Pereira, E. & Bergamaschi, S. 2000. Silurian and Lower Devonian chitinozoan biostratigraphy of the Paraná Basin in Brazil and Paraguay. *Palynology*, 24:143-172.
- Grahn, Y.; Mauller, P. M.; Bergamaschi, S. & Bosetti, E.P. 2013. Palynology and sequence stratigraphy of three Devonian rock units in the Apucarana Sub-basin (Paraná Basin, south Brazil): Additional data and correlation. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 198:27-44.
- Horodyski, R.; Vargas, M.R. & Sedorko, D. 2017. ~60 Ma megabias: the heterogeneities in the quality of the fossil record. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 25, Ribeirão Preto, 2017. *Boletim Paleontologia em Destaque*, Ano 32, Edição Especial, SBP, Ribeirão Preto, p. 141.
- Jeffords, R. M., 1979. Dissociated crinoid skeletal elements. In: MOORE, R.C. & TEICHERT, C. (eds.). *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Lawrence, The University of Kansas Printing Service, Part T, Echinodermata 2, v. 3, p. 928-937.
- Lange, F.W. & Petri, S. 1967. The Devonian of the Paraná Basin. In: BIGARELLA, J.J. (Ed.) Problems in Brazilian Devonian geology. *Boletim Paranaense de Geociências*, 21/22:5-55.
- Le Menn, J., 1970. *Les crinoïdes du Siegenien Supérieur de la rade de Brest*. Faculte des Sciences, Dissertação de Mestrado, Université de Rennes, Brest, 107 p.
- Le Menn, J. 1976a. Crinoidea. In: LE MENN, J.; PLUSQUELLEC, Y.; MORZADEC, P & LARDEUX, H. (eds.). *Incursion Hercynienne dans les faunes rhénanes du Dévonien inférieur de la rade de Brest (Massif Armoricaïn)*. *Palaeontographica Abt. A*, 153(1-3):45-61.
- Le Menn, J. 1976b. Crinoïdes. In: LE MENN, J. & RACHEBOEUF, P.R (eds.). *Brachiopodes Chonetacea et crinoïdes des Formations du Faou et de Montguyon (Dévonien Inférieur du Massif Armoricaïn)*. *Ann. Soc. Géol. Nord*, 96(4):305-323.
- Le Menn, J. 1981. Les crinoïdes. In: MORZADEC, P.; PARIS, F & RACHEBOEUF, P. (eds.). *La tranchée de la Lezais Emsien supérieur du Massif Armoricaïn: sédimentologie, paléontologie, stratigraphie*. *Mém. Soc. Géol. Minéral. Bretagne*, 24:261-273.
- Le Menn, J. 1985. *Les crinoïdes du Dévonien Inférieur et Moyen du Massif Armoricaïn: systématique, paléobiologie, évolution, paléoécologie, biostratigraphie*. *Mém. Soc. Géol. Minéral. Bretagne*, 30:1-268.
- Le Menn, J. 1994. La reconstitution des communautés de crinoïdes Paléozoïques: L'apport des coloniales dissociées. In: DAVID, B.; GUILLE, A.; FERLAL, J.P. & ROUX, M. (eds.). *Echinoderms through Time*, Rotterdam, Balkema, p. 231-236.
- Marques, R.C. 2006. *Taxonomia dos invertebrados da Formação Ponta Grossa (Eomesodevônico), borda norte da Bacia do Paraná, região de Amorinópolis, Estado de Goiás, e análise cladística de espiriferídeos basais*. Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 144p.
- Melo, J.H.G. 1985. *A Província Malvinocáfrica no Devoniano do Brasil: estado atual dos conhecimentos*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 3v., 890 p.
- Melo, J.H.G. 1988. The Malvinokaffric realm in the Devonian of Brazil. In: McMILLW, N.J.; EMBRY, S.F. & GLASS, D.J. (eds). *Devonian of the World*, Canadian Society of Petroleum, *Geologist Memoir*, 1(14):669-703.
- Moore, R.C. & Jeffords, R.M. 1968. Classification and nomenclature of fossil crinoids based on studies of dissociated parts of their columns. *The University of Kansas Paleontological Contributions*, 9(46):1-86.
- Moore, R.C. & Teichert, C. 1978. Introduction. In: MOORE, R.C. & TEICHERT, C. (eds.). *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Lawrence, The University of Kansas Printing Service, Part T, Echinodermata 2, v. 1, p. 7-9.

- Moore, R.C.; Jeffords, R.M. & Miller, T.H. 1968. Morphological features of crinoid columns. *The University of Kansas Paleontological Contributions*, 8(45):1-30.
- Petri, S. 1948. *Contribuição ao estudo do Devoniano paranaense*, Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim 129, 125p.
- Petri, S. & Fúlfaro, V.J. 1983. *Geologia do Brasil*, São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 631p.
- Richter, M.; Bosetti, E.P. & Horodyski, R.S. 2017. Early Devonian (Late Emsian) shark fin remains (Chondrichthyes) from the Paraná Basin, southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89(1):103-118.
- Scheffler, S.M. 2007a. Equinodermas da Formação Ponta Grossa (Devoniano, Bacia do Paraná): grupos conhecidos e perspectivas futuras. In: CARVALHO, I.S.; CASSAB, R.C.T.; SCHWANKE, C.; CARVALHO, M.A.; FERNANDES, A.C.S.; RODRIGUES, M.A.C.; CARVALHO, M.S.S.; ARAI, M. & OLIVEIRA, M.E.Q. (eds.). *Paleontologia: cenários de vida*, Rio de Janeiro, Editora Interciência, v. 1, 157-166.
- Scheffler, S.M. 2007b. Morfotipos de pedúnculo de pelmatozoários da formação Ponta Grossa (devoniano, bacia do Paraná), no estado do Paraná, Brasil. *Terr@ Plural*, 1(2):139-151.
- Scheffler, S.M. 2010. *Crinóides e blastóides do devoniano brasileiro*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 288p.
- Scheffler, S.M. 2011. Equinodermas do Paleozóico Brasileiro. In: CARVALHO, I.S.; SRIVASTAVA, N.K.; STROHSCHOEN JR., O. & LANA, C.C. (eds.). *Paleontologia: Cenário da Vida*, Rio de Janeiro, Editora Interciência, 1ed., v.4, p. 191-210.
- Scheffler, S.M. 2015. Stalked echinoderms of the Brazilian Devonian and their palaeobiogeographical affinities. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, 10:63-81.
- Scheffler, S.M. & Fernandes, A.C.S. 2003. Ocorrência de cálice de crinóide, Formação Ponta Grossa (Devoniano, Bacia do Paraná), Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 18, Brasília, 2003. *Boletim de Resumos*, Brasília, Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 258-259.
- Scheffler, S.M. & Fernandes, A.C. 2007a. Crinoidea da Formação Ponta Grossa (Devoniano, Bacia do Paraná), Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, 65(1):83-98.
- Scheffler, S.M. & Fernandes, A.C.S. 2007b. Blastoidea da Formação Ponta Grossa (Devoniano, Bacia do Paraná), Estado do Paraná, Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, 65(1):99-112.
- Scheffler, S.M.; Bolzon R.T. & Azevedo, I. 2001. Cálices de Crinoidea na Formação Ponta Grossa (Devoniano), Estado do Paraná, Brasil. In: PALEO 2001 - PR/SC, Rio Negro/Mafra, 2001. *Programação e Resumos*, Mafra, UNC, p. 11.
- Scheffler, S.M.; Ghilardi, R.P.; Horodyski, R.S.; Bosetti, E. 2011. Os únicos equinodermas do Devoniano Médio (Eogivetiano) da Sub-Bacia de Apucarana, Estado do Paraná (Formação Ponta Grossa, Bacia do Paraná). In: Reunião Regional de Paleontologia - Paleo PR/SC, Mafra, 2011. *Caderno de Resumos*, Mafra, SBP, p. 8.
- Scheffler, S.M.; Fernandes, A.C.S.F. & Fonseca, V.M.M. 2013. Alguns Crinóides da Formação Ponta Grossa e suas afinidades paleobiogeográficas (Devoniano Inferior, Bacia do Paraná, Brasil). *Terr@ Plural*, 7:85-114.
- Scheffler, S.M.; Fonseca, V.M.M. & Fernandes, A.C.S. 2015. New crinoids from the Maecuru formation (Middle Eifelian; Amazon Basin, State of Paraná, Brazil). *Geobios*, 48:57-69.
- Schuchert, C. 1915. Revision of Paleozoic Stellerioidea with special reference to North American Asteroidea. *United States National Museum*, New York, Bulletin 88, 311 p.
- Sprinkle, J. 1973. Morphology and evolution of blastozoan echinoderms, Harvard University Museum of Comparative Zoology, *Special Publication*, 283 p.
- Stukalina, G.A. 1988. Studies in Paleozoic crinoids columnals and stems. *Paleontographica Abt. A*, 204(1-3):1-66.
- Ubaghs, G. 1967. General characters of Echinodermata. In: MOORE, R.C (Ed.) *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Lawrence, The University of Kansas Printing Service, Part S, Echinodermata 1, v. 1, p. 3-60.
- Webster, G.D. 1974. Crinoid pluricolumnal noditaxis patterns. *Journal of Paleontology*, 48(6):1283-1288.