

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**PALINOLOGIA E PALEOAMBIENTES DO GRUPO
ITARARÉ E DA FORMAÇÃO RIO BONITO (POÇO ST-01-
RS, CACHOEIRA DO SUL, RS, BRASIL), PERMIANO
INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ**

MARCELO GUGLIELMI LEITE

ORIENTADOR - Prof. Dr. Paulo Alves de Souza

Porto Alegre - 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitor: Jane Fraga Tutikian

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Diretor: André Sampaio Mexias

Vice-Diretor: Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Leite, Marcelo Guglielmi

Palinologia e paleoambientes do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito (Poço ST-01-RS, Cachoeira do Sul, RS, Brasil), Permiano Inferior da Bacia do Paraná / Marcelo Guglielmi Leite. – 2017.

96 f. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS, Porto Alegre, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alves de Souza.

1. Palinologia. 2. Paleoambientes. 3. Formação Rio Bonito.
4. Grupo Itararé. 5. Permiano Inferior. 6. Bacia do Paraná. I. Souza, Paulo Alves de. II. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
III. Título.

CDD 56

Catálogo na Publicação
Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS
Sibila F. T. Binotto CRB 10/1743

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**PALINOLOGIA E PALEOAMBIENTES DO GRUPO
ITARARÉ E DA FORMAÇÃO RIO BONITO (POÇO ST-01-
RS, CACHOEIRA DO SUL, RS, BRASIL), PERMIANO
INFERIOR DA BACIA DO PARANÁ**

MARCELO GUGLIELMI LEITE

ORIENTADOR - Prof. Dr. Paulo Alves de Souza

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Mercedes di Pasquo - Consejo de Investigaciones Técnicas y Científicas (CONICET), Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia a la Producción, Universidad Autónoma de Entre Ríos, Argentina

Prof. Dr. Roberto Iannuzzi - Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dra. Daiana Rockenbach Boardman - Fundação de Apoio à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (FAURGS)

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre - 2017

Dedico à memória de minha avó, Anita, e ao meu filho Érico, dois grandes pequenos seres recheados de amor com quem pude conviver e convivo. Muito obrigado!

“Uma revolução tem de ser científica, ou não é ...estamos arando em terra fértil. Porque há com o que arar: há povo, há força, há amor, há paixão....”

Hugo Rafael Chávez Frias

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela infraestrutura, corpo docente, técnico e servidores administrativos e terceirizados, e também pela paciência e compreensão imprescindíveis que possibilitaram a conclusão desta dissertação. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado e à Companhia de Pesquisa de Recursos Mineiras - Serviço Geológico do Brasil (CPRM) pela cedência do material para processamento e análise.

De forma especial, agradeço e dedico este trabalho ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Alves de Souza, pela dedicação, paciência e perseverança no sucesso desta dissertação e pelo exemplo de pesquisador e professor, inclusive para mim, que sempre foi.

Agradeço a todos meus amigos e colegas do Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, pela amizade, companheirismo, discussões científicas produtivas e, também, porque não, afagos quando necessário em momentos de tensão. Em especial às colegas de sala Omaria, pelo inestimável companheirismo e auxílios com nomenclaturas botânicas e à Cris, pela amizade, apoio, conselhos e auxílio técnico e científico tanto no início como nos momentos decisivos deste empreitada. Agradeço à Daiana pelo apoio técnico e correções de formatação do texto. Agradeço também aos companheiros geógrafos Wagner e Lídia, que por isso, entendem-me de um jeito especial, e mais ao Eduardo, ao Fernando, ao Rafael, ao Bruno, ao Renato e ao Rodrigo pelos valorosos anos de convivência.

Agradeço, por fim, a todos os amigos que me incentivaram positivamente em todos os momentos, e, em especial, à minha família, meus pais, pelo amor, carinho, disciplina, ensinamentos e totais condições para que eu chegasse até aqui. Especialmente, gostaria de agradecer à Grazieli Madeira Vieira, minha parceira e companheira de vida e, ao nosso filho, Érico.

RESUMO

Análises palinológicas desenvolvidas com depósitos do Estado do Rio Grande do Sul estiveram, em sua maioria, relacionadas ao estudo das jazidas de carvão da Formação Rio Bonito, que resultaram na identificação de associações palinológicas vinculadas a formação de paleoturfeiras. O consequente reconhecimento das demais associações palinológicas da passagem entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito é menos detalhado, necessitando-se aprimorar os limites da paleovegetação e das palinozonas estabelecidas. Esta dissertação compreende a análise palinológica de níveis do poço ST-01-RS, localizado na região de Cachoeira do Sul, centro do Rio Grande do Sul. Um total de 25 (vinte e cinco) amostras de subsuperfície foi coletado, envolvendo o intervalo entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito. A análise palinológica permitiu a identificação de 28 gêneros de palinomorfos, dentre os quais 08 (oito) são relativos a esporos triletes acavados, 04 (quatro) a esporos triletes cavados cingulizados, 05 (cinco) relativos a grãos de pólen monossacados, 01 (um) a grão de pólen bissacado liso e 09 (nove) a grãos de pólen estriados e pré-colpados, enquanto 04 (quatro) formas são relacionadas a elementos constituintes do microplâncton (algas clorofíceas), 01 (um) gênero de esporo de fungo 01 (um) acritarco não determinado. As características quantitativas dos conjuntos palinológicos recuperados permitiram a proposição de 02 (duas) fases palinoflorísticas, designadas como Fase I, ocorrente entre as porções inferior e média do testemunho (Grupo Itararé) e Fase II, que abrange o topo do Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito. As distribuições dos táxons nas duas unidades revelaram que a Fase I representa uma paleovegetação herbácea composta predominantemente de Pteridospermopsida (esporos) em um ambiente com condições climáticas úmidas; espécimes de Gimnospermopsida (grãos de pólen) são subordinados. Durante a Fase II, a vegetação caracteriza-se por alterações parciais do contexto da Fase I, ainda com Pteridospermopsida dominantes, porém com maior participação da vegetação arborescente (Gimnospermopsida) em paleoambiente de clima úmido nas áreas mais baixas relacionadas aos corpos d'água provavelmente circundado por áreas mais elevadas cobertas por representante de Gimnospermopsida. Em ambas as fases, algas e esporos de fungos são escassos. O Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito apresentam

conjuntos palinológicos semelhantes, com variações nas proporções entre gêneros de uma unidade para a outra, bem como registrado em outros trabalhos realizados em depósitos do Rio Grande do Sul, o que demonstra a existência de discretas e locais variações paleoclimáticas e paleoambientais.

Palavras-chave: Palinologia, Permiano Inferior da Bacia do Paraná, Grupo Itararé, Formação Rio Bonito, paleoambientes.

ABSTRACT

Palynological analysis developed with deposits in the State of Rio Grande do Sul were mostly related to the study of the coal deposits of the Rio Bonito Formation, which resulted in the identification of palynological associations related to paleo peat-forming. The consequent recognition of the other palynological associations of the passage between the Itararé Group and the Rio Bonito Formation is less detailed and it is necessary to improve the limits of the palaeovegetation and palinozones established. This dissertation comprises the palynological study of levels of well ST-01-RS, located in the region of Cachoeira do Sul, central Rio Grande do Sul state. A total of 25 (twenty-five) subsurface samples were collected, involving the interval between the Itararé Group and the Rio Bonito Formation. The palynological analysis allowed the identification of 29 (twenty-nine) genera of palynomorphs, of which 08 (eight) were related to trilete spores, 05 (five) related to monosacted pollen grains, 01 (one) the grain of laevigati pollen grains and 09 (nine) pollen grains are praecolpati, while 04 (four) forms are related to constituent elements of the microplankton (algae), 01 (one) genus of fungi spore and 01 (one) acritarch not determined. The quantitative characteristics of the recovered palynological assemblages allowed the proposition of 02 (two) palinofloristic phases, designated as Phase I, occurring between the lower and middle portions of the well (Itararé Group) and Phase II, which covers the top of the Itararé Group and Rio Bonito Formation. The distributions of the taxa in the two units revealed that Phase I presents an herbaceous paleovegetation composed predominantly of Pteridospermopsida (spores) in an environment with humid climatic conditions; specimens of Gimnospermopsida (pollen grains) are subordinate. During Phase II, vegetation is characterized by partial alterations of the Phase I context, still with dominant Pteridospermopsida, but with an increase of the arborescent vegetation (Gimnospermopsida) in a humid climate paleoenvironment in the lower areas related to probably circled water bodies by higher areas covered by representative of Gymnospermopsida. In both phases, algae and fungi spores are scarce. The Itararé Group and the Rio Bonito Formation have similar palynological assemblages, with variations in the proportions between genera from one unit to the other, as well as recorded in other studies carried out in

Rio Grande do Sul deposits, which demonstrates the existence of discrete and locally paleoclimatic and paleoenvironmental changes.

Key words: Palynology, Permian of the Paraná Basin, Itararé Group, Rio Bonito Formation, paleoenvironments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização e descrição do testemunho de sondagem ST-01-RS (A) e perfil litoestratigráfico com indicação dos níveis amostrados, profundidades e códigos das lâminas palinológicas (B).

Figura 2. Subdivisão estratigráfica da Bacia do Paraná (A) e localização da Bacia do Paraná na América do Sul (B) (modificado de Milani, 1997).

Figura 3. Detalhe das unidades constituintes da Supersequência Gondwana I (modificado de Souza & Milani, 2007).

Figura 4. Quadro comparativo entre os principais zoneamentos palinoestratigráficos da Bacia do Paraná (modificado de Mori, 2010).

Figura 5. Fotomicrografia dos táxons selecionados no Grupo Itataré e na Formação Rio Bonito no poço ST-01-RS. Em parênteses, o código das lâminas e as coordenadas *England Finder*. **A**, *Calamospora liquida* (MP-P 8126, U43); **B**, *Calamospora* sp. (MP-P 8110, D43); **C**, *Punctatisporites gretensis* (MP-P 8121, N37); **D**, *Leiotriletes* sp. (MP-P 8121, W38-3); **E**, *Cyclogranisporites gondwanensis* (MP-P 8120, S56-4); **F**, *Cyclogranisporites* sp. (MP-P 8125, S50); **G**, *Granulatisporites austroamericanus* (MP-P 8111, L58); **H**, *Granulatisporites austroamericanus* (MP-P 8119, F52-3); **I**, *Converrucosisporites confluens* (MP-P 8113, T61).

Figura 6. Fotomicrografias dos táxons selecionados no Grupo Itataré e na Formação Rio Bonito no poço ST-01-RS. Em parênteses, o código das lâminas e as coordenadas *England Finder*. **A**, *Verrucosisporites* spp. (MP-P 8125, E42-1); **B**, *Brevitriletes irregularis* (MP-P 8120, S53); **C**, *Lophotriletes* spp. (MP-P 8122, G-35); **D**, *Horriditriletes* sp. (MP-P 8107, U-53); **E**, *Apiculatisporites* sp. (MP-P 8105, N32); **F**, **G**; *Lundbladispora braziliensis* (MP-P 8129, M40-3); (MP-P 8122, Q41); **H**, *Lundbladispora riobonitensis* (MP-P 8111, B55-4); **I**, *Kraeuselisporites* sp. (MP-P 8129, G39-2); **J**, *Cristatisporites inconstans* (MP-P 8128, G39); **K**, **L**; *allatisporites spinosus* (MP-P 8122, D44); (MP-P 8107, V57-2).

Figura 7. Fotomicrografias dos táxons selecionados no Grupo Itataré e na Formação Rio Bonito no poço ST-01-RS. Em parênteses, o código das lâminas e as coordenadas

England Finder. **A, B**; *Cannanoropollis janakii* (MP-P 8102, N32); (MP-P 8103, Q44-4); **C**, *Cannanoropollis perfectus* (MP-P 8107, N45); **D, E**; *Cannanoropollis densus* (MP-P 8119, O55-3); (MP-P 8124, E52); **F**, *Cannanoropollis trigonalis* (MP-P 8107, N48); **G**, *Divarisaccus* sp. (MP-P 8113, R60-2); **H**, *Caheniasaccites flavatus* (MP-P 8126, H57); **I**, *Caheniasaccites* sp. (MP-P 8123, U49); **J**, *Potonieisporites lelei* (MP-P 8119, M47-2); **K**, *Potonieisporites methoris* (MP-P 8102, P39-4); **L**, *Potonieisporites novicus*. (MP-P 8107, N46).

Figura 8. Fotomicrografias dos táxons selecionados no Grupo Itataré e na Formação Rio Bonito no poço ST-01-RS. Em parênteses, o código das lâminas e as coordenadas *England Finder*. **A**, *Vesicaspora* sp. (MP-P 8113, K62); **B**, *Mabuitasaccites striatus* (MP-P 8118, V59-1); **C**, *Limitisporites rectus* (MP-P 8119, L48); **D**, *Limitisporites* sp. (MP-P 8111, S58-4); **E**, *Lunatisporites varieseclusus* (MP-P 8125, J52-2) **F**, *Protohaploxypinus limpidus* (MP-P 8112, W53-4); **G**, *Protohaploxypinus* sp. (MP-P 8125, J52-2); **H**, *Hamiapollenites fusiformis* (MP-P 8118, P58-2); **I**, *Striatopodocarpites* sp. (MP-P 8124, N46-3); **J**, *Striatoabieites multistriatus* (MP-P 8122, M43-1); **K**, *Illinites unicus* (MP-P 8128, N42); **L**, *Vittatina costabilis* (MP-P 8120, J47).

Figura 9. Fotomicrografias dos táxons selecionados no Grupo Itataré e na Formação Rio Bonito no poço ST-01-RS. Em parênteses, o código das lâminas e as coordenadas *England Finder*. **A**, *Vittatina subsaccata* (MP-P 8107, T43); **B**, *Vittatina saccata* (MP-P 8112, E56-1); **C**, *Marsupipollenites striatus* (MP-P 8121, T44-3); **D**, Acritarco indeterminado (MP-P 8112, W53-4); **E**, *Botryococcus braunii* (MP-P 8112, X57-4); **F**, *Deusilites* sp. (MP-P 8113, M59-2); **G**, *Tasmanites* sp. (MP-P 8109, L49-2); **H**, *Leiosphaeridia* sp. (MP-P 8125, J56-1); **I, J**; *Portalites gondwanensis* (MP-P 8122, S39); (MP-P 8119, O55).

Figura 10. Diagrama de porcentagem por gênero e afinidade biológica com análise de agrupamento por similaridade registrados em cada nível amostrado do Poço ST-01-RS (Grupo Itataré e Formação Rio Bonito).

Figura 11. Esquema de distribuição estratigráfica dos táxons identificados no Grupo Itataré e na Formação Rio Bonito por nível do poço ST-01-RS.

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1. Quadro ilustrativo e comparativo com informações conjuntas sobre as características palinológicas e às possíveis comparações estabelecidas com outros trabalhos realizados no Grupo Itararé e na Formação Rio Bonito no Rio Grande do Sul.

Tabela 1. Lista dos táxons de palinomorfos no Grupo Itararé e na Formação Rio Bonito no poço ST-01-RS.

Tabela 2. Quantidade percentual dos palinomorfos (por gênero) do Poço ST-01-RS por nível e respectivas afinidades biológicas.

SUMÁRIO

páginas

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS E QUADROS	viii
1. Introdução	1
2. Objetivos e justificativas	2
3. Materiais e métodos	4
3.1. <i>Amostragem</i>	4
3.2. <i>Processamento laboratorial</i>	5
3.3. <i>Análise palinológica</i>	6
3.3.1. <i>Taxonomia</i>	6
3.3.2. <i>Bioestratigrafia</i>	7
3.3.3. <i>Análise quantitativa e paleoambiental</i>	7
4. Revisão do Conhecimento	9
4.1. <i>Síntese sobre a estratigrafia da Bacia do Paraná</i>	9
4.2. <i>Supersequência Gondwana I</i>	10
4.3. <i>Palinoestratigrafia da Bacia do Paraná</i>	13
4.4. <i>Transição entre o Grupo Itararé e Formação Rio Bonito no Rio Grande do Sul</i>	25
4.5. <i>Paleoambientes e paleovegetação do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito no Rio Grande do Sul</i>	29
5. Resultados	37
6. Discussão dos resultados	47
6.1. <i>Fases palinoflorísticas</i>	47
6.2. <i>Comparações entre as fases palinoflorísticas e trabalhos prévios</i>	48
6.3. <i>Sobre a transição entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito</i>	59
6.4. <i>Considerações bioestratigráficas</i>	67
7. Conclusões e considerações finais	68
8. Referências bibliográficas	70

1. Introdução

A sequência deposicional pennsylvaniana-permiana da Bacia do Paraná é composta por um conjunto de rochas sedimentares representativas de distintos ambientes e paleoclimas, desde o final da fase glacial do Paleozoico superior do Gondwana até depósitos pós-glaciais referentes à progressiva melhora climática e de condições mais quentes e secas. Os cenários paleoecológicos permitiram o desenvolvimento de uma sucessão diversa de organismos, como invertebrados marinhos, vertebrados, restos de plantas, esporos, grãos de pólen, algas, esporos de fungo, acritarcos e outros, que estão presentes em várias unidades litoestratigráficas (Mezzalana, 1956; Rocha-Campos & Rösler, 1978; Simões, 1992 e Petri & Souza, 1993).

As unidades litoestratigráficas correspondentes compõem a Supersequência Gondwana I (Milani, 1997; Milani *et al.*, 2007), distribuídas em grande extensão em território brasileiro, do Estado de Goiás (GO) ao Estado do Rio Grande do Sul (RS), com depósitos que alcançam aproximadamente 2.500 m de espessura. Conforme Schneider *et al.* (1974) e Holz *et al.* (2010), no RS, este pacote sedimentar é bem menos espesso e com idade restrita ao Permiano (Cisuraliano à base do Lopingiano).

Na maioria das unidades deste intervalo de tempo são registrados microfósseis vegetais cujos estudos culminaram em importantes biozoneamentos em escala local (Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig, 1993; Rohn & Rösler, 2000; Bernardes-de-Oliveira *et al.*, 2007) e regional (Rösler, 1978; Iannuzzi & Souza, 2005; Bernardes-de-Oliveira *et al.*, 2016).

Com relação à Palinologia, dezenas de contribuições apresentam a composição palinoflorística de diversas localidades, propiciando a reconstituição de ambientes, idades relativas e zoneamentos bioestratigráficos. Os palinomorfos, em função de sua elevada capacidade de dispersão geográfica, de sua resistência física e de sua abundância e diversidade, caracterizam-se como grupo muito propício para a construção de biozoneamentos e de reconstituição paleoambiental. Dessa forma, podem fornecer subsídios para correlações em nível local ou regional, para datações relativas, fundamentais para a compreensão do histórico de deposição das

unidades estratigráficas e da sua disposição espaço-temporal, além de constarem como importante ferramenta na reconstrução de paleoambientes.

Contudo, análises quantitativas da microflora presente no intervalo pennsylvaniano-permiano da porção sul da Bacia do Paraná, em especial a passagem entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito no RS, carecem de maior investigação a fim de averiguar sobre a composição palinológica semelhante registrada nas duas unidades.

2. Objetivos e justificativas

Diversos biozoneamentos com base na Palinologia foram propostos para distintas porções da Bacia do Paraná, sob diferentes critérios. Baseados na distribuição de grãos de pólen, Daemon & Quadros (1970) estabeleceram palinozonas informais com grande abrangência para a bacia, do RS a GO. Outras propostas de zoneamento foram apresentadas, sendo a maioria informal e/ou de abrangência mais restrita (Bharadwaj *et al.*, 1976; Arai, 1980; Sundaram, 1980, 1987; Saad, 1977), muitas das quais ainda inéditas. Contudo, é em Marques-Toigo (1988, 1991) que a formalização das biozonas foi iniciada, a partir do biozoneamento de depósitos permianos nos estados do RS e de Santa Catarina (SC). Em Souza (2000, 2006), unidades formais foram apresentadas para a porção nordeste da bacia, referentes ao Pennsylvaniano, nos estados de São Paulo (SP) e Paraná (PR).

No RS há muitas contribuições palinológicas, embora a maioria dos dados esteja concentrada, sobretudo, nos depósitos de carvão da Formação Rio Bonito. Entretanto, essa porção da bacia ainda carece de maior detalhamento, tanto de cunho palinoestratigráfico quanto paleoambiental. Um importante aspecto reside na análise da passagem entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito a partir da análise da sua palinoflora, para que possa se conhecer o comportamento da paleoflora denotado pelo registro dos esporos e grãos de pólen, do ponto de vista qualitativo e quantitativo.

Em termos litoestratigráficos, a transição entre estas unidades tem suscitado profundas discussões, principalmente em decorrência da natureza litológica heterogênea destes depósitos. Autores apontam para uma passagem

concordante entre as duas unidades em diferentes partes da bacia, como em Daemon & Quadros (1970), com base em palinologia, que reconheceram um significativo sincronismo entre o topo do Grupo Itararé e a base da Formação Rio Bonito. Milani (1997) identificou que o topo da sucessão glacial na porção norte-nordeste da bacia tem seu limite em uma superfície erosiva, sendo inclusive a palinologia não suficiente para mensurar a magnitude do hiato deposicional presente na passagem entre as duas unidades. Dessa forma, a transição entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito constitui tema de grande interesse e controvérsia. Palinologicamente, a passagem entre as unidades está representada pela Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*, base da Zona *Vittatina costabilis* (Souza & Marques-Toigo, 2005; Souza, 2006).

A ocorrência da Subzona *Protohaploxypinus goraiensis* na porção superior do Grupo Itararé e na base da Formação Rio Bonito tem limitado a distinção das unidades em questão com base em critérios bioestratigráficos. Confirma-se, assim, a necessidade de aprimoramento dos estudos palinológicos visando maior detalhamento palinológico na passagem entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito.

Nesta dissertação, o testemunho de sondagem ST-01-RS, disponibilizado pela CPRM/RS, perfurado no município de Cachoeira do Sul, região central do Rio Grande do Sul, foi selecionado para análise. O objetivo principal é o levantamento de dados palinológicos na seção compreendida entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito buscando-se um melhor detalhamento palinológico entre essas unidades. Com base neste objetivo maior, serão incluídos os seguintes objetivos específicos:

- (i) reconhecimento taxonômico das associações em cada nível;
- (ii) levantamento do percentual de cada gênero identificado por nível estratigráfico;
- (iii) descrição dos paleoambientes e da paleoflora da região estudada, com intuito de contribuir com dados para a reconstituição paleoambiental da passagem entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito.

3. Materiais e métodos

3.1. Amostragem

As amostras cedidas para este estudo são oriundas do testemunho de sondagem ST-01-RS (30° 0'45''S, 52° 55'11''O) perfurados pela Companhia de Pesquisas em Recursos Minerais (CPRM-RS), no município de Cachoeira do Sul, região central do RS (figuras 1A e 1B).

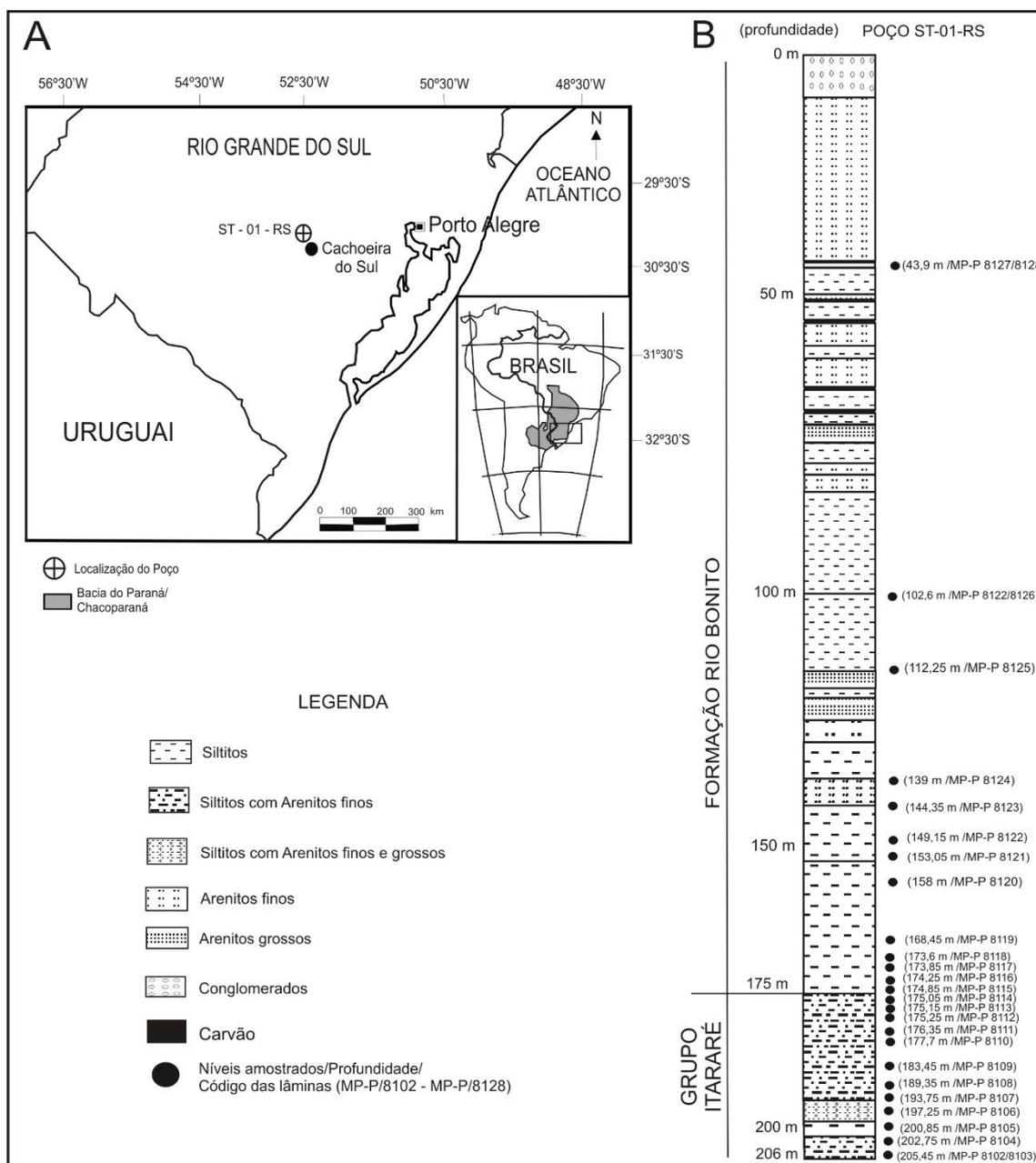


Figura 1. Localização e descrição do testemunho de sondagem ST-01-RS (A) e perfil litoestratigráfico com indicação dos níveis amostrados, profundidades e códigos das lâminas palinológicas (B).

O poço ST-01-RS atravessou e testemunhou 206 m de rochas, referentes ao Grupo Itararé e à Formação Rio Bonito. De acordo com o perfil estratigráfico cedido pela CPRM (figura 1B), em sua porção inferior, onde estão depositadas as rochas do Grupo Itararé, o testemunho apresenta depósitos de siltitos intercalados com arenitos finos e grossos. Na Formação Rio Bonito, o predomínio é de siltitos, com algumas intercalações de arenitos finos e arenitos grossos, principalmente nas porções basal e média da unidade. Entre as porções média e superior, registra-se o aparecimento de níveis de carvão, em direção ao topo, além de arenitos finos e grossos intercalados com siltitos. No topo, está presente um depósito de conglomerados.

De modo geral, palinomorfos são preferencialmente identificados com abundância nos níveis pelíticos, com significativo conteúdo de matéria orgânica aparente (cor escura) para recuperação. As 25 amostras foram coletadas, com distanciamento entre si de aproximadamente 1 (um) metro quando foi possível, sendo mais frequente próximo ao limite litológico entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito.

3.2. Processamento laboratorial

O processamento para recuperação da matéria orgânica palinológica foi realizado no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LPMMT/IGEO/UFRGS). Os métodos foram empregados segundo o procedimento padrão para rochas paleozoicas, conforme Quadros & Melo (1987), que consiste nas seguintes etapas:

- (i) Trituração da rocha em almofariz;
- (ii) Peneiramento (descarte da fração menor que 1,4 mm), homogeneização e pesagem de até 20 g por amostra com massa média de 10 g processadas por amostra;
- (iii) Teste de reação ao ácido clorídrico (HCl) utilizando-se um pequeno pedaço da amostra e gotejando HCl em pequena quantidade na mesma. Em caso de ocorrência da reação, a amostra é considerada carbonática e recebe o ataque com HCl a fim de dissolver os carbonatos presentes;

(iv) Ataque com ácido fluorídrico (HF) durante, pelo menos, 24 h, a fim de eliminar os componentes silicáticos;

(v) Ataque com HCl à quente em temperatura inferior a 60°C, para eliminação dos fluorsilicatos e sílica gel que se formam nos ataques ácidos com HCl e HF;

(vi) Lavagem (pelo menos três vezes) das amostras com água destilada para neutralização dos resíduos após cada ataque ácido. Posteriormente, é realizada decantação, para descarte dos ácidos;

(vii) Peneiramento de cada amostra, com concentração do resíduo entre 20 e 250 μm , e armazenamento dos resíduos em pequenos frascos, devidamente identificados com código da amostra referente à Palinoteca do LPMMT/IGEO/UFRGS;

(viii) Montagem das lâminas palinológicas a partir da secagem do resíduo posto em lamínulas, fixado com adição de “Cellosize”.

(ix) Posteriormente, é feita a colagem das lamínulas nas lâminas com cola “Entellan”;

As lâminas estudadas estão depositadas na Palinoteca do LPMMT/IGEO/UFRGS, sob codificação entre MP-P 8102 a MP-P 8129.

3.3. Análise palinológica

3.3.1. Taxonomia

A primeira etapa da análise palinológica consiste na identificação taxonômica das formas presentes em cada lâmina. A leitura das lâminas e a documentação fotomicrográfica foram realizadas com o Microscópio Olympus CX31, com câmera acoplada (Olympus Evolt E-330) sob aumentos de 100 a 1000 vezes.

A identificação taxonômica foi realizada com o auxílio da literatura disponível sobre o tema através da comparação com as descrições originais. No presente estudo, os palinomorfos aqui identificados foram divididos em 05 (cinco) grupos morfológicos: esporos, grãos de pólen, algas, esporos de fungo e acritarcos. O grupo dos esporos foi subdividido em: esporos triletes acavados

e triletes cavados cingulizados. Os grãos de pólen estão agrupados em: grãos de pólen monossacados, bissacados lisos, bissacados estriados, teniados ou poliplicados e bissacados pré-colpados. Com relação aos acritarcos, a única forma identificada é indeterminada. As classificações supragenéricas utilizadas seguem Stewart & Rothwell (1993). As afinidades biológicas dos gêneros estão de acordo com Balme (1995).

3.3.2. Bioestratigrafia

A apresentação dos dados foi realizada através de quadro demonstrativo da distribuição estratigráfica dos táxons por nível estratigráfico.

Os dados obtidos foram confrontados com os zoneamentos vigentes para a bacia (Souza & Marques-Toigo, 2001; 2005 e Souza, 2006) a fim de estabelecer comparações e fomentar o posicionamento bioestratigráfica dos níveis.

3.3.3. Análise quantitativa e paleoambiental

Para fins quantitativos, os palinomorfos foram considerados conforme os respectivos grupos morfológicos em nível de gênero e, sempre que possível, dispostos em nível específico. Um mínimo de 200 espécimes por nível foi considerado para estabelecer a representatividade quantitativa em percentual de cada táxon no poço, sendo possível criar lista de distribuição estratigráfica de cada palinomorfo e tabela de quantidade percentual em nível de gênero, visando identificar marcadores paleoambientais significativos.

A partir desta organização, foi também elaborado diagrama quantitativo dos táxons (em nível de gênero) em porcentagem, com intuito de observar as variações de representação em cada nível estratigráfico. Além disso, foi realizada análise de agrupamentos por similaridade, com objetivo de identificar as eventuais semelhanças e diferenças quantitativas existentes entre os gêneros encontrados na passagem entre as unidades estratigráficas estudadas. Este procedimento possibilita observar de forma mais clara as eventuais variações com relação às sucessões vegetacionais.

Para a formatação do diagrama palinológico foi utilizado o *software Tilia*

versão 1.7.16 (Grimm, 1987), que realizou a soma total de palinomorfos. A porcentagem de cada táxon foi calculada a partir de sua frequência em relação à soma total de palinomorfos. A análise de agrupamento por similaridade foi realizada a partir do método CONISS, através do coeficiente de dissimilitude Edwards & Cavalli Sforza's distância curta, sendo utilizados os dois grupos palinológicos que apresentam gêneros com, no mínimo, 5% de ocorrência com relação à soma total dos palinomorfos: esporos e grãos de pólen.

4. Revisão do conhecimento

4.1. Síntese sobre a estratigrafia da Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná é uma das maiores bacias sedimentares intracratônicas da América do Sul, com seqüências sedimentares e magmáticas com cerca de 6.800 m de espessura. A bacia se encontra localizada em porções dos territórios do Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai, com uma área total de cerca de 1.700.000 km² (figura 2).

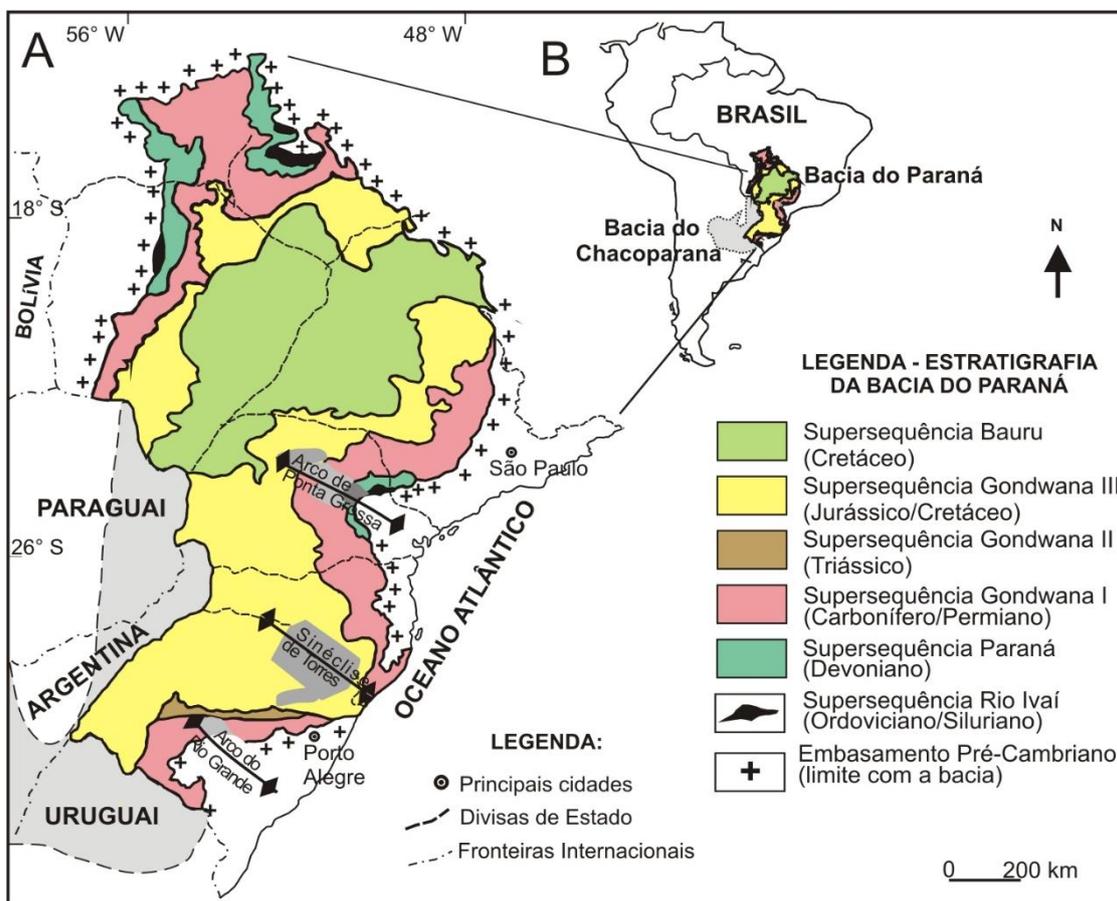


Figura 2. Subdivisão estratigráfica da Bacia do Paraná (A) e localização da Bacia do Paraná na América do Sul (B) (modificado de Milani, 1997).

Milani (1997) e Milani *et al.* (2007) descreveram seis grandes supersequências tectono-sedimentares separadas por discordâncias regionais: Rio Ivaí, de idade Ordoviciano-Siluriano; Paraná, de idade Devoniana; Gondwana I, de idade Pennsylvaniana-Permiana; Gondwana II, com idade entre

o intervalo do Triássico Médio ao Triássico Superior; Supersequência Gondwana III, de idade Jurássica-Cretácea; Bauru, de idade Cretácea (figuras 2A e 3).

4.2. Supersequência Gondwana I

Neste estudo, os testemunhos utilizados compreendem as duas unidades mais basais da Supersequência Gondwana I (Grupo Itararé e Formação Rio Bonito). Segundo Milani *et al.* (2007), os depósitos da Supersequência Gondwana I (figura 3), correspondem a um grande ciclo transgressivo-regressivo, recobrimdo os depósitos devonianos erodidos no Paraná e em São Paulo (Formação Ponta Grossa) ou o embasamento cristalino na porção sul da bacia.

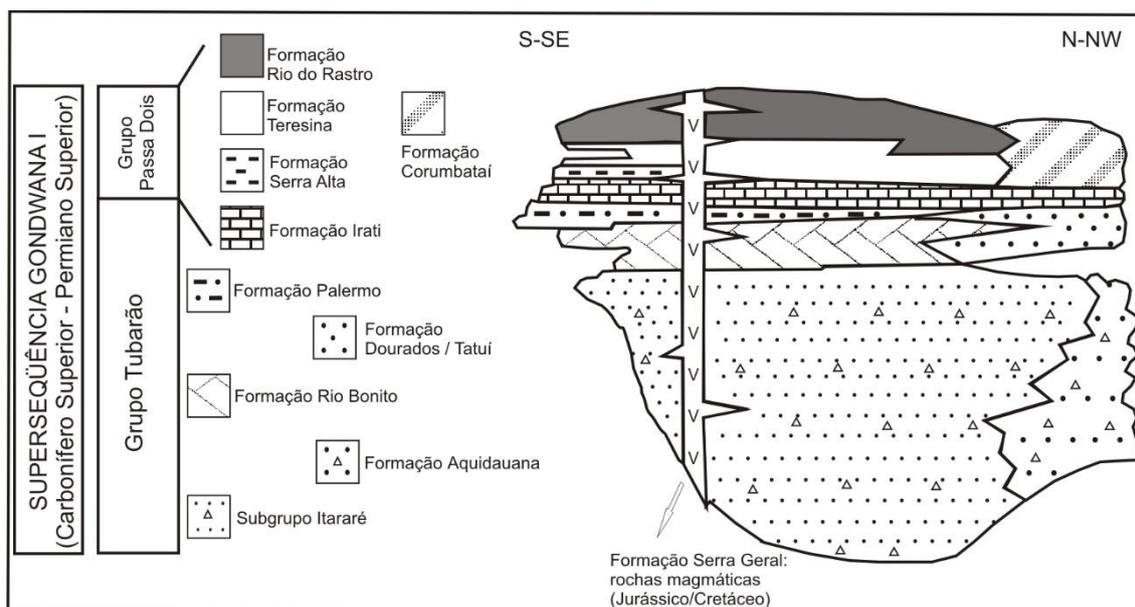


Figura 3. Detalhe das unidades constituintes da Supersequência Gondwana I (modificado de Souza & Milani, 2007).

De acordo com Milani (1997) e Milani *et al.* (2007), o Carbonífero foi marcado por intensos processos de soerguimento e presença de calotas polares na porção norte da bacia. No final do Carbonífero e início do Permiano, processos sedimentares relacionados a eventos glaciais e pós-glaciais propiciaram a deposição das rochas que constituem o Grupos Itararé e a Formação Rio Bonito (Milani *et al.*, 2007).

A supersequência Gondwana I abrange um significativo pacote sedimentar heterogêneo em termos litológicos, com cerca de 2.500 m de espessura. De acordo com Milani *et al.* (2007), os depósitos da Supersequência Gondwana I formaram-se em contextos paleoambientais glaciais e pós-glaciais, marinhos e não-marinhos, relacionados às constantes mudanças climáticas do supercontinente Gondwana.

O Grupo Itararé (Gordon Jr., 1947) perfaz a porção mais basal da Supersequência Gondwana I e contém sedimentos relacionados à glaciação permo-carbonífera do Gondwana com depósitos de até 1.500 m de espessura (em SP). Litologicamente, é composto principalmente por diamictitos, ritmitos, argilitos, siltitos, arenitos e conglomerados, sendo parcialmente cronocorrelato à Formação Aquidauana (porção norte); seus depósitos se estendem por toda a bacia, sendo os de idade pennsylvaniana com ocorrência exclusiva à porção nordeste da bacia (Milani *et al.*, 2007).

Para a porção sul da bacia, Schneider *et al.* (1974) subdividiram o Grupo Itararé em três unidades estratigráficas denominadas formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul. As três unidades são marcadas por ciclos transgressivos-regressivos provocados por períodos de glaciação-deglaciação. Para toda a bacia, França & Potter (1988) também subdividiram a unidade, atribuindo os nomes das formações de Lagoa Azul, Campo Mourão e Taciba, da base para o topo.

Os eventos de deglaciação iniciaram no Permiano Inferior, concomitante à migração do continente Gondwana para o norte, rumo à latitudes mais baixas. Esta movimentação do antigo continente e a melhoria climática são evidenciadas pela retração das calotas polares e conseqüente elevação do nível do mar, que marcam a transgressão permiana pós-glacial registrada ainda em alguns depósitos da porção superior do Grupo Itararé, em depósitos da Formação Rio Bonito, unidade estratigráfica sobrejacente (Lavina & Lopes, 1987), com superfície de inundação máxima na Formação Palermo (Milani, 1997).

A progressiva deglaciação colaborou para a formação de depósitos compostos por arenitos fluviais intercalados com sedimentação pelítica e de carvões originados em ambientes deltaicos e lagunares. A alternância

sedimentar entre níveis pelíticos e arenosos motivou a subdivisão da Formação Rio Bonito em outras três formações para os estados do PR e de SC, permanecendo indivisa no RS: Triunfo, de fácies arenosa; Paraguaçu, de fácies pelítica; Siderópolis, de fácies arenosa e carbonosa (Schneider *et al.*, 1974; Milani *et al.*, 2007). A Formação Palermo, sotoposta à Formação Rio Bonito, é constituída de sedimentos de origem marinha, especificamente argilitos e siltitos. Na porção norte, as formações componentes do Grupo Guatá (Rio Bonito e Palermo), são designadas como formações Tatuí e Dourados, respectivamente, devido a diferenças litofaciológicas. A primeira é constituída por siltitos carbonáticos, enquanto a última é denominada por arenitos (Milani, 1997).

A unidade sobrejacente corresponde à porção basal do Grupo Passa Dois (Formação Irati), composta por folhelhos, folhelhos betuminosos, margas, anidritas e arenitos (Milani, 1997). O contexto paleoambiental desta unidade apresenta indícios tanto de depósitos marinhos, quanto transicionais e continentais. Segundo Milani (1997), a partir da Formação Irati o ambiente de deposição esteve sob condições significativamente mais secas do que nas unidades subjacentes, em condições plataformais rasas a médias e continentais.

A Formação Serra Alta caracteriza-se por folhelhos e siltitos intercalados, depositados em condições ambientais marinhas e calmas. Em contrapartida, a Formação Teresina é constituída por estratos pelíticos onde constam intercalações de arenitos, interpretados como formados em ambiente marinho raso com marés de alta energia.

De acordo com alguns importantes estudos nestas unidades, dos quais se destacam Schneider *et al.* (1974), Rohn (1994) e Milani & Zalán (1999), a Formação Rio do Rasto, posicionada na porção superior da supersequência, é subdivida em dois membros: o Membro Serrinha, apresentando níveis de arenitos e argilitos, e o Membro Morro Pelado, caracterizado pela presença de siltitos avermelhados e arenitos, intercalados com arenitos finos. As formações Serra Alta e Rio do Rasto recebem, parcialmente, a denominação de Formação Corumbataí na porção norte da bacia. Esta unidade é composta por folhelhos,

argilitos e siltitos escuros, com a presença de bandas carbonáticas típicas de ambientes marinhos de águas rasas.

4. 3. Palinoestratigrafia da Bacia do Paraná

Esporos e grãos de pólen são os grupos fósseis mais abundantes do intervalo Pennsylvaniano-Permiano da Bacia do Paraná (Supersequência Gondwana I). As maiores abundâncias ocorrem do Grupo Itararé até a Formação Irati, e são quase ausentes ou apresentam baixa ocorrência nas unidades sobrejacentes (formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rastro).

O pioneirismo dos estudos palinológicos da Bacia do Paraná surgiu da pesquisa exploratória da PETROBRÁS S.A., a partir da década de 1960, na porção sul da bacia, em níveis do Grupo Itararé até a Formação Teresina nos estados do Paraná e Santa Catarina, apresentado em Daemon (1966).

Três zonas de intervalo informais foram estabelecidas: P₁, P₂ e P₃. Em ordem estratigráfica ascendente, temos que a Zona P₃ corresponde litoestratigraficamente ao Grupo Itararé e apresenta um predomínio da ocorrência de grãos de pólen monossacados.

A Zona P₂ ainda apresenta dominância de grãos de pólen monossacados, e também do gênero poliplicado *Vittatina* e perfaz o intervalo litoestratigráfico compreendido entre a porção média do Grupo Itararé e a porção média da Formação Rio Bonito.

A Zona P₁ apresenta predomínio de grãos de pólen bissacados e foi dividida, segundo o autor, em duas subzonas: a Subzona P_{1b} marca os últimos aparecimentos de grãos de pólen monossacados e o intervalo litoestratigráfico entre o topo da Formação Rio Bonito e o topo da Formação Palermo; e na Subzona P_{1a}, que registra predomínio absoluto de grãos de pólen bissacados e esporos monoletes e compreende, litoestratigraficamente, ao intervalo entre a Formação Irati à Formação Rio do Rastro.

A porção nordeste começou a ser explorada palinologicamente a partir da década de 1970, o que permitiu a caracterização mais ampla de microfloras. O zoneamento de Daemon & Quadros (1970) constitui o estudo mais completo em termos de abrangência estratigráfica e geográfica para a seção

Pennsylvaniana-Permiana da bacia, a partir da análise de 13 afloramentos e 31 poços exploratórios da PETROBRÁS S. A., localizados entre os estados do RS e GO. Com base em esporos monoletes, grãos de pólen monocolpados, algas prasinofíceas, e principalmente, com a distribuição estratigráfica de 40 espécies de grãos de pólen monossacados e bissacados, os autores estabeleceram seis grandes intervalos informais: G, H (dividido em H₁, H₂ e H₃), I (dividido em I₁, I₂+I₃+I₄), J, K e L (dividido em L₁, L₂ e L₃), em ordem estratigráfica ascendente, descritos sinteticamente a seguir.

Os intervalos G/H₁ são marcados pela ocorrência predominante de grãos de pólen monossacados, com destaque para os gêneros *Crusisaccites*, *Plicatipollenites* e *Potonieisporites*. Nos intervalos H₂/H₃, ainda registra-se o predomínio de formas monossacadas com relação aos esporos e grãos de pólen bissacados, mas em menor frequência que nos intervalos anteriores. No intervalo H₃, aumenta a presença e a diversidade de grãos bissacados, com destaque para os gêneros *Protohaploypinus* e *Vittatina*, formas abundantes nos intervalos sobrejacentes I e J e predominantes nos intervalos K e L. Os intervalos I₁/J são marcados pela predominância de grãos de pólen monossacados e bissacados, e abundância do grão de pólen poliplicado do gênero *Vittatina*. O limite superior com o intervalo sobrejacente é caracterizado pelo desaparecimento no registro do gênero de grão de pólen monossacado *Plicatipollenites*. Nos intervalos K/L, grãos de pólen monossacados tornam-se escassos a partir destes intervalos e grãos de pólen bissacados passam a ser comuns, já bastante frequentes nos intervalos anteriores. O gênero *Lueckisporites* torna-se dominante, sendo característico do intervalo L.

Os autores constataram uma diferença regional na ocorrência dos intervalos palinoestratigráficos, uma vez que o intervalo mais basal (Intervalo G) não foi registrado na porção sul da bacia, mas somente na porção nordeste. Nos intervalos adjacentes, H, I e J, a situação é inversa, pois estes intervalos são registrados ao sul na bacia e não apresentam ocorrências a nordeste.

Conforme Daemon & Quadros (1970), após a deposição do Intervalo G, a Bacia do Paraná inicia um processo de subsidência para sul, o que deu condições à deposição dos intervalos superiores ali.

Nos intervalos suprajacentes, no entanto, nota-se uma fase de ajustamento em face de seus registros bioestratigráficos, uma vez que os intervalos K e L são encontrados em toda a extensão da bacia. Segundo Daemon & Quadros (1970), o táxon *Lueckisporites virkkiae* marca bioestratigraficamente a mudança da fase de subsidência para a fase de estabilização.

Os palinomorfos estudados foram comparados a formas encontradas e registradas em paleofloras da América do Norte, Europa e Índia, para atribuição de idades.

A partir da metade da década de 1970, vários estudos abordaram a distribuição palinoestratigráfica de alguns grupos de palinomorfos para a bacia. Entretanto, a maioria dos zoneamentos propostos foi de caráter informal.

Bharadwaj *et al.* (1976) estudaram seis amostras das bacias do Paraná (Grupo Itararé até o topo da Formação Irati) e Parnaíba e estabeleceram seis biozonas informais com base na distribuição de esporos e grãos de pólen. Contudo, perfis que apresentem a procedência e a localização das amostras estudadas são ausentes. Além das biozonas informais propostas, os autores comparam os resultados obtidos com outras porções do Gondwana. Todavia, não estabeleceram nenhuma correlação com os intervalos propostos por Daemon & Quadros (1970).

O trabalho de Saad (1977), embora também proponha um biozoneamento informal e restrinja-se a estudar porções localizadas da bacia (Grupo Itararé em SP), empregou a palinologia como auxílio para a construção de mapas paleogeográficos. O autor posicionou o Grupo Itararé no intervalo compreendido entre o Pennsylvaniano e o Permiano Médio a partir da identificação da palinoflora, com correlação com o biozoneamento de Daemon & Quadros (1970). A Microflora I mostra dominância de esporos em até 80% do total, sendo grãos de pólen monossacados, bissacados e monocolpados subordinados, correlacionada ao intervalo G a H₁ de Daemon & Quadros (1970). A Microflora II é composta por uma assembleia diversificada e com percentuais quantitativos que indicam uma queda na quantidade de esporos e uma elevação na quantidade de grãos de pólen bissacados. Os grãos monossacados e monocolpados apresentam-se em percentuais semelhantes à

da Microflora I. Conjuntamente com a Microflora III, a Microflora II é equivalente ao intervalo H₂ a I₄ de Daemon & Quadros (1970). A Microflora III registra incremento de grãos de pólen bissacados, em especial dos estriados, e as quantidades de esporos e grãos de pólen monossacados são subordinadas. Os monoclapados registram um pequeno aumento em sua frequência com relação à associação anterior.

O zoneamento proposto por Arai (1980) contém análises do Grupo Itararé até a Formação Irati com amostras nos estados de SP, PR e SC, num total de 65 amostras de afloramentos. O zoneamento proposto foi estabelecido com base em aspectos quantitativos e qualitativos, principalmente quanto à abundância de grãos de pólen bissacados estriados. As biozonas são informais, tendo recebido a denominação de “Fases”. No entanto, o esquema palinoestratigráfico de Arai (1980) é importante para a compreensão da análise evolutiva dos grupos de esporos e grãos de pólen presentes na bacia. Assim como em Saad (1977), Arai (1980) também correlaciona suas fases aos intervalos propostos no trabalho de referência de Daemon & Quadros (1970). A Fase Pré-Striatiti é marcada pela ausência de grãos de pólen estriados e abundância de esporos triletes e grãos de pólen monossacados; os gêneros mais representativos são *Vallatisporites*, *Potonieisporites* e *Vestigisporites*; equivale ao intervalo G até a porção média do intervalo H₁ de Daemon & Quadros (1970). A Fase *Protohaploxypinus* é caracterizada pela abundância de grãos de pólen bissacados do gênero *Protohaploxypinus*; esporos triletes e os grãos de pólen monossacados ainda são os grupos dominantes nesta unidade, correspondente à porção média do intervalo H₁ até a porção superior do intervalo H₃ de Daemon & Quadros (1970). A Fase *Vittatina* I é marcada pelo aparecimento do gênero de grão de pólen *Vittatina*, com o aumento da quantidade de grãos de pólen estriados, ocorrendo em quantidade similar com relação aos grãos de pólen monossacados; é correspondente ao topo do intervalo H₃ até a porção superior do intervalo I₁ de Daemon & Quadros (1970). A Fase *Vittatina* II é representada por uma grande quantidade de formas do gênero *Vittatina* (podendo alcançar até mais de metade do total das assembleias) e de gêneros de grãos de pólen bissacados teniados, equivalendo à porção superior do intervalo I₁ à base do intervalo K de Daemon

& Quadros (1970). A Fase Striatiti Superior apresenta domínio de grãos de pólen estriados nas assembleias; marca o aparecimento dos gêneros *Striatoabieites*, *Striatopodocarpites* e *Taeniasporites*; equivalente à porção basal do intervalo K à porção superior do intervalo L₂ de Daemon & Quadros (1970). A Fase *Lueckisporites* representa a unidade sobrejacente, a qual predominam os grãos de pólen teniados, com raridade de grãos de pólen monossacados e esporos; o gênero *Lueckisporites*, por se apresentar em grande quantidade de espécimes e ocorrer em toda a extensão da unidade, define e nomeia esta fase; corresponde ao topo do intervalo L₂ até a subzona L₃ de Daemon & Quadros (1970).

Sundaram (1980) estudou estratos do Grupo Itararé em SP e da Formação Rio Bonito provenientes dos estados do PR e de SC. A partir da análise quantitativa dos níveis estratigráficos e de uma identificação genérica dos palinomorfos, o autor observou duas palinozonas de caráter informal, sem estabelecer correlação com o estudo de Daemon & Quadros (1970). Contudo, fez comparações com as bacias Paganzo e Chaco-Paraná, vizinhas à Bacia do Paraná. As assembleias foram denominadas de “Palinozona A” e “Palinozona B”. A primeira é característica do Grupo Itararé, determinada pela grande quantidade de esporos triletes seguidos de grãos de pólen monossacados; subordinadamente ocorrem grãos de pólen bissacados e esporos monoletes. A Palinozona B é característica das amostras da Formação Rio Bonito e, diferentemente da Palinozona A, apresenta o domínio de grãos de pólen bissacados e estriados, seguido de esporos triletes e grãos de pólen monossacados em menores frequências.

Lima *et al.* (1983) analisaram o conteúdo palinológico de um afloramento do Grupo Itararé no município de Araiçoba da Serra, SP. As amostras estudadas são caracterizadas por assembleias com domínio de esporos e com significativa ocorrência de grãos de pólen monossacados. Grãos de pólen bissacados e estriados ocorrem em baixa frequência. Os autores tentaram correlacionar os seus resultados com a proposta pioneira de Daemon & Quadros (1970) e propuseram uma unidade informal que seria equivalente a um intervalo “Pré-G” de Daemon & Quadros (1970), dado que a maior parte das espécies esporos encontrados aparentemente era ausente no zoneamento

de Daemon & Quadros (1970). Souza (1996) e Souza *et al.* (1997), ao analisar amostras na mesma localidade, propuseram denominar o intervalo “pré-G” de “Associação *Ahrensiporites & Ancistrospora*”, posicionada no Pennsylvaniano. Os resultados palinoestratigráficos destes últimos foram apresentados em Souza *et al.* (2003) e revistos em Souza (2006).

Sundaram (1987), com base em amostras coletadas das seções estratigráficas estudadas por Saad (1977), também propôs um zoneamento palinoestratigráfico para o Grupo Itararé em SP, no qual reconheceu três intervalos descritos como zonas de associações informais, denominadas Palinozonas A, B e C, respectivamente, da mais antiga à mais recente.

Os primeiros trabalhos a proporem um zoneamento formal para a bacia foram os de Marques-Toigo (1988, 1991), que analisaram níveis de subsuperfície e afloramentos de carvões dos estados de SC e do RS do Grupo Itararé e das formações Rio Bonito, Palermo e Irati.

Marques-Toigo (1988) propôs duas biozonas de intervalo denominadas Zona *Cannanoropollis korbaensis* e Zona *Lueckisporites virkkiae*, a partir da amplitude vertical e horizontal e a relação entre os táxons de grãos de pólen identificados. A Zona *C. korbaensis* foi dividida em três subzonas: *Protohaploxylinus goraiensis*, *Caheniasaccites ovatus* e *Hamiapollenites karrooensis*.

A Zona *Cannanoropollis korbaensis* é definida pela amplitude estratigráfica da mesma espécie ou de *Potonieisporites simplex*, além dos níveis de desaparecimento de *Hamiapollenites karrooensis* e *Limitisporites vesiculosus*. A autora ainda relaciona a Zona *C. korbaensis* aos intervalos H₃-J de Daemon & Quadros (1970). A Subzona *Protohaploxylinus goraiensis* é identificada pela amplitude estratigráfica da espécie *P. goraiensis* ou da distribuição estratigráfica de *Plicatipollenites malabarensis*. A Subzona *Caheniasaccites ovatus* é definida em seu limite inferior pelo desaparecimento de *P. goraiensis* e em seu limite superior pela extinção local da espécie que nomeia a subzona. A Subzona *Hamiapollenites karrooensis* é estabelecida pela amplitude estratigráfica de *H. karrooensis* e pelo desaparecimento local de *Potonieisporites simplex*. A Zona *Lueckisporites virkkiae* é a zona mais jovem e foi definida pela amplitude estratigráfica de *Lueckisporites virkkiae*. Na

ausência da espécie, a zona também é definida pela amplitude de *Protohaploxylinus perfectus*, *Lunatisporites variesectus*, *Staurosaccites cordubensis*, *Striatopodocarpites pantii* e *Marsupipollenites triradiatus*.

Conforme Marques-Toigo (1991), a Zona *Lueckisporites virkkiae* ocorre da porção superior da Formação Rio Bonito até a Formação Irati. As duas zonas propostas pela autora competem à níveis dos estados de SC e RS, mas, em virtude da distribuição das mesmas formas em outras regiões, poderiam ser estendidas para toda a bacia. Entretanto, posteriormente, algumas unidades palinoestratigráficas, como a Subzona *Caheniasaccites ovatus*, foram interpretadas como sendo de caráter local.

Em estudo preliminar, Daemon & Marques-Toigo (1991) publicaram resultados preliminares nos quais apresentam a Zona *Potonieisporites novicus* como correlata ao intervalo G-H₁ apresentado por Daemon & Quadros (1970).

Os trabalhos de Souza (1996), Souza *et al.* (1997) e Souza (2000) permitiram maior conhecimento do conteúdo palinológico da porção nordeste da bacia. Os mesmos foram importantes também para o registro inédito de 56 táxons de esporos e grãos de pólen na Bacia do Paraná. Alguns destes foram reconhecidos como fósseis-guias de outras bacias do Gondwana, o que facilitou a criação de novas biozonas que contribuíram para o melhoramento palinoestratigráfico da bacia e o estabelecimento de algumas idades distintas às atribuídas inicialmente por Daemon & Quadros (1970).

Souza & Marques-Toigo (2001, 2003) apresentam dados de refinamento, integralização entre informações das porções norte e sul da bacia e formalização das palinozonas propostas. Esse processo culminou na proposta de zoneamento formal mais atual para a Bacia do Paraná, publicada por Souza & Marques-Toigo (2005) e Souza (2006).

A partir de trabalhos de detalhe, os autores apresentaram esquemas bioestratigráficos com biozonas de intervalo, definidas por limites de aparecimento e desaparecimento de táxons com relevância bioestratigráfica. Segundo Souza & Marques-Toigo (2005) e Souza (2006), os depósitos pennsylvanianos e permianos da Bacia do Paraná são representados em termos palinológicos por quatro biozonas de intervalo, denominadas em ordem

estratigraficamente ascendente de zonas *Ahrensisporites cristatus*, *Cruscisaccites monoletus*, *Vittatina costabilis* e *Lueckisporites virkkiae*.

A Zona *Ahrensisporites cristatus* (ZAc) ocorre em diversos afloramentos e amostras de testemunhos de sondagem do Grupo Itararé nos estados de SP e do PR. O limite inferior é definido pelo aparecimento de algumas espécies de esporos e grãos de pólen. Onze espécies de esporos têm ocorrência confinada à zona: *Ahrensisporites cristatus*, *Anapiculatisporites argentinensis*, *Cristatisporites indignabundus*, *Cristatisporites inordinatus*, *Cristatisporites menendezii*, *Cristatisporites spinosus*, *Cirratriradites veeversii*, *Granulatisporites varigranifer*, *Foveosporites hortoensis*, *Psomospora detecta* e *Raistrickia pinguis*. Quanto aos grãos de pólen, os gêneros monossacados *Caheniasaccites*, *Cannanoropollis*, *Potonieisporites* e *Plicatipollenites* e os bissacados *Limitisporites* e *Protohaploxylinus* aparecem pela primeira vez nos sedimentos pensilvannianos da bacia.

A Zona *Cruscisaccites monoletus* (ZCm) corresponde, litoestratigraficamente, na porção média do Grupo Itararé. O limite inferior é definido pelo desaparecimento das onze espécies de esporos confinadas à ZAc e pelo aparecimento da espécie epônima, conjuntamente com *Scheuringipollenites maximus*. O limite superior da zona é marcado pelo desaparecimento de *C. monoletus* e pelo aparecimento das espécies *Illinites unicus*, *Protohaploxylinus goraiensis* e de espécies do gênero *Vittatina*, abundantes na biozona suprajacente (*Vittatina costabilis*). A denominação ZCm substitui o termo *Potonieisporites neglectus*, proposto por Souza (2000).

Além destas biozonas pennsylvanianas, duas outras zonas permianas foram formalizadas por Souza & Marques-Toigo (2005) para a Bacia do Paraná: ZVc e ZLv. Os autores acrescentaram novos dados palinoestratigráficos referentes aos depósitos permianos no Estado do Rio Grande do Sul e estabeleceram duas zonas de intervalo determinadas pelo primeiro aparecimento e desaparecimento de grãos de pólen selecionados.

A Zona *Vittatina costabilis* (Zvc) substitui nominalmente a Zona *Cannanoropollis korbaensis* (Marques-Toigo, 1991) ou *Vittatina* (Souza & Marques-Toigo, 2001), com registro reconhecido pela primeira vez na parte superior do Grupo Itararé na porção nordeste da Bacia do Paraná (Souza,

2000). A ZVc é correlacionada em Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) aos intervalos H₃-J de Daemon & Quadros (1970) e tem seu limite inferior definido pelo primeiro aparecimento na bacia de espécies do gênero *Vittatina* e de algumas espécies do gênero *Protohaploxylinus*, além das espécies *Fusacolpites fusus* e *Illinites unicus*.

A biozona é dividida em duas subzonas: *Protohaploxylinus goraiensis* e *Hamiapollenites karrooensis*. A Subzona *Protohaploxylinus goraiensis* foi determinada pela amplitude estratigráfica de *Protohaploxylinus goraiensis*, *Protohaploxylinus limpidus* e *Illinites unicus*, inclui os depósitos permianos de carvão do Rio Grande do Sul e foi relacionada à Subzona *Caheniasaccites ovatus* em Marques-Toigo (1988, 1991). A Subzona *Hamiapollenites karrooensis* (SzHk) é definida pela amplitude da espécie epônima e pelos primeiros aparecimentos de *Striatopodocarpites fusus* e *Staurosaccites cordubensis*.

A Zona *Lueckisporites virkkiae* (ZLv) foi formalizada por Marques-Toigo (1998, 1991) e confirmada em Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006). Souza & Marques-Toigo (2005) e Souza (2006) sugerem que o gênero determina a base da Zona *Lueckisporites virkkiae*, com extensão para a toda a Bacia do Paraná, com o primeiro aparecimento marcado para a porção superior da Formação Rio Bonito. É equivalente aos intervalos K-L de Daemon & Quadros (1970). O gênero *Lueckisporites* é considerado *datum* bioestratigráfico (Daemon & Quadros, 1970; Souza & Marques-Toigo, 2005 e Souza, 2006), com limite inferior da ZLv determinado pelo desaparecimento de *Hamiapollenites karrooensis* e *Stellapollenites talchirensis* e pelo aparecimento de diversos grãos de pólen estriados, teniados e poliplicados (espécies dos gêneros *Lueckisporites* e *Protohaploxylinus*, além de *Lunatisporites variesectus*, *Striatopodocarpites pantii*, *Pakhapites fasciolatus*, *Marsupipollenites striatus*, *Alisporites nuthalensis*, *Staurosaccites cordubensis* e *Weylandites lucifer*). O limite superior da zona é definido pelo desaparecimento de espécies do gênero *Lueckisporites* com extensão até as camadas inferiores da Formação Rio do Rastro, conforme Daemon & Quadros (1970), Neregato (2007) e Neregato *et al.* (2008).

Na última década foram realizados novos trabalhos que representam o

melhoramento da informação palinológica disponível para a bacia. Longhim (2007) apresentou dados palinológicos inéditos para os estados do PR e SC, correspondentes à passagem litoestratigráfica.

Com relação às formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto, até recentemente, não havia dados palinológicos que detalhassem diversidade palinoflorística destas unidades, com exceção feita aos estudos de Daemon & Quadros (1970) e Maranhão & Petri (1996), este último referente à Formação Corumbataí no Estado de São Paulo, correlata às formações Serra Alta e Teresina. Contudo, mais recentemente, Neregato (2007) e Neregato *et al.* (2008), ambos trabalhos com escassos registros palinológicos, estudaram o conteúdo de dois testemunhos na região nordeste do Estado do Paraná destas unidades e revelaram a existência de palinomorfos em abundância e com preservação relativamente boa. As associações são compostas por quantidades aproximadas entre esporos e grãos de pólen bissacados com relação aos níveis da Formação Teresina e porção inferior da Formação Rio do Rasto. Os autores propuseram duas biozonas informais baseados na abundância de espécies de esporos monoletes em determinadas amostras. As zonas foram nominadas de Intervalo 1 e Intervalo 2, ambas incluídas e correspondentes à ZLv (Souza & Marques-Toigo, 2005 e Souza, 2006). No Intervalo 1, litoestratigraficamente é associado à Formação Teresina e à porção inferior da Formação Rio do Rasto, sendo determinado pela grande quantidade de espécimes do esporo monolete *Laevigatosporites vulgaris*. O Intervalo 2 é correspondente à seção entre as porções basal e média da Formação Rio do Rasto, e é definido pelo predomínio de espécimes do gênero *Thymospora* spp., identificados entre a porção basal à média da Formação Rio do Rasto.

Mori (2010) e Mori & Souza (2010) estudaram material palinológico inédito de oito amostras de um afloramento situado às margens da rodovia BR-293, em depósitos correspondentes às formações Rio Bonito e Palermo. Algumas espécies consideradas restritas à Zona *Vittatina costabilis* (*Converrucosisporites confluens*, *Granulatisporites autoamericanus* e *Hammiapollenites fusiformis*) foram indetificadas em amostras litoestratigraficamente superiores, em níveis correspondentes à ZLv. Tais

considerações podem refletir extensões da amplitude estratigráfica destes táxons.

Mori & Souza (2012) apresentam dados de 133 amostras de subsuperfície dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, localizados no município de Hulha Negra, no sudoeste do Rio Grande do Sul, com depósitos correspondentes a todas as unidades da Supersequência Gondwana I na Bacia do Paraná, sendo identificados 133 táxons, sendo 57 esporos, 65 grãos de pólen e 11 entre algas, fungos e *incertae sedis*. O estudo apresentou palinomorfos relativamente abundantes e diversificados para as unidades superiores da Supersequência Gondwana I, consideradas pobres em termos palinológicos, porém pouco estudadas.

Os conjuntos palinológicos são correlatos às zonas *Vittatina costabilis* e *Lueckisporites virrkiae*, entretanto, a distribuição estratigráfica de algumas espécies mostrou-se discrepante em relação aos zoneamentos vigentes para a bacia (Souza & Marques-Toigo, 2003 e 2005; Souza, 2006). *Hamiapollenites karrooensis* e *Marsupipollenites triradiatus* foram encontrados no Grupo Itararé, com aparecimentos mais inferiores anteriormente documentados para a Formação Rio Bonito. *Converrucosisporites confluens*, *Granulatisporites austroamericanus* e *Horriditriletes fusiformis* ocorrem na Formação Palermo, sendo que até então tinham distribuição registrada até a Formação Rio Bonito, enquanto *Weylandites lucifer*, com aparecimento anteriormente documentado para a Formação Palermo, surge na base da Formação Rio Bonito (Mori, 2010; Mori & Souza, 2012). Estes autores sugeriram que os conjuntos palinológicos analisados teriam semelhança com aqueles identificados por Beri (2003) e Beri *et al.* (2011) na porção uruguaia da Bacia do Paraná. Através desta relação foi possível comparar as zonas *Vittatina costabilis* e *Lueckisporites virrkiae* com as zonas *Cristatisporites inconstans* - *Vittatina subsaccata* e *Striatoabieites anaverrucosus* - *Staurosaccites cordubensis*, respectivamente. Beri *et al.* (2004) diferenciaram a primeira pelo domínio de esporos triletes associados a grãos de pólen bissacados (*Punctatisporites*, *Murospora bicingulata*, *Cristatisporites lestaj*, *C. morungavensis*, *C. microvacuolatus*, *Converrucosisporites confluens*, *C. micronodosus*, *Brevitriletes levis*, *B. cornutus*, *Krauselisporites spinosus*, *Vallatisporites russoi*), e a segunda zona

pela dominância de grãos de pólen estriados e poliplicados (*Lueckisporites stenotaeniatus*, *L. latisaccus*, *Striatopodocarpites renisaccus*, *S. rarus*, *S. cancellatus*, *Protohaploxylinus* spp., *Limitisporites vesiculosus*, *Alisporites australis*, *A. stabilis*, *Colpisaccites granulosis*). Estas palinozonas foram separadas entre si por uma Zona de Intervalo marcada pela abundância de *Lundbladispora*. Estas zonas foram reconhecidas nas formações San Gregório, Tres Islas e Frayle Muerto (Zona *Cristatisporites inconstans* - *Vittatina subsaccata*) e na Formação Mangrullo (*Striatoabieites anaverrucosus* - *Staurosaccites cordubensis*), correlacionáveis respectivamente ao Grupo Itararé e às formações Rio Bonito, Palermo e Irati (figura 4).

Mori & Souza (2012) inferiram ainda que há maior semelhança palinoestratigráfica entre esta parte da porção sul da Bacia do Paraná com a porção uruguaia da bacia do que com depósitos de Santa Catarina para o norte no próprio território brasileiro. A figura 4, ilustra o comparativo entre os zoneamentos palinoestratigráficos significativos para a Bacia do Paraná e para a sua porção no Uruguai (Bacia do Chacoparaná).

				PALINOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ												
GEOCRONOLOGIA				Daemon & Quadros (1970)	Marques-Toigo (1988, 1991)	Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006)	Beri (2004) e Beri et al. (2011)	Mori (2010)								
Período	Época	Andar	Idade (Ma)													
PERMIANO	Changhsingiano	Lobripingiano	251.0 ± 0.4	L	L1	Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>	Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>	Zona <i>Striatoabieites anaverrucosus</i> - <i>Staurosaccites cordubensis</i>	Zona <i>Tymospora thiesseni</i> - <i>Lueckisporites virkkiae</i>							
			253.8 ± 0.7							L2	Zona <i>Cannanoropollis korbaensis</i>	Subzona <i>Hammiapollenites karrooensis</i>	Zona <i>Vittatina costabilis</i>	Subzona <i>Hammiapollenites karrooensis</i>	Zona <i>Cristatisporites inconstans</i> - <i>Vittatina subsaccata</i>	Zona <i>L. braziliensis</i> - <i>W. lucifer</i>
			260.4 ± 0.7							L3						
	Capitaniano	Guadalupiano	265.8 ± 0.7	K	Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>	Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>	Zona <i>Cristatisporites inconstans</i> - <i>Vittatina subsaccata</i>	Zona <i>L. braziliensis</i> - <i>W. lucifer</i>								
			268.0 ± 0.7						J							
	Wordiano	Kunguriano	270.6 ± 0.7	I	Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>	Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>	Zona <i>Cristatisporites inconstans</i> - <i>Vittatina subsaccata</i>	Zona <i>L. braziliensis</i> - <i>W. lucifer</i>								
			275.6 ± 0.7						I2+I3+I4							
	Artinskiano	Cisuraliano	284.4 ± 0.7	H	Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>	Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>	Zona <i>Cristatisporites inconstans</i> - <i>Vittatina subsaccata</i>	Zona <i>L. braziliensis</i> - <i>W. lucifer</i>								
			294.6 ± 0.8						H3							
	Asseliano	Pennsylvaniano	299.0 ± 0.8	G	Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>	Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>	Zona <i>Cristatisporites inconstans</i> - <i>Vittatina subsaccata</i>	Zona <i>L. braziliensis</i> - <i>W. lucifer</i>								
			302.9 ± 0.9						H2							
	CARBONIFERO SUPERIOR	Gzheliano	Beshkiriano	306.5 ± 1.0	G	Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>	Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>	Zona <i>Cristatisporites inconstans</i> - <i>Vittatina subsaccata</i>	Zona <i>L. braziliensis</i> - <i>W. lucifer</i>							
				311.7 ± 1.1						H1	Zona <i>Cruscisaccites monoletus</i>	Zona <i>Granulatisporites austroamericanus</i> - <i>Vittatina saccata</i>				
				318.1 ± 1.3						G			Zona <i>Aherensisporites cristatus</i>			

Figura 4. Quadro comparativo entre os principais zoneamentos palinoestratigráficos da Bacia do Paraná (modificado de Mori, 2010).

4.4. Transição entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito no Rio Grande do Sul

Do ponto de vista litoestratigráfico, a passagem dos níveis superiores do Grupo Itararé para a Formação Rio Bonito é controversa e tem suscitado profundas discussões, em decorrência, principalmente, do comportamento heterogêneo dos depósitos ao longo da bacia e da utilização de métodos diferenciados para a sua delimitação. A problemática decorre das dificuldades de reconhecimento do último nível de diamictito, critério comumente utilizado para se delimitar o topo do Grupo Itararé e pela frequente recorrência de suas litologias no RS. Bossi & Picolli (1979), Cabral Jr. *et al.* (1988) e Castro (1999) abordaram o tema e lançaram indicações de uma interpretação de passagem concordante entre as duas unidades, com base, sobretudo, na interpretação litofaciológica. Outros autores obtiveram resultados sobre a passagem entre as duas unidades em diferentes partes da Bacia do Paraná que apontam para as mesmas conclusões (Schneider *et al.*, 1974; Lenz & Maciel, 1983; Petri & Pires, 1992).

Todavia, para Milani (1997), o topo da sucessão glacial na porção setentrional da bacia está delimitado por uma superfície erosiva, interpretada como resultado de exposição subárea prolongada, tendo como base a quebra no padrão dos registros de raio gama entre os contatos litológicos das unidades em subsuperfície. Para aquele autor, a palinologia não seria capaz de registrar e mensurar o possível hiato deposicional ocorrente na transição entre as duas unidades.

Segundo Iannuzzi *et al.* (2010), na transição entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito, há o registro de uma nítida superfície erosiva que marca uma quebra estratigráfica na seção, correspondente ao limite entre as duas unidades, mapeado por Silva Filho (1974) e descrito por Corrêa da Silva (1978).

Conforme Milani *et al.* (2007), o processo de deglaciação que marca a mudança paleoambiental da passagem do Grupo Itararé para a Formação Rio Bonito na porção sul da bacia trouxe como consequência direta uma subida do nível relativo do mar. Aborrrage & Lopes (1986), na apresentação de resultados

do Projeto “Borda Leste da Bacia do Paraná”, identificaram três fases de recuo de linha de costa no RS, o que permitiu inferir que a formação das turfeiras das distintas regiões carboníferas do Estado (Capané, Iruí, Candiota) não ocorreu de maneira síncrona.

Della Fávera *et al.* (1994) mostram inferências acerca dos sistemas de deposição existentes no processo de evolução geológica do RS. Na sedimentação do Grupo Itararé, vales fluviais foram preenchidos por sedimentos formadores da unidade. Ao final da glaciação verifica-se uma elevação do nível do mar, e a sedimentação da transição entre o topo do Grupo Itararé e a base da Formação Rio Bonito ocorreu em áreas onde haveriam condições de desenvolvimento de camadas de carvão (Formação Rio Bonito) em um sistema lagunar.

Baseados em palinologia, Daemon & Quadros (1970) reconheceram expressivo sincronismo das unidades bioestratigráficas entre o topo do Grupo Itararé e a base da Formação Rio Bonito.

Os conjuntos palinológicos que abrangem a transição entre as unidades estudadas têm mostrado assembleias bastante semelhantes tanto na porção superior do Grupo Itararé quanto na base da Formação Rio Bonito, seja na porção sul (Ybert, 1975; Pons, 1976a, 1976b; Dias-Fabrizio, 1981; Piccoli *et al.*, 1985 e 1991; Picarelli *et al.*, 1987; Mori, 2010; Mori & Souza, 2010; 2012), seja na porção nordeste da bacia (Souza *et al.*, 1993; 1999; 2000; Souza, 1996, 2000; Souza & Callegari, 2004).

Piccoli *et al.* (1985) estudaram sequências sedimentares na bacia carbonífera de Charqueadas a partir de dados litológicos e biofisiológicos com base em palinologia, e encontraram, na parte inferior da sequência, o predomínio dos monossacados (Grupo Itararé e base da Formação Rio Bonito), decrescendo em direção ao topo. Nos níveis mais inferiores da sequência, registrou-se uma associação microflorística composta principalmente pelos gêneros *Potonieisporites*, *Plicatipollenites*, *Vesicaspora*, *Caheniasaccites* e *Cannanoropollis*. O gênero *Lundbladispota* é o mais representativo do grupo dos esporos, ocorrendo com grande frequência em quase todos os níveis, com excessão daqueles níveis onde aumenta a representativa dos esporos acavados e dos grãos de pólen monossacados e bissacados. Com escasso

registro ao longo dos perfis, *Protohaploxypinus* e *Vittatina* são os gêneros mais representativos dos bissacados. Algas e esporos de fungo também são bastante raros, sendo que o gênero de esporo de fungo *Portalites* é o principal representante, com ocorrência sempre associada às altas frequências de *Lundbladispota* e *Punctatisporites*. Onde *Lundbladispota* é ausente, Piccoli *et al.* (1985) identificaram os gêneros de alga *Pilasporites*, *Tetraporina* e *Brazilea*. No nível considerado como limite entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito, segundo Piccoli *et al.* (1985), há dominância do grupo dos esporos acavados, representado principalmente por *Punctatisporites* e raros monossacados (*Cannanoropollis* e *Potonieisporites*).

Conforme Picarelli *et al.* (1987), ao analisarem o conteúdo palinológico da jazida carbonífera de Santa Terezinha, RS a partir de níveis do Grupo Itararé e das formações Rio Bonito e Palermo, apontaram que as amostras referentes à porção basal das sondagens (Grupo Itararé) apresentaram-se, em sua maioria, estéreis, ao passo que na minoria de níveis produtivos ficou constatado o predomínio de esporos e grãos de pólen monossacados. Nos níveis referentes à base da Formação Rio Bonito, Picarelli *et al.* (1987) constataram dominância de esporos, os quais decrescem em direção ao topo da sequência, sendo substituídos, gradualmente, por grãos de pólen bissacados. Nestes níveis, os grãos de pólen monossacados apresentam representatividade quantitativa quase constante na maioria das amostras (Picarelli *et al.*, 1987).

Piccoli *et al.* (1991) analisaram o conteúdo palinológico e paleobotânico da sequência sedimentar das Folhas de Quitéria e Várzea do Capivarita, RS e identificaram, nas amostras mais inferiores referentes ao Grupo Itararé, uma associação rica em grãos de pólen monossacados (*Cannanoropollis*, *Caheniasaccites* e *Plicatipollenites*) com bissacados subordinados (*Protohaploxypinus* e *Vittatina*), esporos triletes em menor proporção (*Punctatisporites*, *Lundbladispota* e *Vallatisporites*) e rara presença de algas, principalmente *Botryococcus*. No topo do Grupo Itararé e na passagem para a Formação Rio Bonito, Piccoli *et al.* (1991) observaram os mesmos gêneros da associação inferior, contudo, a dominância nesta amostra é dos esporos com relação aos grãos de pólen. Entre a porção basal e média da Formação Rio

Bonito, os autores registraram o predomínio de esporos (*Punctatisporites*, *Granulatisporites*, *Cyclogranisporites* e *Lundbladispora*) com relação aos monossacados (*Cannanoropollis*, *Caheniasaccites* e *Potonieisporites*), que são subordinados.

Em termos palinoestratigráficos, segundo Souza & Marques-Toigo (2005), a transição entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito está representada pela Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*, base da Zona *Vittatina*, que é definida pela amplitude de *Protohaploxypinus goraiensis*, *Illinites unicus* e *Protohaploxypinus limpidus*.

De acordo com Smaniotto *et al.* (2006), os conjuntos palinológicos identificados no Grupo Itararé e na Formação Rio Bonito, em Mariana Pimentel (RS), permitem o posicionamento destas unidades, na Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*. Não foram registradas pelos autores diferenciação bioestratigráfica entre os níveis estudados das duas unidades para a transição entre o topo do Grupo Itararé e a base da Formação Rio Bonito ao longo da bacia. Conforme os autores, em termos paleoambientais, a passagem entre as duas unidades é caracterizada por uma transição entre um ambiente marinho raso e/ou transicional com influência marinha para o Grupo Itararé para ambiente lacustre e/ou pantanoso para a Formação Rio Bonito.

Mori *et al.* (2012), ao analisarem dados palinológicos que abrangem o intervalo compreendido entre o Grupo Itararé e a Formação Rio do Rastro, constataram que a distribuição estratigráfica da maioria dos táxons concorda com os palinozoneamentos propostos por Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006), que indicam que o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito estão posicionados na base da ZVc. Entretanto, a distribuição estratigráfica de alguns esporomorfos exibiu divergências em relação a estes zoneamentos. No Grupo Itararé, foram identificadas as espécies *Hamiapollenites karroensis* e *Marsupipollenites triradiatus*, enquanto *Weylandites lucifer*, nos níveis inferiores da Formação Rio Bonito (Mori *et al.*, 2012).

4.5. Paleoambientes e paleovegetação do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito no Rio Grande do Sul

Para o Grupo Itararé do Rio Grande do Sul, o trabalho de Dias (1993) é importante para a compreensão das características dos paleoambientes e da vegetação reinante durante a deposição da unidade nesta região com base em palinologia. Quando analisou pequena parte do mesmo testemunho de sondagem trabalhado no presente estudo (poço ST-01-RS), a autora encontrou assembleias palinoflorísticas cujos esporos (Sphenosporida, Lycopsida e Filicopsida) são amplamente dominantes, com 76% de ocorrência com relação às demais áreas estudadas. Quanto à Gimnospermopsida, Coniferales predominaram, com 18%, principalmente com grãos de pólen monossacados, enquanto Glossopteridales, através dos grãos de pólen bissacados lisos e estriados, registraram, apenas 1% e 2% de quantidade percentual respectivamente. Cistos de algas, por sua vez, apresentam-se raras.

Os gêneros de esporos identificados por Dias (1993) foram *Punctatisporites*, *Granulatisporites*, *Leiotriletes*, *Cyclogranisporites*, *Apiculatisporites*, *Acanthotriletes*, *Lophotriletes*, *Raistrickia*, *Verrucosisporites* (filicófitas), *Vallatisporites*, *Cristatisporites*, *Lundbladispora*, *Neoraistrickia*, *Foveosporites*, *Kraeuselisporites* (Lycopsida); *Calamospora* (Sphenosporida) e *Retusotriletes* (Psilopsida). Foram registrados ainda *Spelaeotriletes*, *Horriditriletes*, *Murospora* e o grão de pólen *Colpisaccites*. Os monossacados são principalmente representados por *Cannanaropollis*, *Caheniasaccites*, *Potonieisporites*, *Plicatipollenites* e *Vesicaspora*. Os grãos de pólen bissacados estriados são representados por *Protohaploxypinus*, *Vittatina*, *Striatoabieites*, *Marsupipollenites* (Glossopteridales). O grupo dos bissacados lisos foi composto por *Scheuringipollenites* e *Limitisporites*.

De acordo com Dias (1993), na porção central do RS, durante a deposição do Grupo Itararé, o ambiente era caracterizado como glacial, composto por profundos vales, provavelmente inundados, escavados por geleiras sobre rochas do escudo uruguaio sul-riograndense. Estes vales estavam afogados por corpos d'água que apresentavam ligação com o mar epicontinental presente no Permiano da bacia. As encostas dos vales e as

áreas mais elevadas estariam ocupadas por vegetação da classe Gimnospermopsida, e as margens dos paleovales seriam povoadas por Pteridospermopsida de porte herbáceo e arbustivo (licófitas e filicófitas), relacionadas a uma associação higro-mesófila (Remy, 1975). Nos corpos d'água, algas do gênero *Botryococcus* eram abundantes, sendo indicativas de períodos de aumento de áreas alagadas, com incremento do aporte de água originário de degelo. A ocorrência de *Tasmanites*, nas mesmas áreas, pode indicar períodos de ingresso do mar epicontinental (Dias, 1993).

Na caracterização paleoambiental da transição entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito, destacam-se os estudos de Piccoli *et al.* (1985, 1991), Picarelli *et al.* (1987), Smaniotto *et al.* (2006) e Iannuzzi *et al.* (2006, 2010). Em Piccoli *et al.* (1985), na porção inferior de sequência (níveis do Grupo Itararé) na bacia carbonífera de Charqueadas (RS), a dominância de Coniferales (*Cannanoropollis*, *Caheniasaccites*, *Potonieisporites*) e Cordaitales (*Plicatipollenites*) indica a presença de paleoambiente do tipo mesófilo. No limite entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito, o domínio de Filicopsida na associação microflorística (*Punctatisporites*), assim como na maioria dos níveis estudados, indica predomínio de esporos relacionados à vegetação de pteridófitas, geralmente relacionadas a formas não determinadas predominantemente vinculadas a algas e grãos de pólen, tendência que se mantém nos níveis suprajacentes (Formação Rio Bonito). Segundo Piccoli *et al.* (1985), estas associações indicam um paleoambiente do tipo higrófilo, corroborando indicações pretéritas para outras bacias carboníferas da mesma região (Marques-Toigo *et al.*, 1982 e Marques-Toigo & Correa da Silva, 1984).

Com base em Remy (1975), Picarelli *et al.* (1987) estabeleceram 03 (três) tipos básicos de associação microflorística: de ambiente higrófilo, caracterizada pela forte presença de Lycopsida (*Lundbladispora*); de ambiente higrófilo-mesófilo, definida pela presença de representantes da classe Filicopsida (*Leiotriletes*, *Cyclogranisporites*, *Punctatisporites*, *Granulatisporites*, *Horriditriletes*, *Convolutispora* e *Verrucosisporites*) e de ambiente mesófilo-xerófilo, caracterizada por formas relacionadas à Coniferales (*Caheniasaccites*, *Potonieisporites*, *Limitisporites*, *Lunatisporites*, *Striatoabieites*, *Lueckisporites* e *Vittatina*) e Cordaitales (*Plicatipollenites*). O intervalo paleoecológico

estabelecido por Picarelli *et al.* (1987) referente aos níveis entre o topo do Grupo Itararé e a base da Formação Rio Bonito é marcado pela presença significativa de esporos, representativos de uma vegetação predominantemente composta por pteridófitas de pequeno porte, vinculada às classes Lycopsida e Filicopsida, e que deram origem às turfeiras relacionadas às camadas de carvão da Jazida Santa Terezinha (RS). Este tipo vegetacional habitava, conforme Remy (1975), áreas mais baixas dentro da turfeira em contato direto com o corpo d'água e, por isso, é mais sensível a pequenas variações do nível d'água. Os esporos ligados à Filicopsida, por sua vez, remeteriam a associações de plantas localizadas nas adjacências de ambiente mais secos e drenados ou em locais mais elevados e sem o impacto das variações do nível d'água, provavelmente associados à plantas do grupo das Glossopteridales (*Protohaploxylinus*), constituindo uma vegetação de um paleoambiente higrófilo-mesófilo que, de acordo com Picarelli *et al.* (1987), é amplamente dominante nos níveis correspondentes à transição entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito.

Piccoli *et al.* (1991), ao analisarem o conteúdo palinológico de sequências sedimentares de Quitéria e Várzea do Capivarita, encontraram, para o Grupo Itararé, uma associação esporopolínica dominada por Gimnospermopsida (*Cannanoropollis*, *Caheniasaccites*, *Potonieisporites*, *Plicatipollenites*, *Protohaploxylinus* e *Vittatina*) com esporos de pteridófitas subordinados (*Lundbladispora*, *Vallatisporites* e *Punctatisporites*), o que indicaria a presença de um clima frio bastante rigoroso em ambiente de fundo com águas rasas anóxicas em regiões relativamente próximas às margens (Piccoli *et al.*, 1991). No topo do Grupo Itararé, a associação microflorística é qualitativamente semelhante à subjacente descrita; contudo, os esporos dominam com relação aos grãos de pólen, subordinados, sugerindo uma amenização climática que indica ambientes sujeitos a uma menor rigor climático e a temperaturas relativamente mais elevadas que, de acordo Piccoli *et al.* (1991), é característica típica dos paleoambientes da unidade suprajacente (Formação Rio Bonito). Os registros da base da Formação Rio Bonito indicam que as plantas dominantes tinham hábitos relacionados a paleoambientes mesófilos ou meso-xerófilos em terras baixas vinculadas a

planícies de inundação um pouco afastadas das turfeiras geradoras dos carvões (Piccoli *et al.*, 1991).

De acordo com Smaniotto *et al.* (2006) e Iannuzzi *et al.* (2006, 2010) ao analisarem o conteúdo palinológico e paleobotânico do afloramento Morro do Papaléo, o limite entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito é marcado pela passagem de um ambiente lacustre para um ambiente fluvial. Segundo Smaniotto *et al.* (2006), a passagem entre as duas unidades, incluindo o limite, é posicionado na Zona *Vittatina costabilis* (Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*), até a porção média da Formação Rio Bonito. Representantes da classe Lycopside dominam nas duas unidades (*Cristatisporites* e *Vallatisporites*) no Grupo Itararé e *Lundbladispora* e *Punctatisporites* (Filicopsida) na Formação Rio Bonito, respectivamente, como dominantes, sendo Coniferales e Glossopteridales subordinados nas duas unidades, assim como as algas presentes em baixa quantidade.

Os principais gêneros de esporos registrados em ambas as unidades foram *Brevitriletes*, *Calamospora*, *Horriditriletes*, *Kraeuselisporites*, *Lundbladispora* e *Punctatisporites*. *Cristatisporites*, *Cyclogranisporites* e *Vallatisporites* foram indentificados somente em níveis do Grupo Itararé até o limite com a Formação Rio Bonito. *Cannanoropollis*, *Illinites*, *Protohaploxypinus*, *Vesicaspora* e *Vittatina* são os grãos de pólen registrados nas duas unidades, com exceção de *Vittatina vittifera*, ocorrente apenas no Grupo Itararé, bem como *Brazilea*, *Leiosphaeridiae* e *Portalites*.

A partir de significativo registro de algas zignematáceas, esporos de fungos (*Portalites*) e o domínio de fitoclastos opacos angulosos, típicos de ambiente de baixa energia e estagnados, Smaniotto *et al.* (2006) atribuíram um paleoambiente continental de baixa energia (lacustre ou pantanoso), e que estaria conectado à gênese dos pelitos carbonosos ali presentes em estratos da porção basal da Formação Rio Bonito.

Jasper *et al.* (2006) apresentaram análises paleobotânicas, palinológicas e litofaciológicas para as duas seções deposicionais definidas no afloramento Quitéria (Formação Rio Bonito). A palinoflora identificada na porção basal da sequência mostra o predomínio de esporos de Lycopside de porte arbóreo e herbáceo e abundância de esporos de Sphenopsida e Filicopsida, com grãos

de pólen como formas complementares subordinadas. Palinomorfos de afinidade botânica indeterminada, representantes de elementos do microplâncton dulciaquícola, salobro ou marinho, são identificados de forma associada com esporos e grãos de pólen oriundos de vegetação terrestre. Nos conglomerados, em direção ao topo da sequência, registrou-se similaridade na assembléia com relação à palinoflora das fácies carbonosas, contudo, com incremento expressivo na quantidade de grãos de pólen e diminuição dos esporos.

Ao analisarem os carvões da Mina do Faxinal (depósitos relativos à Formação Rio Bonito) a partir da integração de dados microflorísticos, megaflorísticos e paleoecológicos, Cazzulo-Klepzig *et al.* (2007) identificaram uma palinoflora caracterizada por uma composição distinta daquelas reconhecidas para outros carvões do sul do Brasil. O domínio de grãos de pólen monossacados e bissacados, como *Scheuringipollenites*, *Vesicaspora*, *Alisporites*, *Limitisporites*, e *Protohaploxylinus* reflete a presença de uma vegetação formadora das turfeiras constituída principalmente por Glossopteridales, Cordaitales e Coniferales. Esporos das classes Lycopsida, Sphenopsida e Filicopsida, com ocorrência significativa na maioria das palinofloras dos carvões do sul do Brasil, através de gêneros de *Lundbladispora*, *Punctatisporites*, *Granulatisporites*, *Leiotriletes*, *Calamospora*, *Deltoidospora*, *Cristatisporites* e *Vallatisporites*, são subordinados. Representantes algálicos (*Botryococcus*), elementos com afinidade botânica indeterminada e acritarcos, que são formas comumente identificadas nos carvões da Bacia do Paraná - *Portalites*, *Tetraporina*, *Brazilea* e *Quadrissporites* - ocorrem também em quantidade muito baixa.

Cazzulo-Klepzig *et al.* (2009) analisaram a camada de carvão superior da Mina do Faxinal com o intuito de averiguar o efeito da deposição de cinza vulcânica sobre o caráter da vegetação responsável pela formação de alguns carvões, bem como realizaram análise palinofaciológica com objetivo semelhante. Na base da camada analisada, a composição das palinofloras indicou que a área era dominada por vegetação herbácea e de Lycopsida de porte arbóreo com baixa ocorrência de Gimnospermosida. Componentes algálicos, embora mais escassos, também são comuns, principalmente

Botryococcus, além de esporos de fungo (*Portalites*). O gênero de esporo com maior ocorrência foi *Lundbladispora*, bem como também estão bem representados *Punctatisporites*, *Horriditriletes*, *Lophotriletes*, *Leiotriletes*, *Convolutispora* e *Calamospora*. Na porção intermediária da camada, foram identificadas formas bem preservadas da flora de *Glossopteris* autóctone, juntamente a fragmentos de Pteridospermopsida, caracterizando uma vegetação mais arbórea e menos herbácea. Na parte superior da camada, a palinoflora é dominada por grãos de pólen bissacados e poliplicados (*Cannanoropollis*, *Scheuringipollenites*, *Plicatipollenites*, *Alisporites*, *Vesicaspora*, *Protohaploxypinus*, *Lunatisporites* e *Vittatina*), que caracterizam uma comunidade de plantas arborescentes de uma floresta pantanosa ou de um ambiente de baixa energia.

Mori (2010), ao analisar níveis do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito em testemunhos no município de Candiota (RS), afirma que não foi possível estabelecer quais táxons específicos marcam a passagem entre as duas unidades a partir do aparecimento ou de desaparecimento de gêneros e espécies, entretanto constataram-se diferenças quantitativas entre os táxons de uma unidade para outra. No Grupo Itararé, Mori (2010) identificou dominância e maior diversidade de gêneros em afinidade com Glossopteridales com relação aos demais grupos, com esporos de Pteridospermopsida subordinados. Nos estratos da Formação Rio Bonito, os esporos são dominantes, porém sem incremento significativo da diversidade. Em Mori & Souza (2012), também foram identificadas formas qualitativamente comuns entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito. Dentre os gêneros mais frequentes, destacam-se *Brevitriletes*, *Vallatisporites*, *Cristatisporites*, *Kraeuselisporites*, *Horriditriletes*, *Lundbladispora*, *Cannanoropollis*, *Divarisaccus*, *Plicatipollenites*, *Potonieisporites*, *Limitisporites*, *Illinites*, *Protohaploxypinus* e *Viitatina*.

Com relação à Formação Rio Bonito, por suas peculiaridades petrográficas, paleoflorísticas e paleoecológicas em sua composição, os carvões da Mina do Faxinal (região central do Rio Grande do Sul) foram bastante estudados em sua constituição palinoflorística. Conforme Guerra-Sommer *et al.* (1984) foram nomeadas 04 (quatro) camadas de carvão: Faxinal

4, 3, 2 e 1. Em termos palinológicos, as camadas são relativamente pobres em registro de grãos de pólen e esporos, os quais se apresentam comumente mal preservados. Em geral, a associação palinoflorística é escassa e mal preservada, apresentando dominância dos esporos (Lycopsida e Filicopsida) com relação aos grãos de pólen (Coniferales e Glossopteridales), com presença de lenho e cutículas bem preservadas, o que pode remontar um ambiente redutor com fina lâmina d'água.

As camadas Faxinal 1 e 2 apresentam características petrográficas similares, e opostas às camadas Faxinal 3 e 4. Palinologicamente, as características também são distintas, uma vez que nas camadas Faxinal 1 e 2 a associação palinológica é melhor preservada e mais abundante. O ambiente que pode ser inferido nestas condições é com influência de lâmina d'água mais espessa do que nas camadas Faxinal 3 e 4 (Guerra-Sommer *et al.*, 1984).

Em Marques-Toigo & Correa da Silva (1984), foram estudados níveis da bacia carbonífera de Charqueadas, pertencentes à Formação Rio Bonito. Segundo as autoras, a flora da área é dominada por Pteridospermopsida, uma vez que a quantidade percentual de esporos é elevada, entre 70% e 80% dos palinomorfos presentes na sucessão das camadas de carvão, associada a menor proporção de grãos de pólen monossacados (Coniferales), bissacados (Glossopteridales) e *Incertae sedis*, indicando uma provável bacia de carvão de gênese autóctone na área, depositada em terras baixas (Marques-Toigo & Correa da Silva, 1984). Menos frequentes, os grãos de pólen monossacados e bissacados estão associados à Lycopsida de porte herbáceo que se desenvolveram às margens do local de deposição.

Boardman *et al.* (2012a) analisaram o conteúdo palinológico de níveis de carvão (Formação Rio Bonito) da Mina do Faxinal. Em geral, os conjuntos palinológicos ao longo da seção mostram uma relativa similaridade entre si, e são dominadas por esporos, vinculados à licófitas (*Lundbladispora*, *Cristatisporites* e *Vallatisporites*), esfenófitas (*Calamospora* e *Laevigatosporites*) e filicófitas (*Cyclogranisporites*, *Punctatisporites*, *Granulatisporites* e *Horriditriletes*). A classe Filicopsida é dominante na maioria dos níveis. Os gêneros *Punctatisporites* e *Cyclogranisporites* são os mais representativos, o que representa, de acordo com Remy (1975) e Remy &

Remy (1977), uma flora associada a ambientes higrófilos, higró-mesófilos e até mesmo ambientes mesófilos. Os representantes da classe Sphenopsida ocorrem em todos os níveis e os grãos de pólen de Gimnospermopsida são raros, representados por alguns espécimes relacionados com Glossopteridales (*Protohaploxypinus*, *Vittatina* e *Fusacolpites*) e Coniferales (*Caheniasaccites*, *Alisporites* e *Limitisporites*). Baseados em Holz & Kalkreuth (2004) e Holz *et al.* (2000), Boardman *et al.* (2012a) ressaltam que as camadas de carvão intercaladas com lamitos e siltitos da Mina do Faxinal tem origem sedimentar em um ambiente de transição flúvio-deltaico.

A partir da análise de amostras do afloramento Quitéria (Formação Rio Bonito) na região central do Rio Grande do Sul, Boardman *et al.* (2012b) observaram conjuntos palinológicos abundantes, diversificados e bem preservados. A assembleia palinológica identificada ao longo da seção é dominada por esporos (Lycopsida), seguidos de grãos de pólen (Coniferales e Glossopteridales), que são raros e frequentemente mal preservados.

Segundo Boardman *et al.* (2012b), o gênero *Lundbladispora* domina a maioria níveis quantificados, enquanto *Granulatisporites* é predominante em um único nível. Esporos associados a diferentes classes de plantas foram observados, tais como: Lycopsida (*Kraeuselisporites* e *Lundbladispora*), Sphenopsida (*Apiculatisporis*, *Calamospora* e *Laevigatosporites*) e Filicopsida (*Granulatisporites*, *Convolutispora*, *Cyclogranisporites*, *Horriditriletes*, *Leiotriletes* e *Punctatisporites*). Os grãos de pólen relacionados à Glossopteridales (*Vittatina*, *Fusacolpites*, *Protohaploxypinus* e *Vesicaspora*) e Coniferales (*Alisporites*, *Caheniasaccites*, *Cannanoropollis*, *Potonieisporites* e *Hamiapollenites*) também foram registrados. De acordo com Boardman *et al.* (2012b), *Portalites* ocorre em todos os níveis dominados por *Lundbladispora*.

5. Resultados

Em sua maioria, as amostras analisadas apresentaram conjuntos palinológicos diversificados, porém mal preservados, principalmente os grãos de pólen monossacados e bissacados. Um total de 28 gêneros de palinomorfos foi identificado, dentre os quais 08 (oito) são relativos a esporos triletes acavados, 04 (quatro) a esporos triletes cavados cingulizados, 05 (cinco) relativos a grãos de pólen monossacados, 01 (um) a grão de pólen bissacado liso e 09 (nove) a grãos de pólen estriados e pré-colpados, enquanto 04 (quatro) formas são relacionadas a elementos constituintes do microplâncton (algas clorofíceas), 01 (um) gênero de esporo de fungo 01 (um) acritarco não determinado. Além disso, diversos espécimes de esporos e grãos de pólen não determinados foram registrados.

Todos os táxons registrados estão agrupados segundo sua afinidade botânica, listados na tabela 1. Os resultados quantitativos são apresentados na tabela 2. As fotomicrografias dos táxons em melhor estado de preservação e mais representativos em termos palinoestratigráficos e paleoambientais são apresentadas nas figuras de 5 à 9.

A afinidade biológica em nível de gênero, a quantidade em percentual dos táxons são apresentadas, conjuntamente com o diagrama de porcentagem, na figura 10.

A distribuição estratigráfica dos palinomorfos é representada na figura 11, em ordem de aparecimento.

Tabela 1. Lista dos táxons de palinórfos no Grupo Itatari e na Formação Rio Bonito no poço ST-01-RS.

ESPOROS**LICÓFITAS**

- Cristatisporites inconstans* Archangelsky & Gamero 1979 (fig. 5J)
Cristatisporites spp.
Kraeuselisporites spp. (fig. 5I)
Lundbladispora braziliensis (Marques-Toigo & Pons) Marques-Toigo & Picarelli 1984 (fig. 5F e 5G)
Lundbladispora riobonitensis Marques-Toigo & Picarelli 1984 (fig. 5H)
Lundbladispora spp.
Vallatisporites spinosus Cauduro 1970 (fig. 5K)
Vallatisporites vallatus Hacquebard 1957 (fig. 5L)

ESFENÓFITAS

- Calamospora liquida* Kosanke 1950 (fig. 4A)
Calamospora spp. (fig. 4B)

FILICÓFITAS

- Apiculatisporites* spp. (fig. 5E)
Brevitriletes irregularis (Nahuys, Alpern & Ybert) Césari, Archangelsky & Seoane 1995 (fig. 5B)
Brevitriletes spp.
Converrucosisporites confluens (Archangelsky & Gamero) Playford & Dino 2002 (fig. 4I)
Cyclogranisporites gondwanensis Bharadwaj & Saluja 1964 (fig. 4E)
Cyclogranisporites spp. (fig. 4F)
Granulatisporites austroamericanus Archangelsky & Gamero 1979 (fig. 4G e 4H)
Granulatisporites spp.
Horriditriletes spp. (fig. 5D)
Leiotriletes spp. (fig. 4D)
Lophotriletes spp. (fig. 5C)
Punctatisporites gretensis Balme & Hennelly 1956 (fig. 4C)
Verrucosisporites spp. (fig. 5A)

GRÃOS DE PÓLEN**CONIFERALES**

- Caheniasaccites flavatus* Bose & Kar 1966 (fig. 6H)
Caheniasaccites spp. (fig. 6I)
Cannanoropolis densus (Lele) Bose & Maheshwari 1968 (fig. 6G e 6H)
Cannanoropolis janakii Potonié & Sah 1960 (fig. 6D e fig. 6E)
Cannanoropolis perfectus (Bose & Maheshwari) Dias-Fabrizio 1981 (fig. 6F)
Cannanoropolis trigonalis (Lele) Bose & Maheshwari 1968 (fig. 6I)
Divarisaccus spp. (fig. 6G)
Mabuitasaccites crucistriatus (Ybert) Playford & Dino 2000 (fig. 7H)
Marsupipollenites striatus (Balme & Hennelly) Foster 1975 (fig. 8C)
Potoneisporites lelei Maheshwari 1967 (fig. 6J)
Potoneisporites methoris (Hart) Foster 1975 (fig. 6K)
Potoneisporites novicus (Bharadwaj) Poort & Veld 1997 (fig. 6L)
Potoneisporites spp.
Striomonosaccites spp.
Vesicaspora spp. (fig. 7A)

GLOSSOPTERIDALES

- Hamiapollenites fusiformis* Marques-Toigo 1974 (fig. 7H)
Hamiapollenites spp.
Illinites unicus (Kosanke) Jansonius & Hills 1976 (fig. 7K)
Limitisporites rectus Leschik 1955 (fig. 7C)
Limitisporites spp. (fig. 7D)
Lunatisporites variesectus Archangelsky & Gamero 1979 (fig. 7E)
Protohaploxypinus limpidus (Balme & Hennelly) Balme & Playford 1967 (fig. 7F)
Protohaploxypinus spp. (fig. 7G)
Striatoabieites multistriatus (Balme & Hennelly) Hart 1964 (fig. 7J)
Striatopodocarpites spp. (fig. 7I)
Viitatina costabilis Wilson 1962 (fig. 7L)
Viitatina saccata (Hart) Playford & Dino 2000 (fig. 8A)
Viitatina subsaccata Samoilovich 1953 (fig. 8B)

ALGAS

- Botryococcus braunii* Kutzing 1849 (fig. 8E)
Deusilites tenuistriatus Gutiérrez, Césari & Archangelsky, 1997 (fig. 8F)
Leiosphaeridae spp. (fig. 8H)
Tasmanites spp. (fig. 8G)

ESPOROS DE FUNGO

- Portalites gondwanensis* (Nahuys, Alpern & Ybert) Souza, Félix & Saldanha (2016) (fig. 8I e 8J)

ACRITARCOS

- Acritarco não determinado (fig. 8D)

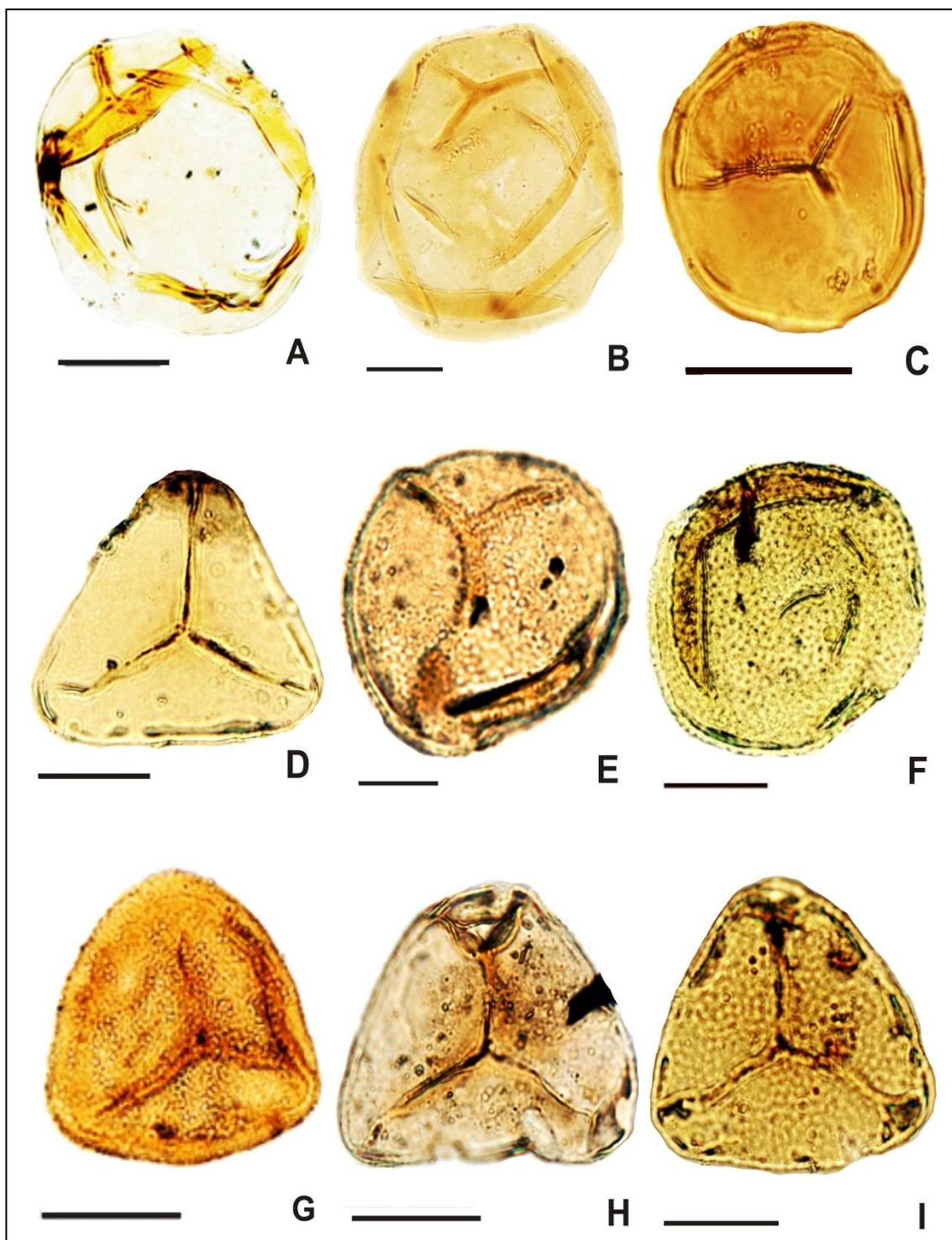


Figura 5. Fotomicrografia dos táxons selecionados no Grupo Itataré e na Formação Rio Bonito no poço ST-01-RS. Em parênteses, o código das lâminas e as coordenadas *England Finder*. **A**, *Calamospora liquida* (MP-P 8126; U43); **B**, *Calamospora* sp. (MP-P 8110; D43); **C**, *Punctatisporites gretensis* (MP-P 8121; N37); **D**, *Leiotriletes* sp. (MP-P 8121; W38-3); **E**, *Cyclogranisporites gondwanensis* (MP-P 8120; S56-4); **F**, *Cyclogranisporites* sp. (MP-P 8125; S50); **G**, *Granulatisporites austroamericanus* (MP-P 8111; L58); **H**, *Granulatisporites austroamericanus* (MP-P 8119; F52-3); **I**, *Converrucosisporites confluens* (MP-P 8113; T61). Escala = 20 μ m.

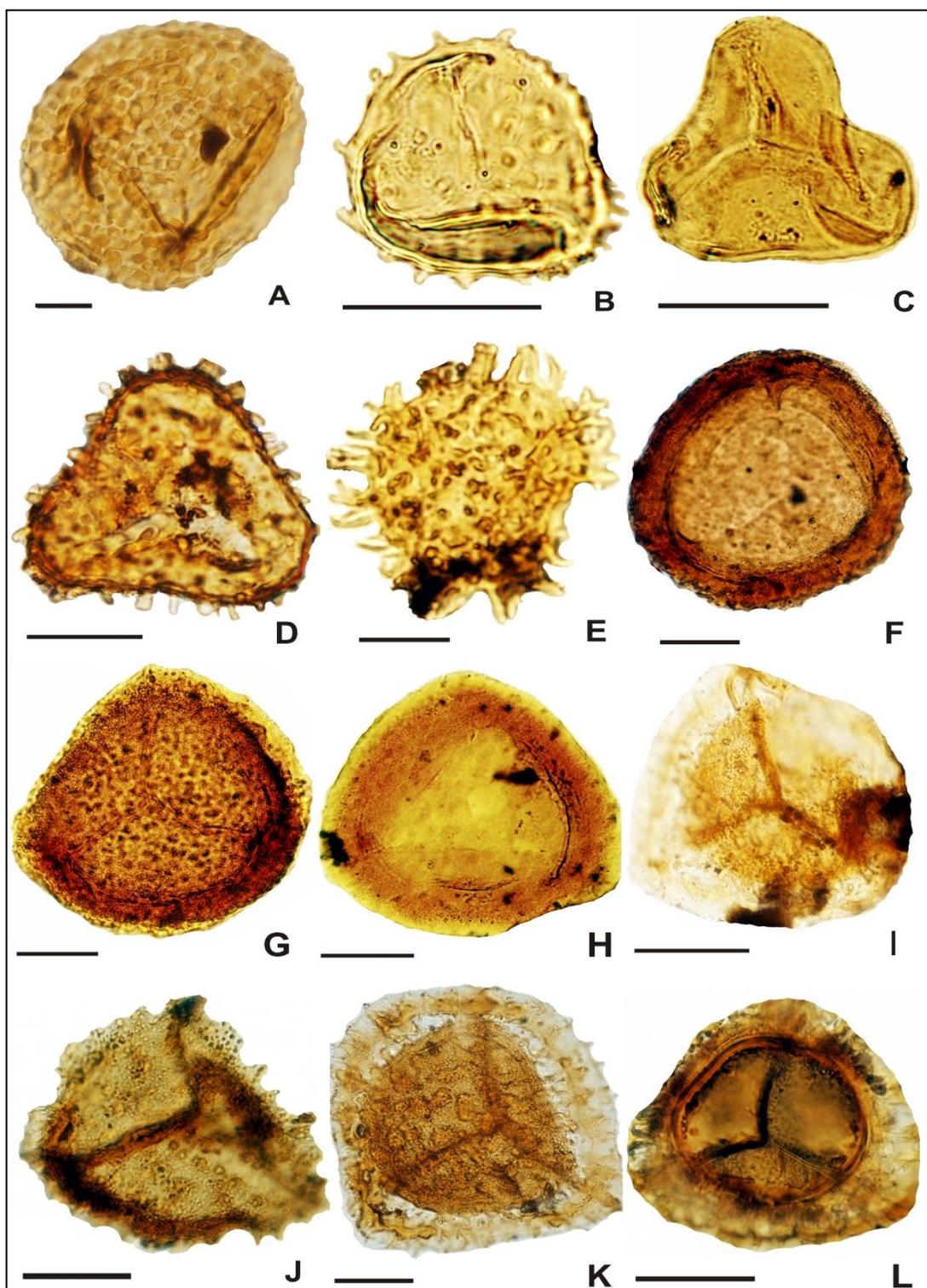


Figura 6. Fotomicrografias dos táxons selecionados no Grupo Itataré e na Formação Rio Bonito no poço ST-01-RS. Em parênteses, o código das lâminas e as coordenadas *England Finder*. **A**, *Verrucosisporites* spp. (MP-P 8125; E42-1); **B**, *Brevitriletes irregularis* (MP-P 8120; S53); **C**, *Lophotriletes* sp. (MP-P 8122; G-35); **D**, *Horriditriletes* sp. (MP-P 8107; U-53); **E**, *Apiculatisporites* sp. (MP-P 8105; N32); **F**, **G**; *Lundbladispora braziliensis* (MP-P 8129; M40-3); (MP-P 8122; Q41); **H**, *Lundbladispora riobonitensis* (MP-P 8111; B55-4); **I**, *Kraeuselisporites* sp. (MP-P 8129; G39-2); **J**, *Cristatisporites inconstans* (MP-P 8128; G39); **K**, **L**; *Vallatisporites spinosus* (MP-P 8122; D44), (MP-P 8107; V57-2). Escala = 20 μ m.

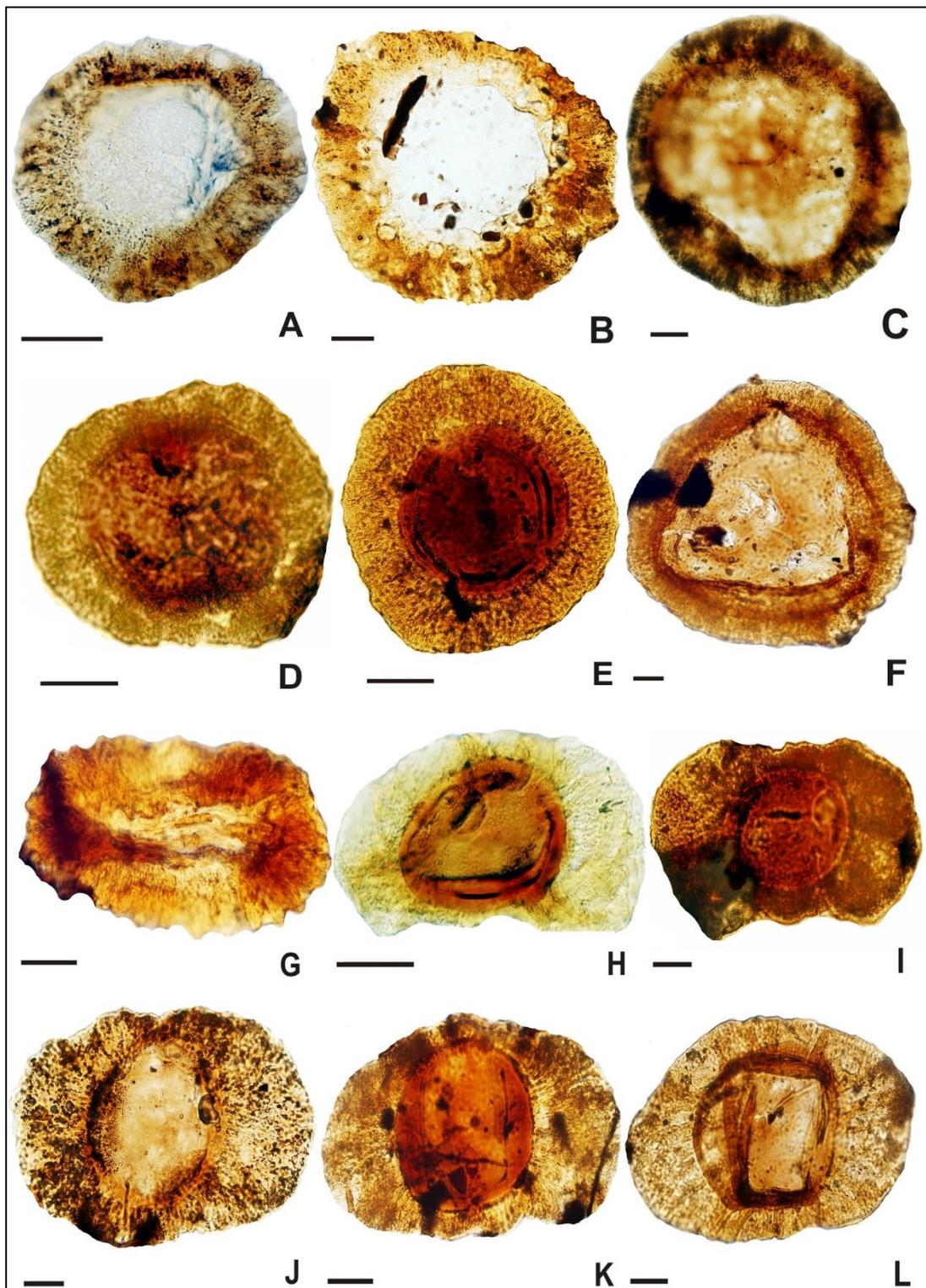


Figura 7. Fotomicrografias dos táxons selecionados no Grupo Itaré e na Formação Rio Bonito no poço ST-01-RS. Em parênteses, o código das lâminas e as coordenadas *England Finner*. **A, B**; *Cannanoropollis janakii* (MP-P 8102; N32), (MP-P 8103; Q44-4); **C**, *Cannanoropollis perfectus* (MP-P 8107; N45); **D, E**; *Cannanoropollis densus* (MP-P 8119; O55-3), (MP-P 8124; E52); **F**, *Cannanoropollis trigonalis* (MP-P 8107; N48); **G**, *Divarisaccus* sp. (MP-P 8113; R60-2); **H**, *Caheniasaccites flavatus* (MP-P 8126; H57); **I**, *Caheniasaccites* sp. (MP-P 8123; U49); **J**, *Potonieisporites lelei* (MP-P 8119; M47-2); **K**, *Potonieisporites methoris* (MP-P 8102; P39-4); **L**, *Potonieisporites novicus* (MP-P 8107; N46). Escala = 20 μ m.

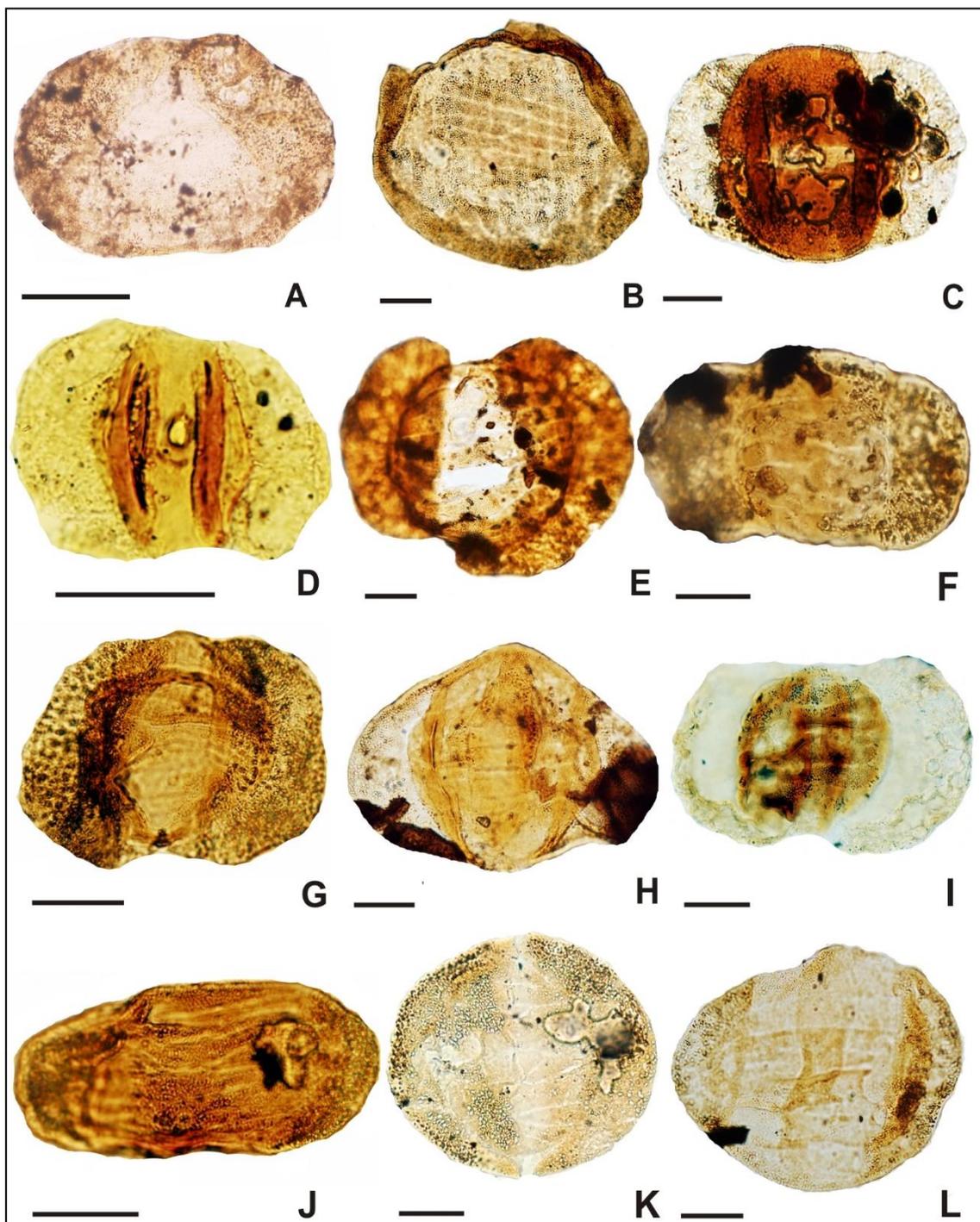


Figura 8. Fotomicrografias dos táxons selecionados no Grupo Itatari e na Formação Rio Bonito no poço ST-01-RS. Em parênteses, o código das lâminas e as coordenadas *England Finder*. A, *Vesicaspora* sp. (MP-P 8113; K62); B, *Mabuitasaccites striatus* (MP-P 8118; V59-1); C, *Limitisporites rectus* (MP-P 8119; L48); D, *Limitisporites* sp. (MP-P 8111; S58-4); E, *Lunatisporites variesectus* (MP-P 8125; J52-2) F, *Protohaploxypinus limpidus* (MP-P 8112; W53-4); G, *Protohaploxypinus* sp. (MP-P 8125; J52-2); H, *Hamiapollenites fusiformis* (MP-P 8118; P58-2); I, *Striatopodocarpites* sp. (MP-P 8124; N46-3); J, *Striatoabieites multistriatus* (MP-P 8122; M43-1); K, *Illinites unicus* (MP-P 8128; N42); L, *Vittatina costabilis* (MP-P 8120; J47). Escala = 20 μm.

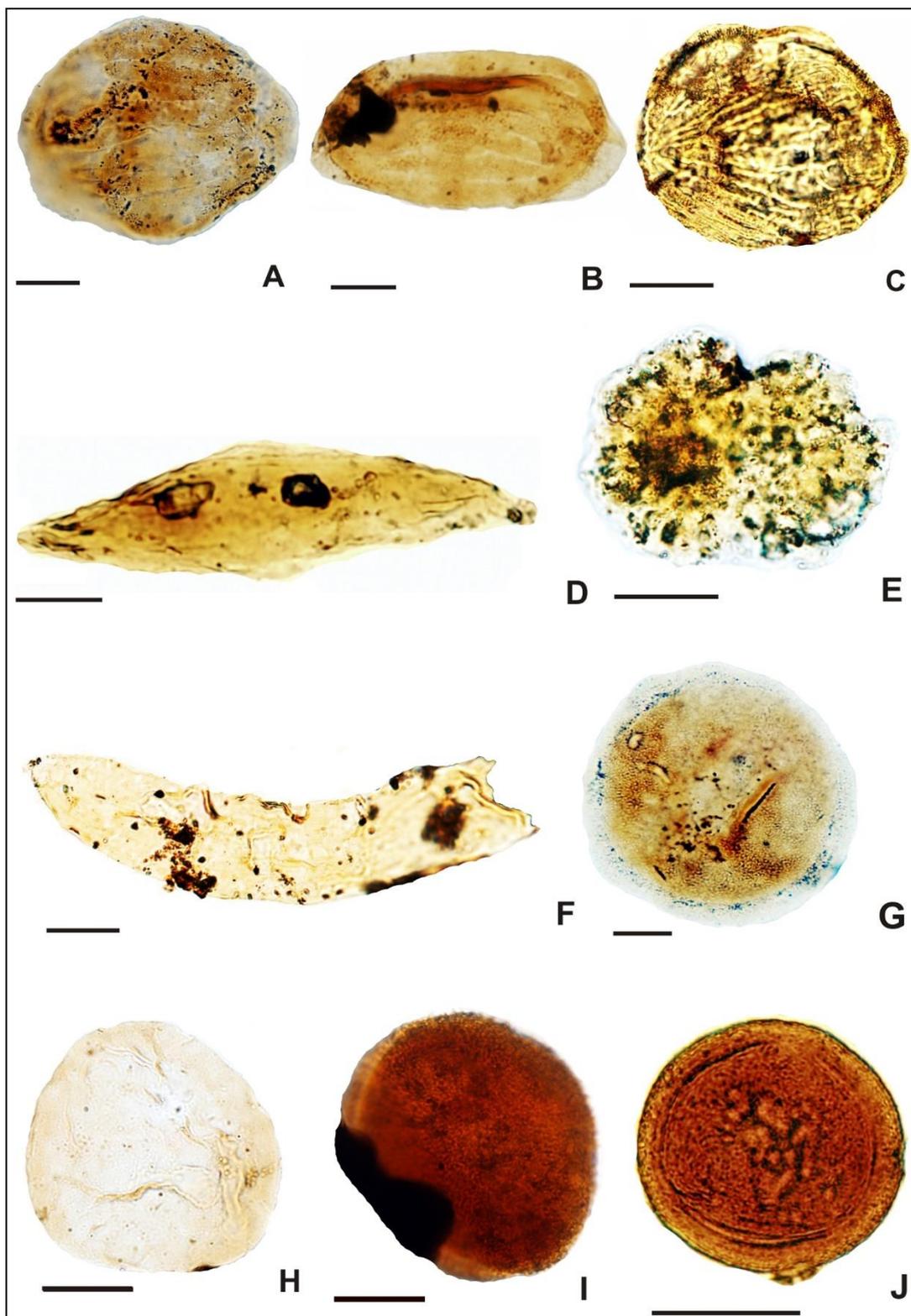


Figura 9. Fotomicrografias dos táxons selecionados no Grupo Itataré e na Formação Rio Bonito no poço ST-01-RS. Em parênteses, o código das lâminas e as coordenadas *England Finder*. **A**, *Vittatina subsaccata* (MP-P 8107; T43); **B**, *Vittatina saccata* (MP-P 8112; E56-1); **C**, *Marsupipollenites striatus* (MP-P 8121; T44-3); **D**, Acritarco não determinado (MP-P 8112; W53-4); **E**, *Botryococcus braunii* (MP-P 8112; X57-4); **F**, *Deusillites* sp. (MP-P 8113; M59-2); **G**, *Tasmanites* sp. (MP-P 8109; L49-2); **H**, *Leiosphaeridia* sp. (MP-P 8125; J56-1); **I**, **J**, *Portalites gondwanensis* (MP-P 8122; S39), (MP-P 8119; O55). Escala = 20 μ m.

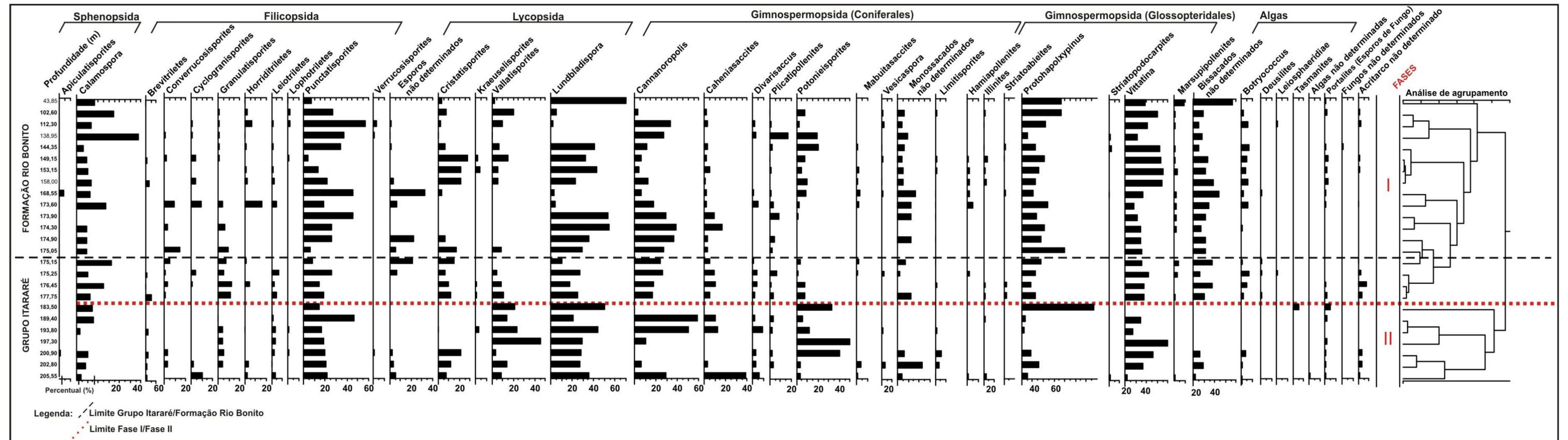


Figura 10. Diagrama de porcentagem por gênero e afinidade biológica com análise de agrupamento por similaridade registrados em cada nível amostrado do Poço ST-01-RS (Grupo Itararé e Formação Rio Bonito).

Tabela 2. Quantidade percentual dos palinomorfos (por gênero) do Poço ST-01-RS por nível e respectivas afinidades biológicas.

	PROFUNDIDADE (m)	205,5	202,8	200,9	197,0	193,8	189,4	183,5	177,7	176,4	175,3	175,2	175,1	174,9	174,3	173,9	173,6	168,5	158,0	153,1	149,2	144,4	139,0	112,3	102,0	43,9
	AMOSTRAS	MP-P 8102/8103	MP-P 8104	MP-P 8105	MP-P 8106	MP-P 8107	MP-P 8108	MP-P 8109	MP-P 8110	MP-P 8111	MP-P 8112	MP-P 8113	MP-P 8114	MP-P 8115	MP-P 8116	MP-P 8117	MP-P 8118	MP-P 8119	MP-P 8120	MP-P 8121	MP-P 8122	MP-P 8123	MP-P 8124	MP-P 8125	MP-P 8126/8127	MP-P 8128/8129
	FREQÜÊNCIA (FR%)	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %	FR %
AFINIDADE BIOLÓGICA	ESPOROS	28%	83,40%	78%	88,70%	58%	77,20%	73,60%	57,40%	67,40%	37,40%	30,50%	27,00%	15,00%	15,40%	6,50%	21,30%	14,70%	24,10%	35,00%	32,70%	26,60%	65,20%	53,20%	36,50%	96,40%
	ACAVADOS	13%	39,20%	35,90%	23,20%	20,30%	49,60%	21%	29,70%	43,10%	22,80%	22,70%	12,00%	8,70%	7,00%	3,00%	20,30%	13,70%	12,10%	9,40%	7,30%	12,40%	64,40%	45,60%	24,40%	23,70%
Sphenopsida	<i>Apiculatisporites</i>			0,5%													0,5%									
	<i>Brevitriteles</i>	0,5%	1,4%	2,0%		1,3%			3,0%	0,4%	0,5%								0,9%			0,4%				0,3%
Sphenopsida	<i>Calamospora</i>	1,0%	7,2%	7,9%		1,7%	11,7%	10,5%	7,0%	16,7%	3,9%	9,7%	2,5%	1,4%	1,5%		5,8%	1,9%	3,2%	3,7%	3,1%	1,7%	37,8%	7,1%	12,4%	16,1%
Filicopsida	<i>Converrucosporites</i>		2,4%	2,0%					0,4%	1,7%	0,5%	1,4%	4,0%		0,5%		1,9%				0,4%		0,4%			0,4%
Filicopsida	<i>Cyclogranisporites</i>	3,0%	1,9%							0,4%	1,5%						1,9%		0,9%		1,3%		0,4%	0,4%		0,4%
Filicopsida	<i>Granulatisporites</i>		3,4%	3,9%	3,9%	2,6%	0,4%		6,5%	8,3%	1,9%	2,3%	2,5%		1,0%						0,4%	0,4%	0,4%	0,4%		0,4%
Filicopsida	<i>Horriditriteles</i>	0,5%	2,9%			0,4%				3,0%		0,5%							0,5%	0,5%		0,4%	0,4%	3,3%	0,9%	0,3%
Filicopsida	<i>Leiotriteles</i>	1,0%	0,5%	1,5%	3,0%	2,2%	1,2%		2,4%	1,3%	2,4%						1,0%		0,5%	0,5%		0,4%			0,7%	
Filicopsida	<i>Lophotriteles</i>			0,5%		0,9%															0,4%			1,1%	0,9%	0,3%
Filicopsida	<i>Punctatisporites</i>	5,9%	16,6%	14,7%	16,3%	11,3%	36,3%	10,5%	10,7%	9,6%	9,7%	2,3%	1,5%	3,9%	4,0%	3,0%	3,9%	6,6%	5,2%	4,7%	1,3%	9,1%	24,2%	30,5%	9,8%	6,7%
Filicopsida	<i>Verrucosporites</i>			0,5%																			0,4%	1,5%		
	Indeterminados	1,5%	2,9%	1,5%							2,4%	6,5%	1,5%	3,4%			1,4%	4,7%	0,9%			0,4%	0,4%	0,7%		
	CINGLIZONADOS	14,3%	43,8%	42,9%	65,5%	37,8%	27,3%	52,6%	27,7%	24,3%	14,6%	7,8%	15,0%	6,3%	8,4%	3,5%	1,0%	1,0%	12,0%	25,6%	25,4%	14,2%	0,8%	7,8%	12,1%	72,7%
Lycopsida	<i>Cristatisporites</i>	2,0%	9,5%	16,7%		0,4%			6,5%	6,5%	2,4%	4,6%	4,5%	1,0%			0,5%	5,1%	7,4%	8,9%	1,7%	0,4%	1,1%	2,7%	2,8%	
Lycopsida	<i>Kraeuselisporites</i>					1,7%			0,4%	0,4%										1,4%	0,4%					
Lycopsida	<i>Vallatisporites</i>	2,5%	11,5%	3,0%	39,9%	16,1%	10,9%	15,8%	6,1%	6,1%	1,9%		2,5%						1,4%	1,9%	4,9%	1,7%	0,4%	5,6%	7,6%	2,8%
Lycopsida	<i>Lundbladispora</i>	9,8%	22,3%	22,2%	25,6%	29,9%	16,4%	36,8%	14,9%	11,4%	10,2%	3,2%	8,0%	5,3%	8,4%	3,5%	1,0%	0,5%	5,5%	14,9%	11,2%	10,8%		1,1%	1,8%	67,1%
	Indeterminados		0,5%	1,0%																						
	GRÃOS DE PÓLEN	70,5%	15,1%	17,2%	9,8%	31,9%	21,9%	15,8%	32,8%	29,0%	55,0%	68,4%	73,2%	85,0%	84,1%	93,0%	72,3%	75,4%	58,1%	60,0%	60,6%	65,2%	34,8%	40,2%	60,4%	2,8%
	MONOSACADOS	56,8%	7,9%	8,8%	5,9%	28,4%	17,6%	5,3%	15,1%	12,1%	29,2%	29,5%	24,4%	46,7%	46,5%	57,5%	32,4%	34,5%	20,9%	16,3%	14,5%	29,8%	25,9%	19,7%	12,0%	0,0%
Coniferales	<i>Cannanoropolis</i>	21,2%	1,0%		1,0%	15,9%	12,9%		6,5%	5,2%	14,6%	16,3%	19,9%	30,8%	32,6%	27,5%	12,6%	4,7%	8,3%	2,8%	3,6%	7,8%	9,4%	13,4%	1,8%	
Coniferales	<i>Caheniasaccites</i>	28,9%	0,5%			3,9%	2,3%		2,0%	3,0%	5,3%	3,2%	2,5%	2,4%	13,9%	8,5%	1,4%	1,4%	0,9%	3,3%	1,3%	2,2%		1,1%	0,9%	
Coniferales	<i>Divarisaccus</i>	4,3%	0,5%	0,5%		3,0%	0,4%		0,8%	1,3%	2,4%	0,9%					3,4%	0,9%					0,9%	0,7%		
Glossopteridales	<i>Mabuitasaccites</i>	0,5%	0,5%							0,5%	0,9%						1,0%	1,9%	0,5%	0,9%			0,4%			
Coniferales	<i>Plicatipollenites</i>		0,5%	0,5%		0,9%	0,8%		1,2%	0,4%	3,3%		2,0%	3,4%		8,0%	2,4%	1,4%		0,9%	0,4%	1,7%	5,8%	0,4%	0,4%	
Coniferales	<i>Potoniopsisporites</i>	2,4%	0,5%	6,8%	4,9%	3,9%	1,2%	5,3%	3,0%	2,2%	1,0%	2,3%				1,0%	1,4%	7,6%	6,5%	2,8%	4,4%	13,4%	6,7%	1,1%	4,4%	
Glossopteridales	<i>Vesicaspora</i>		0,5%			0,4%					1,0%							0,9%	0,5%		0,9%	0,4%		0,7%	0,9%	
	Indeterminados	2,9%	3,9%	1,0%					5,7%		1,0%	6,0%		10,1%		12,5%	10,2%	13,3%	3,7%	3,3%	2,6%	3,9%	3,1%	1,9%	3,6%	
	BISSACADOS	8,8%	6,7%	7,9%	3,9%	3,5%	4,3%	10,5%	16,5%	14,7%	23,3%	35,6%	48,6%	38,3%	36,1%	34,0%	38,0%	38,0%	37,2%	40,8%	45,3%	34,5%	8,9%	19,4%	47,6%	2,5%
	BISSACADOS LISOS	0,4%	0,5%	1,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,4%	0,4%	0,0%	0,5%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%
Coniferales	<i>Limitisporites</i>	0,4%	0,5%	1,0%		0,4%				0,4%		0,5%		0,5%		0,5%	0,5%	0,5%		0,9%	0,9%				0,9%	
	Indeterminados								0,4%																	
	ESTRIADOS/POLIPLICADOS	8,5%	6,2%	6,9%	3,9%	3,1%	4,3%	10,5%	16,1%	14,3%	23,3%	35,1%	48,6%	37,8%	36,1%	34,0%	37,9%	38,0%	37,2%	39,9%	44,4%	34,5%	8,9%	19,4%	46,7%	2,5%
Coniferales	<i>Hamiipollenites</i>	0,5%									1,0%						3,3%	1,4%	0,9%	1,4%	0,4%					
Glossopteridales	<i>Illinites</i>	1,5%				0,4%			0,4%	0,4%									1,4%	0,9%	2,2%	0,4%		0,4%	0,9%	
Glossopteris	<i>Lunatisporites</i>																							0,4%		
Glossopteridales	<i>Protohapolypinus</i>	3,5%	2,4%	1,5%		0,9%	0,8%	10,5%	4,9%	2,6%	6,8%	12,5%	28,7%	15,5%	17,8%	13,0%	17,8%	10,0%	8,3%	9,8%	12,4%	8,2%	1,8%	8,9%	22,3%	1,0%
Coniferales	<i>Striatobiteites</i>								0,8%	0,9%								0,9%			0,4%	0,9%				
Glossopteridales	<i>Striatopodocarpites</i>	0,5%																0,5%					1,3%	0,4%		
Glossopteris	<i>Vittatina</i>	1,0%	2,4%	4,4%	3,9%	2,2%	3,1%		6,9%	5,2%	12,1%	10,6%	11,4%	12,6%	12,4%	10,5%	5,8%	14,7%	23,7%	20,8%	21,0%	20,7%	4,0%	8,2%	18,2%	0,5%
	Indeterminados	1,5%	1,4%	1,0%					4,1%	5,2%	3,4%	12,0%	8,5%	9,7%	5,9%	10,5%	10,6%	20,5%	12,9%	7,0%	8,0%	3,0%	2,7%	1,9%	5,3%	1,0%
	PRÉ-COLPADOS	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,5%	2,8%	0,0%	0,0%	1,5%	1,5%	1,4%	1,9%	0,0%	1,9%	0,4%	0,9%	0,0%	0,4%	0,4%	0,3%
Glossopteridales	<i>Marsupipollenites</i>	0,5%							0,4%		1,5%	2,8%			1,5%	1,5%	1,4%	1,9%		1,9%	0,4%	0,9%		0,4%	0,4%	0,3%
	Indeterminados																									
	ALGAS	0,5%	0,5%	3,4%	0,0%	0,0%	0,0%	5,3%	2,8%	4,8%	7,8%	1,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%	5,3%	2,3%	5,5%	3,7%	4,9%	6,9%	0,0%	6,3%	1,3%	0,0%
Clorophyceae	<i>Botryococcus</i>		0,5%	3,4%					2,0%	4,8%	6,8%	0,5%			0,5%		5,3%	1,4%	5,5%	3,7%	4,9%	6,9%		5,6%	1,3%	
Prasinophyceae	<i>Deusillites</i>								0,8%		0,5%	0,5%						0,9%								
Prasinophyceae	<i>Leiosphaeridae</i>										0,5%														0,7%	
Prasinophyceae	<i>Tasmanites</i>							5,3%																		
	Indeterminados	0,5%																								
	FUNGOS	1,0%	1,5%	1,5%	1,5%	0,0%	1,2%	5,3%	1,2%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,5%								

LITOESTRATIGRAFIA	GRUPOS	ESPOROS TRILETES ACAVADOS	ESPOROS TRILETES CINGULIZONADOS	GRÃOS DE PÓLEN MONOSACADOS	GRÃOS DE PÓLEN BISSACADOS/ PRÉ-COLPADOS/ MONOCOLPADOS	ALGAS	FUNGOS	ACRITARCOS
	AMOSTRASE E PROFUNDIDADE (m)	<i>Brevitriletes</i> spp. <i>Calamospora liquida</i> <i>Cyclogranisporites gondwanensis</i> <i>Horriditriletes</i> spp. <i>Leioitriletes</i> spp. <i>Punctatisporites gretensis</i> <i>Calamospora</i> spp. <i>Cyclogranisporites</i> spp. <i>Brevitriletes irregularis</i> <i>Converrucosporites confluens</i> <i>Granulatisporites</i> spp. <i>Granulatisporites austroamericanus</i> <i>Apiculatisporites lewis</i> <i>Granulatisporites angularis</i> <i>Granulatisporites micronodosus</i> <i>Lophotriletes</i> spp. <i>Verrucosporites</i> spp.	<i>Cristatisporites</i> spp. <i>Cristatisporites morungavensis</i> <i>Vallatisporites</i> spp. <i>Lundbladispora</i> spp. <i>Lundbladispora braziliensis</i> <i>Lundbladispora riobonitensis</i> <i>Kraeuselisporites</i> spp. <i>Cristatisporites inconstans</i> <i>Vallatisporites vallatus</i> <i>Vallatisporites spinosus</i>	<i>Cannanoropollis</i> spp. <i>Caheniasaccites</i> spp. <i>Divarisaccus</i> spp. <i>Mabulisaccites striatus</i> <i>Potonieisporites novicus</i> <i>Potonieisporites lei</i> <i>Cannanoropollis janakii</i> <i>Cannanoropollis trigonalis</i> <i>Potonieisporites</i> spp. <i>Potonieisporites methoris</i> <i>Plicatipollenites gondwanensis</i> <i>Vesicaspora</i> spp. <i>Plicatipollenites</i> spp. <i>Potonieisporites malabarensis</i> <i>Potonieisporites neglectus</i> <i>Cannanoropollis perfectus</i> <i>Potonieisporites lei</i> <i>Cannanoropollis densus</i> <i>Caheniasaccites flavatus</i>	<i>Limitisporites</i> spp. <i>Limitisporites rectus</i> <i>Hamiapollenites</i> spp. <i>Illinites unicus</i> <i>Protohaploxypinus</i> spp. <i>Striatopodocarpites</i> spp. <i>Vittatina</i> spp. <i>Lunatisporites variseectus</i> <i>Protohaploxypinus amplius</i> <i>Hamiapollenites fusiformis</i> <i>Marsupipollenites striatus</i> <i>Vittatina subsaccata</i> <i>Vittatina saccata</i> <i>Vittatina costabilis</i> <i>Striatoabietes</i> spp.	<i>Botryococcus braunii</i> <i>Tasmanites</i> spp. <i>Deusilites tenuistriatus</i> <i>Leiosphaeriidae</i> spp.	<i>Portalfites gondwanensis</i> <i>Portalfites</i> spp.	Acritarco não determinado
FORMAÇÃO RIO BONITO	MP-P 8128/8129 (43,85m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8126/8127 (102,60m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8125 (112,30m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8124 (138,95m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8123 (144,35m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8122 (149,15m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8121 (153,15m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8120 (158,00m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8119 (168,55m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8118 (173,60m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8117 (173,90m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8116 (174,30m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8115 (174,90m)	●	●	●	●	●	●	●
MP-P 8114 (175,05m)	●	●	●	●	●	●	●	
GRUPO ITARARÉ	MP-P 8113 (175,15m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8112 (175,25m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8111 (176,45m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8110 (177,75m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8109 (183,50m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8108 (189,40m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8107 (193,80m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8106 (197,30m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8105 (200,90m)	●	●	●	●	●	●	●
	MP-P 8104 (202,80m)	●	●	●	●	●	●	●
MP-P 8102/8103 (205,55m)	●	●	●	●	●	●	●	

Figura 11. Esquema de distribuição estratigráfica dos táxons identificados no Grupo Itararé e na Formação Rio Bonito por nível do poço ST-01-RS.

6. Discussão dos resultados

A partir das mudanças quantitativas observadas nas assembléias de palinórfos do Grupo Itararé com relação à Formação Rio Bonito e na passagem entre as duas unidades, foi possível a definição de duas fases palinológicas com características paleovegetacionais e paleoambientais distintas: Fase I e Fase II (figura 10), posicionadas conjuntamente ao digrama de porcentagem. O diagrama foi construído a partir da porcentagem dos táxons em relação à soma total de palinórfos. A figura 10 apresenta o diagrama palinológico no qual é possível identificar a distribuição dos palinórfos agrupados de acordo com suas afinidades biológicas por amostras, bem como as fases.

6.1. Fases palinoflorísticas

A Fase I corresponde à porção mais basal do testemunho (porções inferior, média e parte da porção superior do Grupo Itararé), de 205,55 m a 183,5m de profundidade, sendo o limite entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito em 175,1 m. A Fase II abrange a porção mediana e superior do perfil, de 183,5 m a 43,9 m de profundidade (parte da porção superior do Grupo Itararé e porções inferior, média e superior da Formação Rio Bonito). O limite entre a Fase I e a Fase II não coincide com o limite entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito, embora ocorram próximos (figura 10).

A Fase I é caracterizada por uma vegetação herbácea composta predominantemente de Pteridospermopsida (Sphenopsida, Filicopsida e Lycopsida) em um ambiente com condições climáticas úmidas. Apresenta-se nesta vegetação, também, ocorrência de elementos de Gimnospermopsida (Coniferales) subordinados. Durante a Fase II, a paleovegetação caracteriza-se por uma inversão parcial do contexto da Fase I, com aumento da vegetação arbórea, predominantemente com espécimes de Gimnospermopsida (Coniferales), porém ainda subordinados, com domínio de Pteridospermopsida (Sphenopsida, Filicopsida e Lycopsida), mas em menor proporção.

A Fase II (porção superior do Grupo Itararé, passagem entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito e Formação Rio Bonito) pode ser caracterizada também por domínio de esporos (Sphenopsida, Filicopsida e Lycopsida) com relação a grãos de pólen monossacados. No entanto, a dominância quantitativa é menos ampla do que durante a Fase I e constata-se que ocorre aumento perceptível das porcentagens de bissacados (Glossopteridales). Em ambas as fases, algas e esporos de fungos apresentam ocorrência escassas, com destaque quantitativo, respectivamente, para os gêneros *Botryococcus* e *Portalites*.

Observando-se a figura 10 e o quadro 1, pode-se constatar uma maior influência de esporos de Lycopsida sobre grãos de pólen monossacados (Coniferales) durante a Fase I, na porção inferior do poço (níveis do Grupo Itararé). Na passagem entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito, já na Fase II nota-se a situação inversa, domínio de Coniferales sobre Sphenopsida, Filicopsida e Lycopsida.

A composição da paleovegetação na região de Cachoeira do Sul (RS) verificada neste trabalho durante a Fase I (Grupo Itararé) é de plantas herbáceas e arbustivas, devido a maior porcentagem de Pteridospermopsida sobre Coniferales (tabela 2), compondo associações mesófilas (Remy, 1975), típicas de ambientes de baixa à media altitudes. A partir da Fase II (porção central da Formação Rio Bonito), a classe Coniferales aumenta seu percentual, enquanto ocorre um decréscimo da porcentagem de esporos triletes (Pteridospermopsida) e de grãos de pólen bissacados (Glossopteridales), com baixa porcentagem e diversidade até então (durante a Fase I e início da Fase II).

6.2. Comparações entre as fases palinoflorísticas e trabalhos prévios

Ao tratar de uma revisão das composições palinológicas de diversos grupos do Paleozóico superior no Brasil, Lima & Sundaram (1982) retratam que as assembleias do Grupo Itararé na porção norte da Bacia do Paraná apresentam altas porcentagens de Lycopsida (*Vallatisporites*, *Cristatisporites* e *Lundbladispota*), significativa quantidade de Coniferales (*Cannanaropollis*,

Plicatipollenites e *Potonieisporites*) e baixo percentual de Glossopteridales (um maior registro de *Protohaploxylinus* e raros de *Vittatina*). Os dados de Lima & Sundaram (1982) concordam com os resultados aqui apresentados, tanto em termos quantitativos quanto da composição taxonômica (figura 10 e tabela 2).

Marques-Toigo (1988) definiu o primeiro tipo de associação caracterizada pelo domínio de grãos de pólen monossacados, esporos triletes e grãos de pólen estriados na passagem entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito que, comparado ao presente estudo, poderia representar a Fase II. O segundo tipo de associação apresenta típico domínio de esporos de Lycopsidea, algas, grãos de pólen de Coniferales e Glossopteridales, também comparável à Fase II. O terceiro tipo de associação é marcado pelo decréscimo da porcentagem de esporos triletes, pelo aparecimento de esporos monoletes e diversas formas de bissacados estriados, que predominam nesta associação, também relacionável à Fase II.

O trabalho de Dias (1993) constitui importante referência para a interpretação da vegetação local e regional a partir de dados macroflorísticos microflorísticos do Grupo Itararé em localidades da porção centro-sul do RS (incluindo a parcela do Grupo Itararé do Poço ST-01-RS). Embora o estudo de Dias (1993) faça referência ao Grupo Itararé, é possível traçar comparações com dados obtidos também com relação à Formação Rio Bonito no presente estudo.

Neste trabalho, de forma quase contínua nos níveis do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito, há presença dos gêneros *Botryococcus* (alga colonial clorofícea típica de água doce) e *Portalites* (gênero de esporo de fungo típico de ambientes úmidos). Segundo Dias (1993), a ocorrência de *Botryococcus* e *Portalites* no Poço ST-01-RS no Grupo Itararé, é escassa, porém constante ao longo da sequência, bem como neste trabalho comparável à Fase II.

Com relação à Formação Rio Bonito, neste trabalho, o gênero algálico *Deusilites* também está presente, porém com baixos percentuais assim como nos níveis no Grupo Itararé, com raros exemplares registrados em poucos níveis, assim como um espécime de acritarco não determinado. Além de *Deusilites*, em um nível da porção média da Formação Rio Bonito (no mesmo nível), registra-se um espécime de *Leiosphaeridia*.

Com relação à Coniferales, a quantidade dos representantes monossacados mantém-se relativamente elevada na Formação Rio Bonito com relação ao Grupo Itararé. No entanto, o maior percentual de grãos de pólen monossacados é registrada no nível de maior profundidade no Grupo Itararé (205,55 m). Conforme percorrem-se os níveis suprajacentes, a quantidade percentual de grãos de pólen monossacados diminui um pouco, à medida que aumenta substancialmente o percentual de grãos de pólen bissacados estriados e poliplicados - principalmente Glossopteridales - que, embora cresçam em quantidade, não alteram a sua diversidade de gêneros, destacando-se *Protohaploxypinus* e *Vittatina*, que configuram-se como os mesmos gêneros representantes de Glossopteridales no Grupo Itararé. O aumento da quantidade percentual de Glossopteridales, durante a Fase II, ocorre pelo crescimento quantitativo de *Protohaploxypinus* e *Vittatina*, com significativa porcentagem na maioria dos níveis da Formação Rio Bonito (figura 10 e tabela 2).

Dias-Fabrizio (1981), em estudos referentes a depósitos do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito da Jazida Carbonífera de Gravataí-Morongava também sugeriu uma composição florística semelhante para ambas as unidades. Para tanto, a autora baseou-se na pouca diversidade existente entre os gêneros identificados na passagem entre as duas unidades e no decorrer das mesmas, bem como no presente estudo.

No mesmo sentido, Picarelli *et al.* (1987) analisaram depósitos da área da jazida carbonífera de Santa Terezinha, correspondentes ao Grupo Itararé, Grupo Guatá (Formações Rio Bonito e Palermo) e Grupo Passa Dois (Formações Irati, Teresina, Serra Alta e Rio do Rastro), e estabeleceram uma divisão paleoecológica para esta sequência em 02 (dois) intervalos: o Intervalo A, correspondente ao topo do Grupo Itararé à Formação Rio Bonito, é definido como de ambiente higrófilo.

Piccoli *et al.* (1991), em estudo sobre a faciologia da sequência gondwânica dos Grupos Itararé e Guatá, em afloramentos nas localidades de Quitéria e Várzea do Capivarita, determinaram, a partir de critérios sedimentológicos, paleoflorísticos e icnológicos, litofácies e biofácies para esta sequência. Foram reconhecidas quatro litofácies, denominadas I, II, III e IV,

formadas em ambiente lacustre. Na base, são relacionadas a leques aluviais e, no topo, a fácies de pró-delta e frente deltaica. Com relação à Biofácies A (Grupo Itararé), é registrada uma associação com alta porcentagem de grãos de pólen (Coniferales), esporos triletos (Filicopsida e Lycopsida) e algas do gênero *Botryococcus* e a Biofácies B (formações Rio Bonito e Palermo) é composta por associação de gêneros semelhantes, apenas com alterações na quantidade percentual entre os gêneros, mesmo fator determinante do estabelecimento da Fase I e da Fase II no estudo presente. Todavia, podemos associar a Biofácies A de Piccoli *et al.* (1991) à Fase II (Formação Rio Bonito) e a Biofácies B à Fase I (Grupo Itararé), uma vez que a relação de dominância entre esporos (Filicopsida e Lycopsida) e grãos de pólen (Coniferales) foi inversa com relação a este trabalho.

Em níveis de carvão da Formação Rio Bonito, ao analisar a comunidade vegetal componente da formação da turfeira, Marques-Toigo & Correa da Silva (1984) também encontraram assembleias que são caracterizadas predominantemente por esporos (Filicopsida) com grãos de pólen monossacados (Coniferales) e bissacados (Glossopteridales) subordinados. No presente estudo, bem como em Marques-Toigo & Correa da Silva (1984), esporos ligados à Sphenosida e Lycopsida também apresentam significativa ocorrência nos níveis da Formação Rio Bonito. De acordo com as autoras, os estudos quantitativos de palinórfos encontrados em camadas de carvão (Formação Rio Bonito) tem evidenciado a ocorrência quase constante de certas formas típicas que sugerem a existência de três associações: associação *Lundbladispóra-Punctatisporites-Portalites*, associação *Vallatisporites-Cristatisporites* e associação *Scheuringipollenites-Caheniasaccites*.

A partir disso, Marques-Toigo & Correa da Silva (1984) relacionaram a associação *Lundbladispóra-Punctatisporites-Portalites* à ordem Pteridospermopsida (classe Lycopsida). A abundância de *Lundbladispóra*, portanto, indicaria predomínio de Lycopsida. A ocorrência de *Portalites*, conforme as autoras, provavelmente, é relacionado a algas de água doce que ocorrem associados a *Botryococcus* e outras formas algálicas. Essa composição indicaria uma paleovegetação que desenvolveu-se em pântanos abaixo da lâmina d'água (Marques-Toigo & Correa da Silva, 1984).

Neste trabalho, não é possível identificar a associação *Lundbladispora-Punctatisporites-Portalites* de maneira similar tal como foi identificada pelas autoras supracitados. No entanto, o gênero *Portalites* ocorre em diversos níveis ao longo da sequência. A porcentagem máxima do gênero é de 3,2% (Nível a 149,15 m, na porção média da Formação Rio Bonito).

A associação de ocorrência entre *Lundbladispora* e *Punctatisporites*, por outro lado, se dá de modo um pouco mais similar, uma vez que é possível registrar ambos os gêneros em quase todos os níveis (*Lundbladispora* está ausente apenas em 139,00 m, porção média da Formação Rio Bonito, já durante a Fase II). A maior quantidade percentual de *Lundbladispora* ocorre na porção superior da Formação Rio Bonito, no nível mais próximo do topo (43,9 m), quando perfaz 67,1% da frequência total de palinórfos registrados. No mesmo nível, *Punctatisporites* é o gênero com a terceira maior frequência relativa (6,74%). Esta alta frequência de *Lundbladispora* também foi reconhecida em Quitéria por Boardman *et al.* (2012b). Na porção superior do Grupo Itararé registram-se as maiores semelhanças na porcentagem associada entre *Lundbladispora* e *Punctatisporites*. No nível a 189,4 m – ainda na Fase I - a possível associação entre os gêneros registra um percentual de 36,33% para *Punctatisporites* e de 16,41% para *Lundbladispora*. Percentuais próximos para ambos os gêneros são registrados também em níveis suprajacentes (tabela 2).

Com relação aos esporos e conforme a associação *Vallatisporites-Cristatisporites* (Marques-Toigo & Correa da Silva, 1984), comparada ao trabalho aqui apresentado, sugere-se uma associação parcial, tanto para o decorrer da Fase I e da Fase II (figura 10), em virtude da semelhança constatada nas porcentagens dos dois gêneros. Os maiores percentuais de ambos os gêneros ocorrem nos níveis do Grupo Itararé e da passagem entre este e a Formação Rio Bonito, durante a Fase II (tabela 2).

Com relação aos grãos de pólen, *Cannaropollis*, *Protohaploxylinus* e *Vittatina* apresentam significativa porcentagem em diversos níveis, da base do Grupo Itararé até a porção superior da Formação Rio Bonito (tabela 2), tanto durante à Fase I quanto à Fase II, bem como na associação *Scheuringepollenites-Caheniasaccites* em Marques-Toigo & Correa da Silva (1984).

A associação *Lundbladispora-Punctatisporites-Portalites* também é correlacionável a este trabalho e é a que apresenta maior similaridade com as composições de gêneros associadas registradas, mesmo que de forma bastante parcial (figura 10 e tabela 2). Além dos gêneros de esporos que nomeiam esta associação, *Granulatisporites* e *Leiotriletes* também apresentam ocorrência destacadae são componentes da associação. *Lundbladispora* tem ocorrência contínua no testemunho ao longo do perfil e *Granulatisporites* mostra quantidades significativas, em especial, nos níveis do Grupo Itararé (Fase I) e na passagem deste para a Formação Rio Bonito (Fase II). O gênero *Leiotriletes* é mais raro, mas também aparece em alguns níveis, principalmente nos níveis do Grupo Itararé durante a Fase I, e na passagem deste para a Formação Rio Bonito já durante a Fase II.

Ainda, conforme constatam Marques-Toigo & Correa da Silva (1984), observa-se uma relação de proporção entre representantes de Coniferales e Glossopteridales (grãos de pólen), *Lundbladispora* (Lycopsida) e *Punctatisporites* (Filicopsida), bem como neste trabalho.

Também com relação aos esporos, Marques-Toigo *et al.* (1984) relatam o marcante percentual do esporo *Cyclogranisporites* em suas amostras, além da constante presença de *Vallatisporites* e *Cristatisporites* em diversos níveis. No trabalho aqui apresentado, os dois últimos citados têm quantidade percentual significativa em alguns níveis e constante em várias outras amostras da sondagem, tanto no Grupo Itararé (Fase I) quanto na Formação Rio Bonito (Fase II), conforme mostram a figura 10 e a tabela 2.

Além dos importantes trabalhos de Dias (1993) para o Grupo Itararé e Marques-Toigo & Correa da Silva (1984) e Marques-Toigo *et al.* (1984) para Formação Rio Bonito, Boardman *et al.* (2012a) constitui-se como importante ferramenta para o entendimento da vegetação reinante na Formação Rio Bonito no Rio Grande do Sul a partir de estudo integrativo entre palinologia e paleobotânica no afloramento Quitéria. Assim como neste estudo, e baseado na comparação do percentual dos esporomorfos registrados com as associações de comunidades de plantas formadoras de turfeiras no sul do Brasil (Formação Rio Bonito) de Marques-Toigo & Correa da Silva (1984), Boardman *et al.* (2012a) identificaram compatibilidade com a associação

Lundbladispora-Punctatisporites-Portalites em todos os níveis estudados. O predomínio de esporos sobre grãos de pólen nos níveis em geral com significativa presença quantitativa de outros gêneros, principalmente *Granulatisporites*, *Cyclogranisporites* e *Punctatisporites* também permite correlacionar o conjunto palinológico registrado por Boardman *et al.* (2012a) com a associação *Lundbladispora-Punctatisporites-Portalites* Marques-Toigo & Correa da Silva (1984).

Conforme Boardman *et al.* (2012a), assembleias palinológicas de níveis pelíticos carbonosos são muito similares em composição por terem esporos abundantes (tétrades de *Lundbladispora*) e tétrades de *Portalites*, assim como escassos grãos de pólen, de acordo com os autores identificaram na maioria de suas amostras. Em outro nível de pelito carbonoso, em contrapartida, há uma diminuição na frequência relativa de *Lundbladispora* e *Portalites* e registra-se a dominância de Filicopsida (*Horriditriletes*, *Cyclogranisporites*), e um aumento de grãos de pólen (Coniferales e Glossopteridales), quando comparado com os outros níveis pelíticos. No estudo aqui apresentado, essas características quantitativas ocorrem na maioria dos níveis onde há registro de *Lundbladispora* e de *Portalites*. Em outro nível carbonoso, Boardman *et al.* (2012a) identificaram uma assembleia que mostra quantidades significativas de *Lundbladispora* e *Portalites*, e algumas tétrades de *Lundbladispora*. Os grãos de pólen são mais frequentes e diversos, mas não apresentam-se bem preservados.

De um modo geral, os resultados obtidos aqui também são semelhantes aos de Guerra-Sommer *et al.* (1984) e de Boardman *et al.* (2012b), em razão do domínio de esporos com relação aos grãos de pólen. *Lundbladispora* é o gênero mais representativo das assembleias analisados por Guerra-Sommer *et al.* (1984). Em Boardman *et al.* (2012b) é abundante apenas em um dos cinco níveis estudados. No estudo aqui apresentado é frequente em quase todos os níveis do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito, porém é predominantemente abundante no nível a 43,9 m (topo da Formação Rio Bonito) como registrado no Afloramento Quitéria (Boardman *et al.*, 2012a), e com percentual destacado durante a Fase I (figura 10 e tabela 2).

Na região carbonífera da Mina do Faxinal (Formação Rio Bonito), Cazzulo-Klepzig *et al.* (2007) registraram um domínio de grãos de pólen, especialmente vinculados a Glossopteridales, diferentemente deste estudo. Entretanto, coincide com a baixa quantidade percentual de elementos de algas e esporos de fungos, o que é confirmado em Boardman *et al.* (2012b). A ocorrência de *Botryococcus* em vários níveis, tanto no Grupo Itararé quanto na Formação Rio Bonito (Fase I e Fase II), principalmente nesta última, colabora com a evidência do caráter carbonoso e pelítico de diversos níveis da Formação Rio Bonito no sul da Bacia do Paraná.

Neste estudo, tanto os resultados relacionados à quantidade percentual tanto de Coniferales quanto de Glossopteridales para o Grupo Itararé e para a Formação Rio Bonito, indica que há semelhança na composição florística - inclusive de gêneros de grãos de pólen - nas duas unidades, com alguma variação nos percentuais (figura 10 e tabela 2).

Dias-Fabrizio (1981) apresenta duas hipóteses conclusivas para isso: o fato da microflora das camadas estudadas pertencer a uma zona de transição entre as duas unidades estratigráficas, ou já pertencerem à Formação Rio Bonito. O elevado percentual de esporos triletes – principalmente ligados à classe Lycopsida - (entre 70% e 80%) encontrada nas camadas de carvão da Formação Rio Bonito analisadas por Marques-Toigo *et al.* (1984), associada a uma menor proporção de Coniferales e Glossopteridales e raros ou ausentes registros de outros elementos (algas, fungos, acritarcos e *incertae sedis*), indica uma flora taxonomicamente representada por Pteridpospermopsida (Lycopsida e Filicopsida). A partir do domínio desta flora, os autores inferiram a existência de uma bacia de carvão autóctone na região de estudo, com deposição predominante em terras baixas. Ao compararmos o estudo aqui apresentado, constatamos semelhanças nos resultados obtidos em níveis das porções média e superior do testemunho, na Formação Rio Bonito durante a Fase II (em especial o nível a 43,9 m, na porção superior).

Na base do testemunho, no Grupo Itararé, (nível a 205,55 m), portanto, o predomínio de esporos remete a uma flora predominantemente representada por Lycopsida e Filicopsida, provavelmente de deposição autóctone, circundado por algumas áreas deveras mais elevadas com relação às áreas alagadiças de

deposição dos esporos (Dias, 1993), em função da relação com o domínio subordinado de Coniferales no Grupo Itararé (durante a Fase I) e Glossopteridales na Formação Rio Bonito, (principalmente nas porções média e superior do testemunho). No topo do Grupo Itararé e na passagem do Grupo Itararé para a Formação Rio Bonito, já durante a Fase II, o predomínio é amplo da classe Coniferales (principalmente grãos de pólen de *Cannanoropollis* e *Caheniasaccites*), o que pode indicar condições ambientais mais secas do que nos dominados por Lycopsida e Filicopsida (Fase I). Em geral, constata-se tanto em Marques-Toigo & Correa da Silva (1984) e Marques-Toigo *et al.* (1984) quanto no trabalho aqui apresentado, que há semelhança nos conjuntos palinológicos estudados nos dois trabalhos e entre os conjuntos do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito, uma vez que as distinções ocorrem nas quantidades percentuais dos gêneros e dos grupos dominantes, o que implica algumas diferenças nas floras que caracterizam os paleoambientes.

As variações registradas na palinoflora em determinados níveis podem ser o reflexo de pequenas variações paleoclimáticas e, conseqüentemente, paleoambientais, oriundas de mudanças no nível de água em escala local e que podem ser remetidas à variações em escala local (Marques-Toigo & Correa da Silva, 1984). Nas camadas de carvão (Formação Rio Bonito), e nos níveis que predominam Lycopsida e Filicopsida em mais de 50% da porcentagem, o ambiente configura-se como predominantemente higrófilo. Nos ambientes em que esta quantidade percentual é menor ou nos quais predominam os Coniferales e Glossopteridales, situamo-nos em ambientes preferencialmente mesófilos ou meso-higrófilos (Remy, 1975).

Sobre isso, o Intervalo A de Picarelli *et al.* (1986) pode corresponder, litoestratigraficamente, às Fases I e II do estudo aqui apresentado. Entretanto, conforme Remy (1975) pode ser caracterizado como mesófilo ou até higró-mesófilo, em função da alta proporção de esporos associados à grande quantidade de grãos de pólen monossacados, e não higrófilo como no caso de Picarelli *et al.* (1986), que registrou domínio mais amplo de esporos.

Piccoli *et al.* (1991) interpretam o domínio de Coniferales sobre Filicopsida e Lycopsida na Biofácies A, correlacionável à Fase II deste trabalho, como influência de clima frio. Na Biofácies B, correlacionável à Fase I, a

característica verificada é inversa, na qual a assembleia registrada é indicada pelos autores como representantes de um ambiente de clima mais ameno com adaptação a novos nichos ecológicos, em função da evolução dos sistemas deposicionais.

A variação do amplo domínio de esporos triletes e esporos de fungo com relação a outras formas em níveis pelíticos carbonosos indica que a deposição local poderia corresponder a um paleoambiente mais aberto do que o ambiente no qual são predominantes esporos (*Lundbladispora*). Nesta situação, táxons encontrados em corpos d'água próximos são melhores representados. Segundo Boardman *et al.* (2012a), altas porcentagens de *Lunbladispora* e *Portalites* associadas à significativos percentuais de grãos de pólen (mal preservados) indicam condições intermediárias entre os dois paleoambientes anteriormente descritos. No entanto, a granulometria mais grossa neste nível do que em outros pelíticos indicam uma energia mais elevada no sistema de deposição, o que pode ter contribuído para a baixa quantidade de tétrades, neste caso, e para condições desfavoráveis para a preservação dos grãos de pólen. Tais características também são verificadas no nível de granulometria não pelítica aqui apresentado (nível 197 m, no Grupo Itararé), uma vez que são pouquíssimas as tétrades registradas e estas, quando ocorrem, aparecem em níveis de pelitos carbonosos. Os grãos de pólen, por sua vez, também são frequentes e mal preservados, contudo, a diversidade é baixa principalmente quanto aos grãos de pólen bissacados.

Se for traçado um paralelo interpretativo entre os resultados do presente estudo, os de Boardman *et al.* (2012a) e os das biofácies (E-H) traçados por Picolli *et al.* (1991), constata-se que a biofácies E1 (Picolli *et al.*, 1991) e o nível Q6 (Boardman *et al.*, 2012a), de granulometria mais grossa, são correlacionáveis, devido ao rico conjunto de esporos triletes presentes (principalmente *Lundbladispora*) e com níveis do Grupo Itararé durante a Fase I e da porção superior do testemunho na Formação Rio Bonito durante a Fase II (especialmente o nível a 43,9 m) no estudo aqui apresentado (figura 10).

A partir da reconstituição de microambientes deposicionais vigentes durante a deposição das camadas de carvão constituintes da Formação Rio Bonito no sul do Brasil, Marques-Toigo & Correa da Silva (1984) afirmam que

as camadas de carvão da Mina do Faxinal corresponderiam a um paleoambiente telmático, com paleovegetação dominada por Pteridospermopsida, associada à ocorrência de Gimnospermopsida. Algumas camadas estariam relacionadas a ambiente telmático característico, e outras a ambiente limno-telmático.

Os processos tafonômicos envolvidos na preservação destes conjuntos fósseis podem agir de maneiras diferentes. O fato da preservação de palinómorfos e microfósseis de plantas serem controlados pela dinâmica sedimentar e pelas características intrínsecas das partículas orgânicas, tais como resistência física a danos de transporte e potencial de conservação, por exemplo, são fatores que devem ser considerados. Em Boardman *et al.* (2012b), os autores constataram similaridade na composição palinológica da assembleia estudada em cinco níveis da Mina do Faxinal, a qual é marcada pelo domínio de esporos com relação aos grãos de pólen, principalmente relacionados à classe Filicopsida (*Punctatisporites* e *Cyclogranisporites*), que são os elementos dominantes em quatro dos cinco níveis mais produtivos.

Para níveis carbonosos, de acordo com dados palinológicos de Cazzulo-Klepzig *et al.* (2009), existe uma semelhança entre a macroflora e a microflora dos níveis de carvão da Mina do Faxinal. Isto ocorre devido a uma incidência elevada de grãos de pólen (Glossopteridales). A partir destes conjuntos palinológicos e arranjos microflorísticos, é possível relacioná-los a uma flora associada a paleoambientes higrófilos, higo-mesófilos e possivelmente mesófilos (Remy, 1975 e Remy & Remy, 1977). Pequenas alterações na porcentagem de alguns táxons ocorreram de um nível para outro, todavia, o domínio de Filicopsida, a grande quantidade percentual de Coniferales e Glossopteridales em alguns níveis e algas na maioria dos níveis indica um ambiente higo-mesófilo para os níveis estudados. Portanto, podemos associar os resultados os resultados aqui apresentados com os obtidos por Boardman *et al.* (2012b) considerando que, na maioria dos níveis da Formação Rio Bonito os esporos (Filicopsida) também dominam com significativa quantidade percentual de grãos de pólen subordinados (Coniferales e Glossopteridales).

A partir da avaliação das porcentagens dos conjuntos palinológicos do presente estudo, podemos sugerir que o paleoambiente sedimentar de

deposição dos níveis deste trabalho era possivelmente mesófilo (durante a Fase I no Grupo Itararé). Durante a Fase II, nos níveis da Formação Rio Bonito, sugere-se a passagem para um ambiente higro-mesófilo, considerando os conceitos apresentados em Remy (1975) e Remy & Remy (1977) e ao comparar-se com as conclusões de Boardman *et al.* (2012b). É importante ressaltar que, neste contexto, tanto no estudo presente quanto no de Boardman *et al.* (2012b), que as pequenas diferenças encontradas entre os níveis amostrados representam uma ligeira variação lateral do mesmo ambiente sedimentar.

6.3. Sobre a transição entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito

A passagem entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito no testemunho analisado neste estudo compreende 03 (três) níveis: 175,25 m (topo do Grupo Itararé) a 174,85 m (base da Formação Rio Bonito), com o limite em 175,05 m. Os níveis da transição entre as duas unidades, não apresentam ocorrências de desaparecimento de táxons, contudo, é possível estabelecer importantes diferenças palinológicas quantitativas dos táxons presentes na transição entre as unidades.

No intervalo supracitado, as principais mudanças decorrem da diminuição drástica da quantidade percentual de alguns gêneros e, em outros, de alterações do percentual sem o aparecimento de novos táxons no registro. As classes Sphenopsida e Lycopsida, representadas por esporos triletes acavados e cingulizados, mostram redução na ocorrência de alguns gêneros e nas quantidades percentuais com relação aos níveis das porções médio e inferior do Grupo Itararé, concentrando os maiores maiores percentuais em *Calamospora* (entre 1,4% e 9,7%), *Converrucosporites* (entre 0,5% e 4,0%), *Granulatisporites* (entre 1% e 2,5%), *Punctatisporites* (entre 1,5% e 9,7%), *Cristatisporites* (entre 1% e 4,6%), *Vallatisporites* (entre 1,9% e 2,5%) e *Lundbladispora* (entre 1% e 10,2%) nos níveis em que ocorrem dentro deste intervalo (tabela 2).

A classe Coniferales, em função dos monossacados, apresenta também um menor número de gêneros representantes na passagem entre o Grupo

Itararé e a Formação Rio Bonito, principalmente nos níveis a 175,05 m e 174,85 m de profundidade, os quais registram 03 (três) gêneros e o último, 02 (dois), conforme ilustrado na figura 9. O gênero *Cannanoropollis*, em contrapartida, mostra acréscimo percentual nos 02 (dois) referidos níveis, e em 05 (cinco) níveis compreendidos a porção superior do Grupo Itararé e a porção inferior da Formação Rio Bonito, com 14,6% (175,3 m), 16,2% (175,2 m), 19,9% (175,1 m), 30,9% (174,9 m), 32,7% (174,3 m), 27,5% (173,9 m) e 12,6% (173,6 m). Com relação à Glossopteridales, nos níveis de passagem entre as unidades, alguns gêneros têm sua ocorrência reduzida, quase que somente, aos gêneros *Protohaploxypinus* e *Vittatina*, e aumento significativo da quantidade percentual no caso do primeiro, para 28,7% no nível a 175,05 m de profundidade (limite entre as unidades estratigráficas). Algas e esporos de fungo, na passagem entre as duas unidades, entretanto, ocorrem em 03 (dois) da porção superior do Grupo Itararé próximos ao limite (175,25 m e 175,15 m) com baixo percentual (entre 0,5% e 5,3%).

O principal caráter quantitativo dos conjuntos palinológicos perceptível neste intervalo é a redução da ocorrência de diversos gêneros, principalmente de esporos (Filicopsida e Lycopsida) e de grãos de pólen bisacados (*Brevitriletes*, *Cyclogranisporites*, *Horriditriletes*, *Leiotriletes*, *Lophotriletes*, *Verrucosisporites*, *Cristatisporites*, *Kraeuselisporites*, *Vallatisporites*, *Divarisaccus*, *Potonieisporites*, *Striomonosaccites*, *Vesicaspora*, *Hammiapollenites* e *Illinites*) com relação ao Grupo Itararé, bem como o incremento concentrado da quantidade percentual de muitos dos gêneros restantes presentes (*Cannanoropollis*, *Caheniasaccites*, *Plicatipollenites*, *Protohaploxypinus* e *Vittatina*). Os demais gêneros não apresentaram variação significativa na sua ocorrência neste intervalo, e não há nenhum aparecimento de gênero ou espécie nestes níveis (figura 10 e tabela 2).

A transição palinológica entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito (durante a Fase II) foi detalhada pela primeira vez em Daemon & Quadros (1970). A passagem entre as duas unidades, em termos palinológicos, foi registrada nos intervalos H, I e J. Nos resultados obtidos no presente estudo, assim como em Dameon & Quadros (1970), a passagem entre as duas unidades também é representada por alto percentual de monossacados

(intervalo H de Daemon & Quadros, 1970) e pela rara porcentagem de bissacados (intervalo H₂ de Daemon & Quadros, 1970), bem como a maior concentração e abundância deste grupo quase que restritas aos gêneros *Protohaploxylinus* e *Vittatina* (intervalo H₃ de Dameon & Quadros, 1970). Nos níveis sobrejacentes aos níveis de transição, como ocorre em Daemon & Quadros (1970), é semelhante as frequências de monossacados e bissacados.

Nos níveis da passagem entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito (Fase II), os gêneros representantes são os registrados no Grupo Itararé, mas seus percentuais aumentam significativamente, porque sua variedade diminui restringindo-se a poucos gêneros, principalmente de Glossopteridales (*Protohaploxylinus* e *Vittatina*), os quais aumentam progressivamente em direção aos níveis suprajacentes da Formação Rio Bonito. Há também a ocorrência de um gênero de grão de pólen pré-colpado (*Marsupipollenites*), com baixa porcentagem e raras ocorrências em poucos níveis.

Do ponto de vista palinológico, a transição entre Grupo Itararé e Formação Rio Bonito (início da Fase II) está representada pela Subzona *Protohaploxylinus goraiensis*, base da Zona *Vittatina costabilis* (Marques-Toigo, 1991; Souza, 2000; Souza & Marques-Toigo, 2001 e 2005 e Souza; 2006). Neste estudo, o alto percentual concentrado em *Protohaploxylinus* e *Vittatina* (figura 10 e tabela 2) nos níveis de transição entre Grupo Itararé e Formação Rio Bonito, confirma o posicionamento dos níveis da passagem entre as duas unidades também na Zona *Vittatina costabilis* (ZVc).

Foi verificado neste estudo que o topo do Grupo Itararé e os níveis basais da Formação Rio Bonito (ambos na Fase II) apresentam similaridade em termos palinológicos. Alguns trabalhos realizados para a porção sul da bacia (Ybert, 1975; Pons, 1976a, 1976b; Dias-Fabício, 1981; Picarelli *et al.*, 1987; Dias, 1993, Smaniotto *et al.*, 2006; Mori, 2010; Mori & Souza, 2010) também tem apresentado resultados semelhantes, o que possibilita a analogia dos resultados destes trabalhos com o estabelecimento da Fase II deste estudo.

Os conjuntos palinológicos registrados por Smaniotto *et al.* (2006) nos níveis do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito permitem o posicionamento destas unidades, aflorantes no Morro do Papaléo, na base da Zona *Vittatina*

costabilis. Estas conclusões são confirmadas neste trabalho e também em Souza & Marques-Toigo (2001 e 2005).

Assim como no estudo aqui apresentado, em Mori (2010), através de análises do Poço HN-25-RS, somente as características quantitativas gerais dos gêneros de cada uma das unidades e de um intervalo de transição elegido, podem ser utilizadas como critério de distinção entre elas. Podem-se confirmar estas conclusões com a maior porcentagem e diversidade de grãos de pólen monossacados (Coniferales) nas amostras oriundas do Grupo Itararé do que naquelas da Formação Rio Bonito (figura 10 e tabela 2).

Este tema foi estudado Longhim (2007), que observou entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito do estados de Santa Catarina e do Paraná, um aumento progressivo de grãos de pólen bissacados teniados e diminuição relativa dos grãos monossacados e não-teniados, sem diferenças significativas de conteúdo qualitativo. Estes resultados não auxiliaram na melhor delimitação da ZVc, porém coincidiram parcialmente com a descrição da Fase II deste estudo.

Segundo Mori (2010), a caracterização dos conjuntos palinológicos da ZVc é resultado do contexto paleoclimático na época de deposição. Entretanto, palinozonas propostas para o mesmo intervalo de tempo em outras porções do Gondwana são semelhantes quanto à composição palinológica e à distribuição estratigráfica (Césari, 2007), tais como as zonas *Cristatisporites* e *Striatites* (Russo *et al.*, 1980; Vergel, 1993), bem como as zonas *Fusacolpites fusus* - *Vittatina subsaccata* e *Lueckisporites* - *Weylandites* (Césari & Gutiérrez, 2000). Grãos de pólen relacionados à classe Glossopteridales são comumente vinculados a indicativos de idades mais recentes do Permiano, pois refletiriam condições climáticas mais secas, pós “melhora climática” (Balme, 1995). Segundo di Pasquo (2009), em depósitos paleozoicos de distintas bacias da América do Sul, o aumento destas formas é percebido a partir do Cisuraliano, quando o Gondwana estaria em direção à latitudes mais baixas (mais quentes). No presente trabalho, é possível inferir que há similaridade com relação a estas afirmações, pois, segundo mostram a figura 10 e a tabela 2, ocorre aumento das formas estriadas/teniadas e poliplacadas nos estratos da Formação Rio Bonito comparado aos depósitos do Grupo Itararé.

Embora hajam modificações quantitativas na palinoflora entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito confirmadas pelos estudos citados e por este trabalho, nota-se que estas as variações palinológicas são moderadas. Os resultados apresentados por Beri *et al.* (2011) em depósitos glaciais correlatos ao Grupo Itararé no Uruguai, também apontam que são quase inexistentes as modificações da flora na transição entre as unidades lá analisadas. Segundo os autores, o primeiro aparecimento de formas estriadas/teniadas nestas seções glaciais não foi considerado evidência de mudança florística significativa, baseado no modelo de Di Michele *et al.* (2009), o qual indica que as terras baixas apresentam grande variabilidade de vegetação, que ocupariam a bacia de acordo com as variações paleoclimáticas ou do nível do mar, o que explica a dominância de Gimnospermopsida em algumas terras baixas naquelas áreas (quadro 1).

Em termos paleoambientais, as diferenças entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito é significativa. Conforme Smaniotto *et al.* (2006), a presença de gêneros microplanctônicos (*Brazilea*, *Leiosphaeridia*, *Quadrisporites* e *Tetraporina*), que ocorrem de forma diferenciada no Grupo Itararé e na Formação Rio Bonito permitem a proposição de ambiente marinho raso e/ou transicional com influência marinha para o Grupo Itararé e ambiente lacustre e/ou pantanoso para a Formação Rio Bonito, corroborando dados paleontológicos e litofaciológicos anteriores (Holz, 1997; Holz *et al.*, 2006).

No presente estudo, em contrapartida, a tímida presença de algas e fungos não permite afirmar com segurança características paleoambientais salobras à marinhas para ambas as unidades (figura 10 e tabela 2). Nos níveis de transição entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito, contudo, tanto as algas quanto os esporos de fungos (*Portalites*) são ausentes, sendo o ambiente definido pela porcentagem concentrada em alguns poucos gêneros de esporos, grãos de pólen monossacados, bissacados e poliplicados. Estes conjuntos palinológicos indicariam a conhecida variação entre um paleoambiente glacial (marinho, transicional ou continental) do Grupo Itararé para o ambiente continental/lacustre quente e úmido reinante na Formação Rio Bonito nesta porção da Bacia do Paraná (Smaniotto *et al.*, 2006; Holz *et al.*, 2006).

Combaz (1980) considera *Botryococcus* como originário de ambientes de água doce, mas que pode desenvolver-se em águas salgadas de baixa energia. Este gênero também é identificado em alguns níveis no presente estudo, tanto no Grupo Itararé quanto na Formação Rio Bonito (figura 10 e tabela 2). É importante ressaltar que as quantidades percentuais deste gênero, em ambas as unidades, são relativamente baixas e semelhantes, com pouca variação nos diversos níveis em que ocorrem, mesmo com condições ambientais que apresentam mudança significativa na passagem entre as duas unidades, passando de condições ambientais glaciais no Grupo Itararé para um ambiente de clima mais quente e úmido na Formação Rio Bonito.

Nos níveis de transição entre as unidades, entretanto, *Botryococcus* não ocorre. Neste sentido, Guy-Ohlson (1992), ao estudar níveis de formações na Austrália, afirma que este gênero é resistente a fortes variações climáticas, assim como as observadas na transição entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito. Em geral, *Botryococcus* é um dos poucos gêneros que apresentam bom nível de preservação no registro aqui apresentado. Segundo Dias (1993), bons níveis de preservação das colônias refletem uma deposição em condições favoráveis em águas rasas e oxigenadas. Com o aumento do nível de água nos vales, as águas tornaram-se mais calmas após a transgressão, que é condição também favorável à manutenção de *Botryococcus* (Dias, 1993). Segundo Marques-Toigo & Correa da Silva (1984), as alterações de frequências podem indicar mudanças ambientais vinculadas a variações no nível d'água.

Em concordância, baseando-se em Holz & Kalkreuth (2004) e Holz *et al.*, (2000), Boardman *et al.* (2012a) ressaltam que a formação dos carvões da Formação Rio Bonito na Mina do Faxinal ocorreu em um paleoambiente de transição flúvio-deltaico, típico das turfeiras geradoras de carvão do Gondwana. Neste contexto, é nítido que as pequenas diferenças encontradas entre os níveis amostrados representam apenas uma ligeira variação lateral do mesmo ambiente sedimentar com variações do nível de água. Resultados parecidos na área também foram obtidos por Guerra-Sommer *et al.* (1984) e Cazzulo-Klepzig *et al.* (2009), em paleoambientes higrófilos e higró-mesófilos para a Formação Rio Bonito, o que concorda com o presente estudo.

Com intuito de apresentar de forma conjunta as características palinológicas, às possíveis associações e interpretações comparáveis estabelecidas em outros trabalhos e as interpretações paleoambientais e paleovegetacionais obtidas neste trabalho e em outros consultados, foi criado o quadro 1.

Litologia	Fases	Características palinológicas determinantes	Associações comparáveis	Interpretações da paleovegetação e dos paleoambientes
Formação Rio Bonito	I I	<ul style="list-style-type: none"> - Domínio de esporos triletes (<i>Lundbladispora</i>, <i>Punctatisporites</i> e <i>Calamospora</i>) com grãos de pólen monossacados subordinados (<i>Caheniasaccites</i> e <i>Cannanoropollis</i>) - A diferença de proporção entre esporos e monossacados diminui - Aumento da porcentagem de grãos de pólen bissacados com relação à Fase I - Transição litoestratigráfica: diminuição geral de táxons com domínio e grande concentração de monossacados (<i>Caheniasaccites</i> e <i>Cannanoropollis</i>) e aumento de bissacados (<i>Protohaploxylinus</i> e <i>Vittatina</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Lima & Sundaram (1982) - Dias-Fabrizio (1983); - Intervalo A (Picarelli <i>et al.</i>, 1986) - Marques-Toigo & Correa da Silva (1984): correlação parcial com associações <i>Vallatisporites-Cristatisporites</i>, <i>Punctatisporites-Portalites</i>, <i>Scheuringepollenites-Caheniasaccites</i> e <i>Lundbladispora-Punctatisporites-Portalites</i>; - Biofácies B (Picolli <i>et al.</i>, 1991) - Cazzulo-Klepzig <i>et al.</i> (2007) - Cazzulo-Klepzig <i>et al.</i> (2009) - Boardman <i>et al.</i> (2012b) 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambiente higro-mesófilo a higrófilo (Remy, 1975) com clima ameno (mais quente do que na Fase I); - Corpos d'água lacustres, provavelmente extensos, com predomínio de vegetação paludal e arbustiva circundante, com presença de vegetação arbórea mais pronunciada em áreas elevadas adjacentes aos corpos d'água, principalmente na transição com o Grupo Itararé já na Fase II (área fonte dos grãos de pólen); - Provável presença de clima mais quente e úmido nas áreas baixas próximas aos corpos d'água lacustres e áreas úmidas e paludais, e mais seco e mais amenos nas elevações adjacentes;
Grupo Itararé	I	<ul style="list-style-type: none"> - Domínio amplo de esporos triletes (<i>Lundbladispora</i>, <i>Punctatisporites</i> e <i>Calamospora</i>) com grãos de pólen monossacados subordinados (<i>Caheniasaccites</i> e <i>Cannanoropollis</i>) - Raros bissacados (<i>Protohaploxylinus</i> e <i>Vittatina</i>), algas (<i>Botryococcus</i>) e esporos de fungo (<i>Portalites</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Lima & Sundaram (1982) - Dias-Fabrizio (1983) - Marques-Toigo & Correa da Silva (1984): correlação parcial com associações <i>Vallatisporites-Cristatisporites</i> e <i>Scheuringepollenites-Caheniasaccites</i> (analogias com a Formação Rio Bonito) - Resultados dos níveis do Poço ST-01-RS (Dias, 1993) - Intervalo A (Picarelli <i>et al.</i>, 1986) - Biofácies A, E e H (Picolli <i>et al.</i>, 1991) - Nível Q6 (Boardman <i>et al.</i>, 2012a) 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambiente mesófilo a higro-mesófilo (Remy, 1975) - Transição de um ambiente glacial para um ambiente úmido (clima ameno com condições úmidas) - Corpos d'água lacustres com predomínio de vegetação paludal e arbustiva circundante, com rara presença de vegetação arbórea adjacente em áreas relativamente planas com discretas elevações (área fonte dos grãos de pólen) - Possível invasão marinha discreta (<i>Leiosphaeridiae</i>, <i>Tasmanites</i>, <i>Deusilites</i> e acritarco indeterminado)

Quadro 1. Quadro ilustrativo e comparativo com informações conjuntas sobre as características palinológicas e às possíveis comparações estabelecidas com outros trabalhos realizados no Grupo Itararé e na Formação Rio Bonito no Rio Grande do Sul.

6.4. Considerações bioestratigráficas

De acordo com o zoneamento vigente para a Bacia do Paraná (Souza & Marques-Toigo, 2003, 2005; Souza, 2006), constatou-se que os conjuntos palinológicos identificados nos 25 níveis estudados referem-se à Zona *Vittatina costabilis*, devido ao reconhecimento de *V. costabilis*, *Converrucosporites confluens* e vários espécimes do gênero *Protohaploxypinus*, além de, praticamente, haver ausência de táxons da zona suprajacente.

No entanto, é importante ressaltar que foi identificado 01 (um) espécime de *Lunatisporites variesectus*, na porção superior da Formação Rio Bonito no testemunho (tabela 1). Esta espécie é típica de estratos das formações Palermo e Irati (suprajacentes), portanto, posicionado na Zona *Lueckisporites virkkiae* conforme estudos anteriores no Rio Grande do Sul (Dellazana, 1976) e outras porções da Bacia do Paraná (Premaor *et al.*, 2006). Todavia, como trata-se de somente 01 (um) espécime, é insuficiente para alterar o posicionamento dos níveis desse estudo, carecendo de melhores confirmações.

O posicionamento dos estratos na ZVc era provável (figura 10), pois para este intervalo reconhecido no Rio Grande do Sul, os sedimentos do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito são representativos da ZVc assim como provável como constatados em Smaniotto *et al.* (2006), Iannuzzi *et al.* (2010) e Mori & Souza (2010, 2012).

Na passagem entre o Grupo Itararé e Formação Rio Bonito, segundo Longhim (2007), foi indicado um acréscimo na frequência de grãos de pólen teniados e na queda da frequência de grãos de pólen monossacados, o que poderia sugerir uma modificação na definição da amplitude estratigráfica da Zona *V. costabilis* (Souza & Marques-Toigo, 2005; Souza, 2006). O trabalho de Mori & Souza (2010) sugere que a Zona *V. costabilis* não apresentava todo o pacote sedimentar no material analisado, que a distribuição estratigráfica das espécies citadas é mais extensa do que se imaginava anteriormente ou que algumas espécies que aparecem na base da biozona adjacente (Zona *L. virkkiae*) talvez registrem o seu aparecimento em níveis mais inferiores da sequência estratigráfica.

7. Conclusões e considerações finais

Ao considerarem-se as duas unidades (Grupo Itararé e Formação Rio Bonito), há maior influência de esporos da ordem Pteridospermopsida (Sphenopsida, Filicopsida e Lycospida) em relação a grãos de pólen da ordem Gimnospermopsida (Coniferales e Glossopteridales). Desta forma foi possível o estabelecimento de duas fases palinoflorísticas: I e II.

Nos pacotes de diamictitos com intercalações de siltitos do Grupo Itararé, as associações microflorísticas remontam, possivelmente, a um paleoambiente mesófilo e higro-mesófilo. Existe também indicativo de uma possível ingressão marinha na região a partir do registro de táxons típicos de ambientes salobro à marinho.

Nos pacotes sílticos com intercalações de arenitos na porção basal da Formação Rio Bonito (Fase II), a litologia e as fases remontam a um contexto de uma considerada “melhora” climática progressiva (clima quente e úmido se estabelecendo progressivamente) se comparado às condições de clima e ambiente glacial reinante à época de deposição dos níveis do Grupo Itararé. Da porção média em direção ao topo da Formação Rio Bonito (passagem da Fase I para a Fase II), o pacote síltico e as intercalações de arenitos também dividem espaço com intercalações de camadas de carvão. Em geral, nos níveis envolvidos neste contexto, assembleias que indicam condições ambientais de meso-higrófilas a higrófilas, com corpos d’água de grande abrangência em terras baixas. Em áreas um pouco mais afastadas, possivelmente assentadas em terras mais altas, há indicação da presença de vegetação arbustiva e arbórea. Esta vegetação serviria como área fonte dos grãos de pólen que teriam sido depositados nas terras mais baixas conjuntamente aos corpos d’água e áreas paludais.

Em termos paleoambientais, a análise realizada a partir de conjuntos palinológicos identificados em nível de gênero indicou que não há desaparecimentos de gêneros de palinomorfos na passagem entre o Grupo Itararé e a Formação Rio Bonito. O que ocorre, no entanto, são variações nos percentuais dos gêneros dominantes quando analisam-se as duas unidades em separado. Estas constatações remontam a resultados já obtidos em

trabalhos anteriores (Marques-Toigo & Correa da Silva, 1984; Marques-Toigo *et al.*, 1984; Picarelli *et al.*, 1985 e Boardman *et al.*, 2012) e indicam que as variações proporcionais citadas podem estar relacionadas a discretas variações litofaciológicas laterais, a sutis alterações paleoclimáticas e, conseqüentemente, paleoambientais em nível local, o que provavelmente foi registrado na paleovegetação da área de estudo.

Em termos bioestratigráficos, os resultados relativos aos níveis analisados coadunam com os resultados que culminaram no palinozoneamento vigente para a Bacia do Paraná (Souza & Marques-Toigo, 2005; Souza, 2006), estabelecido a partir de estudos de estratos do Carbonífero Superior (Pensilvanniano) e do Permiano Inferior na porção nordeste (Estados do Paraná e de São Paulo) da Bacia do Paraná. Portanto, os estratos estudados no presente trabalho posicionam-se na Zona *Vittatina costabilis* (Souza & Marques-Toigo, 2005; Souza, 2006) ao longo do intervalo sem mudanças bioestratigráficas referentes à flora. Em comparação com recentes aprimoramentos bioestratigráficos realizados em estratos da Bacia do Paraná (Formações Rio Bonito e Palermo dos Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul), os resultados obtidos no presente estudo não trazem novos elementos que venham modificar as interpretações.

8. Referências bibliográficas

- Aborrage, A.M. & Lopes, R.C., 1986. Projeto borda leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica: relatório final. Porto Alegre. *CPRM*, 1:40.
- Arai, M. 1980. Contribuição dos pólen estriados na bioestratigrafia neopaleozoica da parte nordeste da Bacia do Paraná. São Paulo: *Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo*, 11:98-105.
- Archangelsy, S. & Gamarro, J. C. 1979. Palinologia del Paleozoico Superior em el subsuleo de la Cuenca Chacoparanense, República Argentina. I. Estudio sistemático de los palinomorfos de três perfaciones de la Provincia de Córdoba. *Revista Española de Micropaleontología*, XI(3):417-418.
- Balme, B. E. 1995. Fossil *in situ* spores and pollen grains: an annotated catalogue. *Review of Paleobotany and Palynology*, 87:81-323.
- Beri, Á., Gutiérrez, P. R., Cernuschi, F. & Balarino, L. 2004. Palinoestratigrafia del Pérmico de la Cuenca Paraná, Uruguay. In: REUNIÃO DE PALEOBOTÂNICOS E PALINÓLOGOS, 11., 2004, Gramado. *Boletim de Resumos...* Porto Alegre, SBP, v.1, p. 29.
- Beri, Á., Gutiérrez, P. & Balarino, L. 2011. Palynostratigraphy of the late Palaeozoic of Uruguay, Paraná Basin. *Review of Paleobotany and Palynology*, 167(1):16-29.
- Beri, Á. 2003. Revisión del conocimiento paleontológico del Paleozoico Tardío del Uruguay. *Revista Museo Argentino Ciencias Naturais*, 5(1):163-168.
- Bernardes-de-Oliveira, M.E.C., Castro-Fernandes, M.C., Tewari, R. & Ricardi-Branco, F. 2007. Platyspermic seeds from the Early Permian of Paraná Basin, Brazil. *The Palaeobotanist*, 56:1-19.

- Bernardes-de-Oliveira, M. E. C., Kavali, P. S., Mune, S. E., Garcia, M. J., Shivanna, M., Iannuzzi, R., & Pereira, K. G. 2016. Floristic similarities of the Artinskian Siderópolis Member macroflora, Rio Bonito formation (Paraná Basin, Brazil) with Cisuralian paleofloras of India. *Revista do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, série científica*, 16(4):53-64.
- Bharadwaj, D. C., Kar, R. K. & Navale, G. K. B. 1976. Palynostratigraphy of Lower Gondwana deposits in Paraná and Maranhão Basis, Brazil. *Biological memoirs*, 1(1-2):56-103.
- Boardman, D. R., Souza, P. A., Iannuzzi, R. & Mori, A. L. O. 2012a. Paleobotany and palynology of the Rio Bonito Formation Lower Permian, Paraná Basin, Brazil at the Quitéria Outcrop. *Ameghiniana*, 49 (4):451-472.
- Boardman, D. R. Souza, P. A.; Iannuzzi, R. & Mori, A. L. O. 2012b. Paleobotanical and palynological analysis of Faxinal Coalfield (Lower Permian, Rio Bonito Formation, Paraná Basin), Rio Grande Do Sul, Brazil. *International Journal of Coal Geology*, 102:12-25.
- Bossi, G.E. & Picolli, A.E.M. 1979. Interpretações paleogeográficas na Bacia do Paraná, nordeste do Rio Grande do Sul. I - Grupo Itararé. SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 11., 1979, São Paulo. *Resumos...* São Paulo, v. 1, p. 26-27.
- Cabral Jr. M., Campanha, V. A., Motta, J. F. M. and Saad, A. R. 1988. Contribuição à estratigrafia e paleogeografia da interface Itararé e Tatuí (P) e considerações sobre sua potencialidade para carvão no Estado de São Paulo. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 35., 1988, Belém. *Anais...* Belém, SBG, 2: 879-892.
- Castro, J. C. 1999. Estratigrafia de Sequências das Formações Campo Mourão (parte superior) e Taciba, Grupo Itararé, leste da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 29(2):255-260.

- Cazzulo-Klepzig, M., Guerra-Sommer, M., Menegat, R., Simas, M.W. & Mendonça Filho, J.G. 2007. Peat-forming environment of Permian coal seams from the Faxinal coalfield (Paraná Basin) in Southern Brazil, based on palynology and palaeobotany. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 10(2):117-127.
- Cazzulo-Klepzig, M., Mendonça Filho, J.G., Guerra-Sommer, M., Menezes, T.R., Simas, M. W., Mendonça, J.O. & 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(3):179-194.
- Césari, S.N. & Gutiérrez, P.R. 2000. Palynostratigraphy of Upper Paleozoic sequences in central-western Argentina. *Palynology*, 24: 113-146.
- Césari, S. N. 2007. Palynological biozones and radiometric data at the Carboniferous–Permian boundary in western Gondwana. *Gondwana Research*, 11(1):529-536.
- Combaz, A. 1980. Les kérogens vus au microscope. In: B. Duran (Ed.). *Kerogen-insoluble organic matter from sedimentary rocks*. Paris, Edition Technip, p. 55-112.
- Daemon, R. F. 1966. Ensaio sobre a distribuição e zoneamento dos esporomorfos do Paleozóico da Bacia do Paraná. *Boletim Técnico da Petrobrás*, 9(2):211-218.
- Daemon R.F. & Marques-Toigo M. 1991. An interpreted biostratigraphic column for the Paraná Basin, Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON CARBONIFEROUS-PERMIAN GEOLOGY & STRATIGRAPHY, 11., 1991, Buenos Aires. *Resumos...* Buenos Aires, v.1, p.25.
- Daemon, R. F. & Quadros, L. P. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24., 1970, Brasília. *Anais...* Brasília, SBG, v.1, p.359-412.

- Della Fávera, J. C.; Chaves, H. A. F.; Reis, C. C.; Lima Filho, M. F.; Pereira, S. D. 1994. Depositional Setting of Coal in the Figueira-Sapopema Area, Paraná Basin, Brasil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE SEDIMENTOLOGIA, 14., 1994, Recife. *Resumos...* Recife, v.1, p. C5.
- Dias Fabrício, M.A. 1981. Palinologia da Formação Rio Bonito na Área de Gravataí-Morongava, Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, 14:69-130.
- Dias, M.E. 1993. Palinologia do Grupo Itararé na porção centro-sul do Rio Grande do Sul, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil. *Pesquisas*, 20:119-131.
- DiMichele, W.A.; Montañez, I.P.; Poulsen, C. J. & Tabor, N.J. 2009. Climate and vegetational regime shifts in the late Paleozoic ice age earth. *Geobiology*, 7:200-226.
- Di Pasquo, M. 2009. The Pennsylvanian palynoflora of the Pando X-1 Borehole, northern Bolivia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 157: 266-284.
- França, A.B. & Potter, P.E. 1988. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (Parte 1). *Boletim de Geociências da Petrobrás*. 2(2/4):147-191.
- Gordon Jr., M. 1947. Classificação das formações gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. *Notas Preliminares e Estudos - DNPM/DGM*, 38:1-20.
- Guerra-Sommer, M. & Cazzulo-Klepzig, M. 1993. Biostratigraphy of the Southern Brazilian Neopaleozoic Gondwana Sequence: a preliminary palaeobotanical approach. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON CARBONIFEROUS-PERMIAN GEOLOGY & STRATIGRAPHY, 12., 1993. Buenos Aires. *Resumos...* Buenos Aires, v.2, p.61-72.
- Guerra-Sommer, M., Marques-Toigo, M., Paim, P.S.G., Heiz G.I., Silveira, V.B.R. & Backhauser, Y. 1984. Estudo microflorístico e petrológico dos carvões da Mina do Faxinal, Formação Rio Bonito, Permiano. *Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo*, 15:73-83.

- Grimm, E.C. 1987. CONISS: a Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by method of the incremental sum of squares. *Computers & Geosciences*, 13:13-35.
- Guy-Ohlson, D. 1992. Botryococcus as an aid in the interpretation of palaeoenvironment and depositional processes. *Review of Paleobotany and Palynology*, 71:1-15.
- Holz, M. 1997. Early Permian Sequence Stratigraphy and Paleophysiography of the Paraná Basin in northeastern Rio Grande do Sul State, Brazil. *Anais da Academia brasileira de Ciências*, 69(4):521-543.
- Holz, M., França, A.B., Souza, P.A., Iannuzzi, R., Rohn, R. 2010. A stratigraphic chart of the Late Carboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil, South America. *Journal of South American Earth Sciences*, 29:381-399.
- Holz, M., Kuchle, J., Bischoff, A. P., Reis, P. D. & Philipp, R. P. 2006. Estratigrafia de Seqüências Aplicada à Caracterização de Aquíferos: um Estudo de Caso na Área de Candiota, Rio Grande Do Sul. *Pesquisas em Geociências*, 33(1):51-66.
- Holz, M. & Kalkreuth, W. 2004. Sequence stratigraphy and coal petrology applied to the Early Permian coal-bearing Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil. In: Pashin, J.; Gastaldo, R. (Ed.). *Sequence Stratigraphy, Paleoclimate, and Tectonics of Coal-bearing Strata*. AAPG Studies in Geology, v. 51, p. 147-167.
- Holz, M., Vieira, P. E. & Kalkreuth, W. 2000. The Early Permian coal-bearing succession of the Paraná Basin in southernmost Brazil: depositional model and sequence stratigraphy. *Revista Brasileira de Geociências*, 30:424-426.
- Iannuzzi, R.; Scherer, C. M. S.; Souza, P. A.; Holz, M.; Caravaca, G.; Adami-Rodrigues, K.; Tybusch, G. P.; Souza, J. M.; Smaniotto, L. P.; Fischer, T. V.; Silveira, A. S.; Likawka, R.; Boardman, D. R.; Barboza, E. G. 2006.

Afloramento Morro do Papaléo, Mariana Pimentel, RS. Registro ímpar da sucessão pós-glacial do Paleozóico da Bacia do Paraná. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, 2 (sítio101). Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio101/sitio101.pdf>>. Acesso em 05 ago.2017.

- Iannuzzi, R., Souza, P. A. & Holz, M. 2010. Stratigraphic and paleofloristic record of the Lower Permian postglacial succession in the Southern Brazilian Paraná Basin. *In: Late Paleozoic Glacial Events and Postglacial Transgressions in Gondwana*, Denver, Geological Society of America, p. 113-132 (GSA Special Paper, 468).
- Iannuzzi, R. & Souza, P. A. 2005. Floral succession in the Lower Permian deposits of the Brazilian Paraná Basin: an up-to-date overview. *In: S. G. Lucas, K. E. Zeigler (Ed.). The nonmarine Permian*. New Mexico, New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin, v. 30, p. 144-149.
- Jasper, A., Menegat, R., Guerra-Sommer, M., CazzuloKlepzig, M., Souza, P.A. 2006. Depositional cyclicity and paleoecological variability in Quitéria Outcrop - Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 21:276-293.
- Lavina, E. L. C. & Lopes, R. C. 1987. A transgressão marinha do Permiano Inferior e a evolução paleogeográfica do Supergrupo Tubarão no Estado do Rio Grande do Sul. *Paula-Coutina*, 1:51-103.
- Lenz, G.R. & Maciel, L.A.C. 1983. Mapeamento geológico da área Leão Mariana Pimentel, RS. *In: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Ed.). Estudos Tecnológicos, Acta Geológica Leopoldensia*. São Leopoldo, v. 21, p.131-144.
- Lima, M. R., Dino, R. & Yokoia, N. S. 1983. Palinologia das concreções calcíferas do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico da Bacia do Paraná) na

- região de Araçoiaba da Serra, Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 55(2):195-208.
- Lima, M. R. & Sundaram, D. 1982. Reavaliação dos dados palinológicos do Neopaleozóico brasileiro. *Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo*, 13:81-99.
- Longhim, M.E. 2007. *Palinoestratigrafia da 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*. Rio Claro. 165p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Estadual Paulista.
- Maranhão, M.S.A.S. e Petri, S. 1996. Novas ocorrências de fósseis nas Formações Corumbataí e Estrada Nova do Estado de São Paulo e considerações preliminares sobre seus significados paleontológico e bioestratigráfico. *Revista do Instituto Geológico, Universidade de São Paulo*, 17(1/2):33-54.
- 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., Dias-Fabício, 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, Universidade de São Paulo*, 15:65-72.
- 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*. Porto Alegre, 259p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Marques-Toigo, M. 1991. Palynobiostratigraphy of the southern Brazilian Neopaleozoic Gondwana sequence. *In: Ulbrich, H.E., Rocha Campos,*

- A.C. (Ed.). *7º Simpósio Internacional do Gondwana*. São Paulo, Proceedings, p.503-515.
- Mezzalira, S. 1956. Novas ocorrências de camadas marinhas permocarboníferas no Estado de São Paulo. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 5(1):61-69.
- Milani, E. J., Melo, J. H. G., Souza, P. A., Fernandes, L. A. & França, A. B. 2007. Bacia do Paraná. In: Petrobrás (Ed.). *Cartas Estratigráficas, Boletim de Geociências da Petrobrás*. Rio de Janeiro, Petrobrás, v. 15(2), p. 265-287.
- Milani, E.J. 1997. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-oriental*. Porto Alegre, 255p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Milani, E. J. & Zalán, P. V. 1999. An outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior basins of South America. *Episodes*, 22(3):199-205.
- Mori, A. L. O. & Souza, P. A. 2012. Análise palinoestratigráfica dos depósitos permianos (poços HN-05-RS e HN-25-RS) do sul da Bacia do Paraná. *Ameghiniana*, 49(3):319-342.
- 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*, 47:45-60.
- Neregato, R. 2007. *Estudo palinológico das Formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto nos furos de sondagem SP-23-PR e SP-58-PR, centro-norte do Paraná (Permiano, Bacia do Paraná)*. Rio Claro, 107p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pos-Graduação em Geologia Regional, Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista.

- Neregato, R., Souza, P.A., Rohn, R. 2008. Registros palinológicos inéditos nas formações Teresina e Rio do Rasto (Permiano, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná): Implicações biocronoestratigráficas e paleoambientais. *Pesquisas em Geociências*, 35:9-21.
- Petri, S. & Souza, P.A. 1993. Síntese dos conhecimentos e novas concepções sobre a bioestratigrafia do Subgrupo Itararé, Bacia do Paraná, Brasil. *Revista do Instituto Geológico*, 14(2):7-18.
- Petri, S. & Pires, F.A. 1992. O Subgrupo Itararé (Permocarbonífero) na Região do Médio Tietê, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 22(3): 301-310.
- Picarelli, A. T., Dias-Fabício, M. E., Cazzulo-Klepzig, M. 1987. Considerações sobre a paleoecologia e a palinologia da jazida carbonífera de Santa Terezinha, RS, Brasil - Permiano da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3., 1987, Curitiba. *Anais...* Curitiba, SBG, v.1, p. 351-372.
- Piccoli, A.E.M., Marques-Toigo, M., Dias-Fabício, M.E. & Cazzulo-Klepzig, M. 1985. Correlação de seqüências sedimentares na Bacia Carbonífera de Charqueadas (RS) com base em dados lito e biofaciológicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 7., 1985. *Anais...* Brasília, Ministério de Minas e Energia - DNPM, v. 27, p. 419- 426.
- Piccoli, A.E.M., Menegat, R., Guerra-Sommer, M., MarquesToigo, 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.
- Pons, M.E. 1976a. Estudo palinológico do Subgrupo Itararé na "Coluna White", Permiano Inferior, Santa Catarina, Parte I. *Ameghiniana*, 13(2):109-125.
- Pons, M.E. 1976b. Estudo palinológico do Subgrupo Itararé na "Coluna White". Permiano Inferior, Santa Catarina, Parte II. *Ameghiniana*, 13(3/4):235-253.

- Quadros, L.P., Melo, J.H.G. 1987. Método prático de preparação palinológica em sedimentos pré-mesozóicos. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 1:205-214.
- Remy, W. & Remy, R. 1977. Die Floren des Erdaltertums. Essen, Glückauf. *Book on Paleozoic paleobotany. Good figures and photos that help with identifying plant fossils*, 468 p.
- Remy, W. 1975. The floral changes at the Carboniferous-Permian boundary in Europe and North America. In: Barlow, J.A. (Ed.). *The Age of the Dunkard Morgantown: West Virginia Geological and Economic Survey*. West Virginia, p. 305-355.
- Rocha-Campos, A.C. & Rösler, O. 1978. Late Paleozoic faunal and floral sucessions in the Paraná Basin, Southeastern Brazil. *Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo*, 9:1-15.
- Rohn, R. *Evolução Ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná*. São Paulo, 386p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Rohn, R. & Rösler, O. 2000. Middle to Upper Permian phytostратigraphy of the Eastern Paraná Basin. *Revista Universidade de Guarulhos*, 5:69-73.
- Rösler, O. 1978. The brazilian eogondwanic floral sucessions. *Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo*, 9:85-91.
- Russo, A., Archangelsky, S., & Gamero, J.C. 1980. Los depósitos suprapaleozoicos en el subsuelo de la llanura Chaco-Pampeana, Buenos Aires, Argentina. In: *CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA, 2., Y CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGÍA, 1.*, 1980, Buenos Aires. *Anais...* Buenos Aires, v.4, p. 157-173.
- Saad, A.R. 1977. *Estratigrafia do Subgrupo Itararé no centro e sul do Estado de São Paulo*. São Paulo, 107p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-

Graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Schneider, R.L., Mühlmann, H., Tomazzi, 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, v.1, p. 41-66.

Silva Filho, B.C. 1974. Discordância entre o Supergrupo Itararé e a Formação Rio Bonito no Estado do Rio Grande do Sul. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, v.2, p. 59-67.

Simões, M. G. 1992. *Pelecípodes da Formação Palermo (Permiano) de São Sepé (RS) e Guairatinga (MT): implicações na fauna neopaleozóica da Bacia do Paraná, Brasil*. São Paulo, 286p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Smaniotta, L.P., Fischer, T. V., Souza, P.A., Iannuzzi, R. 2006. Palinologia do Morro do Papaléo, Mariana Pimentel (Permiano Inferior, Bacia do Paraná), Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 9:311-322.

Souza, P. A., Batezelli, C. V. B., Di Pasquo, M., Azcuy, C. L., Saad, A. R., Perinotto, J. A. J. 2000. Ocorrência de palinórfos no Subgrupo Itararé (C/P da Bacia do Paraná) em Jundiá (SP, Brasil). *Revista da Universidade de Guarulhos, Geociências*, 5:28-32.

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.

Souza, P.A. 2006. Late Carboniferous palynostratigraphy of the Itararé Subgroup, northeastern Paraná Basin, Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 138:9-29.

- Souza, P. A., Lima, M. R., Saad, A. R. 1993. Palinologia dos carvões paleozóicos do Estado de São Paulo. I - O carvão de Buri. *Revista do Instituto Geológico*, 14(1):5-20.
- Souza P.A. & Marques-Toigo, M. 2003. An overview on the palynostratigraphy of the Upper Paleozoic strata of the Brazilian Paraná Basin. *Revista do Museo Argentino de Ciencias Naturales, nueva serie*, 5:205-214.
- Souza, P.A., Marques-Toigo, M. 2005. Progress on the palynostratigraphy of the Permian strata in Rio Grande do Sul State, Paraná Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 77:353-365.
- Souza, P.A., Marques-Toigo, M. 2001. Zona *Vittatina*: marco palinoestratigráfico do Permiano Inferior da Bacia do Paraná. *Ciência-Técnica-Petróleo, Seção Exploração de Petróleo*, 20:153-159.
- Souza, P. A., Petri, S. & Dino, R. 2003. Late Carboniferous palynology from the Itararé Subgroup (Paraná Basin) at Araçoiaba da Serra, São Paulo State, Brazil. *Palynology*, 27:35-70.
- Souza, P. A. 1996. *Palinologia e bioestratigrafia do Subgrupo Itararé em Araçoiaba da Serra (Westphaliano, Bacia do Paraná), Estado de São Paulo, Brasil*. São Paulo, 192p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Souza, P.A. 2000. *Palinobioestratigrafia do Subgrupo Itararé, Carbonífero/Permiano, na porção nordeste da Bacia do Paraná (SP/PR, Brasil)*. São Paulo, 299p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Souza, P. A.; Saad, A. R. & Lima, M. R. 1997. Palinologia dos carvões paleozóicos do Estado de São Paulo. II—O carvão de Monte Mor. *Revista do Instituto Geológico*, 18(1/2):7-21.

- Souza, P. A., Vesely, F. F., Assine, M. L. 1999. Contribuição palinológica ao conhecimento do Subgrupo Itararé na Serra dos Paes, sul do Estado de São Paulo. *Revista do Instituto Geológico*, 20(1/2):21-7.
- Sundaram, D. 1980. Observações palinológicas sobre alguns sedimentos do Gondwana Inferior da Bacia do Paraná, Brasil. *Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo*, 11:161-89.
- Sundaram, D. 1987. Palinologia do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico da Bacia do Paraná) no Estado de São Paulo. São Paulo, 311p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Stewart, W. N. & Rothwell, G. W. 1993. *Paleobotany and the evolution of plants*. Cambridge, Cambridge University Press, 521p.
- Vergel, M.M. 1993. Palinoestratigrafía de la secuencia neopaleozoica en la Cuenca Chacoparanense. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON CARBONIFEROUS-PERMIAN GEOLOGY & STRATIGRAPHY, 12., 1993, Buenos Aires. *Resumos...* Buenos Aires, v.1, p. 201–212.
- Ybert, J.P. 1975. Étude des miospores du bassin houiller de Candiota-Hulha Negra, Rio Grande do Sul, Bresil. *Pesquisas*, 5:181-226.