



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

VICTOR RODRIGUES RIBEIRO

**Rotas Migratórias de Braquiópodes (Família Leptocoeliidae &
Família Tropicidoleptidae) das bordas devonianas das bacias do
Paraná e Parnaíba**

ASSIS , SÃO PAULO

2020

VICTOR RODRIGUES RIBEIRO

**Rotas Migratórias de Braquiópodes (Família Leptocoeliidae &
Família Trepidoleptidae) das bordas devonianas das bacias do
Paraná e Parnaíba**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras de Assis, para obtenção do título de Mestre em Biociências (Caracterização e Aplicação da Diversidade Biológica).

Orientador: Prof. Dr. Renato Pirani Ghilardi

ASSIS, SÃO PAULO

2020

R484r Ribeiro, Victor Rodrigues
Rotas Migratórias de Braquiópodes (Família Leptocoeliidae & Família Tropidoleptidae) das bordas devonianas da bacia do Paraná e Parnaíba. / Victor Rodrigues Ribeiro. -- Assis, 2019
92 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Letras, Assis
Orientador: Renato Pirani Ghilardi

1. Devoniano. 2. Tropidoleptus. 3. Leptocoeliidae. 4. Bacia do Paraná. 5. Bacia do Parnaíba. I. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE VICTOR RODRIGUES RIBEIRO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIAS, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 10 dias do mês de dezembro do ano de 2019, às 14:00 horas, no(a) Sala da Pós-Graduação - Departamento de Ciências Biológicas/FC, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. RENATO PIRANI GHILARDI - Orientador(a) do(a) Departamento de Ciências Biológicas / UNESP/Bauru, Prof. Dr. DANIEL SEDORKO do(a) UFU / Monte Carmelo, Profa. Dra. SABRINA COELHO RODRIGUES do(a) Faculdade de Ciências Integradas do Pontal / UFU, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de VICTOR RODRIGUES RIBEIRO, intitulada **Rotas Migratórias de Braquiópodes (Família Leptocoeliidae & Família Tropicidoleptidae) e correlações estratigráficas das bordas devonianas das bacias do Paraná e Parnaíba**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. RENATO PIRANI GHILARDI

Prof. Dr. DANIEL SEDORKO

Profa. Dra. SABRINA COELHO RODRIGUES

Renato Pirani Ghilardi
benesse por videoconferência

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a todos aqueles que colaboraram para que mais essa etapa fosse concluída, de forma direta ou indireta, aos que estão em São Paulo, Minas Gerais, ou outros locais possíveis e impossíveis

Agradeço a minha família, em especial meu avô Elídio, minha mãe Ivani, aos meus irmãos Gustavo e Rafael, e aos meus sobrinhos Erik e Rafaela; por serem a energia revigorante.

Agradeço a Universidade Estadual Paulista (UNESP) e Faculdade de Ciências e Letras de Assis, bem como o Programa de Pós Graduação e o Prof. Dr. Renato Pirani pela orientação e suporte durante estes anos.

Agradeço a Universidade Federal de Mato Grosso, nas pessoas de Silane Caminha e Carla Coblinski, por sempre auxiliarem e estarem presentes.

Agradeço ao Laboratório de Paleontologia de Paleontologia de Macroinvertebrados da UNESP – Bauru, bem como os colegas Felipe Sousa, Geovane Gaia e Silvio Junior pelos cafés e companheirismo.

Agradeço aos profissionais Prof. Dr. Daniel Sedorko, Prof. Dr. Rodrigo Horodyski e a Profa. Dra. Sabrina Coelho pela colaboração.

RIBEIRO, Victor Rodrigues. **Rotas Migratórias de Braquiópodes (Família Leptocoeliidae & Família Tropicidoleptidae) das bordas devonianas das bacias do Paraná e Parnaíba**. 2020. 92 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Biociências). - Universidade do Estado de São Paulo (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, Assis, 2020

RESUMO

A distribuição dos continentes no Devoniano era diferente do que temos atualmente. As bacias sedimentares que ocupavam as áreas próximas do Equador (e.g. Parnaíba, Amazonas, Solimões) hospedavam ecossistemas com uma grande diversidade de espécies. Por outro lado, as bacias que ocupavam regiões de alta latitude, como Paraná, hospedavam uma fauna de águas mais frias. Esta fauna, formalmente nomeada como Fauna Malvinocáfrica, é composta por uma diversidade baixa de Gastrópodes, Moluscos, Trilobitas e Braquiópodes (*Australocoelia*, *Australospirifer*, *Australostrophia*, *Iridistrophia*, *Meristelloides*, *Derbyina*, *Lingula* e *Orbiculoidea*). Na Bacia do Paraná (Centro-Sul brasileiro) a fauna devoniana está retratada na Formação Ponta Grossa, já na Bacia do Parnaíba (Norte-Nordeste brasileiro) a fauna ocorre pontualmente, justamente devido às condições paleoambientais e climáticas. No Devoniano Médio, as bacias do Paraná e Parnaíba, em resposta a subida do nível do mar, passaram por um período de mistura faunística, justificada pela ocorrência de *Tropicidoleptus carinatus* (espécie de mares equatoriais) no meio das faunas Malvinocáfricas da Bacia do Paraná. Com a finalidade de averiguar tais eventos de dispersão, foram levados em consideração os gêneros *Tropicidoleptus* e *Australocoelia*, sendo um oriundo de mares quentes e outro de mares frios, respectivamente. Análises morfofuncionais dos exemplares, levantamentos bibliográficos e trabalhos de campo indicaram que espécies de braquiópodes equatoriais não adentraram a Bacia do Paraná, restringindo-se apenas às regiões temperadas do Parnaíba, Amazonas e nas bacias Bolivianas (Madre de Dios e Tarija). No entanto, exemplares de *Australocoelia* foram identificados nas bacias do Parnaíba e do Amazonas, indicando que faunas de ambientes frios foram capazes de adentrar os ambientes tropicais. Assim, podemos inferir que as bacias do Paraná e Parnaíba estiverem conectadas durante o Devoniano Médio, no entanto a Bacia do Parnaíba funcionou como um ecótono para os braquiópodes, onde foram encontrados braquiópodes austrais e boreais.

PALAVRAS-CHAVE: Devoniano Médio, *Tropicidoleptus carinatus*, *Australocoelia*, Paleobiogeografia, Bacia do Paraná, Bacia do Parnaíba.

RIBEIRO, Victor Rodrigues. **Brachiopod Migratory Routes (Family Leptocoeliidae and Family Tropicidoleptidae) of the Devonian borders of the Paraná and Parnaíba basins.** 2020. 92 p. Dissertation (Academic Master in Biosciences). – São Paulo State University (UNESP), Faculty of Sciences and Letters, Assis, 2020

ABSTRACT

The distribution of continents in the Devonian was different from what we have today. The sedimentary basins that occupied the areas near Ecuador (e.g. Parnaíba, Amazonas, Solimões) hosted ecosystems with a big diversity of species. On the other hand, basins that occupied high latitude regions, such as Paraná Basin, hosted a colder water fauna. This fauna, formally named as Malvinokaffric Realm, is composed of a low diversity of Gastropods, Molluscs, Trilobites and Brachiopods (*Australocoelia*, *Australospirifer*, *Australostrophia*, *Iridistrophia*, *Meristelloides*, *Derbyina*, *Lingula* and *Orbiculoidea*). In the Paraná Basin (Center-South Brazil) the Devonian fauna is portrayed in the Ponta Grossa Formation, while in the Parnaíba Basin (North-Northeast Brazil) the fauna occurs punctually, precisely due to paleoenvironmental and climatic conditions. In the Middle Devonian, the Paraná and Parnaíba basins, in response to sea level rise, underwent a period of faunal mixing, justified by the occurrence of *Tropicidoleptus carinatus* (species from equatorial seas) in the middle of the Malvinokaffric faunas of the Paraná Basin. In order to investigate such dispersal events, the genera *Tropicidoleptus* and *Australocoelia* were taken into consideration, one from warm seas and one from cold seas, respectively. Morphofunctional analyzes of the specimens, bibliographic surveys and fieldwork indicated that species of equatorial brachiopods did not enter the Paraná Basin, but were restricted to the temperate regions of Parnaíba, Amazonas and Bolivian basins (Madre de Dios and Tarija). However, *Australocoelia* specimens were identified in the Parnaíba and Amazonas basins, indicating that cold environment faunas were able to enter tropical environments. Thus, we can infer that the Paraná and Parnaíba basins are connected during the Middle Devonian, however the Parnaíba Basin functioned as an ecotone for the brachiopods, where southern and boreal brachiopods were found.

KEYWORDS: Middle Devonian, *Tropicidoleptus carinatus*, *Australocoelia*, Paleobiogeography, Parana Basin, Parnaíba Basin.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Mapa esquemático dos continentes no Devoniano. PS: Polo sul geográfico aproximado e PN: Polo norte geográfico aproximado (adaptado de HABICHT, 1979; RAYMOND, 1987; MELO, 1988; GOLONKA, 1994; SCOTese <i>et al.</i> , 1999; DI PASQUO <i>et al.</i> , 2015).....	13
Figura 02: Mapa do Brasil com as principais bacias sedimentares onde ocorrem sequências devonianas, sendo; A: Bacia do Amazonas, B: Bacia do Parnaíba, C: Bacia do Parecis e D: Bacia do Paraná (adaptado de MELO, 1988).....	17
Figura 03: Mapa esquemático da área de ocorrência da bacia do Paraná (em cinza) com os afloramentos de idade Devoniano em destaque (áreas em preto) (adaptado de MELO, 1988).....	28
Figura 04: Estratigrafia da sub-bacia de Alto Garças ao longo dos estados de Mato Grosso - Goiás (adaptado de ANDRADE E CAMARÇO, 1980; MELO, 1988; GRAHN <i>et al.</i> , 2016).	31
Figura 05: Mapa esquemático da área de ocorrência da bacia do Parnaíba (em cinza) com os afloramentos Devonianos em destaque (áreas em preto) (adaptado de MELO, 1988).	33
Figura 06: Estratigrafia proposta para a do Parnaíba ao longo dos estados de Tocantins - Piauí (adaptado de KEGEL, 1953; GÓES E FEIJÓ, 1994).....	35
Figura 07: Principais estruturas morfofuncionais dos braquiópodes articulados.....	38
Figura 08: Meios de dispersão propostos por Simpson (1965).....	41
Figura 09: Processo de dispersão de dada espécie ao longo de uma área hipotética, acarretando na regra da progressão das espécies proposto por Henning (1966).....	42
Figura 10: Principais conceitos Pan-biogeográficos, onde podemos observar os centros de massa (tracejados), traço individual dos táxons distintos (círculos laranjas e rosas) conectados pelos critérios de mínima distância (linhas pontilhadas) e por fim, um nó biogeográfico representado pela linha contínua (adaptado de CRAW <i>et al.</i> , 1999).	43
Figura 11a: Mapa de localização da Seção Goiás, com seus respectivos pontos I, II e III.	45
Figura 11b: Mapa de local. da Seção Chapada, com respectivos pontos IV e V....	45

Figura 12: Mapa de locali da Seção Jaciara com os pontos VI, VII, VIII, IX.....	46
Figura 13: Mapas de localização das Seções; Taquaruçu - Fazenda Encantada (13b) e Novo Acordo (13a).	47
Figura 14: Perfis litológico da Seção Goiás.....	50
Figura 15: Perfis litológico da Seção Jaciara.....	52
Figura 16: Perfis litológico da Seção Taquaruçu-Fazenda Encantada.....	55
Figura 17: Perfis litológico da Novo Acordo.....	56
Figura 18: Localidade de ocorrências de <i>Tropidoleptus</i> pelo globo, com suas devidas idades.....	58
Figura 19: <i>Tropidoleptus carinatus</i> (Conrad, 1839). A: CCLP1201.1, molde interno da valva ventral mostrando forma geral, sulco marcado e pedínculo proeminente; B: CCLP1201.2, molde interno das valvas articuladas, costilhas, linhas de crescimento e o pedínculo em vista dorsal; C: CCLP1201.2, vista posterior do exemplar B, observa-se forma côncavo-convexa; D: CCLP1201.2, visão geral frontal do exemplar B; E: CCLP1202, molde interno ventral, contendo sulco bem marcado e o pedínculo protuberante; F: CCLP1199, molde externo dorsal, costelas e linhas de crescimento bem marcadas.....	59
Figura 20: Localidades de ocorrências família Leptocoeliidae com suas idades.....	61
Figura 21: <i>Australocoelia palmata</i> (Morris e Sharpe, 1846). A: CCLP1127, molde interno dorsal; B: CCLP1128, molde externo ventral, com o contorno da linha de comissura e costelas. C: CCLP1244, molde interno da valva braquial, onde pode-se observar as cicatrizes musculares internas. D: CCLP1239, molde externo da valva braquial. E: PJ-110a, molde externo valva braquial, observa-se costelas bem esparsas, linhas de crescimento e o contorno; F: PJ-110b, molde externo da valva pedicular, do exemplar E; G: PJ-137a, impressão externa da valva pedíncular, costelas, linhas de crescimento, o contorno arredondado e a linha da articulação reta.....	63
Figura 22: <i>Australocoelia tourteloti</i> (Morris e Sharpe, 1846). A: CCLP1195.3, molde externo, valvas articuladas em vista ventral, linha da charneira e comissura; B: CCLP1195.3, valva braquial exemplar A; C: CCLP1256, molde externo, valvas articuladas em vista ventral, linha da charneira e comissura; D: CCLP1195.2, molde externo das valvas articuladas em vista ventral, com linha da charneira e linha da	

comissura; **E:** CCLP1195.1, vista posterior com processo cardinal, interárea, linha da charneira e campo muscular; **F:** CCLP1195.2, molde externo das valvas articuladas em vista ventral, com linha da charneira e linha da comissura; **G:** CCLP1195.1, visão anterior da valva pedíncular com margem paraplicada serrada.....64

Figura 23: *Australocoelia tourteloti* (Morris e Sharpe, 1846). **A:** MP-02, visão da valva braquial, nota-se as costelas bem desenvolvidas e o formato da concha; **B:** MP-02, visão da valva pedicular do exemplar A; **C:** MP-02 vista anterior, margem paraplicada serrada; **D:** MP-03, visão da valva pedíncular **E:** MP-03, vista anterior, margem paraplicada serrada.65

Figura 24: Ocorrência das família Leptocoeliidae e Tropidoleptidae ao longo do Devoniano.....68

Figura 25: Correlações bioestratigráficas das porções devonianas das bacias do Paraná e Parnaíba.....72

Figura 26: Braquiópode apresentado por Derby (1895) como sendo *Tropidoleptus* (retirado e adaptado de KUNZLER, 2012), interpretado como Leptocoeliidae.....74

Figura 27: Rotas de dispersão da família Tropidoleptidae, tendo **A:** centro de dispersão, **B:** bacias europeias, **C:** bacias africanas, **D:** Bacia do Amazonas, **E:** bacias bolivianas, **F:** Bacia do Parnaíba, **G:** bacias venezuelanas, **H:** bacias norte-americanas, **I:** bacias pré-andinas (Chile e Argentina) e **J:** bacias sul-africanas. Setas vermelhas indicam Devoniano Inferior, setas azuis Devoniano Médio e as setas verdes o Devoniano Superior.....78

Figura 28: PanBiogeografia da família Leptocoeliidae.....79

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	19
3. ESTADO DA ARTE	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS	
4.1. GEOLOGIA DA BACIA DO PARANÁ	26
4.1.1. SUB-BACIA DE ALTO GARÇAS	29
4.2. GEOLOGIA DA BACIA DO PARNAÍBA	31
4.2.1. SEÇÕES DEVONIANAS	34
4.3. DEMAIS LOCALIDADES DEVONIANAS BRASILEIRAS	36
4.4. MORFOLOGIA SISTEMÁTICA DOS BRAQUIÓPODES DA FAMÍLIA TROPIDOLEPTIDAE	36
4.5. PALEOBIOGEOGRAFIA: CONCEITOS E MÉTODOS DE ANÁLISE	39
4.6. ÁREA DE ESTUDO	43
4.7. TRABALHO LABORATORIAL	47
5. RESULTADOS	
5.1. DADOS LITOESTRATIGRÁFICOS	49
5.2. DADOS FOSSILÍFEROS	57
5.3. MAPAS PALEOBIOGEOGRÁFICOS	66
6. DISCUSSÃO	
6.1. CORRELAÇÕES BIOESTRATIGRÁFICAS	69
6.2. CONEXÃO DAS BACIAS DO PARANÁ E PARNAÍBA	72
6.3. ROTAS DE DISPERSÃO	76
7. CONCLUSÃO	80

1. INTRODUÇÃO

Durante o Devoniano, a distribuição das massas continentais era diferente da atual, grandes massas de terra que compunham nosso globo estavam preferencialmente aglutinadas no Hemisfério Sul. Este grande continente chamado Gondwana (América do Sul, África, Antártida, Índia, Península Arábica, dentre outros terrenos) ocupava altas latitudes ao sul do paleo-Equador, próximo ao polo sul (Figura 01). Ao passo que no Hemisfério Norte o Devoniano iniciou-se com um grande processo de amalgamação entre, América do Norte, Eurásia Oriental e Ocidental, formando assim um vasto bloco continental (Euro-américa) próximo ao paleo-Equador (HABICHT, 1979; ROWLEY *et al.*, 1985; GOLONKA, 1994; SCOTSESE *et al.*, 1999; DI PASQUO *et al.*, 2009, 2015).

Devido essas vastidões de terra, os climas variavam pela Gondwana, entre localidades de clima frio, árido a quente. Diversas evidências geológicas indicam climas quentes e temperados pelo globo, tais quais red beds e corais no norte da Austrália, noroeste da África, noroeste da América do Sul e Europa central. Ocorrências de evaporitos marinhos na Sibéria e Austrália, bem como depósitos de carvão tem seus primeiros registros no Devoniano Inferior na Sibéria e Cazaquistão. Sugerindo assim um clima quente nas regiões circunvizinhas e ao norte de Gondwana, ao passo que as bacias intracratônicas e interiores de altas latitudes ao sul hospedavam mares e oceanos mais frios (HABICHT, 1979; ROWLEY *et al.*, 1985; RAYMOND, 1987).

As temperaturas nos mares de baixa latitude durante o Devoniano, sendo que durante o Lochkoviano as temperaturas variavam de 30°C a 32°C. Ao longo do Devoniano Inferior o globo passou por diversos resfriamentos, atingindo

temperaturas médias de 22°C nos mares equatoriais. Durante o Devoniano Médio e Superior o globo passou pelo processo reverso, um aquecimento global que gerou diversas extinções e dispersões (SCOTese *et al.*, 1999; JOACHIMSKI *et al.* 2009).

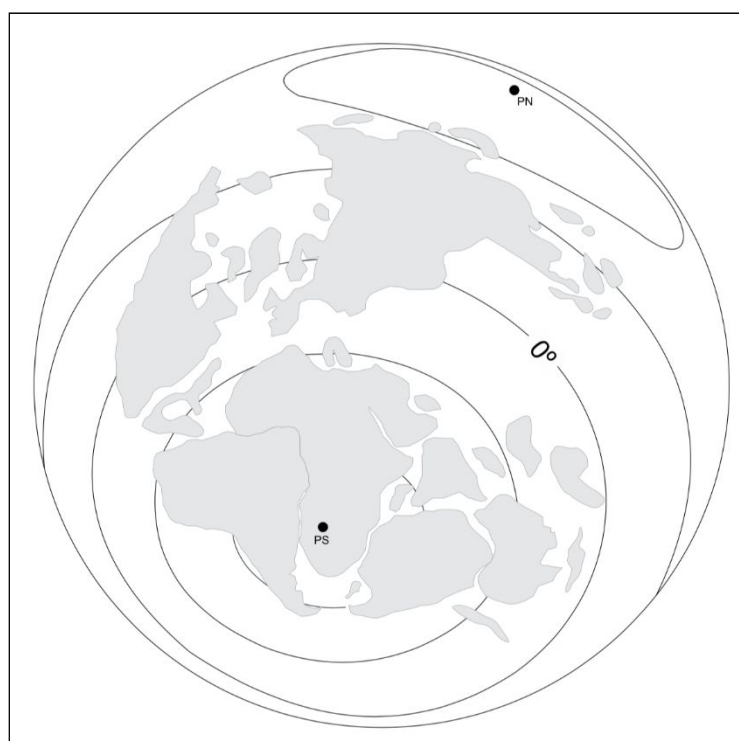


Figura 01: Mapa esquemático dos continentes no Devoniano. **PS:** Polo sul geográfico aproximado e **PN:** Polo norte geográfico aproximado (adaptado de HABICHT, 1979; RAYMOND, 1987; MELO, 1988; GOLONKA, 1994; SCOTese *et al.*, 1999; DI PASQUO *et al.*, 2015).

Nas bacias interiores da Gondwana, a transição do Siluriano para o Devoniano foi marcada por diversas pequenas extinções de alguns táxons ao passo que outros táxons foram capazes de se dispersarem, tomando aqueles nichos ecológicos que estavam em aberto (CHLUPÁC, 1994; BOUCOT, 1990).

Ao longo do Devoniano Inferior, às mudanças do nível do mar e as variações climáticas proporcionaram um crescimento na diversidade de alguns táxons, bem como o aparecimento de outros táxons. Estima-se que foi justamente neste contexto que a fauna marinha Malvinocáfrica tenha obtido um grande sucesso ao ocuparem

os mares de alta latitude ao sul da Gondwana (BOUCOT, 1990; CHLUPÁČ, 1994; SEDORKO *et al.*, 2019).

A fauna Malvinocáfrica consistia em um conjunto de táxons de água fria próximas do Polo Sul. Esta biota de alta latitude e altamente endêmica ocupava as bacias onde hoje são a Argentina (Bacia Tarija, Central e Oeste), Brasil (Bacia do Paraná), Bolívia (Bacia Tarija e Madre de Dios), Uruguai (Chaco), África do Sul (Bacia do Cabo) Ilhas Falklands, dentre outras localidades. Esta fauna Malvinocáfrica diferencia das faunas do Hemisfério Norte, onde prevalecem as faunas de água quente. As regiões de baixa latitude e de alta latitude ao norte hospedavam as chamadas faunas América Oriental (Bacia de Michigan, Apalaches e a Amazônia-Colômbia) e a fauna do Velho Mundo (norte da América, Ártico do Canadá, Sibéria, Ártico canadense, Cazaquistão e China) (HABICHT, 1979; ROWLEY *et al.*, 1985; RAYMOND, 1987; WALLISER, 1996; SCOTese *et al.*, 1999; PENN-CLARKE *et al.*, 2018; PENN-CLARKE, 2019; DOWDING E EBACH, 2019).

A passagem do Devoniano Inferior para o Médio foi marcado por um aquecimento global, comprovado pela formação de diversas plataformas carbonáticas e recifes de corais, crescente ocorrência e volume de evaporitos, crescimento na diversidade e cosmopolitismo das faunas marinhas em localidade de baixa latitude, além dos poucos depósitos glaciais (ELRICK *et al.*, 2009). Este aquecimento global refletiu nos ecossistemas, todavia devemos levar em consideração que foi justamente durante o Devoniano Médio em que as plantas foram capazes de ocupar os ambientes terrestres (WALLISER, 1996).

Primeiramente, as plantas terrestres neste período foram capazes de desenvolver raízes, realizando o processo de retirada de nutrientes do solo e

alocando esses em ciclos biogeoquímicos, associados a intensificação nas taxas de intemperismo pedogênico, formação de novos solos e aumento de biomassa disponível. O que poderia ter gerado uma anoxia nas águas profundas, iniciada no Devoniano Médio e levado a extinção de diversos táxons bentônicos (ALGEO E SCHECKLER, 1998; RETALLACK E HUANG, 2011; DI PASQUO *et al.*, 2015)

Outro evento de extinção do Devoniano Médio de extrema importância para as faunas marinhas da Gondwana sul foi o Evento KAČÁK. Originalmente identificado na Europa por meio de inconstâncias taxonômicas, tendo uma causa ainda difícil de ser definida. O aumento relativamente rápido do gradiente climático em escala global, os grandes eventos regressivos-transgressivos e as variações eustáticas globais provavelmente provocaram na extinção do Reino Malvinocáfrica, paralelamente a extinções seletivas nas regiões equatoriais (BOUCOT, 1990; CHLUPÁČ, 1994; PENN-CLARKE *et al.*, 2018; PENN-CLARKE, 2019).

No Devoniano Superior, as extinções continuaram de maneira gradual, as altas taxas de sepultamento de carbono orgânico oriundo das plantas, associado a mudanças eustática do nível do mar resultaram num resfriamento global. Amplas glaciações ocorreram ao sul de Gondwana, registrados na Bolívia, Brasil, Peru, Antártida e África, acarretando nas extinções finais de elementos faunísticos malvinocáfricos (MCGHEE, 1990; THOMPSON E NEWTON, 1988; ELRICK *et al.*, 2009; GHILARDI *et al.*, 2011; DOWDING E EBACH, 2019).

No Brasil, o Devoniano ocorre em diversas localidades (Figura 02), rochas estas que podem ser encontradas no Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás na chamada Bacia do Paraná. Também no Mato Grosso, em comunhão com Rondônia, ocorre outra bacia com rochas devonianas, nomeada Bacia do Parecis.

Nos estados de Tocantins, Pará, Piauí e Maranhão o Devoniano ocorre na Bacia do Parnaíba, e por fim, no Pará temos a Bacia do Amazonas (MELO, 1988).

A Bacia do Paraná naquela época ocupava regiões de alta latitude, inferiores a 60°S aproximadamente. Já as bacias do Parnaíba e do Amazonas ocupavam regiões temperadas. Estas disparidades geográficas acarretaram em ecossistemas distintos, levando em consideração que as diferenças climáticas foram fundamentais para o estabelecimento das faunas nestas localidades ao longo do Devoniano, as diferenças paleoambientais nestas localidades eram bastante distintas (HABICHT, 1979; ROWLEY *et al.*, 1985; RAYMOND, 1987; BOUCOT, 1990; TORSVIK E COCKS, 2017).

Os mares da Bacia do Parnaíba possuíam uma diversidade biológica alta de braquiópodes, com diversas ocorrências confirmando tal diversidade. No estado do Piauí, são descritos *Tropidoleptus carinatus*, além de exemplares de *Mucrospirifer*, *Australocoelia palmata*, Lingulídeos, *Pustulatia* sp., *Derbyina* sp., *Australospirifer* sp., *Chonetes* sp., *Orbiculoidea* sp. (FONSECA E MELO, 1987). Por outro lado, a Bacia do Paraná possuía uma diversidade faunística bem menor de braquiópodes, justamente pois estava posicionada em altas latitudes. Apesar da grande quantidade de trabalhos realizados no devoniano da bacia, a diversidade não se apresenta, comparativamente, alta em nenhuma idade (CLARKE, 1913; BOUCOT, 1971; MELO, 1988; GHILARDI, 2004; CARBONARO E GHILARDI, 2016).

A associação de invertebrados marinhos do Devoniano possui um grau de endemismo elevado, fazendo com que a fauna Malvinocáfrica seja facilmente distinguível, caracterizada por braquiópodes do gênero *Australocoelia*, *Australospirifer*, *Australostrophia*, *Iridistrophia*, *Meristelloides*, *Derbyina*, *Lingula* e

Orbiculoidea, além de moluscos, gastrópodes, bivalves, *Tentaculites* e alguns crinoides (BOUCOT *et al.*, 1971; QUADROS, 1987; ANDRADE E CAMARÇO, 1980; MELO, 1988; SIMÕES E GHILARDI, 2000; BOSETTI *et al.*, 2007; GRAHN *et al.*, 2010; CARBONARO E GHILARDI, 2016).

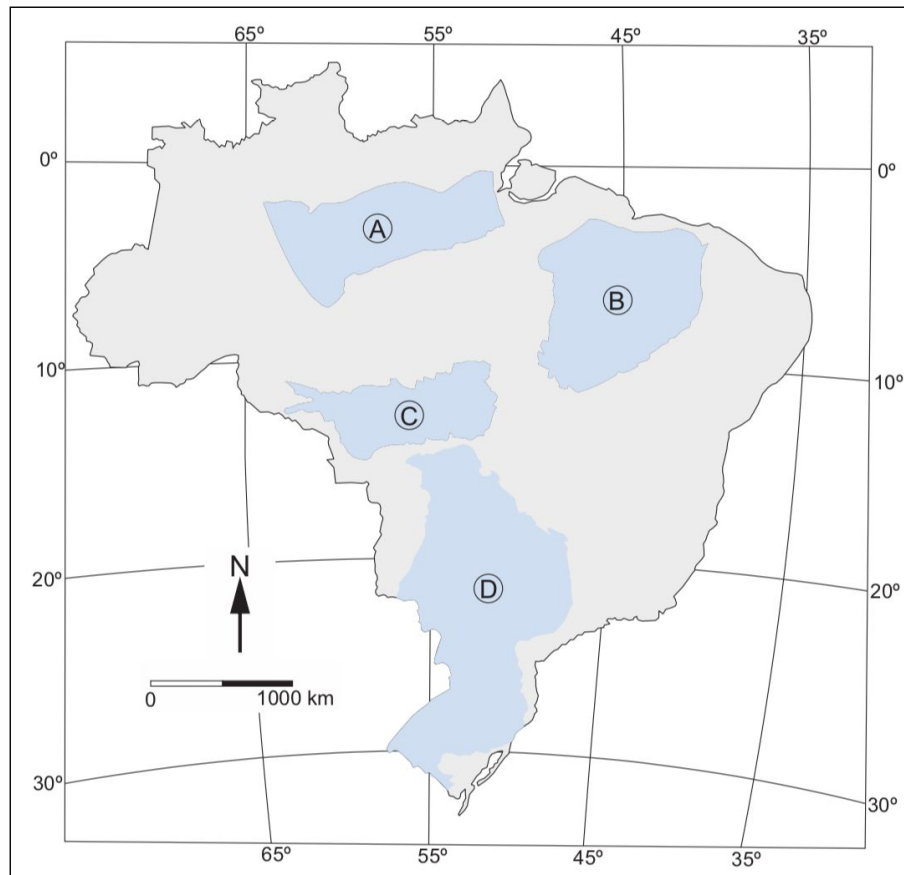


Figura 02: Mapa do Brasil com as principais bacias sedimentares onde ocorrem seqüências Devonianas, sendo; **A:** Bacia do Amazonas, **B:** Bacia do Parnaíba, **C:** Bacia do Parecis e **D:** Bacia do Paraná (adaptado de MELO, 1988).

Derby (1895), Clarke (1913), Roxo (1937), Caster (1947, 1952), Boucot (1971), Cooper (1977), Melo (1988) e Grahn *et al.* (2016) sugeriram que durante o Devoniano Médio, as bacias do Paraná (hospedeira de faunas polares frias) e Parnaíba (hospedeira de faunas equatoriais quentes) tenham se interligado, propiciando a entrada de braquiópodes equatoriais na Bacia do Paraná. Hipótese

essa inicialmente sustentada pela ocorrência de um exemplar de *Tropidoleptus carinatus* na região de Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, flanco noroeste da Bacia do Paraná.

Existem estudos com outros táxons malvinocáfricos (SCHEFFLER, 2010; BOSETTI *et al.*, 2011; GHILARDI *et al.*, 2011; CARBONARO *et al.*, 2018), no entanto, poucos estudos foram realizados acerca dos braquiópodes e sua distribuição/dispersão durante o Devoniano Médio na América do Sul. Não obstante, a hipótese da incursão de braquiópodes equatoriais na Bacia do Parana deve ser revisada por meio da análise sistemática e paleobiogeográfica, levando-se em conta as condições paleoambientais e paleoclimatológicas do período estudado.

2. OBJETIVOS

Durante o Devoniano, as faunas de braquiópodes nas bacias marginais e intracratônicas de Gondwana passaram por processos de dispersão em resposta às mudanças climáticas globais. A Bacia do Paraná, ocupava regiões próximas ao polo sul geográfico, hospedando faunas típicas malvinocáfricas (HABICHT, 1979; ROWLEY *et al.*, 1985; RAYMOND, 1987; WALLISER, 1996; SCOTese *et al.*, 1999; PENN-CLARKE *et al.*, 2018; PENN-CLARKE, 2019; DOWDING E EBACH, 2019).

Como o Devoniano Médio foi marcado por grandes alterações ecológicas, eustáticas do nível do mar fizeram com que faunas de braquiópodes equatoriais foram capazes de conquistar a Bacia do Paraná por meio da Bacia do Parnaíba, representada pela ocorrência de um exemplar de *Tropidoleptus carinatus* no Mato Grosso (DERBY, 1895; CLARKE, 1913; ROXO, 1937; CASTER, 1947 e 1952; BOUCOT, 1971; COOPER, 1977; MELO, 1988; GRAHN *et al.*, 2016; DOWDING E EBACH, 2019). Deste modo este trabalho objetiva:

1. Avaliar a autenticidade da descrição realizada por Derby (1895), afim de averiguar a veracidade da ocorrência de braquiópodes extra-malvinocáfrica (*Tropidoleptus*) na Bacia do Paraná;
2. Aferir as ocorrências de espécies da família Tropidoleptus;
3. Paralelamente, aferir as ocorrências de braquiópodes da família Leptocoeliidae, táxon típico malvinocáfrico, o qual tem uma distribuição paleogeográfica conhecida pelo globo;
4. Propor centros de dispersão e as rotas de dispersão na América do Sul ao longo do Devoniano para os táxons, Tropidoleptidae e Leptocoeliidae;
5. Avaliar se as Bacias do Paraná e Parnaíba funcionaram como ecótonos durante o Devoniano para os braquiópodes em questão.

3. ESTADO DA ARTE

Em meados de 1870 o Brasil recebeu a Expedição Morgan, expedição norte americana de cunho científico que teve com área de pesquisa as regiões do baixo Amazonas. Durante esta expedição, o Professor Hartt descreveu diversos fósseis, identificando assim os primeiros pacotes Devonianos na região. Foi justamente nesta expedição que pela primeira vez um espécime de *Tropidoleptus* foi descrito em uma bacia sedimentar brasileira, a identificação foi realizada à partir de alguns exemplares coletados no atual município de Monte Alegre, estado do Pará (RATHBUN, 1874).

Derby (1895) em um segundo momento, descreveu uma grande variedade de fósseis oriundos de Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, todos dentro do contexto geológico Devoniano da Bacia do Paraná. Dentre o material coletado estaria um exemplar único de *Tropidoleptus carinatus*, no entanto os caracteres específicos para a identificação eram bastante pobres, não se comprometendo a nomear a espécie de forma definitiva.

Durante a presidência do Dr. Orville A. Derby no Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil entre os anos de 1910 e 1920, uma extensa revisão taxonômica foi realizada nos fósseis devonianos da Bacia do Paraná, materiais oriundos de diversas localidades do estado do Paraná e de Mato Grosso foram reclassificados. Este grande projeto resultou em um trabalho nomeado por Clarke (1913) de “Fósseis Devonianos do Paraná”. Espécimes de *Tropidoleptus* são citados em diversos momentos ao longo da obra, vale ressaltar que Clarke, sob orientação de Derby, realizou uma breve revisão dos fósseis coletados em Chapada dos Guimarães (Sant’Anna da Chapada), Mato Grosso, sugerindo que o espécime

anteriormente chamado de *Tropidoleptus* (DERBY, 1895) seria na verdade uma *Leptocoelia*, restringindo a ocorrência de *Tropidoleptus* na América do Sul apenas na Bolívia e na Bacia do Amazonas.

Kartzer (1933) descreveu alguns exemplares de *Tropidoleptus carinatus* durante suas expedições no baixo Amazonas. Na ocasião o autor fez uma breve correlação das rochas descritas por ele na região de Ererê com as rochas do Grupo Hamilton da América do Norte, sugerindo que durante o Devoniano Médio uma migração faunística tenha ocorrido, das faunas norte americanas para a Bacia Amazônica.

Roxo (1937) realizou trabalhos paleontológicos na região de Sant'Anna da Chapada (Chapada dos Guimarães-Mato Grosso), onde foram descritos braquiópodes do tipo *Derbyina whithiorum*, *Leptocoelia flabellites*, *Chonetes falklandicus*, *Leptostrophia? mesembria*, *Orbiculoidea baini*, além de *Lingulídeos* nos mesmos arenitos estudados por Derby anteriormente.

A problemática sobre a ocorrência de *Tropidoleptus* retornou quando Caster (1947a) reafirmou que o gênero ocorreria na região mato-grossense e ainda nomeou essa associação de fósseis de "fauna de Smith e Derby". Em Dezembro do mesmo ano Caster (1947b), durante o encontro da Sociedade Norte-Americana de Geologia em Ottawa, apresentou um breve trabalho sobre a região de Chapada dos Guimarães. Neste, são definidas três sucessões fossilíferas, um folhelho basal onde ocorreria *Leptocoelia*, um arenito intermediário com *Leptocoelia* e *Tropidoleptus* e uma terceira sucessão onde retornariam folhelhos com abundância em *Leptocoelia* associados a outros espécimes provenientes de bacias andinas (os quais não são nomeados na obra). Por fim, Caster (1952) informou que a coleção primordialmente

identificada por Derby (1895) e posteriormente reavaliada por Clarke (1913) desapareceu sendo que nenhum registro visual (foto ou desenho) foi feito nos exemplares das coleções, nem mesmo informando em qual coleção científica o material estaria depositado.

Anos depois, Lange e Petri (1967) compilaram diversos dados a fim de definir uma estratigrafia para o Devoniano da Bacia do Paraná. O espécime de *Tropidoleptus carinatus* voltou a tona, no entanto nenhum exemplar novo e foi apresentado, apenas aquele preteritamente avaliado por Derby (1895), e Caster (1947a, b). Numa breve análise paleoclimática da Bacia do Paraná, Lange e Petri (1967) não citam o gênero *Tropidoleptus*, reforçando assim a interpretação de que a fauna presente nesta bacia seria autóctone sendo divergentes das faunas boreais norte-americanas.

Boucot (1971) determinou os espécies-tipo componentes da Fauna Malvinocáfrica, sendo elas; *Lingula*, *Notiochonetes*, *Australospirifer* e *Eocoelia*. Considerando apenas as ocorrências de *Tropidoleptus* da Bolívia, na Formação Huamampampa, correlacionando-a com o Grupo Hamilton, nos Estados Unidos.

Os braquiópodes devonianos da Bacia do Amazonas voltaram a ser estudados por Carvalho (1972), sistematizando diversas amostras depositadas no Museu Nacional do Rio de Janeiro e do Museu Emílio Goeldi no Pará. Dezesseis exemplares de *Tropidoleptus carinatus*. Foram descritos oito valvas dorsais e oito valvas ventrais, todos oriundos das formações Maecuru, Ererê e Curuá.

Em seguida, Isaacson (1975) realizou um trabalho no devoniano da Bolívia (Bacia Tarija), evidenciando diversos sítios fossilíferos com ocorrência de espécies de *Tropidoleptus* na Formação Huamampampa. Dentre as considerações

paleobiogeográficas, as faunas devonianas bolivianas foram relacionadas às faunas da Bacia do Amazonas apresentadas originalmente por Rathbun (1874).

Cooper (1977) propõe mudanças na paleobiogeografia para a Bacia do Paraná. No início do Devoniano a bacia continha uma configuração geográfica mais restrita, possuindo correlações apenas com o Uruguai, Bolívia e Paraguai. No entanto, ao longo do Devoniano Médio adquiriu uma conexão com a Bacia do Parnaíba, justificada pela ocorrência de *Tropidoleptus* na região de Mato Grosso, corroborando à Caster (1947a, b, 1952).

Para Cooper (1977), as faunas devonianas da Bacia do Paraná são autóctones, possuindo pouca similaridade com as faunas das bacias da Bolívia (Bacia de Madre de Dios e Tarija), Argentina (Bacia Central, Ocidental e Tarija) e Paraguai (Bacia do Chaco) e nenhuma similaridade com as bacias do Amazonas, Parnaíba e Tucano-Jatobá. Justificado pela ausência de *Australocoelia*, braquiópode típico Malvinocáfrico, nestas bacias. No mesmo ano, Isaacson e Perry (1977) definiram rotas de dispersão dos *Tropidoleptus*, alocaram o centro de dispersão do táxon nas bacias canadenses e chegaram na Bacia do Amazonas apenas no Devoniano Médio, corroborando à Rathbun (1874) e Katzer (1933).

Apenas no trabalho de Fonseca e Melo (1987) a Bacia do Parnaíba ganhou grande destaque quanto ao seu conteúdo fossilífero. Na sua porção oriental, região de Itainópolis, Picos e Pimenteira no Piauí, foram descritas 37 impressões de valvas pediculares e braquiaais de *Tropidoleptus* e alguns exemplares de *Australocoelia*. Indicando assim, uma mistura de faunas durante o Devoniano Médio, sendo uma delas oriunda da Canadá-Europa e a outra Malvinocáfrica da Bacia do Paraná.

Isaacson (1975) tornou a explorar a América do Sul, desta vez nas bacias chilenas e bolivianas, foram descritos exemplares de *Tropidoleptus carinatus*, *Australocoelia palmata* e *Derbyina* sp., sendo que nas rochas bolivianas a abundância de *Tropidoleptus* é alta. A ocorrência de *Australocoelia* associados a *Tropidoleptus* seria uma ocorrência bastante peculiar, pois seria a uma localidade onde as misturas destas faunas estaria bem caracterizada, quando comparada as demais faunas devonianas da América do Sul. Por fim, sugere-se que as conexões marinhas deram-se entre as bacias litorâneas devonianas, tendo como vetor de dispersão a bacia boliviana para Pré-Cordilheira Argentina.

Melo (1985, 1988) reafirmou a presença de *Tropidoleptus* nas rochas da Formação Pimenteira da Bacia do Parnaíba, ao passo que na Bacia do Paraná foram identificados espécimes de *Australocoelia* e cita a ocorrência de *Tropidoleptus* feita anteriormente por Derby (1895) e Caster (1947a, b; 1952). Por outro lado, Camarço e Souza Jr. (1986) realizaram seus trabalhos na borda norte da Bacia do Paraná e ao apresentarem a estratigrafia e suas associações fossilíferas não citam a ocorrência de espécies do gênero *Tropidoleptus*, apenas espécimes típicas da Bacia do Paraná, tal qual *Australocoelia*. Melo (1988) atribuiu idade Givetiana para os pacotes da Bacia do Paraná, além de hipotetizar que a conexão entre as bacias bolivianas e brasileiras teria se estendido do Emsiano ao Givetiano.

Com a expansão dos trabalhos geológicos e paleontológicos no Brasil. Boucot *et al.* (2001) apresentaram novas localidades fossilíferas, desta vez na Bacia do Parecis. Neste, foram identificados espécies do gênero *Australocoelia* na região do Morro Vermelho e Morro do Índio, no estado de Mato Grosso.

Santos e Carvalho (2004) apresentaram um extenso relatório paleontológico sobre as bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís. Exemplares do gênero *Tropidoleptus* foram encontrados associados a exemplares malvinocáfricos (em especial *Australocoelia*) na região de Oitis e Itainópolis, no estado do Piauí, atribuídos a Formação Pimenteira de idade Neo-Eifeliano.

Ainda na Bacia do Parnaíba, Gama Jr. (2008) fez os primeiros registros de *Tropidoleptus carinatus* na porção oeste da bacia, a partir de coletas realizadas nos arredores de Palmas, no Tocantins. Foram descritos seis valvas dorsais e oito valvas ventrais associadas a alguns exemplares de *Australocoelia*.

Kunzler (2012) fez um extenso resgate histórico dos braquiópodes oriundos do estado de Mato Grosso depositados no Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro. A autora além de citar aquelas localidades fossilíferas primordialmente exploradas por Derby em 1895, também expôs fotografias, incluindo a imagem do exemplar de *Tropidoleptus carinatus* identificada por Clarke (1913).

Torsvik e Cocks (2017) propuseram uma evolução paleocontinental para o Devoniano, no início do período as faunas malvinocáfricas estariam restritas na Bacia do Paraná, além das bacias do Uruguai, Bolívia, Chile e Peru. Já no fim do Devoniano as temperaturas teriam caído bruscamente, o que impossibilitaria a migração de gêneros equatoriais/tropicais para as áreas de alta latitude. Para estes, no início do Devoniano as bacias do Parnaíba, Amazonas e Solimões eram conectadas com as bacias Pré-Cordilheira (Peru e Bolívia), que por sua vez estariam conectadas as bacias do Paraná e sul-Africanas. No final do período, uma conexão direta teria se estabelecido entre as bacias do Paraná e do Parnaíba.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. GEOLOGIA DA BACIA DO PARANÁ

A Bacia do Paraná ocupa geograficamente o centro-sul do Brasil, além de ocorrer no Paraguai, na Argentina e no Uruguai; tem um formato ovalado com aproximadamente 1,5 milhões de quilômetros quadrados e afloramentos nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Esta bacia possui pacotes de rochas sedimentares e rochas magmáticas com espessura aproximada de 7 mil metros (MILANI *et al.*, 2007).

Os pacotes rochosos são subdivididos distintamente por discordâncias erosivas temporais, Milani (1997) nomeia cada um destes espessos pacotes de Supersequências, sendo elas da base para o topo: Supersequência Rio Ivaí de idade Ordoviciano/Siluriano, Supersequência Paraná de idade Siluro/Devoniana, Supersequência Gondwana I do Permiano, Supersequência Gondwana II do Carbonífero, Supersequência Gondwana III e Supersequência Bauru do Cretáceo.

A Supersequência Rio Ivaí, tem contato direto com as rochas do embasamento da bacia, Assine *et al.* (1994) descreveu três formações para essa supersequência: Formação Alto Garças com espessura aproximada de 300m e rochas representando um ambiente fluvial, costeiro, plataformar onde foram depositados arenitos conglomeráticos com estratificações cruzadas, conglomerados quartzosos e pelitos avermelhados; Formação Iapó, quando uma vasta glaciação toma conta da bacia, possibilitando assim, a deposição de diamictitos polimícticos; e no topo a Formação Vila Maria com folhelhos amarronzados, arenitos finos e arenitos grossos provenientes de plataformas continentais rasas e distais.

Discordantemente à Supersequência Rio Ivaí está a Supersequência Paraná, classicamente descrita com duas formações, sendo elas: Formação Furnas e Formação Ponta Grossa no topo, ambas as formações ocorrem em diversas porções da bacia. O paleoambiente da Formação Furnas é de um sistema de deltas formados por rios entrelaçados, onde ondas, marés e organismos trabalhavam sedimentos (ASSINE *et al.*, 1994). Já a Formação Ponta Grossa provém de um ambiente plataformar, tanto raso quando distal, onde folhelhos cinza escuro-negros, siltitos, argilitos e arenitos finos se depositaram (MILANI *et al.*, 2007) (Figura 03).

A Supersequência Gondwana I possui rochas relacionadas aos eventos de glaciação do final do Carbonífero. França e Potter (1988) descreveram o Grupo Itararé, composto por rochas que caracterizam ambientes glaciais, peri-glaciais e glacio-marinho; sucedendo o período de glaciação está o Grupo Guatá, caracterizada por pelitos de ambiente marinho, arenitos finos, siltitos intercalados a camadas de carvão (CASTRO, 1991). No topo desta Supersequência está o Grupo Passa Dois, a base do pacote é caracterizado por uma evolução significativa da bacia, onde são descritos espessas camadas de folhelhos betuminosos intercalados com carbonatos, no entanto essa bacia oceânica é completamente fechada e as sobrepostas rochas são terrígenas, de origem eólica, fluvial e lagunar continental.

A Supersequência Gondwana II, ou Grupo Rosário do Sul, é individualizado em Formação Sanga do Cabral (sendo seu paleoambiente um sistema fluvial efêmero em uma planície aluvial), Formação Santa Maria (depositada por um sistema continental flúvio-lacustre), Formação Caturrita (representada por um sistema flúvio-deltaico) e por fim a Formação Guará (sistema flúvio-eólico) ao topo (ANDREIS *et al.*, 1980).

Discordante aos pacotes inferiores, a Supersequência Gondwana III possui duas formações, sendo a inferior denominada Formação Botucatu, descrita como arenitos finos a médios com estratificações cruzadas de grande porte, características de um ambiente desértico eólico (ALMEIDA E MELO, 1981), capeada por basaltos que se estendem de norte a sul da bacia, denominada Formação Serra Geral, estes basaltos evidenciam a abertura do oceano Atlântico (RENNE *et al.*, 1992).



Figura 03: Mapa esquemático da área de ocorrência da bacia do Paraná (em cinza) com os afloramentos de idade Devoniano em destaque (áreas em preto) (adaptado de MELO, 1988).

Por fim, a Supersequência Bauru têm idade do final do Cretáceo, Fernandes e Coimbra (1994) fizeram uma revisão e mantiveram dois grupos crono-correlatos para estas rochas, caracterizando um ambiente eólico, denominado de grupo Caiuá e um ambiente semi-árido e desértico, sendo chamado de Grupo Bauru.

4.1.1. SUB-BACIA DE ALTO GARÇAS

Derby (1878) foi um pioneiro nos estudos acerca das rochas e fósseis devonianos da Bacia do Paraná, foi ele o primeiro a descrever os arenitos da Formação Furnas e siltitos da Formação Ponta Grossa, à oeste de Curitiba. Posteriormente, Derby (1895) descreveu uma considerável quantidade de fósseis oriundos do estado de Mato Grosso. Moluscos, tentaculites e braquiópodes, e trilobitas foram descritos, no entanto sua identificação foi precária, pois a qualidade de preservação dos fósseis era muito baixa.

As rochas aflorantes datadas do Devoniano na Bacia do Paraná ocorrem em diversas localidades do centro-sul brasileiro. Nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e de Mato Grosso estas ocorrem em diversas faixas da sub-bacia de Alto Garças, no estado do Paraná rochas desta idade são costumeiras a sub-bacia de Apucarana. Ambas sub-bacias permaneceram unificadas durante o Devoniano, no entanto, devido taxas de subsidência e soerguimento diferentes em toda a plataforma sul-americana, neste período a Bacia do Paraná obteve uma variação lateral significativa entre as regiões ao norte e ao sul da bacia (RAMOS, 1970).

O primeiro trabalho com a finalidade de organizar a estratigrafia da sub-bacia de Alto Garças foi Andrade e Camarço (1978), na ocasião foram retratados afloramentos rochosos das formações Furnas e Ponta Grossa na região leste de Iporá-Amorinópolis, no estado de Goiás. No entanto, apenas poucos anos depois Andrade e Camarço (1980) propõem uma estratigrafia para sub-Bacia Alto Garças, à partir de um compilado de dados provenientes de poços perfurados e afloramentos nos estados de Mato Grosso e Goiás.

Para Andrade e Camarço (1980) a Formação Furnas ocorre em toda a extensão da sub-bacia, já a Formação Ponta Grossa possui três membros: Membro Inferior, com predominância de pelitos e arenitos provenientes de um ambiente marinho; Membro Médio, ocorrendo apenas na borda norte da bacia (estado de Goiás) definido como arenitos avermelhados grossos de um sistema de canal. A medida que se desloca para a borda nordeste (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), o Membro Inferior estaria em contato direto com o membro superior o qual, por sua vez, estaria cobrindo toda a bacia, caracterizados como uma grande parassequência granodecrescente de arenitos finos gradando para folhelhos cinza escuros.

Posteriormente, Melo (1988) propõe a utilização de uma nomenclatura para a sub-Bacia Alto Garças que vai de concordância com a proposta por Andrade e Camarço (1980), no entanto as rochas devonianas estariam dentro do grupo chamado de Chapada, e a Formação Furnas foi denominada de Unidade 1, o Membro Inferior da Formação Ponta Grossa de Unidade 2, o Membro Médio de Unidade 3 e o Membro Superior de Unidade 4 (Figura 04).

Por fim, Grahn *et al.* (2010), à partir de análises palinológicas de diversos pontos nos estados de Goiás e Mato Grosso, delimitam idades para as unidades, sendo elas da base para o topo: Unidade 1, Lochkoviano; Unidade 2, final do Praguiano e começo do Emsiano; Unidade 2 e 3 Eifeliano e Unidade 4, Givetiano e Frasniano.

			Sub-Bacia de Alto Garças	
			MT	GO
DEVONIANO	SUPERIOR	Famenniano		
		Frasniano		
	MÉDIO	Givetiano	?	
		Eifeliano	Chapada Grupo - Unidade 4	
	INFERIOR	Emsiano	Chapada Grupo - Unidade 2	Chapada Grupo - Unidade 3
		Pragian		
		Lochkoviano	?	
			Chapada Grupo - Unidade 1	

Figura 04: Estratigrafia da sub-bacia de Alto Garças ao longo dos estados de Mato Grosso - Goiás (adaptado de ANDRADE E CAMARÇO, 1980; MELO, 1988; GRAHN *et al.*, 2016).

4.2. GEOLOGIA DA BACIA DO PARNAÍBA

A Bacia do Parnaíba está geograficamente localizada no norte e nordeste brasileiro, ocupando estados brasileiros tais quais, Maranhão, Tocantins, Pará e Piauí. Vaz *et al.* (2007) descreveram que a bacia possui um espesso pacote sedimentar de aproximadamente 3.500 m de espessura de rochas ígneas e sedimentares com idades que vão desde o Cambriano ao Cretáceo.

O embasamento da bacia é descrito com duas formações Formação Riachão (de idade NeoProterozóica) e Formação Jaibaras (de idade Cambro-Ordoviciano) ambas com pouca representatividade ao longo de toda bacia, no entanto, seriam de ambientes de ruptura da crosta, ou seja: suas gêneses estariam ligadas ao surgimento da Bacia do Parnaíba em si (OLIVEIRA E MOHRIAK, 2003).

As rochas que compõem a Bacia do Parnaíba, após seu embasamento supracitado, são subdivididas por intervalos temporais discordantes, sendo eles da base para o topo; uma supersequência de idade Siluriana, uma outra de

Mesodevoniana-Eocarbonífera, uma Neocarbonífera-Eotriássica e uma exclusivamente Jurássica, por fim, capeando a bacia uma supersequência de idade Cretácea (ALMEIDA E CARNEIRO,2004).

A Supersequência Siluriana, denominada Grupo Serra Grande, representa um grande ciclo transgressivo-regressivo completo que ocorreu em toda a bacia, subdivididas em três formações, sendo elas, da base para o topo, Formação Ipu, Formação Tianguá e Formação Jaicós (VAZ *et al.*, 2007). A Formação Ipu é composta por arenitos provenientes de ambientes glacio-fluviais e leques glaciais. A Formação Tianguá é constituída por rochas oriundas de uma plataforma rasa, representando a superfície de inundação máxima (SIM). Por fim, a Formação Jaicós apresenta arenitos depositados em sistemas fluviais entrelaçados, evidenciando assim a regressão marinha da bacia (GÓES E FEIJÓ, 1994).

Durante o Devoniano, a Bacia do Parnaíba foi tomada por ambientes marinhos, agrupados no Grupo Canindé, em quatro formações, da base para o topo, Formação Itaim, Pimenteira, Cabeças e Longá, capeadas discordantemente pela Formação Poti de idade Carbonífera. Suas áreas aflorantes ocorrem nos estados do Piauí (borda leste) e no estado do Tocantins (borda oeste), com espessuras variadas (ALMEIDA E CARNEIRO,2004) (Figura 05).

Segundo Vaz *et al.* (2007), o Grupo Balsas, de idade Neocarbonífera-Eotriássica, é composta por quatro formações distintas, sendo elas, da base para o topo, Formação Piauí (oriunda de depósitos de dunas eólicas, em um clima semi-árido e desértico), Formação Pedra de Fogo (rochas depositadas em ambientes marinho raso a litorâneo, sob influência de tempestades), Formação

Motuca (deposição em ambiente desértico associado a lagos), e, por fim, a Formação Sambaíba (exclusivamente desértico).

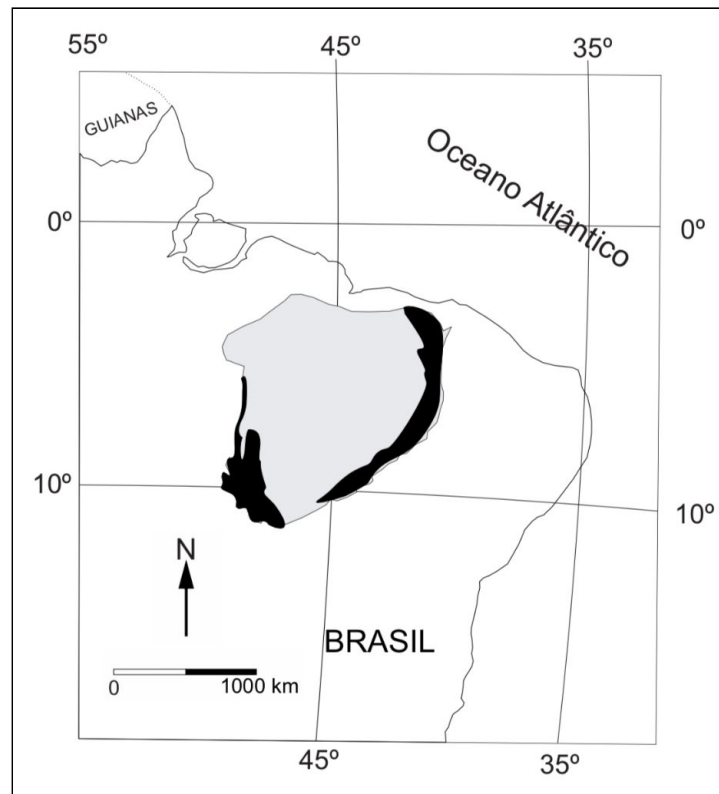


Figura 05: Mapa esquemático da área de ocorrência da bacia do Parnaíba (em cinza) com os afloramentos Devonianos em destaque (áreas em preto) (adaptado de MELO, 1988).

Durante o Jurássico eventos tectônicos tomaram conta da plataforma sul-americana acarretando em diversos magmatismos no Brasil, na Bacia do Parnaíba esses magmatismos estão evidenciados nas rochas básicas chamadas Formação Mosquito, que geraram um processo de subsidência termal na bacia, gerando espaço assim para deposição das rochas sobrepostas, a chamada Formação Pastos Bons, que por sua vez é oriunda de uma paleocontinente dotado de rios e lagos (CAPUTO E LIMA, 1984).

Por fim, com a abertura do Oceano Atlântico durante o Cretáceo outro evento ígneo ocorreu na Bacia do Parnaíba, nomeado de Formação Sardinha, sobrepondo estas rochas as formações crono-correlatas Corda, Grajaú e Codó, rochas provenientes de ambientes desértico, fluvio-deltaico e marinho raso, respectivamente. Capeando-as, encontra-se a Formação Itapecuru, oriunda de um ambiente estuarino-lacustre (ROSETTI *et al.*, 2001).

4.2.1. SEÇÕES DEVONIANAS

O Devoniano da Bacia do Parnaíba vem sendo alvo de estudos devido à potencialidade de presença de reservatório de hidrocarbonetos na mesma. Esses estudos acarretaram em uma organização estratigráfica para as rochas desta idade, sendo elas agrupadas no chamado Grupo Canindé, com as formações, da base para o topo, Itaim, Pimenteira, Cabeças, Longá e Poti.

Kegel (1953) foi o primeiro a descrever a Formação Itaim, no entanto ela era tida como um membro da Formação Pimenteira. Caputo e Lima (1984) atribui à formação idade Eo-Devoniana representando um paleoambiente deltaico. Em contraposição, Góes e Feijó (1994) atribuíram a idade Meso-Devoniana para a Formação Itaim e um paleoambiente marinho com correntes de marés e tempestades.

Small (1914) foi o primeiro a diferenciar a Formação Pimenteira, no entanto, foi Della Fávera (1990) quem a descreveu como ambiente marinho plataformar com grandes eventos transgressivos e regressivos durante o devoniano médio, conservando assim arenitos, folhelhos e siltitos com variedade fossilífera. A Formação Cabeças tem sua gênese em paleoambiente marinho dominado por

marés, com influência glacial no topo da unidade (CAPUTO E LIMA, 1984). Braquiópodes, Trilobitas e demais invertebrados são comuns nesta formação, possibilitando a determinação de idade Givetiana/Frasniana para a mesma (GÓES E FEIJÓ, 1994).

Albuquerque e Dequech (1946) fizeram a primeira descrição da Formação Longá, às margens do rio Longá em Campo Maior, no estado do Piauí. Posteriormente, Kegel (1953) sugere idade Neo-Devoniana para esta formação, sustentada pela fauna de invertebrados. Por fim, a Formação Poti tem idade Eo-Carbonífera inserida no Grupo Canindé. Segundo Della Fávera (1990), esta formação tem seu paleoambiente que varia de marinho na base a fluvio-deltaico na porção superior (Figura 06).

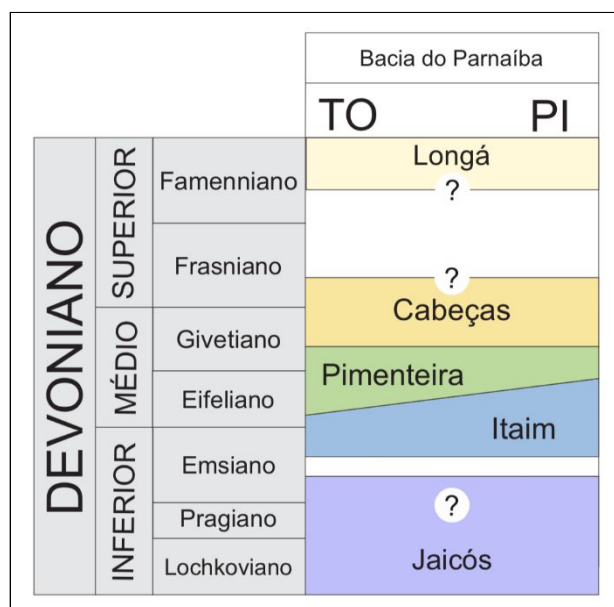


Figura 06: Estratigrafia proposta para a do Parnaíba ao longo dos estados de Tocantins - Piauí (adaptado de KEGEL, 1953; GÓES E FEIJÓ, 1994).

4.3. DEMAIS LOCALIDADES DEVONIANAS BRASILEIRAS

As bacias do Amazonas e Solimões são individualizadas pelo alto estrutural de Purus e ambas receberam aportes sedimentares durante o Devoniano. Ambas as bacias ocupam o norte brasileiro, ocupando grande parte dos estados do Pará e do Amazonas (SANTOS *et al.*, 2000).

Na Bacia do Solimões, as rochas devonianas estão inseridas no Grupo Marimari, subdividido em duas formações: Uerê, que contém as rochas de origem marinha, e Jandiatuba, que consiste em folhelhos pretos e diamictitos oriundos de glaciações. Já na Bacia do Amazonas, o devoniano ocorre nas rochas do Grupo Urupadi (Formação Maecuru e Formação Ererê) e no Grupo Curuá (Formação Barreirinha). Todas as rochas devonianas foram depositadas em plataformas rasas, propiciando a proliferação de faunas costeiras marinhas (CUNHA, 1986).

Por sua vez, a Bacia do Parecis, localizada no centro-oeste brasileiro, ocupa parte dos estados do Mato Grosso e Rondônia. Contudo, são poucos os trabalhos relacionados à bacia, não sendo possível, por hora, a correlação de seus litotipos com os das bacias do Paraná e Parnaíba. Ressalta-se ao trabalho de Silva *et al.* (2003) que consideraram que a Bacia do Parnaíba teria deposição das formações Furnas e Ponta Grossa.

4.4. MORFOLOGIA SISTEMÁTICA DOS BRAQUIÓPODES DA FAMÍLIA TROPIDOLEPTIDAE

A maioria dos braquiópodes articulados (incluindo as Famílias Leptocoeliidae e Tropidoleptidae) possuem estruturas morfofuncionais semelhantes. Primeiramente, deve-se salientar que cada uma das duas valvas é bilateralmente simétrica e

geralmente convexas, a concha dorsal (ou braquial) é menor e encaixa-se na concha ventral (ou pedicular) maior. A ornamentação com linhas de crescimento concêntricas podem ocorrer em ambas valvas. As duas valvas articulam-se ao longa da linha de articulação e é justamente a natureza da articulação que individualiza os braquiópodes em duas classes: Inarticulata e Articulata.

Nos inarticulados as valvas são unidas por meio de músculos e sua abertura ocorre por meio de uma retração dos mesmos. Já nos articulados, a valva ventral possui um par de dentes que se adaptam em encaixes opostos no lado inferior da linha da articulação da valva dorsal. A fixação dos braquiópodes ao substrato é feito por meio de uma extensão cilíndrica chamada de pedículo. Nos inarticulados esta estrutura é alongada e emerge na parte posterior do animal entre as suas valvas. Nos braquiópodes articulados o pedículo fixa-se no substrato rochoso ou sedimentar de maneira flexível (Figura 07).

O gênero *Tropidoleptus* foi identificado por Conrad (1839), na ocasião o autor descreve o espécime de maneira bastante simplória, apenas com características morfofuncionais externas da concha, sendo elas:

“Concha de perfil lateral plano-convexa ou côncavo-convexa, sendo que a valva ventral possui maior convexidade, já a valva dorsal geralmente é plana, com um sulco na região mediana, correspondendo a uma dobra na valva ventral. Linha da charneira reta corresponde a maior largura da concha, a projeção do bico se dá para além da linha da charneira e a largura da concha é maior que o seu comprimento. Na interárea ventral, deltírio tem formato triangular aberto, com altura inferior à base, além de ser bem desenvolvido”.

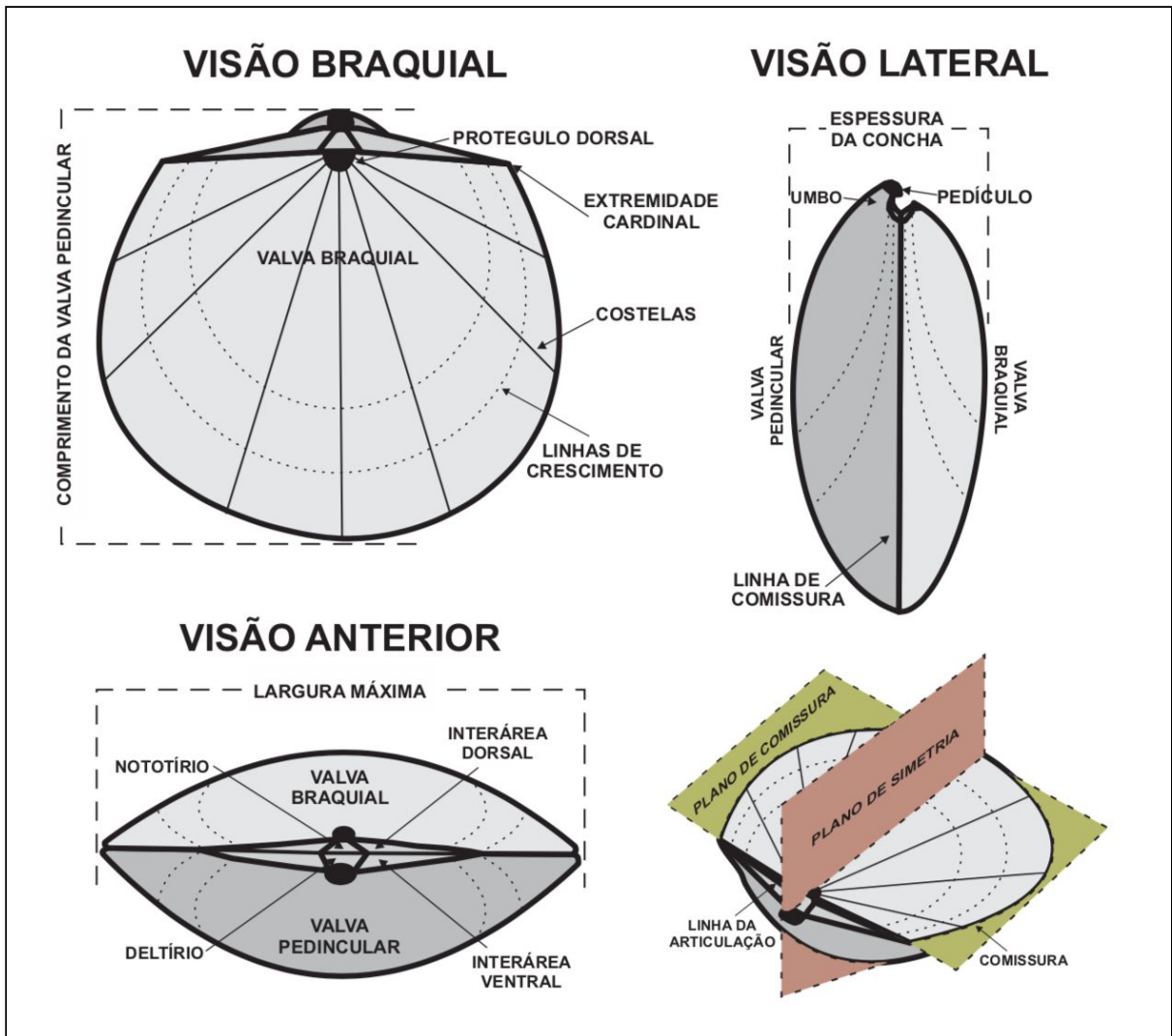


Figura 07: Principais estruturas morfofuncionais dos braquiópodes articulados.

Posteriormente Harper *et al.* (2010) traz uma diagnose mais completa do gênero *Tropidoleptus*, descrevendo as morfoestruturas externas com uma acurácia maior dos detalhes, sendo elas:

“Linha da articulação localizada perto do comprimento médio da valva possui uma largura igual ou menor que a maior largura da concha. A interárea ventral é ortoclínica, plana a ligeiramente curva com finas linhas de crescimento já a interárea dorsal é anaclina, baixa, quase linear. Nototírio é coberto por uma estrutura levemente arqueada, com linhas de crescimento, já o deltírio não é interrompido por qualquer

crescimento deltidial, no entanto preenchido pelo processo cardinal. O bico é relativamente pequeno, convexo e estende-se posteriormente a linha da charneira. O contorno da concha pode variar, no entanto na maioria das vezes é subquadrado e raramente possui as terminações cardinais arredondadas, dando o aspecto sub-oval ou subcircular. As margens da concha são arredondadas e a valva ventral é subcarinal e ligeiramente inclinada para as margens laterais e anterior. As costelas são radiais simples, surgindo no bico da concha, sendo mais largas que os espaços entre, e raramente são bifurcadas. Por fim, as ornamentações são concêntricas, mais ou menos desenvolvidas, com diversas linhas de crescimento e poucas lamelas imbricadas”.

4.5.PALEOBIOGEOGRAFIA: CONCEITOS E MÉTODOS DE ANÁLISE

Para a elaboração da paleobiogeografia dos braquiópodes (Famílias Leptocoeliidae e Tropicoleptidae) durante o Devoniano, devemos primeiramente compreender a biogeografia, ciência que é responsável pela reconstrução dos padrões de ocorrência dos seres vivos, fornecendo uma interpretação histórica para distribuição geográfica dos mesmos. Na paleobiogeografia esta definição será aplicada à fósseis, ou seja, por muitas vezes espécies que não fazem parte dos nossos ecossistemas e que podem não estar no registro paleontológico.

Para a paleobiogeografia devemos levar em consideração o tempo, o espaço e até mesmo eventos geológicos que podem afetar os ecossistemas. A ocorrência de um táxon em um certo local pode seguir padrões peculiares. Quando um táxon ocorre de maneira isolada ganha o nome de relíquia biogeográfica e quando ocorre em diversas áreas adquire o título de cosmopolita (GALLO E FIGUEIREDO, 2010).

Segundo Cabrera e Willink (1973) a área de distribuição de uma espécie, vem a ser a área ocupada por aquela população distribuindo-se pelo espaço geográfico, seguindo cinco princípios básicos, propostos por Morrone e Crisci (1995): **1-** grandes grupos surgem em centros de dispersão; **2-** um centro de dispersão pode ser delimitado por características definidas; **3-** os fósseis mais antigos são encontrados próximos aos centros de dispersão; **4-** as espécies evoluem e tendem a se dispersar para regiões mais distantes dos centros de dispersão; **5-** a dispersão de uma espécie vai até onde as condições físicas permitem.

A dispersão de uma espécie ocorre por meios de corredores, filtros e páreos. Segundo Simpson (1965), o sistema de **corredores** ocorre quando duas áreas distintas ao se conectar terão suas condições físico-químicas mescladas, o que facilitaria a dispersão das espécies. Os **filtros** ocorrem quando ao fundir áreas distintas, as novas condições criadas tendem a selecionar os indivíduos específicos que conseguiriam viver nestas novas condições. Por fim, os **páreos** ocorrem quando as condições ecológicas nas regiões intermediárias e os centros das áreas de distribuição seriam bastante discrepantes impossibilitando assim os eventos de dispersão e limitando as espécies em suas áreas de origem (Figura 08).

Outro termo utilizado na paleobiogeografia e biogeografia é a vicariância, proposta primeiramente pelo inglês Joseph Hooker. Ocorre quando uma barreira geográfica (ou ecológica) leva ao isolamento de um grupo de organismos, levando à especiações. Diferentemente da dispersão, na vicariância, o evento diferenciador dos grupos de organismos ocorre paralelamente ao evento de surgimento das barreiras geográficas e/ou biológicas (GALLO E FIGUEIREDO, 2010).

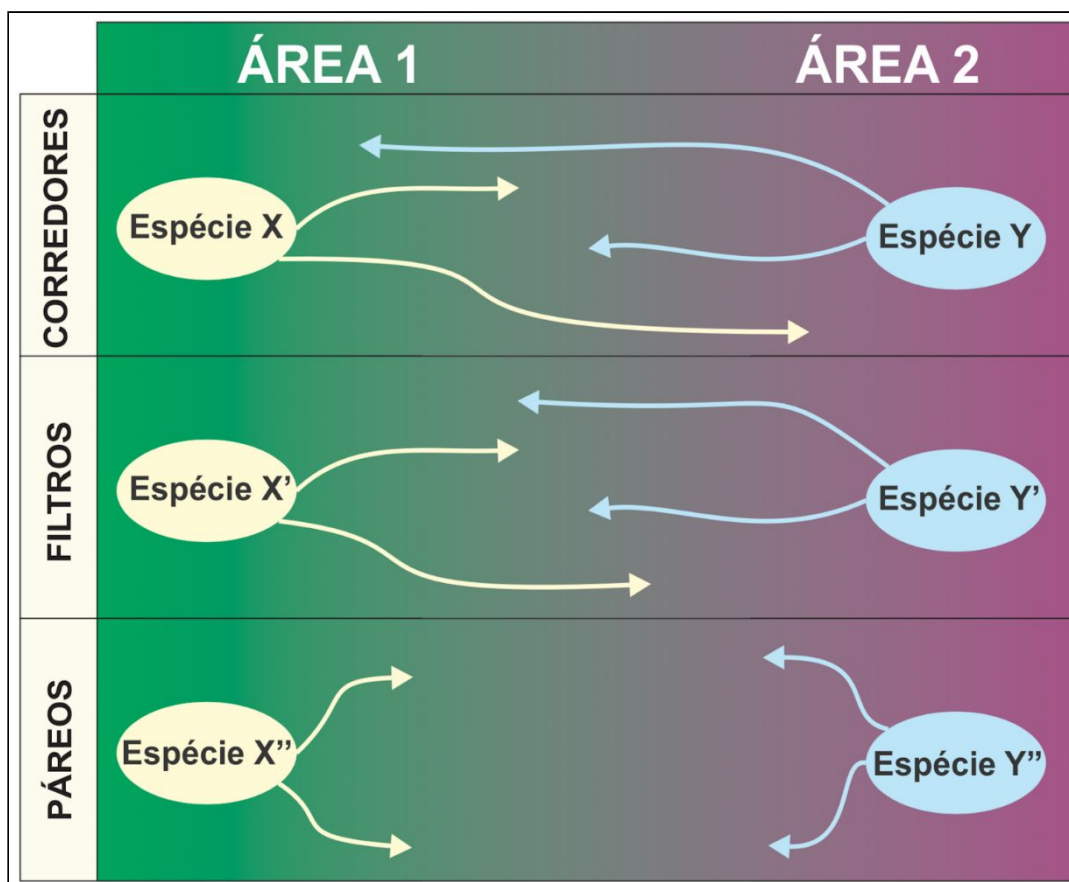


Figura 08: Meios de dispersão propostos por Simpson (1965).

Diversas são as maneiras de realizar uma análise paleogeográfica e todas são sustentadas pela biogeografia. A primeira delas é a Biogeografia Filogenética, amplamente aplicada e difundida por Henning (1966). Esta técnica propõe a construção de cladogramas para grupos de organismos aplicando sempre as **regras de desvio** (duas espécies irmãs, uma sempre é mais derivada que a outra) e **progressão** (quanto mais periférica filogeneticamente uma espécie, mais distante esta espécie se encontra da sua área de distribuição), além de interpolar dados geológicos aos eventos de dispersão (Figura 09).

Outra técnica utilizada na biogeografia, a Pan-Biogeografia busca definir padrões biogeográficos fazendo uso de matrizes geográficas, definindo assim um gráfico que seja capaz de ligar aquelas localidades com espécies onde as suas

ocorrências tenham distâncias mínimas, a **lei do menor esforço** aplicado na dispersão das espécies.

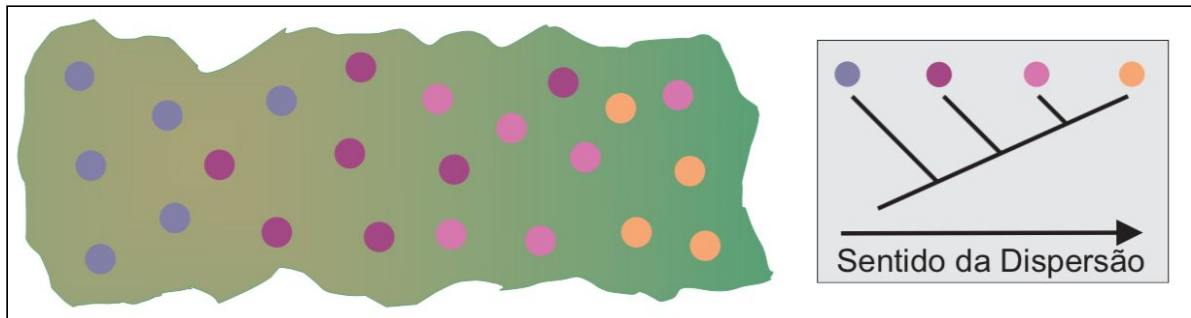


Figura 09: Processo de dispersão de dada espécie ao longo de uma área hipotética, acarretando na regra da progressão das espécies proposto por Henning (1966).

Morrone e Crisci (1990) destacaram alguns conceitos importantes para a Pan-Biogeografia, tais quais: **traço individual**, determinado pela localidade de ocorrência de uma certa espécie; **traço generalizado**, quando indivíduos filogeneticamente distintos possuem traços individuais semelhantes, ou seja, eventos semelhantes afetam grupos filogeneticamente distintos; **nó** representa o momento de confluência de traços generalizados levando em consideração os eventos geológicos daquela área; **linha de base**, principais eventos geológicos que vem a afetar uma certa áreas, por fim, vale ressaltar o conceito de **centro de massa**, região onde a riqueza de espécies é discrepante (Figura 10).

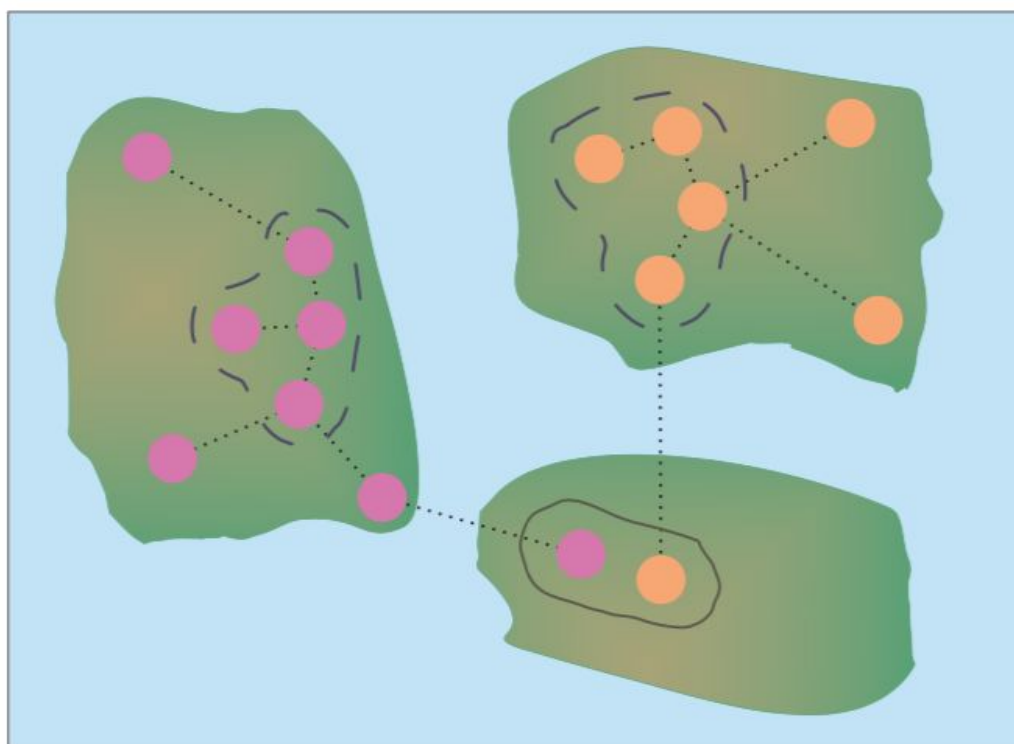


Figura 10: Principais conceitos Pan-biogeográficos, onde podemos observar os centros de massa (tracejados), traço individual dos táxons distintos (círculos laranjas e rosas) conectados pelos critérios de mínima distância (linhas pontilhadas) e por fim, um nó biogeográfico representado pela linha contínua (adaptado de CRAW *et al.*, 1999).

4.6. ÁREA DE ESTUDO

Checando o objetivo deste trabalho, checar a veracidade da dispersão dos braquiópodes (Famílias Leptocoeliidae e Tropidoleptidae) durante o Devoniano brasileiro. Foram definidas diversas áreas foco nas bordas das Bacia do Paraná e Parnaíba, foram realizadas trabalhos de campo e levantamentos bibliográficos acerca das ocorrências fossilíferas das regiões circunvizinhas. Para melhor organização estratigráfica, as bordas foram individualizadas em Seções, sendo elas: Goiás, Chapada, Jaciara, Taquaruçu-Fazenda Encantada e Novo Acordo.

A **Seção Goiás** abrange pontos descritos anteriormente por Carbonaro e Ghilardi (2016) sendo; ponto I ($51^{\circ}56'55,427''$ W e $16^{\circ}48'51,620''$ S) localizado entre as cidades de Doverlândia e Caiapônia, em Goiás; ponto II ($51^{\circ}46'48,022''$ W e 16°

50' 40,059" S) na cidade de Caiapônia - GO e o ponto III (52° 15' 46,897" W e 16° 42' 43,080" S) também está localizado no estado de Goiás, na cidade de Doverlândia (Figura 11a).

A **Seção Chapada**, deriva do acervo literário, são eles; ponto IV abordado anteriormente nos trabalhos de Clarke (1913) em Mato Grosso, na ocasião o autor fez um apanhado de diversas jazidas fossilíferas nos arredores de Sant'Ana da Chapada, atual cidade de Chapada dos Guimarães. E o ponto V apresentado por Quadros (1987), o afloramento conhecido localmente como Morro Tope de Fita, na antiga Serra do Atimã, arredores de Chapada dos Guimarães, Mato Grosso. Os pontos IV e V não possuem coordenadas geográficas exatas, pois derivam do acervo literário e são trabalhos de uma época com tecnologia escassa, os pontos não foram georreferenciados, com isso, aqui ambos serão considerados como a própria cidade de Chapada dos Guimarães, estado de Mato Grosso. (Figura 11b).

A **Seção Jaciara** também deriva da literatura, abrangendo os pontos VI (55° 0' 9.05" W e 15° 56' 57.82"S), VII (55° 0' 25.280" W e 15° 56' 41.090" S), VIII (55° 0' 56.87" W e 15° 56' 31.08" S) e IX (55° 2' 4.95" W e 15° 54' 45.53" S). Todos os pontos foram descritos anteriormente por Ribeiro *et al.* (2019) e estão situados na BR-364 sentido Jaciara - Cuiabá, no estado de Mato Grosso (Figura 12).

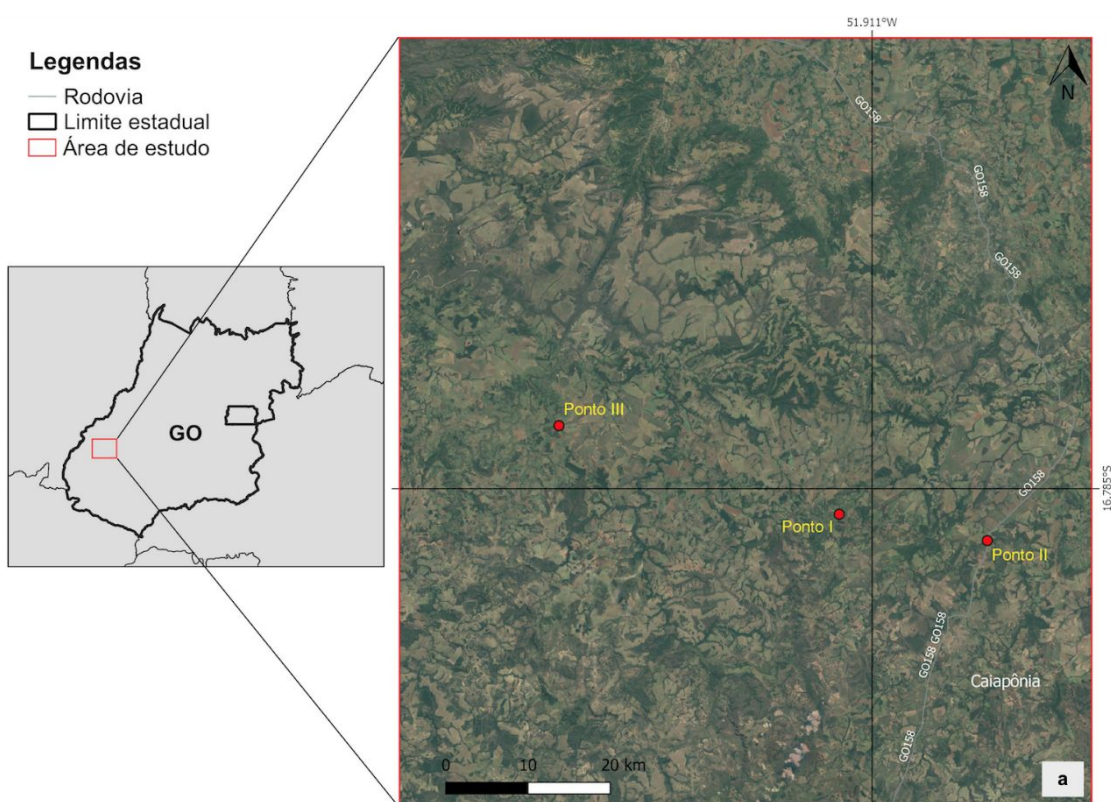


Figura 11a: Mapa de localização da Seção Goiás, com seus respectivos pontos I, II e III.

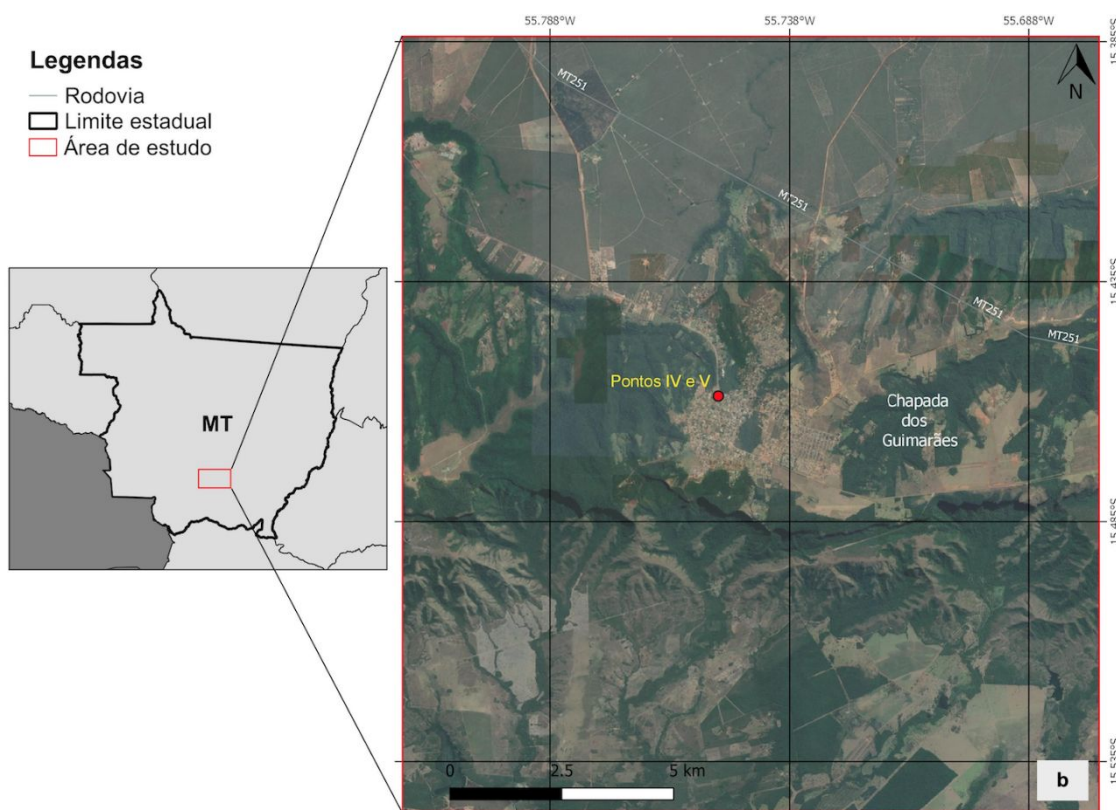


Figura 11b: Mapa de localização da Seção Chapada, com seus respectivos pontos IV e V.

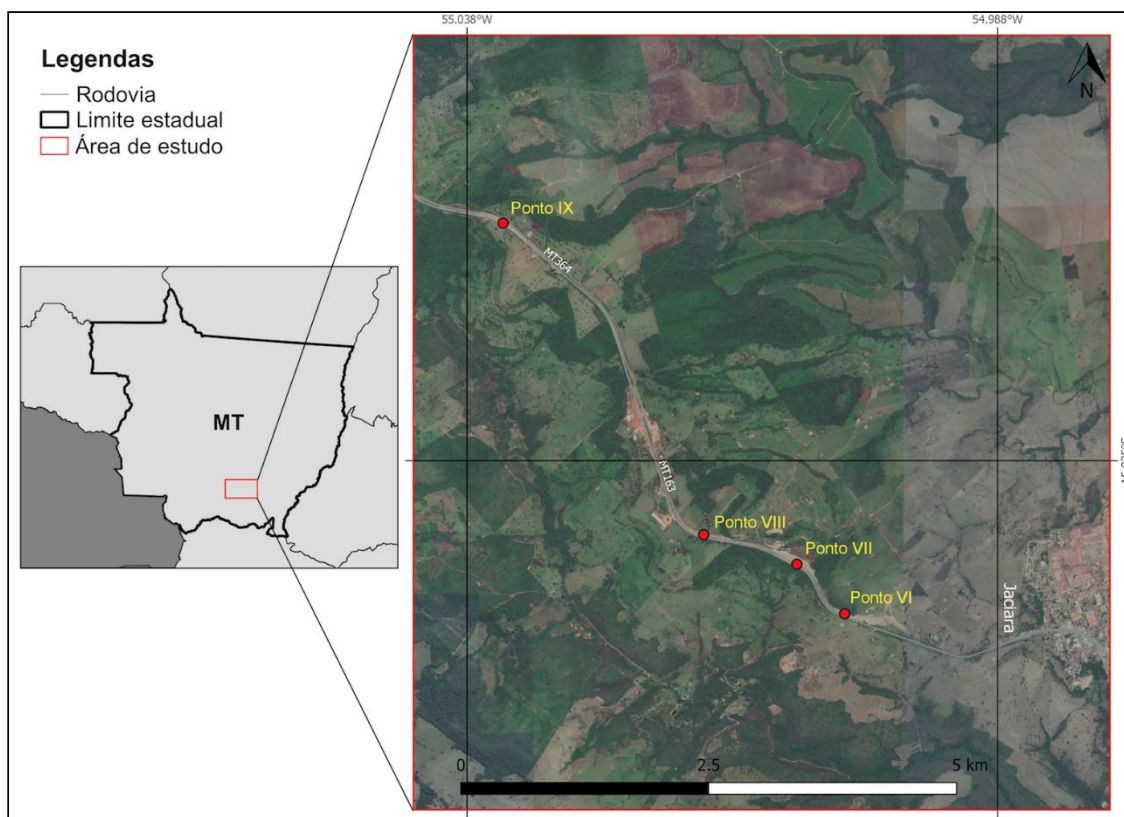


Figura 12: Mapa de localização da Seção Jaciara com os pontos VI, VII, VIII, IX.

A **Seção Taquaruçu-Fazenda Encantada** engloba dois pontos, sendo eles; ponto X ($48^{\circ} 8' 30.16''$ W e $10^{\circ} 18' 1.09''$ S) no Mirante de Taquaruçu, próximo a entrada da cachoeira da Roncadeira; e o ponto XI ($48^{\circ} 07' 33.50''$ W e $10^{\circ} 15' 53.50''$ S) também chamado de Fazenda Encantada II por Gama Jr. (2008) município de Palmas - Tocantins, aqui apresentado com maior detalhe litológico e paleontológica (Figura 13a).

Por fim, a **Seção Novo Acordo** é caracterizada pelo ponto XII ($47^{\circ} 45' 06.80''$ W e $09^{\circ} 59' 30.40''$ S) localiza-se próximo a cidade de Novo Acordo, também no Tocantins e tem a sua primeira descrição neste trabalho (Figura 13b).

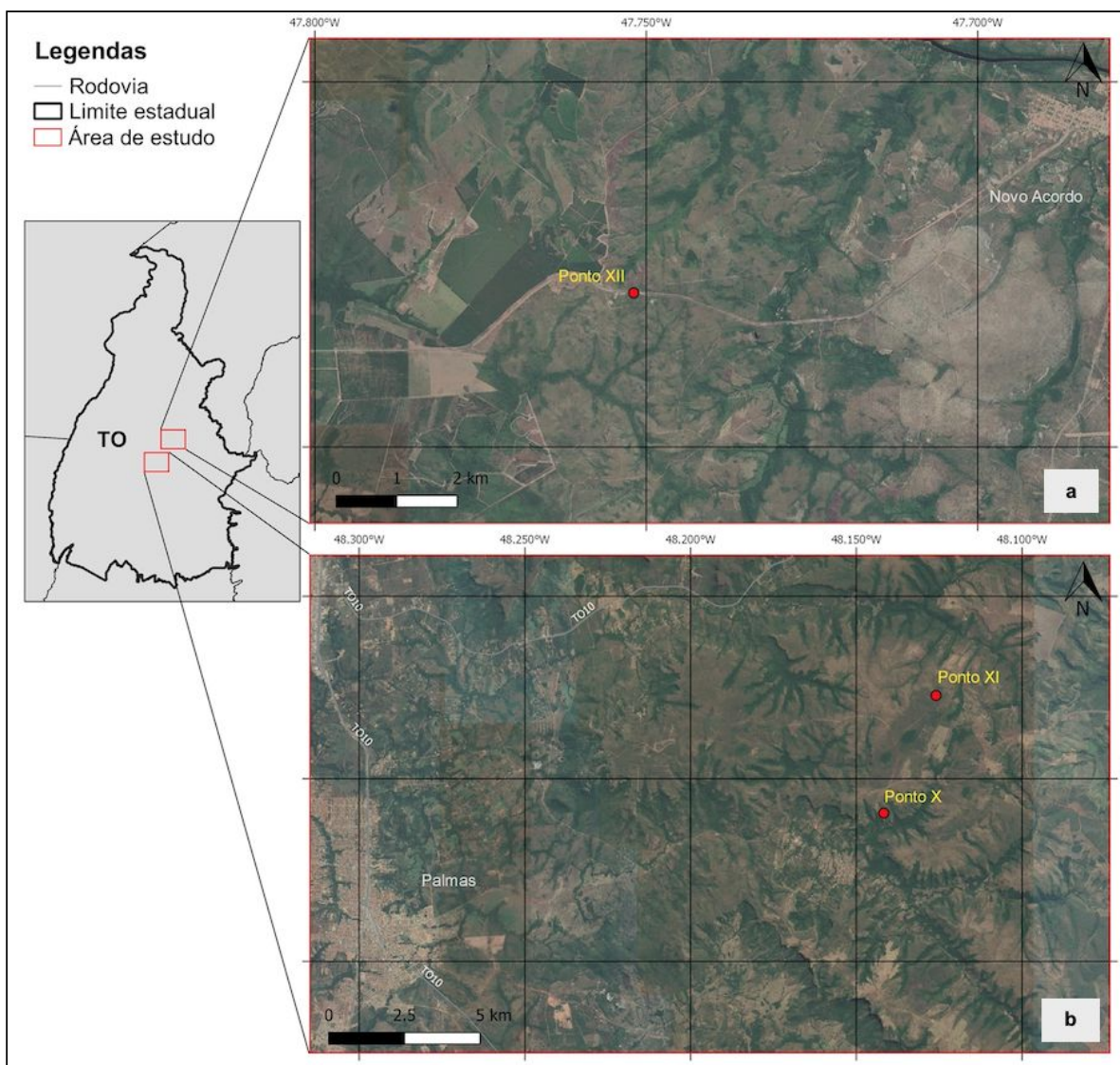


Figura 13a e b: Mapas de localização das Seções; Taquaruçu - Fazenda Encantada (13b) e Novo Acordo (13a).

4.7. TRABALHO LABORATORIAL

Além das coletas em campo, foi realizado um apanhado bibliográfico para identificar localidades e ocorrências de braquiópodes das famílias Leptocoeliidae e Trepidoleptidae. Foram utilizados dados oriundos da base FossilWorks, criada pela Australian Research Council e regida pela Macquarie University. Esta base de dados consiste num sistema cooperativo de mais de 500 cientistas, 203 instituições, em 29 países. Também foram utilizados dados disponibilizados pela Yale Peabody

Museum of Natural History, banco de dados regido pela Yale University, Estados Unidos da América. As ocorrências e descrições em duplicata dos bancos de dados foram levadas em consideração sendo que, quando ocorreram, uma delas foi descartada.

O material coletado nas Seções Goiás, Taquaruçu-Fazenda Encantada e Novo Acordo estão depositados na Coleção Científica do Laboratório de Paleontologia de Macroinvertebrados (LAPALMA), Faculdade de Ciências (FC) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, em Bauru, São Paulo. As siglas para a deposição do material na coleção segue a sigla CCLP (Coleção Científica LAPALMA) sequenciado de um número, este que obedece a sequência de tombamento dos livros de registro do acervo do Laboratório.

A preparação dos fósseis foi realizada no LAPALMA por desagregação mecânica, para evidenciar as feições morfológicas quando necessário. Foram utilizados materiais tais quais; martelo estratigráfico, talhadeira, pinça, ponteira e água. As fotografias foram retiradas no Microscópio Leica, utilizando o Software LAS V4.12 S8. Posteriormente as imagens foram preparadas utilizando o programa CorelDRAW X7 e para medição dos exemplares foi usado paquímetro digital.

O material da Seção Chapada, mais especificamente o oriundo do ponto IV estava depositado no acervo do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Com o incêndio em Setembro de 2018 foi perdido. No entanto, foi realizada uma busca literária a fim de encontrar exemplares fotografados das espécies alvo, o espécime deste ponto foi retratado por Kunzler (2012) sendo aqui re-descrito.

O material da Seção Jaciara e do ponto V (Seção Chapada) estão depositados no Laboratório de Paleontologia e Palinologia de Mato Grosso (PALMA), agregado à Faculdade de Geociências (FAGEO) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Este material também foi tombado anteriormente seguindo

uma codificação, sempre letras (MP - Material de Pesquisa) e um número sequencial.

5. RESULTADOS

5.1. DADOS LITOESTRATIGRÁFICOS

A Seção Goiás (Figura 14) possui aproximadamente 18m de espessura, sendo da base para o topo 2m de Argilito com icnofósseis *Bifungites*, sobrepostos por 9m sequenciais camadas de siltitos cinza escuro com estratificação plano-paralela e arenitos muito finos, nos siltitos inferiores foram encontrados *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea excentrica*, *Orbiculoidea* sp., e vegetais fragmentados (*Haplostigma* sp. e *Palaeostigma?* sp.). Nos aproximados 14m da seção ocorre um siltito ferruginoso granodecrescente para argilito acinzentados de 2m de espessura, neste pacote foram encontrados *Derbyina* sp., *Australocoelia palmata*, prováveis *Obolidae*, *Chonetidina* indeterminado e *Metacryphaeus tuberculatus*. A Seção Goiás é capeada por arenitos do Grupo Itararé (Carbonífero) que ocorrem discordantemente no topo.

A Seção Chapada, os pontos IV e V, foi definida a partir dos trabalhos antigos (CLARKE, 1913), não tivemos aqui um perfil estratigráfico propriamente dito, no entanto os fósseis devonianos descritos pelo autor são: *Lingula* sp., *Discina* sp., *Strophodonta* sp., *Rhynconella* sp., *Sperifera* sp., *Tropidoleptus* sp., *Vitulina* sp., *Bellorophon* sp., *Tentaculites* sp., *Styliola* sp., além de *Leptocoelia flabelites*.

O mesmo acontece com o ponto V, o qual não possui um perfil, os fósseis são oriundos de diversas concreções ferruginosas imersas num siltito arenoso, foram apresentados fósseis de; *Orbiculoidea baini*, *Australocoelia tourteloti*, *Plicoplasia planoconvexa*, *Derbyina* sp., *Australostrophia* sp. (QUADROS, 1987).

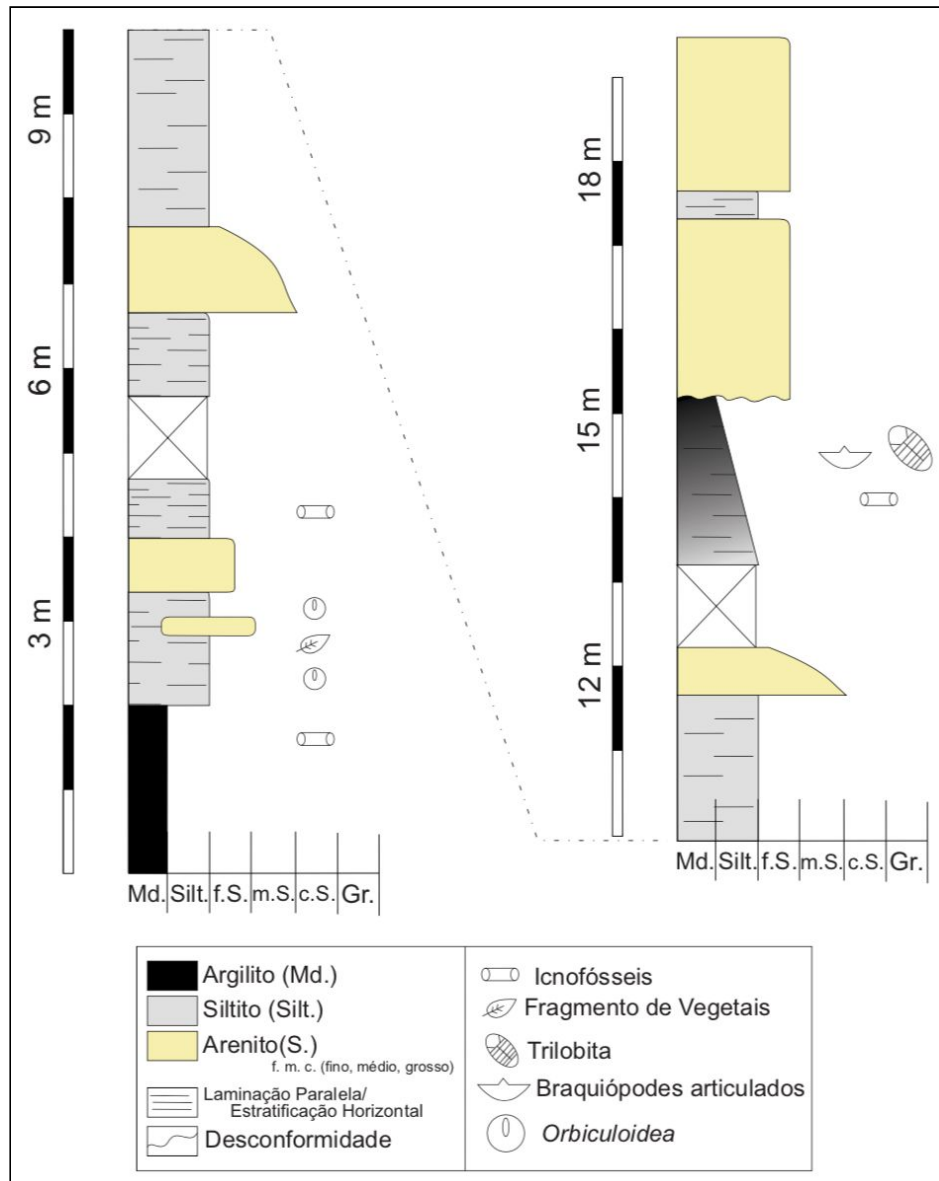


Figura 14: Perfil litológico da Seção Goiás.

A Seção Jaciara (Figura 15) possui aproximadamente 36 m de espessura, afloramento do ponto VI possui uma variedade litológica significativa. Os primeiros 12m da seção temos uma granodecrescência ascendente de arenitos muito finos com marcas onduladas, estratificações cruzadas acanaladas esporádicas e siltitos acinzentados, estratificação plano-paralela para argilitos cinza-escuro, estratificação plano-paralela. Foram nestes primeiros metros que uma grande diversidade de fósseis foram encontrados, braquiópodes inarticulados como *Lingula* sp. e

Orbiculoidea sp., braquiópodes articulados como *Notiochonetes* sp., *Australocoelia palmata*, *Mutattionellidae* sp., dentre outros, além de icnofósseis, crinóides, bivalves (*Nuculites*), trilobitas fragmentadas e esfenotalos.

Nos seguintes 7m da seção, alternam camadas de siltitos vermelho-amarelados com estratificação plano-paralela, folhelhos cinza-esverdeados contendo marcas onduladas simétricas, esporádicas estratificações plano paralelas e arenitos muito finos amarelados com estratificações cruzadas do tipo hummocky nos arenitos da base e estratificação cruzada tabular ao topo. Icnofósseis do tipo *Cruziana* também foram identificados nos siltitos.

Discordantemente, aproximados 5m de consecutivos pacotes de arenitos médios granodecrescente ascendente para arenito muito fino de coloração amarelada. As estratificações cruzadas acanaladas são costumeiras nestes pacotes, bem como a bioturbação e a presença do icnofósseis *Skolithos*. Nos arenitos superiores são comuns lentes irregulares ferruginosas com aproximadamente 5cm de espessura. Posteriormente, e também discordante aos pacotes inferiores, há uma sequência de aproximadamente 2m de espessura alternada de siltitos avermelhados com estratificação plano paralela, arenitos finos cinzas com estratificação cruzada tabular e argilitos cinzas com marcas onduladas e estratificação plano paralela.

Aproximadamente 5m de espessura de alternadas camadas de siltitos avermelhados com estratificação plano paralela e arenitos cinzas com estratificações plano paralelas, marcas onduladas esparsas e presença de icnofósseis *Cruziana* no topo dos arenitos. São comuns as lentes esparsas de conglomerado polimítico avermelhado imersas nos arenitos, bem como as lâminas de fragmentos de vegetais (*Spongiophyton nanum*) nos arenitos.

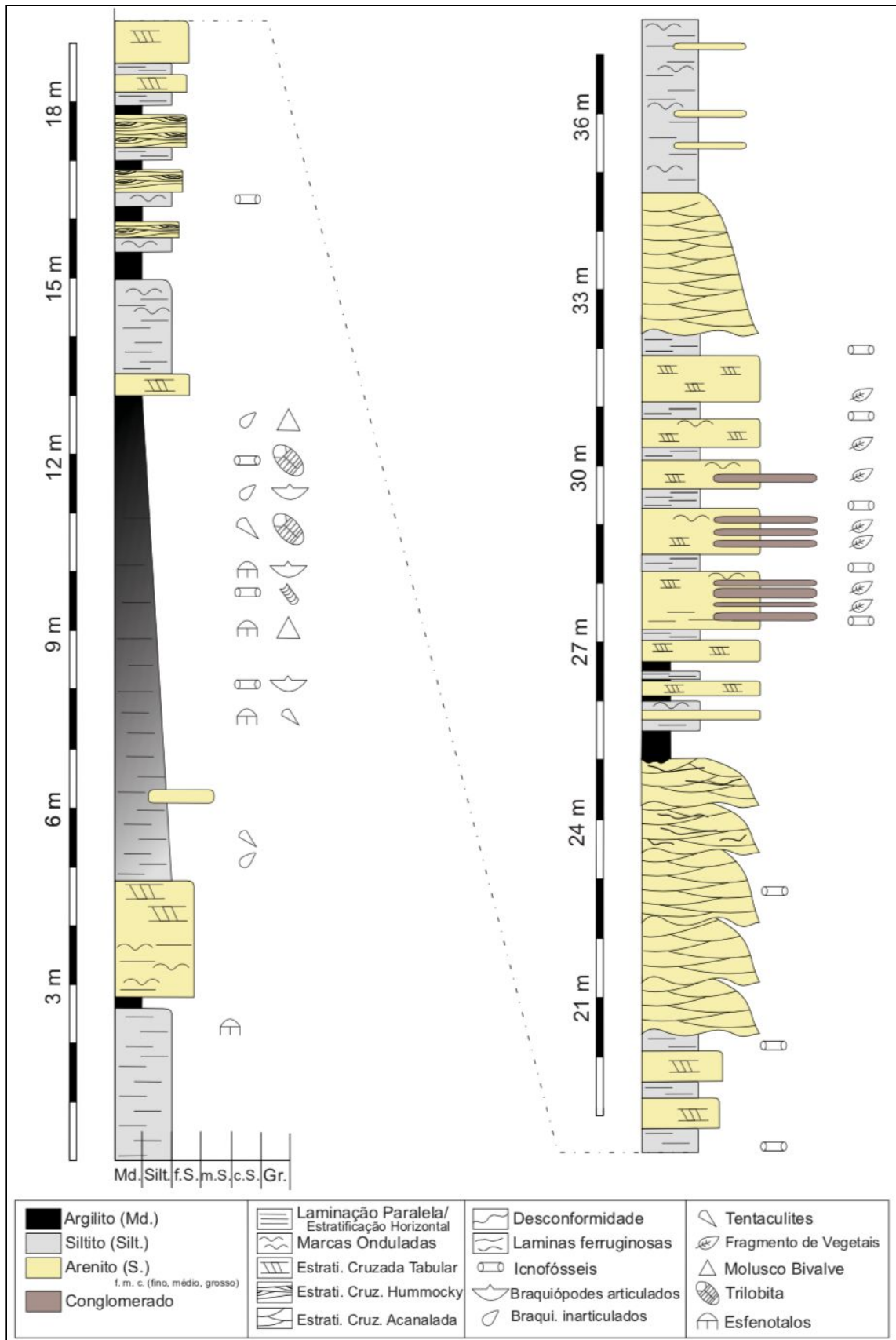


Figura 15: Perfil litológico da Seção Jaciara.

Nos últimos metros da Seção Jaciara, individualizada por uma discordância erosiva ocorre um arenito médio granodecrescente para arenito muito fina, avermelhado com estratificações cruzadas acanaladas. No topo da seção, uma camada de 3m de espessura de siltito cinza-esbranquiçado, com estratificações plano paralelas e marcas onduladas esparsas e lentes de arenito médio de coloração amarelada.

A Seção Taquaruçu-Fazenda Encantada (Figura 16) configura-se como a mais espessa dentre as áreas estudadas, compondo aproximadamente 41m de afloramento. A base da seção é marcada por um conglomerado de arcabouço fechado, contendo grãos de granitóide, quartzo e rochas metamórficas (que chegam a medir até 5cm) de matriz arenosa grossa amarelada bem selecionado, sobreposto discordantemente por um arenito grosso quartzoso, bem selecionado marrom-avermelhado.

Aproximadamente 2m alternados de siltitos avermelhados com marcas onduladas e icnofósseis e arenitos fino amarelo-esbranquiçado em menor quantidade. Sobrepostos discordantemente por um conglomerado de arcabouço fechado, grãos de granitóide, quartzo e rochas metamórficas, de matriz arenosa grossa amarelada bem selecionado.

Os subsequentes 5m da seção é composta por cíclicos pacotes de siltitos avermelhados e arenitos amarelo-esbranquiçados, com estratificações cruzadas hummocky, icnofósseis e crinoides esparsos. Sobrepostos por uma pequena camada de arenito cinza médio discordante.

Posteriormente uma espessa camada de 5m de siltito esbranquiçado com estratificação plano-paralela e esparsas marcas onduladas foram descritos. Nesta

porção foram encontrados icnofósseis (*Paleophycus*), braquiópodes articulados e aglomerados de fragmentos de vegetais. Vale ressaltar que na porção mediana deste siltito ele obtém uma característica mais ferruginosa, adquirindo uma coloração avermelhada. Posteriormente, 3m cíclicos granodecrescentes ascendentes de arenitos médios branco-amarelados e siltitos amarelados com icnofósseis, ambos com estratificações cruzadas do tipo hummocky.

Continuidade na Seção Taquaruçu-Fazenda Encantada, consecutivos 9m há pacotes alternados de siltitos cinza-esbranquiçados micáceos com estratificação plano-paralela, esparsas marcas onduladas nos pacotes inferiores e icnofósseis (*Palaeophycus*) nos pacotes medianos. Alternados com arenitos finos cinza-esbranquiçados micáceos com estratificação cruzada hummocky nos pacotes superiores.

A medida que se vai para o topo desta camada a quantidade e a espessura das camadas de siltito diminuem e as de arenito aumentam proporcionalmente. Nos seguidos 9m, a seção encontra-se intemperizada, posteriormente ocorre uma alternância de 4m entre siltitos amarelados micáceos com estratificação plano-paralela e arenitos finos arroxeados micáceos bioturbados, com estratificação cruzada hummocky.

Por fim, capeando a Seção, uma coquina de matriz arenosa fina de coloração avermelhada micácea, grãos mal selecionados, pobremente arredondado, sendo que ao topo esta matriz arenosa se torna mais fina. Foram realizadas coletas tafonômicas neste onde foram encontrados uma diversidade de Gastrópodes, braquiópodes articulados (*Tropidoleptus* sp., *Australocoelia* sp., *Australospirifer*,

Coelospira, *Derbyina*, *Schuchertella*, *Australocoelia tourteloti*), bivalves (*Pustulatia*, *Nuculites*) e uma diversidade de crinóides (discos, fragmentos do cálice, etc.).

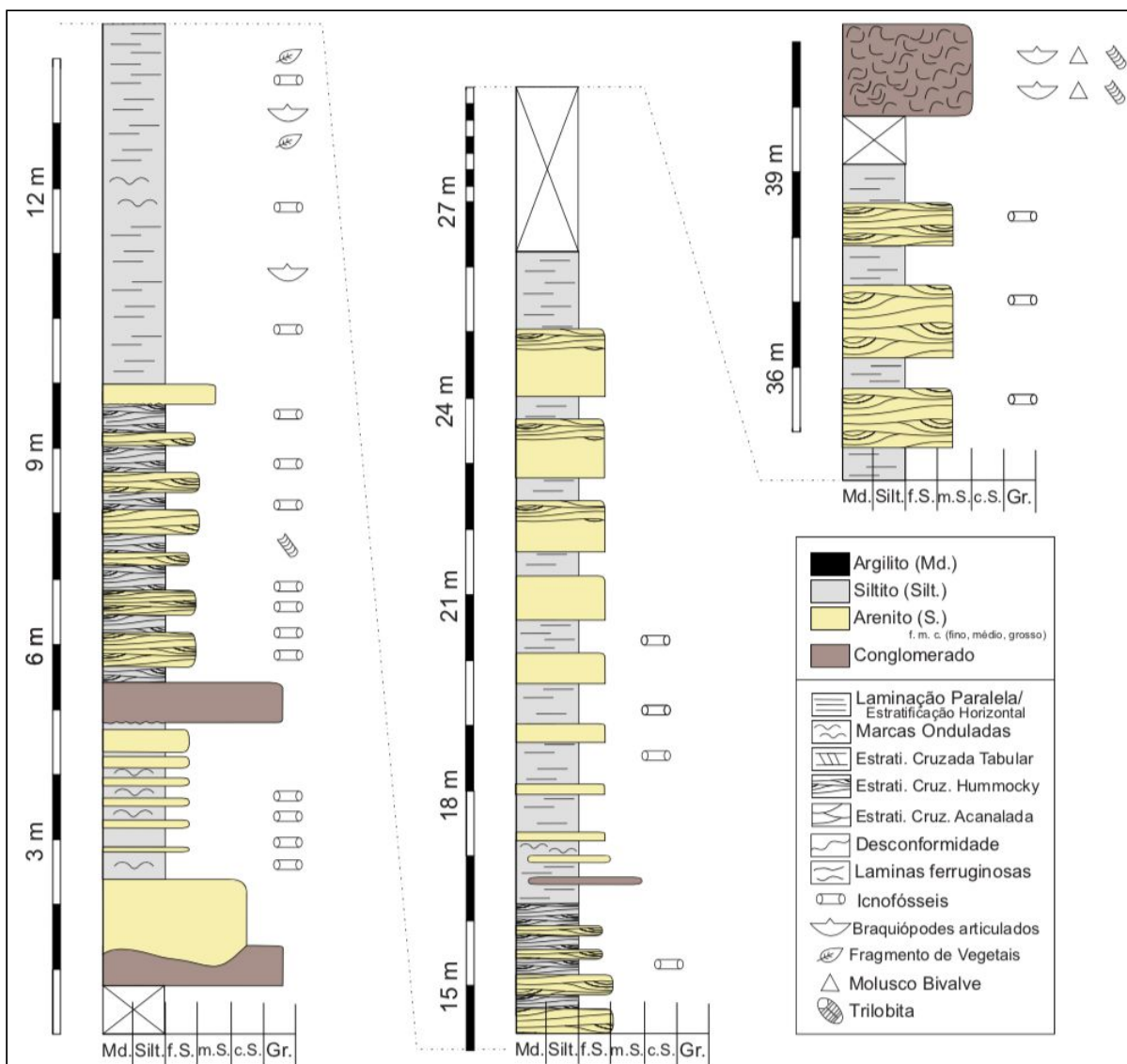


Figura 16: Perfil litológico da Seção Taquaruçu-Fazenda Encantada.

Por fim, a Seção Novo Acordo (Figura 17), corresponde em um afloramento de aproximadamente 16m de altura. Os primeiros 5m temos siltitos acinzentados com estratificações plano-paralelas, foram encontrados fragmentos de vegetais, braquiópodes inarticulados (*Lingula* sp. e *Orbiculoidea* sp.), braquiópodes articulados (*Australocoelia* sp.) e moluscos bivalves (*Nuculites* sp.). Em contato

erosivo, sobrepostos por arenitos finos e siltitos bioturbados, capeados por espessos pacotes de arenitos granocrescentes ascendentes no topo da seção.

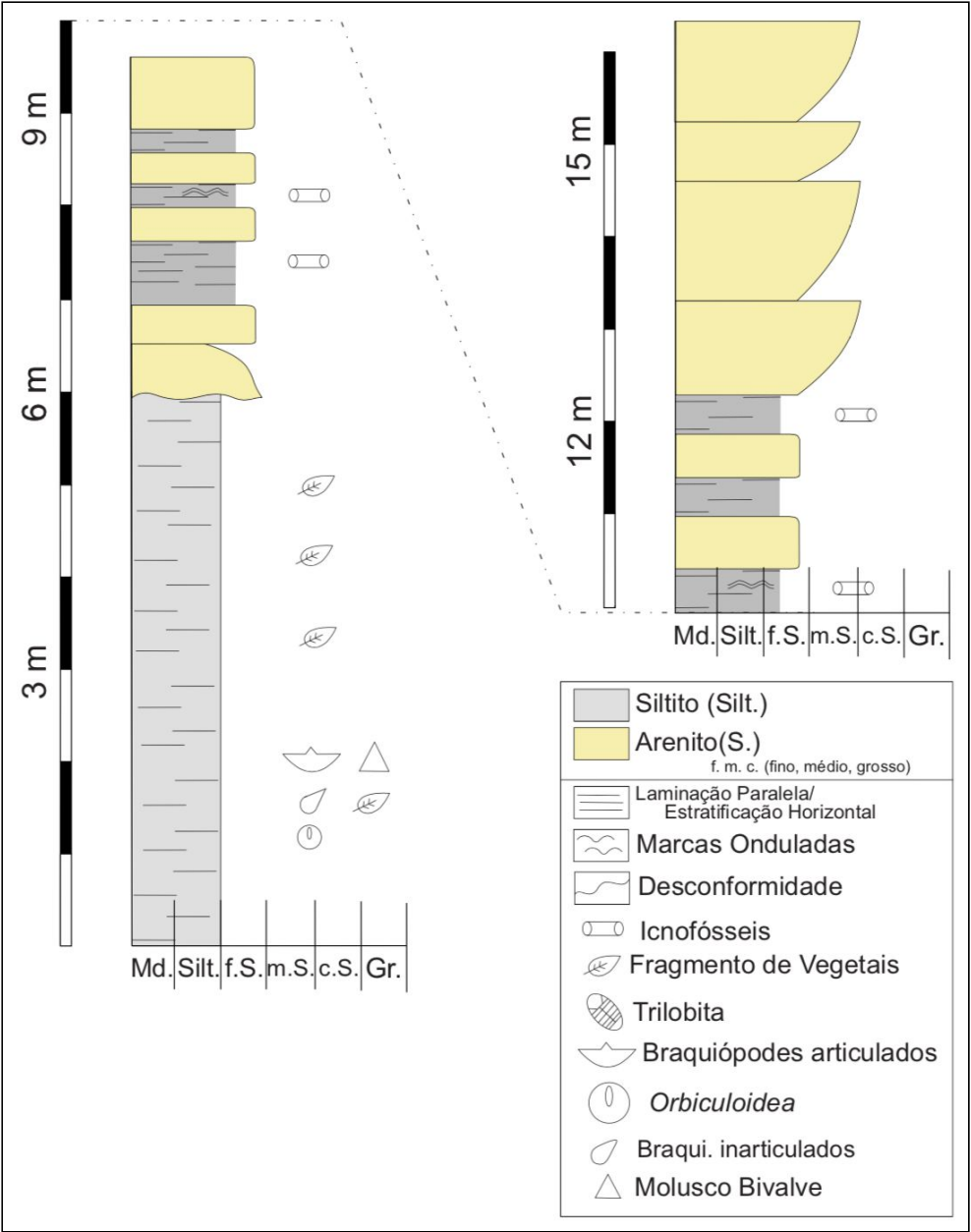


Figura 17: Perfil litológico da Seção Novo Acordo.

5.2. DADOS FOSSILÍFEROS

Diversas localidades devonianas com registros da família Tropicodoleptidae pelo mundo foram identificadas. Os mais antigos registros estão no Canadá, datadas do Lochkoviano (BOUCOT, 1999), na República Tcheca são identificados exemplares desde o Praguiano até o final do Emsiano (ISAACSON E CHLUPAC, 1984), já na Venezuela eles ocorrem desde o Praguiano até o final do Emsiano (SANCHEZ E BENEDETTO, 1983) e na Líbia e Alemanha o táxon pode ser encontrados nas rochas do Emsiano (UBELACKER *et al.*, 2016; MERGL E MASSA, 1992).

No Devoniano da Bolívia *Tropicodoleptus* são comumente identificados do Emsiano até o Eifeliano (ISAACSON, 1977) similar ao que ocorre na Bacia do Amazonas (MELO, 1988). Na Colômbia e na Bacia do Parnaíba exemplares são encontrados do Emsiano até o final do Givetiano (BARRETT, 1988; MELO, 1988) e no Chile do início do Emsiano ao final do Frasniano (BOUCOT *et al.*, 1995).

Na Bacia do Paraná, *Tropicodoleptus* são descritos na transição do Eifeliano para o Givetiano (CLARKE, 1913; MELO, 1988; GRAHN *et al.*, 2016). Em contrapartida, na Mauritânia, da Espanha e dos Estados Unidos estes são do Givetiano (RACHEBOEUF *et al.*, 2004; CARLS, 1988; KESLING E CHILMAN, 1975). O táxon foi identificado na África do Sul nas rochas datadas desde o Givetiano ao final do Frasniano (ROBERTS, 1971) e na Austrália apenas durante o Frasniano (HILLER, 1990) tem-se registro do táxon (Figura 18).

Durante os trabalhos de campo e consulta nos acervos paleontológicos, exemplares de *Tropicodoleptus carinatus* foram adicionados a Coleção Científica do Laboratório de Paleontologia de Macroinvertebrados (LAPALMA), Faculdade de

Ciências (FC) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, em Bauru, São Paulo. O material em questão foi coletados no Ponto XI da Seção Taquaruçu-Fazenda Encantada, na Bacia do Parnaíba, distrito de Taquaruçu, município de Palmas, no estado de Tocantins.

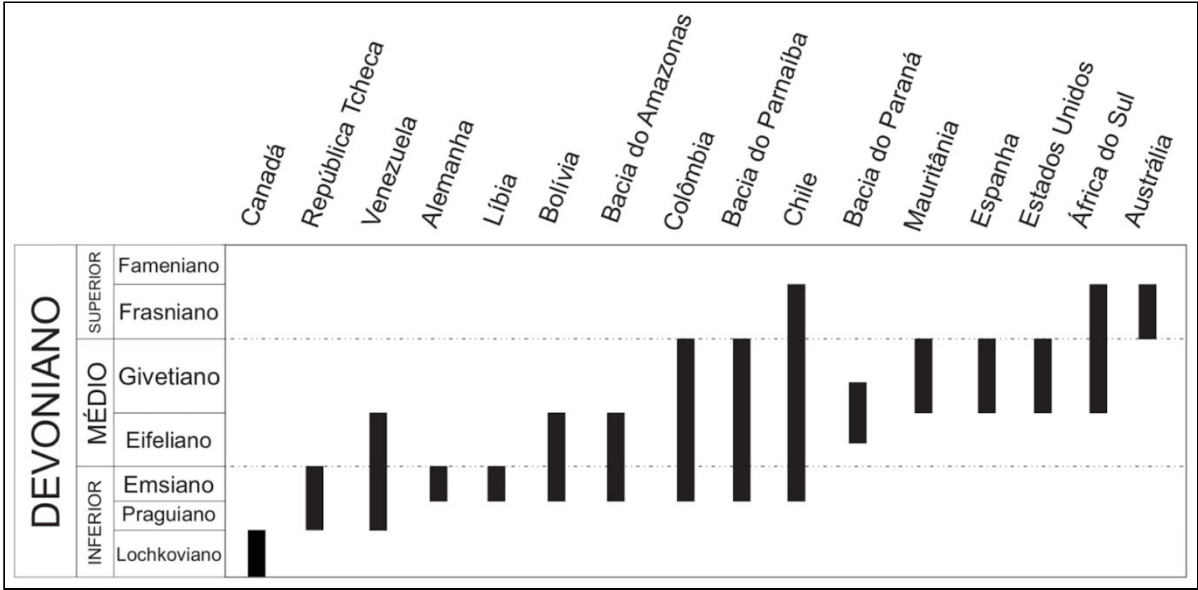


Figura 18: Localidade de ocorrências de *Tropidoleptus* pelo globo, com suas idades.

Foram identificados como *Tropidoleptus carinatus* conchas subcirculares e semi-elípticas com perfil lateral côncavo-convexo e por vezes plano-convexo, com a linha de comissura rectomarginal. A linha da charneira sempre reta, sendo esta maior que a largura da concha. O bico é curvado relativamente pequeno, convexo e projeta-se além da linha da charneira. Costelas radiais simples, oriundas do bico e projetando-se até a região anterior da concha. Região umbonal bem desenvolvida, as vezes com leve sulco posterior (Figura 19).

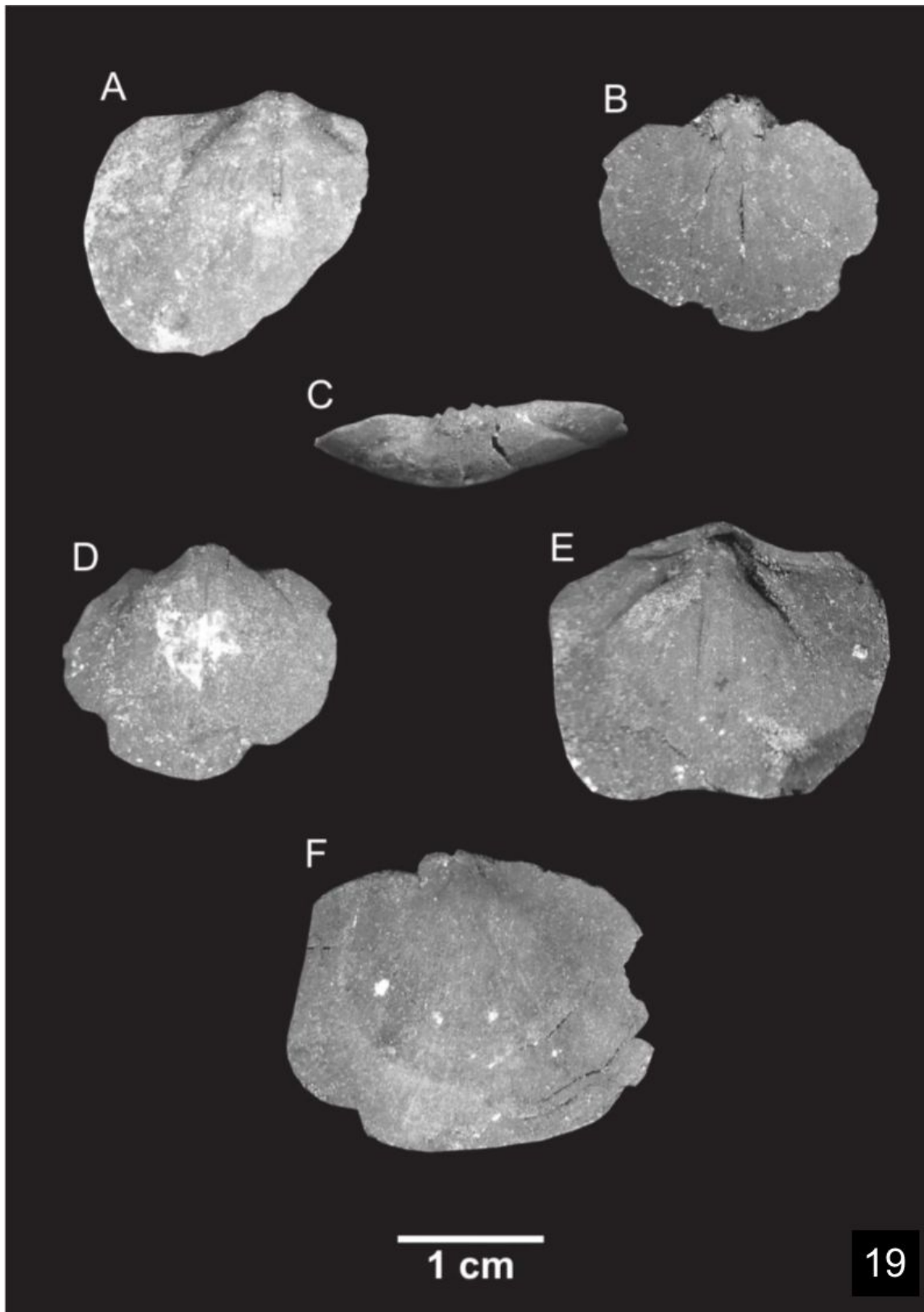


Figura 19: *Tropidoleptus carinatus* (Conrad, 1839). **A:** CCLP1201.1, molde interno da valva ventral mostrando forma geral, sulco marcado e pedículo proeminente; **B:** CCLP1201.2, molde interno das valvas articuladas, costilhas, linhas de crescimento e o pedículo em vista dorsal; **C:** CCLP1201.2, vista posterior do exemplar B, observa-se forma côncavo-convexa; **D:** CCLP1201.2, visão geral frontal do exemplar B; **E:** CCLP1202, molde interno ventral, contendo sulco bem marcado e o pedículo protuberante; **F:** CCLP1199, molde externo dorsal, costelas e linhas de crescimento bem marcadas.

Paralelamente, a busca pela família Leptocoeliidae indicou os mais antigos registro no Siluriano, para o gênero de *Anabaia* foram identificados exemplares nos estratos da Argentina (BENEDETTO, 1995; BENEDETTO E COCKS, 2009), Brasil (GRAHN, 1992), Guiana (RACHEBOEUF E VILLENEUVE, 1992) e Paraguai (HARRINGTON, 1972).

Ainda no Siluriano, o gênero *Eocoelia* (da família Leptocoeliidae) é ocorre no Canadá (BOLTON E COPELAND, 1972), Irlanda (ALDRIDGE *et al.*, 1996), República Tcheca (HAVLICEK E STORCH, 1999), Paraguai (HARRINGTON, 1972), Inglaterra (ZIEGLER *et al.*, 1977), Estados Unidos e Venezuela (BOUCOT, 1999).

O gênero *Leptocoelia* também possui sua ocorrência antiga no Siluriano da Argentina (BENEDETTO E FRANCIOSI, 1998). No entanto durante o Devoniano, distribui-se do Lochkoviano da Austrália (SAVAGE, 1974; NEIL, 1982), Lochkoviano ao Emsiano dos Estados Unidos (BOUCOT, 1959), no Pragiano canadense (LESPERANCE E SHEEHAN, 1975), Pragiano ao Eifeliano da Venezuela (SANCHEZ E BENEDETTO, 1983) e do Emsiano ao Eifeliano são registrados exemplares na Sub-Bacia de Alto Garças (QUADROS, 1987; MELO, 1988).

O gênero *Australocoelia*, Argentina, Bolívia e Peru hospedam os mais antigos registros durante o Lochkoviano (WOLFART, 1968, LAUBACHER E BOUCOT, 1982; BENEDETTO *et al.*, 1992), no Emsiano há registros na Sub-Bacia de Apucarana (GHILARDI, 2004), do Emsiano ao Eifeliano há registros na África do Sul e Bolívia (OOSTHUIZEN, 1984; ISAACSON, 1977), na Sub-Bacia de Alto Garças tem registros deste táxon do Emsiano ao Givetiano, bem como Chile e Uruguai (BOUCOT *et al.*, 1995; CARVALHO, 1976; MELO, 1988; MENDEZ-ALZOLA, 1938).

O gênero *Leptocoelina* ocorre unicamente no Emsiano dos Estados Unidos (JOHNSON, 1986) e por fim, o gênero *Pacificocoelia* tem registros no Lochkoviano canadense (BOUCOT, 1999) e durante Emsiano norte-americano (JOHNSON, 1970) para o táxon (Figura 20).

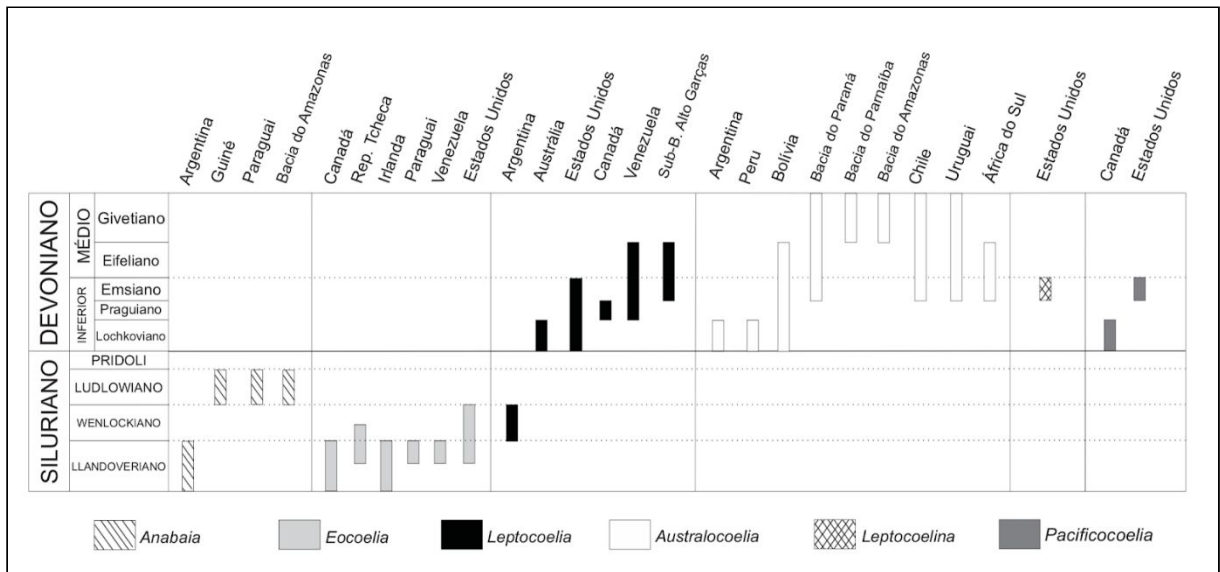


Figura 20: Localidades de ocorrências família Leptocoeliidae com suas idades.

As ocorrências da família Leptocoeliidae foram identificadas em diferentes pontos durante os trabalhos de campo, vale destacar que apenas o gênero *Australocoelia* foi encontrado. Morfofuncionalmente o gênero em questão configura conchas desigualmente biconvexo, sendo a valva pedicular com maior convexidade quando comparada a valva braquial, possui bico pedicular subereto e região umbonal pouco desenvolvida. Formato geral de ovóide com ornamentação costilhada fina à grossa em alguns casos, possui margem de comissura rectimarginada à paraplicada e linha da articulação angulosa, sempre menor que cento e oitenta graus. Por fim, o limite da linha de comissura para a linha de articulação configura-se de maneira sutil não angulosa.

Comumente, o que diferencia as espécies de *Australocoelia* são distinções morfofuncionais. *Australocoelia palmata* pode ser individualizada pelas costelas mais finas, sutis e linha da margem de comissura rectimarginada, além da interárea pouco desenvolvida. Por outro lado, *Australocoelia tourteloti* tem costelas mais bem desenvolvidas, grossas e linha de comissura paraplicada serrada, além da interárea aberta, que em alguns exemplares possibilita a observação das dentições.

Exemplares de *Australocoelia palmata* foram encontrados ao longo dos trabalhos de campo na Seção Novo Acordo, estado de Tocantins (Figura 21, A e B), na Seção Goiás (Figura 21, C e D), no estado de Goiás, próximo a cidade de Caiapônia (Figura 21, E, F e G). Na seção Jaciara também foram encontrados exemplares de *Australocoelia palmata*.

Ainda no Tocantins, nas proximidades do distrito de Taquaruçu, município de Palmas, foram identificados fósseis de *Australocoelia tourteloti* na Seção Taquaruçu-Fazenda Encantada no ponto XI (Figura 22). Já no Mato Grosso esta espécie pode ser identificada na Seção Chapada (Ponto V), nos arredores da cidade de Chapada dos Guimarães (Figura 23).

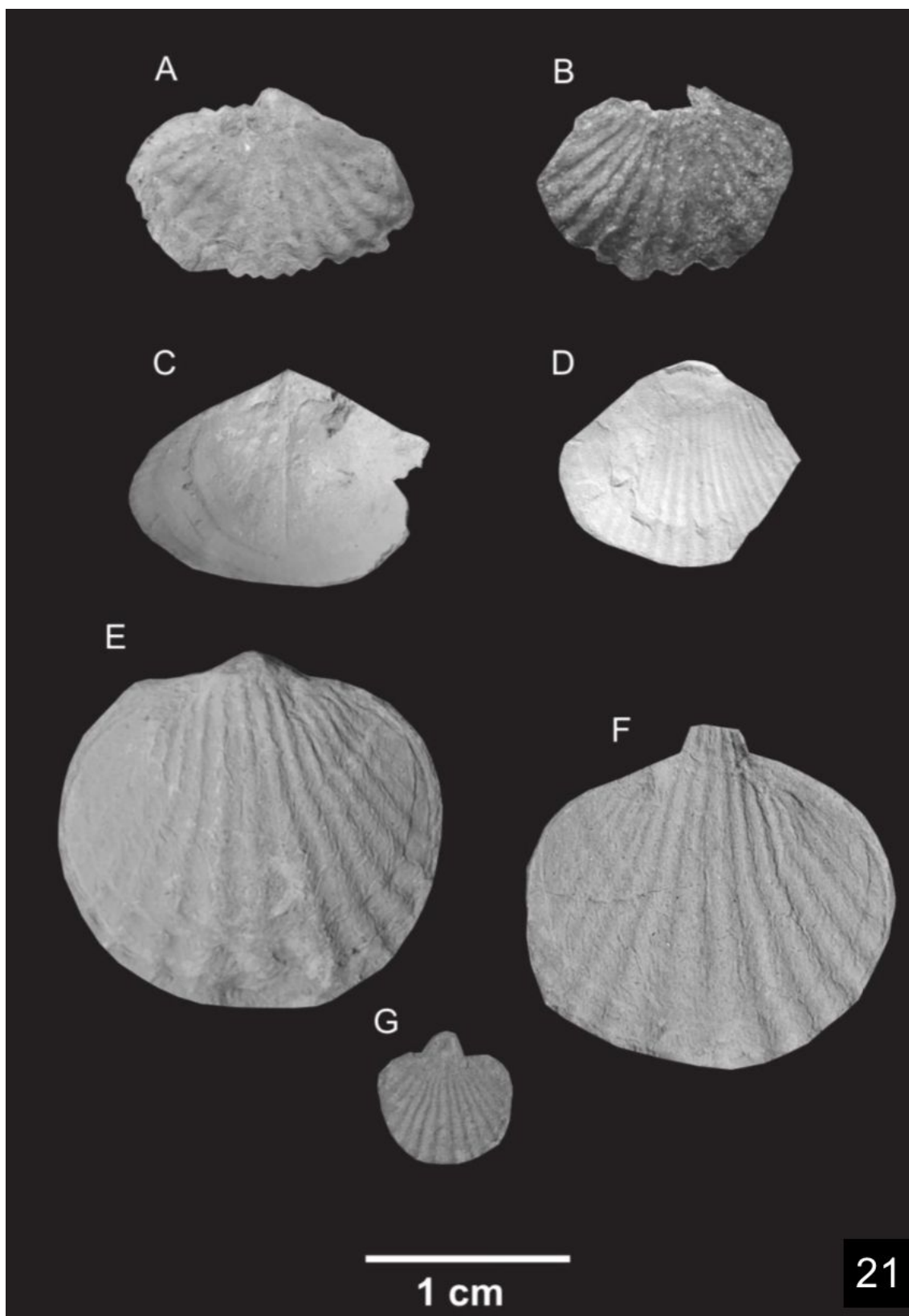


Figura 21: *Australocoelia palmata* (Morris e Sharpe, 1846). **A:** CCLP1127, molde interno dorsal; **B:** CCLP1128, molde externo ventral, com o contorno da linha de comissura e costelas. **C:** CCLP1244, molde interno da valva braquial, onde pode-se observar as cicatrizes musculares internas. **D:** CCLP1239, molde externo da valva braquial. **E:** PJ-110a, molde externo valva braquial, observa-se costelas bem esparsas, linhas de crescimento e o contorno; **F:** PJ-110b, molde externo da valva pedicular, do exemplar E; **G:** PJ-137a, impressão externa da valva pedíncular, costelas, linhas de crescimento, o contorno arredondado e a linha da articulação reta.

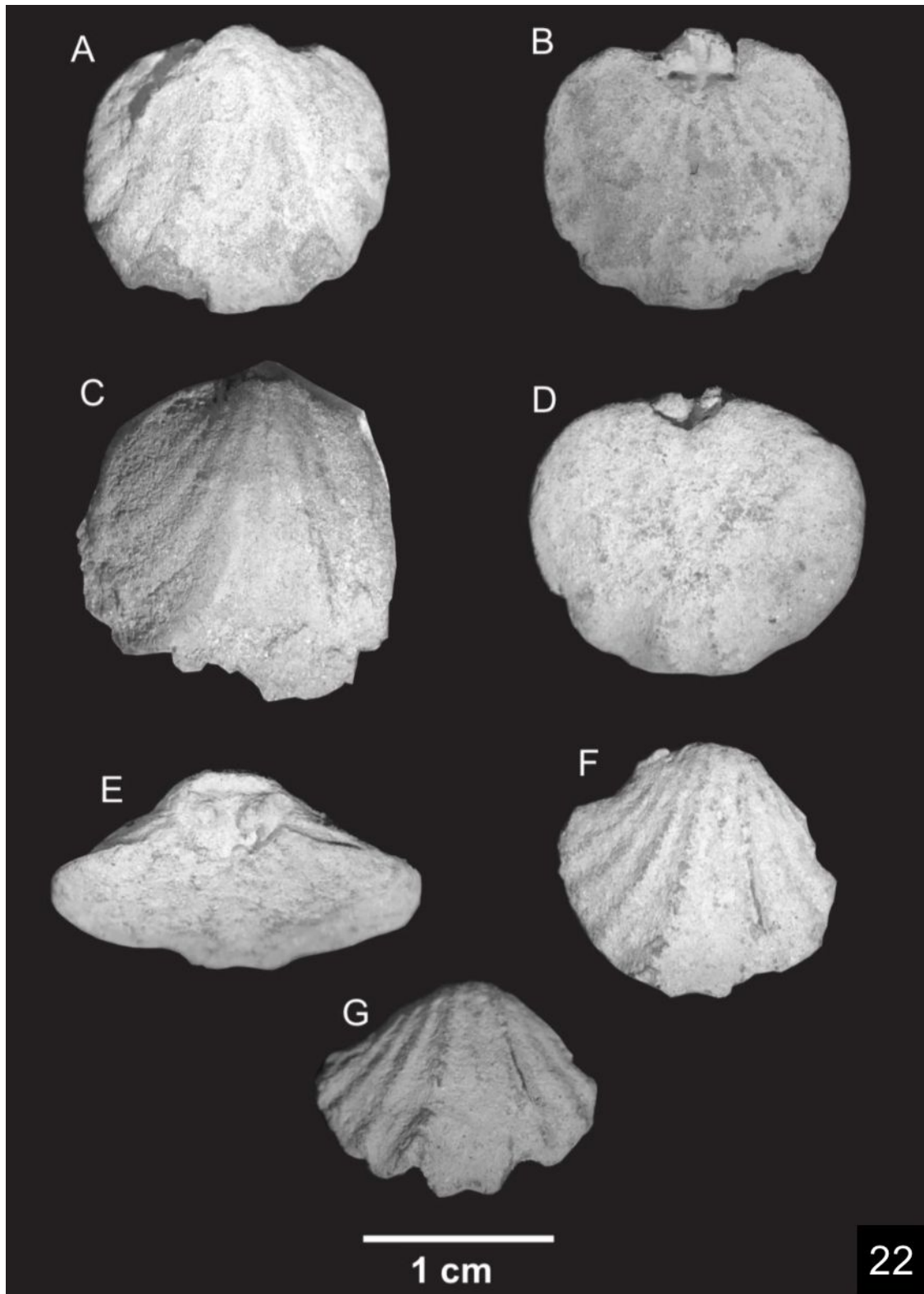


Figura 22: *Australocoelia tourteloti* (Morris e Sharpe, 1846). **A:** CCLP1195.3, molde externo, valvas articuladas em vista ventral, linha da charneira e comissura; **B:** CCLP1195.3, valva braquial exemplar A; **C:** CCLP1256, molde externo, valvas articuladas em vista ventral, linha da charneira e comissura; **D:** CCLP1195.2, molde externo das valvas articuladas em vista ventral, com linha da charneira e linha da comissura; **E:** CCLP1195.1, vista posterior com processo cardinal, interárea, linha da charneira e campo muscular; **F:** CCLP1195.2, molde externo das valvas articuladas em vista ventral, com linha da charneira e linha da comissura; **G:** CCLP1195.1, visão ante. da valva ped. com margem paraplicada serrada.

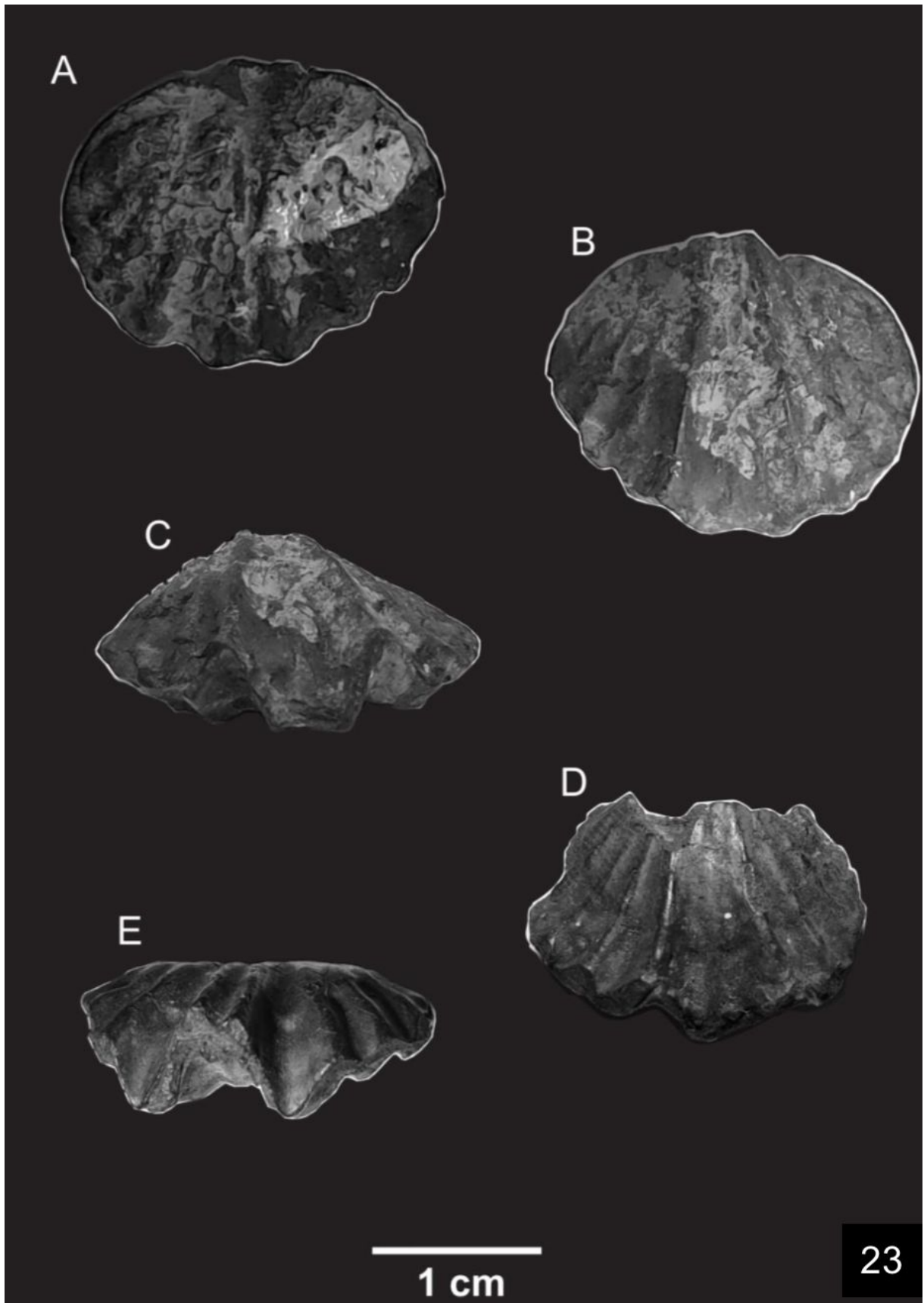


Figura 23: *Australocoelia tourteloti* (Morris e Sharpe, 1846). **A:** MP-02, visão da valva braquial, nota-se as costelas bem desenvolvidas e o formato da concha; **B:** MP-02, visão da valva pedicular do exemplar A; **C:** MP-02 vista anterior, margem paraplicada serrada; **D:** MP-03, visão da valva pedicular **E:** MP-03, vista anterior, margem paraplicada serrada.

5.3. MAPAS PALEOBIOGEOGRÁFICOS

Os mapas paleobiogeográficos foram gerados a partir do compilado de dados disponíveis no banco de dados do FossilWorks e os dados disponíveis na literatura. Para a confecção dos mapas, foi posicionado o Polo Sul ao centro do mesmo, para que a visualização fosse otimizada, visto que estamos tratando das faunas malvinocáfricas, habituais ao Gondwana durante o Devoniano. Foram elaborados três mapas para a família Tropidoleptidae, um para o Devoniano Inferior, outro para o Devoniano Médio e por fim um para o Devoniano Superior.

As localidades de ocorrências são bem heterogêneas, durante o Devoniano Inferior este táxon é descrito em localidades como a costa oeste norte-americana e canadense, além da Alemanha e República Tcheca e Líbia, na América do Sul são identificadas localidades como Venezuela, Bolívia, Chile, Colômbia e Brasil (Bacia do Amazonas e Parnaíba). No Devoniano Médio, estas ocorrências são distintas, indo desde as localidades sul-americanas supracitadas, incluindo a Bacia do Paraná, além do Mauritânia, Espanha, Estados Unidos e África do Sul. Por fim, durante o Devoniano Superior as localidades com ocorrências de *Tropidoleptus* se limitam ao Chile, África do Sul e Austrália.

Para a Família Leptocoeliidae, o processo de construção dos mapas paleobiogeográficos levou em consideração os gêneros desta família, sendo eles *Australocoelia*, *Leptocoelia*, *Leptocoelina* e *Pacificocoelia* nas épocas Devonianas (Inferior e Médio). Tendo em vista que esta família não possui registros fossilíferos no Devoniano Superior, o que inviabiliza a confecção do mapa paleobiogeográfico. Os gêneros *Anabaia* e *Eocoelia* não foram levados em consideração pois possuem suas ocorrências restritas ao Siluriano, idade pretérita ao escopo deste trabalho.

Austrália, Estados Unidos, Canadá, Venezuela e Brasil (sub-Bacia de Alto Garças) hospedam as ocorrências de *Leptocoelia* no Devoniano Inferior, que se perpetuam apenas na Venezuela e na sub-Bacia de Alto Garças durante o Devoniano Médio. *Australocoelia* possui uma distribuição mais ampla durante o Devoniano Inferior, indo desde regiões como Argentina, Peru, Bolívia, Brasil (Bacia do Paraná), Chile, Uruguai, África do Sul; no Devoniano Médio restringe-se para regiões como Chile, Uruguai e Brasil (Bacia do Paraná, Parnaíba e Amazonas).

Por fim, os gêneros *Leptocoelina* e *Pacificocoelia* restringem-se unicamente ao Devoniano Médio, sendo o primeiro gênero ocorrendo apenas nos Estados Unidos e o segundo no Canadá e nos Estados Unidos (Figura 24).

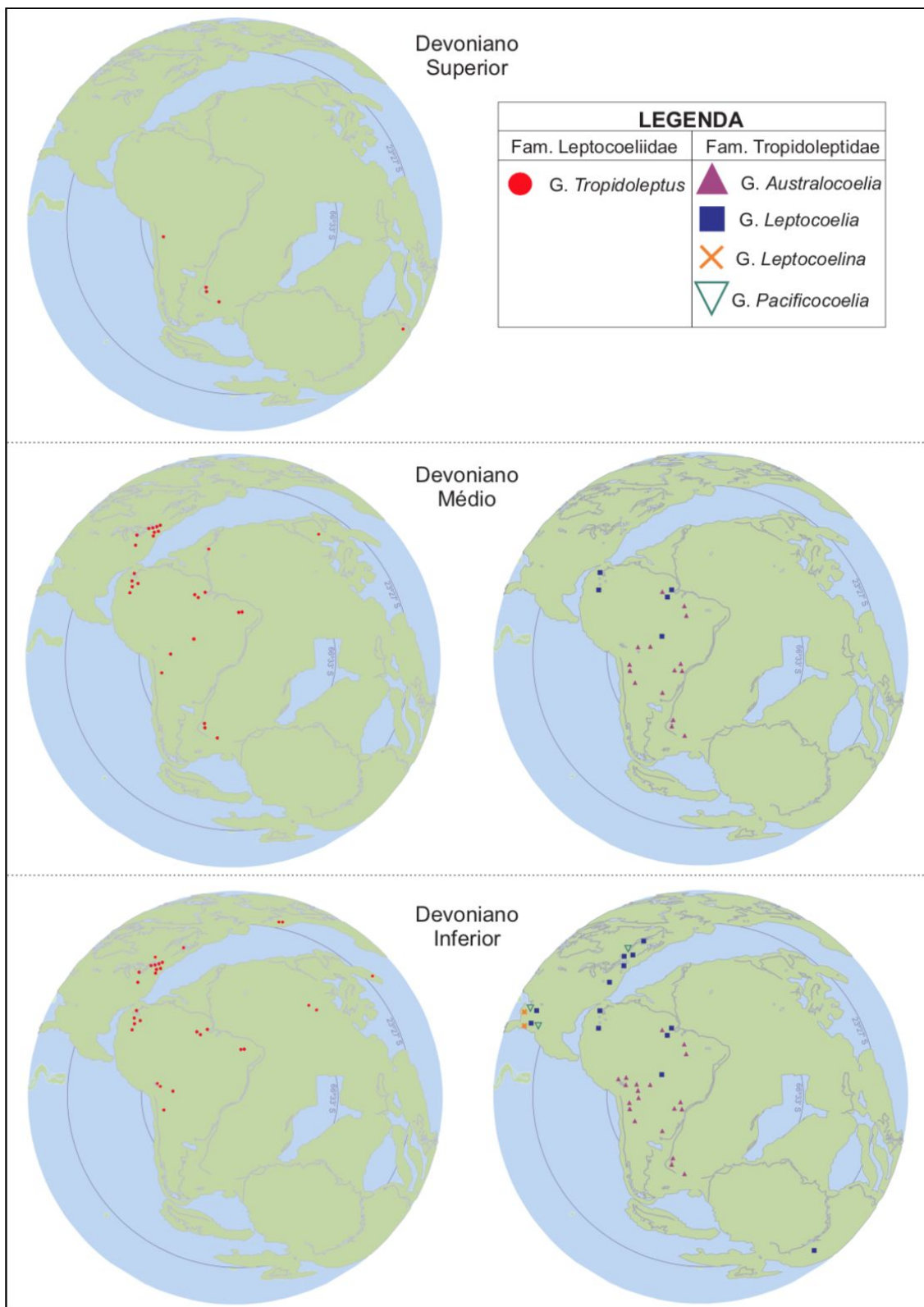


Figura 24: Ocorrência das família Leptocoeliidae e Tropidoleptidae ao longo do Devoniano.

6. DISCUSSÃO

6.1. CORRELAÇÕES BIOESTRATIGRÁFICAS

A **Seção Goiás** (pontos I, II e III) já foram estudados previamente (CARBONARO E GHILARDI, 2016; GRAHN *et al.*, 2016). No ponto II, a base da seção, foram encontradas idades Givetiano Inferior (GRAHN *et al.*, 2016). A Seção Goiás está localizada na borda nordeste da Bacia do Paraná, a presença de *Australocoelia* bem como as datações supracitadas sugerem inseri-las na Unidade 4 do Grupo Chapada.

Já a **Seção Chapada** (pontos IV e V) está localizada nos arredores do município de Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, borda noroeste da Bacia do Paraná. Grahn *et al.* (2010) realizaram trabalhos nesta região, utilizando esporos para efetivar o posicionando estratigraficamente. Diversos pontos nos arredores da cidade foram avaliados e dentre todos os pontos datados, as idades do final do Pragiano - Givetiano.

Os fósseis identificados no ponto V (*Orbiculoidea baini*, *Australocoelia tourteloti*, *Plicoplasia planoconvexa*, *Derbyina* sp., *Australostrophia* sp.) corroboram à idade Pragiano - Givetiano, no entanto, devido a insuficiência de informações oriundas de Clarke (1913) e Quadros (1987) não pode-se inferir a procedência do material com exatidão. Contudo, a Seção Chapada está inserida na Unidade 2 ou Unidade 4 do Grupo Chapada, devido o seu acervo fossilífero.

Por sua vez, a **Seção Jaciara** (pontos VI, VII, VIII e IX) refere-se a área localizada nas bordas setentrionais da sub-Bacia de Alto Garças. Ribeiro *et al.* (2019), não posicionaram bioestratigraficamente a localidade, sendo que apenas descreveram o afloramento e inferiram condições paleoambientais de um trato de

sistema regressivo para esta localidade. No entanto, Mauller *et al.* (2007) trouxeram dados palinológicos para um afloramento abaixo desta seção, possuindo esta idade Neo-Praguiano ao Meso-Emsiano.

Levando em consideração os paleoambientes deltaicos propostos por Ribeiro *et al.* (2019), a associação fossilífera (*Lingula* sp., *Orbiculoidea* sp., *Australocoelia* sp., *Australocoelia palmata*, *Notiochonetes* sp. e exemplares de *Australospirifer* sp.) e as datações nas unidades inferiores (MAULLER *et al.*, 2007) é possível inferir que a Seção Jaciara seria a localidade onde registra-se a transição da Unidade 2 do Grupo Chapada para a Unidade 3, ambas de idade Emsiano - Eifeliano.

A **Seção Taquaruçu-Fazenda Encantada** está alocado na borda sudoeste da Bacia do Parnaíba, no estado do Tocantins. O afloramento possui uma variabilidade fossilífera típica do Dev. Inferior-Médio, corroborando com Gama Jr. (2008).

A seção como um todo configura a passagem gradativa da Formação Itaim para a Formação Pimenteira. No ponto XI foram encontrados fósseis austrais (*Australocoelia* sp.) e boreais (*Tropidoleptus* sp.) sendo que, diferentemente das demais localidades, estratigraficamente este ponto estaria alocado na Formação Pimenteira, que por sua vez possui idade Givetiana.

Por fim, a **Seção Novo Acordo** configura um trato de sistema transgressivo, onde nos primeiros 6m temos siltitos e argilitos fossilíferos da formação Pimenteira de idade Givetiana, onde foram identificados *Lingula* sp., *Australocoelia* sp., vegetais fragmentados, *Orbiculoidea* sp. e *Nuculites* sp., discordantemente sobrepostos por arenitos finos e siltitos bastante bioturbados plataformais da Formação Cabeças de idade Givetiana - Frasniana. Grahn *et al.* (2016) propuseram, para a Formação

Pimenteira, uma idade que varia do Meso-Eifeliano ao Meso-Givetiano sugerindo que a conexão das bacias (Paraná e Parnaíba) tenha sido nesta faixa de idade.

As unidades devonianas da Bacia do Paraná nos estados de Mato Grosso e Goiás, se distribuem de maneira heterogênea ao longo de toda a sua extensão nos estados supracitados, o que reflete na distribuição bioestratigráfica das mesmas. Na Seção Chapada, alocada nas áreas circunvizinhos à cidade de Chapada dos Guimarães, no estado de Mato Grosso, nos pontos IV e V há provavelmente rochas e fósseis oriundos do Grupo Chapada (Unidade 2 ou Unidade 4) de idade do final do Pragiano até o Givetiano. Os fósseis encontrados nestas regiões, incluindo os dos trabalhos de Clarke (1913) e de Quadros (1987), são oriundos de um material laterítico e poderiam ter sido rolados e retrabalhados pelo intemperismo, ou seja, não há uma segurança quanto a idade desta seção. A medida que direciona-se para o flanco nordeste da bacia para o estado de Goiás, as rochas aflorantes configuram-se com idade Givetiana, sendo elas da Unidade 4 do grupo Chapada.

Já na Bacia do Parnaíba, as rochas devonianas em questão tem idades variando do NeoEifeliano-NeoFrasniano, oriundas da Formação Pimenteira, além dos pacotes da Formação Cabeças de idade Givetiana-Frasniana. Importante ressaltar que as unidades geológicas da Bacia do Parnaíba são correlatas com as rochas do Grupo Chapada Unidade 4 no Dev. Médio, Meso-Eifeliano (Figura 25).

	BACIA DO PARANÁ			BACIA DO PARNAÍBA	
	Seção Goiás	Seção Chapada	Seção Jaciara	S. Taquaruçu-F. Encantada	Seção Novo Acordo
Frasniano					?
Givetiano		Chapada Unidade 4		?	Formação Cabeças
Eifeliano		Chapada Unidade 2	Chapada Unidade 3	Formação Pimenteira	
Emsiano				?	
Pragian					

Figura 25: Correlações bioestratigráficas das porções devonianas das bacias do Paraná e Parnaíba.

6.2. CONEXÃO DAS BACIAS DO PARANÁ E PARNAÍBA

A ideia de conexão das bacias do Paraná e Parnaíba durante o Devoniano foi, e ainda continua sendo, bastante sustentada e repercutida nos anos anteriores por diversos autores (DERBY, 1895; CLARKE, 1913; ROXO, 1937; CASTER, 1952; MELO, 1988). Derby (1895) ao descrever o material oriundo da Chapada dos Guimarães (Mato Grosso) sugere que alguns exemplares poderiam ser oriundos de faunas boreais (europeias e norte-americanas), como os *Tropidoleptus carinatus* descritos por ele na ocasião.

Clarke (1913) retomando os trabalhos sobre a Bacia do Paraná e utilizando o material mato-grossense, afirmou que o material encontrava-se em um estado de conservação bastante comprometedor, o que poderia levar a conclusões paleobiogeográficas equivocadas. Contudo, o autor sugeriu que se aqueles exemplares fossem realmente oriundos de faunas equatoriais, concluindo assim que a Bacia do Paraná, durante o Devoniano Médio, teria hospedado uma mescla faunística.

Caster (1947) voltou a fomentar a ideia da ocorrência de espécies boreais (*Tropidoleptus carinatus*) no Mato Grosso, sustentado pela ideia inicial de Derby (1895). Posteriormente, diversos outros autores foram citando e levando em consideração a ocorrência de um táxon exótico na Bacia do Paraná (CASTER, 1947; COOPER, 1977, 1977; LANGE E PETRI, 1967; MELO, 1988; GRAHN *et al.*, 2016, dentre outros). Corroborando com a ideia da introdução de braquiópodes tropicais, exemplificados pela presença do *Tropidoleptus carinatus* no estado de Mato Grosso, no meio das faunas malvinocáfricas.

No entanto os trabalhos de exploração geológica e paleontológica revelam que nenhum exemplar austral ocorre nas regiões do Mato Grosso e de Goiás. Apenas os clássicos braquiópodes da fauna malvinocáfrica, como por exemplo a *Australocoelia palmata*, foi identificada nas bordas nordeste e nordeste da Bacia do Paraná (QUADROS, 1987; ANDRADE E CAMARÇO, 1980; CARBONARO E GHILARDI, 2016; RIBEIRO, 2018).

A ideia de mesclagem de faunas é sustentada inicialmente pela ocorrência de um exemplar de *Tropidoleptus* oriunda da região de Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, material este que tinha sido identificado por Clarke (1913). Kunzler (2012) apresentou em seu trabalho o exemplar coletado por Derby e o descreve brevemente. No entanto poucas fisionomias do gênero *Tropidoleptus* são notados no exemplar, como o ângulo da linha de articulação, formato da linha de comissura, proporção da largura da concha com a linha da articulação, formato das conchas, configuração da região umbonal e pedículo, linhas de crescimento e ornamentação.

Primeiramente, o espécime apresentado por Kunzler (2012) é descrito como molde interno da valva ventral de um *Tropidoleptus*, sendo esta convexa de contorno subcircular a oval, linha da charneira por toda a largura da concha, bico levemente afinado não ultrapassando o limite da linha da charneira, linhas de crescimento radiais pouco marcadas e região posterior inflada (Figura 26). No entanto, aplicando a diagnose proposta por Harper *et al.* (2010), identificado por Derby (1895) e retratado por Kunzler (2012) mostra que o exemplar não seria um *Tropidoleptus*.

Segundo Harper *et al.* (2010), a valva ventral do espécime possui a linha da articulação reta bem marcada em ambas as conchas, bico sempre protuberante (característico do gênero) indo mais adiante da linha da charneira, além da região posterior da valva ventral bem desenvolvida e costelas finas dispersas em toda a concha.

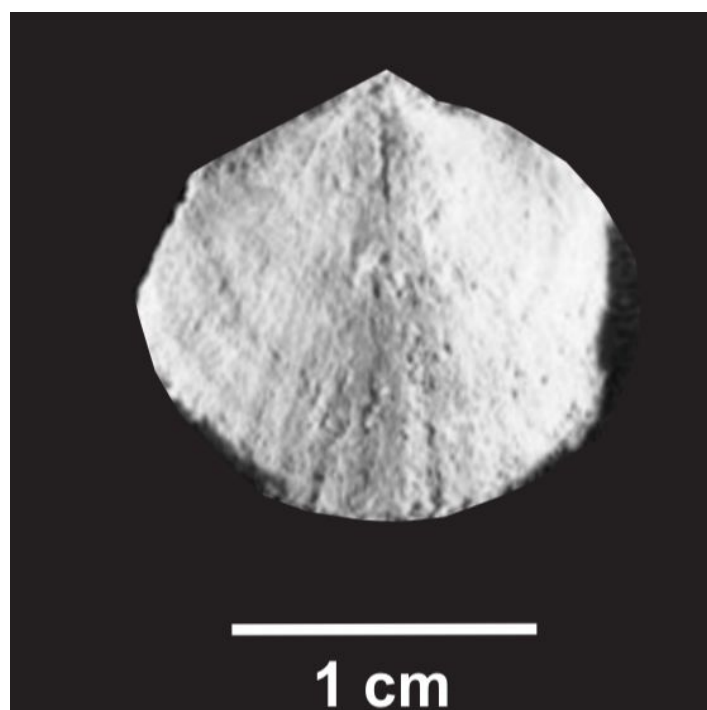


Figura 26: Braquiópode apresentado por Derby (1895) como sendo *Tropidoleptus* (retirado e adaptado de KUNZLER, 2012), aqui interpretado como *Leptocoeliidae*.

Pela imagem apresentada, o espécime em questão seria uma valva dorsal de uma *Australocoelia* (família Leptocoeliidae), como o próprio Clarke (1913) sugeriu em uma nota de rodapé em sua obra. Sendo a linha da charneira é curvada, as costelas são grossas e esparsas, o bico é fino e subereto, placas dentárias ausentes; caracteres estes totalmente distintos da família Tropidoleptidae.

Considerando que a análise morfofuncional previamente realizada para *Tropidoleptus* estaria incorreta e que o exemplar apresentado por Derby (1895) na verdade seria um exemplar da família Leptocoeliidae. Podemos compreender que a conexão das bacias do Parnaíba e do Paraná não pode ser sustentada pela ocorrência de um único exemplar que foi identificado de maneira incorreta.

Cooper (1977), Melo (1988), Fonseca e Melo (1987), Santos e Carvalho (2004), Gama Jr. (2008), dentre outros trouxeram em seus trabalhos diversas ocorrências de espécies da família Leptocoeliidae na Bacia do Parnaíba, bacia esta que ocupava condições paleoclimáticas próximas as tropicais. Vale ressaltar que este táxon seria originário das regiões austrais malvinocáfricas frias e não poderia ocorrer nas bacias quentes e tropicais.

A presença da família Leptocoeliidae na Bacia do Parnaíba corrobora e rebustece a ideia da conexão das bacias do Parnaíba e Paraná durante o Devoniano, no entanto não pode ser sustentada pela ocorrência de *Tropidoleptus* no estado de Mato Grosso, pois esta informação é equivocada. No entanto, ocorrência de faunas austrais (*Australocoelia* em específico), na Bacia do Parnaíba, poderia auxiliar na explicação deste evento.

A Bacia do Paraná é tida como provinciana sendo que, quando ela se liga a Bacia do Parnaíba, passaria a ter características mais cosmopolitas. Grahn *et al.* (2016) preconizaram que durante o Givetiano, a Bacia do Paraná, ao receber as faunas boreais perde sua característica singular e passa a abrigar faunas austrais e boreais. No entanto, pelo o que tudo indica, o contrário acontece, tendo as faunas malvinocáfricas de ambientes frios ocorrendo associada a elementos austrais. Podemos observar tal evento na Bacia do Parnaíba, no estado do Tocantins (COOPER, 1977; GAMA JR., 2008) e no Piauí (FONSECA E MELO, 1987; SANTOS E CARVALHO, 2004) são encontrados espécimes austrais (*Australocoelia*) e boreais (*Tropidoleptus*) partilhando das mesmas camadas litológicas.

6.3. ROTAS DE DISPERSÃO

Considerando-se a conexão das bacias do Paraná e do Parnaíba durante o Devoniano Médio. Fato este, justificado pela ocorrência de braquiópodes boreais e austrais em rochas da Bacia do Parnaíba. Deve-se agora compreender como se deu essa dispersão destes táxons (Leptocoeliidae e Tropidoleptidae), utilizando como ferramenta auxiliar a Pan-biogeografia.

Primeiramente, deve-se definir os centros de dispersão, aplicando a lei do menor esforço, como proposto por Morrone e Crisci (1995). O centro de dispersão deve ser fixado na área onde encontra-se o fóssil mais antigo daquele táxon, associado a uma alta frequência de ocorrência. Já a lei do menor esforço objetiva ligar localidades de menor distâncias, facilitando assim a dispersão.

Para a família Tropicodoleptidae, que é exclusivamente Devoniana, a mais antiga ocorrência está registrada no Canadá, de idade Lochkoviana (BOUCOT, 1999), bem como possuiu uma alta frequência de ocorrência. Tendo esta localidade como centro de dispersão, o táxon dispersa para as bacias europeias (República Tcheca e Alemanha) e norte- Africanas (Líbia) ainda no Devoniano Inferior.

O Devoniano Médio foi marcado por uma ampla distribuição e dispersão da família Tropicodoleptidae. Além das localidades sul-americanas onde o táxon ocorre na no final do Devoniano Inferior (Venezuela, Bolívia, Chile, Colômbia e Brasil), ocorre uma ampla dispersão para África (Mauritânia e África do Sul), Europa (Espanha) e Estados Unidos.

Apenas no Devoniano Superior, com a mudança da configuração dos continentes, Tropicodoleptus consegue alcançar as áreas da Austrália, bem como na África do Sul. Penn-Clarke *et al.* (2018) sugere uma ocorrência no Emsiano (Dev. Inferior) da África do Sul, no entanto tal ocorrência é questionável. Originalmente, o exemplar foi apresentado por Oosthuizen (1984) e na ocasião o autor aloca tal exemplar na passagem Eifeliano-Givetiano (Devoniano Médio), associado a exemplares malvinocáfricos. Vale ressaltar que Oosthuizen (1984) não afirma com exatidão tal espécie, fazendo da ocorrência de *Tropicodoleptus* na África do Sul ainda duvidoso (Figura 27).

Para os gêneros da família Leptocoeliidae observamos configurações e ocorrências paleobiogeográficas distintas durante o Devoniano. Primeiramente não foi possível fixar o centro de dispersão deste táxon pois sua ocorrência mais antiga dar-se-á durante o Siluriano. Mesmo levando em consideração o período anterior ao

escopo de tal trabalho, fica complicado inferir uma localidade como centro de dispersão para este táxon.

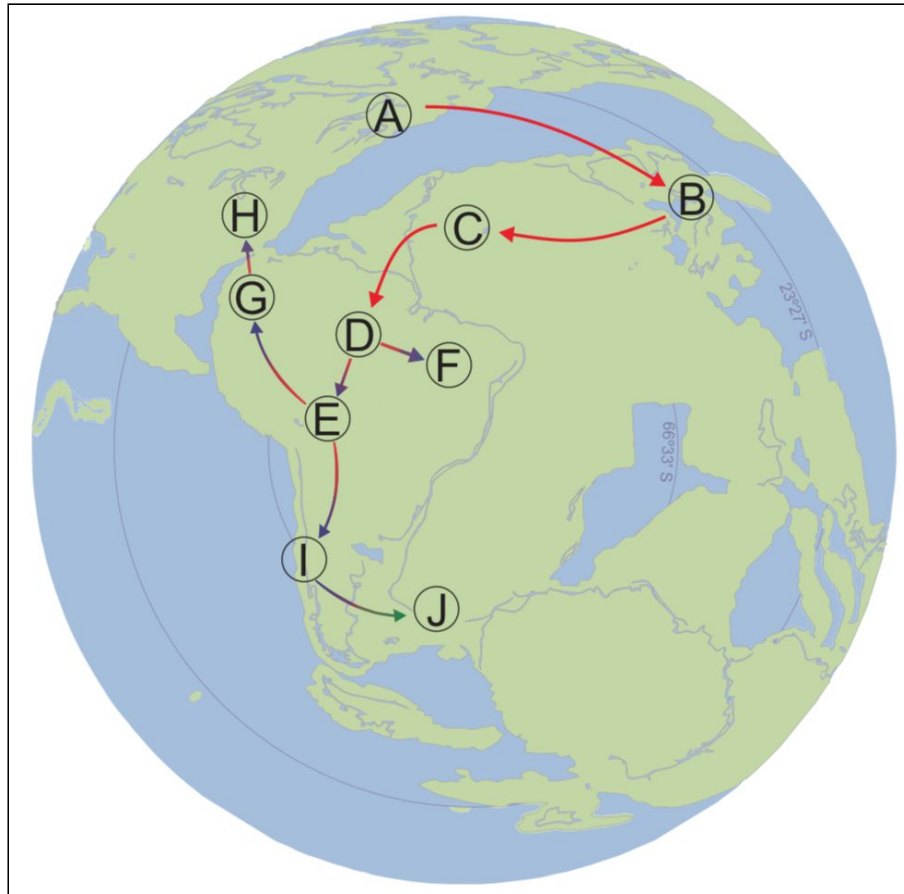


Figura 27: Rotas de dispersão da família Tropidoleptidae, tendo **A**: centro de dispersão, **B**: bacias europeias, **C**: bacias africanas, **D**: Bacia do Amazonas, **E**: bacias bolivianas, **F**: Bacia do Parnaíba, **G**: bacias venezuelanas, **H**: bacias norte-americanas, **I**: bacias pré-andinas (Chile e Argentina) e **J**: bacias sul-africanas. Setas vermelhas indicam Devoniano Inferior, setas azuis Devoniano Médio e as setas verdes o Devoniano Superior.

Visto que as ocorrências mais antigas estão registradas no Llandoveryano do Canadá e Irlanda para *Eocoelia*, paralelamente a Argentina hospeda nesta mesma época ocorrências de *Anabaia*.

Leptocoelia possui uma distribuição temporal maior, podendo sugerir seu centro de dispersão no Wenlockiano (Siluriano) da Argentina. Durante o Devoniano

Inferior o táxon adquire uma ampla distribuição, alcançando seu ápice de dispersão, ocorrendo desde as bacias do Canadá, Estados Unidos (oeste e leste), Venezuela, Austrália, bem como nas bacias brasileiras (Amazonas e Paraná). Já no Devoniano Superior, as ocorrências de *Leptocoelia* restringem-se apenas à Venezuela, Bacia do Amazonas e do Paraná.

Pacificocoelia e *Leptocoelina* ocorrem unicamente nas bacias ocidentais norte-americanas durante o Devoniano Inferior, táxons esses que configuram-se de clima equatorial, por isso a única ocorrência nestas localidades. *Australocoelia* ocorre praticamente em todas as bacias sul-americanas durante o Devoniano Inferior, desde a Argentina, Peru, Bolívia, Chile, Uruguai, África do Sul e no Brasil (Bacia do Paraná). O que se mantém durante o Devoniano Médio, no entanto, com uma maior frequência em todas as localidades. *Australocoelia* está restrita a regiões de paleoclimas polares / temperados. *Australocoelia* e *Leptocoelia* ocupavam nichos ecológicos distintos, tendo a Bacia do Amazonas e Parnaíba como um local de coexistência dos dois táxons (Figura 28).

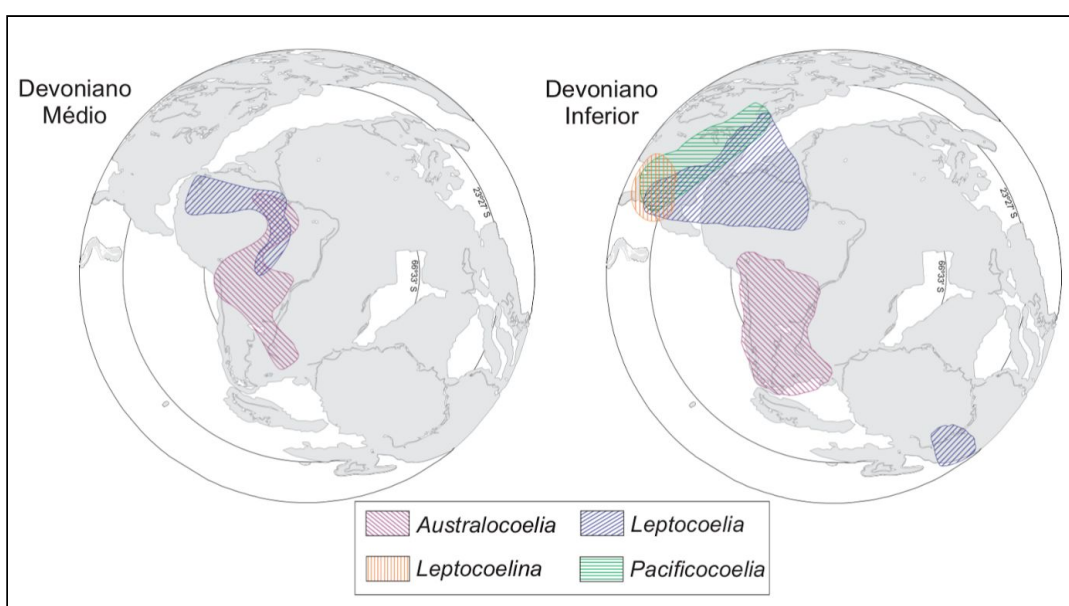


Figura 28: Pan-Biogeografia da família Leptocoeliidae.

7. CONCLUSÃO

A conexão das bacias do Paraná e Parnaíba durante o Devoniano Médio foi originalmente sustentada pela ocorrência de exemplares de *Tropidoleptus carinatus* ao norte da Bacia do Paraná, no estado de Mato Grosso. Sugerindo que as faunas austrais teriam, num momento de aquecimento global e paralelamente subida do nível do mar, adentrando assim os mares mais austrais da Gondwana.

No entanto, o espécime anteriormente descrito como *Tropidoleptus* não consiste em tal, com uma análise morfofuncional podemos concluir que na verdade seria um táxon de *Australocoelia*. *Tropidoleptus* possui habito equatorial, indicando que provavelmente não adentrou a Bacia do Paraná por rotas de dispersão já que a bacia encontrava-se em regiões polares durante o Devoniano.

Tropidoleptus teve seu centro de dispersão nas bacias canadenses durante o Lochkoviano, dispersando para Europa, norte da África, e apenas no Devoniano Médio adentra a América do Sul pela Bacia do Amazonas. Durante o Devoniano Médio ocupa as bacias pré-Andinas (Chile, Argentina, Peru, Bolívia e Venezuela) e o leste dos Estados Unidos, sendo apenas ao final do Devoniano o registro de sua presença nas bacias sul-africanas.

O que pode nutrir a ideia da conexão das bacias do Paraná e do Parnaíba durante o Devoniano sul-americano pode ser a ocorrência de gêneros de exemplares de *Australocoelia* na Bacia do Parnaíba. Diversas localidades ao longo dos estados de Tocantins e Piauí evidenciam esses exemplares em suas rochas devonianas.

O centro de dispersão da família Leptocoeliidae não está no Devoniano, remontando idades silurianas. No entanto, para a idade considerada, temos *Pacificocoelia* e *Leptocoelina* ocorrendo unicamente em climas equatoriais na costa oeste dos Estados Unidos. Por outro lado, *Leptocoelia* possui ocorrências em regiões mais temperadas, visto que no Devoniano Médio coexiste na Bacia do Amazonas com táxons polares de *Australocoelia*. Possuindo um processo de dispersão inverso do grupo irmão, *Australocoelia* sai das regiões polares da Bacia do Paraná e adentra a bacia temperada do Parnaíba durante o Devoniano Médio.

Durante o Devoniano Médio, a conexão das bacias do Paraná e Parnaíba, associados às mudanças climáticas globais de temperatura e paleogeográficas, impactaram significativamente a biota de braquiópodes. A mistura de águas frias e polares da Bacia do Paraná e quentes e equatorial das bacias norte americanas e europeias fizeram com que a Bacia do Parnaíba tivesse um comportamento singular para a dispersão, podendo considerá-la um ecótono para os táxons estudados.

Para os braquiópodes da família Tropidoleptidae, a Bacia do Parnaíba impediu que aqueles animais tivessem acesso às bacias centro-sul brasileiras (Bacia do Paraná). Ao mesmo tempo, para os braquiópodes da família Leptocoeliidae, a Bacia do Parnaíba favorecendo a dispersão, comprovado este pelas vastas ocorrências de *Australocoelia* nas bacias do Parnaíba e do Amazonas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDRIDGE, R. J.; TURNER, S.; JONES, G. L.; HARPER, D. A. T. Late Llandovery the lodonts and conodonts from the Kilbride Formation, Co. Galway, western Ireland. *Geological Journal. United States of America*. v. 31, n.4, p 359-367, 1996.
- ALGEO, J. T.; SCHECKLER, S. E. Terrestrial-marine teleconnections in the Devonian: links between the evolution of land plants, weathering processes, and marine anoxic events. *Philosophical Transactions of Royal Society of London. Biological Sciences*. 353, 113 - 130. 1998.
- ALMEIDA, F. F. M. & CARNEIRO, C. D. R. Inundações marinhas fanerozóicas no Brasil e recursos minerais associados. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO-NEVES, B. B. (Org.). *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, p.43-58, 2004.
- ALMEIDA, F. F. M. & MELO, M. S. A. Bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo – IPT. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, São Paulo: IPT, v. 1, p. 46 - 81. Escala 1 500.000, 1981.
- ANDRADE, S. M. & CAMARÇO, P. E. N. Mapeamento Geológico a Leste das Cidades de Iporá - Amorinópolis. Relatório Final da Nuclebrás. Goiânia. Brasil, p. 32, 1978.
- _____. Estratigrafia dos sedimentos devonianos do flanco nordeste da Bacia do Paraná. Anais do 31º Congresso Brasileiro de Geologia. Santa Catarina, Balneário de Camboriú, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 5, p. 2828 - 2834, 1980.
- ANDREIS, R. R.; BOSSI, G. E.; MONTARDO, D. K. O Grupo Rosário do Sul (Triássico) no Rio Grande do Sul. Anais do 31º Congresso Brasileiro de Geologia. Santa Catarina, Balneário de Camboriú, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 5, p. 659-673. 1980.
- ASSINE, M. L.; SOARES, P. C.; MILANI, E. J. Seqüências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77 - 89, 1994.
- ALBUQUERQUE, O. R. & DEQUECH, V. Contribuição para a geologia do meio-norte, especialmente Piauí e Maranhão. Anais do Congresso Panamericano de Engenharia de Minas e Geologia, v. 3, n. 2, p. 69 - 109, 1946.
- BARRETT, S. F. Paleogeology and stratigraphy of Devonian sediments in the northern Andes, Colombia: paleogeographic implications. Illinois, 329 p. University of Chicago, 1986.
- BENEDETTO, J. L. Braquiópodos del Silurico temprano malvinocafrico (Formacion La Chilca), Precordillera Argentina. *Géobios*, v. 28, n. 4, p. 425 - 457, 1995.

BENEDETTO, J. L. & COCKS, L. R. M. Early Silurian (Rhuddanian) brachiopods from the Argentine Precordillera and their biogeographic affinities. *Ameghiniana*, v. 46, n.2, p. 241 - 253, 2009.

BENEDETTO, J. L. & FRANCIOSI. Braquiópodos Silúricos de las Formaciones Tambolar y Rinconada en la Precordillera de San Juan, Argentina. *Ameghiniana*, v. 35, n. 2, p. 115 - 132, 1998.

BENEDETTO, J. L.; RACHEBOEUF, P. R.; HERRERRA, Z.; BRUSSA, E. D.; TORO, B. A. Brachiopodes et biostratigraphie de la Formation de Los Espejos, Siluro-Devonien de la Precordillera (NW Argentine). *Géobios*, v. 25, n.5, p. 599 - 637, 1992.

BOLTON, T. E. & COPELAND, M. J. Paleozoic formations and Silurian biostratigraphy, Lake Timiskaming region, Ontario and Quebec. *Geological Survey of Canada, Paperv.* 72, n. 15, p. 1 - 49, 1972.

BOSETTI, E. P.; GRAHN Y.; HORODYSKI R. S.; MAULLER P. M.; BREUER P.; ZABINI C. 2011. An earliest Givetian "Lilliput Effect" in the Parana Basin, and the collapse of the Malvinokaffric shelly fauna. *Palaontologische Zeitschrift* 85:49–65.

BOUCOT, A. J. Brachiopods of the Lower Devonian Rocks at Highland Mills, New York. *Journal of Paleontology*, v. 33, n. 5, p. 727 - 769, 1959.

_____. Malvinokaffric Devonian Marine Community Distribution and Implications for Gondwana. *Anais da Academia Brasileira de Ciência, Supl.*, v. 43, p. 23 - 49, 1971.

_____. Silurian and pre-Upper Devonian bio-events. In- Kauffman E.G., Walliser O.H. (eds) *Extinction Events in Earth History. Lecture Notes in Earth Sciences*, vol 30. Springer, Berlin, Heidelberg. 1990.

_____. Some Wenlockian-Gedinnian, chiefly brachiopod dominated communities of North America. In: BOUCOT, A. J.; LAWSON, J. D. (eds.), *Paleocommunities: a case study from the Silurian and Lower Devonian*, p. 549 - 591, 1999.

BOUCOT, A. J.; BAHLBURG, H; BREITREUZ, C; ISAACSON, P. E.; NIEMEYER, H.; URZUA, F. Devonian brachiopods from northern Chile. *Journal of Paleontology*, v. 69, n. 2, p. 257 - 263, 1995.

BOUCOT, A. J.; ROWELL, A. J.; RACHEBOEUF, P. PEREIRA, E.; MELO, J. H. G. Position of the Malvinokaffric Realm's northern boundary (Early Devonian) based on newly discovered brachiopods from the Parecis Basin (Brazil). *Journal of the Czech Geological Society*, v. 46, p. 109 - 120, 2001.

CABRERA, A.L. & WILLINK, A. Biogeografía de América Latina. Organización de los Estados Americanos (OEA), Serie de Biología, Monogr. Washington, D.C. n. 13, p. 117, 1973

CAMARÇO, P. E. N. & SOUZA JR.; J. J. Geologia da bacia do Paraná no sul de Goiás. Boletim do 35 Congresso Brasileiro de Geologia. Goiania, Goiás: SBG, 1986

CAPUTO, M. V. & LIMA, E. C. Estratigrafia, idade e correlação do grupo Serra Grande, Bacia do Parnaíba. In: Anais do 33 Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: SBG, v. 2, p. 740 - 753, 1984.

CHLUPÁČ, I. Devonian Trilobites - Evolution and events. [Trilobites devoniens - Evolution et evenements stratigraphiques] . GEOBIOS, 27, 4: 487-505. 1994.

CRAW, R. C.; GREHAN J. R.; HEADS M. J. Paleobiogeography: tracking the history of life. *Published by Oxford University Press, Inc.* v.11, 1999.

CARBONARO, F. A. & GHILARDI, R. P. Fósseis do Devoniano do Estado de Goiás (Sub-bacia Alto Garças, Bacia do Paraná). Papéis Avulsos de Zoologia, v. 56, p. 135 - 149, 2016.

CARBONARO, F. A.; LANGER, M. C.; NIHEI, S. S.; FERREIRA, G. S.; GHILARDI, R. P. Inferring ancestral range reconstruction based on trilobite records: a study-case on *Metacryphaeus* (Phacopida, Calmoniidae). *Sci Rep* 8, 15179. 2018.

CARLS, P. The Devonian of Celtiberia (Spain) and Devonian paleogeography of SW Europe. In: MCMILLAN, N. J.; EMBRY, A. F.; GLASS, D. J., Devonian of the World, v. I, p. 421 - 466, 1988.

CARVALHO, R. G. **Braquiópodes Devonianos da Bacia do Amazonas**. São Paulo. 140 p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Sao Paulo, 1972.

_____. Esperiferídeos da Bacia do Paraná. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 48, n. 3, p. 453 - 461, 1976.

CASTER, K. E. Expedição geológica em Goiaz e Mato Grosso. Agência de Mineração e Metalurgia, v. 12, n. 69, p.126 - 127, 1947a.

_____. Excursão geológica no estado do Piauí. Agência de Mineração e Metalurgia, v. 12, n. 72, p.271 - 272, 1947b.

_____. Stratigraphic and paleontologic data relevante to the problem of Afro-American ligation during the Paleozoic and Mesozoic. Bulletin of the American Museum of Natural History, v. 99, n. 3, p.105 - 152, 1952.

CASTRO, J. C. **A evolução dos sistemas glacial, marinho e deltaico das formações Rio do Sul e Rio Bonito/Membro Triunfo (Eopermiano), sudeste da Bacia do Paraná**. São Paulo, 147 p. Tese de Doutorado - Universidade Estadual Paulista, 1991.

CLARKE, J.M. *Fósseis devonianos do Paraná*. In: Monographias do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Rio de Janeiro, p. 1 - 353, 1913.

CONRAD, T. A. Descriptions of new species of organic remains. Second Annual Report on the Palaeontological Department of the Survey. New York State Geological Survey, p. 57 - 66, 1839.

COOPER, P. Paleolatitudes in the Devonian of Brazil and the Frasnian-Famennian mass extinction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 21, n. 3, p. 165 - 207, 1977.

CRAW, R. C.; J. R. GREHAN & M. J. HEADS. *Panbiogeography: Tracking the history of life*. New York y Oxford, Oxford Biogeography series 11.1999.

CUNHA, F. M. B. Evolução paleozóica da Bacia do Parnaíba e seu arcabouço tectônico. 107p. Dissertação Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1986.

DELLA FÁVERA, J. C. **Tempestitos na Bacia do Parnaíba**. Rio Grande do Sul. 560 p. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1990

DERBY, O. A. A geologia da região diamantífera da Província do Paraná. *Archivos do Museu Nacional*, n. 3, p. 89 - 98, 1878.

_____. Nota sobre a geologia e paleontologia de Matto Grosso. *Archivos do Museu Nacional*, n. 9, p. 59 - 88, 1895.

DI PASQUO, M.; AMENABAR, C. R.; NOETINGER, S. Middle Devonian microfloras and megafloras from western Argentina and southern Bolivia. Its importance in the palaeobiogeographical and palaeoclimatical evolution of western Gondwana. *Special Publications 314*. In: Königshof, P. (Ed.), *Devonian Change: Case Studies in Palaeogeography and Palaeoecology*. The Geological Society, London, pp. 191 - 211. 2009.

DI PASQUO, M.; NOETINGER, S.; ISAACSON, P.; GRADER, G.; STARCK, D.; MOREL, E.; FOLNARY, H. A. Mid-Late Devonian assemblages of herbaceous lycophytes from northern Argentina and Bolivia: Age assessment with palynomorphs and invertebrates and paleobiogeographic importance. *Journal of South American Earth Science*, 63 (70 - 83). 2015.

DOWDING, E. M.; EBACH, M. C. Evaluating Devonian bioregionalization: quantifying biogeographic areas. *Paleobiology* (1 - 16). 2019.

ELRICK, M.; BERKYOVÁ, S.; KLAPPER, G.; SHARP, Z.; JOACHIMSKI, M.; FRYDA, J. Stratigraphic and oxygen isotope evidence for My-scale glaciation driving eustasy in the Early-Middle Devonian greenhouse world. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 276. 2009.

FERNANDES, L. A. & COIMBRA, A. M. O Grupo Caiuá (Ks): Revisão estratigráfico e contexto deposicional. *Revista Brasileira de Geociências*. v. 24, n. 3, p. 164 - 176, 1994.

FONSECA, V. M. M.; MELO, J. H. G. Ocorrência de *Tropidoleptus carinatus* (Conrad) (Brachiopoda, Orthida) na Formação Pimenteira e sua importância paleobiogeográfica. Anais do X Congresso Brasileiro de Paleontologia. Rio de Janeiro, p. 505 – 537, 1987.

FRANÇA, A. B.; POTTER, P. E. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (Parte 1). Boletim de Geociências da Petrobras. v. 2, n. 4, p. 147 - 191, 1988.

GALLO, V.; FIGUEIREDO, F. Paleobiogeografia. In: CARVALHO, I. S. Paleontologia, Conceitos e Métodos. v. 1, ed. 3, p. 247 - 265, 2010.

GAMA-JUNIOR, J.M. **Braquiópodes da Formação Pimenteira (Devoniano Médio/Superior), na região sudoeste da Bacia do Parnaíba, Município de Palmas, Estado do Tocantins, Brasil.** 74f. Brasília. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 2008.

GHILARDI, R. P. **Tafonomia comparada e paleoecologia dos macroinvertebrados (ênfase em trilobites), da Formação Ponta Grossa (Devoniano, Sub-bacia Apucarana), Estado do Paraná, Brasil.** São Paulo, 113 p. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, 2004.

GHILARDI, R. P.; SCHEFFLER, S. M.; HORODYSKI, R. S. & BOSETTI, E. P. Ocorrência de macroinvertebrados pós evento KAČÁK: 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. 2011.

GÓES, A. M. O.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Parnaíba. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 57 - 68, 1994.

GOLONKA, J.; ROSS, M. I.; SCOTese, C. R. Phanerozoic paleogeographic and paleoclimatic modeling maps. In: Pangea: Global Environments and Resources. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 17 (1 - 47). 1994.

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

GRAHN, Y.; MAULLER, P. M.; PEREIRA, E.; LOBOZIAK, S. Palynostratigraphy of the Chapada Group and its significance in the Devonian stratigraphy of the Paraná Basin, south Brazil. Journal of South American Earth Sciences, v. 29, p.354 - 370, 2010.

GRAHN, Y.; HORODYSKI, R. S., MAULLER, P. M., BOSETTI, E. P., GHILADI, R. P. & CARBONARO, F.A. A Marine connection between Parnaíba and Paraná Basins during the Eifelian/Givetian transition: Review and new data. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 19 (3), 357–366. 2016

HABICHT, J. K. A. Paleoclimate, Paleomagnetism, and Continental Drift. American Association of Petroleum Geologists. Studies in Geology No. 9. x 29 pp., 11. 1979.

HARPER, D. A. T.; ALVAREZ, F.; BOUCOT, A. J.; WILLIAMS, A.; WRIGHT, A. D.; SCHEMM-GREGORY, M. Tripodoleptida (Brachiopoda): Devonian hopeful monsters or misplaced orphans. Special Papers in Paleontology, v. 84, p. 119 - 136, 2010.

HARRINGTON, H. J. Silurian of Paraguay. Geological Society of America Special Paper, v. 133, p. 41 - 50, 1972.

HAVLICEK, V; STORCH, P. Silurian and Lochkovian communities in the Prague basin (Barrandian area, Czech Republic). In: BOUCOT, A. J.; LAWSON, J. D. Paleocommunities: a case study from the Silurian and Lower Devonian. Cambridge University Press, Cambridge. p. 200 - 228, 1999.

HENNING W.. Phylogenetic Systematics. Urbana, Illinois University III Press, 1966.

HILLER, N. Benthic communities and sedimentary facies in the Lower Witteberg Group, (Devonian, South Africa). Annals of the South African Museum, v. 99, n. 7, p. 215 - 230, 1990.

ISAACSON, P. E. Evidence for a western extracontinental land source during the Devonian period in the central Andes. Geological Society of America Bulletin, v. 86, p. 39 - 46, 1975.

_____. Devonian stratigraphy and brachiopod paleontology of Bolivia. part A: Orthida and Strophomenida. Palaeontographica Abteilung A, v. 155, n. 5, p. 133 - 192, 1977.

ISAACSON, P. E. & PERRY, D. G. Biogeography and Morphological Conservatism of *Tropidoleptus* (Brachiopoda, Orthida) during the Devonian. Journal of Paleontology, v. 51, p. 1108 - 1122, 1977.

ISAACSON, P. E & CHLUPAC, I. Significance of a *Tropidoleptus* assemblage from the Devonian of the Moravo-Silesian region, Czechoslovakia. Casopis pro mineralogia geologia, v. 29, n. 2, p. 141 - 153, 1984.

JOACHIMSKI, M. M.; BREISIG, S.; BUGGISCH, W.; TALENT, J. A.; MAWSON, R.; GEREKE, M.; MORROW, J. R.; DAY, J.; WEDDIGE, K. Devonian climate and reef evolution: Insights from oxygen isotopes in apatite. Earth and Planetary Science Letters. 284 (599 - 609). 2009.

JOHNSON, J. G. Great Basin Lower Devonian Brachiopoda. Geological Society of America Special Paper, v. 131, p. 1 - 421, 1970.

_____. Revision of L. Dev (Emsian) brachiopod biostrat and biogeography, central NV. Journal of Paleontology, V. 60, P. 825 - 844, 1986.

KATZER, F. Geologia do Estado do Pará. Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi de História Natural e Ethnographia, v. 9, p. 1 - 269, 1933.

KEGEL, W. Contribuição para o estudo do Devoniano da Bacia do Parnaíba. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, v. 141, p. 1 - 48, 1953.

KESLING, R. V.; CHILMAN, R. B. Strata and megafossils of the Middle Devonian Silica Formation. University of Michigan Papers on Paleontology, v. 8, p. 1 - 408, 1975.

KUNZLER, J. Resgate histórico e taxonômico dos braquiópodes devonianos do estado de Mato Grosso depositados no Museu Nacional. Rio de Janeiro, 118 p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

LANGE, F.W.; S. PETRI. The Devonian of the Paraná Basin. Boletim Paranaense de Geociências. v. 21, n. 22, p. 5 - 55, 1967.

LAUBACHER, G.; BOUCOT, A. J.; GRAY, J. Additions to Silurian stratigraphy, lithofacies, biogeography and paleontology of Bolivia and southern Peru. Journal of Paleontology, v. 56, n. 5, p. 1138 - 1170, 1982.

LESPERANCE, P. J.; SHEEHAN, P. M. Middle Gaspé Limestone communities on the Forillon Peninsula, Quebec, Canada (Siegenian, Lower Devonian). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1975.

MAULLER, P. M.; CARDOSO, T. R. M.; PEREIRA, E.; STEEMANS P. Resultados Palinoestratigráficos do Devoniano da Sub-bacia de Alto Garças (Bacia do Paraná - Brasil). Paleontologia Cenários da Vida, Editora Interciência. 607 - 618. 2007.

MC GHEE, G. R. The Frasnian-Famennian mass extinction record in the eastern United States. In: Kauffman E.G., Walliser O.H. (eds) Extinction Events in Earth History. Lecture Notes in Earth Sciences, vol 30. Springer, Berlin, Heidelberg. 1990.

MELO, J. H. G. A Província Malvinocáfrica no Devoniano do Brasil; estado atual dos conhecimentos. Rio de Janeiro, 1800p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1985.

_____. The Malvinokaffric Realm in the Devonian of Brazil. In: McMillan, N.J.; Embry, A.F. & Glass, D.J. (Eds.). Devonian of the World: Proceedings of the 2nd International Symposium on the Devonian System. Canadian Society of Petroleum Geologists. v. 14, p. 669 - 703, 1988.

MENDEZ-ALZOLA, R. Fosiles devonicos del Uruguay. Boletín del Instituto Geológico del Uruguay, v. 24, p. 3 - 115, 1938.

MERGL, M.; MASSA, D. Devonian and Lower Carboniferous brachiopods and bivalves from western Libya. Biostratigraphie du Paleozoique, v. 12, p. 1 - 115, 1992.

MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental.** 2

v. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. Boletim de Geociências da Petrobrás, v. 15, n. 2, p. 265 - 287, 2007.

MORRONE, J. J. & CRISCI, J. V. Panbiogeografia: Fundamentos y Metodos. Evolución Biológica, v. 4, p. 119 - 140, 1990.

_____. Historical biogeography: Introduction to methods. Annual Review Ecological System, v. 26, p. 373 - 401, 1995.

NEIL, J. V. The Early Devonian Fauna of the Mt. Ida Formation in the Heathcote District. Victorian Naturalist, v. 99, n. 5, p. 195 - 201, 1982.

NELSON, G.; PATRICK, N. I. Systematics and Biogeography: Cladistics and Vicariance. Columbia University Press. New York, 1981.

NELSON, G. & P.Y. LADIGES. Three-area statements: Standard assumption for biogeographic analysis. *Syst. Zool.*, 40: 470-485, 1991.

OLIVEIRA, D. C.; MOHRIAK, W. U. Jaibaras Trough: an important element in the early tectonic evolution of the Parnaíba interior sag Basin, Northeastern Brazil. Marine and Petroleum Geology, Guildford, v. 20, p. 351-383, 2003.

OOSTHUIZEN, R. D. F. Preliminary catalogue and report on the biostratigraphy and palaeogeographic distribution of the Bokkeveld fauna. Transactions of the Geological Society of South Africa, v. 87, p. 125 - 140, 1984.

PAGE, R. D. M. Genes, organisms, and areas: the problem of multiple lineages. Systematic Biology, v. 42, p. 77 - 84, 1993.

PENN-CLARKE, C. R. The Malvinokaffric Realm in the Early-Middle Devonian of South Africa. Journal of African Earth Sciences, 158. 2019.

PENN-CLARKE, C. R., RUBIDGE, B. S.; JINNAH, Z. A. Two hundred years of palaeontological discovery: review of research on the Early to Middle Devonian Bokkeveld Group (Cape Super-group) of South Africa. Journal of African Earth Sciences 137 (157–178). 2018.

QUADROS, R. **Paleontologia dos Brachiopoda – Lingulida, Strophomenida, Spiriferida, Terebratulida – Devonianos, da Serra de Atimã e arredores, Mato Grosso– Brasil.** Porto Alegre. 73 p. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1987.

RACHEBOEUF, P. R.; GOURVENNEC, R.; DEYNOUX, M. BRICE, D. The Devonian of the Hodh area (Islamic Republic of Mauritania): paleontology and stratigraphy. Journal of Paleontology, v. 78, n. 1, p. 98 - 110, 2004.

RACHEBOEUF, P. R.; VILLENEUVE, M. Une faune Malvino-Cafre de Brachiopodes Siluriens du Bassin Bove (Guinee, Ouest de l'Afrique). *Geologica et Palaeontologica*, v. 26, p. 1 - 11, 1992.

RAMOS, A. N. Aspecto paleo-estruturais da Bacia do Paraná e sua influência na sedimentação. *Boletim Técnico da Petrobrás*, v. 13, n. 3, p. 85 - 93, 1970.

RATHBUN, R. On the Devonian Brachiopoda of Ererê, Province of Pará, Brazil. *Bulletin of the Buffalo Society of Natural Science*, v. 1, n. 4, p. 236 - 261, 1874.

RETALLACK, G.; HUANG, C. Ecology and evolution of Devonian trees in New York, USA. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 299 (110 - 128). 2011

RAYMOND, A. Paleogeographic Distribution of Early Devonian Plant Traits.

PALAIOS, Vol. 2, No. 2 (113 - 132). 1987.

RENNE, P. R.; ERNESTO, M.; PACCA, I. G.; COE, R. S.; GLEN, J.; PRÉVOT, M.; PERRIN, M. Rapid eruption of the Paraná flood volcanism, rifting of southern Gondwanaland and the Jurassic-Cretaceous boundary. *Science*, v. 258, p. 975 - 979, 1992.

RIBEIRO, V. R.; GHILARDI, R. P.; CAMINHA, S. A. F. S. Fácies deltaicas devonianas de Jaciara - Mato Grosso: o indício de uma nova proposta estratigráfica para a sub-bacia de Alto Garças. *Revista de Geociências da UNESP*, v. 38, n. 3, p. 687 - 698.

Devoniano do flanco noroeste da bacia do Paraná, região de Jaciara - MT. *Anais do 49 Congresso Brasileiro de Geologia*, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

ROBERTS, J. Devonian and Carboniferous Brachiopods from the Bonaparte Gulf Basin, Northwestern Australia. Department of National Development, Bureau of Mineral Resources, *Bulletin of Geology and Geophysics*, v. 1, n. 122, p. 1 - 319, 1971.

ROSEN, B. R. From fossils to earth history: applied Historical Biogeography. MYERS, A. A.; GILLER, P. S. *Analytical Biogeography*. Chapman and Hall, London, p. 437 - 481, 1988.

ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W.; SANTOS JUNIOR, A. E. Clima do cretáceo no meio-norte brasileiro. ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (Ed.). *O cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú*, p. 67 - 76, 2001.

ROXO, M. G. de O. Notas geológicas sobre a chapada de Matto Grosso. *Notas Preliminares e Estudos do Serviço Geológico e Mineralógico*, v. 15, p. 4 - 7, 1937.

ROWLEY, D. B.; RAYMOND, A.; PARRISH, J. T.; LOTTES, A. L.; SCOTese, C.; ZIEGLER, A. M. Carboniferous paleogeographic, phytogeographic, and paleoclimatic reconstructions. *International Journal of Coal Geology*. 5 (7 - 42). 1985.

SANCHEZ, T. M.; BENEDETTO, J. L. Paleoecologia, comunidades bentônicas y sucesión paleoambiental en el Grupo Rio Cachiri, Devoniano, Sierra de Perija, Venezuela. *Ameghiniana*, v. 20, n. 3 - 4, p. 163 - 198, 1983.

SANTOS, M. E. C. M.; CARVALHO, Marise Sardenberg Salgado de. Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís. Rio de Janeiro: CPRM, 2004

SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; GAUDETTE, H. E.; GROVES, D. I.; MCNAUGHTON, N. J.; FLETCHER, I. R. A new understanding of the province of the Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gondwana Research*, v. 3, n. 4, p. 453 - 488, 2000.

SAVAGE, N. M. The brachiopods of the Lower Devonian Maradana Shale, New South Wales. *Palaeontographica Abteilung*, v. 146, n. 1, p. 1 - 51, 1974.

SCHEFFLER, S. M. **Crinóides e Blastóides do Devoniano Brasileiro**. Rio de Janeiro. 288 p. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2010

SCOTSE, C. R.; BOUCOT, A. J.; MCKERROW, W. S.. Gondwanan palaeogeography and palaeoclimatology. *J. Afr. Earth Sci.* 28, 99 - 114. 1999.

SEDORKO, D.; BOSETTI, E. P.; GHILARDI, R. P. MYSZYNSKI-JÚNIOR, L. J.; SILVA, R. C.; SCHEFFLER, S. M. Paleoenvironments of a regressive Devonian section from Paraná Basin (Mato Grosso do Sul state) by integration of iconologia, taphonomic and sedimentologic analyses. *Brazilian Journal of Geology*. 48 (4), 805 - 820. 2018.

SILVA, A. J. P.; LOPES R. da C.; VASCONCELOS A. M.; BAHIA R. B. C. Bacias Sedimentares Paleozoicas e Meso-Cenozóicas Interiores. *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*, v. 1, cp. II, p. 55 - 85, 2003.

SIMÕES, M. G., GHILARDI, R. P. Protocolo Tafonômico/Paleoautoecológico como Ferramenta nas Análises Paleossinecológicas de Invertebrados: Exemplos de Aplicação em Concentrações Fossilíferas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Brasil, 2000.

SIMPSON, G. G. The Geography of Evolution. Chilton, Philadelphia, Pennsylvania. 249. 1965

SMALL, H. L. *Geologia e suprimento d'água subterrânea no Piauí e parte do Ceará*. Rio de Janeiro: Inspetoria Federal de Obras Contra a Seca, 146 p, 1914.

THOMPSON, J. B. & NEWTON, C. R. Late Devonian mass extinction Episodic climatic cooling or warming? In: McMillan, N.J., Embry, A.F., Glass, D.J. Eds., *Devonian of the World*. Canadian Society Petroleum Geology Memoir. 14 (29 - 34). 1988.

TORSVIK, T.; COCKS, L. Devonian. In Earth History and Palaeogeography. Cambridge: Cambridge University Press. ch.8, p. 138-158, 2017.

UBELACKER, C.; JANSEN, U; DE BAETS, K. First record of the Early Devonian ammonoid *Teicherticeras* from the Eifel (Germany): biogeographic and biostratigraphic importance. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, v. 282, p. 201 - 208, 2016.

VAZ, P. T.; REZENDE, N. G. A.; WANDERLEY FILHO, J. R.; TRAVASSOS, W. A. S. Bacia do Parnaíba. Boletim de Geociências da Petrobrás, v. 15, p. 253 - 263, 2007.

WALLISER, O. H. Global Events in the Devonian and Carboniferous. In O. H. Walliser (ed.), Global Events and Event Stratigraphy in the Phanerozoic. 225 - 245. 1996.

WILEY, E. O. Vicariance biogeography. Annual Review of Ecology and Systematics, v. 19, p. 513 - 542, 1988.

WOLFART, R. Die Trilobiten aus dem Devon Boliviens und ihre Bedeutung fuer Stratigraphie und Tiergeographie. Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, v. 74, p. 5 - 201, 1968.

ZIEGLER, A. M.; HANSEN, K. S.; JOHNSON, M. E., KELLY, M. A.; SCOTese, C. R.; VAN DER VOO, R. Silurian continental distributions, paleogeography, climatology, and biogeography. Tectonophysics, v. 40, n. 1, p. 13 - 51, 1977.