



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

**BRIÓFITAS E MEGÁSPOROS ASSOCIADOS A
AMBIENTES PRÓ-GLACIAIS DO GRUPO ITARARÉ – SP**

Juliana Sampaio da Costa

Orientador: Profa. Dra. Fresia Soledad Ricardi Torres Branco

Co-Orientador: Msc. Isabel Cortez Christiano de Souza

Campinas-SP
Janeiro de 2015



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

**BRIÓFITAS E MEGÁSPOROS ASSOCIADOS A
AMBIENTES PRÓ-GLACIAIS DO GRUPO ITARARÉ – SP**

Juliana Sampaio da Costa

Trabalho de conclusão de curso apresentado em 19 de Janeiro de 2015 para obtenção do título de Bacharel em Geologia pelo Instituto de Geociências da UNICAMP.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Fresia Soledad Ricardi Torres Branco (Orientadora)
Prof. Dr. Giorgio Basilici
Msc. Flávia Callefo

*Aos que não puderam ver esse trabalho de perto,
Que me deixam o sentimento saudade
E observam de longe,
Maria e Nelsinho*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família pelo apoio e amor incondicional. Meus pais Cristiane e José pelo interesse em participar de todas as minhas dificuldades e alegrias. À minha irmã Bárbara pelos anos de convívio e amizade. Aos meus avós, Ana e Carlos, pelo amor e experiência compartilhados. Ao Raul, por nunca negar ajuda e uma boa conversa. À Gabriela por agüentar as minhas reclamações com companheirismo, bom humor e carinho.

Agradeço à minha orientadora Frésia pelos quatro anos de trabalho, orientações e por fazer parte da minha jornada acadêmica. À Isabel, minha co-orientadora, pelos conselhos e amizade.

Ao Projeto FAPESP (2013/11563-6) INTEGRAÇÃO DE DADOS MULTIFONTE PARA ANÁLISE PALEOBOTÂNICA DA BACIA DO PARANÁ. À Profa. Dra. Rosemarie Rohn Davies (IGCE – UNESP, Rio Claro, SP) por viabilizar o estudo doando parte das amostras estudadas. Ao Fábio por compartilhar suas experiências e pela companhia em campo. À Érica pelo auxílio técnico em MEV e a todos os funcionários e professores do Instituto de Geociências da Unicamp.

Sou grata a 654 por ter o dom de fazer dos dias mais cinzentos os melhores e mais memoráveis. Aos meus amigos, Jack, Camis, Deh, Rodrigo, Du, Mateus, Bebê, Jaque, Mary, Luisinha, Esdras, Vah, Saissu, Murilo e Naty por estarem presentes em todos os momentos. Em especial à turma 09 pelo tempo e amizade compartilhados.

RESUMO

O Grupo Itararé foi depositado sob influência de regime glacial/interglacial durante o Permo-Carbonífero e faz parte da Supersequência Gondwana I. Suas diversas litofácies contém assembléias fósseis vegetais, que apresentam características peculiares e permitem determinar condições paleoambientais, paleogeográficas e paleoclimáticas do período em que se depositaram nas bacias, por todo Gondwana. Com o intuito de determinar tais condições, foram analisadas amostras que continham megásporos e briófitas. A partir de estudos morfológicos foi possível estabelecer o gênero dos espécimes encontrados em quatro afloramentos, nas proximidades de Campinas (SP) e Salto (SP), situados na porção basal do Grupo Itararé. Estes correspondem à flora precursora da Flora de *Glossopteris* e à paleoflora mais antiga do Gondwana, no estado de São Paulo. A partir dos dados gerados se conseguiu propor uma nova fitozona para o Grupo Itararé, no Gondwana, denominada *Dwykea* devido à espécie de Bryophyta estudada. Além disso, foi possível agregar todo o conteúdo trabalhado no mapa de distribuição das espécies gondwânicas. Também foram estudadas exemplares de megásporos, os quais foram identificados através da morfologia como representantes da espécie gondwânica *Sublagenicula brasiliensis*.

Palavras-chave: Itararé; Briófitas; Megásporo; *Dwykea*; *Sublagenicula*.

ABSTRACT

The Itararé Group was deposited under the influence of glacial/interglacial regime during Permo-Carboniferous and it belongs to the Gondwana Supersequence I megacycle. Its various lithofacies contains plant fossils assemblages, which have specific characteristics and permits to determine paleoenvironmental, paleogeographic and paleoclimatic conditions at the depositions period throughout Gondwana. In order to determine such conditions, samples containing megaspores and bryophytes were analyzed. From morphological studies it was possible to establish the genus of the specimens in the basal portion of the Itararé Group found in four outcrops near to Campinas (SP) and Salto (SP). These correspond to a precursor of *Glossopteris* Flora, the oldest paleoflora of Gondwana in the state of São Paulo. Here we propose a new phytozone named *Dwykea* due to studied species of Bryophyta. Furthermore, it was possible to include all the research content in the distribution map of Gondwana species. Also megaspores specimens morphology were identified as representatives of Gondwanan *Sublagenicula brasiliensis* species.

Key words: Itararé; Bryophyte; Megaspores; *Dwykea*, *Sublagenicula*.

Sumário

1. Apresentação	1
1.1. Introdução	1
1.2. Justificativa e Interesse de Pesquisa	2
1.3. Objetivos e Metas	2
1.4. Localização e Vias de Acesso.....	3
2. Metodologia	5
2.1. Amostras Estudadas	5
2.2. Levantamento de Campo	8
2.3. Ensaio Laboratoriais.....	9
2.3.1. Briófitas	9
2.3.2. Megásporos.....	10
2.4. Trabalhos de Gabinete	11
3. Aspectos Geológicos	12
3.1. Contexto Geológico Regional.....	12
3.2. Contexto Geológico Local	15
3.3. Registros Vegetais Associados ao Grupo Itararé na Bacia do Paraná.....	19
4. Contexto Paleobotânico.....	24
4.1. Briófitas	24
4.2. Megásporos	26
5. Resultados	28
5.1. Briófitas	28
5.1.1. Estudos Morfológicos.....	29
5.1.2. MEV	35
5.2. Megásporos	37
5.2.1. Estudos Morfológicos.....	37

5.2.2. MEV	40
6. Discussão.....	42
7. Conclusão	47
8. Bibliografia.....	48

Lista de Figuras

Figura 1: Mapas de rodovias com a localização dos pontos de afloramento, representados por triângulos. Na figura A são apresentados os afloramentos do município de Salto; na figura B se encontram os afloramentos do município de Campinas.	4
Figura 2: Desenho esquemático das briófitas contendo as medidas realizadas.	9
Figura 3: Desenho esquemático dos megásporos com as medidas executadas.	10
Figura 4: Gondwana no final do Carbonífero quando se encontrava sob influência glacial (Veevers <i>et al.</i> , 2004).	12
Figura 5: Coluna estratigráfica do Megaciclo Gondwana I (Modificado de Milani <i>et al.</i> , 2007).	14
Figura 6: Arranjo estratigráfico do Megaciclo Gondwana I (Modificado de Milani, 1997).	15
Figura 7: Mapa indicando em vermelho a faixa de afloramentos das rochas permo-carboníferas da Supersequência Gondwana I (Modificado de Christiano de Souza <i>et al.</i> , 2013).	15
Figura 8: Coluna estratigráfica dos afloramentos Salto 1 e 2, indicando os níveis de ocorrências das briófitas (Modificado de Longhim, 2003).	17
Figura 9: Coluna estratigráfica relativa aos afloramentos Aterro Delta e Bandeirantes (Km 96), indicando o intervalo contendo os objetos deste estudo (Modificado de Amaral e Ricardi-Branco, 2004).	18
Figura 10: Distribuição de ocorrências fitofossilífera do Grupo Itararé no Brasil com base na Tabela 3.	22
Figura 11: Posicionamento estratigráfico dos fitofósseis presentes no Grupo Itararé (Modificado de Petri e Souza, 1993; e Bernardes de Oliveira, 2007).	23
Figura 12: Gametófitos de <i>Dwykeaaroroi</i> –1 e 2. Porções apicais de gametófito (1- CP1/434 e 2- 412); 3,4 e 5 - Porções distais, nota disposição espiralada das folhas, bases amplexicaule e ápices agudos (3- CP1/422, 4- CP1/420 e CP1/431). Barras de escala = 1mm.	33
Figura 13: Gametófitos de <i>Dwykeaaroroi</i> ; 1 e 3 correspondem a porções apicais (CP1/492 a e b, respectivamente); 2 e 4 correspondem aos exemplares menos fragmentados (CP1/448 e 452, respectivamente). As barras de escala em 1 = 0,5 mm e em 2, 3 e 4 = 1 mm.	34
Figura 14: Amostra CP1/416 em MEV com alvos indicados.	35
Figura 15: 1- Estampa contendo espécimens de <i>Sublagenicula</i> . 1- Representa os exemplares da amostra CP1/525 incrustados na matriz; 2- Aponta os exemplares de megásporos ocorrendo junto com as briófitas do gênero <i>Dwykea</i> CP1/518; 3- Megásporos em visão equatorial (amostra GP3E).	40
Figura 16: Espécimes de <i>Sublagenicula brasiliensis</i> . Compressão em visão polar I e III – marca trilete; II, IV, V e VI – Compressão em visão equatorial; destaque para a gula dos megásporos. Barras de escala =500 µm.	41
Figura 17: Sucessão Megaflorística da Bacia do Paraná, onde foi incluída a zona <i>Dwykea</i> (Modificado de Mume e Bernardes de Oliveira, 2001; Iannuzzi, 2013 e Christiano de Souza <i>et al.</i> , 2014).	44
Figura 18: Mapa Geológico incluindo os afloramentos dos quais provem os fósseis vegetais estudados e os municípios próximos a eles. Note-se a pequena distância dos pontos estudados do Grupo Itararé em relação ao embasamento (entre 5 e 10 km).	45
Figura 19: Distribuição espacial e temporal das espécies estudadas no Gondwana durante o intervalo Carbonífero-Permiano (Modificado de Amaral e Ricardi-Branco, 2004; Glaspool, 2003; e Ricardi-Branco <i>et al.</i> , 2013).	46

Lista de Tabelas

Tabela 1: Relação de amostras e afloramentos estudados.....	5
Tabela 2: Diferentes divisões para o Grupo Itararé ao longo do século XX (Modificado de Christiano de Souza <i>et al.</i> , 2013).....	14
Tabela 3: Lista de afloramentos com fósseis vegetais registrados para o Grupo Itararé no Brasil, com destaque em vermelho para os afloramentos incluídos na presente pesquisa.	21
Tabela 4: Relação de amostras estudadas de briófitas e seus respectivos afloramentos.	28
Tabela 5: Medidas realizadas para os exemplares de briófitas encontrados nos Afloramentos de Salto 1 , Salto 2 e Aterro Delta.	31
Tabela 6: Comparação das amostras descritas com aquelas previamente listadas na bibliografia.	34
Tabela 7: Resultado de MEV para a amostra CP1/416 (alvo 1), indicando o pico mais alto no carbono (carbonificação dos fósseis).....	36
Tabela 8: Resultado de MEV para a amostra CP1/416 (alvo 2), indicando um pico alto de bário, possível ambiente redutor.....	36
Tabela 9: Resultado de MEV para a amostra CP1/416 (alvo 3), indicando a composição mineralógica da matriz rochosa.....	36

1. Apresentação

1.1.Introdução

A seqüência sedimentar pennsylvaniana-eopermiana denominada Grupo Itararé corresponde a um dos maiores registros de ciclo deposicional associado a eventos de regressão e transgressão marinha de influência glacial/interglacial (Milani *et al.*, 2007). Ela abriga uma diversificada assembléia fitofossilífera que apresenta taxa distintos de macrofitofósseis a palinórfos, considerados um dos mais antigos representantes paleoflorísticos do Gondwana Ocidental associados à Glaciação Neopaleozóica (França e Potter, 1988).

Estudar a sucessão paleobotânica do Grupo Itararé é uma tarefa desafiadora, especialmente em se tratando de briófitas, pois sua fossilização é bastante comprometida dadas as condições ambientais inóspitas que podem habitar. Os megásporos, em contrapartida, possuem ampla distribuição espacial e temporal, sendo seu registro fóssil mais abundante. A ocorrência sincrônica desses dois elementos paleoflorísticos revela uma taoflora neocarbonífera-eopermiana precursora da Flora de *Glossopteris* (Christiano de Souza *et al.*, 2012; Ricardi-Branco, 1997).

Diante das tentativas de descrever detalhadamente as circunstâncias geográficas, climáticas e ambientais nas quais as briófitas e os megásporos se depositaram, surge a necessidade de observar os dados obtidos sob uma ótica generalizada. Assim, verificou-se que as espécies reconhecidas no presente trabalho também podem ser encontradas na Argentina e África do Sul, e são caracterizadas por sua ampla distribuição no Gondwana.

As briófitas se encontram fragmentadas, possivelmente em decorrência de eventos de transporte, indicando que a maioria dos exemplares é de origem parautóctone e/ou alóctone, enquanto os megásporos são descritos como paralóctones devido a sua resistência ao transporte (Tyson, 1995).

Outra característica intrínseca a esses fósseis é o tipo de fossilização na forma de compressões carbonificadas. Este processo geralmente permite um estudo sistemático mais preciso, pois preserva tecidos vegetais como cutículas e exinas.

1.2. Justificativa e Interesse de Pesquisa

Além de proporcionar o conhecimento analítico de espécies que ocorreram no passado, a Paleontologia resgata dados referentes ao habitat destes organismos e ao local em que foram fossilizados. A distribuição geográfica dos fósseis elucida aspectos climáticos, espaciais, ambientais e temporais, fornecendo dados para que se possa realizar um estudo interpretativo, correlacionando o tempo geológico a um determinado cenário em uma região (Taylor e Taylor, 2009).

A paleontologia sistemática dos fitofósseis e megásporos resulta na descrição e mapeamento das ocorrências, facilitando a inferência também a respeito da direção de migração da paleoflora local. Dessa forma foi possível comparar os exemplares estudados com a literatura, de modo a completar os mapas confeccionados para distribuição geográfica de fitofósseis no Gondwana.

Ainda se deve citar o interesse em associar espécies fósseis com descrições realizadas em outras localidades fora do âmbito regional, possibilitando também efetuar correlações intercontinentais. No caso da presente pesquisa, espécimes de briófitas semelhantes aos estudados também foram descritos para a Bacia do Karoo (Grupo Dwyka), na África do Sul (Anderson e Anderson, 1985), que se acredita ser uma seção equivalente ao mesmo ciclo deposicional do Grupo Itararé, de ambientes pró-glaciais.

Ademais, o estudo do gênero das briófitas e megásporos no Grupo Itararé é fundamental, uma vez que não há registro amplo da presença desses fósseis no Brasil, onde estes foram escassamente por Amaral e Ricardi-Branco (2004). Estes fósseis constituem a paleoflora mais antiga do Estado de São Paulo, justificando este trabalho e sua importância.

1.3. Objetivos e Metas

Os objetivos da presente pesquisa foram o estudo de gametófitos de Bryophyta e megásporos, além de elaborar uma proposta preliminar de uma nova fitozona para a Bacia do Paraná com base na sua distribuição e interpretação paleoambiental. Para tanto, realizou-se o estudo sistemático de megásporos e gametófitos de briófitas coletados em afloramentos do Grupo Itararé no estado de São Paulo.

Em segundo plano o projeto visa estabelecer novos pontos de afloramentos, os quais completam as descrições previamente feitas encontradas na literatura.

Conseqüentemente, o trabalho também contribuirá inserindo novos dados acerca das paleofloras paleozóicas no Brasil.

Além disso, as novas ocorrências foram inclusas no mapa de distribuição dos megásporos no Permo-Carbonífero, que se encontra em elaboração por Christiano de Souza. Este mapa é uma compilação da localização dos afloramentos de palinomorfos descritos para o Brasil no Paleozóico.

1.4. Localização e Vias de Acesso

A área de estudo se situa no eixo sudoeste-nordeste da Região Metropolitana de Campinas e Região Metropolitana de Sorocaba, no estado de São Paulo. Compreende afloramentos dentro dos limites municipais de Campinas e Salto. Segundo Ross (1997), ambas as cidades estão inseridas geomorfologicamente na zona limítrofe entre os domínios morfoestruturais do Cinturão Orogênico do Atlântico e da Bacia Sedimentar do Paraná, esta última objeto deste estudo.

O acesso se dá pelas Rodovias Estaduais Santos Dumont (SP-075) e dos Bandeirantes (SP-348), e vias locais (Figura 1). No total, foram inclusos na pesquisa quatro afloramentos. O Afloramento Bandeirantes foi estudado por Amaral e Ricardi-Branco (2004), mas por sua proximidade com o Afloramento Aterro Delta e semelhança no conteúdo fossilífero, fora incluso na pesquisa:

- Afloramento da Bandeirantes, localizado no km 96 da Rodovia dos Bandeirantes/ SP-348 (direção São Paulo-Campinas, coordenadas UTM 23K 0281430 E/ 7463529 N);
- Afloramento do Aterro Delta, localizado na cidade de Campinas – SP (coordenadas UTM 23K 0279328 E / 7464284 N);
- Afloramento de Salto 1, localizado no km 101,7, da Rodovia Major H. Steffen/ SP-075 (direção Itu-Salto, coordenadas UTM 23K 0262095 E / 7432774 N);
- Afloramento de Salto 2, localizado próximo a empresa Eucatex, dentro da área urbana da cidade de Salto (coordenadas UTM 23K 0266110 E / 7431149 N).

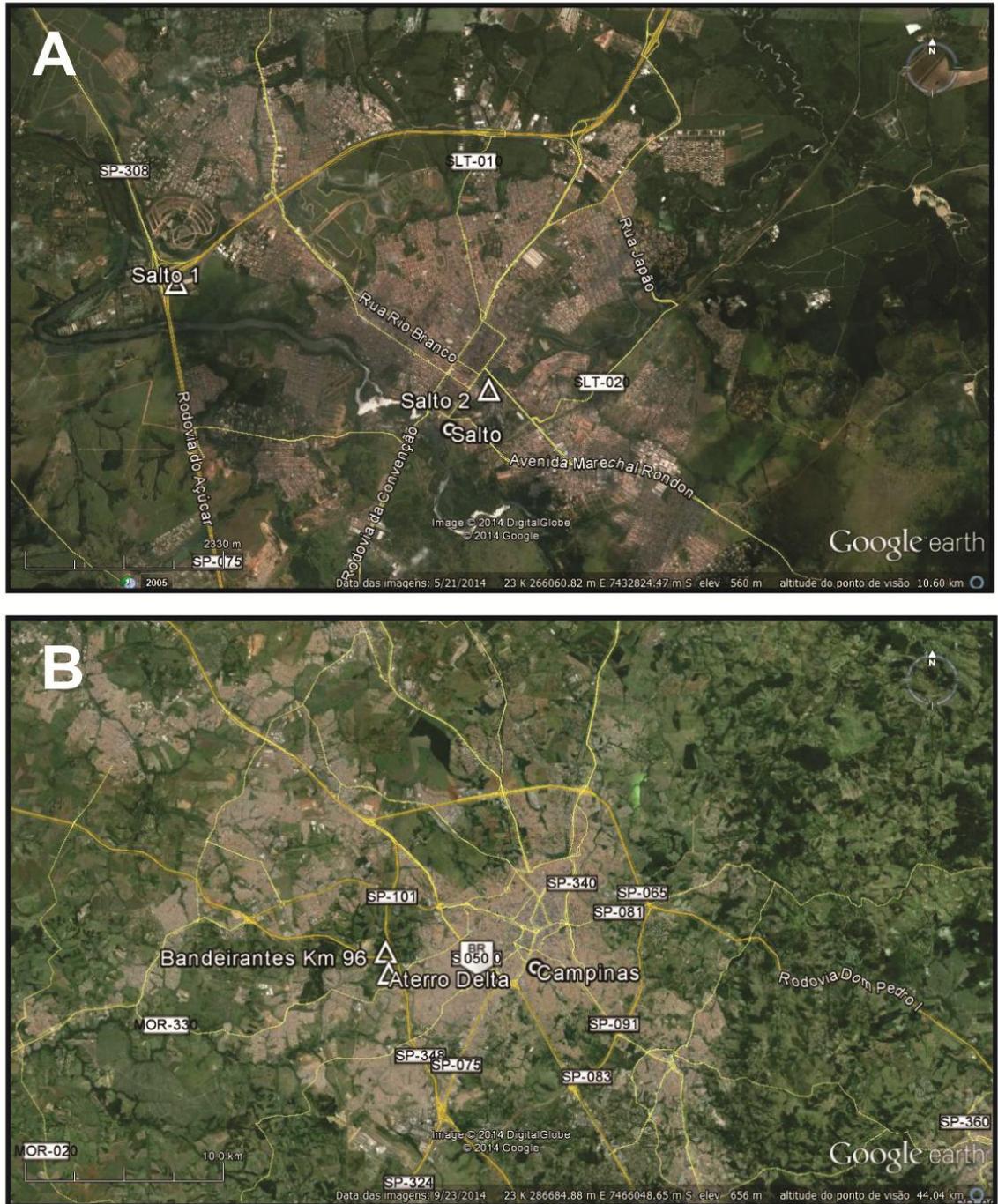


Figura 1: Mapas de rodovias com a localização dos pontos de afloramento, representados por triângulos. Na figura A são apresentados os afloramentos do município de Salto; na figura B se encontram os afloramentos do município de Campinas.

2. Metodologia

2.1. Amostras Estudadas

Os exemplares descritos de briófitas se encontram preservados como compressões carbonificadas e impressões. Já os megásporos se encontram preservados na forma de carbonificações e a grande maioria possui a exina preservada, o que facilitou sua remoção da matriz.

Os exemplares estudados foram inclusos no Acervo de Paleontologia do Instituto de Geociências da UNICAMP, dentro da Coleção Científica de Paleobotânica (CP1). Na Tabela 1 se encontram as amostras estudadas e afloramento ao qual pertencem.

Tabela 1: Relação de amostras e afloramentos estudados.

Amostras	Salto 1	Salto 2	Aterro Delta	Km 96 da Bandeirantes
CP1/410	X			
CP1/411	X			
CP1/412	X			
CP1/413	X			
CP1/414	X			
CP1/415	X			
CP1/416	X			
CP1/417	X			
CP1/418	X			
CP1/419	X			
CP1/420	X			
CP1/421	X			
CP1/422	X			
CP1/423	X			
CP1/424	X			
CP1/425	X			
CP1/426	X			
CP1/427	X			
CP1/428	X			
CP1/429	X			
CP1/430	X			
CP1/431	X			
CP1/432	X			
CP1/433	X			
CP1/434	X			
CP1/435	X			
CP1/436	X			
CP1/437	X			
CP1/438	X			
CP1/439		X		
CP1/440		X		
CP1/441		X		
CP1/442		X		

CP1/443	X
CP1/444	X
CP1/445	X
CP1/446	X
CP1/447	X
CP1/448	X
CP1/449	X
CP1/450	X
CP1/451	X
CP1/452	X
CP1/453	X
CP1/454	X
CP1/455	X
CP1/456	X
CP1/457	X
CP1/458	X
CP1/459	X
CP1/460	X
CP1/461	X
CP1/462	X
CP1/463	X
CP1/464	X
CP1/465	X
CP1/466	X
CP1/467	X
CP1/468	X
CP1/469	X
CP1/470	X
CP1/471	X
CP1/472	X
CP1/473	X
CP1/474	X
CP1/475	X
CP1/476	X
CP1/477	X
CP1/478	X
CP1/479	X
CP1/480	X
CP1/481	X
CP1/482	X
CP1/483	X
CP1/484	X
CP1/485	X
CP1/486	X
CP1/487	X
CP1/488	X
CP1/489	X
CP1/489	X
CP1/490	X
CP1/491	X
CP1/492	X
CP1/493	X
CP1/494	X
CP1/495	X
CP1/496	X
CP1/497	X
CP1/498	X
CP1/499	X
CP1/500	X
CP1/501	X

CP1/502		X	
CP1/503		X	
CP1/504		X	
CP1/505		X	
CP1/506		X	
CP1/507		X	
CP1/508	X		
CP1/509			X
CP1/510			X
CP1/511			X
CP1/512			X
CP1/513			X
CP1/514			X
CP1/515			X
CP1/516			X
CP1/517			X
CP1/518			X
CP1/519			X
CP1/520			X
CP1/521			X
CP1/522			X
CP1/523			X
CP1/524			X
CP1/525			X
CP1/526			X
CP1/527			X
CP1/528			X
CP1/529			X
CP1/530			X
CP1/531			X
CP1/532			X
CP1/533			X
CP1/534			X
CP1/535			X
CP1/537			X
CP1/539			X
CP1/542			X
CP1/546			X
CP1/547			X
CP1/550			X
CP1/552			X
CP1/555			X
CP1/556			X
CP1/557			X
CP1/558			X
CP1/559			X
CP1/562			X
CP1/563			X
GP3T/2285			X
GP3T/2286			X
GP3T/2287			X
GP3T/2288			X
GP3T/2289			X
GP3T/2290			X
GP3T/2291			X
GP3T/2292			X
GP3T/2293			X
GP3E			X

2.2. Levantamento de Campo

A pesquisa teve início no levantamento de campo e coleta de exemplares. Para tanto, primeiramente se estabeleceu os locais de amostragem baseando-se na bibliografia local para os fósseis de interesse. Longhim (2003) detalha o Afloramento de Salto 1, na Rodovia Major H. Sttefen (SP-075), e seus palinomorfos; Amaral e Ricardi-Branco (2004) descrevem as ocorrências paleoflorísticas do afloramento situado no km 96 às margens da Rodovia dos Bandeirantes (SP-348). A partir dessas informações, outrora registradas para o Grupo Itararé no estado de São Paulo, surgiu o interesse em visitar tais afloramentos e/ou registrar novos.

Os exemplares pertencentes aos afloramentos de Salto 1 e 2 foram coletados e doados para o Acervo de Paleontologia pela Profa. Dra. Rosemarie Rohn Davies (IGCE – UNESP, Rio Claro, SP). A coleta foi realizada no ano de 2001, quando estavam sendo realizadas obras de duplicação da estrada de Salto-Capivari (SP-075).

A amostra GP3E também foi doada pela Profa. Dra. Rosemarie Rohn Davies, e consiste em megásporos coletados no Afloramento do Km 96 da Bandeirantes, já extraídos da matriz rochosa.

Em 2012 foi realizada uma visita ao Aterro Delta, nos arredores de Campinas. Nela, foi possível coletar a maioria dos exemplares de megásporos deste estudo. Hoje esse ponto não pode ser mais visitado, em decorrência do fechamento do aterro.

Conforme supracitado, as amostras do Afloramento da Rodovia dos Bandeirantes km 96 foram tema de estudos prévios (Amaral e Ricardi-Branco, 2004) e fazem parte do acervo do Laboratório de Sistemática Paleontológica do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências/ USP, na Coleção Tipo (3T), amostras: GP/3T 2285 a 2293.

No final do trabalho desenvolvido houve necessidade de voltar aos locais de coleta. Desta forma foi possível dar maior visibilidade às formas de ocorrência *in situ* desses fósseis e verificar sua origem (autóctone ou alóctone), localização na coluna estratigráfica, além de se obter uma descrição geológica mais detalhada destes.

Assim, em novembro de 2014 foi realizada mais uma visita de campo nos afloramentos de Salto 1 e 2. No entanto, os locais de coleta de Salto 2 hoje encontram-se murados, dentro do domínio da empresa Eucatex, dificultando o acesso e a incerteza sobre a conservação do afloramento.

2.3. Ensaio Laboratoriais

2.3.1. Briófitas

A pesquisa foi centrada de início no estudo morfológico dos exemplares de briófitas. A princípio foi executada uma triagem dos exemplares, a qual selecionou aqueles que apresentavam melhor estado de preservação. Esses foram, a seguir, fotografados com lente Macro. Logo, a partir de sua observação em estereomicroscópio *ZeissStemi 2000-C*, fotografou-se os exemplares com câmera digital acoplada, a fim de obter medidas precisas através de paquímetro digital e do *software AxioVisionZeiss*.

Foi mensurado em cada amostra o comprimento e espessura dos caules e das folhas, para a base e o ápice de cada uma destas. A distância entre as folhas também foi medida, no entanto apenas para alguns exemplares, pois os fitofósseis sofreram transporte e a distância conservada nem sempre é passível de medida (Figura 2). Também foram observadas a presença ou ausência da costa, o tipo de ápice e a filotaxia.

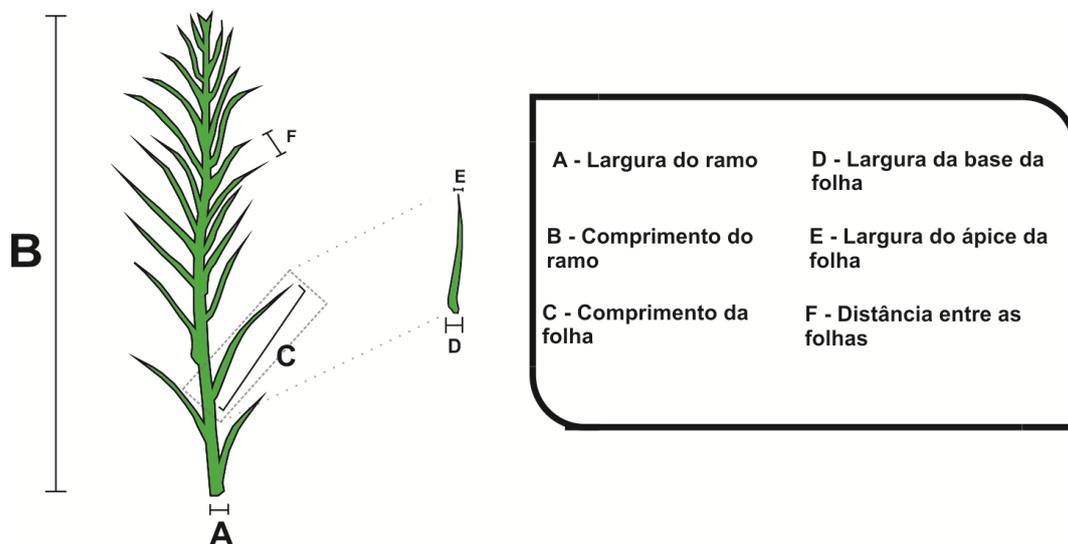


Figura 2: Desenho esquemático das briófitas contendo as medidas realizadas.

Por último, foi executada uma análise das amostras CP1/416, 421, 427 e 455 com microscópio eletrônico de varredura (MEV) para identificar possíveis microestruturas preservadas nas amostras e a sua composição química. Essa análise foi desempenhada no Laboratório de Microscopia Eletrônica do Instituto de Geociências da UNICAMP. Para tal, as amostras foram reduzidas em tamanho e revestidas lateralmente com resina epoxi, a fim de facilitar o vácuo.

2.3.2. Megásporos

O estudo dos megásporos precisa de prévia preparação de amostras. Para facilitar o processo de retirada dos espécimes da matriz rochosa, colocou-se as amostras submersas em ácido clorídrico concentrado a 50% (HCl 50%) durante uma hora. O ácido dissolve o cimento da rocha, possibilitando a retirada dos melhores exemplares com agulha e pincel por catação.

Este tipo de preparação só foi usada nas amostras do Afloramento Aterro Delta. Para o Afloramento Salto 2 foi dispensável o uso de ácido, pois nele haviam também briófitas, impossibilitando assim efetuar a dissolução sem danificar os espécimes.

Após a preparação das amostras foi dado início às etapas de análises morfológicas. Dessa forma, foram fotografados exemplares de megásporos em câmera acoplada ao estereomicroscópio *ZeissStemi 2000-C* com o intuito de medi-los através do *software AxioVisionZeiss*.

Assim, foi mensurado diâmetro, comprimento da gula e raio trilete (Figura 3), variando o método de medição de acordo com as informações fornecidas pela amostra conforme a posição em que foram fossilizados (vista equatorial ou polar). Também é importante ressaltar que alguns megásporos se encontravam bastante alterados em decorrência das intempéries, dificultando o processo analítico destes. Nestes casos, atentou-se às impressões ou fragmentos restantes para gerar algum dado.

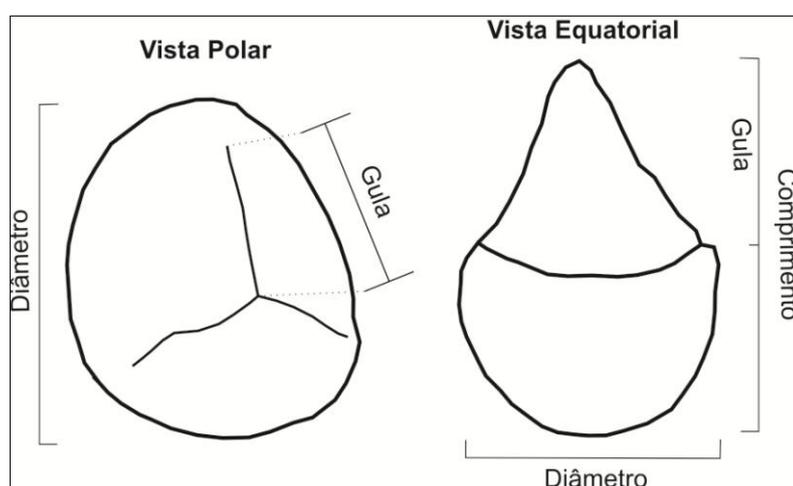


Figura 3: Desenho esquemático dos megásporos com as medidas executadas.

Por fim, foi feita a análise com microscópio eletrônico de varredura (MEV) para obter medidas mais precisas e composição química dos exemplares. Para isso, os megásporos selecionados através de seu estado de preservação, foram alocados em

suportes (previamente numerados). Essa análise foi realizada no Laboratório de Microscopia Eletrônica do Instituto de Geociências da UNICAMP. Para executá-la, os exemplares foram alocados em dois stubs devidamente numerados.

2.4.Trabalhos de Gabinete

De posse das informações acerca da morfologia externa dos exemplares de briófitas e de megásporos, foram realizadas as descrições e classificações das amostras. Assim, foi necessário consultar uma vasta gama bibliográfica sobre gêneros paleofitofósseis gondwânicos e as classificações propostas para eles.

Por último, foram produzidos mapas de distribuição paleogeográfica no *software ArcGis 1.0*, com o intuito de apresentar um panorama geral das ocorrências estudadas.

3. Aspectos Geológicos

3.1. Contexto Geológico Regional

As rochas do Grupo Itararé contém um importante registro brasileiro da Glaciação do Paleozóico Superior (*Late Paleozoic Glaciation - LPIA*), representando um dos mais expressivos depósitos da glaciação do Gondwana Sul Ocidental (Castro, 2004). Este se encontra inserido no contexto da Bacia do Paraná, uma bacia intracratônica de larga escala (Figura 4), que se estende pela porção territorial de quatro países (Argentina, Uruguai, Paraguai e Brasil), ocupando desta maneira mais de 1.5 milhões de quilômetros quadrados (Almeida, 1969; Milani *et al.* 2007). O Grupo Itararé é a unidade basal do Supergrupo Tubarão e consiste em uma estreita faixa aflorante e contínua na margem leste da Bacia do Paraná, com orientação NE-SW. Situa-se entre os estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, estendendo-se além dos limites territoriais do Brasil, podendo ser identificada no Uruguai como Formação São Gregório (Longhim, 2003). Sobreposta a este, repousa a unidade litoestratigráfica denominada Grupo Guatá, cuja deposição aconteceu sem influência glacial.

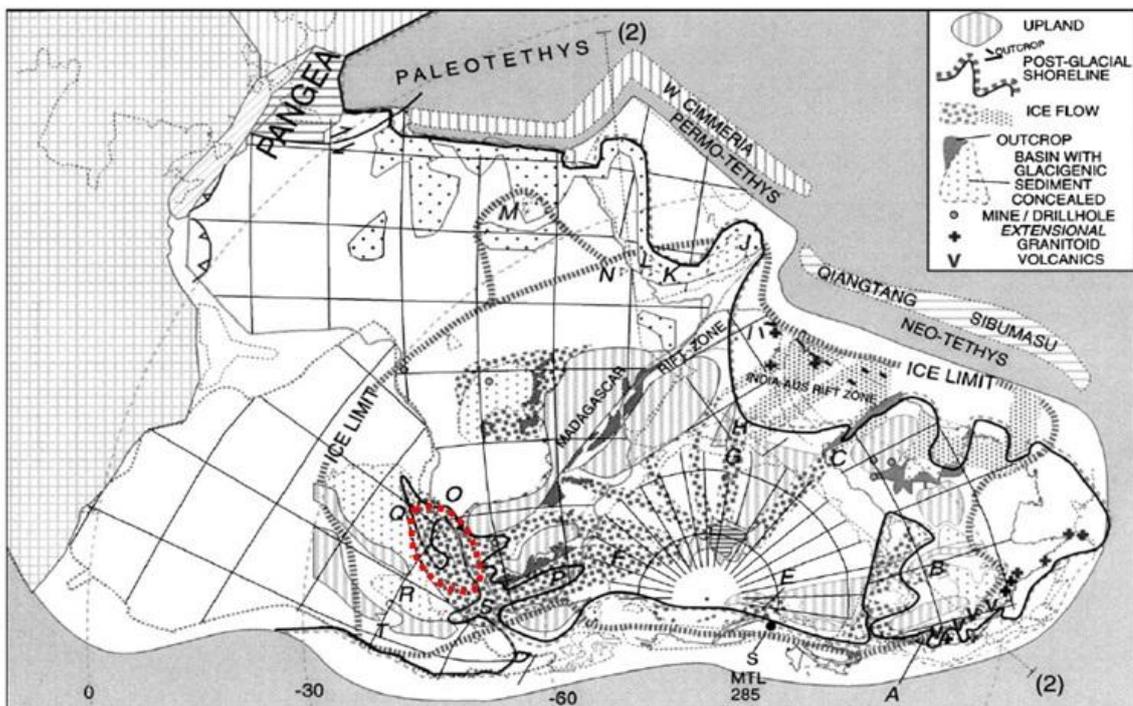


Figura 4: Gondwana no final do Carbonífero quando se encontrava sob influência glacial (Veevers *et al.*, 2004).

A respeito da deposição do Grupo Itararé, esta se iniciou durante o Moscoviano, tempo no qual a bacia se encontrava localizada em latitudes altas na porção sul-ocidental do Gondwana, e se encerra no Sakmario com o fim da glaciação. Em relação a sua litologia, esta é bastante complexa e marcada por seqüências diamictitos (composto por seixos de diversas áreas-fonte), ritmitos, fácies arenosa maciças, turbiditos, níveis de carvão, paleossolos, além de fácies de ressedimentação. Essa expressiva diversidade de litotipos associados demonstra a intensa dinâmica do processo glacial/interglacial nesse intervalo de tempo (Milani *et al.* 2007). Como consequência o estabelecimento das unidades que compõem o Grupo Itararé tem sido muito difícil, bem como dos limites entre essas – principalmente nas regiões da borda da bacia, como é o caso do estado de São Paulo. Em decorrência dessa complexidade de suas unidades, diversas divisões foram feitas ao longo de 60 anos de pesquisa como veremos a seguir (Tabela 2).

A primeira subdivisão do Grupo Itararé foi estabelecida por Barbosa e Almeida (1949). Nesta proposta, o Grupo foi dividido em quatro formações: Formação Itu, Formação Capivari, Formação Gramadinho e Formação Tietê. Posteriormente, foi incluída por Barbosa e Gomes (1958) a Formação Elias Fausto, entre as Formações Itu e Capivari. Já Schneider *et al.* (1974), apresentaram uma nova divisão, feita com base os afloramentos dos estados Santa Catarina e Paraná. Schneider *et al.* (1974) dividiram o Grupo em três formações: Campo Tenente, Mafra e Rio do Sul; da base para o Topo. Também, incluíram a Formação Aquidauana dentro do Grupo Itararé, com finalidade de agrupar depósitos que ocorreram concomitantemente com a Formação Lagoa Azul, porém com características litológicas distintas. Por fim, França e Potter (1988) com base exclusivamente em testemunhos de sondagem dividiram o Grupo Itararé em três Formações: Lagoa Azul, Campo Mourão e Taciba. Segundo os autores a Formação Lagoa Azul é composta por arenitos, folhelhos e diamictitos; a Formação Campo Mourão é constituída por arenitos com folhelhos, siltitos, diamictitos e lamitos seixosos; a Formação Taciba, por fim, representa uma transgressão marinha associada à deglaciação.

Tabela 2: Diferentes divisões para o Grupo Itararé ao longo do século XX (Modificado de Christiano de Souza *et al.*, 2013).

Autor	Barbosa e Almeida (1949)	Schneider <i>et al.</i> (1974)	França e Potter (1998)
Grupo/ Formação Itararé	Tietê	Rio do Sul (inferior: Membro Lontras)	Taciba
	Gramadinho	Mafra	Campo Mourão (topo: Folhelho Lontras)
	Capivari		
	Elias Fausto		
Itu	Campo Tenente / Aquidauana	Lagoa Azul / Aquidauana	

A última carta estratigráfica para a Bacia do Paraná foi desenvolvida por Milani *et al.* (2007). Nessa carta o Megaciclo Gondwana I é composto pelos grupos Itararé, Guatá, Passa Dois e as formações Pirambóia e Sanga do Cabral. A respeito do Grupo Itararé, o trabalho de Milani *et al.* (2007) utilizou como base as formações estabelecidas por França e Potter (1988), definindo o intervalo de deposição do Grupo Itararé entre o intervalo Eo-Kasimoviano-Meso-Sakmariano. O Grupo Itararé ainda apresenta o maior intervalo de deposição do Megaciclo Gondwana I (Figura 5/ Figura 6), com uma espessura de 1400 metros na região do depocentro paulista (Longhim, 2003).

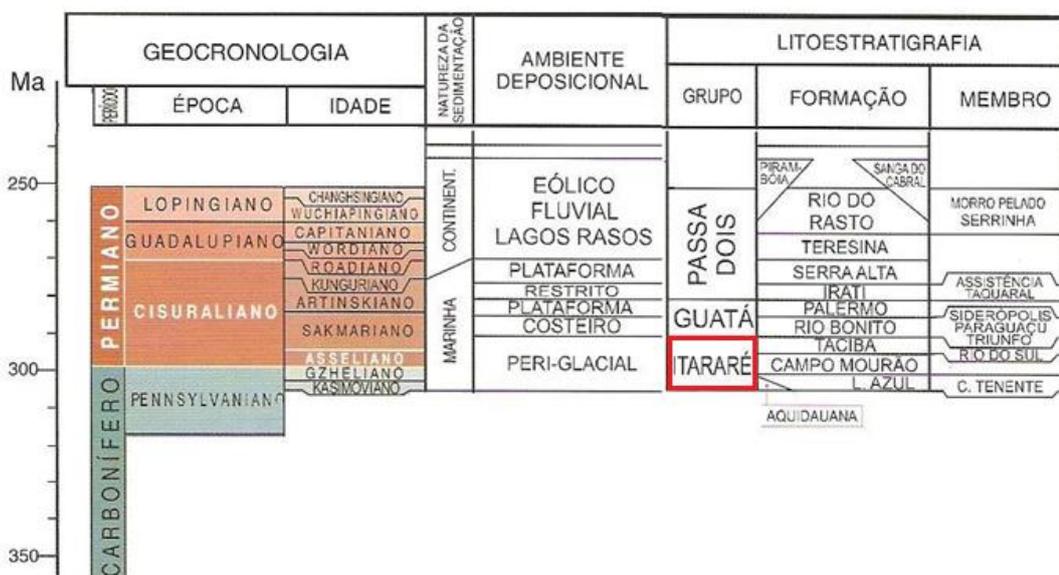


Figura 5: Coluna estratigráfica do Megaciclo Gondwana I (Modificado de Milani *et al.*, 2007).

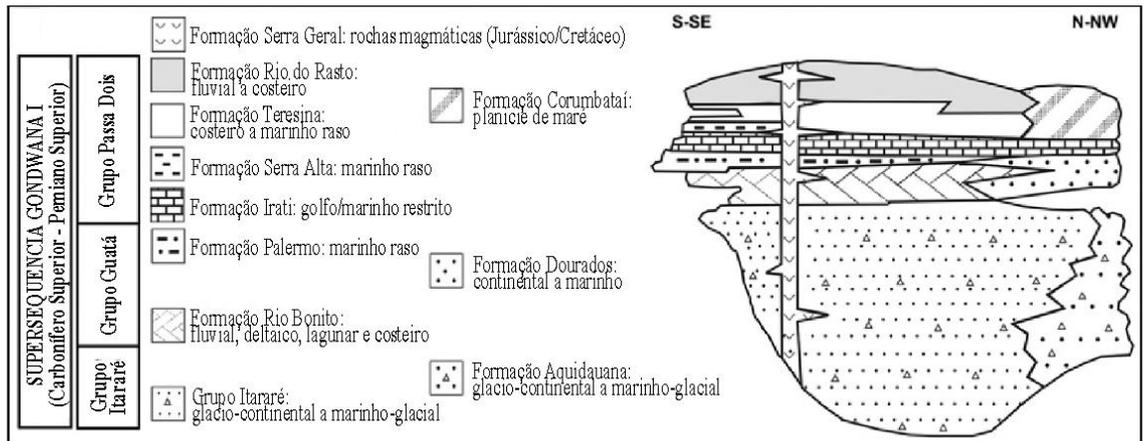


Figura 6: Arranjo estratigráfico do Megaciclo Gondwana I (Modificado de Milani, 1997).

3.2.Contexto Geológico Local

Os afloramentos estudados no presente trabalho correspondem à porção mais basal do Grupo Itararé no estado de São Paulo, uma vez que se encontram próximos ao contato com o embasamento cristalino. Correspondem, portanto, ao início do ciclo deposicional responsável pela diagênese da Superseqüência Gondwana I (Figura 7).

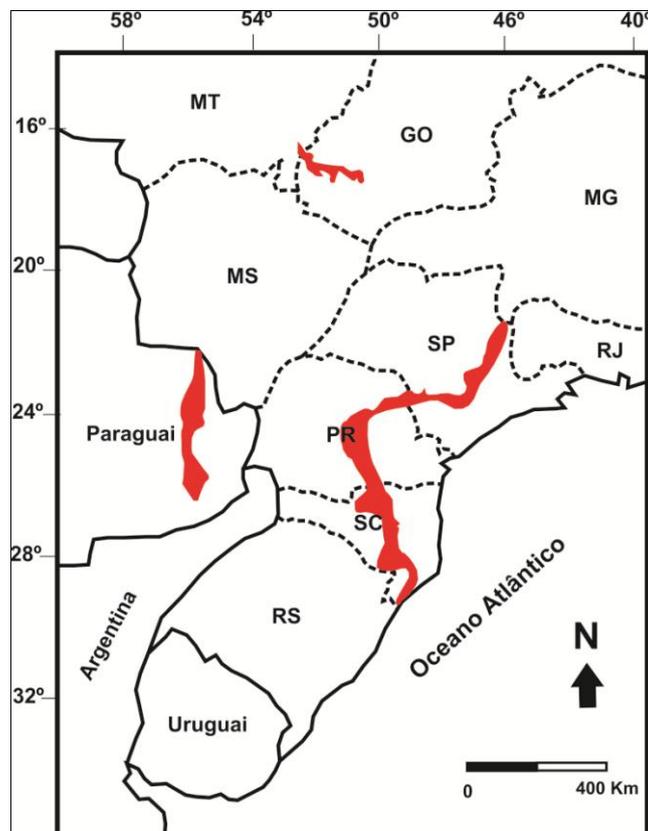


Figura 7. Mapa indicando em vermelho a faixa de afloramentos das rochas permo-carboníferas da Superseqüência Gondwana I (Modificado de Christiano de Souza *et al.*, 2013).

Resumidamente, dois dos locais de estudo se encontram em Salto (Salto 1 e Salto 2) e dois estão em Campinas (Aterro Delta e Bandeirantes). Para os afloramentos de mesma cidade foi confeccionada uma única coluna estratigráfica, que ilustra as principais características da área. Essa escolha foi feita baseada na quantidade de informações em posse, sejam descrições de campo ou bibliografias, que é bastante escassa em se tratando dos afloramentos Salto 2 e Aterro Delta.

Gama Jr. *et al.* (1991; 1992 a, b) descreveram a parte superior do afloramento de Salto 1, identificando seqüências de ritmitos várvidos, diamictitos matriz-suportados, arenitos estratificados preenchidos por lamitos e diamictitos, recobertos por siltitos argilosos. Tal sucessão aponta um processo deposicional de correntes de turbidez e/ou fluxo detrítico, seguida de depósitos típicos de ambiente costeiro. Por último, o preenchimento dos canais revela processos tradicionais de viscosidade intermediária em ambiente de energia elevada.

Já Rosada Jr. (1999) reconheceu para o mesmo afloramento canais fluviais entrecortados sobre o “varvito de Itu”. Estes são evidenciados pelos corpos arenosos, com clastos em granulometria decrescente encontrados na porção superior do mesmo afloramento.

Loghim (2003), por fim, detalha as ocorrências de briófitas ao longo da coluna estratigráfica. Da base para o topo, a partir do nível da estrada, são descritos: uma sucessão de arenitos médios maciços (com mais de 1 m de espessura), em contato abrupto com ritmitos (até 0,6 m), localmente sobreposto por brecha intraformacional (até 0,2 m de espessura) e um fino estrato descontínuo de silito arenoso esverdeado (até 0,08 m), seguido por pacotes espessos de arenitos maciços (Figura 8).

Nos ritmitos se nota granodecrescência na base e granoascendência no topo onde também ocorrem seixos pingados. São dispostos em pares sub-horizontais de 1 a 3 cm de espessura formados por arenitos muito finos que gradam para folhelhos cinza escuros. Provavelmente foram depositados em ambiente subaquoso, com influência glacial corroborada pela presença de seixos pingados. É nessa litologia que estão alocadas as briófitas (Loghim, 2003). Tais descrições também se aplicam ao afloramento Salto 2, que corresponde a porção mais arenosa do afloramento.

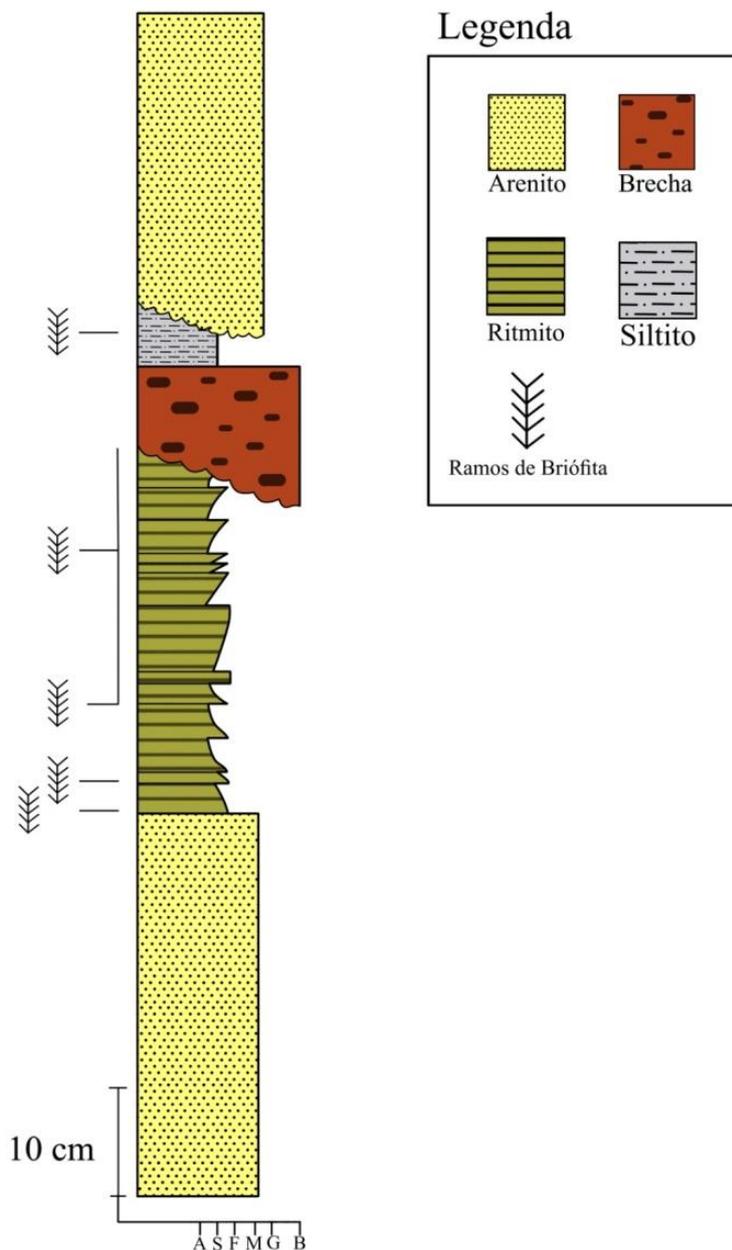


Figura 8. Coluna estratigráfica dos afloramentos Salto 1 e 2, indicando os níveis de ocorrências das briófitas (Modificado de Longhim, 2003).

Em 1986, Souza Filho realizou um mapeamento geológico do Grupo Itararé, onde reconheceu para a localidade do afloramento Aterro Delta e Bandeirantes uma unidade lamítica. Corresponde a uma associação de lamitos maciços, acamados e ritmitos, siltitos e folhelhos na base.

Ainda segundo Souza Filho (1986), a seqüência do km 96 da rodovia dos Bandeirantes é descrita como uma fácies de leque subaquosos distais, alimentados por correntes de degelo. Já Amaral e Ricardi-Branco (2004) discorrem sobre o afloramento

da Rodovia dos Bandeirantes, apontando níveis de megásporos, e níveis com impressões de macrofósseis vegetais (Figura 9).

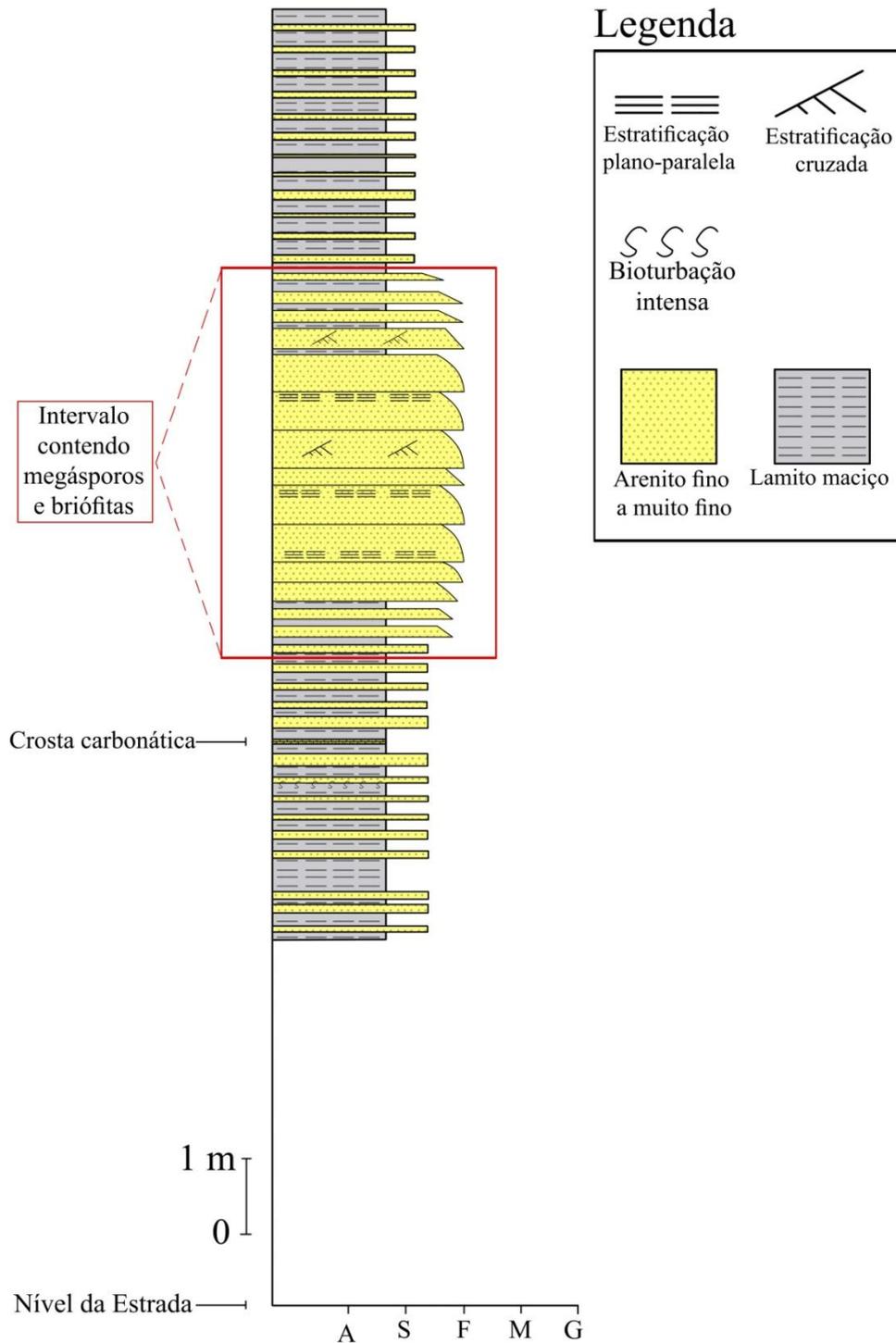


Figura 9. Coluna estratigráfica relativa aos afloramentos Aterro Delta e Bandeirantes (Km 96), indicando o intervalo contendo os objetos deste estudo (Modificado de Amaral e Ricardi-Branco, 2004).

3.3.Registros Vegetais Associados ao Grupo Itararé na Bacia do Paraná

Acompanhado dos litotipos acima descritos, especialmente as camadas de carvão, pode-se encontrar uma ampla distribuição de macrofósseis vegetais e assembléias de palinomorfos.

Em estudos recentes, através de análises de distribuição geográfica (Christiano de Souza e Ricardi-Branco, 2013), constatou-se que as assembléias de fósseis vegetais se encontram distribuídas ao longo da bacia, fundamentalmente em duas áreas distintas: primeiramente na sua porção norte, no estado de São Paulo (SP), em uma faixa onde afloram as formações Lagoa Azul e Campo Mourão; e na porção Sul da Bacia, correspondente ao estado do Rio Grande do Sul (RS) em uma faixa onde somente aflora a Formação Campo Mourão. No estado de São Paulo foram contabilizados 27 afloramentos, no Rio Grande do Sul foram contabilizados 11 afloramentos portadores de assembléias vegetais.

As paleofloras pertencentes ao Grupo Itararé no estado de São Paulo (Figura 10/

Tabela 3) se encontram distribuídas estratigraficamente desde os níveis mais basais (Moskoviano) do Grupo (briófitas do Município de Campinas, SP), até seu topo (Eopermiano, Flora de Cerquilha). Com relação ao estado do Rio Grande do Sul, os registros de fósseis vegetais pertencem à porção superior do Grupo Itararé correspondente ao Eopermiano. Os fitofósseis mais abundantes do Grupo Itararé são coníferas (Pteridospematophyta, Gygophytas e Coniferophytas) e sementes. Embora também sejam encontradas Lycophyta e Esfenophyta e, em menos número de espécies, Bryopsida (Christiano de Souza e Ricardi-Branco, 2013).

Tabela 3: Lista de afloramentos com fósseis vegetais registrados para o Grupo Itararé no Brasil, com destaque em vermelho para os afloramentos incluídos na presente pesquisa.

	Números de localização no mapa	Registros vegetais fósseis do Grupo Itararé
Estado de São Paulo	1	Casa Branca
	2	Vale do Rio Aquidauana (Casa Branca)
	3	Testemunho (Anhembi)
	4	Afloramento km 96 rodovia dos Bandeirantes (Campinas)
	5	Afloramento Aterro Delta (Campinas)
	6	Antiga mina de carvão de Monte Mor
	7	Pedreira Diamante (Saltinho)
	8	Estrada Tietê/Piracicaba Tietê
	9	Afloramento Rio Capivari (Tietê)
	10	Afloramento Salto (Salto)
	11	Afloramento Salto/Capivari Outcrop (Salto)
	12	Capivari
	13	Toca do Índio (Cerquilha)
	14	Sítio Itapema (Cerquilha)
	15	Afloramento Bairro Aliança (Cerquilha)
	18	Mato Seco (Cesário Lange/Tatuí)
	19	Tatuí 1 (Tatuí)
	20	Tatuí 2 (Tatuí)
	16	Afloramento km 107 Sorocabana (Sorocaba)
	17	Afloramento km 108 Sorocabana (Sorocaba)
	21	Pedreira Itape (Itapetininga)
	22	Buri (Buri)
	23	Fazenda Santa Marta (Itapeva)
Estado do Paraná	24	Afloramento São José dos Pinhais
Estado do Rio Grande do Sul	25	Afloramento Cerro Negro
	26	Antiga mina de carvão de Morro Papaleo
	27	Mina de carvão de Faxinal
	28	Afloramento Fazenda Goulart (São Jerônimo)
	29	Afloramento Cerro do Chapeu (Cachoeira do Sul)
	30	Paso do Salso (D. Pedrito)
	31	Cambaí Grande (São Gabriel)
	32	Acampamento Velho (São Gabriel)
	33	Budó (Lavras do Sul)
	34	Pinheiro Machado (Pinheiro Machado)

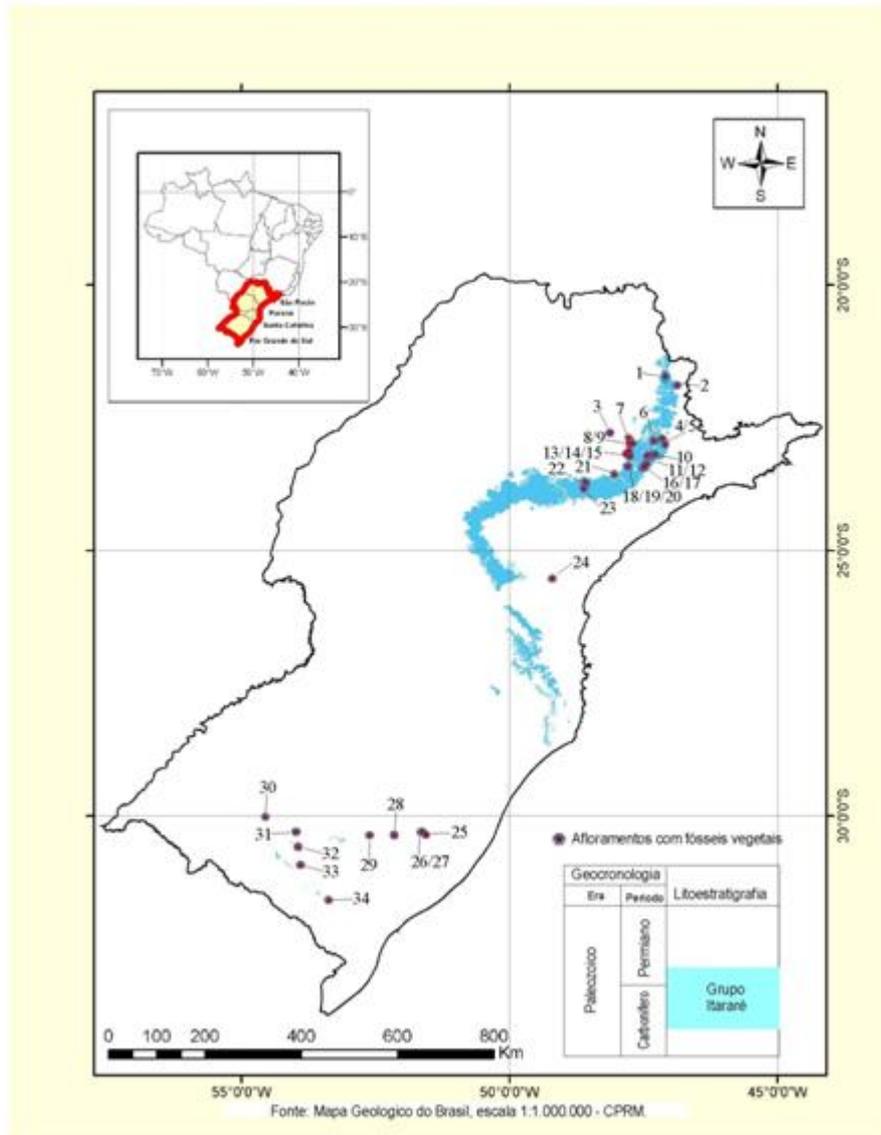


Figura 10: Distribuição de ocorrências fitofossilífera do Grupo Itararé no Brasil com base na

Tabela 3.

Bernardes de Oliveira *et al.* (2005) reconheceram no Grupo Itararé somente duas floras. A mais antiga se referiria a fitofósseis encontrados em depósitos da Formação Lagoa Azul; já a segunda seria referente aos presentes na Formação Campo Mourão. Em uma publicação posterior, a fim de posicionar estratigraficamente as ocorrências do Grupo Itararé no estado de São Paulo de forma mais detalhada, Mune e Bernardes de Oliveira (2007), dividiram as ocorrências vegetais dentro de nove sub-floras (Campinas, Buri, Itapeva, Araçoiaba da Serra, Monte Mor, Itu, Itaporanga, Tietê e Cerquilha), utilizando como base o esquema bioestratigráfico de Souza (2006). De maneira geral, Mune e Bernardes de Oliveira (2007) somente distribuem as sub-floras estratigraficamente, porém sem discutir a distribuição das espécies que compõem as sub-floras ao longo do intervalo de deposição do Grupo Itararé (Figura 11).

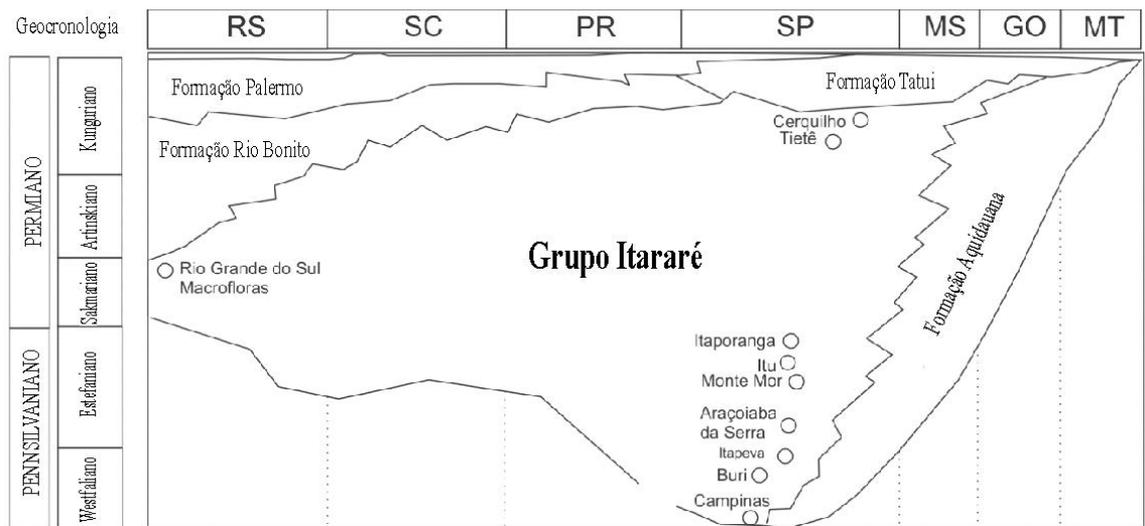


Figura 11. Posicionamento estratigráfico dos fitofósseis presentes no Grupo Itararé (Modificado de Petri e Souza, 1993; e Bernardes de Oliveira, 2007).

Para as paleofloras do Grupo Itararé com idade no Eopermiano do Rio Grande do Sul, Guerra-Sommer e Cazzulo-Klepzig (1993) propuseram uma bioestratigrafia, com somente uma zona florística que abarcava as ocorrências vegetais do Grupo Itararé e da base da Formação Rio Bonito (já em um momento pós-glacial no contexto do Grupo Guatá), denominada como *Zona Botrichiopsis plantiana*. Onde as paleofloras do Grupo Itararé, portanto, foram reunidas dentro da subzona *Gangamopteris obovata*.

4. Contexto Paleobotânico

4.1. Briófitas

As briófitas correspondem a um grupo vegetal parafilético que inclui os primeiros exemplares de plantas terrestres, ou seja, as mais antigas evidências de Embryophyta. Este grupo vegetal possui ao menos três linhagens distintas: hepáticas (Divisão Marchantiophyta), antóceros (Divisão Anthocerotophyta) e musgos (Divisão Bryophyta) (Frey, 2009). Atualmente, são reconhecidas cerca de 12.500 espécies de Bryophyta (Frey, 2009), linhagem a qual pertencem os fósseis estudados.

São encontrados fósseis de briófitas com idades superiores a 450 Ma (Cardoso, 2004; Judd *et al.*, 2003) e ainda não se sabe ao certo a origem deste grupo de plantas. Alguns consideram seu surgimento relacionado à evolução das algas da linhagem Charophyta, uma vez que os estágios de desenvolvimento de ambas são análogos (Frahm, 2003).

Fundamentalmente, este grupo vegetal reúne embriófitas verdes, terrestres e com alternância de gerações, onde a fase dominante é o gametófito haplóide. O esporófito diplóide cumpre as funções reprodutoras e conecta-se ao gametófito através de uma estrutura chamada seta. Ambas as gerações se caracterizam pela ausência de tecidos condutores especializados para o transporte de seiva (Frey, 2009).

A relação das linhagens de briófitas supracitadas (Hepatophyta, Bryophyta e Anthocerotophyta) compõe também um assunto controverso. Diferenciam-se pela presença ou não de estômatos e células condutoras especializadas. As hepáticas constituem um ramo evolutivo distinto, no qual estômatos e células condutoras são ausentes. Nos antóceros os estômatos estão presentes, no entanto não apresentam as células condutoras. Por fim, nas briófitas ocorrem as células condutoras e os estômatos (Judd *et al.*, 2003).

Os caracteres morfológicos determinantes para a linhagem Bryophyta, a citar: gametófitos com caule ereto, de 5 a 500 mm de comprimento, recoberto por folhas em arranjo helicoidal e, freqüentemente com uma célula de espessura; rizóides multicelulares; esporófitos com seta e caliptra, complexo padrão de deiscência, com presença de cápsula com peristômio e columela; elatérios unilaterais; anterídios protegidos por estruturas folhosas ou perianto (rosetas); estômatos presentes nos

esporófitos e presença de células em arranjo a permitir a condução de alimento e água (Raven, 1996; Frey, 2009).

As briófitas se caracterizam também por não apresentarem tecidos vasculares verdadeiros, tornando seu processo de fossilização mais incomum do que o das plantas vasculares (Amaral *et al.* 2004). Isto posto, os exemplares de briófitas encontrados geralmente se apresentam na forma de impressões, algumas vezes carbonificadas, permitindo estudos anatômicos detalhados através da preservação de tecidos vegetais como cutículas. Além desses processos mais comuns, há registro de preservação de briófitas em âmbar Oligocênico (Frahm, 2004).

Em decorrência da dificuldade de preservação destes fósseis, a pesquisa paleobotânica e caracterização dos espécimes mesozóicos e paleozóicos de briófitas são recentes (Frahm, 2003). O número de espécies descritas para estas eras se restringe a aproximadamente cem (Meyen, 1987), distinguindo-as das demais ocorrências por serem raras (Taylor e Taylor, 1993; Stewart e Rothwell, 2001; Ottone e Archangelsky, 2001; Frahm, 2003).

No supercontinente Gondwana, para o Carbonífero, a presença de Bryophyta foi relatada para a Bacia do Karoo, África do Sul, onde Anderson e Anderson (1985) descreveram o gênero *Dwykea*. Na Bacia do Paraná também ocorre este gênero, já descrito por Amaral e Ricardi-Branco (2004). Outro gênero distinto ocorre na Argentina, onde Ottone e Archangelsky (2001) descreveram *Muscites amplexifolius*.

Para o Permiano foram descritos por Smoot e Taylor (1986) na região da atual Antártida, espécimes classificados como *Merceria augustica*. Para a Bacia do Paraná Christiano de Souza *et al.* (2012) descreveram as espécies *Capimirinus riopretensis* e *Yguajemanus yucapirus*. Por fim, Chandra (1995) descreveu os gêneros *Saksenaphyllites*, *Talchiphyllites* e *Umariaphyllites* para a Índia.

No contexto da Bacia do Paraná, exemplares de briófitas coletadas no Grupo Itararé (Carbonífero Superior – Permiano Inferior) no estado São Paulo foram estudados por Amaral e Ricardi-Branco (2004), por Longhim *et al.* (2004) e por Ricardi-Branco *et al.* (2013). Amaral e Ricardi-Branco (2004) descrevem o *taxon* aff. *Dwykea* sp. para o afloramento do km 96 da rodovia dos Bandeirantes; Longhim *et al.* (2004) mencionam a presença de briófitas num afloramento localizado no entroncamento das rodovias SP-75 e SP-308. Ricardi-Branco *et al.* (2013), por sua vez, descreveram briófitas presentes em três afloramentos nas localidades de

Campinas e Salto, relatadas em detalhe no presente trabalho e acrescido de exemplares inéditos pertencentes a outro afloramento em Salto, próximo ao primeiro.

4.2.Megásporos

Na colonização do meio terrestre pelos vegetais, um dos eventos-chave para disseminar as espécies foi o desenvolvimento de esporos com uma parede de proteção resistente ou exina formada por um biopolímero intitulado esporopolenina, que garantiu a proteção necessária dos gametas. Dessa forma, os esporos puderam se dispersar através do vento e água sobrevivendo a condições extremas e à radiação ultravioleta mais intensa no meio seco, viabilizando a expansão de florestas de embriófitas a partir do Devoniano Superior (Taylor e Taylor, 2009).

As traqueófitas compõem um grupo vegetal cujos primeiros exemplares datam do Siluriano (438 a 408 Ma), registrados na forma de feixes de tecido vascular bem preservados em rochas da América do Norte (Taylor e Taylor, 2009), datadas de 430 Ma. Apenas durante o Devoniano (408 a 360 Ma), todavia, as plantas vasculares se tornam numerosas e diversificadas, apresentando novos tipos de plantas com tecidos vasculares e órgãos reprodutivos melhor adaptados às condições do meio seco. Entre estes novos grupos de vegetais estão as Lycopsidea (Lycopodiales e Isoetales), as Euphyllophytina (Equisetopsida e Polypodiopsida) e, por fim, as Spermatophytina, introduzindo as sementes (Raven *et al.*, 1996; Frey, 2009).

Há distinções morfológicas nos espécimes de plantas vasculares sem sementes, definindo-as em oito linhagens distintas. Três delas prosperaram no Devoniano, mas já foram extintas, são elas: Rhyniophyta, Zosterophyllophyta e Trimerophyta. Destas, Rhyniophyta é a mais antiga, com seu surgimento no Siluriano. Já as linhagens Psilotophyta, Lycophyta, Equisetopsida (Sphenophyta), Polypodiopsida (samambaias) e Spermatophytina (gimnospermas), são mais abundantes a partir do final do Devoniano e início do Carbonífero. As quatro linhagens primeiras têm representantes atuais e a última é caracterizada pela semelhança entre as plantas com sementes, sendo um possível ancestral das atuais gimnospermas e angiospermas (Gensel e Henry, 1987; Taylor e Taylor, 2009).

As primeiras plantas vasculares produziam apenas um tipo de esporo, resultante da divisão por meiose, e são denominadas homosporadas. Estas, após a germinação, produzem gametófitos bissexuados. Por outro lado, existem as plantas heterosporadas

que produzem dois tipos de esporos diferentes, os micrósporos e os megásporos. Micrósporos originam gametófitos masculinos, nutricionalmente independentes da fase esporofítica. Megásporos por sua vez, geram gametófitos femininos, nutricionalmente dependentes dos esporófitos (Raven *et al.*, 1996).

A maioria das Lycophyta e algumas Equisetopsida são heterosporadas. Nelas, os megásporos são produzidos em estruturas reprodutivas altamente especializadas, os estróbilos, que são compostos por esporofilos dos quais os esporângios pendem adaxialmente. Dentro de cada esporângio é produzido um megásporo trilete funcional e três esporos abortados (Taylor e Taylor, 2009).

O grande potencial de preservação dos megásporos no registro fóssil é dado pela sua abundância e sua exina de esporopolenina, cujo papel é proteger a célula reprodutiva de condições extremas. No Grupo Itararé os megásporos são encontrados em vários afloramentos, a citar: Bandeirantes km 69, Monte Mor/ Sitio Volpe, Buri, Aterro Delta e Salto 1. Neles foram relatadas espécies diversificadas, a saber: *Sublagenicula brasiliensis*, *L. tripartites*, *Banksisporite stenuis*, *B. vulgatus*, *B. indicus*, *B. endosporitiferus*, *Lagenosporites scutiformis*, *Trileitesnitens*, *T. trivalis*, *T. vulgatus* e *Calamospora sp.* (Christiano de Souza e Ricardi-Branco, 2013).

5. Resultados

5.1. Briófitas

Foram analisadas 74 amostras dos afloramentos Salto 1, Salto 2 e uma do Aterro Delta, todas devidamente documentadas na Coleção Científica do Laboratório de Paleohidrogeologia, DGRN, IG, UNICAMP (CP1/410-438, 440, 441, 447-453, 455, 462, 469-472, 487-492, 496-498, 503, 505, 508, 556) (Tabela 4). Dessas, 42 continham exemplares suficientemente preservados para serem estudados morfológicamente. Das passíveis de estudo, selecionaram-se quatro que exibiam caracteres taxonômicos conservados para detalhar em MEV e extrair suas composições químicas.

Tabela 4: Relação de amostras estudadas de briófitas e seus respectivos afloramentos.

Amostras	Afloramento Salto 1	Afloramento Salto 2	Afloramento Aterro Delta
CP1/410	X		
CP1/411	X		
CP1/412	X		
CP1/413	X		
CP1/414	X		
CP1/415	X		
CP1/416	X		
CP1/417	X		
CP1/418	X		
CP1/419	X		
CP1/420	X		
CP1/421	X		
CP1/422	X		
CP1/423	X		
CP1/424	X		
CP1/425	X		
CP1/426	X		
CP1/427	X		
CP1/428	X		
CP1/429	X		
CP1/430	X		
CP1/431	X		
CP1/432	X		
CP1/433	X		
CP1/434	X		
CP1/435	X		
CP1/436	X		
CP1/437	X		
CP1/438	X		
CP1/440		X	
CP1/441		X	
CP1/447		X	
CP1/448		X	
CP1/449		X	
CP1/450		X	
CP1/451		X	

CP1/452		X	
CP1/453		X	
CP1/455		X	
CP1/462		X	
CP1/469		X	
CP1/470		X	
CP1/471		X	
CP1/472		X	
CP1/487		X	
CP1/488		X	
CP1/489		X	
CP1/490		X	
CP1/491		X	
CP1/492		X	
CP1/496		X	
CP1/497		X	
CP1/498		X	
CP1/503		X	
CP1/505		X	
CP1/508	X		
CP1/556			X

5.1.1. Estudos Morfológicos

Para a realização desta importante etapa as amostras selecionadas foram desenhadas, fotografadas e mensuradas uma a uma. A partir das medidas e comparação com a bibliografia, pode-se determinar o gênero a qual pertencem os espécimes estudados. No presente trabalho foi utilizada a classificação do Reino vegetal proposta por Goffinet e Shaw (2009).

Paleontologia Sistemática

Divisão BRYOPHYTA Schimper, 1879

Gênero *Dwykea* Anderson e Anderson, 1985

Espécie: *Dwykea goedehoopensis* Anderson e Anderson, 1985.

Dwykea araroi (Ricardi-Branco, Costa, Christiano de Souza, Rohn, Longhim e Faria)
emend.

Figura 12 e Figura 13

Holotipo: CP1/422

Amostras estudadas: CP1/412, 415, 416, 419-422, 428-431, 434-437, 440, 441, 447-453, 462, 469-472, 487-492, 496-498, 503, 505, 508 e GP/3T 2285-2293.

Acervo: Coleção Científica Paleobotânica (CP1), Instituto de Geociências/ UNICAMP e Coleção Paleobotânica (GP/3T), Instituto de Geociências/ USP.

Localização estratigráfica e geográfica: Grupo Itararé, afloramento Salto 1 (UTM 23K 0262095 E / 7432774 N), Salto 2 (UTM 23K 0266110 E / 7431149 N), Aterro Delta (UTM 23K 0279328 E / 7464284 N) e da Bandeirantes (UTM 23K 0281430 E / 7463529 N).

Etimologia: De araroi (frio) em Tupi-Guarani.

Sinônimos: *aff. Dwykea sp.* Amaral *et al.*, 2004, *Tropical Bryology*, 25: 106, plate 1; holotype No. GP/3T 2284. *Dwykea araroi* Ricardi-Branco *et al.*, 2013, *New Mexico Museum of Natural History and Science, Bulletin*, 60: 344, plate 1 e 2; holotype No. CP1/422.

Diagnose: Gametófitos eretos; folhas erecto-patentes em espiral, mais adensadas no ápice do caule, lanceoladas, ápice agudo; margem inteira, base decorrente. Crescimento pleurocárpico do esporófito.

Descrição: Gametófitos com caules eretos de comprimento 10,39 mm e espessura de 0,64 mm. As folhas são erecto-patentes com filotaxia espiralada, mais adensadas próximas ao ápice, com comprimento médio de 2,81 mm, largura na base 0,33 mm e largura no topo 0,05 mm. Folhas lanceoladas, margem inteira, base amplexicaule, ápice agudo, com espessura de uma célula. Dimensões médias do comprimento e largura apontadas na Tabela 5.

Discussão: A diagnose original foi emendada, porque na presente pesquisa foram estudados mais exemplares (aproximadamente 56 exemplares de gametófitos) provenientes do Afloramento Salto 2 e realizadas análises em MEV. Todas as amostras estudadas (Tabela 5) pertencem ao gênero gondwânico *Dwykea* (Anderson e Anderson, 1985), originalmente descritas para o Grupo Dwyka, da Bacia do Karoo (África do Sul). O Grupo Dwyka é correlacionado ao Grupo Itararé, com base nos ambientes periglaciais registrados nessas bacias no Pennsylvaniano (Milani e De Wit, 2008). Em trabalho anterior, Amaral *et al.* (2004) e Ricardi-Branco *et al.* (2013) descreveram gametófitos semelhantes aos estudados. Amaral *et al.* (2004) também mencionam a possível presença de um esporófito associado *aff. Dwykea sp.*, no afloramento do km 96 da Rodovia dos Bandeirantes/ SP. Todos esses espécimens são similares àqueles descritos para os afloramentos de Salto 1 e 2 e para o Aterro Delta presente na pesquisa.

A classificação foi baseada na similaridade das dimensões dos exemplares e nos caracteres determinantes na bibliografia, como forma das folhas e disposição ao redor

do caule. A Tabela 6 aponta comparativamente a relação entre os exemplares estudados e aqueles anteriormente registrados.

Tabela 5: Medidas realizadas para os exemplares de briófitas encontrados nos Afloramentos de Salto 1 , Salto 2 e Aterro Delta.

Amostras	Comprimento do Ramo (mm)	Largura do Ramo (mm)	Comprimento da Folha (mm)	Largura da Base da Folha (mm)	Largura do Ápice da Folha (mm)	Distância entre Folhas (mm)
CP1/412			2,94	0,11	0,05	7,64
CP1/415			2,54	0,24	0,05	6,52
CP1/416	9,97	0,79				
CP1/419	10,14	0,89	1,40	0,15	0,03	
CP1/420	10,60	0,27	2,96	0,24	0,08	7,22
CP1/421	8,44	0,29				
CP1/422			3,42	0,26	0,01	8,21
CP1/428			2,86	0,12	0,07	
CP1/429	11,28	0,93	3,31	0,29	0,08	6,98
CP1/430	9,15	1,10	3,77	0,14	0,09	
CP1/431	11,27	1,12	2,77	0,18	0,09	7,35
CP1/434		0,66	2,71	0,18	0,06	
CP1/435	9,03	0,73	3,28	0,19	0,08	
CP1/436	8,79	0,55	4,19	0,24	0,09	7,31
CP1/437	12,00		1,75	0,13	0,07	
CP1/440	14,24	0,84				
CP1/441	11,95		2,48			
CP1/447 a	15,62	0,59				
CP1/447 b	13,96	0,45				
CP1/447 c	22,95	0,61			0,16	
CP1/447 d	11,07	0,74	3,48			
CP1/448	9,63	0,32	2,97			
CP1/449		0,61				
CP1/450	10,85	0,49	2,72	0,09	0,06	
CP1/451			3,02	0,10	0,04	
CP1/452 a	14,74	0,64	2,84	0,11	0,05	
CP1/452 b	5,18	0,26	2,34	0,11	0,04	6,73
CP1/452 c	6,37	0,73	2,47	0,11	0,06	7,58
CP1/452 d	8,48	0,85		0,15		
CP1/453	8,77	0,39				
CP1/462	9,53	0,41	2,63			
CP1/469		0,56				
CP1/470	7,53		1,97			
CP1/471	6,29		3,69	0,14	0,07	
CP1/472	10,19	0,87	3,83	0,18	0,07	
CP1/487	11,98	0,24	3,02			
CP1/488	5,12	0,47	1,78			
CP1/489 a	9,59	0,50				
CP1/489 b	18,16	0,82	4,26	0,22		
CP1/489 c		0,92		0,25		
CP1/489 d	17,44	0,52				
CP1/490	12,38	0,78	2,92			
CP1/491	12,36		0,82	3,58		
CP1/492 a	9,88	0,47				
CP1/492 b		0,76		0,18		
CP1/492 c	11,86	0,91	2,70	0,22	0,10	8,01

CP1/496 a	8,02	0,40	3,03	0,12	0,09	
CP1/496 b	7,68	0,54	2,68	0,19	0,06	
CP1/496 c	8,01	0,42	3,02	0,13	0,07	7,83
CP1/496 d	8,21	0,97	2,55	0,17	0,08	
CP1/496 e	8,54	0,6		0,15		
CP1/497	9,42	0,48		0,15		
CP1/498	10,35	0,78				
CP1/503	15,84	0,86	3,04			
CP1/505	9,76		2,89			
CP1/508	8,08	1,04	3,03	0,38	0,11	

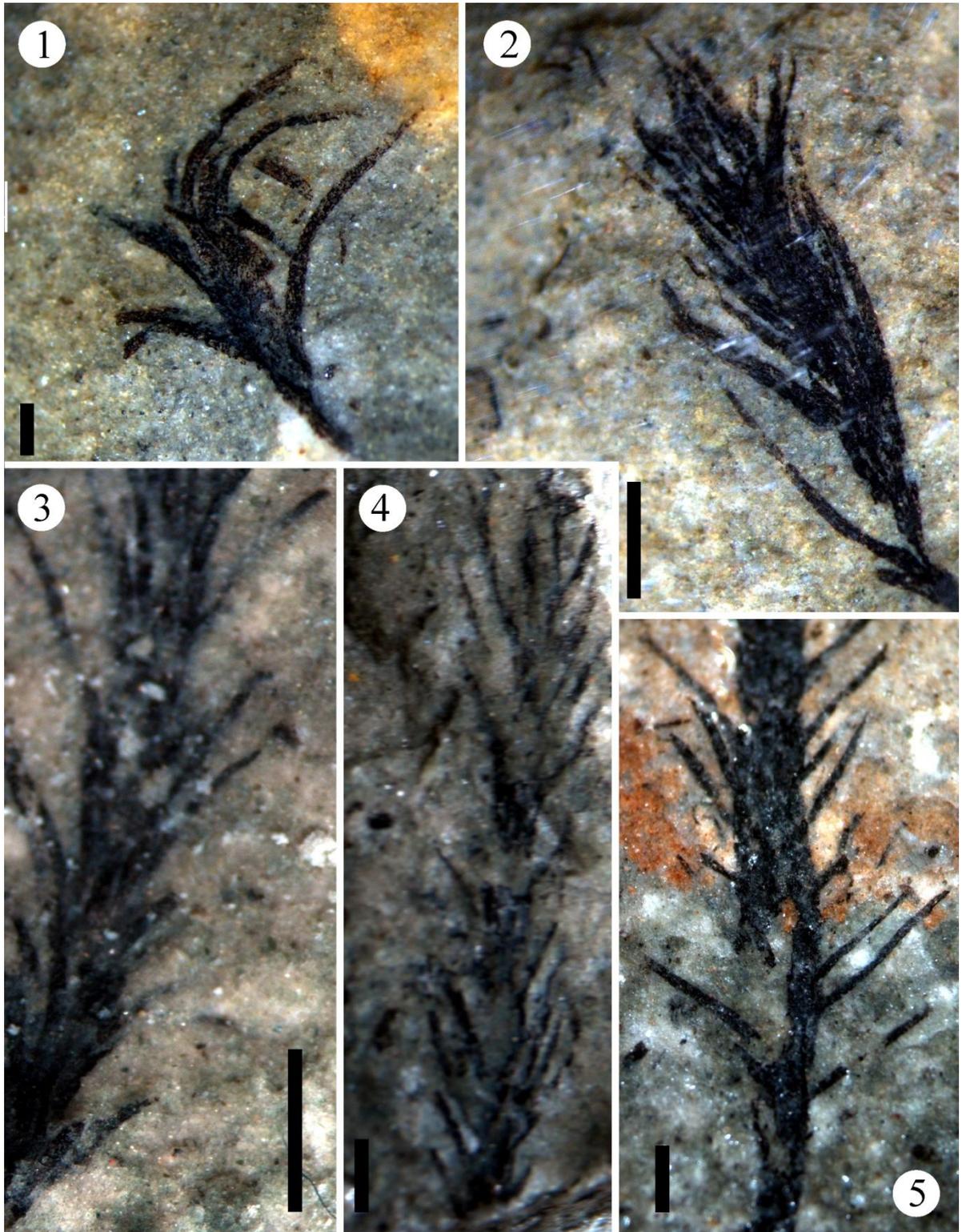


Figura 12. Gametófitos de *Dwykeaararoi*-1 e 2. Porções apicais de gametófito (1- CP1/434 e 2- 412); 3,4 e 5 - Porções distais, nota disposição espiralada das folhas, bases amplexicaule e ápices agudos (3- CP1/422, 4- CP1/420 e CP1/431). Barras de escala = 1mm.

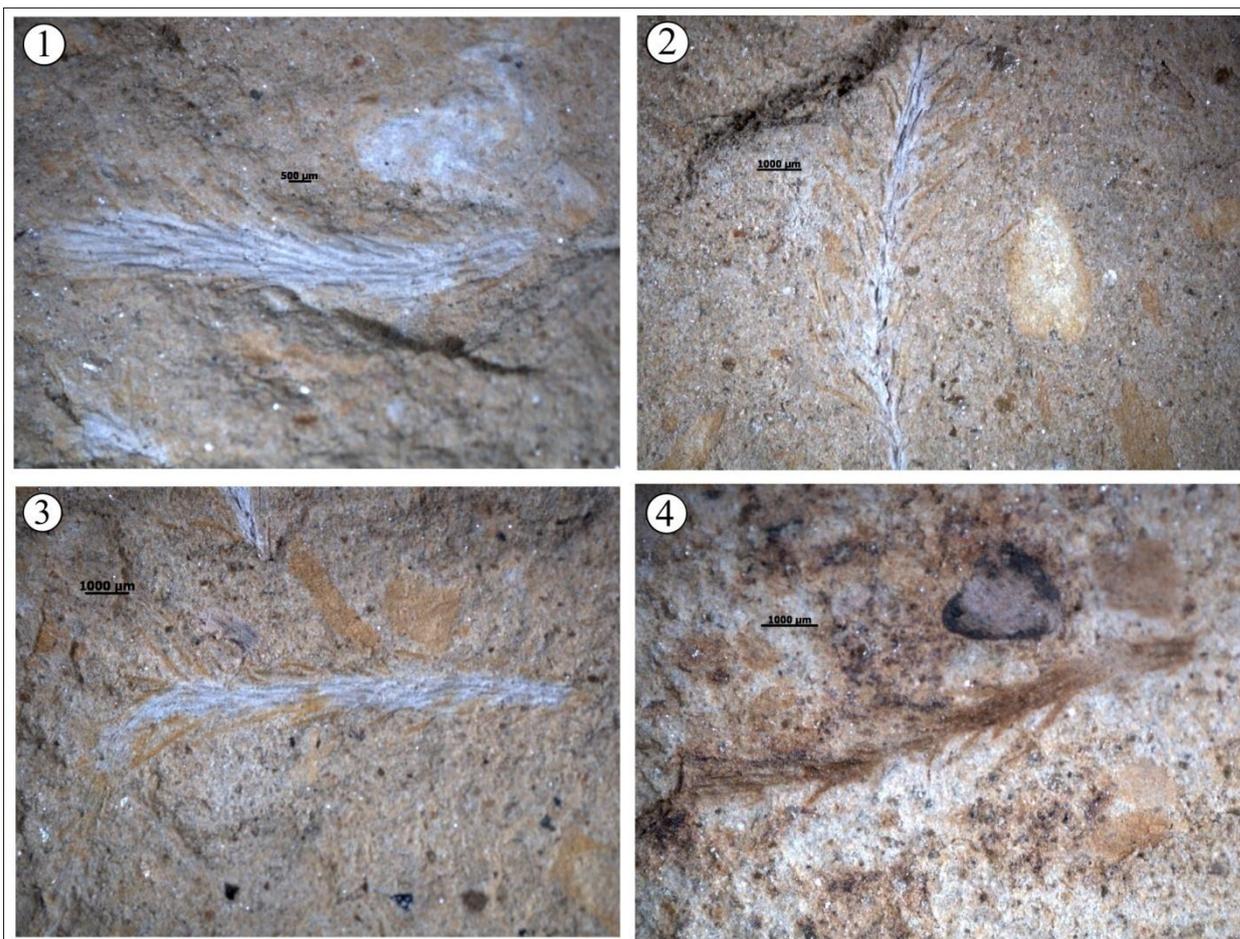


Figura 13. Gametófitos de *Dwykeaaroroi*; 1 e 3 correspondem a porções apicais (CP1/492 a e b, respectivamente); 2 e 4 correspondem aos exemplares menos fragmentados (CP1/448 e 452, respectivamente). As barras de escala em 1 = 0,5 mm e em 2, 3 e 4 = 1 mm.

Tabela 6: Comparação das amostras descritas com aquelas previamente listadas na bibliografia.

		Anderson e Anderson (1985)	Amaral (2004)	Este estudo
Características entre os espécimes	Longitude do Ramo	>25 mm	> 17 mm	>10 mm
	Dimensão das Folhas (comprimento x largura)	5,0 mm x 0,15 mm	5,2 mm x 0,2 mm	3,0 mm x 0,3 mm
	Ápice das Folhas	Agudo	Agudo	Agudo
	Filotaxia	Pouco Clara	Helicoidal	Espiralada
	Costa	Ausente	Tênue	Ausente
	Gametófito	Não Observado	Presente	Presente
	Esporófito	Não Observado	Pleurocárpico	Não Observado

5.1.2. MEV

As observações em microscópio eletrônico de varredura (MEV) revelaram aspectos morfológicos detalhados sobre os exemplares de Bryophytas. Ademais, foi possível obter a composição química da rocha e dos fitofósseis sem a necessidade de destruir a amostra.

Os alvos foram selecionados a partir de diferenciações visuais como cor e textura (Figura 14). Estes pontos foram irradiados com um feixe fino e focalizado de elétrons que varrem a amostra através de toda a sua superfície, excitando os elétrons da última camada atômica dos materiais analisados. Para retomarem seu estado fundamental, há emissão de fóton, que é característico de cada átomo. Um detector de Raios-X capta o espectro e, através de um software, interpreta os elementos químicos presentes em função da energia (em keV) emitida. Os espectros gerados a partir de três pontos (Tabela 7/ Tabela 8/ Tabela 9) estão representados a seguir.

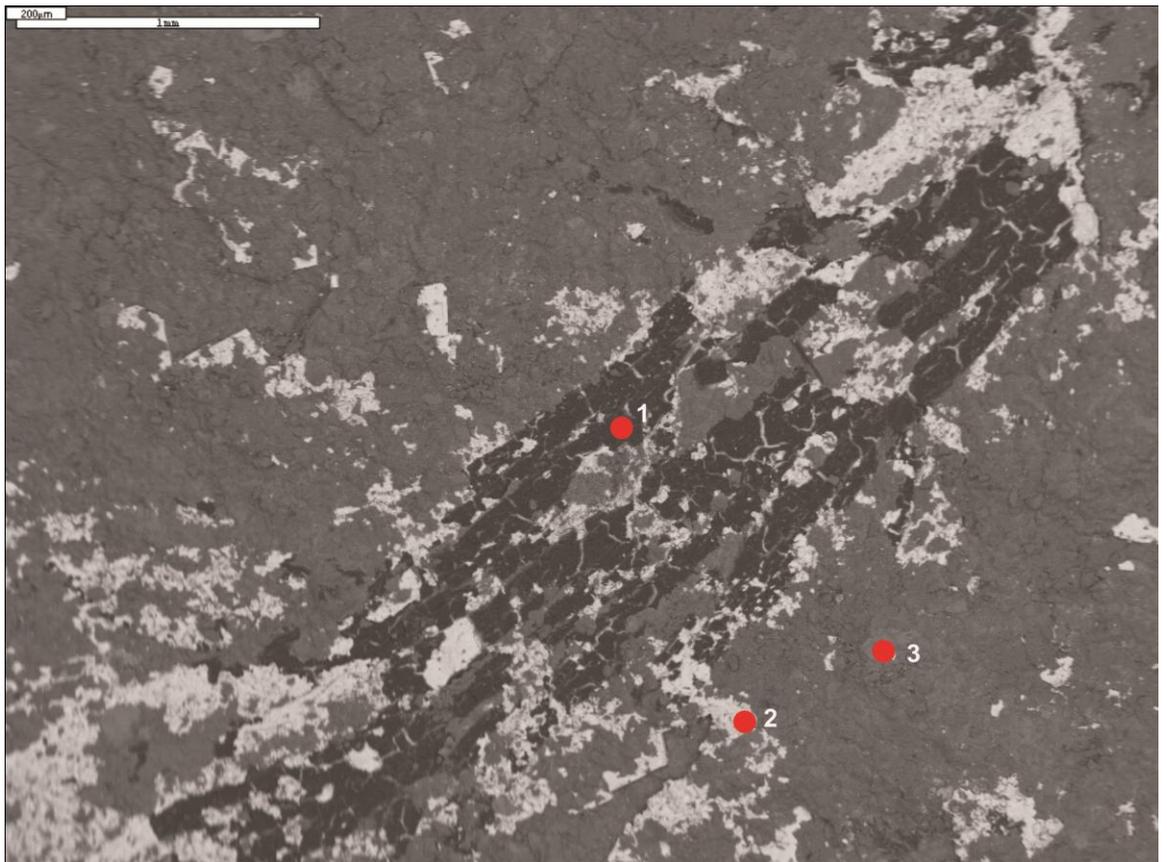


Figura 14: Amostra CP1/416 em MEV com alvos indicados.

Tabela 7: Resultado de MEV para a amostra CP1/416 (alvo 1), indicando o pico mais alto no carbono (carbonificação dos fósseis).

Alvo 1					
Elmt	Spect.	Element	Atomic		
	Type		%	%	
C	K	ED	63.94	74.86	
O	K	ED	22.18	19.50	
Mg	K	ED	0.50	0.29	
Al	K	ED	1.87	0.97	
Si	K	ED	5.02	2.51	
S	K	ED	1.52	0.67	
K	K	ED	0.15	0.05	
Ca	K	ED	2.14	0.75	
Fe	K	ED	0.78	0.20	
Ba	L	ED	1.89	0.19	
Total			100.00	100.00	

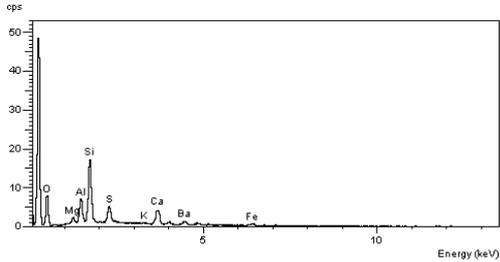


Tabela 8: Resultado de MEV para a amostra CP1/416 (alvo 2), indicando um pico alto de bário, possível ambiente redutor.

Alvo 2					
Elmt	Spect.	Element	Atomic		
	Type		%	%	
O	K	ED	24.85	64.97	
S	K	ED	12.14	15.84	
Ba	L	ED	63.01	19.19	
Total			100.00	100.00	

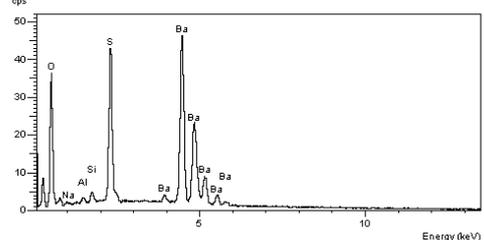
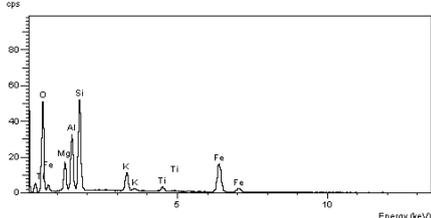


Tabela 9: Resultado de MEV para a amostra CP1/416 (alvo 3), indicando a composição mineralógica da matriz rochosa.

Alvo 3					
Elmt	Spect.	Element	Atomic		
	Type		%	%	
O	K	ED	44.76	63.43	
Mg	K	ED	5.31	4.95	
Al	K	ED	9.63	8.09	
Si	K	ED	15.73	12.70	
K	K	ED	4.40	2.55	
Ti	K	ED	1.48	0.70	
Fe	K	ED	18.68	7.58	
Total			100.00	100.00	



Com base nos gráficos e tabelas é possível notar o alto teor de carbono presente nos fósseis, indicando o latente processo de carbonificação. Outro detalhe é a presença de barita, que muitas vezes pode ser indicador de ambiente redutor.

5.2.Megásporos

As amostras contendo megásporos se encontram registradas na Coleção Científica do Laboratório de Paleohidrogeologia, DGRN, IG, UNICAMP, compreendendo os números CP1/473, 496-500, 502-504, 508-535, 537, 539, 542, 546, 547, 550, 552, 555-559, 562, 563 e GP3E. Do total, 28 exemplares se encontravam em condições de preservação suficientes para realizar o ataque ácido (HCl 50%) e permitir a sua remoção da matriz rochosa, todas pertencentes ao afloramento Aterro Delta. Por fim, através de análises em microscópio eletrônico de varredura se obteve a composição química dos exemplares selecionados.

Conforme supracitado, o método de ataque ácido foi utilizado apenas para as amostras do Aterro Delta, pois as amostras de Salto 2 continham também briófitas, impossibilitando a retirada dos espécimes através de dissolução. Para as amostras GP3E, advindas do Afloramento Km 96 da Bandeirantes também não foi necessário realizar a etapa de preparação de amostras, pois estas já se encontravam dissociadas da rocha.

5.2.1. Estudos Morfológicos

Para determinar a que tipo de gênero pertence os megásporos analisados neste estudo, foi necessário realizar a etapa de estudo morfológico. Para tanto, fotografou-se as amostras em estereomicroscópio, medindo uma a uma, até que os dados fossem suficientes para comparar com a bibliografia e classificá-las.

Foi seguida a classificação para megásporos gulados sugerida por Dybová-Jachowicz *et al.* (1979 e 1987), tendo sido mantida a sistemática tradicional de Potonié (1956) e Piérart (1975).

Paleontologia Sistemática

Anteturma *Megasporites*, Pant, 1962.

Turma *Triletes* (Reinsch) Potonié *et* Kremp, 1954.

Suprasubturma *Lagenotriletes*, Potonié *et* Kremp, 1957.

Subturma *Gulati*, Bharadwaj, 1957.

Gênero: *Sublagenicula* (Potonié *et* Kremp) Dybová-Jachowicz, Jachowicz, Karczewska, Lachkar, Loboziak, Piérart, Turnau *et* Zoldani, 1979.

Sublagenicula brasiliensis (Dijkstra) Dybová-Jachowicz, Jachowicz, Karczewska, Lachkar, Loboziak, Piérart, Turnau *et* Zoldani, 1979.

Figura 15

Amostras estudadas: 510, 515, 517-21, 525, 526, 530, 533-35, 537, 539, 542, 546, 547, 550, 552, 555-59, 562-63 e GP3E.

Acervo: Coleção Científica Paleobotânica (CP1), Instituto de Geociências/ UNICAMP.

Localização estratigráfica e geográfica: Grupo Itararé, afloramento Salto 2 (UTM 23K 0266110 E / 7431149 N) e Aterro Delta (UTM 23K 0279328 E / 7464284 N).

Vista equatorial: 510, 515, 517-21, 525, 526, 530, 533-35, 537, 539, 542, 546, 547, 550, 552, 555-59, 562-63 e GP3E.

Vista polar: 510, 515, 517-21, 525, 526, 530, 533-35, 537, 539, 542, 546, 547, 550, 552, 555-59, 562-63 e GP3E.

Descrição: Megásporos triletes, subgulados, prolatos em compressões laterais e ovais em compressão próximo-distal. Raios triletes retos. Cristas arcuadas geralmente bem definidas. Confluências dos raios triletes com as cristas arcuadas, por vezes, definidas por pequenas aurículas triangulares. Ornamentação da área de contato psilada e da área distal psilada e escabrada.

Dimensões:

Vista polar: Comprimento 1060-1444 µm e largura 854-1400 µm. Raio trilete 540-670 µm. Crista arcuada 452-934 µm.

Vista equatorial: Comprimento 956-1180 µm e largura 502-1553 µm. Raio trilete 489-801 µm. Crista arcuada 322-1010 µm.

Discussão: Nem todas as características puderam ser observadas em todos os espécimes. As cristas arcuadas, por exemplo, não estavam bem definidas em alguns exemplares, impossibilitando a determinação do seu tamanho. Contudo foi encontrado em 28 amostras, um total de 113 espécimes com as características morfológicas acima descritas, os quais foram estudados detalhadamente (descritos, desenhados e medidos). O número de exemplares estudados é suficiente para englobar as variações intraespecíficas de cada compressão.

Os espécimes descritos assemelham-se com a espécie de megásporos *Sublagenicula brasiliensis* (Dijkstra) Dybová-Jachowicz *et al.*, no que se refere à gula,

raio trilete, ornamentação da exina da área distal, área de contato e dimensões. Essa espécie apresenta grande variação intraespecífica, assim como indicado em Trindade (1959b, 1962).

No estado de São Paulo, *Sublagenicula brasiliensis* ocorre nas assembléias de megásporos de Monte Mor, Buri e Afloramento do km 96 da Rodovia dos Bandeirantes do Grupo Itararé (Trindade 1959b, e 1970; Amaral e Ricardi-Branco, 2004; Mune e Bernardes de Oliveira, 2007), sendo sempre a espécie mais abundante como no presente estudo. Fora do estado de São Paulo, mas ainda na porção brasileira da Bacia do Paraná, esta espécie foi encontrada nos estados do Paraná (Ricardi-Branco *et al.*, 2002), Santa Catarina (Dijkstra, 1955; Trindade, 1959b, e 1960; Pant e Srivastava, 1962) e Rio Grande do Sul (Dijkstra, 1955; Trindade, 1962, 1964, 1966; Pant e Srivastava, 1962; Marques-Toigo *et al.*, 1975, Cuduro e Zigano, 1965; Bortoluzzie Veiga, 1981).

Fora do Brasil, esta espécie ocorre na América do Sul no Carbonífero Superior da Argentina. Já para o continente africano, tem sido encontrada no Carbonífero Inferior do Egito e Chade, no Viséano da Nigéria, no Namuriano da Argélia e oeste da Líbia. Também é descrita no Permiano Inferior do Zaire, da República Democrática do Congo (Dybová-Jachowicz *et al.*, 1987) e da África do Sul (Glasspool, 2003).

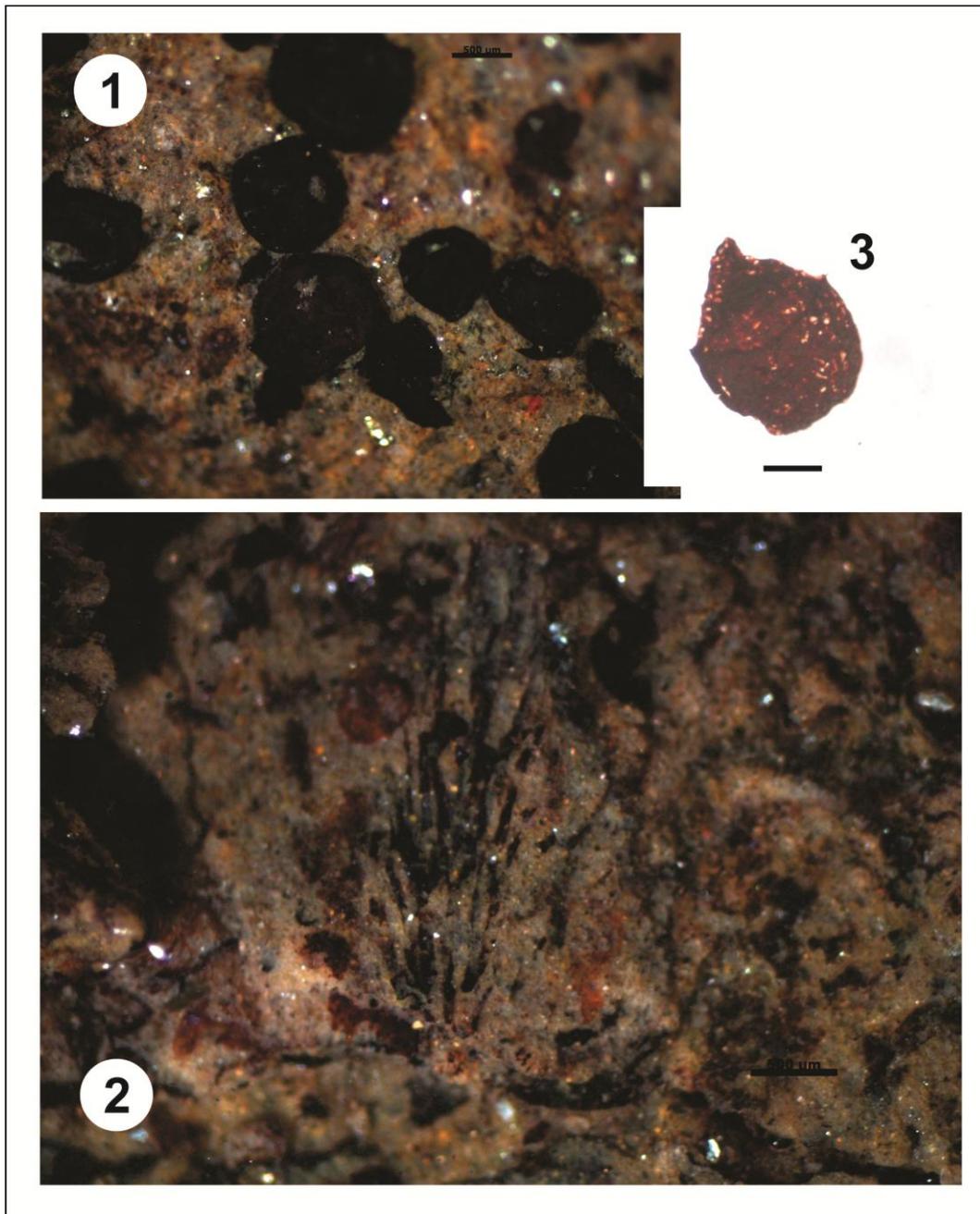


Figura 15: 1- Estampa contendo espécimens de *Sublagenicula*. 1- Representa os exemplares da amostra CP1/525 incrustados na matriz; 2- Aponta os exemplares de megásporos ocorrendo junto com as briófitas do gênero *Dwykea* CP1/518; 3- Megásporos em visão equatorial (amostra GP3E).

5.2.2. MEV

As análises em microscópio eletrônico de varredura (MEV) foram efetivas no que diz respeito à descrição morfológica dos espécimes. Através delas que foi possível observar os caracteres determinantes para a definição das espécies e a sua composição química.

A respeito da composição litológica, as amostras não puderam ser analisadas em MEV, pois os exemplares foram desassociados da matriz rochosa e alocados em suportes específicos para serem colocados no aparelho. Já a composição química dos megásporos revelou grande quantidade de carbono, corroborando com a descrição prévia de que estes haviam sido carbonificados (Figura 16).

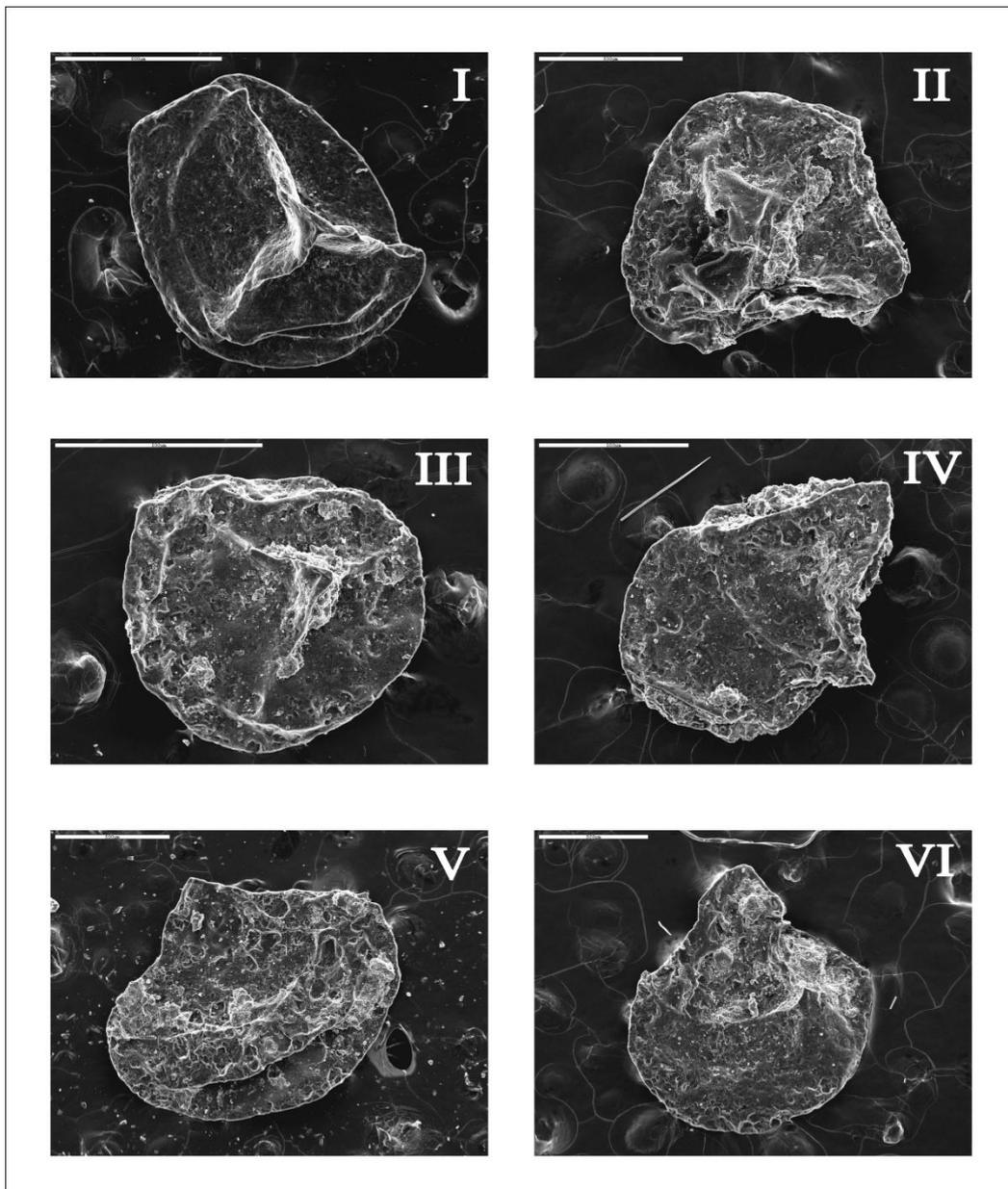


Figura 16: Espécimes de *Sublagenicula brasiliensis*. Compressão em visão polar I e III – marca trilete; II, IV, V e VI – Compressão em visão equatorial; destaque para a gula dos megásporos. Barras de escala =500 μm .

6. Discussão

Ao passo que se desenvolveram estudos detalhados das paleofloras neopaleozóicas para a Bacia do Paraná no Brasil, houve a necessidade de dividir as numerosas e variadas ocorrências dentro de uma sucessão estratigráfica, com o intuito de esclarecer informações acerca das paleofloras, paleogeografia e paleoambiente locais. Na Figura 17 está representada a sucessão megaflorística segundo os esquemas mais recentes sugeridos por Iannuzzi (2013) e Christiano de Souza *et al.* (2014). Este modelo facilita a correlação estratigráfica em âmbito global, podendo estabelecer os períodos em que tais floras predominam em cada continente que, neste tempo, formava o Gondwana.

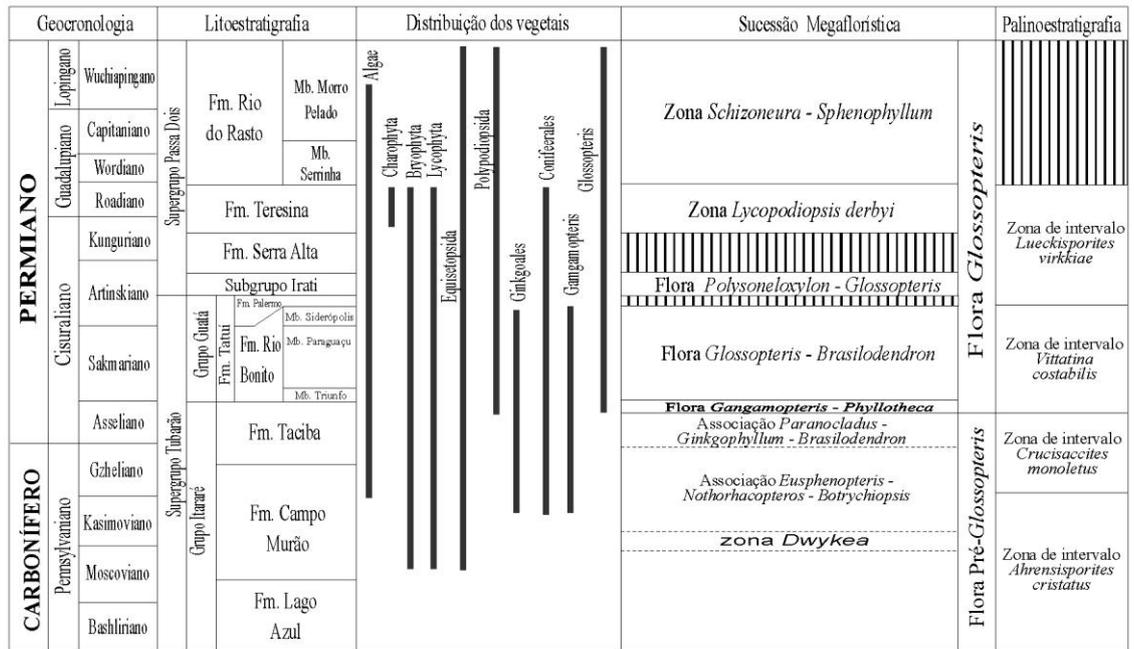
A sucessão megaflorística na Bacia do Paraná foi inicialmente proposta por Rösler (1978) e aperfeiçoada por Rohn e Rösler (2000), Iannuzzi e Souza (2005), Bernardes de Oliveira *et al.* (2005), Azccuv *et al.* (2007), Iannuzzi *et al.* (2010), Iannuzzi (2013) e Christiano de Souza *et al.* (2014), entre outros. Assim, para a bacia, as paleofloras foram divididas em Flora Pré-*Glossopteris* e Flora de *Glossopteris*.

Segundo os autores, a Paleoflora Pré-*Glossopteris* é aflorante na Bacia do Paraná nas porções basais do Grupo Itararé e é caracterizada por espécies dos gêneros *Gangamopteris*, *Rubidgea*, *Samaropsis*, *Botrychiopsis*, *Cordaicarpus* e *Paracalamites*. A Flora *Phyllothea-Gangamopteris* pode ser observada no topo do Grupo Itararé, embora forme parte da Flora de *Glossopteris* juntamente a assembléias vegetais típicas das camadas basais da Formação Rio Bonito. Esta representa o primeiro registro do gênero *Glossopteris*, além da presença de *Gangamopteris*.

O presente trabalho levantou evidências suficientes para propor uma nova zona informal referente à flora mais antiga e precursora da Flora de *Glossopteris*. Optou-se por denominá-la como zona *Dwykea* devido ao gênero dos fósseis mais frequentes nos quatro afloramentos aqui relacionados (Figura 18). Cabe mencionar que o gênero *Dwykea* possui um registro estratigráfico bastante restrito dentro do Grupo Itararé, sendo essa distribuição restrita um dos critérios empregados ao definir zoneamentos bioestratigráficos. Fato que consta no Guia Estratigráfico Internacional (Murphy e Salvador, 2003) recomendado pela Sociedade Brasileira de Geologia, onde se lê na página 25, relativa à Natureza das Unidades Bioestratigráficas:

“As unidades bioestratigráficas são corpos de estratos definidos ou caracterizados com base no seu conteúdo fossilífero. (...) As unidades bioestratigráficas só existem onde tenha sido identificada a feição ou atributo diagnóstico específico em que a unidade é baseada. Unidades bioestratigráficas, portanto, são unidades objetivas baseadas na identificação da taxa fóssil. O seu reconhecimento depende da identificação dos seus atributos definidores ou caracterizadores. (...) Uma unidade bioestratigráfica pode ser baseada em um único táxon, em combinações de taxa, em feições morfológicas especificadas, ou em variações em quaisquer das muitas feições relacionadas com o conteúdo e distribuição dos fósseis nos estratos. O mesmo intervalo de estratos pode ter zonação diferente na dependência de critérios diagnósticos ou grupo de fósseis escolhido. Assim, podem haver vários tipos de unidades bioestratigráficas no mesmo intervalo de estratos se houverem vazios (*gaps*) ou superposições de sua variação vertical e horizontal. (...) Unidades bioestratigráficas são diferentes de outros tipos de unidades estratigráficas, porque os organismos, cujos restos fossilizados são responsáveis pelo seu estabelecimento, mostram mudanças evolucionárias através do tempo geológico que não são repetidos no registro estratigráfico. Isso torna a assembléia fossilífera de uma certa idade diferente de qualquer outra.”

A nova zona informal proposta caracteriza uma seqüência areno-siltítica, onde os pacotes são acamadados em laminação plano-paralela na maioria das vezes, apresentando algumas estratificações cruzadas apenas na coluna dos afloramentos de Campinas e Salto. As intercalações são provenientes do regime glacial/interglacial que abastecia a bacia durante o Neocarbonífero. A presença de seixos pingados na porção do topo dos afloramentos, especialmente daqueles localizados em Salto, comprova a influência glacial, além da baixa diversidade encontrada na composição das assembléias estudadas. Palinologicamente o afloramento do Km 96 da Rodovia dos Bandeirantes e de Salto 1 podem ser incluídos dentro da Zona de Intervalo A. *cristatus*, uma vez que as suas assembléias são semelhantes (Longhim, 2003; Souza *et al.*, 2006). Por essa razão, a zona proposta foi posicionada na base do registro megaflorístico do Grupo Itararé. A distribuição espacial dos afloramentos de Campinas e Salto podem ser vistas na Figura 18, onde também é possível visualizar a sua proximidade com o embasamento cristalino. Isso corrobora que possam se tratar das floras mais antigas do estado de São Paulo.



Legenda:  Registro de micro ou macro florístico ausente

Figura 17. Sucessão Megaflorística da Bacia do Paraná, onde foi incluída a zona *Dwykea* (Modificado de Mume e Bernardes de Oliveira, 2001; Iannuzzi, 2013 e Christiano de Souza *et al.*, 2014).

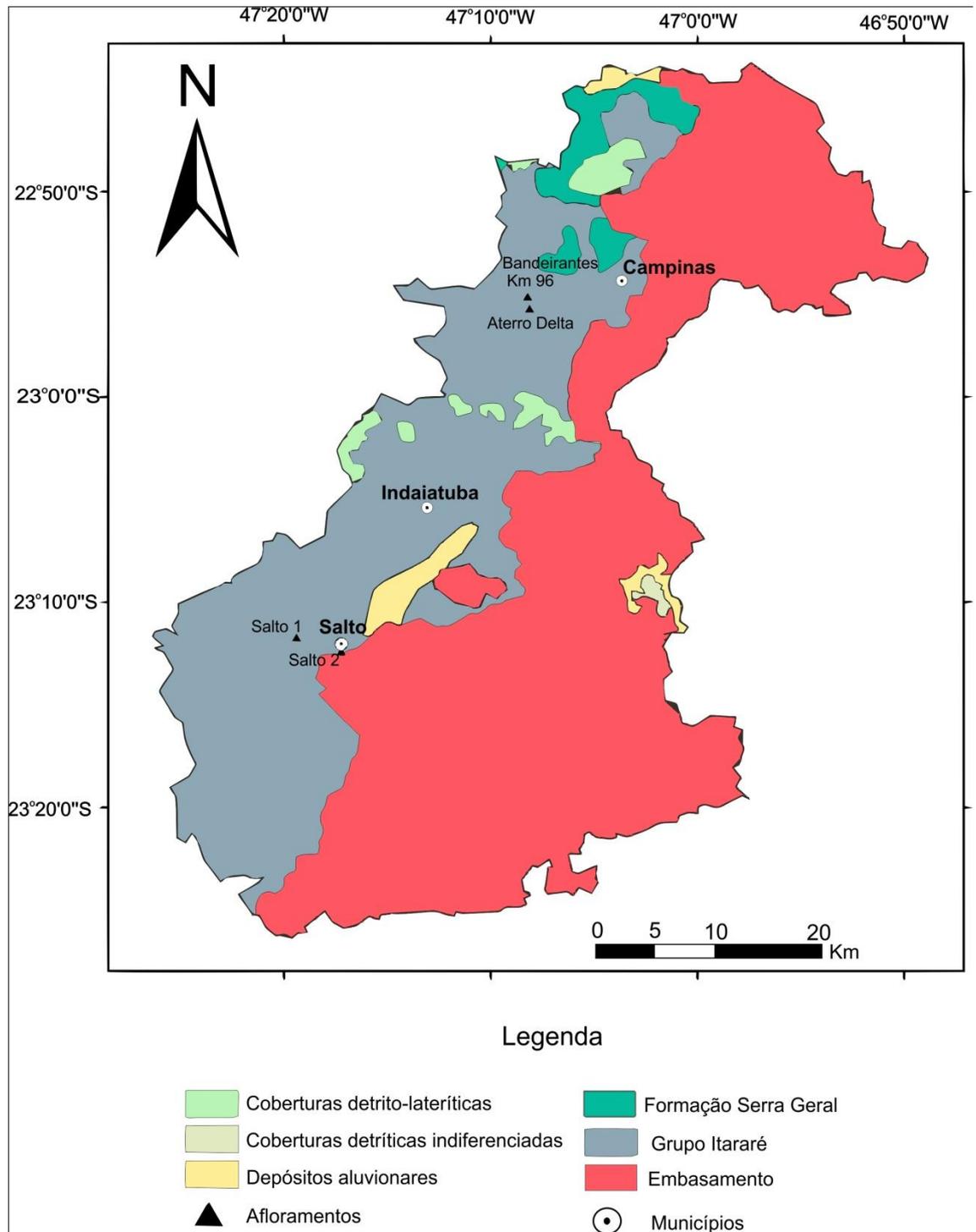


Figura 18: Mapa Geológico incluindo os afloramentos dos quais provem os fósseis vegetais estudados e os municípios próximos a eles. Note-se a pequena distância dos pontos estudados do Grupo Itararé em relação ao embasamento (entre 5 e 10 km).

Os fósseis estudados (*Dwykea araroi* e *Sublagenicula brasiliensis*) se correlacionam através do tempo geológico e distribuição geográfica, abrangendo uma vasta porção do Gondwana, incluindo os territórios que hoje correspondem à Argentina, Brasil, África e Índia. Para o *Sublagenicula brasiliensis* a distribuição de seu habitat

7. Conclusão

Os afloramentos e amostras analisados no presente estudo revelam um regime de influência glacial/interglacial durante o Permo-Carbonífero no Gondwana. Para o caso das Bryophytas, os espécimes encontrados nas amostras coletadas denotam um evento de transporte que os depositou na bacia. Já os megásporos são amplamente distribuídos, espacialmente e temporalmente.

Os gêneros gondwânicos *Dwykea araroi* e *Sublagenicula brasiliensis* do Grupo Itararé, nos afloramentos Salto 1, Salto 2, Aterro Delta e Rodovia dos Bandeirantes Km 96, correspondem às ocorrências mais antigas de floras vegetais. Uma vez que essa paleoflora foi caracterizada, houve a necessidade de se propor uma nova fitozona informal denominada *Dwykea*.

A respeito do mapa de distribuição espacial dos palinomorfos, foram inclusas as ocorrências deste estudo. Essa compilação facilitará a correlação de afloramentos já descritos para o Grupo Itararé com possíveis novos afloramentos.

8. Bibliografia

- ALMEIDA, F.F.M. 1969. Diferenciação tectônica da plataforma brasileira. *In*: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Salvador. Anais. Salvador. V.1:29-46
- AMARAL, P.G.C.; RICARDI-BRANCO, F. 2004. Ocorrência de megásporos no Carbonífero Superior (Subgrupo Itararé) na porção NE (Estado de São Paulo) da Bacia do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Geologia*, 34: 253–262
- AMARAL, P.G.C.; BERNARDES-De-OLIVEIRA, M.E.; RICARDI-BRANCO, F.; BROUTIN, J. 2004. Presencia de Bryopsida fértil en los niveles Westfalianos del Subgrupo Itararé, Cuenca de Paraná, Brasil. *Tropical Bryology*. 25: 101–110
- ANDERSON, J.M.; ANDERSON, H.M. 1985. Paleoflora of Southern Africa Prodrum of South African megaflores Devonian to Lower Cretaceous. Ed. A. A. Balkema, Pretoria, 423p.
- AZCUY, C. ; BERI, A. ; BERNARDES DE OLIVEIRA, M. E. C. ; CARRIZO, H. A. ; DI PASQUO, M. ; SARAVIA, P. D. ; GONZALEZ, C. ; IANNUZZI, R. ; LEMOS, V. B. ; MELO, J. H. G. ; PAGANI, A. ; ROHN, R. ; AMENABAR, C. R. ; SABATTINI, N. e SOUZA, P. A.. 2007. Bioestratigrafia del Paleozoico Superior de América del Sur: Primera etapa de trabajo hacia una nueva propuesta cronoestratigráfica. *Publicaciones Especiales de la Asociación Paleontológica Argentina*, 11:09-65.
- BARBOSA, O.;ALMEIDA, F.F.M. 1949. A série Tubarão na Bacia do Rio Tietê, estado de São Paulo. *Div. Geol. Miner., DNPM, Notas Preliminares. Estudos*, 48: 1-16
- BARBOSA, O.;GOMES, F.A. 1958. Pesquisa de petróleo na Bacia do Rio Corumbataí, Estado de São Paulo. *Div. Geol. Miner., DNPM. Bol.* 171: 1-40
- BERNARDES DE OLIVEIRA, M.E.C; ROHN, R.; RICARDI-BRANCO, F.; ZAMPIROLI, A.P.; MUNE, S.E.; AMARAL, P.G.C.; LONGHIM, M.E., CASTRO-FERNANDES, M.C.; LAGES, L. 2005. Late Carboniferous to Early Permian glacial related paleofloras from northeastern Paraná Basin, Brazil. *In*: GONDWANA 12, Abstracts, Mendoza, Academia Nacional de Ciências, p. 70
- BORTOLUZZI, C.A.; VEIGA, P. 1981. Considerações sobre a geologia da área dos afloramentos fossilíferos de São Sepé, RS. *Pesquisas*, 14: 23–26
- CARDOSO, N.; IANNUZZI, R. 2004. Nova Briófitas do Carbonífero Inferior da Bolívia. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 7:111-116
- CASTRO, J.C. 2004. Glaciações Paleozóicas no Brasil. *In*: Mantesso-Netto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R ; Britto-Neves, B.B. (eds) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio de Almeida*. Becaed, 151-162
- CAUDURO, A.D.; ZINGANO, A.G. 1965. Mégaspores en argiles silicifiées de São Sepé, Rio Grande do Sul. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 37: 273-282
- CHANDRA, S. 1995. Bryophytic Remains from the Early Permian sediments of India. *The Paleobotanist*, 43:16-48
- CORTEZ, I.; RICARDI BRANCO, FRESIA S.; VARGAS, Y. L. 2012. Permian bryophytes of Western Gondwanaland from the Paraná Basin in Brazil. *Palaeontology* 55: 229-241

- CHRISTIANO DE SOUZA, I.C.; RICARDI-BRANCO, F. 2013. Swamp flora changes through the Pennsylvanian - Early Permian interval in the Gondwana Floristic Province of the Brazilian portion of the Parana Basin. *Bulletin - New Mexico Museum of Natural History and Science*, 60: 66-69
- SOUZA, I.C.C.; RICARDI-BRANCO, F.; SILVA, A. M.; EL-DASH, L.G.; FARIA, R.S. DE. 2014. New approach for the study of paleofloras using geographical information systems applied to *Glossopteris* Flora. *Brazilian Journal of Geology*, v. 44: 681-689
- DIJKSTRA, S.J. 1955. Some Brazilian megaspores, Lower Permian in age, and their comparison with Lower Gondwana spores from Índia. *Mededelingen Geologische Strichting Nieuwe Serie*, 9: 5-10
- DYBOVA-JACHOWICZ, S.; JACHOWICZ, A.; KARCZEWSKA, J.; LACHKAR, G.; LOBOZIAK, S.; PIÉRART, P.; TURNAU, E.; ZOLDANI, E. 1979. Note préliminaire sur la revision des megaspores à guls du Carbonifère. Les principes de la classification. *Acta Palaeontologica Polonica*, 24: 411-422
- DYBOVÁ-JACHOWICZ S.; JACHOWICZ A.; KARCZEWSKA J.; LACHKAR G.; LOBOZIAK S.; Piérart, P.; Turnau E.; Zoldani E. 1987. Revision of carboniferous megaspores with gula (Parth three). *Prace Instytut Geologicz, Varsóvia*, 49p.
- FRAHM, J. P. 2003. Origen and age of tropical bryophytes. *Topical Bryology* 23: 23-28
- FRANÇA A.B.; POTTER P.E. 1988. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (Parte 1). *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 2: 147-191
- FREY, W. (ed) 2009. *Syllabus of Plant Families. Bryophytes and seedless vascular Plant*. 13 ed. Borntraeger, Berlin, 419 p.
- GAMA JR., E.; PERINOTTO, J. A. J.; RIBEIRO, H. J. P. 1991. Contribuição ao estudo de parassequências no Subgrupo Itararé (P-C) no Estado de São Paulo. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE*, 2, São Paulo. Atas... São Paulo: SBG, 1991. p. 385-389
- GAMA JR., E.; PERINOTTO, J. A. J.; RIBEIRO, H. J. P. S.; PADULA, E. K. 1992a. Contribuição ao estudo da ressedimentação no Subgrupo Itararé: um guia temático de campo. *Revista Brasileira de Geociências*, 22: 237-247
- GAMA JR., E.; PERINOTTO, J. A. J.; RIBEIRO, H. J. P.; PADULA, E. H. 1992b. Contribuição ao estudo da ressedimentação no Grupo Itararé: tratos de fácies e hidrodinâmica deposicional. *Revista Brasileira de Geociências*, 22: 228-236
- GENSEL, P.G.; HENRY N.A. 1987. Evolution of Early Land Plants. *American Scientist* 75: 478-489
- GLASSPOOL I.J. 2003. A review of Permian Gondwana megaspores, with particular emphasis on material collected from coals of the Witbank Basin of South Africa and the Sydney Basin of Australia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 124: 227-296
- GUERRA-SOMMER, M.; CAZZULO-KLEPZIG, M. 1993. Biostratigraphy of the southern Brazilian neopaleozoic Gondwana sequence: a preliminary palaeobotanical approach. *In: DOUZIÈME GONGRÈS INTERNATIONAL DE LA STRATIGRAPHIE ET GÉOLOGIE DU CARBONIFÈRE ET PERMIEN Comptes Rendus*, Buenos Aires. V. 2. p. 61-72
- IANNUZZI, R.; SOUZA, P.A. 2005. Floral succession in the Lower Permian deposits of the Brazilian Paraná Basin: an up-to-date overview. *In: Lucas, S.G., Zigler, K.E. (Eds.), The Nonmarine Permian: New Mexico*. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin, 30: 144-149.

- IANNUZZI, R.; SOUZA, P. A. de; HOLZ, M. 2010. Stratigraphic and paleofloristic record of the Lower Permian postglacial succession in the southern Brazilian Paraná Basin. Geological Society of America Special Paper, v. 468: 113-132
- IANNUZZI, R. 2013. The Carboniferous-Permian Floral Transition in the Paraná Basin. Bulletin - New Mexico Museum of Natural History and Science, 60: 132-136
- JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F.; DONOGHUE, M.J. 2002. An Overview of Green Plant Phylogeny *In*: JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F.; DONOGHUE, M.J. (eds) Plant Systematics – A Phylogenetic Approach. Sinauer Associates. Sunderland. p. 1-32
- LONGHIM, M.E. 2003. Palinologia do Grupo Itararé em Salto, Estado de São Paulo (Bacia do Paraná, Carbonífero Superior). Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP
- LONGHIM, M. E.; SOUZA, P. A.; ROHN, R. 2002. Palinologia do Grupo Itararé na região de Salto (Carbonífero Superior), Estado de São Paulo, Brasil. Parte 1- palinologia sistemática. Revista da Universidade de Guarulhos, 7: 43-60
- MARQUES-TOIGO, M.; CORRÊA, Z.C.S.; HERTER, G.G. 1975. Geology and palinology of Candiota coal mine, RS, Brazil. *In*: CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGIA Y BIOESTRATIGRAFIA, 1. Tucumán, Actas. Tucumán, p. 401-427
- MURPHY, M. A.; SALVADOR, A. (eds.) 2003. Guia Estratigráfico Internacional – Uma versão condensada. Sociedade Brasileira de Geologia. Comissão Brasileira de Estratigrafia, 56p.
- MEYEN, S. 1987. Fundamentals of Paleobotany. 1ª ed. Londres, Chapman and Hall, 89 p.
- MILANI, E.J. 1997. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozoica do Gondwana sul-ocidental. 2 v. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS
- MILANI, E.J.; MELO, J.H.G.; SOUZA, P.A.; FERNANDES, L.A.; FRANÇA, A.B. 2007. Bacia do Paraná. *In*: Cartas Estratigráficas: Boletim de Geociências da Petrobrás. 15: 265-287
- MUNE, S.E.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C. 2007. Paleoflorística e Bioestratigrafia da Tafoflora de Monte Mor (SP), Subgrupo Itararé, NE da Bacia do Paraná. *In*: Carvalho, I.S., Cassab, R.C.T., Schanke, C., Carvalho, M.A., Fernandes, A.C.S., Rodrigues, M.A.C., Carvalho, M.S.S., Arai, M. and Oliveira, M.E.Q. Paleontologia: Cenários de Vida. Ed. Interciência, V. 1, 71-81
- OTONNE, E.G.; Archangelsky, S. 2001. A new bryophyte from the Upper Carboniferous of Argentina. Ameghiniana, 38: 219-223
- PANT, D.D.; SRIVASTAVA, G.K. 1962. Structural studies of Lower Gondwana megaspores Part II. Specimens from Brazil and Mhukuru coalfield, Tangayika. Palaeontographica Abt. B, 111: 96-111
- PETRI, S.; SOUZA, P.A. 1993. Síntese dos conhecimentos e novas concepções sobre a bioestratigrafia do Subgrupo Itararé, Bacia do Paraná, Brasil. Revista do Instituto Geológico, 14: 7-18
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. 1996. Briófitas *In*: Biologia Vegetal. Guanabara Koogan Ed. p. 276-293.

- RICARDI-BRANCO, F. S. 1997. Taoflora Gondvânica do Membro Triunfo, Formação Rio Bonito (Eopermiano), no Município de Figueira, PR .Tese (Doutorado).Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP
- RICARDI-BRANCO, F.; COSTA, J.S.; SOUZA, I. C. C.; ROHN, R.; LONGUIN, M.; FARIA, R.S. 2013. Bryophytes associated with Pennsylvanian periglacial environments in Southern Gondwana (São Paulo State, Itararé Group, Paraná Basin, Brazil). Bulletin - New Mexico Museum of Natural History and Science, 60: 343-347
- ROHN, R.; RÖSLER, O. 2000.Middle to Upper Permian phytostratigraphy of the Eastern Paraná Basin.Revista da Universidade de Guarulhos, 5:69-73
- ROSADA JR., J. 1999. Análise estratigráfica e de rochas-reservatórios do Grupo Itararé no centro-leste paulista. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociencias e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP
- ROSS, J.L.S. 1997. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. FFLCH-USP.
- SCHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, H.; TOMASI, E.; MEDEIROS, R.A.;DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. 1974. Revisão Estatigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre,Anais, v. 1, p. 41-64.
- SMOOT, E.; Taylor, T.N. 1986. Structurally preserve fossil plants from Antarctica: II. a Permian moss from the Antarctic Mountains. Amer. J. Bot. 73:1683-1691.
- SOUZA FILHO E.E. de. 1986. Mapeamento faciológico do Subgrupo Itararé na quadrícula de Campinas (SP). Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, SP.
- SOUZA, P.A. 2006. Late Carboniferous Palynoestratigraphy of the Itararé Subgroup, northeastern Paraná Basin, Brazil. Review of Palaeobotany and Palynology, 138: 9-29
- SOUZA, P.A.;AMARAL, P.G.C.;BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C.2006.A Late carboniferous palynoflora from the Itararé Subgroup (Paraná Basin) inCampinas, São Paulo State, Brazil. Revue de Micropaléontologie, 49: 105-115
- STEWART, W.N.; ROTHWELL, G.W. 2001.Paleobotany and evolution of plants.2 ed. Cambridge University Press. Edinburg. 591p.
- TAYLOR, T.N.; TAYLOR, E.L. 1993.The Biology and evolution of fossil plants.Prentice Hall. New Jersey. 989 p.
- TAYLOR, T.N.; TAYLOR, E.L.; KRINGS, M. 2009.Paleobotany: the Biology and evolution of fossil plants. Academic Press - Elsevier. New York. 1230 p.
- TRINDADE, N.M. 1959. O gênero *Lagenosporites* no Gondwana brasileiro. Notas Preliminares e Estudos DNPM, 112: 1-13.
- TRINDADE, N.M. 1962. Megásporos gondvânicos da Mina do Leão, Rio Grande do Sul. Notas Preliminares e Estudos DNPM, 118: 1-22.
- TRINDADE, N.M. 1964. Megásporos gondvânicos de Charqueadas, Rio Grande do Sul II. Boletim do DNPM, 26: 1-27
- TRINDADE, N.M. 1966 Sinopse da sistemática dos megásporos do Gondwana brasileiro. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 43 (suplemento): 351–361

- TRINDADE, N.M. 1970. Megásporos carboníferos de Monte Mor, Estado de São Paulo. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 42: 459-470
- TYSON, R.V. 1995. Sedimentary organic matter; organic facies and palynofacies: London, Chapman and Hall, 615 p.
- VEEVERS, J.J., 2004. Gondwanaland from 650–500 Ma assembly through 320 Ma merger in Pangea to 185–100 Ma breakup: supercontinental tectonics via stratigraphy and radiometric dating. Earth-Science Reviews 68: 1–132.