

MARLA SILVA SALDANHA

**AFINIDADE BIOLÓGICA, SIGNIFICADO PALEOECOLÓGICO E DISTRIBUIÇÃO
ESTRATIGRÁFICA DE *PORTALITES* HEMER & NYGREEN 1967**

PORTO ALEGRE

2014

MARLA SILVA SALDANHA

**AFINIDADE BIOLÓGICA, SIGNIFICADO PALEOECOLÓGICO E DISTRIBUIÇÃO
ESTRATIGRÁFICA DE *PORTALITES* HEMER & NYGREEN 1967**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharel em Ciências Biológicas pela
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientação: Prof. Dr. Paulo Alves de Souza

Coorientação: Dra. Cristina Moreira Félix

PORTO ALEGRE

2014

MARLA SILVA SALDANHA

**AFINIDADE BIOLÓGICA, SIGNIFICADO PALEOECOLÓGICO E DISTRIBUIÇÃO
ESTRATIGRÁFICA DE *PORTALITES* HEMER & NYGREEN 1967**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharel em Ciências Biológicas pela
Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Aprovado em 11 de julho de 2014.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Daiana Rockenbach Boardman

Profa. Dra. Sueli Teresinha Van der Sand

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Alves de Souza, pela colaboração, paciência e conhecimentos repassados durante todo o desenvolvimento do trabalho.

A minha coorientadora, Dr. Cristina Moreira Félix, pelo seu grande apoio e incentivo, pelo convívio, pela compreensão e pela amizade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a PETROBRAS S.A. pela concessão de bolsa de iniciação científica.

Agradeço aos meus amigos de laboratório, por todo ensinamento e motivação que me deram e pela amizade de todos esses anos.

Ao Curso de Ciências Biológicas da UFRGS, e às pessoas com quem convivi nesses espaços ao longo desses anos.

Aos meus familiares por me ajudarem e me apoiarem.

RESUMO

Microfósseis de parede orgânica com forma arredondada e parede espessa ocorrem em bacias do Gondwana, entre o Mississipiano e o Permiano Inferior, com relativa abundância, especialmente nos carvões e níveis associados da Bacia do Paraná, Formação Rio Bonito no sul do Brasil, comumente atribuídos às espécies do gênero *Portalites* Hemer & Nygreen 1967. Contudo, sua afinidade biológica é incerta, sendo usualmente alocados no Grupo Acritarcha, tratados como *incertae sedis* ou como esporo de fungo. O objetivo deste trabalho foi realizar a análise taxonômica das espécies do gênero, incluindo o estudo de sua distribuição estratigráfica e paleogeográfica, bem como avaliar a afinidade biológica do gênero, comparando os restos fósseis destes microfósseis com análogos atuais e elucidar aspectos de sua paleoecologia. Além dos trabalhos e ilustrações publicadas, novos dados são oriundos de material dos níveis de carvão de Candiota e Quitéria, Formação Rio Bonito da Bacia do Paraná, no Estado do Rio Grande do Sul e, do poço PETROBRAS, Formação Monte Alegre, da Bacia do Amazonas e, para comparação com espécies viventes, de sedimentos superficiais da Planície Costeira do sul de Santa Catarina, em Sombrio. Análises laboratoriais e analíticas foram realizadas, obtendo-se ilustrações inéditas em microscopia óptica e eletrônica de varredura. Os resultados da análise revelaram que a ornamentação da parede do esporo é fator crucial de distinção entre as espécies do gênero, que ocorrem de forma diferenciada em depósitos de idades entre o Mississipiano e o Permiano Inferior da Península Arábica, América do Sul (Argentina, Brasil e Uruguai), Austrália e África, com registros inéditos (este trabalho) de *P. baculus* na Bacia do Paraná, Formação Rio Bonito e, *P. confertus* na Bacia do Amazonas, Formação Monte Alegre. O estudo paleoecológico revelou que os gêneros de esporos mais comuns nas associações encontradas no material da Formação Rio Bonito são *Lundbladispora* e *Punctatisporites*, sendo interpretada como ocorrente em um ambiente higrófilo de baixa energia, com presença de lâmina d'água doce, confirmada pela presença subordinada de algas do gênero *Tetraporina*. A afinidade biológica do gênero revelou, através da comparação com análogos atuais dos distintos estágios ontogenéticos, bem como a fragmentos de hifas encontrados no material, que o gênero tem provável correspondência com fungos micorrízicos.

Palavras-chave: Esporos de fungos, afinidade biológica, Gondwana, paleoecologia.

ABSTRACT

Organic-walled microfossils with rounded shape and thick wall occur in basins of Gondwana between the Mississippian and Lower Permian, with relative abundance, especially in coal and associated levels of the Paraná Basin, Rio Bonito Formation in the south of Brazil, commonly attributed to species of the genus *Portalites* Hemer & Nygreen 1967. However, its biological affinity is uncertain, and it is usually allocated in Acritarcha group, treated as *incertae sedis* or as fungal spore. The objective of this study was to revise the taxonomic status of the species of this genus, to analyze the stratigraphic and paleogeographic distribution, as well as evaluate the biological affinity of this genus, comparing the fossil remains of spores with similar current and elucidate aspects of their paleoecology. Besides the available published papers and reports, new palynological data is derived from material of the levels of coal and Candiota and Quitéria, Rio Bonito Formation of Paraná Basin in the state of Rio Grande do Sul and well PETROBRAS, Monte Alegre Formation in the Amazon Basin and, to comparison with extant species, from surface sediment from Coastal Plain of southern Santa Catarina, in Sombrio. Laboratory analyzes and analytical were performed, acquiring unpublished illustration in optical and scanning electron microscopy. The results of the analysis revealed that the ornamentation of the spore wall is crucial for distinguishing between species of the genus, which occur differently in deposits of ages between Mississippian and Lower Permian in the Arabian Peninsula, South America (Argentina, Brazil and Uruguay), Australia and Africa, with unpublished records of *P. baculus* in the Paraná Basin, and Rio Bonito Formation, *P. confertus* in the Amazon Basin, Monte Alegre Formation (this work). The paleoecology study revealed that the most common genera of spores in the associations found in the material of the Rio Bonito Formation are *Lundbladispora* and *Punctatisporites* being interpreted as occurring in a low energy environment Hygrophilous with presence of freshwater layer, confirmed by the presence of algae of the genus *Tetraporina*. Biological affinity revealed, by comparison with modern analogs of different ontogenetic stages as well as fragments of hyphae found in the material that the genus has likely match with mycorrhizal fungi.

Key words: Fungal spores, biological affinity, Gondwana, paleoecology.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

- FIGURA 1. Classificação simplificada de palinomorfos de fungos, com exemplos para cada classe (adaptado de Elsik, 1979, *apud* Traverse, 2007).....15
- FIGURA 2. Ilustrações das espécies do gênero *Portalites*. *Portalites confertus*: A. Lâmina MP-P 7018, coordenada England Finder Y63-1; B. Espécime observado em microscopia eletrônica de varredura; material proveniente do Poço PETROBRAS, Formação Monte Alegre, Pennsilvani.....38
- FIGURA 3. Distribuição estratigráfica e paleogeográfica das espécies referidas ao gênero *Portalites* no Carbonífero e Permiano (paleogeografia baseada em Torvick & Cocks, 2004).41
- FIGURA 4. Frequência do gênero *Portalites* e dos gêneros associados na camada de carvão “Banco Louco”, Mina de Candiota, RS.43
- FIGURA 5. Frequência do gênero *Portalites* e dos gêneros associados, Formação Rio Bonito, Afloramento Quitéria, RS.43
- FIGURA 6. Frequência do gênero *Portalites* e do gênero associado *Spaleotrilletes*, Formação Monte Alegre, Bacia do Amazonas, AM.....44
- FIGURA 7. Espécimes modernos relacionados ao Gênero *Glomus* (Micorriza arbuscular), provenientes de amostras superficiais da Planície Costeira Sul Catarinense em Sombrio, SC: A. Lâmina MP-P 7985, coordenada EnglandFinder D49; B. MP-P 7985, EF F56; C. MP-P 7985, EF J3347
- FIGURA 8. Espécimes do gênero *Portalites* Hemer & Nygreen 1967 em fase inicial de germinação com emissão do tubo germinativo, e fragmentos de hifas: A, B, C, F, G, I e J (Formação Rio Bonito, Permiano Inferior da Bacia do Paraná: D, E, H, K e L Formação Monte Alegre.....48

TABELA 1. Afinidade biológica ou classificação taxonômica do gênero *Portalites*, de acordo com as diversas interpretações na literatura utilizada neste trabalho.. 14

TABELA 2. Lista de lâminas analisadas no estudo do gênero *Portalites*, de acordo com sua procedência estratigráfica.....28

TABELA 3. Ocorrências mundiais do gênero *Portalites* Hemer & Nygreen 1967, respectivas localidades e idades.....40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 O gênero <i>Portalites</i> Hemer & Nygreen 1967	12
2.2 Caracterização dos Carvões Gondwânicos do Sul do Brasil	16
2.2.1 Carvões Gondwânicos	16
2.2.2 Conceituação de turfa	17
2.3 Caracterização geral dos Fungos	18
2.3.1 Conceitos gerais	18
2.3.2 Germinação do Esporo	21
2.3.3 Posição sistemática dos fungos	22
2.3.4 Ciclo de vida	23
2.3.5 Fungos fósseis	24
3 MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1 Material de estudo	28
3.2 Etapas laboratoriais	29
3.2.1 Processamento Palinológico	29
3.2.2 Confeção das lâminas palinológicas	31
3.3 Etapas analíticas	32
3.3.1 Análise das ocorrências prévias do gênero	32
3.3.2 Análise qualitativa	32
3.3.3 Análise quantitativa	33
3.3.4 Afinidade biológica	33
3.3.5 Análise paleoecológica	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Descrição e novas ilustrações	35
4.2 Distribuição estratigráfica e paleogeográfica de <i>Portalites</i>	39
4.3 Significado paleoecológico	42
4.4 Afinidade biológica	45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1 INTRODUÇÃO

O termo Palinologia, proposto pelos americanos Hyde e Williams em 1944, tinha inicialmente o intuito de designar o estudo dos esporos e grãos de pólen, suas aplicações práticas e modos de dispersão (Traverse, 2007), tendo sido também aplicado para rochas e sedimentos antigos. Atualmente o termo Paleopalinologia possui uma definição mais ampla abrangendo o estudo dos microfósseis recuperados de sedimentos e rochas sedimentares, geleiras, etc., resultantes da eliminação da matriz inorgânica a partir da dissolução dos componentes minerais.

Os microfósseis de parede orgânica resistente são chamados de palinomorfos, compostos usualmente de esporopolenina, quitina ou pseudoquitina, e constituem os elementos recuperados por esse processo, compreendendo: esporomorfos (esporos de fungo e hifas, esporos de briófitas e pteridófitas, grãos de pólen de gimnospermas e angiospermas), cistos de algas zignematáceas e clorofíceas, acritarcos (organismos de afinidade biológica incerta), dentre outros. Evidentemente, cada um desses constituintes tem natureza biológica, paleoecológica e distribuição estratigráfica diferenciada (Cruz, 2004; Traverse, 2007).

Entre estes palinomorfos, alguns microfósseis de parede orgânica com forma arredondada e envoltório externo relativamente espesso ocorrem em algumas bacias do Gondwana, entre o Mississippiano e o Permiano Inferior, com relativa abundância, especialmente nos carvões e níveis associados da Bacia do Paraná, principalmente na Formação Rio Bonito no sul do Brasil, comumente atribuídos às espécies do gênero *Portalites* Hemer & Nygreen 1967. Contudo, a afinidade biológica destes microrganismos é incerta, sendo usualmente alocados no Grupo Acritarcha (Evitt, 1963; Hemer & Nygreen, 1967; Segroves, 1967; Nahuys *et al.*, 1968; Tappan, 1980), tratados como *incertae sedis* (Gutiérrez & Césari, 1988; Marques-Toigo, 1988; Garcia, 1996; Servais, 1996; Mautino *et al.*, 1998) ou como esporo de fungo (Elsik, 1996; Traverse, 2007).

Os restos fossilizados de fungos, estudados pela paleomicologia, pertencem a Divisão Eumycota (Silveira, 1996; Traverse, 2007). São poucos os exemplares

deixados no registro fóssil nos depósitos sedimentares, pois os fungos raramente produzem tecidos duros e resistentes, sendo os filamentosos simples ou ramificados (hifas), esporos e corpos de frutificação seus principais representantes (Elsik, 1996). Devido à baixa taxa de evolução das partes duras, são poucos os registros dos fungos em rochas paleozoicas, apesar de serem identificados em quase toda a coluna geológica (Ferreira *et al.*, 2005).

O estudo dos fósseis, principalmente os mais antigos, constitui um desafio para a Sistemática, registrando-se problemas quer ao nível da Nomenclatura, quer ao nível da Taxonomia (Fensome *et al.*, 1990; Traverse, 2007). Os códigos nomenclaturais existentes, Botânico e Zoológico, integram grande parte dos organismos pré-existentes nestas duas categorias. No entanto, para determinados grupos, é muito difícil ou impossível integrá-los nos códigos já existentes, os quais têm em conta sistemas de classificação baseados, essencialmente, em características morfológicas e filogenéticas. No caso específico dos palinórfos, o estudo de entidades que constituem apenas pequenas partes de um organismo ou, cuja afinidade biológica é muitas vezes difícil de distinguir, seja pela falta de análogos atuais, seja pela dificuldade na compreensão de seu papel ontogenético e paleoecológico, foi necessário criar sistemas de classificação artificiais baseados, exclusivamente, em características morfológicas (Fensome *et al.*, 1990; Traverse, 2007).

Muitas vezes diferentes estruturas de um mesmo organismo são nomeadas como distintas espécies, ou até gêneros, com implicações taxonômicas, paleoecológicas e bioestratigráficas negativas.

Vesículas arredondadas, sem processo ou ornamentação e parede relativamente espessa ocorrem, com relativa abundância, em carvões e níveis associados do Gondwana, em depósitos de idade entre o Mississipiano e o Permiano inferior na Península Arábica, Austrália, África (Botswana) e América do Sul (Argentina, Brasil e Uruguai), atribuídas a *Arabisphaera* Hemer & Nygreen 1967, *Portalites* Hemer & Nygreen 1967 ou *Spongocystia* Segroves 1967. Dentre esses gêneros, *Portalites* possui maior número de citações e espécies (Felix, 2012).

Portalites Hemer & Nygreen 1967 é um gênero de palinórfos fóssil descrito no Mississipiano da Arábia Saudita, com espécies posteriormente reconhecidas em

diversas bacias do Gondwana, principalmente entre o Pennsylvaniano e o Permiano. Sua presença nos carvões do sul do Brasil é relevante nas associações, por vezes constituindo o principal ou um dos principais elementos das associações paleopalínológicas (Marques-Toigo & Correa da Silva,1984; Cazzulo-Klepzig & Marques-Toigo,1998).

Desta forma, o objetivo deste trabalho é realizar a análise taxonômica das espécies do gênero, incluindo o estudo de sua distribuição estratigráfica e paleogeográfica, bem como avaliar a afinidade biológica do gênero, comparando os restos fósseis destes microfósseis com análogos atuais e elucidar aspectos de sua paleoecologia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O gênero *Portalites* Hemer & Nygreen 1967

O gênero *Portalites* Hemer & Nygreen 1967 compreende microfósseis orgânicos de contorno circular a oval, com parede relativamente espessa possuindo uma porção mais espessada que contem um poro circular simples a partir do qual se estende um canal até o corpo central. O gênero comporta três espécies: *P. confertus* Hemer & Nygreen 1967, espécie tipo descrita na Arábia Saudita, *P. gondwanensis* Nahuys *et al.* 1968, no sul do Brasil e *P. baculus* Gutiérrez & Césari 1988, na Argentina.

P. confertus Hemer & Nygreen 1967 é descrito com parede composta por duas camadas de exina (camada interna aproximadamente com $\frac{1}{4}$ de espessura da camada externa), ornamentação microgranulada com ocasionais grânulos maiores, com 1 poro e diâmetro total variando entre 22-28 micrometros. *P. gondwanensis* Nahuys *et al.* 1968 é descrito com parede composta por duas camadas (camada externa espessa podendo alcançar até 8 micrometros), ornamentação externa granular-densa-regular, com 1 poro prolongado por um canal, podendo conter aberturas circulares ou estreladas e diâmetro total variando entre 25-50 micrometros. *P. baculus* Gutiérrez & Césari 1988 é descrito possuindo forma circular de margem ligeiramente irregular devido à projeção da escultura, parede possuindo duas camadas (camada externa ornamentada por báculos 5,5 micrometros de altura, densamente dispostas e cones subordinados; camada interna formando corpo interno subcircular separado da exoexina), 1 poro subcircular e diâmetro total variando entre 65-75 micrometros.

Na revisão das ocorrências do gênero em nível mundial foi realizada uma análise taxonômica de modo a confirmar as atribuições apresentadas pelos autores prévios. Desta forma, todas as suas citações constituem resultados nesta monografia, incluindo o registro inédito da espécie tipo do gênero no Brasil.

Nas lâminas palinológicas estes microfósseis aparecem com relativa abundância nas associações dos depósitos de carvão do sul do Brasil, Formação

Rio Bonito, Permiano Inferior da Bacia do Paraná (Dias, 1993; Marques-Toigo & Corrêa da Silva, 1984).

Em termos de significado biológico, a controvérsia é bastante interessante. Contudo, denota o escasso conhecimento biológico a respeito dos grupos de palinórfos propostos no início da segunda metade do século XX. É justamente nessas décadas que a maioria dos gêneros é proposta, muitas vezes com atribuições duvidosas. Na tabela 1, as diversas interpretações a respeito do significado biológico do gênero são sintetizadas.

O grupo *Acritarcha* foi proposto por Evitt (1963) para agrupar, de maneira informal, pequenos microfósseis de afinidade biológica variada e incerta, apresentando uma cavidade central envolvida por uma parede de várias camadas de composição orgânica, de forma, simetria, estrutura e ornamentação variadas. Servais (1996) refere que os acritarcos têm sido considerados, até pouco tempo, como um grupo polifilético de variada afinidade biológica, estando inserido em *Incertae sedis*. Traverse (2007) menciona o gênero como sendo esporo de fungo monoporado, cujo poro teria originalmente uma função biológica ou seria vestígio do ponto de fixação dos esporos ao órgão que o produz, e que para fins paleopalínológicos, uma abertura observável em um esporo de fungo é um “poro”, independente da função biológica original. Elsik (1979, *apud* Traverse, 2007) inclui o gênero *Portalites* no grupo dos monoaperturados asseptados, segundo classificação simplificada de palinórfos de fungos, com base nas principais características morfológicas dos esporos de fungos e hifas, permitindo a sua descrição e separação (figura 1).

Tabela 1. Afinidade biológica ou classificação taxonômica do gênero *Portalites*, de acordo com as diversas interpretações na literatura utilizada neste trabalho.

Afinidade biológica ou classificação taxonômica	Autores
Acritarcha	Evitt, 1963; Hemer & Nygreen, 1967; Segroves, 1967; Nahuys, Alpern & Ybert, 1968; Tappan, 1980; Pons, 1976; Playford & Dino, 2000
<i>Incertae sedis</i>	Marques-Toigo & Pons, 1974; Ybert, 1975; Bortoluzzi <i>et al.</i> , 1978; Dias Fabrício, 1981; Marques-Toigo <i>et al.</i> , 1981; Cazzulo-Klepzig <i>et al.</i> , 1982; Picarelli & Marques-Toigo, 1983; Corrêa da Silva <i>et al.</i> , 1984; Césari, 1985; Vergel, 1987; Beri, 1988; Césari & Vasquez Nistico, 1988; Gutiérrez & Césari, 1988; Ottone, 1989; Dias, 1993; Césari <i>et al.</i> , 1995; Garcia, 1996; di Pasquo & Azcuy, 1997; Mautino <i>et al.</i> , 1998; Souza, 2003; Souza & Callegari, 2004; Cazzulo-Klepzig <i>et al.</i> , 2005; Balarino & Gutiérrez, 2006; Beri <i>et al.</i> , 2006
Algae	Marques-Toigo <i>et al.</i> , 1981; Dias, 1993
Forma relacionada a algas	Corrêa da Silva <i>et al.</i> , 1982; Guerra-Sommer <i>et al.</i> , 1991; Piccoli <i>et al.</i> , 1991; Dias, 1993; Weschenfelder <i>et al.</i> , 1994; Cazzulo-Klepzig, 2005; Gutiérrez <i>et al.</i> , 2006; Jasper <i>et al.</i> , 2006; Cazzulo-Klepzig <i>et al.</i> , 2009; Gutiérrez <i>et al.</i> , 2010
Esporos de fungos	Elsik, 1996; Smaniotto <i>et al.</i> , 2006; Gutiérrez <i>et al.</i> , 2007; di Pasquo <i>et al.</i> , 2010; Carrevedo, 2010; Mori & Souza, 2010; Gutiérrez <i>et al.</i> , 2010
Miosporo monoporado	Arai & Rösler, 1980

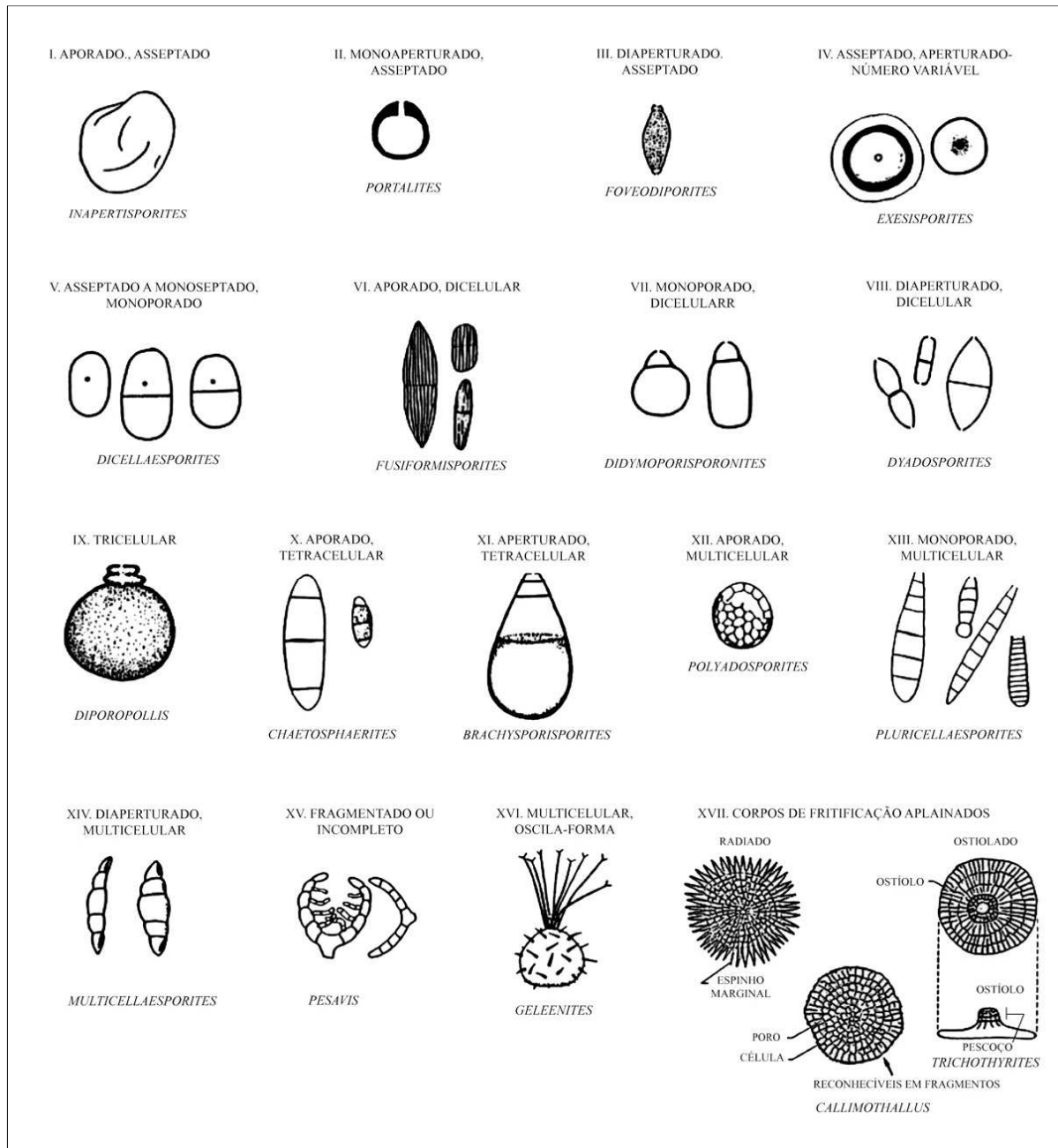


FIGURA 1. Classificação simplificada de palinórfos de fungos, com exemplos para cada classe (adaptado de Elsik, 1979, *apud* Traverse, 2007).

2.2 Caracterização dos Carvões Gondwânicos do Sul do Brasil

2.2.1 Carvões Gondwânicos

A formação de combustíveis fósseis teve origem a milhões de anos, quando fenômenos naturais provocaram a acumulação de quantidades consideráveis de matéria orgânica na superfície do solo. Tais depósitos orgânicos foram cobertos por novas camadas ao longo do tempo, o que proporcionou transformações químicas importantes para formações desses combustíveis. Como produto dessa cadeia de transformações, encontra-se o carvão mineral, o linhito e a turfa (Toledo, 1999).

Os carvões brasileiros se formaram em período inter e pós-glacial, acumulados, principalmente em porções da Bacia do Paraná. As jazidas carboníferas mais importantes do Brasil ocorrem no Rio grande do Sul e Santa Catarina, borda sudeste da bacia. As camadas de carvão ocorrem, litoestratigraficamente, na Formação Rio Bonito, Grupo Guatá, Supergrupo Tubarão (Schneider *et al.*, 1974) e fazem parte da Supersequência Gondwana I de Milani (1997) e Milani *et al.* (2007). Ocorrências mais pontuais e menos importantes economicamente estão localizadas nos Estados do Paraná (ex.: Rio do Peixe, Rio das Cinzas, Tibagi) e São Paulo (ex.: Buri, Monte Mor, Cerquilha, Itapeva), conforme sintetizado em Petri & Souza (1993).

Os carvões brasileiros são diferenciados de acordo com sua história genética, com os eventos ocorridos durante a acumulação vegetal na turfeira e com sua evolução diagenética. Assim, cada depósito apresenta determinadas características do carvão que são bem específicas para aquela região.

2.2.2 Conceituação de turfa

O carvão se origina a partir da turfa depositada em pântanos e para tal é necessário conhecer a evolução e desenvolvimento da flora, o clima e o ambiente deposicional (Teichmuller *et al.*, 1975, *apud* Pacheco, 2008). Os depósitos de turfa diferem uns dos outros, em virtude da flora que lhe deu origem e da proveniência de suas águas.

Para Waksman (1942), a turfa é originada em ambientes saturados de água, resultante da decomposição incompleta de vegetais em condições anaeróbias, desta forma tendo uma natureza orgânica. As associações de plantas, o tipo de solo onde se desenvolveriam, a natureza e a quantidade de nutrientes dissolvidos na água influenciariam diretamente na composição da turfa. Para este autor, o desenvolvimento da turfeira tem início pela deposição de detritos vegetais, que preenchem de forma contínua e lenta uma região rebaixada (lago), sendo as algas e as plantas aquáticas os primeiros a se acumularem nas camadas mais basais da turfa. À medida que a área da depressão se torna cada vez mais rasa, a vegetação periférica, principalmente constituída por gramíneas, ciperáceas, juncos, e árvores, penetra na região. O lago transforma-se em pântano e os restos vegetais, cobertos pela água, passam gradativamente a turfa. Se o nível de água se eleva repentinamente, o crescimento das árvores pode cessar e os vegetais inferiores mais adaptados a vida aquática reaparecem e inicia-se um novo período de deposição.

Borges (1945) definiu a turfa como sendo resultado de matéria lenhosa que perdeu parte do oxigênio, sendo a transformação operada em terrenos úmidos e pantanosos, onde se desenvolvem determinadas plantas; ou então uma vasa pútrida, mole, gelatinosa, resultante de águas estagnadas, pobres em oxigênio. Esta lama gelatinosa seria a acumulação de colônias de algas microscópicas que vivem nas depressões dos rios, que após seguirem seu ciclo vital, morreriam e se depositariam no fundo; ou então plantas minúsculas que morrem pela base e cuja parte superior continuaria a crescer.

Abreu (1973) atribui a formação da turfa como resultado das associações de musgos e plantas com algas. As turfas contém alto teor de umidade, com 80 e 90% de água, poder calorífico entre 2.500 e 4.000 Kcal/Kg, equivalente a uma lenha seca. São geralmente ácidas e apresentam um conteúdo de nitrogênio (1 a 3%) e quantidade de cinzas entre 1,5 a 3%.

Para outro autor, a turfa é resultado da massa fibrosa de matéria orgânica em vários estágios de decomposição, de cor entre marrom a preta e consistência esponjosa. Formado pela acumulação de restos vegetais, este sedimento carbonoso de natureza heterogênea compreende fragmentos parcialmente decompostos, contendo 75% de umidade total e menos 12% de matérias minerais (Tibbets & Fraser, 1978).

Segundo Aguiar (1987), a turfa está associada a zonas pantanosas ou encharcada e constitui uma suspensão quase coloidal em 80% a 95% de água, sendo a formação do carvão mineral resultado do atrofiamento e da decomposição incompleta de material lenhoso e de arbustos, musgos, líquens em condições de umidade excessiva.

2.3 Caracterização geral dos Fungos

2.3.1 Conceitos gerais

Os fungos são organismos eucariontes, aeróbios, unicelulares ou pluricelulares, possuem parede celular definida, constituída de quitina e/ou celulose, além de outros carboidratos complexos (Silveira, 1996; Alexopoulos *et al.*, 1996).

Os fungos estão amplamente distribuídos na natureza sendo encontrados na água, no ar atmosférico e no solo. São heterótrofos, não possuem clorofila, necessitando de fontes de carbono para sua alimentação. Sua nutrição é por absorção, tomando dos tecidos vegetais ou animais ou ainda detritos orgânicos os

nutrientes necessários para seu desenvolvimento, de hábitos epífitos, saprófitos, parasitas ou em associações simbióticas (Ferreira *et al.* 2005; Silveira, 1996).

Apresentam dois ciclos reprodutivos: vegetativo (assexual), responsável pelo desenvolvimento e absorção dos alimentos; e o sexual, que se encarrega da propagação das espécies. As estruturas reprodutivas constituem a base da sistemática dos fungos (Silveira, 1996; Putzke & Putzke, 2004).

O agente de dispersão dos fungos é o esporo, que necessita de calor e umidade para germinação. O resultado da germinação é de maneira geral a saída de um ou mais filamentos finos, conhecido como micélio, que constitui o corpo vegetativo dos fungos (talo). Em um número limitado de casos, o corpo vegetativo é reduzido a uma simples célula ou grupo de células, geralmente redondas ou ovais. Os filamentos simples ou ramificados que formam o micélio denominam-se hifas, que podem ser septadas ou contínuas, com ou sem anastomoses (união) ou grampos de conexão, possuindo sugadores ou não. Ainda nas hifas do micélio de um grupo de fungos há formação de células especiais de descanso denominadas clamidósporos. Estas células são formadas a partir da diferenciação de hifas que se tornam arredondada e espessam suas paredes, chegando a alguns casos a colorir-se. No interior destas células são encontradas substâncias de reserva, como o glicogênio. Estas células separam-se das hifas do micélio e, depois de um período de repouso, em condições favoráveis de temperatura e umidade, germinam, dando origem a um novo indivíduo (Silveira, 1996).

Esporo é o termo genérico com que se denomina uma célula ou grupo de células de cuja germinação se origina o talo. Os esporos dos fungos são bastante variáveis em tamanho e possuem membrana, citoplasma e núcleo. A membrana é bem diferenciada e, em geral, possui dois estratos, um interno e delgado, o endospório, e um externo espesso, o epispório. A membrana varia de cor, superfície externa e espessura. Segundo a cor da membrana, os esporos podem ser hialinos, subialinos, escuros, alaranjados ou róseos. Quanto à superfície externa da membrana, o esporo pode ser liso, verrugoso ou espinhoso, crestados, reticulado, equinulado, ciliado e com prolongamentos digitiformes ou caudatos. Quanto à forma, os esporos podem ser globosos, elipsoides, redondos, piriformes, filiformes, lobulados etc (Silveira, 1996).

Os esporos germinam por um ou mais poros, por onde sai a massa plasmática, tomando a forma de longos tubos, denominados “tubos germinativos” ou promicélios. Os esporos podem ter uma ou mais células. Segundo a classificação de Saccardo, os Eumycota podem ser classificados quanto ao número de células, cor e forma dos esporos que podem ser assexuais e sexuais. São assexuais quando produzidos puramente pelas transformações do sistema vegetativo. São sexuais quando produzidos pela fusão de corpos diferenciados ou especializados, que têm um caráter de sexualidade. Eles ainda podem ser exógenos ou endógenos, segundo se formam no interior ou no exterior de hifas diferenciadas. Eles formam-se por dois processos: primeiro pela divisão do conteúdo da célula-mãe em torno dos núcleos existentes, formando assim esporos que ficam encerrados no interior desta célula, até completar a sua maturação; segundo pelo intumescimento da extremidade de uma hifa e separados desta na maturidade, por um septo. No primeiro caso, tem-se uma formação endógena e no segundo, uma formação exógena (Putzke & Putzke, 2004).

A reprodução dos fungos é caracterizada pela formação e disseminação de células especiais originadas das hifas férteis, que são os esporos. Existem duas classes de esporos, diferindo pela sua origem, os esporos sexuais, provenientes da reprodução sexual, e os esporos assexuais, provenientes da reprodução assexual ou agâmica. Na reprodução assexual os esporos são formados sem uma prévia fusão de células diferenciadas (gametas). Este processo de reprodução sem reconstrução do núcleo é comumente encontrado nas formas imperfeitas. Neste os esporos se formam endógena (esporangiósporos e zoósporos) e exogenamente (conídios). Na reprodução sexual os esporos são produzidos pela fusão de corpos diferenciados ou especializados, que tem um caráter de sexualidade. Neste tipo de reprodução o produto da fertilização é o zigoto e existe a diferenciação de uma fase haplonte (soma haplóide) e de uma fase diplonte (soma diploide). Assim a função sexual tem duas fases bem distintas, que são a fertilização e a meiose. Na primeira fase origina-se o diplonte e na segunda fase ocorre a volta ao número primitivo de cromossomo ou haplonte. Este ciclo Haplonte-Fertilização-Diplonte-Miose-Haplonte é que caracteriza as formas perfeitas dos Eumycota. A reprodução sexual é extremamente diversa (Silveira, 1996).

O corpo dos fungos multicelulares consiste de filamentos, chamados hifa, que juntos compõem o micélio ou corpo vegetativo dos fungos. A partir desta organização simples, porém, podem formar vários tipos de estruturas de reprodução sexuada e assexuada complexas, e desenvolveram adaptações que lhes permitem viver em todos os habitats na Terra. Aproximadamente 100.000 espécies de fungos foram descritos, mas as estimativas são de que há mais de 1,5 milhões de espécies ainda a serem descobertas (Hawksworth *et al.*, 1995). Outros organismos que foram historicamente incluídas com os fungos, mas são agora colocadas no reino Chromista, incluem os Oomycetes (fungos aquáticos), Hyphochytridiomycetes, e Labyrinthulomycetes (Taylor *et al.*, 2009).

Os fungos propagam-se através da produção de esporos ou através do crescimento do micélio. Quando um esporo se estabelece num ambiente apropriado, pode germinar e ramificar-se para formar um micélio. Quando dois micélios sexualmente compatíveis se encontram podem fundir-se formando um micélio secundário, que é capaz de formar corpos de frutificação.

2.3.2 Germinação do Esporo

O processo de crescimento dos fungos inicia-se quando há deposição de esporos sobre a superfície, processo denominado de inoculação. Dependendo das condições de temperatura, pH, atividade de água e disponibilidade de nutrientes, a germinação pode ou não ocorrer após a deposição dos esporos no solo. O esporo dá origem a um “tubo”, caso ocorra a germinação. Este tubo estende seu comprimento através de crescimento na ponta e, formando, ao mesmo tempo, ramificações que constituirão novas hifas. O conjunto de “tubos” entrelaçados forma uma rede conhecida por micélio (Coradin, 2010).

Coradin (2010) identificou duas fases distintas durante a germinação na maioria dos fungos. Na primeira fase, chamada de “inchamento”, os esporos aumentam de volume por hidratação, tendo início os processos metabólicos

resultando em aumento na taxa de respiração e na síntese de proteínas e ácidos nucleicos a partir das reservas de nutriente do próprio esporo. Nesta fase, os esporos aumentam tanto o diâmetro quanto a quantidade de biomassa e é necessária a presença de uma fonte de carbono apropriada. O material que forma a parede do tubo de germinação é produzido e o crescimento do esporo rapidamente torna-se polarizado, resultando na formação de um tubo (tubo de germinação) que se estende através do crescimento na ponta. A segunda fase, chamada de “extensão do tubo de germinação”, tem início quando o tubo de germinação se desenvolve e se diferencia em hifa, sendo necessária, simultaneamente, uma fonte de carbono e nitrogênio no meio externo para sustentar o alongamento, visto que as reservas energéticas do esporo são suficientes para sustentar somente a extensão inicial do tubo germinativo.

2.3.3 Posição sistemática dos fungos

A classificação dos seres vivos em cinco reinos, atualmente adotada, foi proposta por Whittaker, inicialmente em 1969 e atualizada em 1979, dez anos depois. Nesta proposta de classificação, através de estudos morfológicos, citológicos e bioquímicos, os fungos formam um reino à parte (Reino Fungi) englobando os fungos conhecidos e organismos relacionados (Bononi & Grandi, 1998). Com o avanço de técnicas de ultraestrutura, da bioquímica e principalmente da biologia molecular, os fungos foram reconhecidos como polifiléticos e distribuídos em três reinos: **Chromista**, englobando os Hyphochytridiomycota, Labyrinthulomycota e Oomycota; **Protozoa**, representado pelos Acrasiomycota, Dictyosteliomycota, Myxomycota e Plasmodiophoromycota e **Fungi**, compreendendo os filos Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota e Basidiomycota (Kirk *et al.*, 2001). Recentemente, Schussler *et al.* (2001) propuseram a criação de outro filo, Glomeromycota, para separar fungos micorrízicos arbusculares, antes incluídos entre os Zygomycota.

Segundo Alexopoulos *et al.* (1996), a origem evolucionária dos fungos é diversa, compreendendo um grupo de organismos heterogêneos variando desde formas simples a complexas. São encontrados em todos os continentes, tendo sua distribuição ampliada nas regiões tropicais e subtropicais, e nos mais variados habitats, no solo, em serapilheira, plantas e animais mortos, por exemplo. Ambientes com umidade e temperaturas elevadas são mais propícias para seu desenvolvimento, mas também são encontrados em ambientes extremos de frio (Alexopoulos *et al.*, 1996).

Os fungos são muito utilizados nos mais diversos setores, possuindo implicações positivas (controle biológico, produção de álcool, enzimas e antibióticos, fermentação de bebidas, como alimento, etc) ou negativas (causadores de doenças, degradação de produtos, toxinas, etc) (Grandi, 1998). Na sua maioria são microscópicos, motivo pelo qual muitos ainda são desconhecidos (Maia, 2003). Estima-se que constituam um dos grupos de organismos mais ricos em número de espécies, perdendo apenas para os insetos (Hawksworth, 1991; Hyde & Hawksworth, 1997).

2.3.4 Ciclo de vida

O ciclo de vida dos fungos apresenta grande diversidade, possuindo alternância de gerações, apresentam dois ciclos reprodutivos distintos: sexuais e assexuais.

Os fungos são nomeados conforme sua fase do ciclo de vida, na fase sexual do ciclo é utilizado o termo teleomórfico, na fase assexual é utilizado o termo anamórfico. Sendo assim, os fungos podem apresentar mais de um nome para a mesma espécie, um para cada fase do ciclo. Quando são conhecidos os dois ciclos reprodutivos a fase sexual tem prioridade, sendo utilizado o termo teleomorfo. Muitos fungos, mas não todos, podem se reproduzir tanto sexual como assexualmente. (Putzke & Putzke, 2004).

2.3.5 Fungos fósseis

Os fungos possuem uma estrutura muito delicada, por este motivo, devido às frequentes alterações ocorridas nos sedimentos em que são encontrados, sua interpretação no registro fóssil é limitada.

O registro fóssil mais antigo de esporos de fungos data do Proterozoico (Alexopoulos *et al.*, 1996), nos quais foram identificadas formas semelhantes aos Oomycota (Stramenopila), alguns protistas e provavelmente também fungos verdadeiros.

No período Siluriano, no sítio paleontológico em Rhynie, Escócia (Alexopoulos *et al.*, 1996, Smith & Read, 2008) foram registrados os primeiros fungos filamentosos terrestres associados com madeira deteriorada. Neste período, também foi encontrado um grande aumento de fósseis vegetais, época em que surgiam as rinófitas, licófitas e progimnospermas, acarretando a diversificação de plantas terrestres (Kenrick & Crane, 1997).

Na era paleozoica, a diversidade fúngica aumentou consideravelmente e, no Pennsylvaniano todas as classes modernas de fungos já eram encontradas. Da mesma forma, na era paleozoica houve grande diversificação das gimnospermas, licófitas, esfenófitas e samambaias (Alexopoulos *et al.* 1996).

Segundo Souza (2006) os registros fósseis da interação planta/fungo são tão antigos quanto à colonização da terra pelos organismos eucariotos, contudo a busca por fósseis de que as comprovem é difícil devido o material fossilizado das plantas serem encontrados frequentemente comprimidos. Entretanto, em algumas plantas do Siluriano – Devoniano, de afinidades sistemáticas desconhecidas, foram encontradas estruturas de fungos endófitos e fósseis de líquens, envolvendo cianobactérias e fungos não septados que podem ter existido entre 1000 - 600 milhões de anos atrás. A interação dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são comuns em ecossistemas terrestres e análise de dados fósseis e moleculares indicam sua origem há mais de 460 milhões de anos, sugerindo que estes fungos ajudaram as plantas em sua colonização terrestre (Redecker *et al.*, 2000).

Elsik (1996) atribui características distintas aos palinomorfos de “fungos avançados”, tais como: septação, cor (vários tons de marrom), em geral uma parede de esporos não estruturada ao nível de microscópio óptico, e a falta de escultura. Há exceções: o pigmento melanina não está presente em todo o material de fungos, nem a presença de um pigmento marrom exclusivamente indicativo de uma origem fúngica, e as camadas da parede dos esporos podem ser divididas, e com esculturas.

Fungos vivos macroscópicos exibem muitas cores. Os esporos produzidos podem ser praticamente de qualquer cor. O alcance da cor dos palinomorfos de fungos vai de transparente a amarelo, laranja, vermelho, e de marrom para preto opaco. A maioria dos tons tem um componente marrom. Materiais de fungos opacos podem ter um tom avermelhado a amarronzado através das porções finas. As cores podem mudar durante a diagênese da junção do sedimento. Pode ocorrer clareamento natural, lixiviação de cor e coloração. O processamento em laboratório pode induzir o clareamento, queima e coloração, mas a maioria das mudanças pode, provavelmente, ser efeito de antes da amostragem.

O longo alcance das morfologias dos esporos e corpos de frutificação produzidos por fungo tem resultado em convergência com formas de outros grupos de protistas, plantas e animais. As características básicas dos palinomorfos de fungos são comparáveis àquelas de algumas algas. Algas e fungos vivos são em sua maioria diferentes; os cloroplastos e outros pigmentos fotossintetizantes de algas vivas são uma característica básica desse grupo. Uma vez fossilizados, porém, algumas algas e partes duras de algas podem ser confundidas com fungos. Algas epífitas podem ser muito semelhantes a alguns corpos de frutificação de fungos e corpos orgânicos não classificados (fitoclastos) em resíduos podem ser também fungos. Micologistas tem concebido uma variedade de termos para descrição morfológica de crescimento de fungos. Palinólogos requerem um foco mais restrito para descrever fungos fósseis, porque muitas características não estão presentes em materiais fósseis (Elsik, 1996).

A forma de crescimento básico é por uma hifa, que é tubular com septos. As redes de hifas formando um indivíduo é o micélio. A reprodução vegetativa pode ocorrer localmente em uma porção mais espessa de uma hifa, ou sobre uma

protuberância espessada da hifa chamada conidióforo. A reprodução sexual ocorre em simples para complexas concentrações de hifas especializadas denominados corpos de frutificação. Esclerócitos são massas esféricas de células que normalmente são estéreis. Corpos de frutificação variam muito em morfologia, e fazem parte das bases para identificar os principais grupos de fungos vivos. Vários tipos de esporos sexuais, por exemplo, ascósporos (formado em ascos), são produzidos por diferentes tipos de corpos de frutificação. Existe um nome específico para cada um dos muitos tipos de esporos sexuais produzidos por fungos recentes. No material fóssil, porém, todos os conídios e esporos sexuais são agrupados em “esporos”. Hifas, conidióforos, conídio, corpos de frutificação microscópicos e esporos sexuais são coletivamente referidos como palinomorfos de fungos (Elsik, 1996).

Para fungos fósseis, a célula é a unidade morfológica fundamental, delimitada pela parede do esporo ou parede da hifa e, no caso de dois ou mais componentes celulares, por um septo ou septos. A parede do esporo tipicamente tem mais de uma camada, mas a estratificação raramente é evidente sob microscopia óptica. Um septo é formado na camada interna da parede de esporos que se volta para dentro e partições da cavidade dos esporos. Todos os septos tem poro septal localizado centralmente. O poro do septo, quando localizado na extremidade do esporo, também pode ser uma abertura.

Segundo Webber & Hess (1976) o orifício/fenda é uma abertura predestinada, porém, não é sempre um local de germinação. A abertura pode ser um poro circular ou um sulco alongado. O reconhecimento, diferenciação e descrição de poros e sulcos são fundamentais para a taxonomia e classificação de materiais de fungos. Os poros não devem ser confundidos com estruturas germinativas, que são aberturas iniciadas na parede do esporo que podem ser formados em qualquer lugar durante a germinação do esporo, nem devem ser confundidos com perfurações na parede dos esporos produzidos por parasitas ou necrófagos.

As camadas da parede do esporo, espessamento, pigmentação, e esculturas são importantes na identificação de fungos fósseis, sendo esta última de primordial no reconhecimento de muitas espécies.

A variedade morfológica de fungos é análogo a de outros esporos e grãos de pólen, e requer uma mistura de esquemas de nomeação para lidar adequadamente com todo o material. Alguns fungos fósseis são facilmente relacionados a um fungo existente, enquanto outros não possuem análogos atuais.

Os onipresentes fungos Micorrízicos representam outro tipo de problema de identificação. As micorrizas fósseis têm em comum uma morfologia bastante generalizada que faz a sua identificação precisa difícil. A associação benéfica com os sistemas de raízes de plantas é bem conhecida e o torna um grupo de interesse especial para micologistas e paleobotânicos (Bonfante & Genre, 2008; Brundrett, M. C., 2002).

Fungos fósseis, megafósseis e microfósseis, têm sido historicamente classificados como "*Fungi Fossiles*". Palinomorfos de fungos dispersos ao mesmo tempo foram designados para Sporonites, mas esse nome também tem sido utilizado para esporos fósseis de briófitas e pteridófitas. Como observado, o sufixo Sporonites foi usado na construção dos nomes dos fungos fósseis encontrados nas preparações palinológicas (Elsik, 1996).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Material de estudo

Para este estudo, além de lâminas previamente depositadas em coleção institucional, na Palinoteca do Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LPMMT- IG/UFRGS, codificação MP-P para coleção estratigráfica), relativas a amostras provenientes dos níveis de carvão de Candiota e Quitéria, Formação Rio Bonito, no Estado do Rio Grande do Sul, foi confeccionada novas lâminas de material antecipadamente selecionado, conforme descrito na tabela 2.

Tabela 2. Lista de lâminas analisadas no estudo do gênero *Portalites*, de acordo com sua procedência estratigráfica.

Localidades	Lâminas Palinológicas
Mina de Candiota , Formação Rio Bonito, Permiano Inferior, Bacia do Paraná (Meyer, 1999)	MP-P (6971-6978,6980-6983,7546,7547)
Afloramento Quitéria , Formação Rio Bonito, Permiano Inferior, Bacia do Paraná (Boardman, 2011; Boardman <i>et al.</i> , 2012)	MP-P (6197-6201)
Poço PETROBRAS , Formação Monte Alegre, Pennsylvaniano, Bacia do Amazonas	MP-P (7018-7025)
Sedimentos superficiais da Planície Costeira do sul de Santa Catarina, em Sombrio (Cancelli, 2012)	MP-P (7968-7970,7979-7985)

3.2 Etapas laboratoriais

3.2.1 *Processamento Palinológico*

O processamento físico-químico para recuperação da matéria orgânica, do material previamente selecionado, foi desenvolvido nas instalações do LPMMT-DPE/IG/UFRGS. O procedimento seguiu o método padrão para amostras paleozoicas, conforme apresentado por Quadros & Melo (1987), que em suma, envolve o emprego de ácidos (HCl e HF) para eliminar, da melhor forma possível, os constituintes minerais da rocha a fim de obter um resíduo final rico em palinomorfos. A técnica envolveu os seguintes passos:

- Desagregação Física: As amostras foram acondicionadas em saquinhos plásticos devidamente etiquetados contendo as informações referentes à sua procedência. Cerca de 20g de rocha foram pesadas em uma balança de precisão. As amostras então foram fragmentadas separadamente com a utilização de almofariz e pistilo, tomando-se o cuidado de não pulverizar as amostras, pois isto poderia ocasionar a quebra dos palinomorfos.

Desagregação Química: Alguns procedimentos de segurança foram tomados antes do início das atividades, como a utilização de jaleco, luvas e óculos de proteção, pois o tratamento palinológico envolve a utilização de ácidos perigosos à saúde.

As amostras foram colocadas em béqueres de plástico de 1 litro devidamente identificados e em seguida levadas para capela. Dentro da capela com o exaustor ligado (procedimento de segurança quando se manuseia ácidos voláteis e tóxicos), inicialmente foi feito um teste com um pequeno fragmento das amostras com ácido clorídrico (HCl 37%) para verificação de material carbonático. Para as amostras que reagiram, foi

adicionado ao béquer ácido clorídrico até cobrir totalmente a amostra. Esta reação é rápida, não ultrapassando alguns minutos (entre 10 a 20 min.), ou até a total dissolução da fração carbonática. Em seguida, as amostras foram lavadas três vezes, ou até a total remoção dos sais de cálcio. A lavagem para neutralização foi feita com a utilização de água destilada. Depois de cessada a reação com o ácido clorídrico, dentro da capela, os béqueres foram preenchidos com água destilada por oito horas, para decantação do material; após este período foi descartado a água em excesso de cada béquer, tomando-se o cuidado para não perder o material de fundo. O processo de lavagem foi repetido mais duas vezes.

A etapa seguinte constituiu-se na adição de ácido fluorídrico (HF 42%) para o ataque aos silicatos. Em béqueres separados cada amostra foi coberta por ácido fluorídrico, tomando-se o cuidado de adicionar o ácido aos poucos, pois a reação é extremamente violenta e exotérmica. Visando a destruição dos silicatos de maneira mais eficiente, deixaram-se as amostras reagindo por vinte quatro horas. Para a neutralização do ácido fluorídrico seguiu-se as mesmas três lavagens descritas anteriormente para o ácido clorídrico.

Os resíduos processados e já neutralizados foram transferidos para béqueres de vidro. Dentro da capela, para cada amostra adicionou-se ácido clorídrico até atingir o dobro do seu volume. Após adição do ácido, os recipientes foram aquecidos em uma chapa quente. Este procedimento visa à destruição dos minerais neoformados durante a adição dos ácidos das etapas anteriores. A temperatura das soluções foi controlada com a utilização de um termômetro até que estas atingissem 60° C. Temperaturas mais elevadas foram evitadas, pois poderiam degradar os palinóforos. Atingida a temperatura ideal, os béqueres foram retirados da chapa quente e as soluções neutralizadas com sucessivas lavagens, como descrito nas etapas anteriores.

- Concentração do Resíduo Palinológico – Peneiramento: Para a concentração dos resíduos orgânicos processados, foi utilizada uma peneira granulométrica em malha de 20 micrometros. Em uma pia as amostras foram peneiradas

separadamente, tomando-se a precaução de lavar a peneira na passagem de uma amostra para outra, evitando assim, possíveis contaminações. A técnica de manuseio da peneira constituiu-se em movimento verticais e horizontais alternados com o auxílio da adição de água destilada. Este procedimento visou a eliminação do material indesejável, que geralmente é constituído de matéria orgânica amorfa que envolve os microfósseis, o que dificulta as observações e principalmente a identificação taxonômica ao microscópio.

3.2.2 Confeção das lâminas palinológicas

Para a preparação das lâminas palinológicas, utilizou-se lamínulas (24 x 32 mm) e lâminas de vidro (24 x 76 mm). As lâminas foram devidamente identificadas e nomeadas sob o código MP-P (Museu de Paleontologia-Palinologia). Primeiramente, colocou-se a lamínula sobre a chapa quente mantida entre 50 e 60° C. Através de uma pipeta Pasteur, adicionou-se, em cima da lamínula, um pouco de água destilada e uma gota do fixador Cellosize (Union Carbide), composto de hidroxietilcelulose. Com o auxílio de canudos plásticos, retiraram-se algumas gotas do resíduo palinológico armazenado no frasco de 30 ml para colocá-las sobre a lamínula. Misturou-se, com o próprio canudo, o resíduo contendo os microfósseis, a água destilada e o Cellosize, espalhando-os por toda a extensão da lamínula para que os microfósseis ficassem bem distribuídos. Somente após a evaporação total da água, a lamínula contendo a amostra era colada sobre a lâmina, com o devido cuidado para evitar a formação de bolhas. Tal colagem foi realizada através da cola Entellan (Merck), que por possuir benzeno em sua composição, era manipulada apenas na capela de fluxo laminar vertical, com a utilização de luvas e máscara.

Esperou-se dois dias para garantir a secagem total da cola, a qual, então, teve seu excesso retirado com estilete. Após serem limpas com álcool, as lâminas previamente identificadas estavam prontas para observações ao microscópio. Foram confeccionadas 15 novas lâminas, sendo essas incorporadas à Palinoteca do LPMMT na coleção estratigráfica (MP-P), sob os números 6976 a 6978, 6980 a 6983 (Bacia do Paraná) e, 7018 a 7025 (Bacia do Amazonas).

3.3 Etapas analíticas

3.3.1 *Análise das ocorrências prévias do gênero*

Para fins das análises propostas para o gênero *Portalites* neste trabalho (distribuição estratigráfica e paleogeográfica, afinidade biológica e significado paleoecológico), um extensivo levantamento bibliográfico foi realizado, compreendendo a literatura publicada e inédita das ocorrências dos táxons atribuídos às espécies do gênero, ou deixados em taxonomia aberta. Esta avaliação foi feita com base em observações da morfologia, comparações com os holótipos e interpretações dos significados das associações encontradas na literatura.

3.3.2 *Análise qualitativa*

Esta análise objetivou a determinação taxonômica de todos os palinomorfos observados nos níveis selecionados, classificando-os em grupos conforme morfologia e afinidade botânica/biológica. Foram selecionados espécimes que, morfologicamente, melhor representassem os táxons estudados e estes foram medidos e documentados através de fotomicrografias digitais. Os aumentos da lente objetiva do microscópio utilizados para identificar e medir os microfósseis presentes nas lâminas palinológicas, especialmente *Portalites*, foram os aumentos de 400x e de 1000x, sendo esse com o uso do óleo de imersão para microscopia. Ambos serviram também para a captura de imagens, das quais selecionaram-se as melhores para tratamento digital no programa “Corel Photo-Paint versão 13” a fim de compor as estampas. Essas últimas, por sua vez, foram organizadas através do “Corel Draw versão 13”.

Também foi utilizado microscopia eletrônica de varredura (MEV), do Centro de Microscopia Eletrônica da UFRGS (CME-UFRGS), para a obtenção de imagens

mais refinadas, visando à solução de determinados aspectos morfológicos referentes a estrutura de ornamentação da parede de *Portalites*.

3.3.3 *Análise quantitativa*

Em conjunto com as determinações taxonômicas, os palinomorfos foram quantificados para obtenção de frequências relativas às quais fundamentam as inferências paleoecológicas. Para esta etapa, foram contados 300 palinomorfos por nível selecionado, como comumente observado em trabalhos para o Paleozoico (Souza, 2000). As contagens foram feitas em microscopia óptica sob o aumento de 400x vezes. As leituras foram realizadas por transecções verticais de cima para baixo e da esquerda para a direita com espaçamento entre as linhas de aproximadamente um campo visual, evitando a recontagem dos palinomorfos. Após a contagem, os táxons foram agrupados conforme suas afinidades ecológicas, para fins de correlação com associações palinológicas.

3.3.4 *Afinidade biológica*

Os espécimes foram analisados qualitativamente e quantitativamente procurando-se obter o maior detalhamento **morfológico** possível para fins de identificação taxonômica em nível de espécie. Para isso, foi realizado um levantamento bibliográfico das citações para o gênero, tomando-se como ponto inicial as descrições originais do gênero e das espécies (Hemer & Nygreen, 1967; Nahuys *et al.*, 1968; Gutiérrez & Césari 1988).

Nas leituras de lâminas de um mesmo nível estratigráfico, dado a riqueza e abundância do espécime estudado, foram observados **estágios ontogenéticos** diferenciados; e na comparação morfológica dos restos fósseis de esporos de *Portalites* com táxons afins provenientes do material do Holoceno, foi possível elucidar aspectos com relação a sua afinidade biológica.

3.3.5 Análise paleoecológica

A análise paleoecológica foi realizada com base na contagem de 300 esporomorfos, ao nível de gênero, incluindo-se o gênero *Portalites* Hemer & Nygreen 1967, o qual foi analisado ao nível de espécie.

Os espécimes relacionados foram separados por gênero e alocados nos grupos de plantas de que se originam, além de fungos e algas. Através das associações encontradas no material será possível inferir relações paleoecológicas, e de acordo com a afinidade botânica, através do registro dos gêneros mais abundantes, será possível fazer interpretações paleoambientais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Descrição e novas ilustrações

O estudo do gênero permitiu avaliar a diagnose original de cada um dos táxons a partir da leitura e análise das descrições originais, avaliação da informação publicada e comparações com novos espécimes recuperados em lâminas com ótimo estado de preservação, além de permitir a obtenção de imagens inéditas de microscopia ótica e MEV, com redescrições e ilustrações. Vale ressaltar que modificações de caráter taxonômico, incluindo emendas às diagnoses do gênero e de algumas espécies, são objetos de publicação à parte.

Gênero *Portalites* Hemer & Nygreen 1967

Espécie tipo: *Portalites confertus* Hemer & Nygreen 1967

***Portalites confertus* Hemer & Nygreen 1967**

Figuras 2A-B

Diagnose: Hemer & Nygreen (1967, p. 187, est. I, figs.17-18).

Estrato tipo: Mississipiano da Arábia Saudita.

Descrição (conforme original): “Test whit near-circular amb. Surface microgranulate whit occasional larger granules. Wall two-layered whit inner layer approximately one-quarter of thickness of outer layer. Combined thickness 2 microns, a portion of the wall thickening to 4-6. Thickened are a contains a single canal 2-4 microns in diameter”. Tradução livre da autora: Corpos com contorno equatorial com vista polar quase circular. Superfície microgranulada com ocasionais grânulos maiores. Parede com duas camadas, a camada interna aproximadamente com um quarto de espessura da camada externa. Espessura combinada de 2 micrometros, uma porção

de espessamento da parede de 4-6 micrometros. Área mais espessada da parede um único canal de 2-4 micrometros de diâmetro.

Dimensões (conforme original): 22-28 micrometros.

Dimensões (25 espécimes, este trabalho): 26(30)34 micrometros.

***Portalites gondwanensis* Nahuys, Alpern & Ybert 1968**

Figuras 2C-D

Diagnose: Nahuys *et al.* (1968, p. 41, est. 5, figs. 89-94).

Estrato tipo: Permiano da Bacia do Paraná, Formação Rio Bonito, Charqueadas, Rio Grande do Sul, Brasil (*sic* Nahuys *et al.*, 1968).

Descrição (conforme original): “Corpos (tests? cystes?) redondos comportando um poro prolongado por um canal que vai a um corpo central interno em que o diâmetro é aproximadamente $\frac{3}{4}$ do diâmetro total. A parede externa é espessa e pode alcançar 8 microns. Fora desse poro, outras aberturas podem aparecer, circulares ou estreladas; contam-se raramente mais de três e sua disposição é qualquer uma. A ornamentação externa está no conjunto granular, densa, regular”.

Dimensões (50 espécimes, conforme original): 25(38)50 micrometros.

Dimensões (105 espécimes, este trabalho): 32(48)71 micrometros.

***Portalites baculus* Gutiérrez & Césari 1988**

Figuras 2E-F

Diagnose: Gutiérrez & Césari (1988, p. 92, est. II, fig. 5).

Estrato tipo: Mina La Margarita, La Rioja.

Descrição (conforme original): “Forma circular, de margen ligeramente irregular debido a la proyección de la escultura. Pared externa ornamentada por báculos de hasta 5,5 μm de altura, muy densamente dispuestas y muy esporádicos conos.

Pared interna formando um cuerpo interno subcircular algo separado de la exoexina. Um pequeno poro subcircular, es distinguible em algunos ejemplares”. Tradução livre da autora: Forma circular, de margem ligeiramente irregular devido à projeção da escultura. Parede externa ornamentada por báculos de cerca de 5,5 micrometros de altura, dispostas muito densamente e cones esporádicos. Parede interna formando um corpo interno subcircular, algo separado da exoexina. Um pequeno poro subcircular é distinguível em alguns exemplares.

Dimensões (10 espécimes, conforme original): 65-75 micrometros.

Dimensões (15 espécimes, este trabalho):40(54)69 micrometros.

A espécie *P. confertus* foi descrita como comportando uma superfície microgranulada com ocasionais grânulos maiores. Os dois exemplares ilustrados originalmente não permitem constatar essas feições, seja pela qualidade da imagem ou por se tratar de estruturas de tamanho reduzido. Em *P. gondwanensis*, a ornamentação é descrita como granular, densa e regular. *P. baculus* é a espécie com ornamentação mais pronunciada, composta por báculos de até 5,5 micrometros de altura, densamente dispostas, além de cones subordinados. Esse conjunto de elementos ornamentais distingue *P. baculus* de *P.gondwanensis*.

Com base nas diagnoses e descrições originais, o diâmetro equatorial das vesículas varia de espécie para espécie: entre 22 e 28 micrometros em *P. confertus*, 25 e 50 micrometros em *P. gondwanensis*, e 65 e 75 micrometros em *P. baculus*. Neste trabalho foi medido um total de 145 espécimes, com variação entre 26 e 71 micrometros: entre 26 e 34 micrometros em *P. confertus*, 32 e 71 micrometros em *P. gondwanensis*, e 40 e 69 micrometros em *P. baculus*.

Analisando-se os espécimes inéditos medidos e ilustrados neste trabalho com as descrições originais, é constatado que o diâmetro equatorial das vesículas não consiste em um carácter de distinção entre as espécies. Com relação à ornamentação da parede, existe uma nítida distinção entre as espécies, fator constatado principalmente pela obtenção das imagens inéditas de microscopia eletrônica de varredura (figura 2).

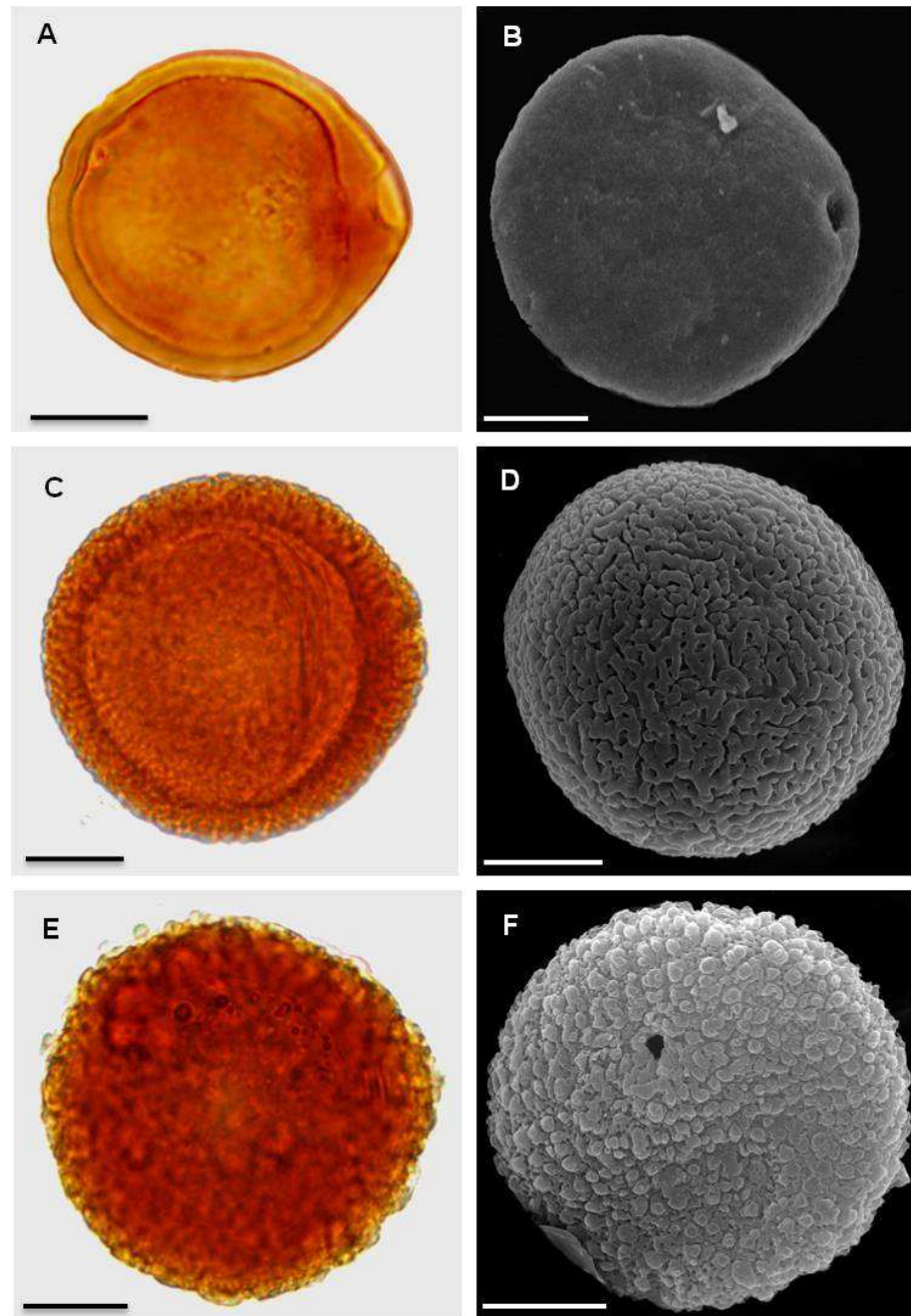


Figura 2. Ilustrações das espécies do gênero *Portalites*. *Portalites confertus*: **A.** Lâmina MP-P 7018, coordenada England Finder Y63-1; **B.** Espécime observado em microscopia eletrônica de varredura; material proveniente do Poço PETROBRAS, Formação Monte Alegre, Pennsylvaniano, Bacia do Amazonas. *Portalites gondwanensis*: **C.** Lâmina MP-P 6971, coordenada England Finder R45-1; **D.** Espécime observado em microscopia eletrônica de varredura. Material proveniente da Camada de carvão Banco Louco, Formação Rio Bonito, Permiano Inferior da Bacia do Paraná, em Candiota, Rio Grande do Sul. *Portalites baculus*: **E.** Lâmina MP-P 6971, coordenada England Finder T35-2; **F.** Espécime observado em microscopia eletrônica de varredura. Material proveniente da Camada de carvão Banco Louco, Formação Rio Bonito, Permiano Inferior da Bacia do Paraná, em Candiota, Rio Grande do Sul. As lâminas referentes às ilustrações A, C e E estão depositadas no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob prefixo MP-P. Escala: 10 µm.

4.2 Distribuição estratigráfica e paleogeográfica de *Portalites*

Para fins das análises de distribuição estratigráfica e paleogeográfica (figura 3), afinidade biológica e significado paleoecológico das espécies atribuídas ao gênero, todas as suas ocorrências foram inicialmente consideradas, baseando-se na literatura publicada e inédita, tendo como base as descrições e/ou ilustrações disponíveis.

Como resultado da extensiva revisão das ocorrências dos táxons atribuídos às espécies do gênero, ou deixados em taxonomia aberta, uma ampla lista é apresentada na tabela 3, com informações sobre procedência e idades. Nesta tabela é mostrada, de forma inédita, a primeira ocorrência de *Portalites confertus* fora do estrato tipo da espécie, conhecida até então apenas no Mississipiano da Arábia Saudita pelos autores proponentes (Hemer & Nygreen, 1967).

As três espécies ocorrem de forma diferenciada em depósitos de idades entre o Mississipiano e o Permiano Inferior da Península Arábica, América do Sul (Argentina, Brasil e Uruguai), Austrália e África. O maior número de registros é de *Portalites gondwanensis* no Pennsylvaniano da Argentina, e no Permiano Inferior do Brasil, na Bacia do Paraná, principalmente nos carvões e rochas associadas da Formação Rio Bonito. As outras duas espécies, *Portalites confertus* e *Portalites baculus*, ocorrem em menor número. Neste trabalho, registros inéditos de *P. baculus* foram constatados para a Bacia do Paraná, também na Formação Rio Bonito e, *P. confertus* na Bacia do Amazonas, Formação Monte Alegre.

As ocorrências do gênero no Subgrupo Itararé, unidade permocarbonífera da Bacia do Paraná, representante da glaciação do Gondwana no Paleozoico Superior, são menos numerosas.

Tabela 3. Ocorrências mundiais do gênero *Portalites* Hemer & Nygreen 1967, respectivas localidades e idades.

<i>Portalites confertus</i>	
Arábia Saudita	Mississipiano: Hemer & Nygreen, 1967
Brasil	Pennsylvaniano: (este trabalho)*
<i>Portalites gondwanensis</i>	
África	Pennsylvaniano: Modie & Le Hérissé, 2009
Arábia Saudita	Mississipiano: Hemer & Nygreen, 1967
Argentina	Pennsylvaniano: González-Amicón, 1973; Césari & Gutiérrez, 1984; Césari, 1985; Vazquez Nístico & Césari, 1987; Gutiérrez & Césari, 1988; Césari & Vazquez Nístico, 1988; Vergel & Luna, 1992; Garcia, 1996; Di Pasquo & Azcuy, 1997; Di Pasquo, 1999; Césari & Gutiérrez, 2000 Permiano Inferior: Gamarro & Archangelsky, 1981; Vergel, 1987(a); Vergel, 1987(b); Ottone, 1989; Pérez Loinaze & Césari, 2004; Balarino & Gutiérrez, 2006; Gutierrez et al., 2007
Austrália	Permiano Inferior: Segroves, 1967
Brasil	Pennsylvaniano: Pons, 1976; Dias, 1993; Weschenfelder <i>et al.</i> , 1994; Souza, 2003; Souza & Callegari, 2004; Smaniotto <i>et al.</i> , 2006 Permiano Inferior: Nahuys, Alpern & Ybert, 1968; Marques-Toigo & Pons, 1974; Ybert, 1975; Burjack, 1976; Bortoluzzi <i>et al.</i> , 1978; Arai & Rosler, 1980; Dias Fabrício, 1981, 1983; Leipnitz, 1981; Picarelli & Marques-Toigo, 1983; Guerra-Sommer <i>et al.</i> , 1984; Correa da Silva <i>et al.</i> , 1984; Picarelli <i>et al.</i> , 1987; Guerra-Sommer <i>et al.</i> , 1991; Piccoli <i>et al.</i> , 1991; Meyer & Marques-Toigo, 2000; Cazzulo-Klepzig, 2001; Cazzulo-Klepzig <i>et al.</i> , 2005; Jasper <i>et al.</i> , 2006; Smaniotto <i>et al.</i> , 2006; Longhim, 2007; Cazzulo-Klepzig <i>et al.</i> , 2009; Mori, 2010; Boardman, 2011, Félix, 2012 Pennsylvaniano e Permiano Inferior: Playford & Dino, 2000
Uruguai	Permiano Inferior: Beri, 1988; Beri & Goso, 1996; Mautino <i>et al.</i> , 1998; Beri & Daners, 1998; Beri <i>et al.</i> , 2006
<i>Portalites baculus</i>	
Argentina	Pennsylvaniano: Gutiérrez & Césari, 1988; García, 1996 Permiano Inferior: Ottone, 1989
Austrália	Permiano Inferior: Segroves, 1967
Brasil	Permiano Inferior: (este trabalho)*
<i>Portalites sp.</i>	
Argentina	Pennsylvaniano: García, 1996; Di Pasquo & Azcuy, 1997
Brasil	Permiano Inferior: Marques-Toigo <i>et al.</i> , 1975; Marques-Toigo <i>et al.</i> , 1981; Cazzulo-Klepzig <i>et al.</i> , 1982; Correa da Silva <i>et al.</i> , 1982; Marques-Toigo <i>et al.</i> , 1982; Marques-Toigo & Correa da Silva, 1984; Marques-Toigo <i>et al.</i> , 1984; Piccoli <i>et al.</i> , 1984; Correa da Silva & Marques-Toigo, 1985; Correa da Silva <i>et al.</i> , 1996

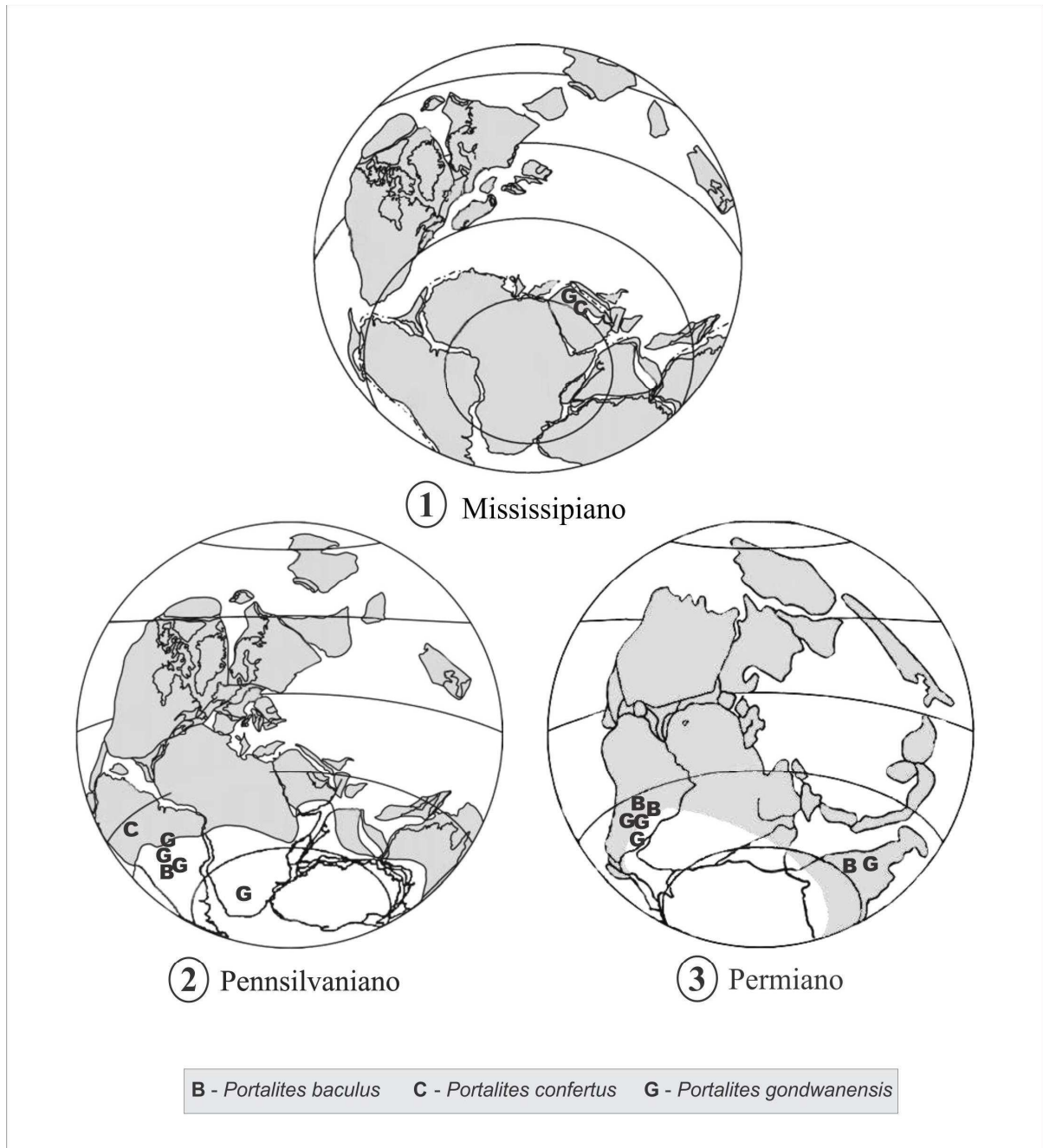


Figura 3. Distribuição estratigráfica e paleogeográfica das espécies referidas ao gênero *Portalites* no Carbonífero e Permiano (paleogeografia baseada em Torvisk & Cocks, 2004).

4.3 Significado paleoecológico

A participação de *Portalites* nas associações dos carvões do sul do Brasil é tão expressiva que Marques-Toigo & Correa da Silva (1984) propuseram a “Associação *Lundbladispora/Punctatisporites/Portalites*” interpretada como ocorrente em um ambiente higrófilo de baixa energia, com presença constante de lâmina d’água doce.

Este cenário foi descrito e confirmado por outros autores, tais como: Correa da Silva *et al.* (1982), Marques-Toigo *et al.* (1982), Picolli *et al.* (1984), Correa da Silva & Marques-Toigo (1985), Guerra-Sommer *et al.* (1991), Correa da Silva *et al.* (1996), Cazzulo-Klepzig (2001), Meyer & Marques-Toigo (2000), Smaniotto *et al.* (2006), Jasper *et al.* (2006) e Boardman *et al.* (2012).

De acordo com Cazzulo-Klepzig & Marques-Toigo (1998) o gênero ocorre associado à palinórfos de origem continental, raramente de origem marinha.

A análise realizada neste trabalho quanto à caracterização palinológica dos palinórfos que ocorrem associados ao gênero na camada “Banco Louco” e Afloramento Quitéria (Formação Rio Bonito, na Bacia do Paraná) revelou que os gêneros de esporos mais comuns são: *Lundbladispora*, *Punctatisporites*, *Deltoidospora*, *Horriditriletes*, *Cristatisporites* e *Leiotriletes*. Além desses, grãos de pólen (*Vittatina*) e algas Zignemataceae (*Tetraporina*) foram registrados subordinadamente, conforme figuras 4 e 5.

A análise confirma para o carvão de Candiota uma estreita relação ecológica de *Portalites* com gêneros de esporófitos associados às licófitas (gênero *Lundbladispora*) e, em segundo plano, filicófitas (gênero *Punctatisporites*), enquanto no Afloramento Quitéria a participação de *Punctatisporites* é menos significativa. Todos os demais palinórfos tem participação menos relevante. Nenhum táxon marinho foi registrado. Espécies de algas da Classe Zygnemaphyceae (*Tetraporina*), presentes nessas associações representam um grupo de algas, adaptadas a uma grande variedade de ambientes exclusivamente de água doce, como pântanos e corpos de águas paradas, ou em solos úmidos, ácidos e turfas, em condições frias ou quentes. Dessa forma, sua presença confirma ambientes de água doce, relacionados ao contexto de geração de turfas e carvão.

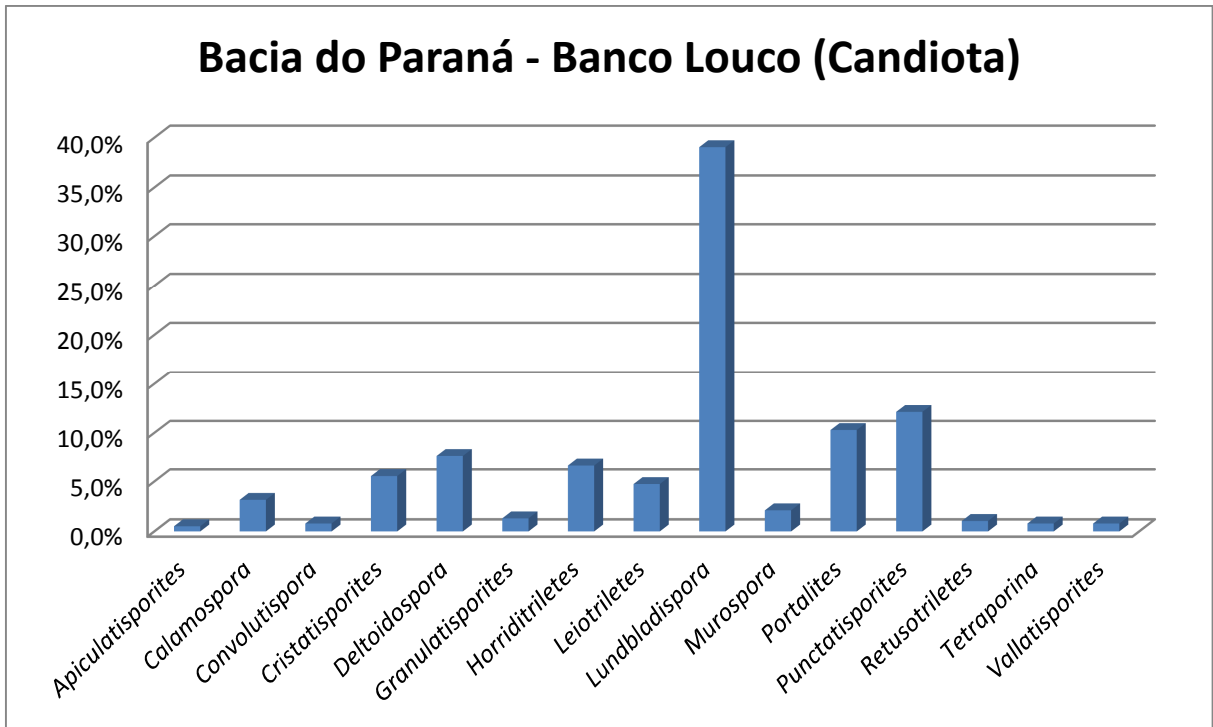


Figura 4: Frequência do gênero *Portalites* e dos gêneros de palinórfos associados na camada de carvão “Banco Louco”, Mina de Candiota, RS.

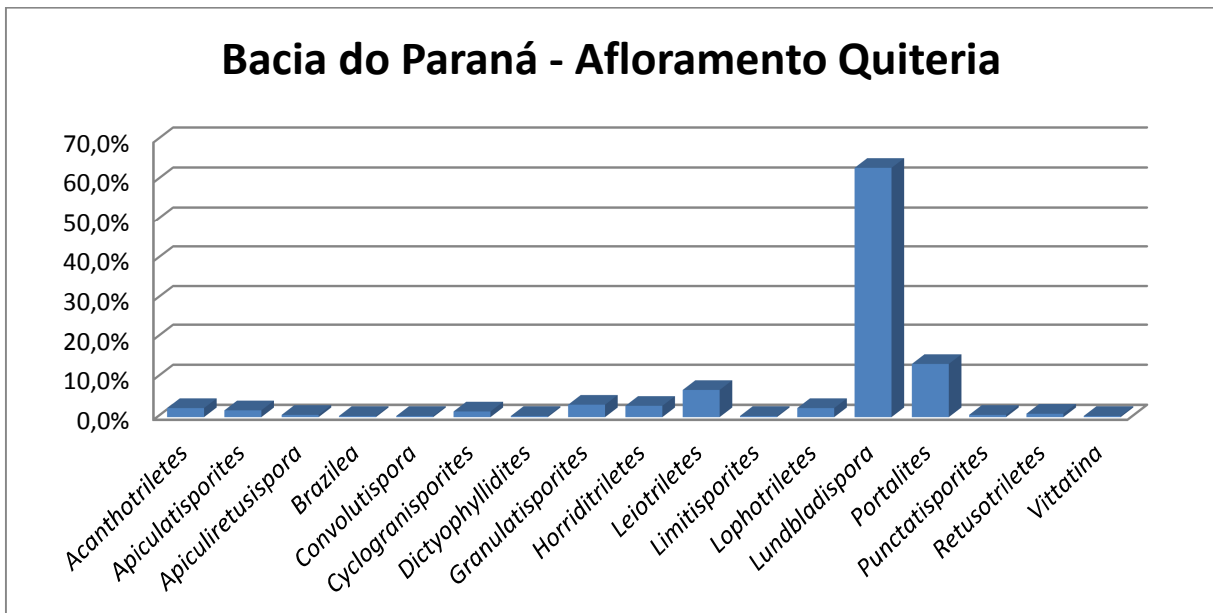


Figura 5: Frequência do gênero *Portalites* e dos gêneros de palinórfos associados, Formação Rio Bonito, Afloramento Quitéria, RS.

Nas amostras analisadas da Formação Monte Alegre, Bacia do Amazonas, a composição das associações palinológicas contendo o gênero *Portalites* são bem menos diversificadas que as apresentadas pelos carvões do sul do Brasil (figura 6). O principal gênero relacionado é *Spelaeotriletes* e, em poucos níveis aparecem alguns grãos de pólen monossacados em péssimo estado de preservação.

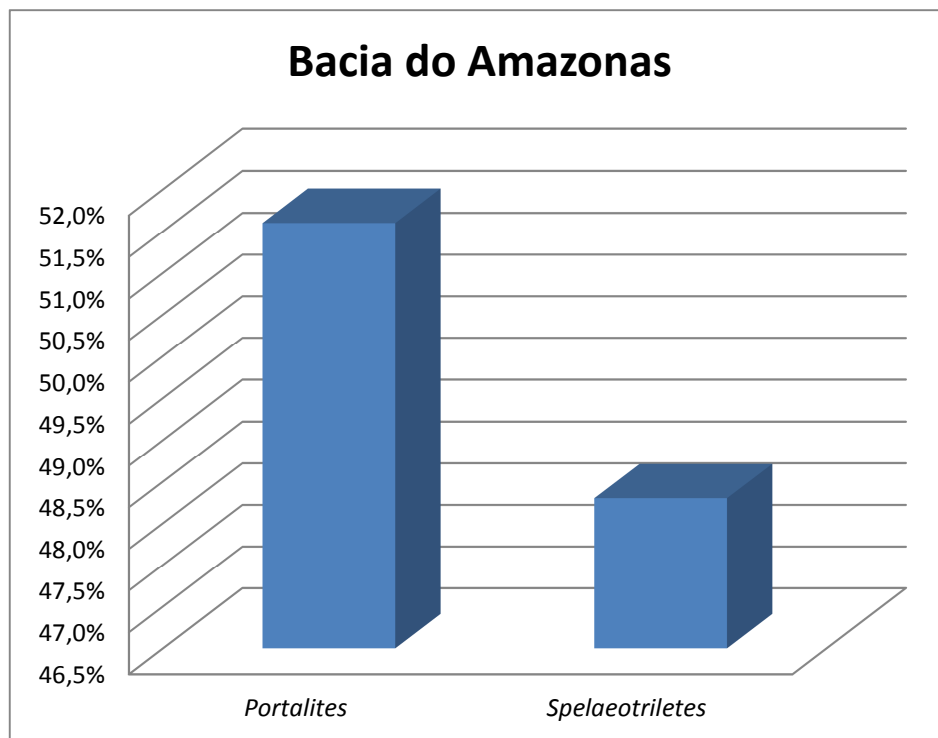


Figura 6: Frequência do gênero *Portalites* e do gênero associado *Spelaeotriletes*, Formação Monte Alegre, Bacia do Amazonas, AM.

4.4 Afinidade biológica

No referencial teórico, apresentado no início deste trabalho, é evidenciada a grande controvérsia que permeia a afinidade biológica do gênero *Portalites* através da variedade de opiniões dos autores, classificando o gênero como acritarco, *incertae sedis*, algas ou esporo de fungo. Esta última interpretação, embora aceita por esta autora, foi apresentada de forma especulativa, com carência de aprofundamento científico.

As ocorrências do gênero *Portalites* no Gondwana até o momento ilustravam somente sua fase pré-germinativa em que o microfóssil apresenta contorno circular a oval e sem processos de germinação. Uma clara interpretação de possíveis afinidades biológicas demanda uma comparação com prováveis análogos atuais, bem como do ciclo ontogenético.

Do estudo do material procedente de sedimentos superficiais pertencentes à Planície Costeira Sul Catarinense (PCSC), Bacia de Pelotas, Sombrio, Holoceno, foram obtidas imagens relativas ao gênero *Glomus*, fungo micorrízico arbuscular, em processos mais avançados de germinação, em ambiente de mata paludosa (figura 7).

Foi o botânico alemão Albert Bernard Frank quem primeiro introduziu o termo micorriza, por volta de 1885. As micorrizas podem ser classificadas em dois grupos: ecto e endomicorrizas. No primeiro grupo, ocorre desenvolvimento apenas superficialmente no córtex, cujas hifas formam um emaranhado chamado “rede de Hartig”, e também na porção externa da raiz, originando o manto hifal. Já no segundo grupo, o fungo desenvolve-se tanto inter quanto intracelularmente no córtex das raízes absorventes, formando unidades estruturais específicas conhecidas como arbúsculos e/ou vesículas (Bagyaraj, 1991). Os fungos Micorrízicos arbusculares pertencem ao Filo Glomeromycota, e estão associados simbioticamente às raízes de plantas do grupo das Gimnospermas, Angiospermas, Pteridófitas e Briófitas (Schussler *et al.*, 2001).

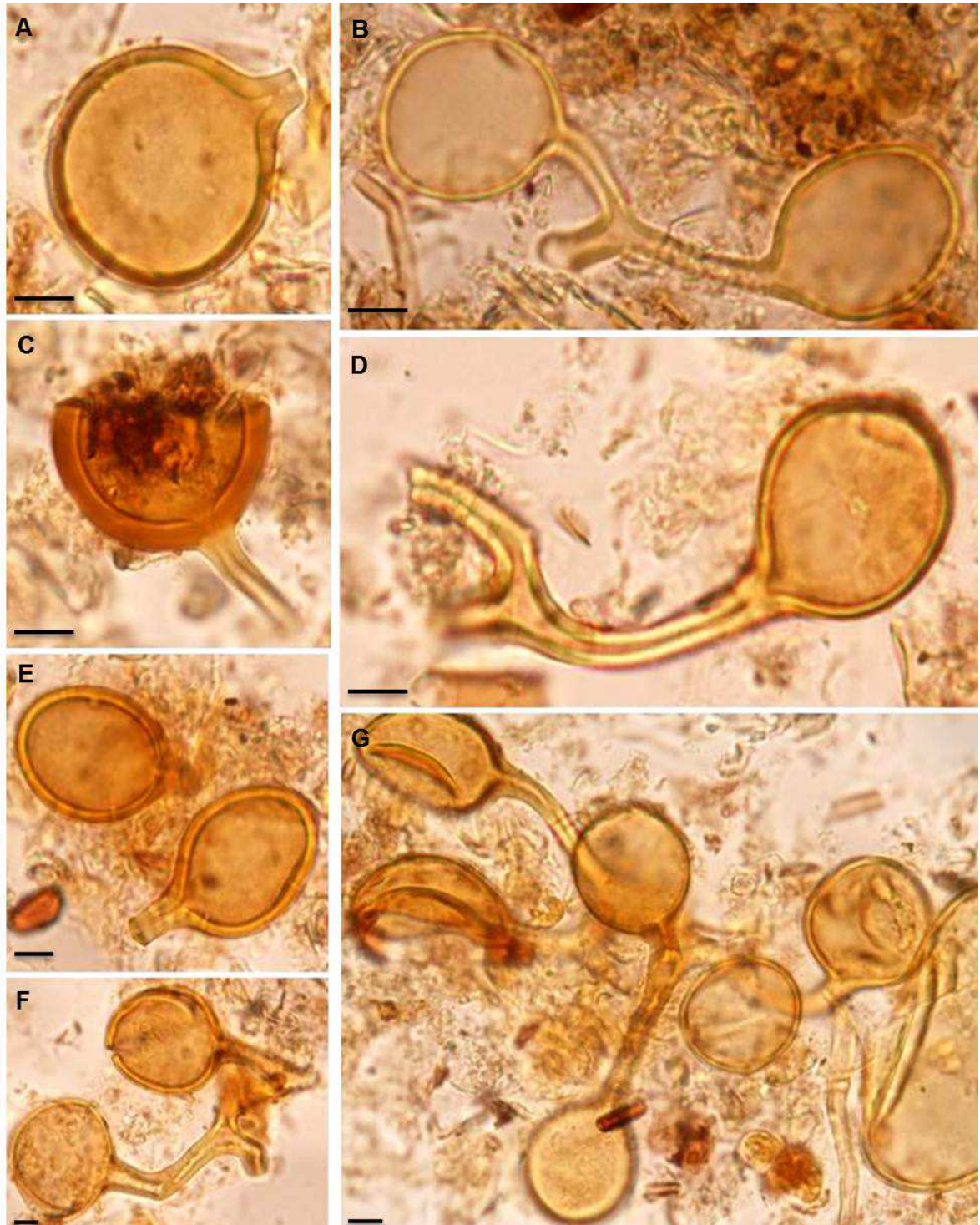
Segundo Pirozinski & Dalpé (1989), a simbiose micorrízica já ocorria há mais de 400 milhões de anos, quando foram detectados evidências em raízes fossilizadas

do Devoniano. Atualmente são descritos 19 gêneros (Oehl *et al.*, 2008) e 220 espécies de fungos Micorrízicos arbusculares (FMAs) (Goto *et al.*, 2010). Estes fungos apresentam ocorrência cosmopolita, sendo encontrados em diversos ecossistemas ambientais. Realizam simbiose com o vegetal hospedeiro, recebendo mais de 10% dos fotoassimilados (compostos resultantes da fotossíntese) por ele produzido. Dentre os benefícios proporcionados ao hospedeiro pode ser destacada a melhoria do estado nutricional, aumento da biomassa, além da sobrevivência em condições de estresses biótico e abiótico (Cavalcante *et al.*, 2009).

Entre os componentes da comunidade microbiana do solo, os fungos Micorrízicos arbusculares (FMAs) são particularmente importantes para as regiões tropicais. Estes fungos encontram-se amplamente distribuídos na maioria dos ecossistemas, desde florestais aos desérticos, em regiões tropicais, temperadas e árticas e representam a mais ampla associação entre plantas e fungos encontrada na natureza (Souza & Silva, 1996). O caráter mutualista das micorrizas contribuiu para evolução e sobrevivência das plantas terrestres e dos próprios fungos que existem desde há 400 milhões de anos (Smith & Read, 1997). Em condições naturais, a grande maioria das espécies de plantas apresenta-se colonizadas por estes fungos, que potencializam a absorção de nutrientes especialmente de fósforo nos solos tropicais, caracterizados por baixos teores de nutrientes disponíveis e alta capacidade de fixação de fósforo (Siqueira, 1994).

Essas formas atuais glomóides são esporos grandes e apresentam parede espessa muito semelhante morfológicamente ao gênero *Portalites*.

Nas análises de material inédito do gênero *Portalites* foram obtidos registros de espécimes com processos de germinação, que se assemelham aos de esporos de fungos atuais micorrízicos arbusculares, bem como filamentos relacionados a hifas, no material procedente da camada de carvão denominada “Banco Louco”, e do afloramento de Quitéria, Formação Rio Bonito, Permiano da Bacia do Paraná e do material procedente da Bacia do Amazonas, Formação Monte Alegre, Pennsylvaniano. Estes resultados possibilitam evidenciar possíveis estágios ontogenéticos diferenciados provavelmente semelhantes aos análogos atuais (figura 8).



Figuras 7. Espécimes modernos relacionados ao Gênero *Glomus* (Micorriza arbuscular), provenientes de amostras superficiais da Planície Costeira Sul Catarinense em Sombrio, SC: **A.** Lâmina MP-P 7985, coordenada England Finder D49; **B.** MP-P 7985, EF F56; **C.** MP-P 7985, EF J33-J34; **D.** MP-P 7985, EF L44-1; **E.** MP-P 7985, EF F53; **F.** MP-P 7985, EF K60; **G.** MP-P 7985, EF H57 (Escala: 10 μ m).

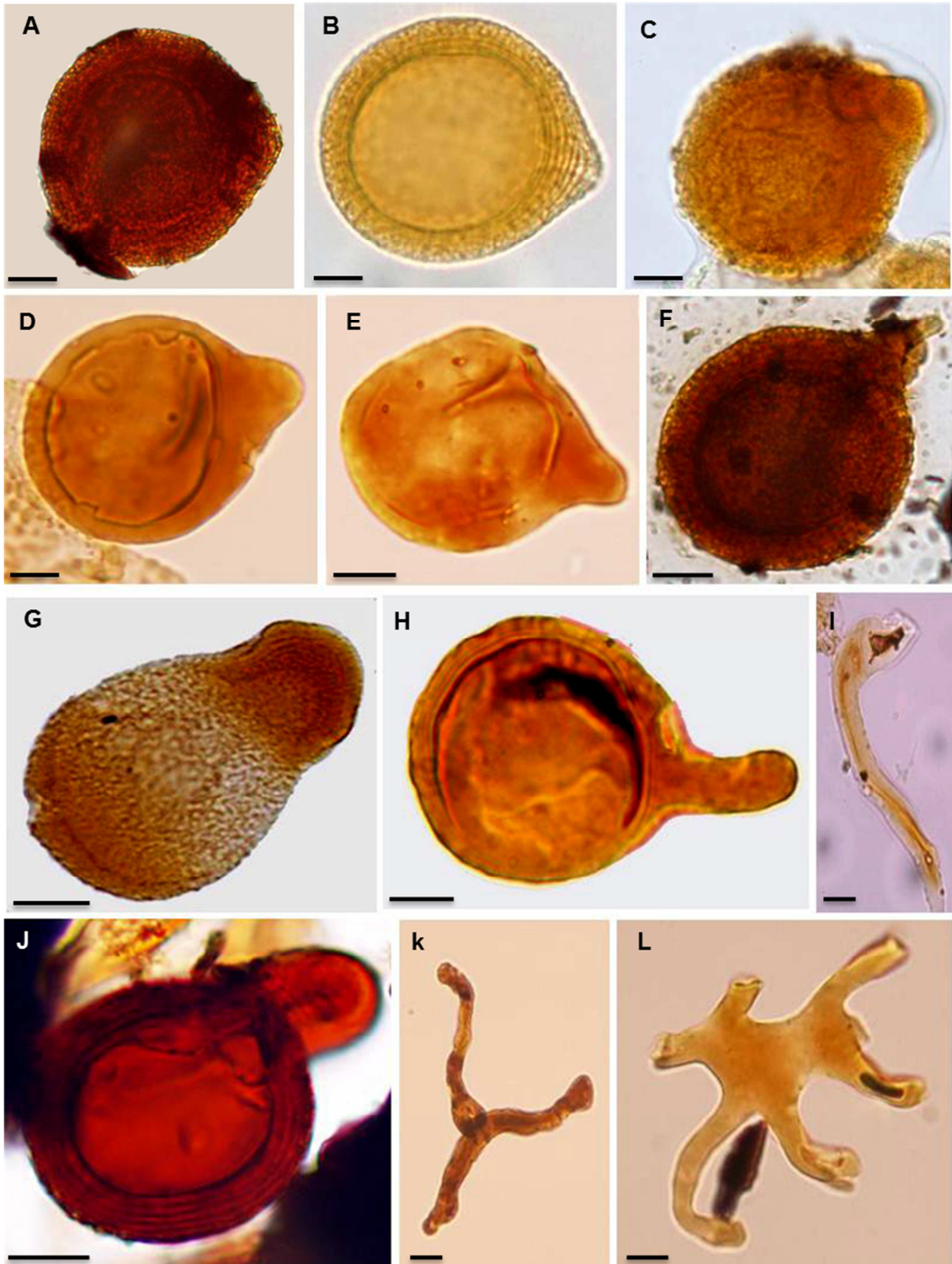


Figura 8. Espécimes do gênero *Portalites* Hemer & Nygreen 1967 em fase inicial de germinação com emissão do tubo germinativo, e fragmentos de hifas: A, B, C, F, G, I e J (Formação Rio Bonito, Permiano Inferior da Bacia do Paraná); D, E, H, K e L (Formação Monte Alegre, Pennsylvaniano, Bacia do Amazonas). **A.** MP-P 6197 EF Y31-1; **B.** MP-P 6973, E.F. G49-4; **C.** MP-P 7546, E.F. M43.1; **D.** MP-P 7019, E.F. O49; **E.** MP-P 7022, E.F. W36; **F.** MP-P 6197, E.F. Y50-1; **G.** MP-P 6975, E.F. R44-R45; **H.** MP-P 7022, E.F. V47-4; **I.** MP-P 6975, E.F. F51; **J.** MP-P 6197, E.F. K41-4; **K.** MP-P 7022, E.F. G38-2; **L.** MP-P 7023, E.F. C51-4 (Escala: 10 μ m).

As ilustrações dos espécimes na figura 8 representam estágios ontogenéticos diferenciados para fungos atuais: **A-E**. Processos iniciais de germinação com emissão do tubo germinativo. Estes processos são evidenciados pelo espessamento diferencial da parede do esporo formando uma saliência em forma de capuz; **G**. Emissão do tubo germinativo com deposição de camadas na parede do esporo; **F, H e J**. Diferenciação do tubo germinativo em hifa; **I e K**. Fragmentos de hifas cenocíticas (não septadas); **L**. Fragmento de esporocarpio correspondente a agregados de esporos, que são características de fungos micorrízicos. Esta estrutura é correspondente a ilustrada na figura 7.G.

Foi possível observar, através dos espécimes de *Portalites* apresentando distintos estágios ontogenéticos, bem como a fragmentos de hifas encontrados no material, que o gênero tem provável correspondência com fungos micorrízicos. São raros os espécimes apresentando processos de germinação, possivelmente devido ao processo de transformação dos ambientes turfários em carvão, comprometendo a preservação destes processos, mas fica evidente que estes ambientes são favoráveis a germinação dos fungos micorrízicos, como observado no ambiente de mata paludosa, proveniente do material de amostras superficiais pertencentes à Planície Costeira Sul Catarinense (PCSC).

Como mencionado anteriormente, os fungos Micorrízicos formam associações com a maioria das plantas. A natureza das associações encontradas no material da Bacia do Paraná em relação ao material da Bacia do Amazonas revela que o gênero *Portalites* forma associações diferenciadas com as comunidades de plantas formadoras dos carvões do sul do país e ambientes distintos na Bacia do Amazonas. Isso é fato do ponto de vista dos registros dos esporomorfos. *Spelaeotriletes* é um gênero de esporo muito frequente, se não o mais frequente nas assembleias da Formação Monte Alegre aqui apresentadas. Na Bacia do Paraná, quando *Portalites* está presente, os gêneros de esporos mais comuns são *Lundbladispora* e *Punctatisporites* e, subordinadamente, *Deltoidospora*, *Horriditriletes*, *Cristatisporites* e *Leiotriletes*. Além desses, grãos de pólen (*Vittatina*) e algas Zignemataceae (*Tetraporina*) também são registrados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Microfósseis arredondados, de parede orgânica espessa ocorrem circunscritos às regiões gondwânicas, principalmente nos carvões e níveis associados da Bacia do Paraná, na Formação Rio Bonito no sul do país, mas também na Formação Monte Alegre, Bacia do Amazonas, comumente atribuídos às espécies do gênero *Portalites* Hemer & Nygreen 1967.
2. Os resultados da análise morfológica revelaram que a ornamentação da parede do esporo é fator crucial de distinção entre as espécies do gênero.
3. As formas ocorrem de maneira diferenciada em depósitos de idades entre o Mississipiano e o Permiano Inferior da Península Arábica, América do Sul (Argentina, Brasil e Uruguai), Austrália e África. Das três espécies registradas neste trabalho, *P. gondwanensis* é abundante na maioria das áreas. Sendo *P. baculus* e *P. confertus* em menor número.
4. São apresentados registros inéditos de: *P. baculus* na Bacia do Paraná, Formação Rio Bonito, Permiano Inferior; e *P. confertus* na Bacia do Amazonas, Formação Monte Alegre, Pennsylvaniano.
5. As associações encontradas no material da Bacia do Paraná em relação ao material da Bacia do Amazonas revelam que o gênero *Portalites* estabelece associações diferenciadas com as comunidades de plantas formadoras dos carvões do sul do país e ambientes da Bacia do Amazonas, sendo *Lundbladispora* e *Punctatisporites* os gêneros de esporos mais frequentes na Formação Rio Bonito e *Spelaeotriletes* muito frequente na Formação Monte Alegre.
6. A afinidade biológica revelou que o gênero *Portalites* tem provável correspondência com fungos micorrízicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, S.F. 1973. **Recursos Minerais do Brasil**. 2 ed. São Paulo: Ed. Edgar Blucher, 2v. 754p.
- AGUIAR, S. 1987. **Fontes energéticas brasileiras – inventário/tecnologia: Turfa**. CHESF, Vol I e II, Rio de Janeiro.
- ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W. & BLACKWELL, M. 1996. **Introductory Mycology**. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 869p.
- ARAI, M. & RÖSLER, O. 1980. Poléns e Esporos Associados e Megafósseis Vegetais em S.J. do Triunfo, PR., Formação Rio Bonito (Permiano). Bol. IG. *Instituto de Geociências*, USP 11: 31-189.
- BAGYARAJ, D.J., 1991. Ecology of vesicular–arbuscular mycorrhizae. In: Arora, D.K., Rai, B., Mukerji, K.G. & Knudsen, G.R. (Eds.) **Handbook of applied micology: soil and plant**. New York. Marcel Dekker. v.1. pp.4–34.
- BALARINO, M.L. & GUTIÉRREZ, P.R. 2006. Palinología de la Formación Tasa Cuna (Pérmico Inferior), Córdoba, Argentina: sistemática y consideraciones bioestratigráficas. *Ameghiniana* 43: 437-460.
- BERI, Á. & DANERS, G. 1998. Estudio palinológico de la perforación 201 (DI.NA.MI.GE), Pérmico, Uruguay. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geología)*, 94: 55-64.
- BERI, Á. & GOSO, C.A. 1996. Análisis palinológico y estratigráfico de la Fm. San Gregorio (Pérmico Inferior) en el área de los Cerros Guazunambí, Cerro Largo, Uruguay. *Revista Española de Micropaleontología* 28: 67-79.
- BERI, Á. 1988. Estudio sistemático del contenido palinológico de una muestra de la Formación Tres Islas (Pérmico Inferior) del Uruguay. *Paula-Coutiana* 3: 27-48.
- BERI, Á., GUTIÉRREZ, P.R., CERNUSCHI, F. & BALARINO, L. 2006. Palinología del Pérmico Inferior en la perforación CLS-24 (Formación San Gregorio), departamento de Cerro Largo, Uruguay. Parte 1: esporas. *Ameghiniana* 43: 227-244.
- BOARDMAN, D.R. 2011. Paleobotânica e palinologia dos depósitos eopermianos do paleovale Mariana Pimentel, Rio Grande do Sul, Brasil (Formação Rio Bonito, Bacia do Paraná): análise taxonômica e bioestratigráfica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Tese de Doutorado, 223 p.
- BOARDMAN, D.R.; SOUZA, P.A.; IANUZZI, R.; MORI, A.L.O. 2012. Paleobotany and palynology of the Rio Bonito formation (lower permian, Paraná Basin, Brazil) at the Quitéria outcrop. *Ameghiniana* - 2012 - Tomo 49(4): 451 – 47.
- BONFANTE, P., GENRE, A. 2008. Plants and arbuscular mycorrhizal fungi: an evolutionary-developmental perspective. *Trends in Plant Science* 13(9) 492-498.
- BONONI, V.L.R. & GRANDI, R.A.P. 1998. Introdução. In Zigomicetos, Basidiomicetos e Deuteromicetos: noções básicas de taxonomia e aplicações biotecnológicas.

(V.L.R. Bononi, org.). Instituto de Botânica, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, p. 13-15.

- BORGES, J. 1945. Turfa no ramal de São Paulo da Estrada de Ferro Central do Brasil, Brasil. Avulso. Divisão de Fomento da Produção Mineral. DNPM. Rio de Janeiro, n. 70, p. 1-23.
- BORTOLUZZI, C.A.; PICCOLI, A.E.M.; BOSSI, G.E.; GUERRA-SOMMER, M.; TOIGO, M.M.; PONS, M.E.H.; WOLF, M. & SILVA, Z.C.C. 1978. Pesquisa geológica na bacia carbonífera de Santa Catarina. *Pesquisas* 11: 33-192.
- BRUNDRETT, M. C. (2002). Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytologist* 154, 275–304.
- BURJACK, M. I. 1976. Estudo Palinológico da jazida Carbonífera de Charqueadas, Rio Grande do Sul, Brasil. Mestrado em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil. 188 p.
- CANCELLI, R.R. 2012. Evolução paleoambiental da Planície Costeira sulcatarinense (Lagoa do Sombrio) durante o Holoceno, com base em dados palinológicos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Tese de Doutorado, 185 p.
- CARREVEDO, M.L. 2010. Palinoestratigrafía y Palinofacies de la transición glacial-postglacial del Paleozoico Tardío en la Precordillera Sanjuanina, Argentina: Aspectos Paleoclimáticos, Paleobiológicos y Paleoambientales. Facultad de Ciências Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires, Tese de Doutoramento, 306 p.
- CAVALCANTE, U.M.T.; GOTO, B. T.; MAIA, L.C. 2009. Aspectos da simbiose micorrízica arbuscular. In: MOURA, R. M. ; MENEZES, M.; MARIANO, R. L. R (Eds). Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica. Recife: UFPE, *Imprensa Universitária*, v.6.
- CAZZULO-KLEPZIG M. 2001. Significado Paleoecológico de alguns palinomorfos ocorrentes nos carvões eopermianos do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. *Pesquisas em Geociências* 28: 81-97.
- CAZZULO-KLEPZIG, M. & MARQUES-TOIGO, M. 1998. Considerações taxonômicas e paleoecológicas sobre o Gênero Portalites no Gondwana Sul-Americano. *Revista Pesquisas* 25(2): 59-65
- CAZZULO-KLEPZIG, M.; DIAS-FABRÍCIO, M.E. & MARQUES-TOIGO, M. 1982. Palynological characterization of rocks associated to coal seams of Santa Rita coalfield, Rio Bonito and Palermo Formations, Paraná Basin, Permian, Rio Grande do Sul, Brazil. In: CONGRESSO GEOLOGICO CHILENO, 3, 1982. *Actas...*, *Concepcion*, p. 65-83.
- CAZZULO-KLEPZIG, M.; GUERRA-SOMMER, M. & MENEGAT, R. 2005. Palynology and Palaeobotany in the reconstruction of landscape units from the Candiota Coalfield, Permian of Paraná Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 81(1):83-98.
- CAZZULO-KLEPZIG, M.; MENDONÇA FILHO, J. G.; GUERRA-SOMMER, M.; MENEZES, T.; SIMAS, M.; MENDONÇA, J. & DEGANI-SCHMIDT, I. 2009. Effect of volcanic ash-fall on a Permian peat-forming environment, on the basis of

- palynology, palynofacies and paleobotany (Faxinal Coalfield, Brazil). *Revista Brasileira de Paleontologia* 12: 179-194.
- CÉSARI, S.N.; ARCHANGELSKY, S. & SEOANE, L.V. 1995. Palinología del Paleozoico Superior de la perforación Las Mochas, Provincia de Santa Fe, Argentina. *Ameghiniana* 32: 73-106.
- CÉSARI, S.N. & GUTIÉRREZ, P.R. 1984. Microflora de la localidad de Los Mogotes Colorados (Paleozoico Superior), Cuenca Paganzo, República Argentina. Paleobotânica e Palinologia na América do Sul, IV Reunião de Paleobot. e Palin. (1983), *Boletim Inst. Geoc.*, Univ. São Paulo, 15:20-31.
- CÉSARI, S.N. & GUTIERREZ, P.R., 2000. Palynostratigraphy of upper Paleozoic sequences in central-western Argentina. *Palynology* 24: 113-146.
- CÉSARI, S.N. & Vázquez Nístico, B. 1988. Palinología de la Formación Guandacol (Carbonífero), Provincia de San Juan, República Argentina. *Rev. Esp. Micropaleontología* 20: 39-58.
- CÉSARI, S.N. 1985. Palinología de la Formación Tupe (Paleozoico Superior) Sierra de Maz, Provincia de La Rioja. Parte 2. *Ameghiniana* 22(3-4): 197-212.
- CORADIN, J. H. 2010. Modelagem matemática do crescimento de fungos filamentosos sobre superfícies úmidas e nutritivas em contato com o ar. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Engenharia Química, 141 p.
- CORRÊA DA SILVA, Z. C.; MARQUES-TOIGO, M.; CAZZULO-KLEPZIG, M.; PAIM, P. S. E. G.; DIAS-FABRÍCIO, M. E. D. & HENZ, G. I. 1982. Características petrográficas e Palinológicas do perfil das camadas de carvão na Sondagem P4, Bacia Carbonífera de Santa Rita-RS. In: XXXII Congresso de Geologia, 1982, Salvador-Bahia. *Anais*, Salvador, 1982 4: 1271-1283.
- CORRÊA da SILVA, Z. C.; BORTOLUZZI, C.A.; CAZZULO-KLEPZIG, M.; DIAS-FABRÍCIO, M. E.; GUERRA-SOMMER, M.; MARQUES-TOIGO, M.; PAIM, P.S.G., PICOLLI, A.E.M. & SILVA FILHO, B.C. 1984. Geology of Santa Rita Coal Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *International Journal of Coal Geology*. 3: 383-400.
- CORRÊA DA SILVA, Z.C. & MARQUES-TOIGO, M. 1985. Considerações petrológicas e palinológicas sobre a camada Candiota, jazida carbonífera de Candiota. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2, 1985. *Actas, Florianópolis*, SBG, p. 432-488.
- CORRÊA DA SILVA, Z.C.; ARAÚJO, C.V.; CAZZULO-KLEPZIG, M. & MARQUES-TOIGO, M. 1996. Fácies orgânica, maturação e ambiente deposicional do carvão coletado na sondagem 2-AO-01-RS, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Latino-Americana de Geoquímica Orgânica*, 2: 39-54.
- CRUZ, N.M. 2004. Acritarcos. In: Carvalho, I.S. (ed.). **Paleontologia**. v.1: 405-410. Editora Interciência, Rio de Janeiro.
- DI PASQUO, M. Y C.L. AZCUY 1997. Palinología del Grupo Mandiyutí, Carbonífero Superior, Cuenca Tarija, Argentina. 10º Congreso Geológico Chileno (Antofagasta), *Actas* 1: 475-479.

- DI PASQUO, M., VERGEL, M.M., AZCUY, C.L., 2010. Pennsylvanian and Cisuralian palynofloras from the Los Sauces area, La Rioja Province, Argentina: chronological and paleoecological significance. *International Journal of Coal Geology* 83, 276–291.
- DI PASQUO, M.M. 1999. Palinologia , bioestratigrafia y correlacion de las asociaciones presentes en los Grupos Machareti y Mandiyuti, Neopaleozoico de Argentina. Buenos Aires: inédito (Tese de Doutoramento, Universidade de Buenos Aires), 480p.
- DIAS FABRÍCIO, M.A. 1981. Palinologia da Formação Rio Bonito na Área de Gravataí - Morungava, Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, 14: 69-130.
- DIAS FABRÍCIO, M.A. 1983. Micrósporos da Bacia Carbonífera de Gravataí - Morungava, Permiano da Bacia do Paraná, Rio Grande do Sul, Brasil. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1, 1983. *Atas SBG*, Porto Alegre, p. 170-183.
- DIAS, M. E. R. 1993. Palinologia do GrupoltararénaPorção Centro-Sul do Rio Grande do Sul, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil. *Pesquisas* 20(2): 119-131.
- DUGAN, F.M. 2006. The identification of fungi. An Illustrated introduction with keys, glossary and guide to literature. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota.
- ELSIK, W.C., 1996. Chapter 10. Fungi. In: Jansonius, J., McGregor, D.C. (Eds.), **Palynology: Principles and Applications**, vol. 1. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Dallas, pp. 293-305.
- EVITT, W.R. 1963. A discussion and proposals concerning fossil dinoflagellates, hystrichospheres, and acritarchs, II. *National Academy of Sciences*, 49: 158-164.
- FÉLIX, C.M. 2012. Nova abordagem para o tratamento taxonômico de determinadas espécies de palinóforos do Paleozoico Superior do Gondwana, com ênfase na Bacia do Paraná, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Tese de Doutorado, Porto Alegre, 206 p.
- FENSOME, R.A., WILLIAMS, G.L., BARSS, M.S., FREEMAN, J.M. & Hill, J.M. 1990. Acritarchs and fossil prasinophytes: an index to genera species and infraspecific taxa. *American Association of Stntigraphic Palynologists*, Contributions Series, 25, 771 p.
- FERREIRA, E.P.; CARVALHO, M.A. & VIVIERS, M.C. 2005. Palinologia (Fungos) da Formação Calumbi, Paleoceno da Bacia de Sergipe, Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, 63(3): 395-410.
- GAMERRO, J.C. & ARCHANGELSKY, S. 1981. Hallazgo de palinóforos pérmicos en sedimentitas de la Formación Piedra Shotel, Estancia La Casilda y en la perforación Cañadón Pastos Blancos (YPF Ch CPB es-1), Chubut, Argentina. 2º Congresso Latinoamericano de Paleontología (Porto Alegre), *Anais* 1: 169-179.
- GARCÍA, G. 1996. Palinología de la Formación El Imperial, Paleozoico Superior, Cuenca San Rafael, República Argentina. Parte II: granos de polen incertae sedis, acritarcas. *Ameghiniana* 33: 7-34.

- GOTO, B.T.; SILVA, G. A.; YANO-MELO, A. M.; MAIA, L. C. 2010. Checklist of the arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) in the Brazilian semiarid. *Mycotaxon*, v.113, p.251–254.
- GRANDI, R.A.P. 1998. Hyphomycetes decompositores do folheto de *Alchornea triplinervea* (Spreng.) Mull. Arg. *Hoehnea* 25(2): 133-148.
- GUERRA-SOMMER, M.; MARQUES-TOIGO, M. & CORRÊA da SILVA, Z.C. 1991. Original Biomass and Coal Deposition In Southern Brazil) Lower Permian, Parana Basin). *Bulletin Societe Geologique de France*, França, 162(2): 227-237.
- GUERRA-SOMMER, M.; MARQUES-TOIGO, M.; PAIM, P. S. G.; HENZ, G. I.; SILVEIRA, J. B. R. & BACKHEUSER, Y. 1984. Estudo microflorístico e petrológico dos carvões da Mina do Faxinal, Formação Rio Bonito (Permiano) RS. *Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo*, v. 15, p. 73-83.
- GUTIÉRREZ, P.R. & CÉSARI, S.N. 1988. Nuevas microfloras de la Formación Lagares (Carbonífero), provincia de La Rioja, República Argentina. *Ameghiniana*, 25: 85-96.
- GUTIÉRREZ, P.R., BALARINO, M.L., ESCAPA, I. & CÚNEO, R. 2007. Formación Río Genoa (Pérmico Inferior, Cuenca Tepuel-Genoa, Chubut): nuevos datos sobre su contenido palinológico. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"*, nueva serie 2: 125-152.
- GUTIÉRREZ, P.R., BERI, Á., BALARINO, M.L., CERNUSCHI, F., 2006. Palinología del Pérmico Inferior en la perforación CLS-24 (Cerro Largo Sur), departamento de Cerro Largo, Uruguay. Parte II: granos de polen. *Ameghiniana* 43, 611–635.
- GUTIÉRREZ, P.R., CORREA, G.A., CARREVEDO, M.L., 2010. Primer registro de palinomorfos de edad pérmica en la Formación Río Francia (Paleozoico Superior, San Juan, Argentina). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 12, 203–216.
- HAWKSWORTH, D.L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycological Research* 95: 641-655.
- HAWKSWORTH, D.L.; KIRK, P.M.; SUTTON, B.C. & PEGLER, D.N. 1995. **Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi**. 8.ed. Oxon, UK, CAB International, 650p.
- HEMER, D.O. & NYGREEN, P.W. 1967. Algae, acritarchs and other microfossils incertae sedis from the Lower Carboniferous of Saudi Arabia. *Micropaleontology*, 13(2): 183-194.
- HYDE, K.D. & HAWKSWORTH, D.L. 1997. Measuring and Monitoring the Biodiversity of Microfungi. In *Biodiversity of Tropical Microfungi*. (K.D. Hyde Ed.). Hong Kong University Press, Hong Kong, p.11-28.
- JÁSPER, A., MENEGAT, R., GUERRA-SOMMER, M., CAZZULO-KLEPZIG, M. & SOUZA, P.A. 2006. Depositional cyclicity and paleoecological variability in an outcrop of Rio Bonito Formation, Early Permian, Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 21(2):276-293.
- KENRICK, P. & CRANE, P. R. 1997. The origin and early diversification of land plants: a cladistic study. *Smithsonian Institution Press*, Washington, D.C., 441 pp.

- KIRK, P.M., CANNON, P.F., DAVID, J.C. & STALPERS, J.A. 2001. **Ainsworth and Bisby's Dictionary of the fungi**, 9th ed. CABI, Wallingford. 650p.
- LEIPNITZ, B. 1981. Estudo palinológico da Formação Palermo, Estado de Santa Catarina, Permiano, Bacia do Paraná, Brasil. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado, 141 p.
- LONGHIM, M.E. 2007. Palinostratigrafia na passagem do Grupo Itararé ao Guatá (Carbonífero-Permiano), no sul do Estado do Paraná e norte do Estado de Santa Catarina, borda leste da Bacia do Paraná. Programa de Pós-graduação em Geologia Regional, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Tese de Doutorado, 165 p.
- MAIA, L.C. 2003. Coleções de fungos nos herbários brasileiros: estudo preliminar. In Coleções Biológicas de apoio ao inventário, uso sustentável e conservação da Biodiversidade. (A.L. Peixoto, org). *Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, p. 21-40.
- MARQUES-TOIGO, M. 1988. Palinologia, bioestratigrafia e paleoecologia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Brasil. Doctoral Thesis, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- MARQUES-TOIGO, M. & CORRÊA DA SILVA, Z.C. 1984. On the origin of Gondwanic South Brazilian coal measures. *Comunicações do Serviço Geológico de Portugal*, 70(2): 151-160.
- MARQUES-TOIGO, M. & PONS, M.E. 1974. Estudopalínológico do furo de sondagem P7 malhaoeste da BaciaCarboníferadolruí, RS - Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, XXVIII, 1974. *Anais SBG*, Porto Alegre, p. 503-515.
- MARQUES-TOIGO, M., CORRÊA DA SILVA, Z. & HERTER, G. G. 1975. Geology and Palynology of Candiota Coal Mine, RS, Brazil. In: PRIMER CONGRESSO ARGENTINO DE PALEONTOLOGIA Y BIOESTRATIGRAFIA, Tucuman. Actas I, 401-427.
- MARQUES-TOIGO, M.; CAZZULO-KLEPZIG, M. & DIAS-FABRÍCIO, M.E. 1981. Interpretação da análise palinológica de camadas de carvão da área de Marins (PR), Paleozóico da Bacia do Paraná, Brasil. In: 3º SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1981. Curitiba, Atas 2, p. 322-335.
- MARQUES-TOIGO, M.; CAZZULO-KLEPZIG, M. & DIAS-FABRÍCIO, M.E. 1981. Interpretação da análise palinológica de camadas de carvão da área de Marins (PR), Paleozóico da Bacia do Paraná, Brasil. In: 3º Simpósio Regional de Geologia, 1981. Curitiba, Atas 2: 322-335.
- MARQUES-TOIGO, M.; DIAS-FABRÍCIO, M.E. & CAZZULO-KLEPZIG, M. 1982. Palynological and paleoecological characterization of Santa Rita Coalfield, Rio Grande do Sul, Paraná Basin, Lower Permian of Southern Brazil. *Acta Geológica Leopoldensia*, 16: 55-74.
- MARQUES-TOIGO, M.; DIAS-FABRÍCIO, M.E. & CAZZULO-KLEPZIG, M. 1984. A sucessão da Microflora nas Camadas de carvão da Bacia Carbonífera de

Charqueadas- Formação Rio Bonito, RS, Brasil. *Boletim do Instituto de Geociências-USP*, v. 15, p. 65-72.

- MAUTINO, L., ANZÓTEGUI, L. & VERGEL, M. 1998. Palinología de la Formación Melo (Pérmico Inferior) en Arroyo Seco, departamento Rivera, República Oriental del Uruguay. Parte V: granos de polen, acritarcas e incertae sedis. *Ameghiniana* 35: 299-314.
- MEYER K.B. 1999. Caracterização palinológica das camadas de carvão da Malha IV, Candiota, RS, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado, 112 p.
- MEYER, K.E.B. & MARQUES-TOIGO, M. 2000. O significado paleoambiental da microflora dos carvões da malha IV, mina de Candiota, RS, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil. *Revista Universidade Guarulhos, Geociências*, V (volume especial): 17-20.
- MILANI, E.J. 1997. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-oriental. Doctoral Thesis, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- MILANI, E.J., MELO, J.H.G, SOUZA, P.A., FERNANDES, L.A. & FRANÇA, A.B. 2007. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15(2): 265-287.
- MODIE B.N & LE HÉRISSE A. 2009 Late Palaeozoic palynomorphs assemblages from the Karoo Supergroup and their potential for biostratigraphic correlation, Kalahari Karoo Basin, Bostwana. *Bulletins of Geoscience* 84 (2) 337-358.
- MORI, A. L. O. & SOUZA, P. A. 2010. Palinologia das formações Rio Bonito e Palermo (Permiano Inferior, Bacia do Paraná) em Candiota, Rio Grande do Sul, Brasil: novos dados e implicações bioestratigráficas. *Ameghiniana* 47: 61-78.
- MORI, A.L.O. 2010. Análise palinoestratigráfica de depósitos permianos da Bacia do Paraná no sul do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: uma nova proposta bioestratigráfica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Tese de Doutorado, 289 p.
- NAHUYS, J., ALPERN, B. & YBERT, J.P. 1968. Estudo palinológico e petrográfico de alguns carvões do sul do Brasil. *Boletim Técnico do Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul*, 46: 3-61.
- OEHL, F.; SOUZA, F.A.; SIEVERDING, E. 2008. Revision of Scutellospora and description of five new genera and three new families in the arbuscular mycorrhiza forming Glomeromycetes. *Mycotaxon*, v.106, p.311-360.
- OTTONE, E.G. 1989. Palynoflores de la Formation Santa Máxima, Paléozoïque Supérieur, République Argentine. *Palaeontographica* B 231: 89-117.
- PACHECO, E. T. 2008. Estudo do Beneficiamento a Seco do carvão da Mina de Candiota – RS (Tese de Doutorado) Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM), Porto Alegre.

- PÉREZ LOINAZE, V. & CÉSARI, S. 2004. Palynology of the Estratos de Mascasín, Upper Carboniferous, Paganzo Basin, Argentina: systematic descriptions and stratigraphic considerations. *Revista Española de Micropaleontología* 36: 407-438.
- PETRI, S. & SOUZA, P.A. 1993. Síntese dos conhecimentos e novas concepções sobre a bioestratigrafia do Subgrupoltararé, Bacia do Paraná, Brasil. *Revista do Instituto Geológico*, 14: 7–18.
- PICARELLI, A.T. & MARQUES-TOIGO, M. 1983. Estudo Palinológico das Camadas de Carvão S2 e I na sondagem D 112, Minas do Leão, RS, Brasil. In: Diógenes de Almeida Campos, Cândido Simões Ferreira; Ignácio Machado Brito; Cleantho Fialho Viana.
- PICARELLI, A.T.; DIAS FABRÍCIO, M.A. & CAZZULO-KLEPZIG, M. 1987. Considerações sobre a Paleocologia e a Palinologia da Jazida Carbonífera de Santa Terezinha, RS, Brasil – Permiano da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, III, Curitiba, 1987. *Atas. SBG*, p. 351-372.
- PICCOLI, A. E. M. ; HOLZ, M. ; SARTURI, J. A. D. 1984. Evolução Paleogeográfica da Bacia Carbonífera de Charqueadas-Santa Rita, Rs. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro. *Anais do Congresso. RIO DE JANEIRO, SBG-RJ*, v. 1. p. 983-992.
- PICCOLI, A.E.M.; MENEGAT, R.; GUERRA-SOMMER, M.; MARQUES-TOIGO, M. & PORCHER, C.C. 1991. Faciologia da seqüência sedimentar das folhas de Quitéria e Várzea do Capivarita, Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, 18(1): 31-43.
- PIROZINSKI, K. A. DALPÉ, Y. Geological history of the Glomaceae with particular reference to mycorrhizal symbiosis. *Symbiosis*, v.7, p.1-36,1989.
- PLAYFORD, G. & DINO, R. 2000. Palynostratigraphy of upper Palaeozoic strata (Tapajós Group), Amazonas Basin, Brazil: Part two. *Palaeontographica Abteilung* 255: 87-145.
- PONS, M.E. 1976. Estudo palinológico do Sub-Grupo Itararé na “Coluna White”, Permiano Inferior, Santa Catarina, Brasil. II Parte. *Ameghiniana*, XIII(3-4):235-253.
- PONS, M.E. 1976. Estudo palinológico do Sub-Grupoltararé na “Coluna White”, Permiano Inferior, Santa Catarina, Brasil. II Parte. *Ameghiniana*, XIII(3-4):235-253.
- PUTZKE, J. & PUTZKE, M. T.L. 2004. **Os Reinos dos Fungos**. 2ªed. Vol. 1. EDUNISC, Santa Cruz do Sul, 605p.
- REDECKER D., MORTON J.B. & BRUNS T.D. 2000. Ancestral lineages of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales). *Molec. Phylogenet. Evol.* 14: 276–284.
- SCHNEIDER, R.L., MÜHLMANN, H., TOMMASI, E., MEDEIROS, R.A., DAEMON, R.F. & NOGUEIRA, A.A. 1974. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, SBG, v.1, p. 41-66.
- SCHUSSLER A., SCHWARTZOTT D. & WALKER C. 2001. A new phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research* 105: 1413-1421.
- SCHUSSLER, A., SCHWARZOTT, D. & WALKER, C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research* 105: 1413-1421.

- SEGROVES, K.L. 1967. Cutinized microfossils of probable nonvascular origin from the Permian of Western Australia. *Micropaleontology*, 13(3): 289-305.
- SERVAIS, T. 1996. Some considerations on Acritarcha classification. Review of *Palaeobotany and Palynology*, 93:9-22.
- SILVEIRA, V.D. 1996. Micologia. 5.ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 332p.
- SIQUEIRA, J.O. 1994. Micorrizas arbusculares. In: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Ed.). *Microrganismos de importância agrícola. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*, p. 151-194.
- SMANIOTTO, L.P., FISCHER, T.V., SOUZA, P.A. & IANNUZZI, R. 2006. Palinologia do Morro Papaléo, Mariana Pimentel (Permiano Inferior, Bacia do Paraná), Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 9(3):311-322.
- SMITH, S.E. & READ, D.J. 2008. Mycorrhizal symbiosis. 3.ed. London, Academic Press, 785p.
- SMITH, S.E.; READ, D.J. 1997. **Micorrhizal symbiosis**. Academic Press, London. 2ed.
- SOUZA, A.Q.L. 2006. Potencial Genético e Químico dos Endófitos de *Murraya paniculata* L.(Jack). D.Sc. Thesis, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo.
- SOUZA, F.A. DE; SILVA, E.M.R. 1996. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J.O. (Ed.). *Avanços em fundamentos e aplicação demicorrizas. Lavras: UFLA-DCS/DCF*, p. 255-290.
- SOUZA, P.A. 2000. Palinobioestratigrafia do Subgrupo Itararé, Carbonífero/Permiano, na porção nordeste da Bacia do Paraná (SP/PR, Brasil). Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 199 p.
- SOUZA, P.A. 2003. New Palynological data of the Itararé Subgroup from the Buri Coal (Late Carboniferous, Paraná Basin), São Paulo State, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 5:49-58.
- SOUZA, P.A. & CALLEGARI, L.M. 2004. An Early Permian palynoflora from the Itararé Subgroup, Paraná Basin, Brazil. *Revista Española de Micropaleontología*, 36(3):439-450.
- TAPPAN, H. 1980. **The Paleobiology of Plant Protists**. W.H. Freeman and Company, San Francisco, U.S.A. 1028 p.
- TAYLOR T.N, TAYLOR E.L, KRINGS M. 2009. **Paleobotany. The biology and evolution of fossil plants**. Elsevier/Academic Press Inc., Burlington MA, London, San Diego CA, New York NY, USA.
- TIBBETS, T.E., FRASER, J.A. 1978. The utilization of Canadian peat as an alternative energy source. C.I.M. *Bulletin*, p. 107-111.
- TOLEDO, L.M.A. 1999. Considerações sobre a turfa no Brasil. *Akrópolis - Revista de Ciências Humanas da UNIPAR*, vol. 7, n. 28, p. 27- 41. Disponível em: <<http://revistas.unipar.br/akropolis/article/viewFile/1765/1534>>. Acesso em: 10 abr. 2014.

- TORSVIK, T.H. & COCKS, L.R.M. 2004. Earth geography from 400 to 250 Ma: a palaeomagnetic, faunal and facies review. *Journal of the Geological Society*, 161: 555-572.
- TRAVERSE, A., 2007. **Paleopalynology**. Dordrecht: Springer, 2ª ed., 813 p.
- VAZQUEZ NÍSTICO, B. & CÉSARI, S.N. 1987. Nuevos elementos paleoflorísticos de la Formación Guandacol (Carbonífero) en la Cuesta de Huaco, provincia de San Juan. 7º Simposio de Paleobotánica y Palinología (Buenos Aires). *Actas* 1: 71-74.
- VERGEL, M.M. & LUNA, F. 1992. Registros palinológicos en sedimentos del Neopaleozoico de la Sierra de Paimán, La Rioja, Argentina. *Acta Geológica Lilloana* 17: 161-168.
- VERGEL, M.M. 1987b. Palinología del Paleozoico Superior en la perforación YPF J1 (Josefina), Provincia de Santa Fe, Argentina. II. Anteturma Variegerminantes, grupo Acritarcha e incertae sedis. *Ameghiniana* 24: 67-80.
- VERGEL, M.M., 1987a. Consideraciones sobre el contenido microflorístico de la perforación YPF SE AB Paleozoico Superior, Arbol Blanco, provincia de Santiago Del Estero, Argentina. VII Simposio Argentino de Paleobotánica e Palinología, *Actas*. Buenos Aires, 13-15 abril, 1987.
- WAKSMAN, S.A. 1942. The peats of New Jersey and their utilization. New Jersey, Geologic Series, *Bulletin, New Jersey*, n. 55.
- WEBER, D.J. & HESS, W.M. 1976. **The Fungal Spore: Form and Function**. Wiley, New York. 2v. 895p.
- WESCHENFELDER, J., KIRCHHEIM, R.E. SCHERER, C.M.S. & CAZZULO-KLEPZIG, M. 1994. Ocorrência de rochas sedimentares Gondwânicas Eo-Permianas sobre a borda leste do escudo sul-rio-grandense. *Acta Geológica Leopoldensia*, 39(2):599-614.
- WHITTAKER, R. 1969. New concepts of kingdoms or Organisms: Evolutionary relations are better represented by new Classifications than by the traditional two Kingdoms" in *Science*, 163: 150-160.
- WHITTAKER, R.W. 1975. **Communities and ecosystems**. Macmillan, New York, 2ed.,385 pp.
- YBERT, J.P. 1975. Étude des miospores du Basin Houiller de Candiota-Hulha Negra, Rio Grande do Sul, Bresil. *Pesquisas*, 5:181-226.