

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

VANDERLEI BORGES DE CARVALHO

PLANTAS FÓSSEIS DO PERÍODO DEVONIANO NO ESTADO DO PARANÁ

Curitiba

2022

VANDERLEI BORGES DE CARVALHO

PLANTAS FÓSSEIS DO PERÍODO DEVONIANO NO ESTADO DO PARANÁ

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a aprovação na disciplina BIO027 – Estágio Supervisionado em Biologia II.

Orientador: Prof. Robson Tadeu Bolzon

Curitiba

2022

TERMO DE APROVAÇÃO

VANDERLEI BORGES DE CARVALHO

PLANTAS FÓSSEIS DO PERÍODO DEVONIANO NO ESTADO DO PARANÁ

Apresentação de Monografia como requisito parcial para aprovação em disciplina BIO027, do Curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Robson Tadeu Bolzon

Orientador

Universidade Federal do Paraná

Prof^a. Cristina Silveira Vega

Departamento de Geologia

Universidade Federal do Paraná

Prof^a. Dra. Francine Kurzawe

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos

Curitiba, 20 de setembro de 2022

RESUMO

O Período Devoniano marca um importante intervalo para a evolução das plantas vasculares terrestres, mantendo registros dos primeiros estágios de diferenciação das plantas. A origem dessas plantas pode ser melhor entendida com base nos registros fósseis e conhecimento paleoambiental e paleogeográfico. O objetivo deste trabalho foi a realização de um levantamento das plantas fósseis descritas para o Devoniano nas formações Furnas e Ponta Grossa, presentes no Estado do Paraná. As informações coletadas para a revisão bibliográfica foram obtidas através de sites acadêmicos, artigos e literaturas sobre a paleoflora do período em questão. O estudo reúne informações de taxonomia e sistemática, juntamente com uma discussão sobre as relações paleobiológicas dos fósseis, contemplando também um breve contexto histórico e biogeográfico. A fragilidade do material e o modo de fossilização dificultam os estudos. Foram registradas 3 superdivisões (demais plantas com classificação superior em *Incertae sedis*), 22 gêneros e 14 espécies de fósseis em quatro localidades: PISA, Jackson de Figueiredo, Carambeí e Tibagi. Alguns dos táxons descritos compartilham características genéricas que dificultam uma classificação e identificação taxonômica em categorias taxonômicas superiores. A Bacia do Paraná no Devoniano provavelmente estava localizada na região sul de Gondwana, condicionada a latitudes altas e águas frias do Oceano Pantalassa, no Círculo Polar Sul. Com as condições climáticas extremas, as plantas fósseis teriam sofrido seleção para determinadas adaptações evolutivas nas estruturas morfológicas. Estudos ainda precisam ser desenvolvidos para melhor entendimento a respeito da filogenia e evolução das plantas fósseis e identificação de fragmentos fossilíferos desconhecidos.

Palavras-chave: Formação Ponta Grossa; Formação Furnas; Paleobotânica; Devoniano.

ABSTRACT

The Devonian Period marks an important interval for the evolution of terrestrial vascular plants, keeping records of the first stages of plant differentiation. The origin of these plants can be better understood based on fossil records and paleoenvironmental and paleogeographic knowledge. The objective of this work was to carry out a survey of fossil plants described for the Devonian in the Furnas and Ponta Grossa formations, present in the State of Paraná. The information collected for the bibliographic review was obtained through academic websites, articles and literature on the paleoflora of the period in question. The study brings together taxonomic and systematic information, along with a discussion of the paleobiological relationships of fossils, as well as a brief historical and biogeographic context. The fragility of the material and the mode of fossilization difficult the study. Three superdivisions (other plants with higher classification in *Incertae sedis*), 22 genera and 14 species of fossils were recorded in four locations: PISA, Jackson de Figueiredo, Carambeí and Tibagi. Some of the taxa described share generic characteristics that make classification and taxonomic identification difficult in higher taxonomic levels. The Paraná Basin in the Devonian was probably located in the southern region of Gondwana, conditioned to high latitudes and cold waters from the Panthalassa Ocean, in the Southern Polar Circle. With extreme climatic conditions, fossil plants would have undergone selection for certain evolutionary adaptations in morphological structures. Studies still need to be developed to better understand the phylogeny and evolution of fossil plants and the identification of unknown fossiliferous fragments.

Keywords: Ponta Grossa Formation; Furnas Formation; Paleobotany; Devonian.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1 BREVE HISTÓRICO DA PALEOFLORA DO DEVONIANO.....	7
1.2 O DEVONIANO NA BACIA DO PARANÁ	8
2. MATERIAIS E MÉTODOS	11
2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS PRIMEIRAS PLANTAS TERRESTRES	11
3. RESULTADOS	13
3.1 LEVANTAMENTO DAS PLANTAS FÓSSEIS.....	13
4. DISCUSSÃO	41
5. CONCLUSÃO	47

1. INTRODUÇÃO

Durante a história da Terra, a transição da vida dos oceanos para o ambiente terrestre e as mudanças fisiológicas nas plantas basais só foi possível pela formação e estabilização dos continentes, com a formação dos solos que está relacionada diretamente ao intemperismo e as condições climáticas e atmosféricas favoráveis para o desenvolvimento dos sistemas biológicos (MARTINS *et al.*, 2018).

O estudo dos fósseis de plantas é de significativa importância para a compreensão dos seus estágios evolutivos, integrando informações paleobotânicas com dados geológicos, paleontológicos, paleobiogeográficos e paleoclimáticos. Assim, os estudos sobre evolução das plantas e da dinâmica geológica terrestre têm relevância para o fortalecimento das bases de dados de importância sistemática, filogenética e taxonômica relacionados com os estágios iniciais da origem e diversificação das primeiras plantas vasculares.

O Período Devoniano consiste no intervalo de aproximadamente 419 milhões e 359 milhões de anos atrás (COHEN, 2022). Os fósseis das primeiras plantas vasculares são encontrados em rochas do Período Siluriano na América do Norte com cerca de 430 milhões de anos atrás (TAYLOR *et al.*, 2009). Entretanto, as rochas do período Devoniano registram fósseis de plantas associados aos primeiros estágios de diversificação dessas plantas vasculares terrestres (MATSUMURA *et al.*, 2013b).

As plantas fósseis das rochas do Devoniano no Paraná são encontradas nas formações Furnas e Ponta Grossa (Membro São Domingos) com fragmentos de plantas vasculares e avasculares (MATSUMURA *et al.*, 2013b). Os diversos trabalhos sobre essas plantas fósseis contribuem para entender como as primeiras plantas terrestres colonizaram os continentes e se diversificaram durante o Devoniano (MILAGRES *et al.*, 2018).

Esse trabalho apresenta uma breve síntese do contexto histórico e geológico das paleofloras do Devoniano no Estado do Paraná, reunindo as informações dos fósseis de plantas por unidades geológicas da Bacia do Paraná. Relaciona também as informações sobre a taxonomia e sistemática das plantas fósseis, reunindo as características tafonômicas com os processos de preservação e ambientes de fossilização, quando disponíveis nos respectivos trabalhos. Por fim, é efetuada uma

síntese dos dados sobre os locais de ocorrência e discutida a importância paleobiológica dessas plantas.

1.1 BREVE HISTÓRICO DA PALEOFLORA DO DEVONIANO

Os estudos pioneiros de análise de fragmentos de plantas fósseis do Devoniano no Estado do Paraná, em uma primeira fase do contexto histórico da evolução do conhecimento na paleobotânica, foram descritos por Clarke (1913), Oppenheim (1935) e Read (1941). Outra fase dos estudos ocorreu entre os anos de 1940 e 2000, com os principais pesquisadores que foram Barbosa (1949), Sommer (1954), Kräusel (1954), Guerra-Sommer (1993) e Guerra-Sommer *et al.* (1990, 1996).

O avanço do conhecimento sobre a evolução das primeiras plantas terrestres, a compreensão e inferências sobre modelos paleoclimáticos, paleoambientais e paleogeográficos foi possível pelos fósseis encontrados na Laurásia (EDWARDS e WELLMANN, 2001) e trabalhos concentrados em análise do Gondwana Ocidental, com registros de estudos em plantas fósseis (MUSSA *et al.*, 1996, 2002; GERRIENNE *et al.*, 2001; EDWARDS e WELLMANN, 2001; GONEZ; GERRIENNE *et al.*, 2010a e b; MATSUMURA *et al.*, 2015, MILAGRES *et al.*, 2018).

Conforme Milagres *et al.* (2018), estudos de tafofloras devonianas da Bacia do Paraná, especificamente da Formação Furnas, iniciaram com Bigarella *et al.* (1966) que registraram restos de plantas fósseis nas proximidades de Tibagi (PR). Depois, Rodrigues *et al.* (1989) encontraram, em Ponta Grossa (PR), vestígios de *Psilophytales*. Também foram localizados restos vegetais preservados na região de Carambeí (PR) por Bolzon *et al.* (1994), sendo o primeiro registro de *Cooksonia* na Formação Furnas. Nos sítios fossilíferos de Jaguariaíva (PR), Mussa *et al.* (1996, 2002), Gerrienne *et al.* (2001, 2002, 2006) e Gonez e Gerrienne (2010a, b) através de seus trabalhos inéditos forneceram dados mais detalhados sobre registros fósseis que haviam na região e que necessitavam de melhor entendimento e detalhamento nas análises paleobotânicas.

Em trabalhos que abordam especificamente as tafofloras da Formação Ponta Grossa têm destaque os pesquisadores Sommer (1954) e Matsumura *et al.* (2013a, 2015).

1.2 O DEVONIANO NA BACIA DO PARANÁ

A bacia sedimentar do Paraná teve seu desenvolvimento durante as eras Paleozoica e Mesozoica, com formações rochosas dos períodos Ordoviciano ao Cretáceo. A Bacia do Paraná tem forma ovalada, situada em posição centro-leste da América do Sul, no Brasil meridional, Norte do Uruguai, Paraguai e Nordeste da Argentina, distribuída por aproximadamente 1.5 milhão de quilômetros quadrados. No Brasil, a Bacia do Paraná tem cobertura de 70% da extensão total, com cerca de aproximadamente 1 milhão de quilômetros quadrados, abrangendo os Estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e Santa Catarina (MILLANI *et al.*, 2007). A figura 1 representa a localização da Bacia do Paraná e o registro estratigráfico em que estão presentes os estratos entre o Siluriano até o Cretáceo Superior (RICHTER *et al.*, 2017).

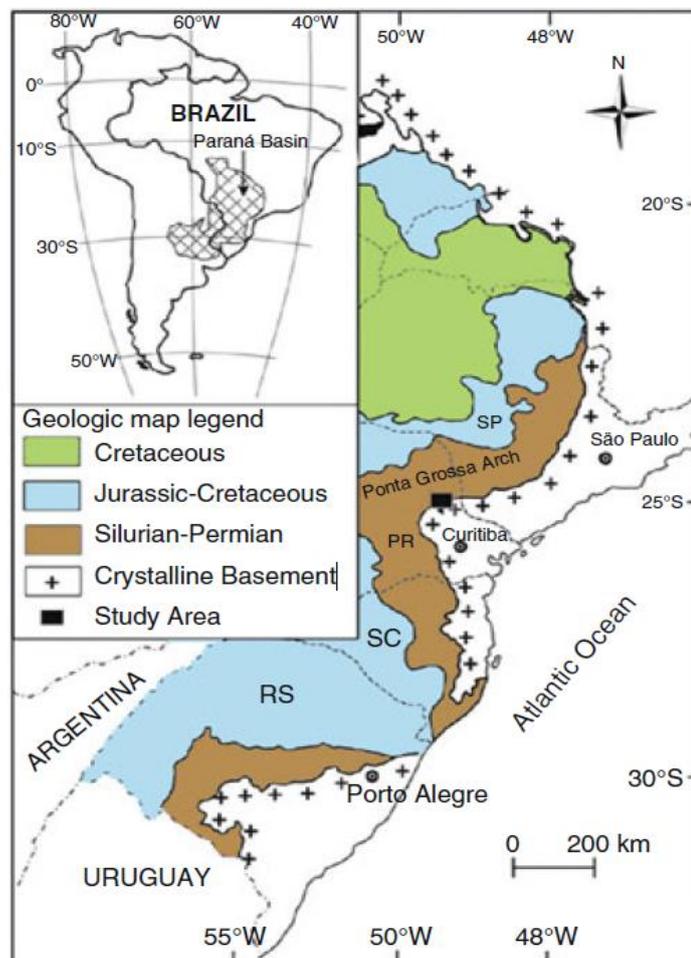


Figura 1 – Registro estratigráfico e localização da Bacia do Paraná (modificado de RICHTER *et al.*, 2017).

As unidades litoestratigráficas do Devoniano no Estado do Paraná, inicialmente foram designados por Setembrino Petri (1948) como “Série Paraná”, com as sucessões estratigráficas Formação Ponta Grossa, Camadas de Transição e Formação Furnas. Em 1967, Lange e Petri fizeram uma revisão e designaram as unidades litoestratigráficas devonianas do Paraná como Grupo Paraná, nas subdivisões de sucessões da base para o topo, como Formação Furnas e Formação Ponta Grossa dividida nos membros Jaguariaíva, Tibagi e São Domingos (FRAGA e VEGA, 2019). A figura 2 mostra a faixa aflorante das formações Furnas e Ponta Grossa no Estado do Paraná (SEDORKO *et al.*, 2017a).

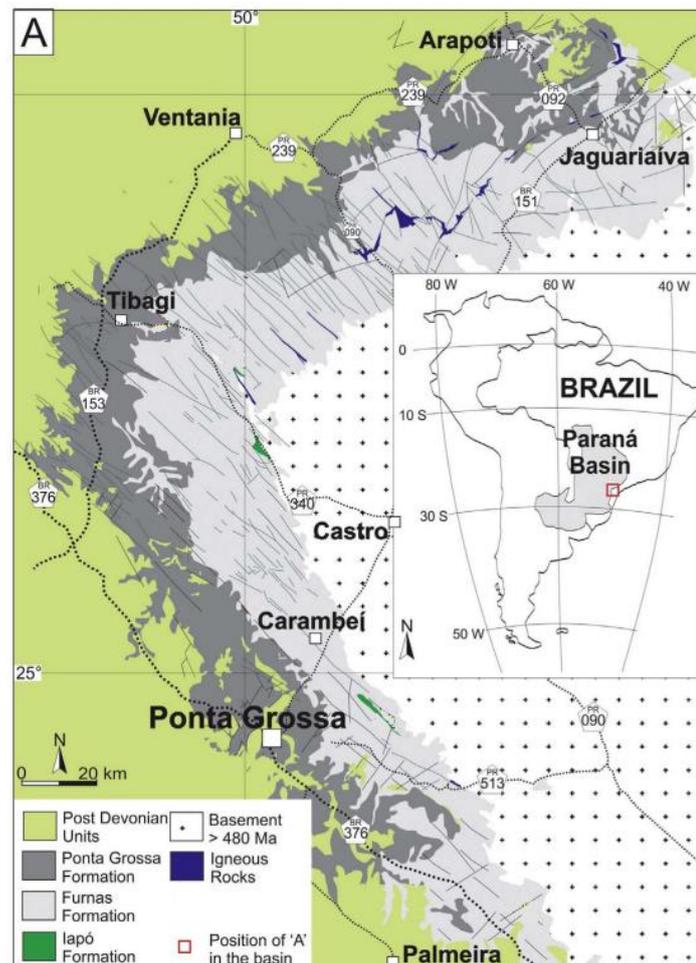


Figura 2 – Mapa da localização da Bacia do Paraná e da faixa aflorante das formações Furnas e Ponta Grossa (modificado de SEDORKO *et al.*, 2017a).

A Formação Furnas é composta pela sucessão de arenitos quartzosos brancos (médios a grossos), caulínicos, com estratificação cruzada, em que arenitos com granulometria de tamanho médio intercalam com siltito e folhelho moscovítico. O

aumento de argilosidade é o indício da passagem gradual para a Formação Ponta Grossa, que foi chamada como “camadas de transição” por Petri em 1948, havendo uma mudança gradual do ambiente marinho costeiro para parte mais profundo até iniciar a Formação Ponta Grossa (MILLANI *et al.*, 2007). A espessura média da Formação Furnas é de aproximadamente 200 metros, podendo chegar a 343 metros em determinadas regiões (GERRIENNE *et al.*, 2020). Relativo à idade, de acordo Gerrienne *et al.* (2020), a Formação Furnas abrange o intervalo do Lochkoviano ao Pragiano com referências em dados palinológicos e de macroplantas. Para Sedorko *et al.* (2017b), a idade da Formação Furnas foi baseada em dados icnológicos como sendo a base do Siluriano, entre o Llandoveryano e o Wenlockiano. Conforme Grahn *et al.* (2013), o topo da Formação Furnas apresenta, com base em palinomorfos, a idade Devoniano Inicial (Lochkoviano).

A Formação Ponta Grossa possui aproximadamente 600m de espessura. Nas porções basais o Membro Jaguariaíva é de origem marinha com rico conteúdo fossilífero, com evidências de deposição marinha rasa, através da presença de folhelhos laminados e possível influência de tempestades, que transportaram material arenoso litorâneo para outras regiões, formando os níveis sílticos arenosos (ROSTIROLLA, 2007). A porção inferior corresponde a folhelhos com 100m de espessura contendo arenito fino com estratificações. A porção média, correspondente ao Membro Tibagi, é composta de sedimento arenito-síltico. No Membro São Domingos existe a predominância de sedimentos pelíticos (argilas e folhelhos). As camadas superiores contêm folhelho preto laminado e carbonoso (MILANI *et al.*, 2007). Conforme Grahn *et al.* (2013) a base da Formação Ponta Grossa representada pelo Membro Jaguariaíva, apresenta idade Pragiano ao Emsiano (palinomorfos). A idade do Membro Tibagi é Final do Emsiano ao Givetiano Inicial. Por fim, o Membro São Domingos foi depositado no intervalo do Givetiano ao Frasniano.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A revisão bibliográfica teve como base principal as pesquisas em sítios da internet, em trabalhos acadêmicos e outras literaturas que reúnem dados sobre plantas fósseis em bases eletrônicas como o Google Acadêmico e Portal da Capes. As pesquisas foram realizadas através de palavras chaves como por exemplo: “plantas fósseis”, “plantas fósseis + Devoniano”, “plantas fósseis + Estado do Paraná” e também foram usadas as referências citadas nos próprios trabalhos analisados.

As informações dos sítios fossilíferos foram descritas de acordo com a localização dos afloramentos e os municípios, incluindo as respectivas unidades estratigráficas. Os locais dos afloramentos foram plotados em um mapa geológico do Paraná com a faixa aflorante de rochas do Devoniano.

Ao final foi elaborada uma síntese das informações de trabalhos sobre o clima do período Devoniano e também sobre os trabalhos com as descrições das plantas.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS PRIMEIRAS PLANTAS TERRESTRES

A análise da morfologia das plantas fósseis pelos trabalhos cladísticos de Kenrick e Crane (1997a, b) consideram como base os caracteres morfológicos e anatômicos de diversas espécies, conseguindo avanços positivos nos estudos na classificação da filogenia das primeiras plantas terrestres. Uma filogenia recente das plantas terrestres primitivas está demonstrada na figura 3, com a representação na escala de tempo e as respectivas distribuições temporais dos táxons (GERRIENNE *et al.*, 2020).

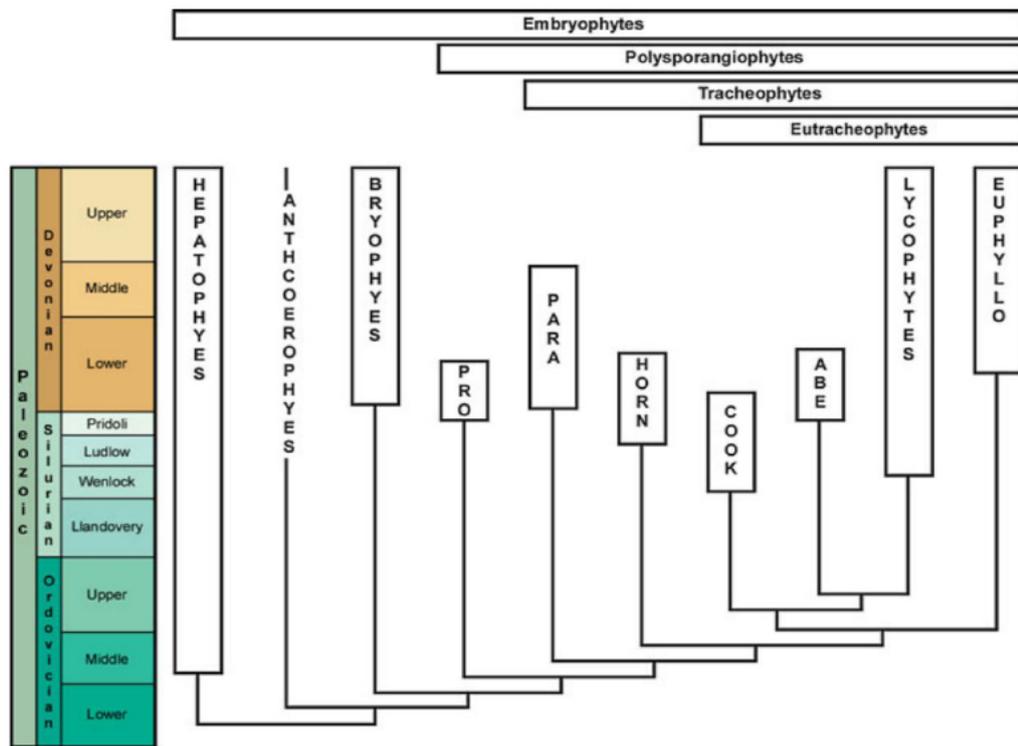


Figura 3 – Filogenia em escala de tempo das primeiras plantas terrestres. ABE = *Aberlemnia*, COOK = *Cooksonia*, EUPHYLLO = euphyllophytes, HORN = horneophytopsida, PARA = paratraqueófitos, PRO = protraqueófitos (retirado de GERRIENNE et al., 2020).

3. RESULTADOS

3.1 LEVANTAMENTO DAS PLANTAS FÓSSEIS

Superdivisão Bryomorpha

Divisão: Bryophyta

Gênero: *Sporogonites* (HALLE, 1916)

Sporogonites sp. (GERRIENNE *et al.*, 2001)

Locais de ocorrência: Jackson de Figueiredo - Jaguariaíva (GERRIENNE *et al.*, 2001, 2020), PISA (ramal ferroviário da empresa Papel de Imprensa S.A e Ponta Grossa/Carambeí (MILAGRES *et al.*, 2018).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: Foram descritas por GERRIENNE *et al.* (2001), em Jackson de Figueiredo, quatro espécimes, sendo três em precário estado de preservação. As dimensões aproximadas são de 40 mm de comprimento e entre 1.0mm e 1.3 mm de largura, com terminações em um grande esporângio. Os esporângios tem morfologia alongada longitudinalmente, com estrias na parte inferior e numerosas emergências triangulares na parte superior (figura 4). A presença de emergências nos esporângios não foi descrita em outras espécies já descobertas, necessitando de mais materiais e evidências para a caracterização completa do possível novo táxon (GERRIENNE *et al.*, 2001, 2020). Trabalhos realizados por Milagres *et al.* (2018), foram encontradas ao total dez amostras em PISA e Ponta Grossa/Carambeí, mas somente seis tiveram as estruturas preservadas para a identificação do material.

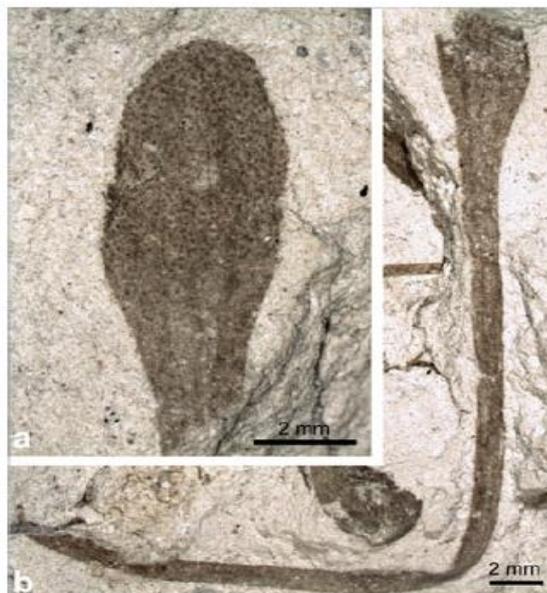


Figura 4 (a) e (b) - *Sporogonites* sp. com demonstração do esporângio e pequenas emergências (retirado de GERRIENNE *et al.*, 2020).

Superdivisão Polysporangiophyte (KENRICK e CRANE, 1997b)

Eutracheophyte

Gênero: *Cooksonia* (LANG, 1937)

Cooksonia paranensis (GERRIENNE *et al.*, 2001)

Locais de ocorrência: Jackson de Figueiredo - Jaguariaíva (MATSUMURA *et al.*, 2015; GERRIENNE *et al.*, 2001; MUSSA *et al.*, 1996), Carambeí (BOLZON *et al.*, 1994).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: A *Cooksonia* é considerada a planta vascular mais antiga a ser demonstrada pelo registro fóssil (EDWARDS *et al.*, 1992), com distribuição em todas as regiões do mundo (EDWARDS, 1990; GERRIENNE *et al.*, 2001). A *Cooksonia paranensis* é muito abundante na Bacia do Paraná, datada do Devoniano Inferior, sendo encontrados mais de 1000 registros fossilíferos desta planta (GERRIENNE *et al.*, 2020).

O primeiro registro de ocorrência do gênero *Cooksonia*, na Formação Furnas, no Paraná, foi registrado por Bolzon *et al.* (1994) na rodovia PR-151, entre as regiões

de Ponta Grossa e Carambeí. Esses registros foram estudados posteriormente por Machado *et al.* (2007) e Milagres *et al.* (2007).

Conforme Gerrienne *et al.* (2020), o registro mais antigo do gênero *Cooksonia* é datado do período Siluriano Médio (Wenlockiano) e esta planta pode ser considerada como a primeira planta vascular verdadeira (KENRICK e CRANE, 1997). Relatos de *Cooksonia paranensis*, coletadas na localidade de Jackson de Figueiredo, foram descritos por Gerrienne *et al.* (2006) com características morfológicas de 4 ou 5 eixos, conforme figura 5, com fixação em estrutura orgânica e com traços de gametófito feminino reduzido (MILAGRES *et al.*, 2018). A condição sugestiva para estas estruturas seria a existência de eixos esporófitos associados com gametófitos, possivelmente existindo um parasitismo do gametófito em um estágio inicial de desenvolvimento da planta (MILAGRES *et al.*, 2018).

Os fósseis encontram-se em forma de compressões, de comprimento e ramificação isotômica, podendo ocorrer em até três níveis. Conforme Matsumura *et al.* (2015), os eixos apresentam dimensões de 50mm de comprimento e 1mm de largura. Os eixos são eretos e ramificados com presença em cada segmento de esporângio terminal, com morfologia semelhante à taça, medindo entre 0,5mm a 3,3mm de diâmetro. Há uma transição de forma gradual entre o eixo e o esporângio, vistos geralmente em projeção lateral, com morfologia levemente triangular. A existência de esporos ainda é desconhecida nesses fósseis. Existem variações na preservação, sendo que as mais raras contêm mais de uma isotomia, com constância na largura do eixo em uma determinada ramificação e com alterações conforme o nível da estrutura ramificada (GERRIENNE *et al.*, 2020). Com base na reconstrução de caracteres morfológicos e anatômicos, a taxonomia de *Cooksonia* corresponde a uma Polysporangiophyte e Eutracheophyte, conforme figura 4 (GERRIENNE *et al.*, 2020; KENRICK E CRANE, 1997a, b).

As possíveis evidências de condições climáticas extremas e de baixas temperaturas, indicadas pelos estudos do paleoambiente do Devoniano, sugerem que *Cooksonia* apresentava adaptações evolutivas relacionadas com resistência ao frio intenso (GERRIENNE *et al.*, 2020).

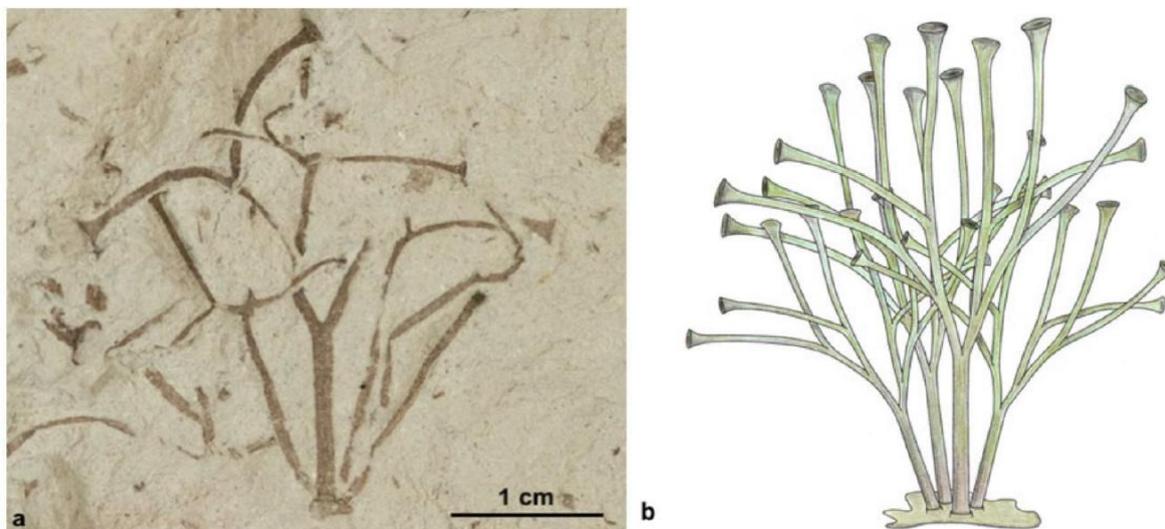


Figura 5 – *Cooksonia paranensis* (retirado de GERRIENNE *et al.*, 2020). (a) Espécime coletada na Formação Furnas, na localidade de Jackson de Figueiredo. (b) Reconstrução gráfica de uma *Cooksonia paranensis*.

Gênero: *Cooksonia* (LANG, 1937)

Cooksonia acuminata (MUSSA *et al.*, 1996)

Local de ocorrência: Jackson de Figueiredo – Jaguariaíva (MUSSA *et al.*, 1996, 2002).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: Conforme Mussa *et al.* (1996) a amostra está em forma de impressões em eixos dicotômicos de primeira e segunda ordem, com aspecto liso e com largura uniforme ao longo do comprimento, com leve alongamento na ligação com o esporângio. A análise principal para comparação taxonômica foi realizada em um único exemplar bem preservado, representado pela ilustração na figura 6. Os eixos medem aproximadamente 0,6mm a 0,7mm de largura, com regiões apicais mais largas (local de inserção do esporângio) chegando próximo de 1mm de largura. Os esporângios são terminais e têm formato arredondado, acuminado e facetado com coloração mais escura na parte superior com sugestiva área de presença de tecido esporogênico, com cor mais clara em uma suposta base encaixante. Os esporângios tem dimensões aproximadas de 1,1mm de comprimento e 1,2mm de largura, com presença de linhas esbranquiçadas discretas contidas ao longo da superfície do esporângio longitudinalmente, podendo ser expansões do eixo para acomodação do

esporângio, precisando de maiores análises em novos fósseis para melhor comprovação. As regiões mais escuras do esporângio poderiam ter pequenos poros que auxiliavam na liberação dos esporos. A maior dificuldade na caracterização do espécime estaria em reconstruir o tipo de ramificação e identificar as dicotomias (simples ou complexas) por problemas do registro fóssil, especificamente pela superposição de partes sobre outras estruturas e impressões sobre outras impressões (MUSSA *et al.*, 1996). Existem restrições em interpretar a presença de certas estruturas quando o fóssil foi preservado apenas em forma de impressão, como a dificuldade em interpretar a existência de expansões de eixo e linhas tênues em coroa (MUSSA *et al.*, 1996).

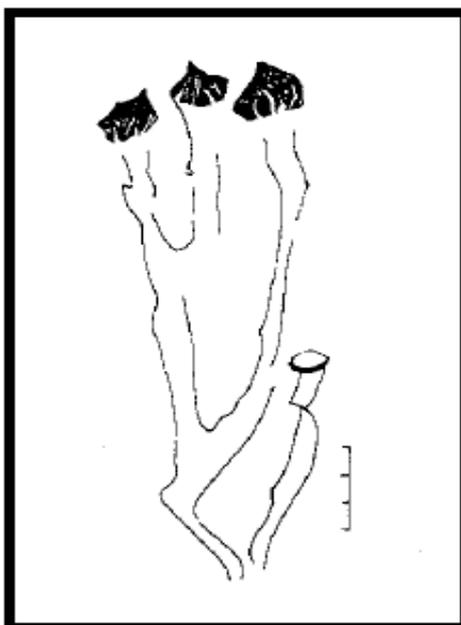


Figura 6 - Ilustração de *Cooksonia acuminata* (modificado de MUSSA *et al.*, 1996).

Superdivisão Polysporangiophyte (KENRICK e CRANE, 1997b)

Eutracheophyte

Gênero: *Aberlemnia* (GONEZ e GERRIENNE, 2010b)

Aberlemnia caledonica (GONEZ e GERRIENNE, 2010b)

Local de ocorrência: PISA (ramal ferroviário da empresa Papel de Imprensa S.A.), Itararé, Paraná (MILAGRES *et al.*, 2018).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: De acordo com Milagres *et al.* (2018) foram coletados dois exemplares com presença de eixos ramificados férteis com partes quebradas em um deles e no outro um esporângio isolado. O registro fóssil apresenta eixos ramificados isotomicamente, sugestivo de tricotomia, conforme figura 7(a). As dimensões do eixo têm variação entre 0,8mm a 1,4 mm, com ramificação em até cinco vezes (GERRIENNE *et al.*, 2020). Os esporângios estão depositados com cor mais escura em comparação ao eixo (figura 7b e 7c), representando aproximadamente 25 esporângios comprimidos lateralmente, formando um contraste com o limite mais claro com uma curva côncava descendente, que é caracterizado como limite proximal da parede esporangial (MILAGRES *et al.*, 2018; GERRIENNE *et al.*, 2020). A morfologia do esporângio tem características de mecanismo distal de deiscência pela presença de duas valvas (MILAGRES *et al.*, 2018).

Os estudos iniciais levaram à caracterização da planta fóssil como sendo do gênero *Cooksonia* (LANG, 1937), porém após análises posteriores, observou-se que os esporângios eram diferentes e apresentavam forma bivalve, com morfologia oval e reniformes, com estrutura subdistal complexa referente à deiscência. A estrutura de duas valvas de tamanhos iguais pode representar um mecanismo distal de deiscência (MILAGRES *et al.*, 2018). Com base nestas características, Gonez e Gerrienne (2010b) formalizaram o novo gênero *Aberlemnia*.

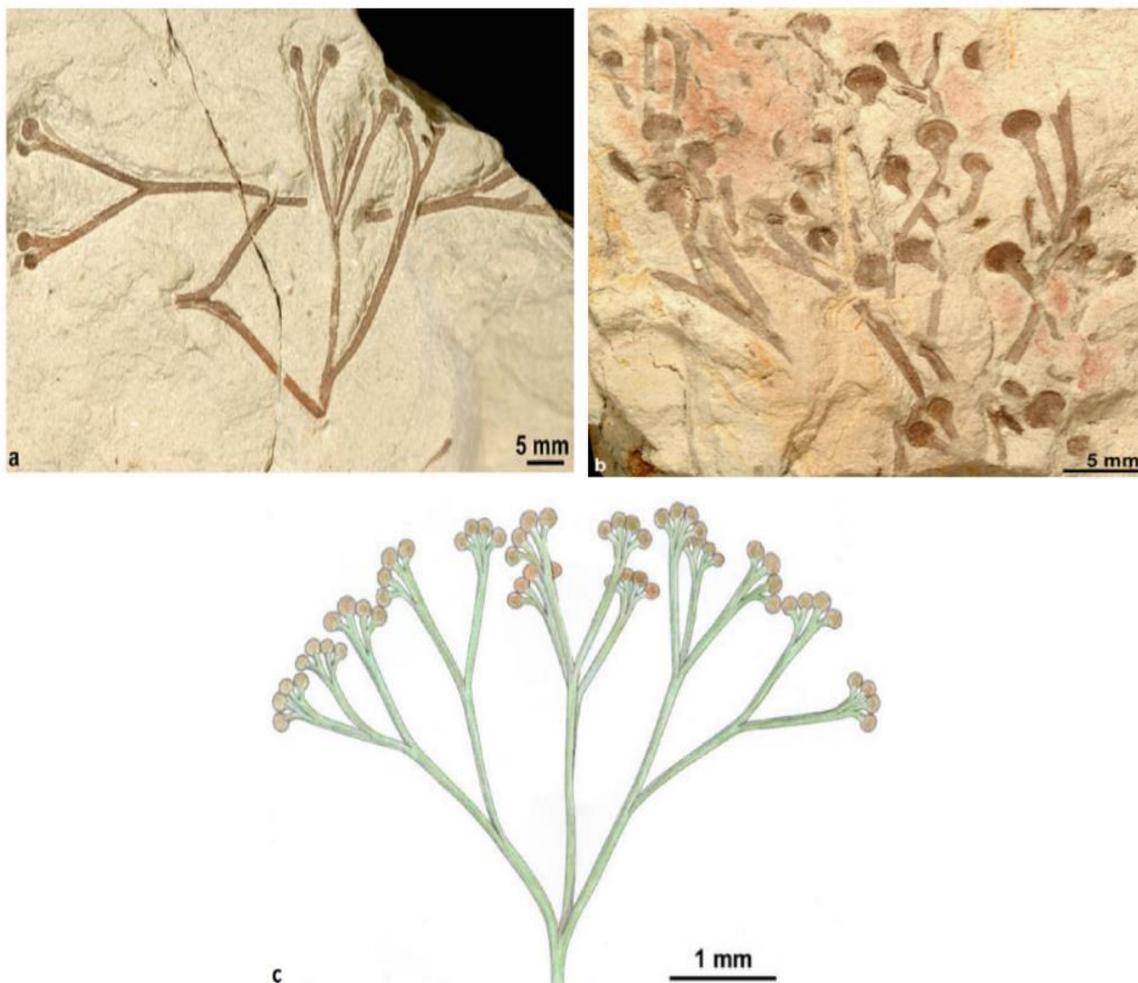


Figura 7 - *Aberlemnia caledonica* (retirado de GERRIENNE et al., 2020). (a) Registro fóssil com possível duas tricotomias. (b) Grande quantidade de possíveis esporângios dispersos. (c) Reconstrução gráfica de *Aberlemnia caledonica*.

Superdivisão Polysporangiomorpha

Incertae sedis

Gênero: *Tarrantia* (FANNING et al., 1992)

Tarrantia sp. (GERRIENNE et al., 2001)

Local de ocorrência: Jackson de Figueiredo – Jaguariaíva (GERRIENNE et al., 2001, 2020).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: De acordo com Gerrienne (2001) foram analisados 10 espécimes de plantas fósseis de *Tarrantia*, sendo que a morfologia da planta tem eixos nus

isotômicos de aproximadamente 0,15mm a 0,7 mm de largura. Possui esporângios terminais com formato elíptico e com sugestiva possibilidade de ser elipsoidal durante sua permanência em meio terrestre com ausência de mecanismo de deiscência (figura 8). Os esporângios elípticos ou ovalados possuem entre 0,7mm a 0,9 mm de largura e 1,0mm a 1,4 mm de altura. O fóssil de *Tarrantia* foi ilustrado primeiramente por Fanning *et al.* (1992) na Inglaterra sendo comparável com os espécimes coletados no sítio fossilífero de Jackson de Figueiredo, registrado por Gerrienne *et al.* (2001). Embora as semelhanças sejam grandes, a precisão na descrição da taxonomia da planta deve acontecer através da confirmação com mais descobertas de material fóssil (MILAGRES *et al.*, 2018).

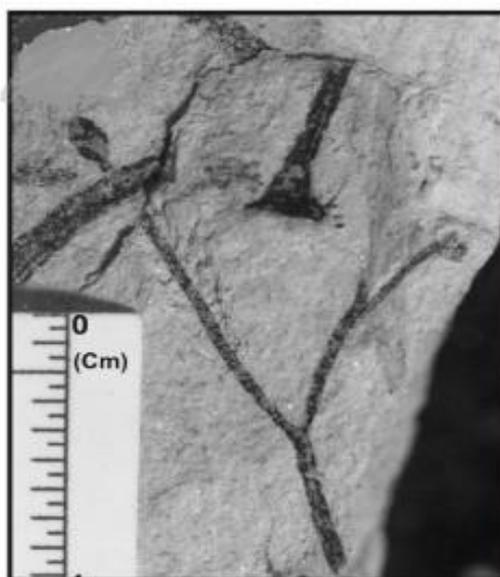


Figura 8 – *Tarrantia* sp. (retirado de MILAGRES *et al.*, 2018).

Superdivisão Polysporangiomorpha

Incertae sedis

Gênero: *Hostinella* (STUR, 1882)

Hostinella sp. (GERRIENNE *et al.*, 2001)

Locais de ocorrência: PISA (ramal ferroviário da empresa Papel de Imprensa S.A.), Itararé, Paraná e Ponta Grossa/Carambeí (MILAGRES *et al.*, 2018).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: Segundo Milagres *et al.* (2018), o gênero apresenta eixos vegetativos nus e estéreis, com estruturas férteis não preservadas e com alguns eixos ramificados de forma dicotômica (figura 9). As medidas dos eixos principais variam entre 0,4mm a 1,5mm e a largura entre 0,3mm a 1,0mm. As estruturas férteis não foram observadas ou identificadas. Análises indicam que possivelmente existia apenas um poliesporangiófito presente, pois o eixo de um esporófito de briófito não é ramificado e eixos ramificados pertencem a um esporófito (MILAGRES *et al.*, 2018).

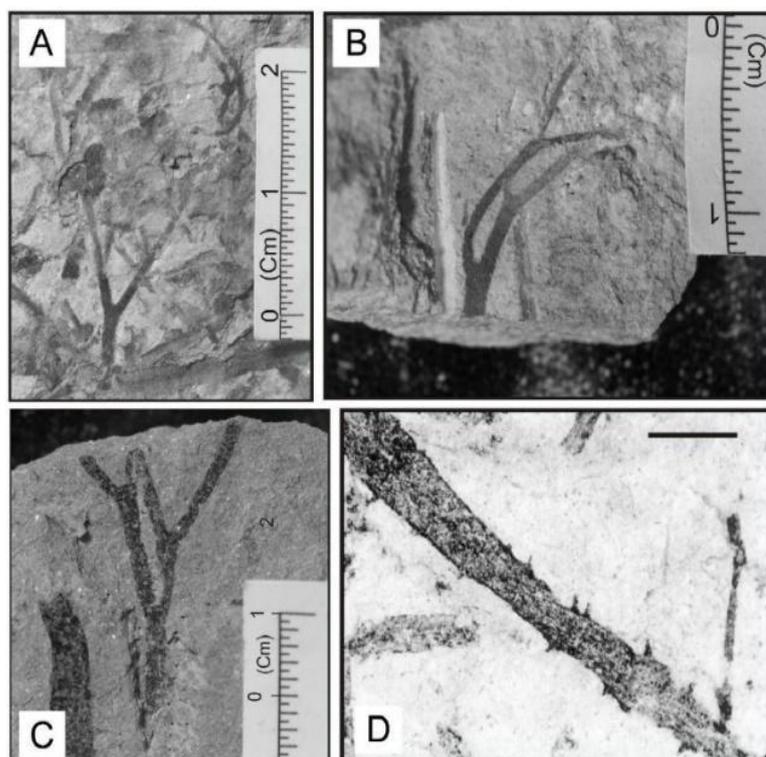


Figura 9 – *Hostinella* (retirado de MILAGRES *et al.*, 2018). (A e B) – Fósseis da localidade Ponta Grossa/Carambeí. (C) – Fóssil da localidade PISA. (D) - Eixos dicotômicos nus.

Superdivisão Polysporangiomorpha

Incertae sedis

Gênero: *Psilophytites* (HOEG, 1952)

Psilophytites sp.

Local de ocorrência: PISA (ramal ferroviário da empresa Papel de Imprensa S.A. (MILAGRES *et al.*, 2018).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: Gerrienne *et al.* (2001) descreveu as espécies com eixos vegetativos com emergência triangular e espiniformes (figura 10). As dimensões dos eixos variam entre 0,5mm a 2,0mm de largura e as emergências com variações entre 0,1mm a 0,3mm de largura. Geralmente os eixos não possuem divisões, apenas uma única espécie apresentou ramificação. Na taoflora do Devoniano não é comum a presença de espinhos, assim a presença destas estruturas é sugestiva de adaptação evolutiva na morfologia para adequação a climas frios (GERRIENNE *et al.*, 2001; MILAGRES *et al.*, 2018).



Figura 10 – *Psilophyites* – escala de 1 mm (retirado de MILAGRES *et al.*, 2018)

Superdivisão Polysporangiomorpha

Gênero *Pertonella* (FANNING *et al.*, 1992)

Pertonella sp. (GERRIENNE *et al.*, 2001)

Local de ocorrência: Jackson de Figueiredo – Jaguariaíva (GERRIENNE *et al.*, 2001).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: A planta fóssil possui eixo isotômico com aproximadamente 0,8mm a 1,3mm de largura e presença de esporângios nas regiões terminais (GERRIENNE *et al.*, 2001). A conexão entre o eixo e o esporângio pode ser gradual ou abrupta (figura 11). A morfologia do esporângio é em forma de placas transversais, com aproximadamente 1,8mm a 2,4mm de largura. O esporângio tem formato de placa em arranjo transversal e possui contorno arredondado. Quando visto em posição apical as emergências dos esporângios apresentam cicatrizes em formato circular, o que de acordo com Gerrienne *et al.* (2020) é algo raro de se ver nas primeiras plantas terrestres.



Figura 11 – *Pertonella* sp. (modificado de GERRIENNE *et al.*, 2001).

Superdivisão Polysporangiophyte

Paratracheophyte

Gênero: *Sciadophyton* (STEINMANN e ELBERSKIRCH, 1929)

Sciadophyton sp. (GERRIENNE *et al.*, 2001)

Local de ocorrência: Jackson de Figueiredo - Jaguaraiá (GERRIENNE *et al.*, 2001, 2020).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: As estruturas dos fósseis são planas e quase circulares, com margens irregulares, medindo entre 3mm a 8 mm de diâmetro. Presença de pontos escuros na porção central e corpos escuros arredondados e espaçados, com 0,2 mm de diâmetro,

com dimensões inalteradas em medições do centro para a margem (figura 12). Análises indicam que estas plantas primitivas possuíam gametangióforos terminais, com morfologia característica de taças que carregam gametângios (GERRIENNE *et al.*, 2020).

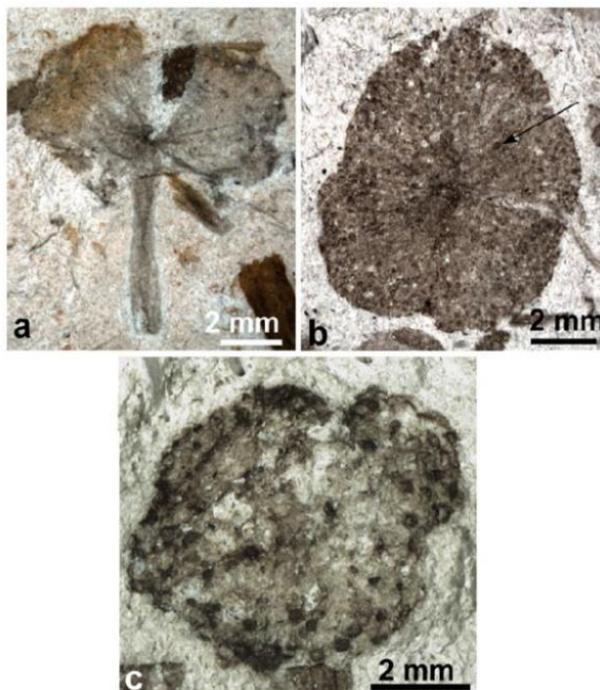


Figura 12 (a - c) - *Sciadophyton* sp. – possíveis gametangióforos (retirado de GERRIENNE *et al.*, 2020).

Superdivisão Polysporangiophyte

Divisão Eutracheophyte

Divisão lycophyte

Gênero: *Dutoitia* (HØEG, 1930)

Dutoitia sp. (GERRIENNE *et al.*, 2001)

Local de ocorrência: Jackson de Figueiredo – Jaguariaíva (GERRIENNE *et al.*, 2001, 2020).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: Segundo Gerrienne *et al.* (2001) a característica principal do gênero *Dutoitia* é a presença de emergências hemisféricas e espinhosas, caráter que

diferencia os gêneros *Cooksonia* de *Dutoitia*. Atributos de classificação mais genéricos levam em consideração a presença de emergências e atributos mais específicos estão relacionados com a forma e localização destas estruturas (figura 13). Desta forma, foram encontrados na Bacia do Paraná dois morfotipos distintos, descritos por Gerrienne et al. (2001). Os espécimes possuem eixos ramificados isotomicamente, medindo entre 0,45mm a 1,20mm de largura para o primeiro morfotipo e 1,0 mm de largura para os segundo morfotipo. Os dois morfotipos possuem emergências hemisféricas semelhantes a um cone. A morfologia do esporângio terminal é semelhante a um funil, com variações entre 1,05mm a 3,1mm para os dois morfotipos que foram encontrados (GERRIENNE *et al.*, 2020).



Figura 13 – *Dutoitia* sp. (retirado de GERRIENNE *et al.*, 2020). (a) Presença de emergências nos esporângios e nos eixos. (b) Presença de emergências somente nos eixos.

Incertae sedis

Família Spongiophytaceae (KRÄUSEL e VENKATACHALA, 1966)

Gênero: *Spongiophyton* (KRÄUSEL, 1954)

Spongiophyton sp. (MATSUMURA *et al.*, 2010)

Local de ocorrência: Afloramento Itáytyba, Tibagi, Paraná. (MATSUMURA *et al.*, 2010, 2015).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Ponta Grossa (Membro São Domingos).

Idade: Devoniano Médio (Givetiano).

Descrição: As plantas descritas são classificadas como avasculares, com presença de cutículas em talos com morfologia achatados em posição dorsoventral, com diversos poros em distribuição irregular, contidos na parte dorsal do talo (MATSUMURA, 2013a). As espécies deste gênero foram descritas como *S. lenticularis*, *S. nanum*, *S. minutissimum* e *S. articulatum*.

O registro fóssil está representado por fragmentos terminais do talo, com preservação na forma de impressões e compressões com cutícula, de partes e contrapartes, de acordo com figura 14. A morfologia é caracterizada por apresentar ramificação dicotômica isotômica. Apresenta talo com diferenciação na superfície dorsal, com cutícula mais espessa e presença de poros em formato circular ou oval. A região ventral apresenta formações de estrias longitudinais, com cutícula fina e sem poros. Os talos apresentam em suas porções distais ápices arredondados e com ausência de estruturas reprodutivas (MATSUMURA *et al.*, 2013a, 2015).

Em classificações atuais, *Spongiophyton* faz parte da família Spongiophytaceae, juntamente com os gêneros *Aculeophyton* e *Orestovia*.

As amostras contidas do registro fossilífero encontram-se em má preservação das partes anatômicas, impedindo a visualização de estruturas reprodutivas, gerando muitas dúvidas sobre a taxonomia, principalmente ao que se refere em serem intermediárias entre líquens e briófitas (MATSUMURA *et al.*, 2013a).



Figura 14 – *Spongiophyton* sp. - escala de 1mm (retirado de MATSUMURA *et al.*, 2015)

Superdivisão Lycophytina (KENRICK e CRANE, 1997)

Classe Lycopsidea (SCOTT, 1909)

Gênero: *Haplostigma* (SEWARD, 1932)*Haplostigma cf. H. furquei* (FRENGUELLI, 1952)

Local de ocorrência: Afloramento Itátyba, Tibagi, Paraná. (MATSUMURA *et al.*, 2015).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Ponta Grossa (Membro São Domingos).

Idade: Devoniano Médio (Givetiano).

Descrição: Conforme Matsumura *et al.* (2015) a planta fóssil possui eixo caulinar com dimensões de 85mm de comprimento e 40mm de largura. A morfologia é destacada por apresentar características herbáceas, com caules lisos e aparentemente bifurcados, almofadas foliares com contorno entre ovais e arredondadas de forma longitudinal. Presença de apêndices em formato de espinhos que são direcionados para cima, podendo ser suporte de um microfilo. Não existem registros e informações das estruturas reprodutivas e esporângios. O material foi preservado através de impressões e compressões fósseis, conforme figura 15 (MATSUMURA *et al.*, 2015).



Figura 15 – *Haplostigma cf. H. furquei*. Escala de 10mm (retirado de Matsumura *et al.*, 2015).

Classe Lycopsidea

*Incertae sedis*Gênero: *Palaeostigma* (KRÄUSEL e DOLIANITI, 1957)*Palaeostigma cf. P. seawardii* (KRÄUSEL e DOLIANITI, 1957)

Local de ocorrência: Afloramento Sítio Wolff, Tibagi, Paraná. (MATSUMURA *et al.*, 2013, 2015).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Ponta Grossa (Membro São Domingos).

Idade: Devoniano Médio (Givetiano).

Descrição: A preservação é um molde interno de uma compressão e impressão fóssil com presença de cutícula, evidenciando um eixo caulinar com apêndices espiniformes abscisados e contorno lenticular, com padrão levemente helicoidal em torno do caule e sem evidências de estruturas reprodutivas, de acordo com a figura 16. As dimensões do eixo caulinar são de aproximadamente 14mm de comprimento e 9mm de largura (MATSUMURA *et al.*, 2015). As estruturas fósseis representam possivelmente caules desfolhados e com ausência de bifurcação, sem folhas verdadeiras e vários apêndices espiniformes de distribuição irregular (MATSUMURA *et al.*, 2013a).

Conforme Kräusel e Dolianiti (1957), o gênero *Palaeostigma* foi criado para descrever restos vegetais e também outras espécies que foram descobertas por Seward (1932). Existem muitas dúvidas quanto à taxonomia dos caracteres de *Palaeostigma*, sendo necessária novas descobertas e amostragens para melhorar o aprofundamento nos estudos desta planta primitiva.



Figura 16 - *Palaeostigma cf. P. seawardii* – escala de 5mm (retirado de MATSUMURA *et al.*, 2015).

*Incertae sedis*Gênero *Edwardsnella* (MUSSA *et al.*, 1966)*Edwardsnella campanulata* (MUSSA *et al.*, 1966)

Local de ocorrência: PISA (ramal ferroviário da empresa Papel de Imprensa S.A. (MILAGRES *et al.*, 2018).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviana).

Descrição: Segundo Matsumura *et al.* (2015), a espécie apresenta eixos vegetativos que não sofrem divisão, com porções mais finas em região proximal, com dimensões entre 0,5mm a 1,0mm de largura, diminuindo a largura na porção proximal. Apresenta estrias longitudinais e emergências longas em porções apicais, medindo 2,5mm de comprimento e entre 0,2mm e 0,4 mm de largura, com angulação entre 30 a 60 graus, curvados em direção à porção apical. Nos espécimes do sítio fossilífero não foram encontradas estruturas férteis. As amostras analisadas parecem ser partes de caules com emergências, ou rizomorfos, contidos na base (MILAGRES *et al.*, 2018). Segundo Gerrienne *et al.* (2001) estas estruturas podem ser extensões distais sugestivas de serem características de estruturas morfológicas de folhas ou pré-folhas, conforme figura 17. Ainda não foram realizadas inferências relativas à natureza das emergências, como por exemplo, a não vascularização dessas partes ou presença de folhas primitivas, apenas foram descritas de forma genérica como gametófito folhoso briófito (GERRIENNE *et al.*, 2020).

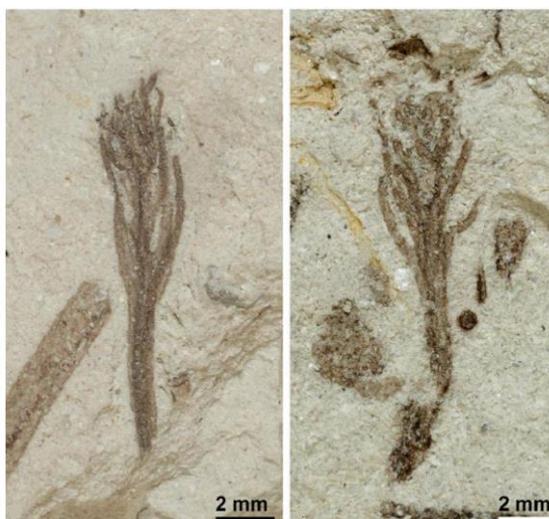


Figura 17 - *Edwardsnella campanulata* (retirado de GERRIENNE, 2020)

Incertae sedis

Gênero: *Sulculiphyton* (MUSSA *et al.*, 1996)

Sulculiphyton furnasensis (MUSSA *et al.*, 1996)

Local de ocorrência: Jackson de Figueiredo – Jaguariaíva (MUSSA *et al.*, 1996).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: De acordo com Mussa *et al.* (1996) os fósseis analisados estão preservados em forma de impressões e em bom estado de conservação. A morfologia está em forma de eixos estéreis com ramificações dicotômicas simples. Não existem correlações com grupos já descritos para caracterizar este gênero em classificações taxonômicas superiores. Os ramos possuem sulcos transversais e em formato de anéis com distribuição em diversos níveis, formando uma suposta morfologia articulada, conforme figura 18. Não é possível inferir a possibilidade de existência de esporângios ou gametângios pelas idênticas caracterizações entre os ramos dicotômicos. As dimensões do ramo são de aproximadamente 20mm de comprimento e 1,1mm de largura (MUSSA *et al.*, 1996).

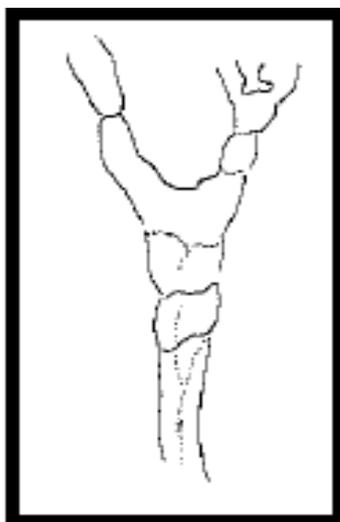


Figura 18 – Ilustração de *Sulculiphyton furnasensis* (modificado de MUSSA *et al.*, 1996)

*Incertae sedis*Gênero: *Ciguelia* (MUSSA *et al.*, 1996)*Ciguelia juvenile* (MUSSA *et al.*, 1996)

Locais de ocorrência: PISA (ramal ferroviário da empresa Papel de Imprensa S.A (MUSSA *et al.*, 1996, 2002).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: Fóssil descrito por Mussa *et al.* (1996) como eixo dicotômico estéril, com aproximadamente 18mm de comprimento e 2,4mm de largura na base, contendo cicatrizes ovais em formato subelicoideal que se distribui ao longo da superfície dos ramos. Presença de cicatrículas ovais nas partes externas do eixo maior, composta por uma fenda pontual podendo representar uma inserção de algum tipo de emergência (figura 19). Não existem vestígios de esporângios ou gametângios. A dicotomia de cada ramo tem dimensões de aproximadamente 1,8mm a 1,9mm. De acordo com Mussa *et al.* (1996) pode ter ocorrido uma distorção do arranjo helicoidal das cicatrículas pelo processo de fossilização em conjunto com o ressecamento, podendo originalmente ser em formato cilíndrico. As cicatrículas tem dimensões entre 0,7mm e 0,8mm de comprimento por 0,15mm a 0,2mm de largura, com presença de um ponto central escuro sugestiva de ser uma fenda. As possíveis cicatrículas podem ser de emergências, como espinhos e escamas ou organelas com a função de efetuar as trocas gasosas e regulação hídrica (MUSSA *et al.*, 1996).

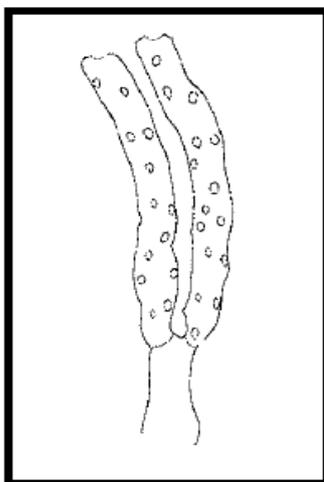


Figura 19 – Ilustração de *Ciguelia juvenile* (modificado de MUSSA *et al.*, 1996)

*Incertae sedis**Salopella* (EDWARDS e RICHARDSON, 1974)*Salopella brasiliiana* (MUSSA, 1996)

Local de ocorrência: PISA (ramal ferroviário da empresa Papel de Imprensa S.A (MUSSA et al., 1996, 2002).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: O material foi descrito por Mussa *et al.* (1996) como eixos dicotômicos lisos, preservados na forma de impressões, composto por esporângios terminais únicos e fusiformes, em formato vertical alongado e pontiagudo nas extremidades e com arredondamento em esporângios em fase mais madura, conforme figura 20. Um pouco distante do ponto de inserção esporangial apresenta dicotomia, que podem ser de primeira ou segunda ordem. As dimensões dos esporângios são de aproximadamente 3,5mm a 7mm de comprimento e 1mm a 1,5mm de largura (MUSSA *et al.*, 1996).

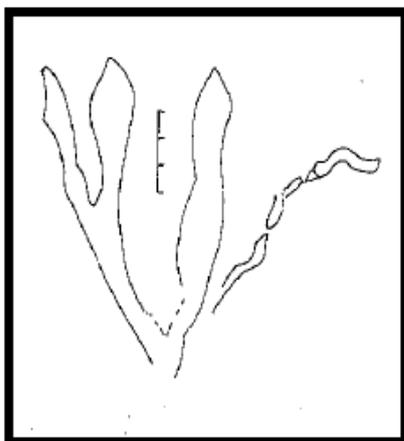


Figura 20 - Ilustração de *Salopella brasiliiana* (modificado de MUSSA *et al.*, 1996)

*Incertae sedis*Gênero: *Petriaia* (MUSSA *et al.*, 1996)*Petriaia mimosissima* (MUSSA *et al.*, 1996)

Local de ocorrência: Jackson de Figueiredo – Jaguariaiva (MUSSA *et al.*, 1996, 2002).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: Segundo Mussa *et al.* (1996) foram encontrados fragmentos de plantas com ramos separados dos esporângios e apenas uma única amostra intacta, preservada em impressões de ramos férteis e um esporângio em cada extremidade, com formato levemente afunilado com aumento do diâmetro da base para a extremidade gerando um formato discoide, representado na figura 21. O esporângio mede aproximadamente 3,5mm de comprimento. Devido ao processo de impressão estar com sobreposição de outros ramos mal preservados, a dicotomia verdadeira não pode ser constatada, portanto, foi classificado como ramificações pseudomonopodiais. Não é possível identificar o modo de fixação no substrato. A largura do ramo tem variação entre 2,7mm a 2,9mm, possuindo diâmetro maior na parte inferior (MUSSA *et al.*, 1996). Existem indicativos morfológicos da existência de uma valva opercular superior que seria eliminada após a maturação, deixando marcas escuras na região de material esporangênico, porém isso só poderá ser comprovado após novas análises com novos espécimes (MUSSA *et al.*, 1996).

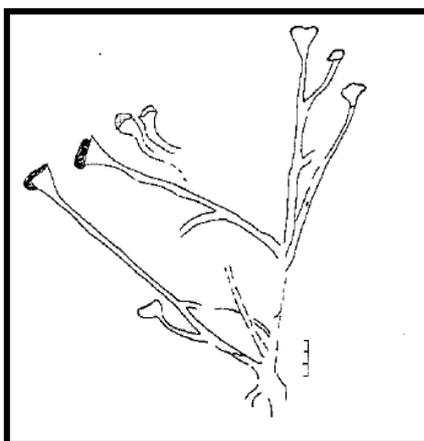


Figura 21 - Ilustração de *Petriaia mimosissima* (modificado de MUSSA *et al.*, 1996).

*Incertae sedis*Gênero: *Jaguariaivia* (MUSSA *et al.*, 1996)*Jaguariaivia meloii* (MUSSA *et al.*, 1996)

Local de ocorrência: Jackson de Figueiredo – Jaguariaíva (MUSSA *et al.*, 1996, 2002).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: Segundo Mussa *et al.* (1996), é representada por eixos dicotômicos composto por linhas longitudinais mais escuras presentes no interior dos tecidos do caule, com dicotomia em variados níveis. Presença de emergências espiniformes com arranjo helicoidal na superfície dos ramos. Os estudos em três fragmentos de eixos indicam um possível órgão esporangífero de formato hemigloboso e tamanho pequeno, posicionado no ápice de cada eixo, com uma leve reentrância mediana. Pelo estado de fragmentação parcial dos eixos, Mussa *et al.* (1996) encontraram dificuldade em interpretar a dicotomia que está presente em pelo menos dois ramos. Os eixos possuem aproximadamente 1mm de largura com linhas escuras profundas ao longo do caule e percorrendo em direção a cada ramo dicotômico, formando projeções dentiformes na superfície do caule, podendo ser equivalente a feixes vasculares dicotomizantes. A preservação em forma de impressão não indica forma cilíndrica, mas com sugestiva forma fitoide dos eixos, com ornamentação por projeções dentiformes em formato próximo de triangular e helicoidal (MUSSA *et al.*, 1996). A *Jaguariaivia meloii* está ilustrada na figura 22.

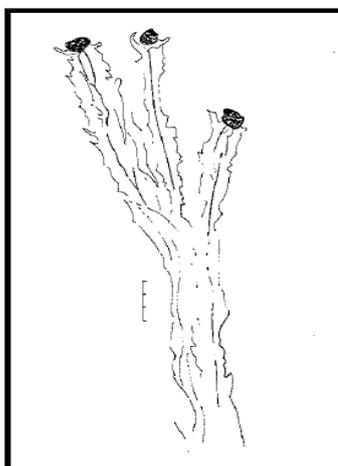


Figura 22 - Ilustração de *Jaguariaivia meloii* (modificado de MUSSA *et al.*, 1996).

*Incertae sedis*Gênero: *Steganotheca* (EDWARDS, 1970)*Steganotheca paranaense* (MUSSA *et al.*, 1996)

Local de ocorrência: Jackson de Figueiredo – Jaguariaíva (MUSSA *et al.*, 1996, 2002).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: Conforme Mussa *et al.* (1996) corresponde a eixos fragmentados medindo entre 3mm e 7,5mm de comprimento e 2,8mm a 4,5mm de largura na porção apical. A região próxima da base corresponde à porção mais fina, medindo 1,2mm de largura. O material foi retirado de rochas em forma de impressões, com espécimes dispersas e pequenas. As amostras possuem ápice com acentuado afunilamento e em formato discoidal. A área apical é espessa com estrias longitudinais abrindo em forma de leque a partir da base, percorrendo toda a extensão do esporângio até as ramificações nas extremidades, conforme ilustração na figura 23. Segundo Edwards (1990) as estrias podem corresponder a contornos de células com formato alongado pertencente à epiderme ou da parte do córtex da planta (MUSSA *et al.*, 1996).

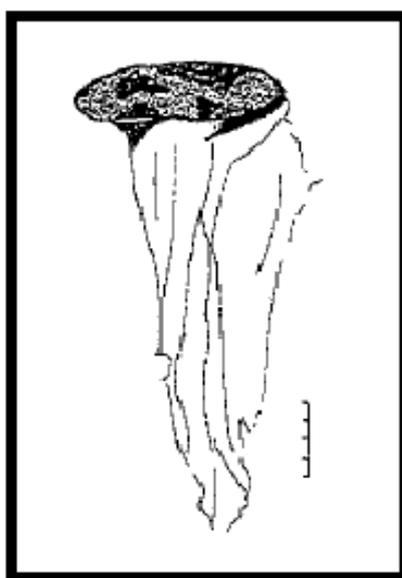


Figura 23 - Ilustração de *Steganotheca paranaense* (modificado de MUSSA *et al.*, 1996).

Incertae sedis

Gênero: *Sphaerullophyton* (MUSSA *et al.*, 1996)

Sphaerullophyton originalis (MUSSA *et al.*, 1996)

Local de ocorrência: Jackson de Figueiredo – Jaguariaíva (MUSSA *et al.*, 1996, 2002).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: Fóssil caracterizado por conter eixos simples ou ramificados (podendo ter dicotomia) com presença de corpúsculos escuros, consistentes e subesféricos ovalados na superfície, com arranjo helicoidal. As dimensões dos corpúsculos escuros têm aproximadamente 1,2mm de comprimento e 0,6mm a 0,9mm de largura. Como estes corpúsculos são evidentes na base sugere-se que havia divisão celular localizada que poderia originar um protótipo de pedicelo que era assentado no eixo. Segundo Mussa *et al.* (1996) em locais onde o corpúsculo já não estava presente existe uma área necrosada e colapsada, já em outra amostra, não existe o indício de colapso, mas sugere-se que pode ter ocorrido a maturação do corpúsculo ovoide, podendo ter acontecido a formação de um determinado tipo de broto, o que é comum em multiplicações de vegetais, conforme demonstração na figura 24. As hipóteses sobre os corpúsculos ainda não são esclarecidas porque poderiam ser esporângios que apresentavam brotos ou gemas, porém a explicação mais evidente era de que após a maturação ocorria a queda e a necrose dos eixos, fato que ocorre também em estruturas do tipo gema ou broto (MUSSA *et al.*, 1996).

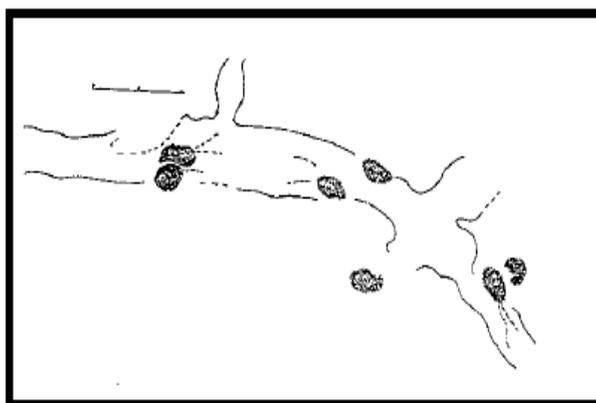


Figura 24 - Ilustração de *Sphaerullophyton originalis* (modificado de MUSSA *et al.*, 1996).

Incertae sedis

Gênero: *Brasilophyton* (MUSSA *et al.*, 1996)

Brasilophyton gracile (MUSSA *et al.*, 1996)

Local de ocorrência: Jackson de Figueiredo – Jaguariaíva (MUSSA *et al.*, 1996, 2002).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: A morfologia desta amostra é caracterizada por um conjunto de ramos em forma de tufo, podendo ser preservado em uma certa desorganização pelo processo de transporte e fossilização. Em outras amostras existe uma aglomeração na forma com que foram fossilizados, dificultando a reconstrução do hábito de desenvolvimento da planta. A amostra mais completa possui um eixo ou caule com alongamento da base em forma de leque, originando várias dicotomias, com expansões risomórficas para possível fixação ao substrato. O caule é ereto e na região apical existe uma estrutura em forma de sino (campanulado) contendo uma região levemente inclinada. No eixo existem linhas longitudinais escuras com início nas dicotomias da base, percorrendo toda extensão até a parte apical, conforme representado na figura 25. A hipótese, segundo Mussa *et al.* (1996), seria o registro de vascularização, não apenas uma ornamentação. Nas proximidades do ápice, os eixos ficam mais finos em que se encontram o órgão apical ou gametangióforo, que provoca um envergamento da planta após a porção mediana, possivelmente devido ao peso elevado do gametangióforo que seria desproporcional à haste que o sustenta. A dimensão da base, em forma de leque, tem aproximadamente 3,2mm de largura e a parte apical com 0,4mm. A estrutura campanulóide mede aproximadamente entre 1,1mm e 2,9mm. As dimensões totais da planta são de aproximadamente 18mm a 20mm de comprimento. O gametangióforo tem aspecto circular e bordas com leves ondulações, com possíveis pontos de inserção dos anterídeos. O modo de preservação, através de impressão, dificulta a compreensão por apresentar apenas uma vista lateral do gametangióforo, sem maiores informações sobre o conteúdo central (MUSSA *et al.*, 1996).

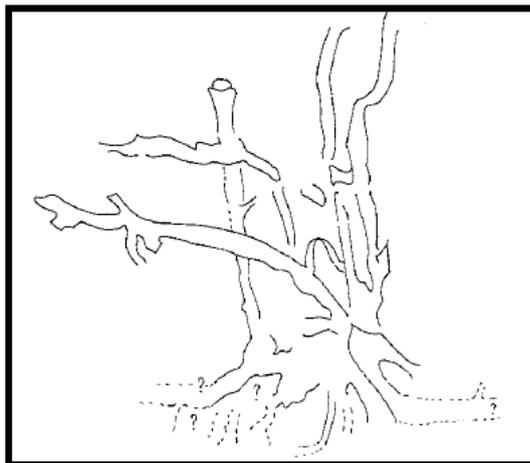


Figura 25 - Ilustração de *Brasilophyton gracile* (modificado de MUSSA *et al.*, 1996).

Incertae sedis

Gênero: *Conchulophyton* (MUSSA *et al.*, 1996)

Conchulophyton quadrosii (MUSSA *et al.*, 1996)

Local de ocorrência: PISA (ramal ferroviário da empresa Papel de Imprensa S.A. (MUSSA *et al.*, 1996).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: De acordo com Mussa *et al.* (1996) a amostra sob forma de impressão apresenta uma combinação de ramos com eixos férteis com presença plausível de esporângios. O gamentangióforo está presente em um conjunto de eixos dicotômicos. Devido ao processo de fossilização, a forma do eixo pode não estar em conformidade com a forma original (de cilíndrico para fitóides e sub-fitóides). O grau de maturação determina a largura que estão entre 1mm e 2mm. As impressões de eixos horizontalizados com ramos eretos encontrados em algumas plantas fósseis sugerem uma porção basal rastejante ou rizomatosa. Mussa *et al.* (1996) destaca que a reconstituição é dificultada pela utilização de distintos fragmentos de materiais fossilizados. Próximos ao gamentangióforo, em alguns eixos, existem estrias ou linhas escuras longitudinais, conforme figura 26. O gamentangióforo apresenta região basal sem afunilamento e região apical com sequência no eixo em forma de diminutas concha ou bacia com bordas levemente serrilhadas. O espécime foi fossilizado na

posição semi-ventral impedindo a observação da anatomia interna. As dimensões do gametangióforo são de 1,8mm a 2mm de diâmetro e 1,1mm a 1,2mm de comprimento.

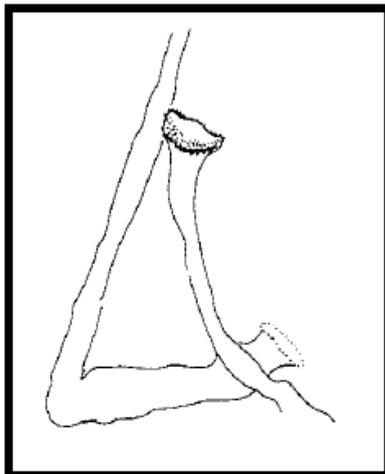


Figura 26 - Ilustração de *Conchulophyton quadrosii* (modificado de MUSSA *et al.*, 1996).

Incertae sedis

Gênero: *Lyonophyton* (REMY e REMY, 1980)

Lyonophyton sp. (REMY e REMY, 1980)

Local de ocorrência: Jackson de Figueiredo (MUSSA *et al.*, 1996).

Unidade Litoestratigráfica: Formação Furnas.

Idade: Devoniano (Lochkoviano).

Descrição: A amostra foi descrita com o gametangióforo em formato de taça, com margem lobulada. O eixo mede aproximadamente 20mm de comprimento, liso e sem folhas e sua região basal é uma incógnita. Na margem lobulada internamente encontram-se os anterídios que equivalem a manchas escuras enquanto os arquegônios estão na posição central, conforme figura 27. Devido à fragmentação excessiva da planta fóssil não foi possível inferir a espécie, apenas o gênero.

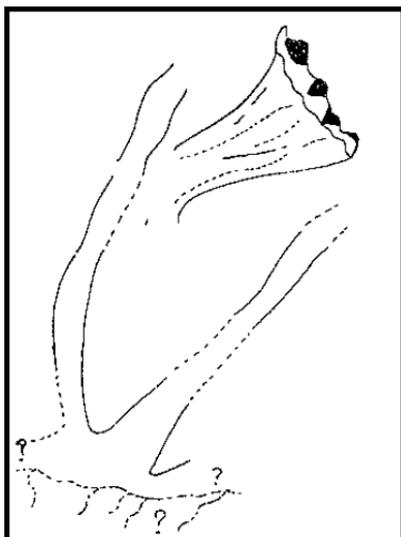


Figura 27 - Ilustração de *Lyonophyton* sp. (modificado de MUSSA *et al.*, 1996).

4. DISCUSSÃO

O Período Devoniano, em sua totalidade, corresponde a aproximadamente 60,3 Ma. No presente estudo foi realizado um levantamento das plantas fósseis das épocas Inferior e Médio, das idades Lockoviano (de 419,2 Ma a 410,8 Ma) e Givetiano (387,7 Ma a 382,7 Ma), que compreendem cerca de 36,5 Ma.

As ocorrências de plantas fósseis do Devoniano no Paraná estão em quatro localidades, conforme representados pelo mapa da figura 28.

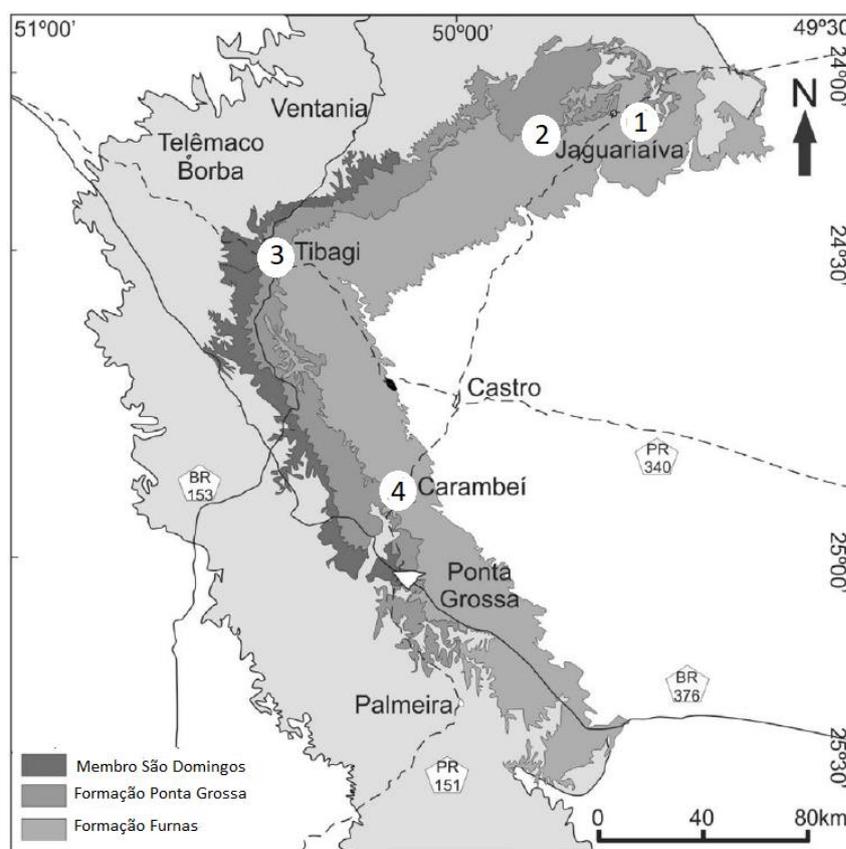


Figura 28 - Locais de ocorrência das plantas terrestres no Devoniano. 1 - PISA (pequeno ramal rodoviário na área industrial da Empresa Papel de Imprensa S.A.). 2 - Jackson de Figueiredo. 3 - Tibagi. 4 - Carambeí (modificado de MATSUMURA *et al.*, 2015).

Um resumo dos espécimes de macrofósseis descritos para o Paraná, com seus respectivos locais de ocorrências, estão apresentados na tabela 1.

Embora o registro fóssil ocorra nas formações Furnas e Ponta Grossa, a maior quantidade de material encontrado e estudado está na Formação Furnas. Alguns táxons identificados na Formação Furnas foram encontrados em mais de uma localidade, como por exemplo, *Cooksonia paranensis* foi encontrada em Jackson de

Figueiredo e Carambeí, *Sporogonites* sp. e *Aberlemnia* foram localizadas em Jackson de Figueiredo e PISA e *Hostinella* sp. descrita em PISA e Carambeí.

No total foram encontrados 24 táxons de plantas fósseis em 28 ocorrências, sendo 25 ocorrências na Formação Furnas, distribuídos em 15 táxons na localidade de Jackson de Figueiredo, 8 táxons em PISA e apenas 2 táxons em Carambeí. Na Formação Ponta Grossa foram identificados 3 táxons, na localidade de Tibagi.

De acordo com Milagres *et al.* (2018) existem muitas semelhanças entres os espécimes encontrados na localidade de Jackson de Figueiredo e PISA, descritos por Mussa *et al.* (1996) e Gerrienne *et al.* (2001), com aqueles da região de Carambeí, descritos por Machado *et al.* (2007) e Milagres *et al.* (2007).

TABELA 1 – PLANTAS FÓSSEIS NA FORMAÇÃO FURNAS E FORMAÇÃO PONTA GROSSA.

Unidade Litoestratigráfica	Idade	Localidade	Plantas fósseis
Formação Furnas	Devoniano (Lochkoviano)	JACKSON DE FIGUEIREDO	<i>Sporogonites</i> sp.
			<i>Cooksonia paranensis</i>
			<i>Cooksonia acuminata</i>
			<i>Aberlemnia caledonica</i>
			<i>Tarrantia</i> sp.
			<i>Pertonella</i> sp.
			<i>Sciadophyton</i> sp.
			<i>Dutoitia</i> sp.
			<i>Sulculiphyton furnasensis</i>
			<i>Petriaia mimosissima</i>
			<i>Jaguariaivia meloii</i>
			<i>Steganotheca paranaense</i>
			<i>Sphaerullophyton originalis</i>
			<i>Brasilophyton gracile</i>
		<i>Lyonophyton</i> sp.	
		PISA	<i>Sporogonites</i> sp.
			<i>Aberlemnia caledonica</i>
			<i>Hostinella</i> sp.
			<i>Psilophytites</i> sp.
			<i>Edwardsnella campanulata</i>
<i>Ciguelia juvenile</i>			
<i>Salopella brasiliana</i>			
<i>Conchulophyton quadrosii</i>			
CARAMBEÍ	<i>Cooksonia paranensis</i>		
	<i>Hostinella</i> sp.		
Formação Ponta Grossa (Membro São domingos)	Devoniano (Givetiano)	TIBAGI	<i>Spongiophyton</i> sp.
			<i>Haplostigma cf. furquei</i>
			<i>Palaestigma cf. P. sewardii</i>

Os fósseis estão em sua maioria na forma de impressões e compressões, algumas vezes com a presença de cutícula. As amostras estudadas por Mussa *et al.* (1996) ocorrem como impressões.

As primeiras plantas fósseis são pequenas e com organização simples, como eixos isotômicos, isósporos e esporângios em posições terminais. A maior dificuldade para análise destes fósseis está associada à ausência de estruturas mais frágeis, como as partes reprodutivas e foliares (microfilos), que podem estar ausentes em sua morfologia original, associadas à alta fragmentação dos espécimes. Estes fatores dificultam a reconstrução completa da planta fóssil, como descreve Matsumura *et al.* (2015) em análises com morfoespécies de *Haplostigma*, em que comenta a precária preservação destes táxons.

Os fósseis encontram-se em sua maioria desarticulados e fragmentados. Alguns níveis fossilíferos apresentam um emaranhado de fósseis sobrepostos que impedem a observação da morfologia. De acordo com Milagres *et al.* (2018), os intervalos com plantas fósseis nas formações Furnas e Ponta Grossa indicam ambientes costeiros. A análise tafonômica dessas plantas indica que podem ter sofrido remoção e transporte pela influência de inundações, tempestades catastróficas ou maremotos. Os eventos deposicionais também influenciaram nos processos tafonômicos com possíveis erosões e desarticulação dos eixos e esporângios. Conforme Mussa *et al.* (1996) os fósseis da Formação Furnas são oriundos de um ambiente continental próximo aos ambientes litorâneos com predomínio de muita umidade ou com possíveis submersões periódicas. A ausência de orientação de determinados espécimes sugere que o material sofreu transporte de maneira suspensiva na superfície da água, sendo que essa dinâmica fluvial com fluxos elevados de energia provocados por tempestades ou maremotos, podem prejudicar a reconstrução do habitat original dessas plantas.

Muitos dos táxons ainda constam como *incertae sedis* dificultando as contribuições nas questões filogenéticas. A descoberta de novos espécimes mais completos e estudos morfológicos e anatômicos mais detalhados poderão auxiliar na filogenia desses fósseis.

Os maiores registros da existência das primeiras plantas são oriundos do atual Hemisfério Norte, mais especificamente na China, Estados Unidos e Europa. A ocorrência de registros de macrofósseis vegetais é datada de meados do Siluriano

(aproximadamente 430 milhões de anos atrás), com aumento significativo de gêneros no início do Devoniano. Em comparação ao Hemisfério Norte, o Hemisfério Sul sempre esteve abaixo na quantidade de produção de trabalhos científicos ao que se refere ao estudo de plantas fósseis. Em datas recentes esta condição está sendo revertida, principalmente no Brasil, havendo um aumento significativo de estudos da taoflora devoniana devido à rica variedade de registros fossilíferos de espécimes encontrados na Bacia do Paraná (GERRIENNE *et al.*, 2020).

Os registros de Gondwana, na Bacia do Paraná, têm semelhanças com diversos gêneros e espécies de plantas do final do Siluriano e Devoniano (Lochkoviano) encontrados na Euramérica da Grã-Bretanha. Estudos sugestivos de caráter evolutivo destas plantas coincidem com a condição de que as plantas ocorreram inicialmente na Euramérica. Após o encontro e colisão de Euramerica e Gondwana, no início do Devoniano, pode ter existido uma migração destas plantas para as latitudes mais elevadas do Gondwana (MILAGRES *et al.*, 2018).

A planta fóssil do gênero *Cooksonia*, com duas espécies encontradas na Bacia do Paraná, é considerada cosmopolita por ter registros em sítios fossilíferos da Euramérica, Ásia (WNUK, 1996; GERRIENNE *et al.*, 2001) e também na Bolívia. Uma hipótese paleobiogeográfica do táxon no Devoniano sugere que houve uma dispersão iniciando pela Bolívia (MILAGRES *et al.*, 2007) nos ambientes terrestres possivelmente ausentes de gelo, alcançando o restante do continente (GERRENNE *et al.*, 2001; MILAGRES *et al.*, 2007; MATSUMURA *et al.*, 2015).

A Bacia do Paraná durante o início do Devoniano (Lochkoviano, entre 419Ma e 411Ma), estava localizada na região sul de Gondwana, limitada a latitudes altas e submetida a águas frias do Oceano Pantalassa (figura 29), situada no círculo polar sul (DENHAM e SCOTESE, 1987; SCOTESE e McKERROW, 1990; SCOTESE *et al.*, 1999, FRAGA e VEGA, 2019). A existência de plantas nestas regiões, corroboram com a condição de um clima ameno e sem eventos de glaciação (GERRIENNE *et al.*, 2001).

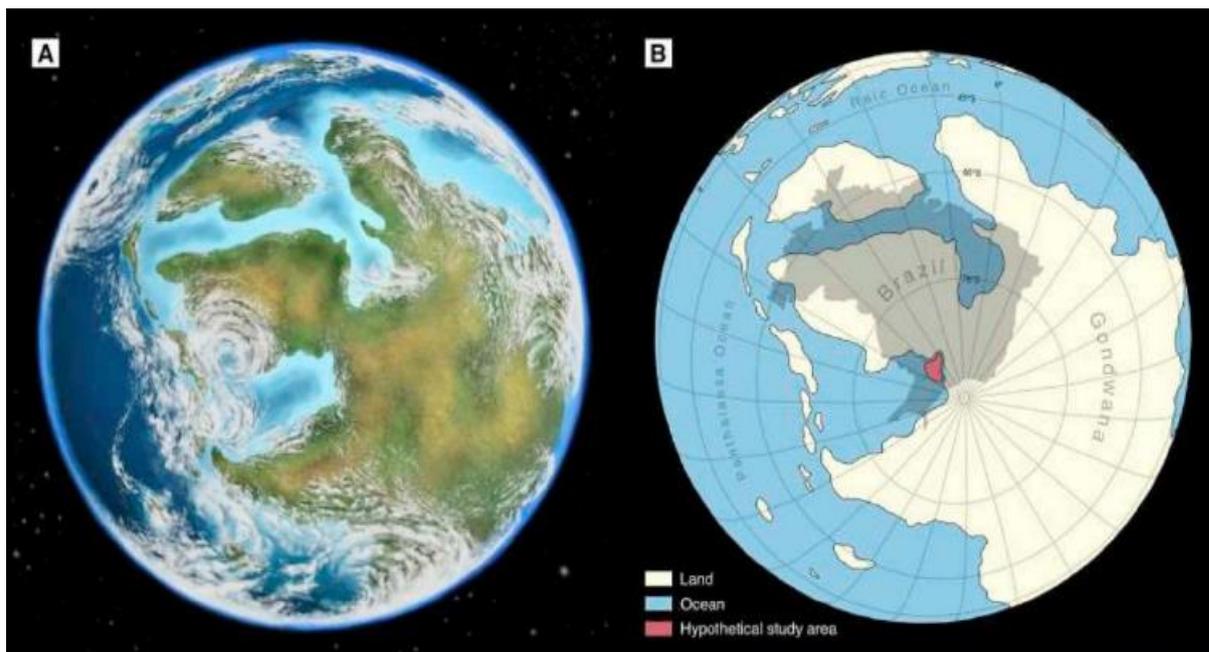


Figura 29 - O Devoniano da Bacia do Paraná. A e B - Paleogeografia do Hemisfério Sul (modificado de FRAGA e VEGA, 2019).

A localização da Bacia do Paraná próximo do Pólo Sul teria propiciado a seleção de determinadas adaptações evolutivas influenciadas pelo clima, como estruturas para evitar dessecação e tricomas com formato de espinhos que supostamente aumentam a superfície fotossintética, melhorando as condições em que a insolação é precária em determinados períodos do ano (GERRIENNE *et al.*, 2020). Estudo realizados por Mussa *et al.* (1996) em eixos dicotômicos de *Ciguelia juvenile* indicam presença de cicatrículas ovais com possíveis fendas, que provavelmente eram estruturas que evoluíram para adaptações contra dessecação, proteção e controle de trocas gasosas, com interpretação de ser emergências ou organelas.

As pesquisas paleobotânicas no Devoniano na Bacia do Paraná concentram dados taxonômicos (KRÄUSEL, 1954, GERRIENNE *et al.*, 2001; MACHADO *et al.*, 2007; MILAGRES *et al.*, 2007; MATSUMURA; IANNUZZI, 2015; MATSUMURA *et al.*, 2015), seguidos de análise da tafonomia (MATSUMURA *et al.*, 2013a) e fitoestratigrafia (MATSUMURA *et al.*, 2015).

Na descrição taxonômica das plantas fósseis, os autores muitas vezes não efetuaram a classificação taxonômica detalhada, deixando os táxons em *incertae sedis*, principalmente nos táxons superiores (Ordens e Divisões). Gerrienne *et al.* (2020) iniciaram a análise dos caracteres morfológicos e anatômicos das plantas adotando a metodologia de estudos cladísticos de Kenrick e Crane (1997a). Em outros

trabalhos, como por exemplo Matsumura *et al.* (2015), não são especificados a base taxonômica (tradicional ou cladística) adotada para a descrição e identificação taxonômica dos fósseis de plantas. Portanto, além de não existir uma revisão atualizada de reconstrução filogenética e da taxonomia das primeiras plantas terrestres, não existe também uma uniformidade e padronização, pois os trabalhos foram realizados em intervalos diferentes. Os autores do final do século XX utilizavam a classificação tradicional, por exemplo Mussa *et al.* (1996, 2002), e só recentemente os trabalhos com fósseis começaram a utilizar a classificação cladística.

Como muitos espécimes se encontram desarticulados existe a dificuldade da classificação sistemática e determinação dos táxons, pela ausência de estruturas morfológicas ou pela fragmentação excessiva do material, sendo atribuídos por alguns autores como restos vegetais não identificáveis até o momento. Existem incertezas taxonômicas, como por exemplo os espécimes estudados por Mussa *et al.* (1996), em que a sua maioria pode estar relacionada à Rhyniophyta e outros à Psilophyta, mas são questões ainda sem definição. Em algumas amostras específicas o registro permaneceu em forma de impressões, ao invés de carbonificação ou permineralização, impedindo que sejam realizadas mais análises anatômicas por outras técnicas, limitando apenas à observação dos caracteres básicos da morfologia da planta. As impressões fornecem apenas uma vista lateral da planta primitiva podendo conter superposição de partes, bem como impressões sobre impressões, dificultando a identificação do material (MUSSA *et al.*, 1996).

5. CONCLUSÃO

A avaliação dos aspectos paleobiogeográficos e a localização do Estado do Paraná durante o Devoniano destacou a importância das plantas fósseis e as informações sobre os caracteres evolutivos dos espécimes. Outros aspectos incluem a ecologia destas plantas, os processos de fossilização e as influências climáticas do Devoniano que influenciaram no desenvolvimento e na aquisição de estruturas diferenciadas para adaptação.

A Bacia do Paraná contém uma riqueza de material fossilífero com grande potencial para novas descobertas, no entanto existem poucos trabalhos taxonômicos que são dificultados pela escassez de material e pelo tipo de fossilização, muitas vezes impedindo uma observação detalhada da morfologia. A fragilidade do material e o modo de fossilização influenciam a integridade da preservação (fragmentação e desarticulação), que aliados aos eventos de sepultamento, dificulta a descrição das estruturas das plantas. Por serem plantas terrestres basais, como por exemplo o gênero *Pertonella*, elas compartilham características genéricas, além de morfologia muito simples, que dificultam a classificação e identificação taxonômica.

Mais estudos devem ser conduzidos nos sítios fossilíferos do Devoniano para que novos materiais sejam recuperados dos afloramentos, auxiliando na compreensão dessas plantas. Também muitos dos fósseis que já se encontram nas coleções ainda não possuem uma identificação taxonômica. É importante a contribuição de estudos evolutivos e o descobrimento de novos espécimes de fósseis de todo o Período Devoniano, podendo inclusive reunir informações de outras idades (Pragian, Emsiano, Eifeliano, Frasniano e Famenniano). Os avanços nos últimos anos foram de extrema relevância, porém devido à extensão da Bacia do Paraná, ainda existem poucos trabalhos e autores que efetivamente desenvolvem os estudos, portanto, existe uma carência de trabalhos paleobotânicos no Paraná. Para estimular a elaboração desses estudos e trabalhos, são necessários incentivos, investimentos e continuidade das pesquisas e na formação de profissionais.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, O. **Vegetais fósseis do devoniano do Brasil e da Bolívia**. Mineração e Metalurgia, v.81, n. 15, p. 81-84. 1949.
- BIGARELLA, J.J., MARQUES Filho, P.L. SALAMUNI, R., Estruturas e texturas da Formação Furnas e sua significação paleogeográfica. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**. V.18, 114 p. 1966.
- BOLZON, R. T.; ASSINE, M. L.; SOMMER, M. Ocorrência de *Cooksonia* Lang, 1937 na Formação Furnas, Estado do Paraná. REUNIÃO DE PALEOBOTÂNICOS E PALINÓLOGOS, 8. São Paulo: **Anais de resumo**, USP, p. 11. 1994.
- CLARKE, J. M. Fósseis devonianos do Paraná. Rio de Janeiro: **Monographias do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil**, p.353. 1913.
- COHEN, K.M.; FINNEY, S. C.; GIBBARD, P.L.; FAN, J. X. **The ICS International Chronostratigraphic Chart**. 2022. Disponível em: <https://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2021-10PTPortuguese.pdf>. Acesso em: 18 set. 2022.
- DENHAM, C. R.; SCOTSESE, C. R. **Terra Mobilis: a plate tectonics program for the Macintosh, Austin, Texas**. 1987.
- EDWARDS, D. Constraints on Silurian and Early Devonian phytogeographic analysis based on megafossils. In: MCKERROW, W. S.; SCOTSESE, C. R. (Eds). **Paleozoic Paleogeography and Biogeography**. Geol. Soc. London Mem., v.12, p. 233-242. 1990.
- EDWARDS, D.; DAVIES, K. L.; AXE, L. A vascular conducting strand in the early land plant *Cooksonia*. **Nature**, v.357, p. 683–685. 1992.
- EDWARDS, D.; RICHARDSON, J. B. Lower Devonian (Dittonian) plants from the Welsh Borderland. **Palaeontology**, n. 17, p. 311-324. 1974
- EDWARDS, D.; WELLMAN, C.H.; Embryophytes on land: the Ordovician to Lochkovian (Lower Devonian) record. In: GENSEL, P.G.; EDWARDS, D. (Eds.), **Plants Invade the Land: Evolutionary and Environmental Perspectives**. 2001.
- FRAGA, M. C.; VEGA, C. S. Asterozoans from the Devonian of the Paraná Basin, South Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 2019.
- FRENGUELLI, J. *Haplostigma furquei* n. sp. del Devónico de la Precordillera de San Juan. **Revista de la Asociación Geológica Argentina**, v. 7, n. 1, p. 5-10. 1952.
- GERRIENNE, P.; ARAÚJO-JÚNIOR, H.; MILAGRES, S. B. I.; MARTINS, G. O.; Pereira, E.; RODRIGUES, M. A.; RODRIGUES-FRANCISCO, V.; STEEMANS, P. Earliest evidence of land plants in Brazil. **Springer Nature Switzerland**, 2020.

GERRIENNE, P.; BERGAMASCHI, S.; PEREIRA, E.; RODRIGUES, M. A. C.; STEEMANS, P. An Early Devonian flora, including *Cooksonia*, from the Paraná Basin (Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**. v.116, p.19-38. 2001.

GERRIENNE, P.; DILCHER, D.; BERGAMASCHI, S. An exceptional specimen of the early land plant *Cooksonia paranensis*, and a hypothesis on the life cycle of the earliest eutracheophytes. **Review of Palaeobotany and Palynology**. v.142, p. 123–130. 2006.

GERRIENNE, P.; MILAGRES, I.M.; BERGAMASCHI, S. Quelques specimens exceptionnels de premières plantes terrestres découvertes au Brésil (Bassin du Paraná, Devonien basal). **Géographie et d'Écologie Tropicales**. n. 25, p. 65–74. 2002

GONEZ, P.; GERRIENNE, P. A New Definition and a Lectotypification of the Genus *Cooksonia* Lang 1937. **International Journal of Plant Sciences**, v. 171, n. 2, p. 199-215. 2010a.

GONEZ, P.; GERRIENNE, P. *Aberlemnia caledonica* gen. et comb. nov., a new name for *Cooksonia caledonica* Edwards 1970. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v.163, p. 64–72. 2010 b.

GRAHN, Y., MAULLER, P.M., BERGAMASCHI, S., BOSETTI, E.P. Palynology and sequence stratigraphy of three Devonian rock units in the Apucarana Sub-basin (Paraná Basin, south Brazil): additional data and correlation. **Review of Palaeobotany and Palynology**. p. 27–44. 2013.

GUERRA-SOMMER, M.; DIAS-FABRÍCIO, M. E.; CAZZULO-KLEPZIG, M.; MARQUESTOIGO, M.; PILATTI, F. *Spongiophyton* and associated micro and megafossils from the Devonian of the Ponta Grossa Formation, Paraná Basin, South Brazil. REUNIÃO DE PALEOBOTÂNICOS E PALINÓLOGOS, 7. São Paulo: **Anais de resumo**. USP, p. 22. 1990.

GUERRA-SOMMER, M.; RODRIGUES, R.; MENDONÇA FILHO, J. G.; MARQUESTOIGO, M.; CAZZULO-KLEPZIG, M.; PILATTI, F. Characterization of *Spongiophyton* habit using morphologic description, organic geochemistry and organic petrography. SIMPÓSIO SUL-AMERICANO DO SILURO-DEVONIANO, 1. Ponta Grossa: **Anais de resumo**. UEPG, p. 107-116. 1996.

GUERRA-SOMMER, M. *Spongiophyton* nas bacias intracratônicas brasileiras: considerações paleoecológicas e bioestratigráficas. **Pesquisas em Geociências**, v. 20, n. 1, p. 70-77. 1993.

HOEG, O. A. *Psilophytites*, a new form genus of Devonian plants. **Paleobotanist** 1, p. 212-214. 1952.

KENRICK, P.; CRANE, P. R. The origin and early evolution of plants on land. **Nature**, n.389, p. 33-39. 1997a.

KENRICK, P.; CRANE, P. R. The origin and early diversification of land plants: a cladistic study. **Smithsonian Series in Comparative Evolutionary Biology**. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, p. 441. 1997b.

KRÄUSEL, R. *Spongyophyton* nov. gen. (Tallophyta) und *Haplostigma Seward* (Pteridophyta) im unter-Devon von Paraná. LANGE, F. W. (org) **Paleontologia do Paraná**. Curitiba: Comissão de Comemorações do Centenário do Paraná, p. 195-210. 1954.

KRÄUSEL, R.; DOLIANITI, E. Restos vegetais das Camadas Picos, Devoniano Inferior do Piauí. Boletim do Ministério da Agricultura. **Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia**, n. 173, p. 7-19. 1957.

KRÄUSEL, R.; VENKATACHALA, B. S. Devonische Spongiophytaceen aus Destnud. West-Asien. **Senkenbergiana Lethaea**, n. 47, p. 215-251. 1966.

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

LANG, W. H. On the plant-remains from the Downtonian of England and Wales. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, Series B, v.227, p. 245-291. 1937.

MACHADO, L. G.; BOLZON, R. T.; AZEVEDO, I.; CARVALHO, M. A.; SOUZA, A. F. Primeiras plantas terrestres no Eodevoniano (Formação Furnas) do estado do Paraná, Brasil. CARVALHO, I. S.; RODRIGUES, M. A. C.; CASSAB, R. C. T. (Orgs.) **Paleontologia - Cenários de Vida**, Rio de Janeiro: Interciência, v. 1, p. 49-59. 2007.

MACHADO, V. *et al.* UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Sistemas de Bibliotecas. Manual de normalização de documentos científicos de acordo com as normas da ABNT**. Curitiba: Ed. UFPR. p.411. 2022. Disponível em <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/73330>. Acesso em 10 abr. 2022.

MARTINS, G. P. O. M.; RODRIGUES-FRANCISCO, M. C.; RODRIGUES, M. A. C.; ARAÚJO-JÚNIOR, H. I. Are early plants significant as paleogeographic indicators of past coastlines? **Insights from the taphonomy and sedimentology of a Devonian taphoflora of Paraná Basin, Brazil**. 2018.

MATSUMURA, W. M. K.; BOSETTI, E. P.; IANNUZZI, R. Estudo tafonômico das plantas fósseis do Devoniano Médio do estado do Paraná, Brasil. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEOBOTÂNICA E PALINOLOGIA, 14, Rio de Janeiro: **Anais do Museu Nacional - UFRJ**, p. 109. 2013a.

MATSUMURA, W. M. K.; IANNUZZI, R.; BOSETTI, E. P. Histórico e evolução do conhecimento sobre a paleoflora do Devoniano na Bacia do Paraná. **Terra@Plural**, Ponta Grossa: Editora UEPG. v.7, p 25-42, jul/dez. 2013b.

MATSUMURA W. M. K.; IANNUZZI R.; BOSETTI E. P. Middle Devonian herbaceous lycopsid *Haplostigma* from the Parana´ Basin, Brazil: taxonomy, biostratigraphy and phytogeography. **Geobios**. Porto Alegre: Instituto de Geociência. V. 48, p. 397-415. 2015.

MATSUMURA, W. M. K.; IANNUZZI. Plantas devonianas do Brasil e seu significado bioestatigráfico. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi**, Ciências Naturais, v.10, p. 19-36. 2015.

MATSUMURA, W. M. K.; IANNUZZI, R.; BOSETTI, E. P.; MARCONDES, A. T. P. Novos registros paleobotânicos da Formação São Domingos, Devoniano do Estado do Paraná. XII REUNIÃO REGIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA (PALEO PR/SC), Cascavel: **Anais de resumo**, UNIOESTE, p.12. 2010.

MILAGRES, I. M.; PEREIRA, E.; BERGAMASCHI, S.; RODRIGUES, M. A. C.; GERRIENNE, P. Early Devonian taphoflora record in Ponta Grossa Arch, Paraná Basin (Southern Brazil) and its palaeogeographic implications. Rio de Janeiro: **Journal of Sedimentary Environments**, v. 3, p.107. 2018.

MILAGRES, I.; PEREIRA, E.; BERGAMASCHI, S.; RODRIGUES, M.A.C.; GERRIENNE, P. O registro da tafoflora devoniana observada no arco de Ponta Grossa, Bacia do Paraná, e suas implicações paleogeográficas. In: CARVALHO, I.S., RODRIGUES, M.A.C., TARDIN. R.C.S. (Org.), **Paleontologia** - Cenários de Vida, Rio de Janeiro: Interciência. v. 1, p. 25-48. 2007.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A.B. Bacia do Paraná. **Boletim Geociência Petrobrás**, v.15, p. 265–287. 2007

MUSSA, D.; BORGHI, L.; BERGAMASCHI, S.; SCHUBERT, G.; PEREIRA, E.; RODRIGUES, M. A. Estudo preliminar da tafoflora da Formação Furnas, Bacia do Paraná, Brasil. Rio de Janeiro: **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 68, n. 1, p. 65-89. 1996.

MUSSA, D.; BORGHI, L.; BERGAMASCHI, S.; SCHUBERT, G.; PEREIRA, E.; RODRIGUES, M. A. C.; PEREIRA, J. F.; EMMERICH, M. New taxa from the Furnas Formation, Paraná Basin, Brazil - an approach and revalidation of names. **Bradea**, v. 8, n. 45, p. 303-309. 2002.

OPPENHEIM, V. Fósseis devonianos do Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 7, n. 4, p. 345-348. 1935.

PETRI, S. Contribuição ao estudo do Devoniano paranaense. Rio de Janeiro: **Departamento Nacional da Produção Mineral. Divisão de Geologia e Mineralogia**, Brasil, Boletim 129, p.125, 1948.

READ, C. B. Plantas fósseis do Neo-Paleozóico do Paraná e Santa Catarina. **Monografias da Divisão de Geologia e Mineralogia**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, v.12, p.102. 1941.

REMY, W., REMY, R. Devonian gametophytes with anatomically preserved gametangia. **Science**. v.208. p. 295-296. 1980.

RICHTER, M.; BOSETTI, E.P.; HORODYSKI, R. Early Devonian (Late Emsian) shark fin remains (Chondrichthyes) from the Paraná Basin, southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v.89, p.103–118. 2017.

RODRIGUES, M.A.C., PEREIRA, E., BERGAMASCHI, S., Ocorrência de *psilophytales* na Formação Furnas, borda leste da Bacia do Paraná. **Boletim IG-USP**, Publicação Especial V.7, p.35-43. 1989.

ROSTIROLLA, S. P. **Mapeamento geológico das folhas de Ponta Grossa**. Mineropar/UFPR. 2007.

SCOTSE, C. R.; MCKERROW, W. S. Revised world maps and introduction. SCOTSE, C.R., MCKERROW, W.S. (Eds) **Palaeozoic palaeogeography and biogeography**, Geological Society Memoir, v. 12, p.1-21. 1990.

SCOTSE, C. R.; BOUCOT, A. J.; MCKERROW, W. S. Gondwanan palaeogeography and palaeoclimatology. **Journal of African Earth Sciences**, v.28, p.99-114. 1999.

SCOTT, D.H. **Studies in Fossil Botany**, Black, ed 2, London. 1909.

SEDORKO, D.; NETTO, R. G.; SAVRDA, C. E.; ASSINE, M. L. **Chronostratigraphy and environment of Furnas Formation by trace fossil analysis: Calibrating the lower Paleozoic Gondwana realm in the Paraná Basin (Brazil)**. 2017a.

SEDORKO, D.; BOSETTI, E. P.; NETTO, R. G. An integrative ichnologic and taphonomic approach in a transgressive-regressive cycle: a case study from Devonian of Paraná Basin, Brazil. **Lethaia**. 2017b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/let.12219>. Acessado em: 28 jan. 2022.

SEWARD, A. C. Fossil plants from the Bokkeveld and Witteberg beds of South Africa. **Quarterly Journal of the Geological Society of London**, v. 88, p.358–369. 1932.

SOMMER, F. W. Contribuição à paleofitografia do Paraná. In: LANGE, F. W. (Ed.). **Paleontologia do Paraná**. Curitiba: Museu Paranaense, Comissão de 2 Comemoração do Centenário do Paraná, p.175-194. 1954.

STEINMANN G., ELBERSKIRCH. W Neue bemerkenswerte Funde im ältesten Unterdevon des Wahnbachtals bei Siegburg. **Sb Naturh Ver Preuss Rheinlde**. V.21-22. P.1–74. 1929.

TAYLOR, E. L.; TAYLOR, T. N.; KRINGS, M. **Paleobotany: the biology and evolution of fossil plants**. Oxford: Elsevier. p.1230. 2009.

WNUK, C. The development of floristic provinciality during the Middle and Late Paleozoic. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 90, p. 5–40. 1996.