

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

**ANÁLISE PALINOESTRATIGRÁFICA DE DEPÓSITOS
PERMIANOS DA BACIA DO PARANÁ NO SUL DO
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL: UMA
NOVA PROPOSTA BIOESTRATIGRÁFICA**

ANA LUISA OUTA MORI

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Paulo Alves de Souza

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Ángeles Beri – Departamento de Geologia, Instituto de Ciências Geológicas, Facultad de Ciências, Montevideo - Uruguai

Dr. Luiz Padilha Quadros – Centro de Pesquisas da Petrobrás (Cenpes), Gerência de Bioestratigrafia e Paleoecologia, Rio de Janeiro - Brasil

Dr. Ricardo da Cunha Lopes – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM) – Porto Alegre, Brasil

Tese de Doutorado apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Ciências.

Porto Alegre, agosto de 2010

Mori, Ana Luisa Outa

Análise palinoestratigráfica de depósitos permianos da Bacia do Paraná no sul do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil : uma nova proposta bioestratigráfica./.. Ana Luisa Outa Mori. – Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2010.

[289 f.]. il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, RS - BR, 2010.

Orientação: Prof. Dr. Paulo Alves de Souza

1. Palinologia. 2. Bacia do Paraná. 3. Permiano. 4. Bioestratigrafia. I. Título.

Catálogo na Publicação

Biblioteca do Instituto de Geociências - UFRGS

Miriam Alves CRB 10/1947

Aos meus pais, dedico.

*"O fácil é certo. Comece certo e tudo será fácil.
Continue no fácil, e você estará certo.
O modo certo de estar no fácil é esquecer o caminho certo.
E esquecer que o fluxo é fácil".*

Chuang Tzu

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGGEO/UFRGS), por meio de sua estrutura física e constituição do corpo docente.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de doutorado.

A CPRM-RS, pela concessão das amostras utilizadas neste trabalho.

Aos Profs. Drs. Michael Holz, Roberto Iannuzzi e Tânia L. Dutra, por suas sugestões e críticas quando da avaliação do Exame de Qualificação.

A Ricardo C. Lopes, pelo trabalho de campo desenvolvido e na contextualização dos problemas estratigráficos abrangidos na área de estudo.

A Juliana C. Marques, pela contribuição na obtenção e análise dos dados radiométricos.

A Juan C. Cisneros, pela revisão e versão dos textos para língua inglesa.

A Carolina G. Nick, pelo auxílio laboratorial no processamento parcial das amostras.

Aos amigos do Laboratório de Palinologia, Daiana Boardman, Eduardo Premaor, Larissa Smaniotto, Omaira Arango, Renato Backes, Rodrigo Cancelli, Thiago Fischer e Wagner Silva, pela saudável convivência, pela troca de idéias e significativas discussões que muito contribuíram para o desenvolvimento final deste trabalho.

A Annie Hsiou, Elizete Holanda, Graciela Tybusch e Marla Saldanha, minhas irmãs da família do Sul.

A Cristina Félix, por inúmeras vezes auxiliar-me em certas identificações taxonômicas, mas, sobretudo, por sua amizade e companheirismo.

Aos meus pais, Eizo Mori e Keiko Outa Mori, por seus ensinamentos e por tudo que sou hoje.

Ao Felipe Simioni, porque junto a ti, aprendi a vislumbrar a *boniteza* da vida... por todo o indizível que compartilhamos, e pelo que ainda virá.

Ao Prof. Dr. Paulo Alves de Souza, por aceitar a orientação desta pesquisa, sua confiança e amizade, e por guiar-me nos primeiros passos do pequeno mundo dos grãos paleozóicos. Através de seu incentivo e sua paciência, finalmente consegui mirar um final. Obrigada, meu pai científico.

RESUMO

As análises palinológicas desenvolvidas no Estado do Rio Grande do Sul estiveram, em sua maioria, relacionadas ao estudo das jazidas de carvão, resultando no reconhecimento de associações palinológicas vinculadas estreitamente às paleoturfeiras. Como resultado, o conhecimento das demais associações palinológicas permianas é menos detalhado, com efeito na compartimentação palinobioestratigráfica da Bacia do Paraná, tornando-se necessário aprimorar os limites das biozonas estabelecidas e compreender o melhor significado da sucessão bioestratigráfica. Esta tese compreende a análise palinológica dos poços HN-05-RS e HN-25-RS e de um afloramento localizados na região de Candiota – Hulha Negra, sul do Rio Grande do Sul. Um total de oito amostras foi coletado no afloramento (formações Rio Bonito e Palermo), enquanto 114 são referentes a amostras de subsuperfície, envolvendo o intervalo entre o Subgrupo Itararé à Formação Rio do Rasto. A análise palinológica permitiu a identificação de 143 espécies, incluindo esporos (64), grãos de pólen (67) e elementos microplactônicos (12). As características qualitativas e quantitativas das associações recuperadas nos dois poços permitiram a proposição de três zonas de associação, designadas como: (i) Zona *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata* (GV), ocorrente entre o Subgrupo Itararé e topo da Formação Rio Bonito; (ii) Zona *Lundbladispota braziliensis* – *Weylandites lucifer* (LW), entre o topo da Formação Rio Bonito/base da Formação Palermo à porção média desta última; e (iii) Zona *Thymospora thiesseni* – *Lueckisporites virkkiae* (TL), entre a porção média da Formação Palermo à base da Formação Rio do Rasto. As distribuições dos táxons em cada uma dessas unidades são distintas das amplitudes apresentadas para a Bacia do Paraná em território brasileiro e encontram maiores similaridades com o zoneamento do norte do território uruguaio, de idades coevas. Na Bacia do Paraná, as zonas GV e LW são correlatas, grosso modo, à Zona *V. costabilis*, enquanto a Zona TL é correspondente à Zona *L. virkkiae*, ainda que divergências nos táxons tenham sido observadas. Por outro lado, as zonas GV, LW e TL são muito semelhantes às zonas estabelecidas no Uruguai, *Cristatisporites inconstans* – *Vittatina subsaccata*, de Intervalo de *Lundbladispota* e *Striatoabieites anaverrucosus* – *Staurosaccites cordubensis*, respectivamente, ainda inéditas. Adicionalmente, uma nova idade radiométrica foi obtida para a Formação Rio Bonito no afloramento estudado, onde foram reconhecidas as zonas de idade permiana *V. costabilis* (níveis C1 a C3, relativos ao topo da Formação

Rio Bonito) e *L. virrkiae* (C4 a C8, correspondentes ao topo da Formação Rio Bonito à base da Formação Palermo). A idade de $281,4 \pm 3,4$ Ma é interpretada como a base da Zona *Lueckisporites* ou topo da Zona GV, conforme o conteúdo palinológico nas camadas acima e abaixo do nível de *tonstein* utilizado na datação. Ao confrontar esta datação absoluta com outras selecionadas para a bacia, o posicionamento das biozonas é proposto como segue: (i) Zona *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata*, entre o Asseliano à porção média do Artinskiano; (ii) Zona *Lundbladispora braziliensis* – *Weylandites lucifer*, Artinskiano Médio; e (iii) Zona *Thymospora thiesseni* – *Lueckisporites virrkiae*, datada como Artinskiano Médio/Superior ao Wordiano

Palavras-chave: Palinologia, Bacia do Paraná, Permiano, bioestratigrafia.

ABSTRACT

Mostly of the palynological analysis carried out in Rio Grande do Sul State is related to the study of the coal seams, which resulted in the recognition of palynological associations closely linked to swampy paleoenvironments. As result, other Permian palynological associations are poorly defined, affecting the palynostratigraphic scheme developed to the Paraná Basin, which implies in necessities on improvement of the limits of those biozones and the better understanding on the meaning of the biostratigraphical succession. This thesis involves palynological studies on the HN-05-RS and HN-25-RS boreholes and one outcrop all located in Candiota – Hulha Negra region, southern Rio Grande do Sul. Eight samples was collected in the outcrop (corresponding to Rio Bonito and Palermo formations), while 114 samples corresponds to subsurface, related to the interval between the Itararé Subgroup and Rio do Rasto Formation. The palynological analysis allowed the recognition of 143 species among spores (64), pollen grains (67) and microplanktonic elements (12). The quantitative and qualitative aspects of the recovered associations in the boreholes enable the proposition of three association biozones, designated as: (i) *Granulatisporites austroamericanus* - *Vittatina saccata* Zone (GV), occurring between the Itararé Subgroup and topmost deposits of the Rio Bonito Formation, (ii) *Lundbladispora braziliensis* - *Weylandites lucifer* Zone (LW), from the top of Rio Bonito/base of the Palermo Formation to the middle portion of this last unit, and (iii) *Thymospora thiesseni* - *Lueckisporites virkkiae* Zone (TL), which occurs between the middle portion of Palermo-Formation to the base of Rio do Rasto Formation. The distribution of some taxa in each of these units are distinct from the know ranges presented to the Paraná Basin in the brazilian portion, and record more similarities with the biozone of northern Uruguay, of coeval ages. In the Paraná Basin, the GV and LW zones are roughly correlated to Zone *V. costabilis*, while the TL Zone corresponds to the *L. virkkiae* Zone, although differences in the taxa have been observed. Otherwise, the GV, LW and TL zones are very similar to the Uruguayan biozones, such as *Cristatisporites inconstans* - *Vittatina subsaccata*, Interval of *Lundbladispora* and *Striatoabieites anaverrucosus* - *Staurosaccites cordubensis*, respectively, although these are still unpublished. Moreover, a new radiometric age was obtained for the Rio Bonito Formation in the outcrop studied, in which was recognized the Permian biozones *V. costabilis* Zone (C1-C3 levels, related to the topmost deposits of the Rio Bonito Formation) and *L. virkkiae* Zone (C4-C8 levels, between the topmost

Rio Bonito Formation and basal portion of the Palermo Formation). The age of 281.4 ± 3.4 Ma is interpreted as the base of *Lueckisporites Zone* or top of the GV Zone, according to the palynological content related to the nearest layers of the tonstein used on the dating. Comparing this new absolute age with other selected datings for the basin, the positioning of biozones is proposed as follows: (i) *Granulatisporites austroamericanus* - *Vittatina saccata* Zone between the Middle Asselian to the Artinskian, (ii) *Lundbladispora braziliensis* - *Weylandites lucifer* Zone, Middle Artinskian, and (iii) *Thymospora thiessen* - *Lueckisporites virkkiae* Zone as Middle/Upper Artinskian to Wordian.

Key-words: Palynology, Paraná Basin, Permian, biostratigraphy.

LISTA DE FIGURAS

	página
1. Localização da área de estudo	5
2. Perfil litoestratigráfico dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, com indicação dos níveis palinológicos utilizados neste estudo	7
3. Perfil litoestratigráfico do afloramento, com indicação dos níveis amostrados para este estudo	8
4. Localização e subdivisão aloestratigráfica da Bacia do Paraná (modificada de Milani, 1997)	11
5. Detalhe das unidades constituintes da Superseqüência Gondwana I (modificado de Milani, 1997)	12
6. Síntese e correlação das palinozonas pensilvanianas e permianas da Bacia do Paraná (modificado de Souza, 2006)	23
7. Correlação entre palinozonas permianas disponíveis para o gondwana Ocidental	34
8. Quadro síntese com as datações disponíveis para o intervalo Permiano da Bacia do Paraná, conforme dados de Matos <i>et al.</i> (2001), Guerra-Sommer <i>et al.</i> (2005), Guerra-Sommer <i>et al.</i> (2005), Rocha-Campos <i>et al.</i> (2006, 2007), Santos <i>et al.</i> (2006) e Guerra-Sommer <i>et al.</i> (2008a, 2008b). A marcação em linha contínua na Formação Rio Bonito é correspondente aos níveis de <i>tonsteins</i> inclusos nesta unidade	38
9. Quadro de distribuição estratigráfica das espécies de esporos e grãos de pólen verificados na seção sul da Bacia do Paraná, a partir dos poços HN-05-RS, HN-25-RS e afloramento estudados	42
10. Quadro síntese das biozonas propostas nesta contribuição, com apresentação das principais características palinológicas, bem como os aspectos quantitativos de cada unidade. Legenda para os números relativos à coluna “Caracterização Quantitativa das Associações”: 1, <i>Esporos triletes acavados laevigados</i> ; 2, <i>Esporos triletes acavados ornamentados</i> ; 3, <i>Esporos cingulizados</i> ; 4, <i>Grãos de pólen monossacados</i> ; 5, <i>Grãos de pólen bissacados não teniados</i> ; 6, <i>Grãos de pólen teniados</i> ; 7, <i>Elementos microplanctônicos</i>	45
11. Correlação entre os poços HN-05-RS, HN-25-RS e afloramento estudado, com base nas biozonas GV, LW e TL	46

12. Esquema correlativo entre os principais palinozoneamentos para o intervalo Pensilvaniano-Permiano da Bacia do Paraná, incluindo os esquemas de Daemon & Quadros (1970), Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006), as biozonas propostas neste trabalho e as unidades de Beri *et al.* (2004), para a porção uruguaia da bacia. As biozonas são posicionadas considerando as idades de Santos *et al.* (2006) para a Formação Irati (marcada como “**”) e a datação obtida por Mori *et al.* (submetido) para a Formação Rio Bonito (marcado como “*”) **63**

SUMÁRIO

	página
AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
APRESENTAÇÃO	xi
CAPÍTULO I. ASPECTOS INTRODUTÓRIOS	1
I.1. Introdução	1
I.2. Objetivos e justificativas	2
I.3. Localização da área de estudo	4
I.4. Materiais e métodos	6
I.4.1. <i>Seleção do material</i>	6
I.4.2. <i>Recuperação de palinomorfos</i>	8
I.4.3. <i>Estudo e análise palinológica</i>	9
I.5. Contextualização geológica	10
I.5.1. <i>A Bacia do Paraná</i>	10
I.5.2. <i>Aspectos da geologia local</i>	14
I.6. Contextualização palinológica	16
I.6.1. <i>Palinobioestratigrafia da Bacia do Paraná</i>	16
I.6.2. <i>Contribuições palinológicas prévias na área de estudo</i>	23
I.6.3. <i>Esquemas palinobioestratigráficos desenvolvidos para o</i> <i>intervalo Carbonífero Superior/Permiano do Gondwana Ocidental</i>	30
I.7. Datações radiométricas associadas aos depósitos sedimentares do Permiano do Gondwana	35
CAPÍTULO II. ANÁLISE INTEGRATIVA DOS RESULTADOS	39
II.1. Considerações gerais	39
II.2. Atribuições bioestratigráficas	40
II.3. Nova compartimentação palinoestratigráfica	43
II.4. Comparações na porção brasileira da Bacia do Paraná	47
II.5. Comparações externas à Bacia do Paraná	49

II.6 Significado bioestratigráfico do novo zoneamento	54
II.7. Significado estratigráfico e geológico	59
II.8. Significado geocronológico	60
II.9 Considerações finais	63
II.10 Recomendações e perspectivas	67
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 69

ANEXOS

ANEXO A. *Manuscrito 1.* “Sucessão palinológica do intervalo Pensilvaniano-Permiano da Bacia do Paraná, Brasil: refinamento bioestratigráfico e idades”, de autoria de Mori, A.L.O., Souza, P.A., Rohn, R., Félix, C.M., Longhim, M.E., Neregato, R. & Abreu, C.A., capítulo publicado no livro *Paleontologia: Cenários de Vida* (org.: Carvalho, I.S. e outros), 1ª edição, Editora Interciência, volume 2, páginas 469-478, ano 2007.

ANEXO B. *Manuscrito 2.* “*Palinologia das formações Rio Bonito e Palermo (Permiano Inferior, Bacia do Paraná) em Candiota, Rio Grande do Sul, Brasil: novos dados e implicações bioestratigráficas*”, de autoria de Mori, A.L.O. & Souza, P.A, publicado no periódico *Ameghiniana*, volume 47, nº 01, páginas 61-78, ano 2010.

ANEXO C. Carta de recebimento do ***Manuscrito 3*** pela editora adjunta do Periódico *Pesquisas em Geociências*.

ANEXO D. *Manuscrito 3.* “*Nova proposta palinoestratigráfica para depósitos permianos na seção sul da Bacia do Paraná, Brasil*”, de autoria de Mori, A.L.O. & Souza, P.A., tal como submetido para publicação no Periódico *Pesquisas em Geociências*.

ANEXO E. Carta de recebimento do ***Manuscrito 4*** pelo editor chefe do periódico *Gondwana Research*.

ANEXO F. *Manuscrito 4.* “A new U-Pb zircon dating and palynological data from a Lower Permian section of the Southernmost Paraná Basin and their biochronostratigraphical implications for Gondwanan correlations”, de autoria de Mori, A.L.O., Souza, P.A. & Marques, J.C. & Lopes, R.C., tal como submetido para publicação no periódico *Gondwana Research*.

ANEXO G. Apêndice sistemático dos palinomorfos identificados nos poços HN-05-RS e HN-25-RS.

ANEXO H. Fotomicrografias das espécies identificadas nos testemunhos HN-05-RS e HN-25-RS.

ANEXO I. Relação das profundidades amostradas e lâminas palinológicas correspondentes, referentes aos poços HN-05-RS e HN-25-RS e afloramento.

APRESENTAÇÃO

Esta Tese de Doutorado teve seu desenvolvimento entre os períodos de março de 2006 a agosto de 2010, no Laboratório de Palinologia “Marleni Marques-Toigo”, do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (DPE/IG/UFRGS), sendo elaborada e finalizada na forma de artigos científicos, conforme as normas estabelecidas pelo Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Para uma melhor compreensão a respeito dos dados aqui apresentados, a leitura deve ser realizada a partir do **Capítulo I**, seguido pelos **Anexos A, B, D e F**, finalizando-se pelo **Capítulo II**, no qual constam as principais conclusões deste trabalho.

CAPÍTULO I. Aspectos introdutórios. Consiste na revisão bibliográfica concernente ao escopo principal desta tese, apresentando as informações palinológicas prévias para a área de estudo, assim como os trabalhos mais significativos que contribuíram para o desenvolvimento dos esquemas palinoestratigráficos atuais para o intervalo permiano da Bacia do Paraná. São apresentados os objetivos desta tese, além da caracterização da área estudada e dos métodos empregados para o desenvolvimento do trabalho.

CAPÍTULO II. Análise integrativa dos resultados. O conteúdo deste capítulo dispõe de uma síntese integradora a partir dos resultados obtidos nas publicações e manuscritos encaminhados. Ao final, os principais resultados são sintetizados, com considerações sobre os avanços obtidos e estratégias para trabalhos subsequentes. As referências bibliográficas utilizadas nos capítulos I e II são relacionadas após o término deste item.

ANEXOS. Neste item estão incluídos os dados que compõem o corpo principal desta tese, os quais são apresentados na forma de três artigos científicos e um capítulo de livro, além da lista taxonômica dos palinomorfos identificados nos testemunhos de sondagem analisados, bem como a devida ilustração das espécies documentadas.

CAPÍTULO I. ASPECTOS INTRODUTÓRIOS

CAPÍTULO I. ASPECTOS INTRODUTÓRIOS

I.1. Introdução

A seqüência sedimentar neopaleozóica da Bacia do Paraná, relativa ao intervalo Pensilvaniano – Permiano, é constituída por um conjunto de distintos contextos paleoambientais, com registros de depósitos vinculados ao final da glaciação gondwânica e a subsequente e progressiva melhoria climática, culminando na aridez que caracteriza a transição entre os períodos Paleozóico e Triássico. O desenvolvimento dos respectivos cenários paleoecológicos permitiu a colonização por organismos de natureza variada, preservados em determinados estratos, caracterizando esta sucessão como portadora de grande diversidade e riqueza de conteúdo fóssilífero, abrangendo desde invertebrados marinhos, vertebrados, restos de plantas e microfósseis.

Invertebrados marinhos são representados por pelecípodes, braquiópodes, gastrópodes e artrópodes, reconhecidos em grande parte do intervalo, como Subgrupo Itararé (*e.g.*, Mezzalira, 1956; Petri & Souza, 1993), formações Rio Bonito (Rocha-Campos & Roesler 1978) e Palermo (Schneider *et al.*, 1974; Simões, 1992).

Vertebrados ocorrem como mesossaurídeos, restritos à Formação Irati (Timm *et al.*, 1995), além de dicinodontes e pareiaossauros documentados na Formação Rio do Rasto (Cisneros *et al.*, 2005). Restos de peixes, entre ossos e escamas, são também verificados em diversas seções (*e.g.*, Richter, 2000; Toledo, 2001; Assine *et al.*, 2003).

Macrofósseis vegetais, embora restritos a determinados horizontes estratigráficos, são descritos para a maioria das unidades do intervalo Pensilvaniano-Permiano da Bacia (Ricardi-Branco *et al.*, 1999; Alves, 2006, Rohn & Rösler, 2000; Fanton *et al.*, 2006). Apresentam notável diversificação e ocorrência predominante nos níveis associados aos carvões do Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito, o que permitiu a proposição de zoneamentos em escala regional (Rösler, 1978; Iannuzzi & Souza, 2005; Bernardes-de-Oliveira *et al.*, 2007) ou local (Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig, 1993; Rohn & Rösler, 2000; Bernardes-de-Oliveira *et al.*, 2005).

Como resultado de sua grande capacidade de dispersão e resistência de sua parede orgânica, além da abundância generalizada e variedade de morfotipos, os palinomorfos, em especial grãos de pólen e esporos, distinguem-se em relação aos demais fósseis anteriormente relatados por constituírem o principal grupo capaz de

prover zoneamentos bioestratigráficos em âmbito mais abrangente, seja estratigráfico - com biozonas mais contínuas, embora com níveis estéreis (isto é, intrazonas) -, ou geográfico. Como consequência, possibilitam correlações locais ou regionais, além de fornecerem subsídios para datações relativas, de modo a auxiliar a compreensão da distribuição espacial e temporal das unidades estratigráficas.

I.2. Objetivos e justificativas

Diversos zoneamentos palinológicos foram propostos para a Bacia do Paraná, com base em diferentes critérios e conceitos bioestratigráficos. Dentre estes, a subdivisão palinobioestratigráfica mais abrangente em termos geográficos e estratigráficos para o intervalo Pensilvaniano-Permiano é a de Daemon & Quadros (1970). Com base exclusivamente na distribuição de grãos de pólen, os autores reconheceram unidades bioestratigráficas informais que, tradicionalmente, têm “norteado” os trabalhos geológicos desenvolvidos na bacia, dado o potencial de datação relativa oferecido em ampla escala.

Posteriormente, diversos outros esquemas foram apresentados para diferentes setores da bacia, com distintas metodologias quanto à amostragem e à natureza das unidades bioestratigráficas. Em sua grande maioria constituem palinozonas informais e de âmbito local (Bharadwaj *et al.*, 1976; Arai, 1980; Sundaram, 1980), muitas das quais ainda inéditas (Saad, 1977; Sundaram, 1987; Burjack, 1984).

Somente a partir do trabalho de Marques-Toigo (1988, 1991) iniciou-se uma nova etapa de integração de dados e formalização das biozonas, a partir do zoneamento permiano no Estado do Rio Grande do Sul (RS) e de parte de Santa Catarina. Para a porção nordeste da bacia, esta tarefa foi desenvolvida por Souza (2000, 2006), em unidades pensilvanianas, cuja ocorrência é restrita aos estados de São Paulo e Paraná.

Esses zoneamentos foram reavaliados e integrados nos últimos anos, com a proposição de um esquema com unidades de ampla distribuição geográfica na bacia, e que envolvem todo o pacote neopaleozóico (Souza & Marques-Toigo, 2001, 2003, 2005; Souza, 2006). Segundo esses autores, quatro zonas de intervalo compõem a sucessão palinobioestratigráfica da seção em referência, em ordem estratigráfica

ascendente: *Zona Arenisporites cristatus*, *Zona Crucisaccites monoletus*, *Zona Vittatina costabilis* e *Zona Lueckisporites virkkiae*. Enquanto as duas primeiras, de idade pensilvaniana, são restritas às porções inferior e média do Subgrupo Itararé, distribuídas somente na parte nordeste da bacia, as duas últimas, de idade permiana, ocorrem generalizadamente de Goiás ao RS, em estratos referentes ao topo do Subgrupo Itararé à base da Formação Rio do Rasto (Neregato *et al.*, 2008).

Localmente, embora seja relatada uma vasta lista de contribuições palinológicas para o setor sul da bacia, grande parte das informações taxonômicas está concentrada, sobretudo, nos depósitos de carvão da Formação Rio Bonito do RS, provavelmente, em função da tradição das escolas de paleontologia localizadas neste estado. Contudo, considerando que as biozonas de idade permiana definidas por Souza & Marques-Toigo (2003, 2005), as zonas *V. costabilis* e *L. virkkiae*, foram erigidas principalmente a partir dos referidos trabalhos (*e.g.*, Marques-Toigo *et al.* 1975; Corrêa da Silva & Marques-Toigo, 1975; Dias-Fabício, 1981) verifica-se que o conhecimento palinobioestratigráfico resultante é relativamente desequilibrado, podendo refletir em forte controle paleoecológico na distribuição original dos táxons. Verifica-se assim a necessidade de maior detalhamento palinológico nas distintas litologias que compõem a seção Permiana nesta porção da bacia.

Desta forma, foram selecionados para amostragem dois testemunhos de sondagem disponibilizados pela CPRM/RS, perfurados nos municípios de Candiota-Hulha Negra, porção sul do RS, e que contemplam todas as unidades do intervalo permiano da bacia: Subgrupo Itararé e formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto. Adicionalmente, um segundo grupo de amostras relativo às formações Rio Bonito e Palermo foi coletado em um afloramento situado próximo às citadas perfurações, incluindo uma camada de *tonstein*, utilizada para obtenção de dados radiométricos.

Com base nestas amostras, tem-se como intuito principal desta tese **o levantamento de dados palinológicos inéditos na seção compreendida entre o Subgrupo Itararé a Formação Rio do Rasto na porção sul da Bacia do Paraná, visando, sobretudo, o detalhamento palinobioestratigráfico das unidades envolvidas**, sendo apresentados como objetivos específicos:

(i) *o reconhecimento da diversidade palinológica em cada nível (palinotaxonomia);*

(ii) a compreensão da sucessão bioestratigráfica, no contexto do zoneamento vigente, de modo a aprimorar os limites das palinozonas paleozóicas;

(iii) a integração dos resultados palinológicos à datação radiométrica obtida, a fim de aperfeiçoar o posicionamento geocronológico das unidades palinobioestratigráficas envolvidas em relação à Carta Geocronológica Internacional.

I.3. Localização da área de estudo

As amostras selecionadas para estudo são provenientes de testemunhos de sondagem advindos dos poços HN-05-RS (65133300N/227950E) e HN-25-RS (6514965N/ 228004E), perfurados pela CPRM-RS no município de Hulha Negra, porção sul do Estado do Rio Grande do Sul. Nesta mesma região, ocorrem afloramentos constituídos por rochas sedimentares das formações Rio Bonito e Palermo, um dos quais incluído nesta tese, localizado às margens da Rodovia BR 293, próximo ao km 152, entre os municípios de Candiota e Bagé (figura 1).

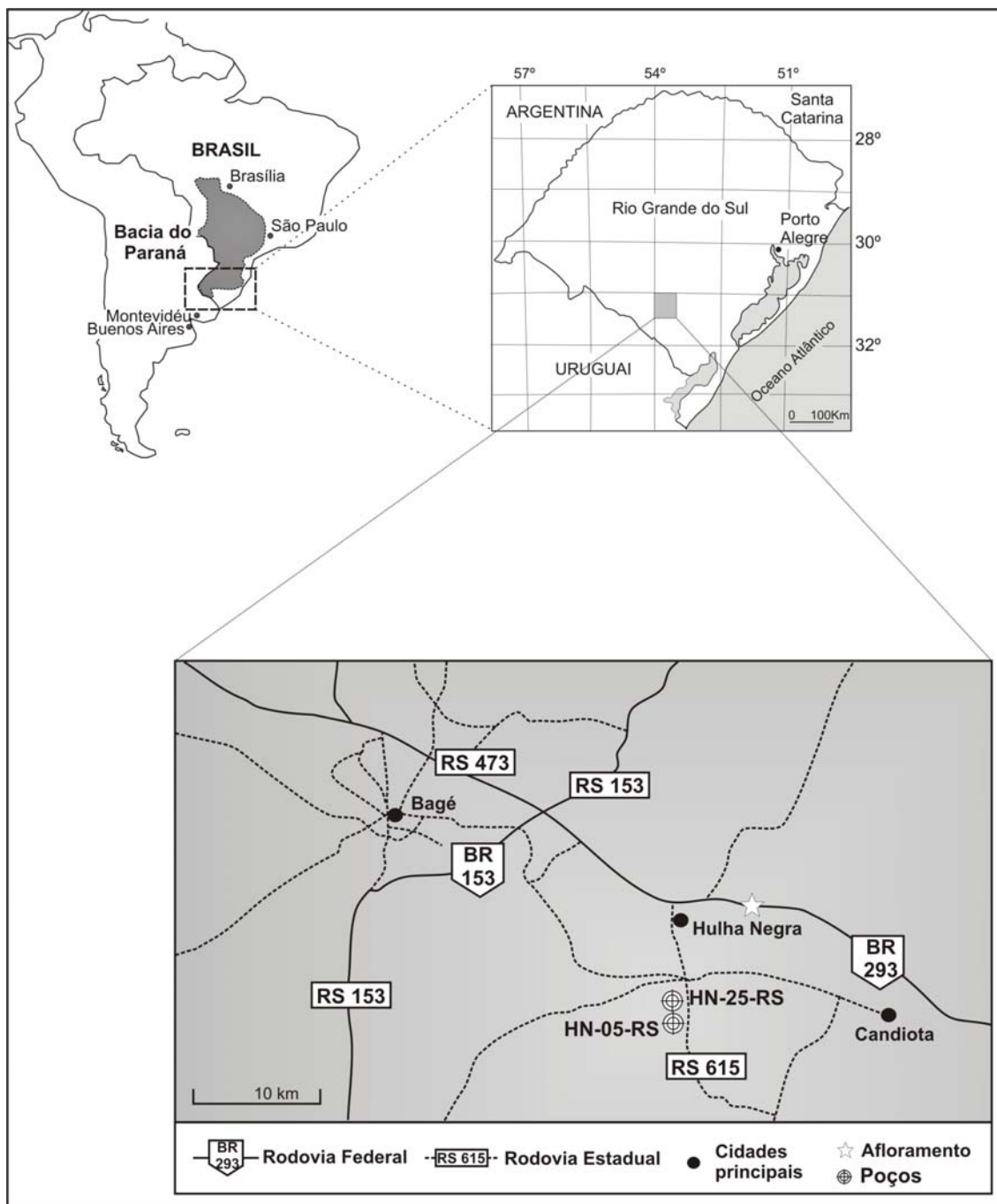


Figura 1. Localização da área de estudo.

I.4. Materiais e métodos

I.4.1. Seleção do material

A seleção dos testemunhos decorreu de poços disponíveis na CPRM/RS, preferencialmente em seções com espessuras significativas das unidades em interesse (Subgrupo Itararé e formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto). O intervalo entre as amostragens pode ser variável, uma vez que amostras geralmente férteis para recuperação de matéria orgânica são encontradas preferencialmente nos níveis pelíticos. Assim, quando possível, as amostragens foram tomadas a cada metro, especialmente quando procedentes do Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito, e menos espaçadamente em amostragem próximas a horizontes importantes, tais como limites entre duas unidades estratigráficas, conforme perfil litológico da CPRM/RS. Por sua vez, o afloramento utilizado nesta pesquisa foi escolhido por permitir a integração de análises palinológicas inéditas a dados radiométricos, a fim de contribuir auxiliar o posicionamento geocronológico das unidades permianas em relação à Carta Geocronológica Internacional.

Ao todo, 122 níveis foram selecionados para a análise, dentre os quais 63 correspondem ao poço HN-05-RS, envolvendo o intervalo estratigráfico entre as formações Rio Bonito e Rio do Rasto, 51 ao poço HN-25-RS, compreendendo o Subgrupo Itararé à Formação Teresina, e oito referente às coletas em superfície. Níveis estéreis para palinóforos totalizaram 11 amostragens, ocorrentes nos poços HN-05 (8 amostras) e HN-25 (3 amostras). Os perfis litoestratigráficos dos poços bem como os níveis amostrados para a análise palinológica constituem a figura 2. Na figura 3, apresenta-se a seção colunar do afloramento estudado.

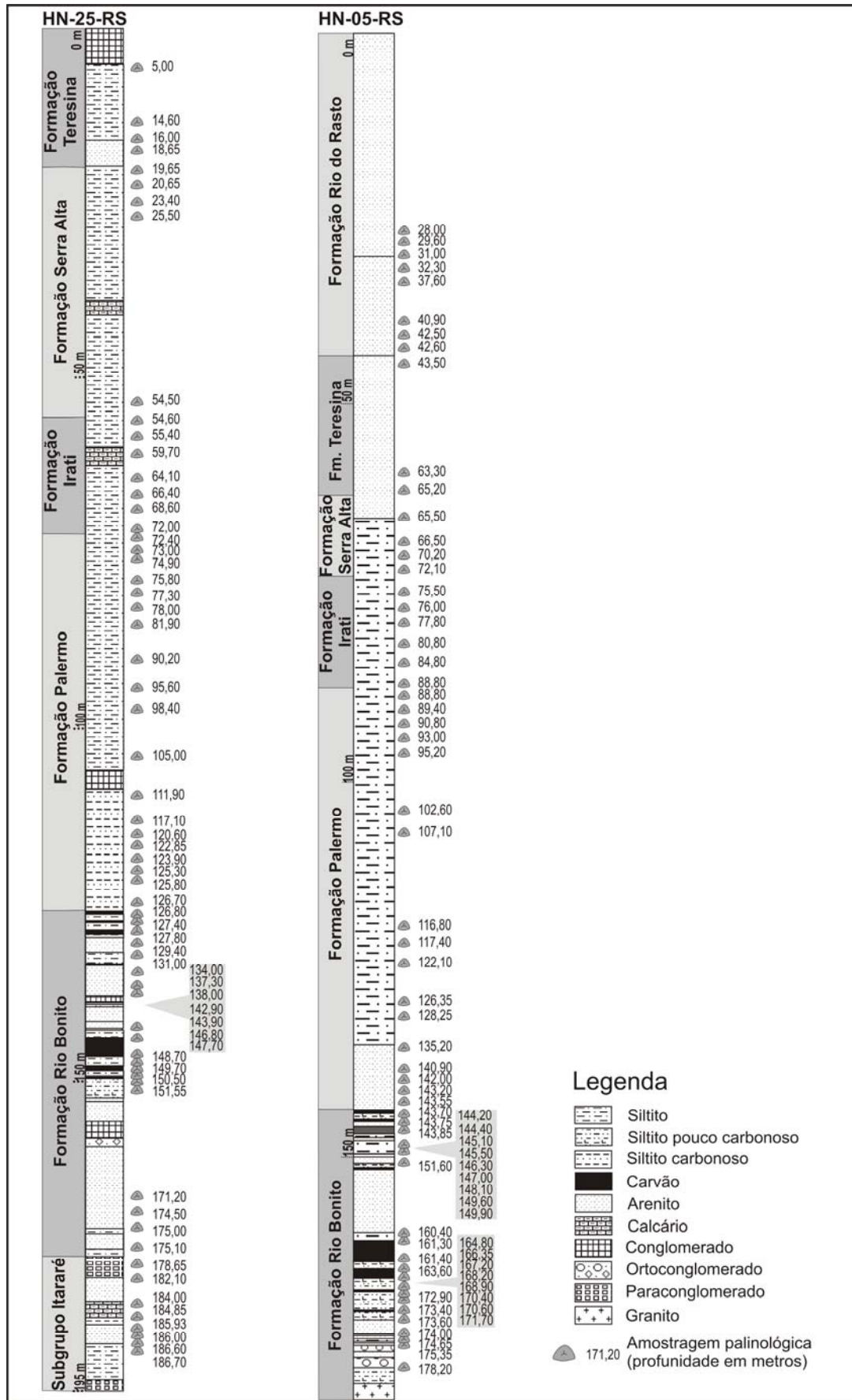


Figura 2. Perfil litoestratigráfico dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, com indicação dos níveis palinológicos utilizados neste estudo.

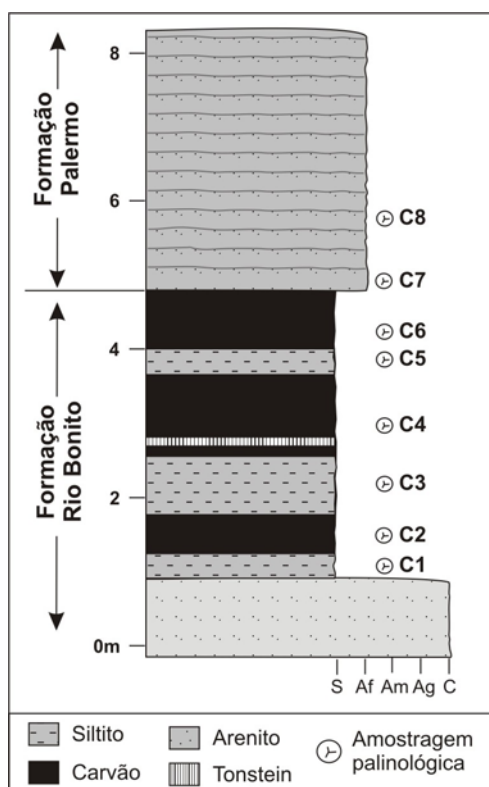


Figura 3. Perfil litoestratigráfico do afloramento, com indicação dos níveis palinológicos amostrados para este estudo.

1.4.2. Recuperação de palinomorfos

O processamento físico-químico para recuperação da matéria orgânica foi desenvolvido nas instalações do Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O procedimento segue o método padrão para amostras paleozóicas, conforme apresentado por Quadros & Melo (1987), o qual envolve os seguintes passos:

- Trituração da rocha em almofariz;
- Peneiramento (descarte da fração menor que 1,4 mm), homogeneização e pesagem de até 15 g por amostra (peso médio por nível processado: 10 g/amostra);
- Teste inicial com um pequeno fragmento da amostra com ácido clorídrico (HCl) para verificação de material carbonático; caso o resultado seja positivo, utiliza-se o referido reagente em quantidade necessária até o consumo total dos carbonatos da amostra;

- Ataque com ácido fluorídrico (HF) durante 24h, para a eliminação dos componentes silicáticos;
- Ataque com HCl à quente (temperatura inferior a 60°C), para eliminação dos fluorsilicatos e sílica gel formados;
- Lavagem das amostras com água destilada para neutralização do resíduo após cada procedimento com tratamento ácido, seguida de decantação, para descarte dos ácidos;
- Peneiramento da amostra, com concentração do resíduo entre 20 e 250 micrometros, e armazenamento em potes plásticos, devidamente identificados;
- Montagem das lâminas permanentes a partir da secagem do resíduo em lamínulas com “Cellosize” e posterior colagem destas em lâminas de vidro com Entellan. Todas as lâminas estão depositadas na Palinoteca do Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, sob codificação MP-P 5712 a 5813, MP-P 5666 a 5695, MP-P 6035 a 6160 e MP-P 6541 a 6559.

1.4.3. Estudo e análise palinológica

A análise palinológica, a qual consistiu na identificação sistemática das formas presentes em cada nível, bem como a documentação fotomicrográfica, foram realizadas com a utilização de Microscópio Olympus CX31, com câmera acoplada (Olympus Evolt E-330), em aumentos de 200 a 1000x.

A fim de observar o comportamento dos distintos morfogrupos ao longo dos poços, foi realizada a contagem do material palinológico em cada nível estratigráfico, estipulada a partir do número mínimo de 100 espécimes por amostra ou pelo número total de formas identificadas em duas lâminas palinológicas por nível, quando o mínimo de espécimes não foi atingido, considerando que o estado de preservação na maioria dos níveis e a abundância relativa dos espécimes são variados. Os palinomorfos foram categorizados em grupos conforme morfologia e natureza (esporos lisos, esporos ornamentados, esporos cingulizados, grãos de pólen monossacados, grãos de pólen bissacados lisos, grãos de pólen estriados e poliplicados, elementos microplanctônicos e fungos) (vide Anexo D).

Por sua vez, a riqueza palinológica e o estado de preservação satisfatório das amostras advindas de afloramento permitiram o estabelecimento de contagem

mínima de 200 elementos por nível estratigráfico, possibilitando a obtenção da frequência relativa das espécies que ocorrem nas amostras de superfície (vide Anexo B).

Listas de distribuição estratigráfica dos táxons foram construídas a fim de avaliar potenciais formas para fins bioestratigráficos, as quais podem ser observadas integralmente nos anexos B e D.

As espécies documentadas nos poços constam no Anexo G, conforme classificação supragenérica de Potonié & Kremp (1954) e modificações posteriores. Considerando que não foram reconhecidas espécies inéditas para a bacia, julgou-se desnecessária a apresentação das descrições taxonômicas correspondentes. Todas as espécies identificadas estão ilustradas, com registro fotomicrográfico digital (Anexo H).

As lâminas palinológicas utilizadas neste estudo estão relacionadas no Anexo I.

I.5. Contextualização geológica

I.5.1. A Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná é uma das mais extensas bacias intracratônicas da América do Sul, compreendendo espessa seqüência sedimentar-magmática (ca. 6.800 m), distribuída em porções territoriais do Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai, totalizando cerca de 1.700.000 km² em sua extensão (figura 4).

Segundo Milani (1997), seis unidades aloestratigráficas compreendem o registro sedimentar da bacia: Superseqüência Rio Ivaí (relacionada ao Grupo Ivaí, de idade Ordovício-Siluriano), Superseqüência Paraná (Grupo Paraná, idade Devoniano), Superseqüência Gondwana I (grupos Tubarão e Passa Dois, Pensilvaniano-Permiano), Superseqüência Gondwana II (Grupo Rosário do Sul, Triássico Médio a Superior), Superseqüência Gondwana III (Grupo São Bento, Jurássico-Cretáceo) e Superseqüência Bauru (Grupo Bauru, Cretáceo).

Os poços utilizados neste trabalho compreendem todas as unidades incluídas na Superseqüência Gondwana I, a qual é correspondente a um grande ciclo transgressivo-regressivo e referente, em termos de nomenclatura litoestratigráfica, ao Grupo Tubarão (Subgrupo Itararé e formações Aquidauana, Rio Bonito, Palermo e Irati), de idade entre o Pensilvaniano (Bashkiriano/Moskoviano) e ao Grupo Passa Dois

(formações Irati, Serra Alta, Teresina, Corumbataí e Rio do Rasto), de idade entre o Cisuraliano (Artinskiano) e o Lopingiano (Wuchiapingiano?) (figura 5). Esta superseqüência abrange grande volume de depósitos (ca. 2.500 m), litologicamente heterogêneos, relativos a processos e ambientes de distinta natureza, vinculados às expressivas mudanças ambientais e climáticas do Gondwana, com registros glaciais e pós-glaciais, e termos de origem marinha, continental e transicional (Milani & Zalán, 1999). As principais feições de cada unidade desta supersequencia são apresentadas a seguir conforme a descrição de Milani (1997).

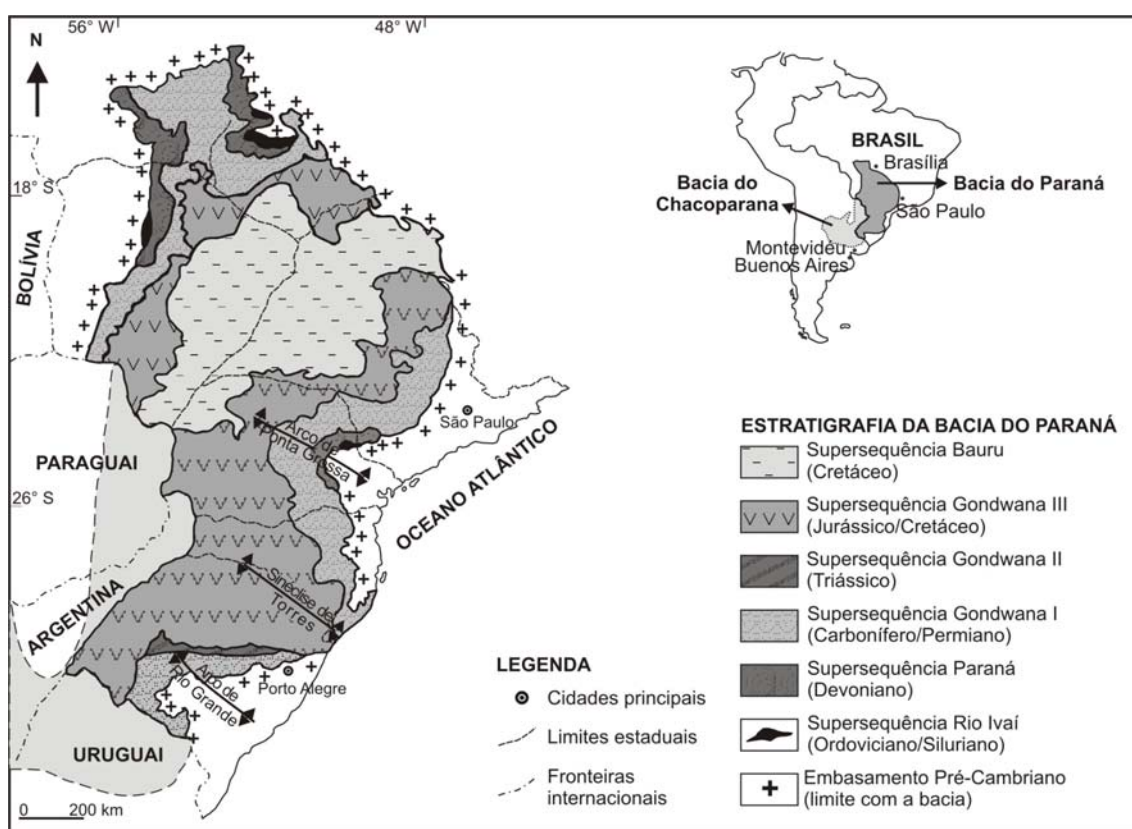


Figura 4. Localização e subdivisão aloestratigráfica da Bacia do Paraná (modificada de Milani, 1997).

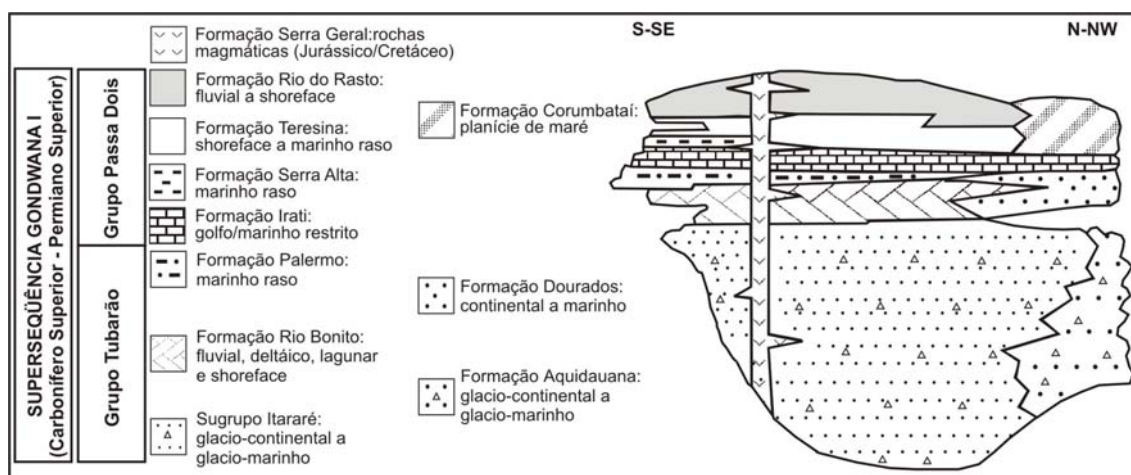


Figura 5. Detalhe das unidades constituintes da Superseqüência Gondwana I (modificada de Milani, 1997).

Na base da Superseqüência Gondwana I, o Subgrupo Itararé apresenta cerca de 1.500 m de espessura, com depósitos relacionados à glaciação do Permo-Carbonífero, e caracterizados essencialmente por arenitos, diamictitos, ritmitos, argilitos, siltitos e conglomerados. Essa unidade distribui-se por toda a bacia (embora seus depósitos pensilvanianos estejam restritos à porção nordeste), sendo parcialmente cronocorrelata à Formação Aquidauana na porção norte. França & Potter (1988) subdividiram o Subgrupo Itararé em três formações: Lagoa Azul, Campo Mourão e Taciba, ou formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul, de acordo com Schneider *et al.* (1974). Cada unidade é correspondente a subidas do nível relativo do mar, conforme mudanças climáticas cíclicas inseridas dentro do regime glacial (ciclos de glaciação/deglaciação). Com a subsequente migração do Gondwana para latitudes mais baixas, houve retração da calota de gelo e a posterior subida do nível do mar, evento que Lavina & Lopes (1987) identificaram em estratos no Estado do Rio Grande do Sul como “transgressão permiana”, sendo referente à transgressão pós-glacial reconhecida na porção superior do Subgrupo Itararé.

Os estratos da Formação Rio Bonito correspondem à sedimentação imediatamente pós-glacial, sendo predominantemente compostos por arenitos fluviais e associações de pelitos e carvões originados a partir de ambientes lagunares e deltáicos. Schneider *et al.* (1974), observando que alternavam-se pacotes arenosos e pelíticos, representativos das oscilações do nível de base, subdiviram esta unidade em três formações: Triunfo (arenoso), Paraguaçu (pelítico) e Siderópolis (arenoso, com níveis de carvão), reconhecidas integralmente nos estados do Paraná e Santa Catarina,

enquanto no Rio Grande do Sul, a Formação Rio Bonito permanece indivisa. Milani (1997), baseado em diversos dados estratigráficos, definiu este intervalo como dominado por “sedimentação costeira, transicional, progressivamente afogado para seu topo pela subida do mar Palermo”, onde localmente desenvolveram-se as turfeiras que deram origem aos carvões da Formação Rio Bonito.

A Formação Palermo é constituída por siltitos e argilitos, interpretados como de origem marinha plataformal. Na seção nordeste da bacia, estas unidades pós-glaciais são parcialmente correlatas à Formação Tatuí no Estado de São Paulo, a qual é definida por sua constituição em grande parte arenosa, além de siltitos e calcários, ou à Formação Dourados ao norte da bacia, na qual também predominam arenitos. O contato da Formação Palermo com a sobrejacente Formação Rio Bonito, pode ser interdigitada, resultante de erosão pelo “retrabalhamento costeiro durante a transgressão” ou em sobreposição em “discordância angular aos pacotes mais antigos e mesmo sobre o embasamento cristalino, como pode ser observado nas proximidades de Bagé-RS”, segundo Milani (1997).

Constituindo a base do Grupo Passa Dois, a Formação Irati é representada por folhelhos, folhelhos betuminosos, arenitos, margas e anidrita, com interpretação paleoambiental controversa (marinha, lagunar ou lacustre). Neste intervalo, a bacia pode ser caracterizada por dois “domínios”: um ao sul, relativo à porção mais profunda da bacia e um segundo em sua seção norte, o qual é interpretado como ambiente plataformal raso.

A Formação Serra Alta é caracterizada principalmente por folhelhos e siltitos, os quais são relacionados à ambiente marinho de baixa energia, enquanto a Formação Teresina apresenta composição de níveis pelíticos intercalados com arenitos, considerados como de origem marinha rasa, de águas agitadas, dominado por ondas e ação de marés. No topo da seqüência, a Formação Rio do Rasto é verificada através de siltitos esverdeados e arroxeados, arenitos e argilitos (Membro Serrinha) e argilitos e siltitos avermelhados, com intercalações de arenitos finos (Membro Morro Pelado). Ao norte da bacia, o intervalo estratigráfico compreendido pelas formações Serra Alta e Rio do Rasto é nomeado como Formação Corumbataí, com argilitos, folhelhos e siltitos escuros, registrando bancos carbonáticos, representativos de ambientes marinhos rasos (Rocha-Campos, 1967; Schneider *et al.*, 1974; Rohn, 1994; Milani & Zalán, 1999).

Diversas cartas estratigráficas foram propostas para o intervalo Pensilvaniano/Permiano da bacia, expressando a sucessão de litotipos e a

caracterização das unidades e fácies correspondentes (*e.g.*, Schneider *et al.*, 1974; Milani *et al.*, 1994, 2007). Em Holz *et al.* (2010), dados estratigráficos, incluindo litofácies e seqüências deposicionais, e paleontológicos foram sumarizados por unidade litoestratigráfica, de modo a oferecer um quadro atualizado com as mais significativas informações do ponto de vista bioestratigráfico.

1.5.2. Aspectos da geologia local

A presença de espessas camadas de carvão no município de Candiota, sul do Estado do Rio Grande do Sul, consistiu no motivo principal para o desenvolvimento de inúmeros trabalhos de cunho estratigráfico, a fim de reconhecer e identificar quais leitões seriam mais satisfatórios e viáveis a exploração econômica (Fontes & Cava, 1980; Menezes-Filho & Brito, 1982; Wildner, 1983; Lopes *et al.*, 1986; Picolli *et al.*, 1986; Lavina & Lopes, 1987), ou para uma maior compreensão das questões relativas ao comportamento e evolução da bacia nesta seção, incluindo a aplicação dos conceitos da Estratigrafia de Seqüências (Alves & Ade, 1996; Holz, 1998,; Holz *et al.*, 2006).

Fontes & Cava (1980) iniciaram os estudos estratigráficos a partir de dados litofaciológicos, os quais permitiram esboçar um sumário da evolução paleogeográfica da região. Neste contexto, a área de Candiota ter-se-ia desenvolvido em ambiente de planície costeira, localizada em uma superfície de deposição em plano inferior à de Hulha Negra, a qual foi considerada como área de alto topográfico.

Menezes Filho & Brito (1982) sintetizaram os dados disponíveis relativos à estratigrafia regional, detalhando aspectos litoestratigráficos relativos aos depósitos do Subgrupo Itararé à Formação Rio do Rasto, subsidiando dados para o desenvolvimento posterior de modelos paleogeográficos para a região.

Wildner (1983) em análise de diversas perfurações descreveu litotipos e paleoambientes associados às formações Rio Bonito e Palermo. Aspecto interessante a ser ressaltado é a menção sobre a transição entre estas unidades na área, a qual pode ser caracterizada como (i) “progradação normal”, resultante de uma seqüência gradativa ao longo das baías da Formação Rio Bonito ou (ii) de maneira discordante, onde porções significativas da Formação Rio Bonito seriam erodidas, as quais poderiam até estar incluídas como fragmentos em certos horizontes da Formação Palermo.

Lopes *et al.* (1986), na apresentação de resultados relativos ao Projeto “Borda Leste da Bacia do Paraná”, identificaram três fases de recuo de linha de costa no Estado do Rio Grande do Sul, o que permitiu inferir que a formação das turfeiras das distintas regiões carboníferas deste estado (Capané, Iruí, Candiota), não ocorreu de maneira síncrona. Segundo os autores, sucessivos pulsos transgressivos em Candiota teriam sido responsáveis pelo desenvolvimento das extensas e espessas camadas de carvão, considerando que esta localidade estava inserida em uma grande área plana.

Lavina & Lopes (1987) reconheceram três episódios de formação e destruição do sistema barreira/laguna na região. Identificaram que, na fase final de sedimentação do Grupo Tubarão no estado, grande parte dos altos topográficos (= relevos emersos) estariam muito distantes da faixa atual de afloramentos gondwânicos, significando que grande parte do Escudo sul rio grandense estaria coberto pelo mar.

Della Fávera *et al.* (1994) apresentaram interpretações sobre os sistemas deposicionais inseridos no contexto da evolução geológica da região de Candiota. Em síntese, vales fluviais pré-existentes teriam sido preenchidos por sedimentos do Subgrupo Itararé. Ao final da glaciação gondwânica, tem-se a elevação do nível relativo do mar, e a sedimentação da base da Formação Rio Bonito modelaria a superfície de forma plana, onde posteriormente desenvolver-se-iam as camadas de carvão em um sistema lagunar protegido de ingressões marinhas por cordões litorâneos, os quais são afogados pelo sistema transgressivo marinho, estabelecido pela Formação Palermo. São mencionados ainda os altos de Porto Alegre e Uruguai, separados pelo vale chamado de “Depressão Candiota”. Integrações com dados sedimentológicos a outros parâmetros, dentre os quais padrões de circulação atmosférica, foram utilizados pelos autores para inferir que “dentro de um contexto global em vias de desertificação, a região de Candiota estaria submetida a uma clima úmido e frio, pois os ventos atravessariam todo o espelho d’água do lado africano da bacia antes de atingirem à depressão”.

Alves & Ade (1996), sucedendo à aplicação dos conceitos da estratigrafia de seqüências para a região, desenvolveram um modelo deposicional referente especificamente para a Mina de Candiota. Três tratos de sistema foram identificados (mar baixo, transgressivo e mar alto), confirmando proposições anteriores de que os carvões teriam sido formados em um sistema laguna-barreira.

Holz (1997,1998) integrou dados de diversos poços a fim de relatar modelos deposicionais baseados na estratigrafia de seqüências, concernentes às jazidas

de carvão na porção centro-nordeste do RS. Contudo, apenas em Holz (2003) e Holz *et al.* (2006), estas interpretações foram fornecidas para Candiota, onde registraram três seqüências deposicionais, dentre as quais, a segunda (S2) e a terceira (S3) são correlatas, respectivamente, aos depósitos das formações Rio Bonito e Palermo, separadas entre si pelo limite de seqüências nomeado como SB3. De acordo com estes autores, durante a formação da SB3, a Bacia do Paraná teria sofrido movimentos tectônicos localizados, com alterações na linha de costa. Como conseqüência, a região de Candiota teria sido afetada por subsidência diferencial, sendo observado em afloramentos nesta área, que a transgressão marinha da Formação Palermo seria responsável pela erosão parcial dos depósitos de carvão da Formação Rio Bonito.

I.6. Contextualização palinológica

I.6.1. Palinobioestratigrafia da Bacia do Paraná

Os primeiros estudos palinológicos da Bacia do Paraná foram realizados a partir dos anos 60, quando diversas pesquisas foram desenvolvidas em sua seção sul, enfocando especialmente as camadas portadoras de carvão da Formação Rio Bonito nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Somente a partir da década de 70, estudos para a porção nordeste da bacia passaram a ser importantes, permitindo o conhecimento em caráter mais amplo das microfloras.

Diversas tentativas de zoneamento para o Neopaleozóico da Bacia do Paraná foram apresentadas desde então, no qual o estudo de Daemon (1966) é considerado como o pioneiro. Contudo, avaliando aspectos como as dimensões estratigráfica/geográfica, assim como a operacionalidade dos esquemas, são detalhadas as propostas de Daemon & Quadros (1970) e os trabalhos integrativos entre as porções norte e sul da bacia, resultando na formalização das unidades bioestratigráficas, os quais permitiram a elaboração do esquema atual de zoneamento (Marques-Toigo, 1988, 1991; Souza & Marques-Toigo, 2001, 2003, 2005; Souza, 2006).

Daemon & Quadros (1970) desenvolveram a mais abrangente subdivisão palinobioestratigráfica em termos geográficos (dos estados de Goiás ao Rio Grande do Sul) e estratigráficos (entre o Subgrupo Itararé e Formação Teresina), para o intervalo temporal compreendido entre o Pensilvaniano e Permiano da Bacia do Paraná, a partir

de dados de afloramentos (13) e poços exploratórios da Petrobras (31). Com base principalmente na distribuição de 40 espécies de grãos de pólen, além de esporos monoletes, grãos de pólen monocolpados e *Tasmanites* (Prasinophyceae), os autores reconheceram seis unidades informais nomeadas como intervalos, em ordem ascendente: intervalos G, H (subdividido nos subintervalos H₁, H₂ e H₃), I (I₁, I₂+I₃+I₄), J, K e L (L₁, L₂ e L₃), sintetizados a seguir.

- G/H₁: são comuns neste intervalo grãos de pólen monossacados, tais como *Potonieisporites*, *Plicatipollenites* e *Divarisaccus* (= forma P-51 ou *Crucisaccites* dos autores).
- H₂ e H₃: registra-se a partir do intervalo H₃ maior frequência e diversidade de formas bissacadas, tais como *Protohaploxylinus amplus* e *Vittatina* cf. *vittifera*, as quais são formas comuns nos intervalos posteriores (I₁, I₂+I₃+I₄ e J) a dominantes nos intervalos K e L.
- I₁, I₂+I₃+I₄, J: grãos de pólen monossacados e bissacados abundam neste intervalo de maneira homogênea. Formas do gênero *Vittatina* são facilmente reconhecidas nesta seção, e seu topo é delimitado pelo desaparecimento do gênero *Plicatipollenites*.
- K e L: a partir do intervalo K, à medida que grãos de pólen monossacados tornam-se escassos, passam a predominar grãos de pólen bissacados, sendo importante forma guia o gênero *Lueckisporites*.

É a partir do trabalho de Daemon & Quadros (1970) que o comportamento geral da Bacia do Paraná pôde ser primariamente entendido em grande escala. Observou-se que os intervalos mais inferiores (G) não eram encontrados nas porções mais ao sul da bacia, informação preliminarmente observada por Daemon (1966). Nos intervalos superiores (H, I e J), esta situação invertia-se, considerando que tais seções não foram reconhecidas em todos os poços ao norte da bacia.

Segundo os autores, a partir do intervalo G a Bacia do Paraná começou a subsidir para sul, o que permitiu a deposição sedimentar nas unidades consequentes. Para a correlação entre os poços, o *datum* escolhido foi o aparecimento de *Lueckisporites virkkiae*. Desta forma, abaixo do marco de correlação a bacia comportou-se de maneira irregular (intervalos G a J), enquanto nos intervalos K e L, passou a uma fase de ajustamento, uma vez que os dois intervalos podem ser encontrados em todas as seções ao longo de toda bacia. Os autores verificaram ainda

que parte dos depósitos do Subgrupo Itararé poderiam ser, em alguns locais (porção sudeste da bacia), sincrônicos à deposição da Formação Rio Bonito, anteriormente já relatado por Asmus (1967, *apud* Daemon & Quadros, 1970): “O que se conhece como Formação Rio Bonito deve estar mais propriamente incluído no Subgrupo Itararé, já que as identidades litológicas ali verificadas, sugerem que sejam sincrônicas e assim pertençam a um mesmo ciclo de sedimentação”, pois de acordo com os dados de Daemon & Quadros (1970), os esporomorfos da Formação Rio Bonito teriam íntima associação com os do Subgrupo Itararé, uma vez que não foi observada quebra bioestratigráfica entre estas unidades. Contudo, esta inferência poderia resultar simplesmente da observação de mesmas formas em ambas as unidades e concluir que seriam cronocorrelatas, ao invés do entendimento que uma mesma biozona pudesse estar presente em duas unidades justapostas.

Somente a partir da década de 1990, novas propostas bioestratigráficas de caráter mais geral foram apresentadas. A contribuição de Marques-Toigo (1991) constitui a primeira proposta formal de zoneamento para Bacia do Paraná, e resulta da publicação dos dados obtidos a partir de Marques-Toigo (1988), com enfoque no Subgrupo Itararé e nas formações Rio Bonito, Palermo e Irati, a partir de amostras de subsuperfície e afloramentos de jazidas carboníferas nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

A partir da distribuição lateral e vertical de grãos de pólen e a relação e frequência entre os táxons identificados, foram propostas duas zonas de intervalo, denominadas Zona *Cannanoropollis korbaensis* e Zona *Lueckisporites virkkiae*. A primeira é subdividida em três subzonas: Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*, *Caheniasaccites ovatus* e *Hamiapollenites karrooensis*.

A Zona *Cannanoropollis korbaensis* foi definida a partir da amplitude estratigráfica local de *C. korbaensis* ou de *Potonieisporites simplex*. Os níveis de extinção de *Limitisporites vesiculosus* e *Hamiapollenites karrooensis* para o limite superior completam a definição da zona. As três subzonas correspondentes, em ordem estratigráfica ascendente, são:

- Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*: definida pela amplitude local da espécie epônima ou de *Plicatipollenites malabarensis*;

- Subzona *Caheniasaccites ovatus*: o limite inferior é diagnosticado pelo nível de extinção de *P. goraiensis*, enquanto o limite superior pelo desaparecimento de *Caheniasaccites ovatus*;
- Subzona *Hamiapollenites karrooensis*: identificada pela amplitude restrita de *H. karrooensis* e pelo desaparecimento de *Potonieisporites simplex*.

A zona *Lueckisporites virkkiae* é reconhecida pela amplitude de *L. virkkiae*, *Marsupipollenites triradiatus*, *Staurosaccites cordubensis*, *Striatopodocarpites pantii*, *Lunatisporites variesectus* e *Protohaploxypinus perfectus*. Segundo a autora, as formas apresentam distribuição estratigráfica até a porção arenosa da Formação Serra Alta.

Embora propostas para a porção sul do país, as zonas poderiam ser estendidas para toda a bacia. Porém, algumas unidades foram consideradas como de caráter local (Subzona *Caheniasaccites ovatus*), como observado em Souza & Marques-Toigo (2003).

Na mesma época, Daemon & Marques-Toigo (1991) publicaram uma breve notícia na qual nomeiam o intervalo G-H₁ de Daemon & Quadros (1970) como Zona *Potonieisporites novicus*. No entanto, embora seja relativo a um resumo, alguns trabalhos o consideram como válido para a bioestratigrafia da bacia (e.g. Holz & Dias, 1998; Holz & Carlucci, 2000; França *et al.*, 1996).

Os trabalhos de Lima *et al.* (1983), Souza (1996), Souza *et al.* (1996) e Souza (2000) permitiram uma melhor caracterização do conteúdo palinológico da porção nordeste da bacia que, conjuntamente aos dados de aprimoramento, integração e formalização das biozonas de Souza & Marques-Toigo (2001, 2003 e 2005), resultaram na proposta atual de zoneamento da Bacia do Paraná, como apresentado em Souza (2006).

De acordo com estes últimos autores (Souza & Marques-Toigo, 2003, 2005; Souza, 2006), a sucessão palinológica do Pensilvaniano e do Permiano da Bacia do Paraná é representada por quatro zonas de intervalo, denominadas como zonas *Ahrensia* (*Ahrensia cristatus* (ZAc), *Crucisaccites monoletus* (ZCm), *Vittatina costabilis* (ZVc) e *Lueckisporites virkkiae* (ZLv), em ordem estratigráfica ascendente.

Em Souza (2006) são apresentadas as zonas *Ahrensia cristatus* e *Crucisaccites monoletus*, a partir de dados de poços e afloramentos obtidos na porção nordeste da Bacia do Paraná, nos estados de São Paulo e Paraná, totalizando 117 amostras de 27 testemunhos de sondagem e 32 amostras de 29 afloramentos. As zonas

ZAc e ZCm são de idade pensilvaniana, e ocorrem nas porções inferior e média do Subgrupo Itararé. Estas zonas não são contínuas ao longo da bacia, sendo consideradas ausentes no RS e ocorrendo parcialmente em Santa Catarina.

Esporos lisos, apiculados e cingulados, associados a grãos de pólen monossacados constituem os elementos dominantes nessas duas biozonas. Grãos de pólen monossacados estriados e bissacados são subordinados, ocorrendo em baixas frequências, embora o padrão de distribuição dessas formas possa variar de uma seção para outra, conforme a litofácies local. Na unidade mais antiga (ZAc), onze espécies de esporos são estratigraficamente restritas, enquanto que na ZCm, somente a espécie epônima é estratigraficamente confinada. Diversas espécies são comuns nas duas biozonas, que também compartilham a baixa frequência de grãos de pólen bissacados e teniados, bem como a ausência de grãos de pólen poliplicados.

O limite inferior da ZAc é caracterizado pelo aparecimento de diversas espécies de esporos e grãos de pólen. Onze esporos são estratigraficamente restritos à zona: *Granulatisporites varigranifer*, *Anapiculatisporites argentinensis*, *Raistrickia pinguis*, *Foveosporites hortonensis*, *Ahrensisporites cristatus*, *Cristatisporites indignabundus*, *Cristatisporites menendezii*, *Cristatisporites spinosus*, *Cristatisporites inordinatus*, *Cirratiradites veeversii* e *Psomospora detecta*. Grãos de pólen monossacados e bissacados aparecem pela primeira vez no Carbonífero da bacia, como *Plicatipollenites*, *Cannanoropollis*, *Potonieisporites*, *Caheniasaccites*, *Limitisporites* e *Protohaploxylinus*. A zona é registrada em diversos afloramentos e bem amostrada em subsuperfície no Estado de São Paulo. No Paraná e em Santa Catarina, a zona é registrada na base do Subgrupo Itararé (Daemon 1974, 1981).

O limite inferior da ZCm é definido pelo desaparecimento das onze espécies de esporos restritas à zona inferior e pelos aparecimentos de *Crucisaccites monoletus* e *Scheuringipollenites maximus*. Sua porção superior é limitada pelo desaparecimento de *C. monoletus* e pelo primeiro aparecimento de *Illinites unicus*, *Protohaploxylinus goraiensis* e espécies de *Vittatina*, formas características da zona *Vittatina costabilis*. A espécie *C. monoletus* embora não seja reconhecidamente abundante nas assembléias, foi escolhida como espécie epônima porque é estratigraficamente restrita à zona, é facilmente identificada e registrada em mais de duas localidades. O nome foi escolhido em substituição à unidade proposta em Souza (2000), a Zona *Potonieisporites neglectus*. Diversas formas que ocorrem na zona

Ahrensporites cristatus também são encontradas na zona *C. monoletus*. A ocorrência restrita de *C. monoletus* associada ao sensível aumento na frequência de monossacados teniados e bissacados dentro das assembléias (aproximadamente 5% na ZAc e até 10% na ZCm) permitem a distinção em relação à zona anterior. A ZCm corresponde litoestratigraficamente a porção superior da base do Subgrupo Itararé à sua porção média.

Além da formalização das duas zonas carboníferas, a Zona *Vittatina costabilis* (nova designação da Zona *Cannanoropollis korbaensis* de Marques-Toigo, 1988, 1991) tem seu registro reconhecido na porção superior do Subgrupo Itararé na porção nordeste da Bacia do Paraná, evidenciando constância na bacia. Embora esta unidade tenha sido documentada pela primeira vez nesta região no trabalho de Souza (2000), muitas espécies presentes no zoneamento de Marques-Toigo (1991) apresentaram distribuição distinta na porção nordeste. Esta é correspondente aos intervalos H₃-J de Daemon & Quadros (1970) e ocorre desde a porção superior do Subgrupo Itararé até a porção superior da Formação Rio Bonito.

As zonas ZVc e ZLv foram formalizadas em Souza & Marques-Toigo (2005), quando novos dados foram adicionados aos esquemas palinobioestratigráficos referentes à porção permiana no Estado do Rio Grande do Sul. Com base no primeiro aparecimento e desaparecimento de grãos de pólen selecionados, foram erigidas duas zonas de intervalo, com apresentação das principais características e estabelecimento das seções de referência, assim como critérios adicionais para o reconhecimento dos limites bioestratigráficos de acordo com as normas apresentadas pelo Código da Comissão Internacional em Classificação Estratigráfica. A análise da distribuição estratigráfica baseou-se na revisão de trabalhos publicados e de novas amostragens de superfície e testemunhos de sondagem relacionados à pesquisa e exploração do carvão no Rio Grande do Sul.

A ZVc corresponde à unidade anteriormente denominada como Zona *Cannanoropollis korbaensis* por Marques-Toigo (1991) ou Zona *Vittatina* por Souza & Marques-Toigo (2001), sendo finalmente aprimorada e formalizada em Souza & Marques-Toigo (2005). A zona é definida pelo primeiro aparecimento de espécies do gênero *Vittatina* (*V. saccata*, *V. subsaccata*, *V. costabilis*, *V. vittifera*) espécies de *Protohaploxylinus* (*P. goraiensis*, *P. limpidus*), *Fusacolpites fusus* e *Illinites unicus*. As

duas subzonas, *Protohaploxylinus goraiensis* e *Hamiapollenites karrooensis*, apresentadas em Souza & Marques-Toigo (2003) foram mantidas.

A primeira subzona foi originalmente definida pelas amplitudes de *P. goraiensis* e *Illinites unicus*, sendo posteriormente adicionada a ocorrência restrita de *Protohaploxylinus limpidus* (Souza & Marques-Toigo, 2005). Inclui as camadas de carvão do RS e SC, anteriormente relacionadas à Subzona *Caheniasaccites ovatus* (Marques-Toigo 1988, 1991), a qual foi considerada como ecofácies. Souza (2000) havia proposto a renomeação dessa zona para *Caheniasaccites flavatus*, em função da sinonimização de *C. ovatus* para *C. flavatus* (Azcuay & Di Pasquo, 2000). Os limites inferior e superior da subzona extinta eram definidos pelos últimos aparecimentos de *Protohaploxylinus goraiensis* e *Caheniasaccites ovatus*, respectivamente. No entanto, *P. goraiensis* ocorre nos níveis de carvão de Candiota, local considerado como pertencente à Subzona *Caheniasaccites ovatus* por Cazzulo-Klepzig *et. al* (2002). Além disso, *C. ovatus* apresenta ampla distribuição estratigráfica em toda Bacia do Paraná, sendo registrado desde o Subgrupo Itararé até a Formação Palermo, o que limita seu uso como marcador bioestratigráfico e o torna inapropriado para nomeação da biozona.

A Subzona *Hamiapollenites karrooensis* é definida pela amplitude da espécie epônima e pelo primeiro aparecimento de *Striatopodocarpites fusus* e *Staurosaccites cordubensis*. Litoestratigraficamente, estas subzonas são correlacionáveis a uma estreita seção sedimentar referente a porção média e superior da Formação Rio Bonito.

A ZLv, formalizada em Souza & Marques-Toigo (2005) tem seu limite inferior definido pelo último aparecimento de *Hamiapollenites karrooensis* e *Stellapollenites talchirensis*, e pelo primeiro aparecimento de várias espécies de grãos de pólen teniados e poliplicados, como espécies de *Lueckisporites* (*L. virkkiae*, *L. stenoaeniatus*, *L. agoulaensis*), *Marsupipollenites striatus*, *Pakhapites fasciolatus*, espécies de *Protohaploxylinus* (*P. hartii*, *P. sewardi*, *P. microcorpus*), *Lunatisporites variesectus*, *Alisporites nuthallensis*, *Striatopodocarpites pantii*, *Weylandites lucifer* e espécies de *Staurosaccites*, - estes dois últimos verificados em Souza & Marques-Toigo (2003)-, configurando importante *datum* bioestratigráfico para a bacia. O limite inferior é reconhecido entre os estratos mais superiores da Formação Rio Bonito e base da Formação Palermo. Já o limite superior da ZLv é definido pelo desaparecimento de espécies de *Lueckisporites*, nos níveis correspondentes das formações Serra Alta e Teresina, podendo ser estendida à base da Formação Rio do Rasto (Daemon & Quadros,

1970; Neregato *et al.*, 2008) e correlacionável aos intervalos K-L de Daemon & Quadros (1970). O quadro síntese apresentado na figura 6 ilustra os principais esquemas palinobioestratigráficos erigidos para a Bacia do Paraná, com posicionamento geocronológico a partir de dados de Souza (2006), Santos *et al.* (2006) e Holz *et al.* (2010).

Geocronologia			Palinoestratigrafia					
Período	Época	Estágio	Idade (Ma)	Daemon e Quadros (1970)	Marques-Toigo (1988, 1991)	Souza & Marques-Toigo (2003, 2005), Souza (2006) e Neregato <i>et al.</i> (2008)	Principais características palinológicas	
PERMIANO	Lopingiano	Changhsingiano	251.0 ± 0.4					
		Wuchiapingiano	253.8 ± 0.7					
	Guadalupiano	Capitaniano	260.4 ± 0.7	L ₃			<ul style="list-style-type: none"> • Aparecimento de <i>Lueckisporites</i> • Domínio de grãos de pólen teniados e poliplicados (<i>Lueckisporites</i>, <i>Lunatisporites</i>, <i>Weylandites</i>) • Raros grãos de pólen monossacados e esporos (<i>Laevigatosporites</i>, <i>Thymospora</i>, <i>Convolutispora</i>) 	
		Wordiano	265.8 ± 0.7	L ₂	Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>	Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>		
		Roadiano	268.0 ± 0.7	L ₁				
		Kunguriano	270.6 ± 0.7					
	Cisuraliano	Artinskiano	275.6 ± 0.7				<ul style="list-style-type: none"> • Aparecimento de <i>Vittatina</i> e <i>Illinites</i> • Freqüência variada de grãos de pólen teniados e poliplicados • Domínio local de esporos triletes (camadas de carvão no RS e SC) 	
		Sakmariano	284.4 ± 0.7	K	Zona <i>Cannanoropollis korbaensis</i>	Subzona <i>Hamiapollenites karroensis</i> Subzona <i>Caheniasaccites ovatus</i> Subzona <i>Protahaploxypinus goraiensis</i>		Zona <i>Vittatina costabilis</i> Subzona <i>Hamiapollenites karroensis</i> Subzona <i>Protahaploxypinus goraiensis</i>
		Asseliano	294.6 ± 0.8	J				
		Gzheliano	299.0 ± 0.8	I ₂ +I ₃ +I ₄ I ₁				
CARBONIFERO SUPERIOR	Pensilvaniano	Kasimoviano	303.9 ± 0.9	H ₃		Zona <i>Crucisaccites monoletus</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Domínio de esporos triletes e grãos de pólen monossacados (<i>Plicatipollenites</i>, <i>Potonieisporites</i>, <i>Caheniasaccites</i>, <i>Cannanoropollis</i>) • Raros grãos de pólen teniados (<i>Protahaploxypinus</i>, <i>Meristocarpus</i>) 	
		Moscoviano	306.5 ± 1.0	H ₂				
		Baskiriano	311.7 ± 1.1	H ₁		Zona <i>Ahrensiporites cristatus</i>		
			318.1 ± 1.3	G				

Figura 6. Síntese e correlação das palinozonas pensilvanianas e permianas da Bacia do Paraná (modificado de Souza, 2006).

1.6.2. Contribuições palinológicas prévias na área de estudo

A listagem de trabalhos que versam sobre microfloras em depósitos pensilvanianos e permianos na Bacia do Paraná é relativamente extensa e, particularmente sobre as formações Rio Bonito e Palermo, a maior parte é procedente de diversas localidades do Estado do Rio Grande do Sul (*e.g.*, Cauduro, 1970; Dias-Fabrizio, 1981). Contudo, são escassas as contribuições que relataram análises palinológicas em intervalos contínuos envolvendo grandes intervalos litoestratigráficos (Picolli *et al.*, 1985; Picarelli *et al.*, 1986).

Neste item, são relatadas as principais informações palinológicas desenvolvidas na área de estudo abrangida, especialmente na seção sul do Estado do Rio Grande do Sul e nordeste do Uruguai.

Os primeiros registros paleontológicos para a região de Candiota-Hulha Negra são referentes a restos de plantas, com descrições associadas de megásporos e miósporos, como mencionado em Carruthers (1869), Plant (1869), Hartt (1870), Liais (1872), Zeiller (1895), Lundquist (1920), Trindade (1954) e Dijkstra (1955).

Com relação à palinologia, a maioria das associações descritas é resultante das litologias de carvões e rochas associadas das formações Rio Bonito e Palermo, desenvolvidos por vários autores a partir da década de 60 do século passado. As listas de táxons são relativamente extensas, incluindo diversas proposições taxonômicas, parte dos quais foram revistos e sinonimizados por outros autores. O significado bioestratigráfico de cada uma dessas contribuições é apresentado a seguir, a título de ressaltar sua importância e aspectos problemáticos.

As primeiras análises essencialmente palinológicas para a região foram realizadas por Pant & Srivastava (1965), relativas a uma amostra procedente de Candiota além de uma segunda localidade não especificada do Estado de Santa Catarina. Os autores identificaram 14 espécies, incluindo diversas proposições taxonômicas. Este material foi re-estudado por Tiwari & Navale (1967), os quais ampliaram a lista taxonômica para um total de 46 espécies. Além disso, a análise quantitativa realizada por estes últimos autores evidenciou o predomínio de morfogrupos distintos entre as duas amostras, possibilitando a inferência de que estas representariam diferentes fácies deposicionais. A comparação entre as duas associações palinológicas permitiu atribuir idade mais antiga para o material analisado do Estado do Rio Grande do Sul do que aqueles coletados em Santa Catarina.

Nahuys *et al.* (1968) apresentaram os resultados das análises palinológicas e petrográficas de amostras oriundas das minas de Charqueadas e Candiota, incluindo ainda dados palinológicos de amostras coletadas nos estados de Santa Catarina (Camada Barro Branco) e do Paraná. Os táxons identificados foram detalhadamente descritos e ilustrados, resultando na apresentação de 32 espécies, sendo oito destas, novas proposições taxonômicas. Os conjuntos palinológicos documentados permitiram ainda corroborar idade permiana para os carvões da Formação Rio Bonito, visto que eram anteriormente interpretados como pertencentes ao Carbonífero (*e.g.*,

Beurlen, 1953; Dolianiti, 1953). Embora com amostragem relativamente ampla e exaustiva, dados sobre as procedências geográficas ou estratigráficas para cada táxon não são fornecidas, dificultando as análises bioestratigráfica e paleoambiental.

Posteriormente, Ybert (1975) analisou 63 amostras de carvão em 18 testemunhos de sondagem e dois afloramentos, entre os municípios de Candiota e Hulha Negra. Um total de 89 táxons foi identificado, com proposição de 15 novas espécies. Este foi o primeiro trabalho a apresentar perfis dos afloramentos e dos testemunhos estudados, assim como a localização estratigráfica de cada amostra analisada. Entretanto, a caracterização palinológica é restrita somente os níveis de carvão, o que era muito comum na época, considerando que o foco principal dos estudos era voltado para o maior conhecimento desse recurso, de modo a aprimorar seu aproveitamento econômico. Esta tendência foi mantida por muito tempo depois, resultando em um conjunto de dados que reflete muito mais o contexto local - da palinoflora formadora do carvão - do que as associações faciológicas como um todo. Além disso, tal como em Nahuys *et al.* (1968), o autor não detalha o local de ocorrência das espécies documentadas, informação que é fornecida somente para as novas espécies propostas ou para os espécimes fotografados.

Na mesma época, Marques-Toigo *et al.* (1975) documentaram gêneros de megásporos e micrósporos no carvão de Candiota, cujo estudo foi aprofundado por Corrêa da Silva & Marques-Toigo (1975), as quais amostraram níveis sílticos e *tonstein*, além dos níveis de carvão, contabilizando um total de 35 espécies, sendo incluídas análises quantitativas por nível estratigráfico. Com a integração de dados petrográficos, os autores traçaram um esboço do comportamento das diferentes espécies conforme o tipo de carvão.

Meyer & Marques-Toigo (2000) apresentaram aspectos ambientais para a região de Candiota, com base em 28 amostras provenientes de níveis de carvão, coletados em quatro testemunhos de sondagem. As autoras identificaram 73 espécies de palinomorfos, embora poucas espécies tenham sido efetivamente documentadas neste trabalho. Contudo, o destaque é no primeiro registro de microfósseis considerados de origem marinha (*Navifusa* e *Cymatiosphaera*) para os carvões do sul do Brasil, o que permitiu corroborar esquemas estratigráficos que propunham ingressões marinhas no sistema formador de carvões (Alves & Ade, 1996; Holz, 1998).

Contribuições posteriores apresentadas por Cazzulo-Klepzig *et al.* (2002), Cazzulo-Klepzig *et al.* (2005) e Guerra-Sommer *et al.* (2008a, b), ainda que

dedicados aos carvões da Mina de Candiota, detém-se a revisões taxonômicas de trabalhos previamente publicados ou apenas a citações de táxons, alguns dos quais ilustrados, embora parte deles seja proveniente de outras localidades do Estado (vide Santos *et al.*, 2006, p. 461) ou inexistente nas referências citadas. Como exemplo, Guerra-Sommer *et al.* (2008a), mencionam a ocorrência de *Protohaploxypinus goraiensis* e espécies de *Stritatopodocarpites* na Mina de Candiota, conforme dados de Cazzulo-Klepzig *et al.* (2005). Entretanto, apenas o segundo gênero é citado (mas não ilustrado) no trabalho (Cazzulo-Klepzig *et al.*, 2005). Como consequência, a ausência de listagem de táxons e de detalhamento taxonômico limitam a aplicação e comparação dos dados, seja a título de conhecimento real da palinoflora ou em termos de maiores implicações bioestratigráficas a partir destes resultados.

Como anteriormente mencionado, grande parte das associações esporopolínicas descritas estão vinculadas aos níveis da Formação Rio Bonito, assim como análises de poços abrangendo seções litoestratigráficas mais completas são escassas na região, o que torna necessário recorrer à escala regional (Estado do Rio Grande do Sul). As contribuições realizadas por Marques-Toigo & Pons (1974), Cazzulo-Klepzig *et al.* (1982), Picolli *et al.* (1985) e Picarelli *et al.* (1987) foram baseadas na análise de testemunhos de sondagem no RS e permitiram o reconhecimento de palinofloras também no Subgrupo Itararé e formações Palermo e Irati.

Amostras das formações Rio Bonito, Palermo e Irati foram analisadas por Marques-Toigo & Pons (1974) a partir de um poço localizado na bacia carbonífera do Iruí (porção central do RS). Entretanto, não existe clara distinção sobre a distribuição dos táxons, bem como o contato entre as unidades litoestratigráficas. Os níveis da Formação Rio Bonito são constituídos pelo predomínio de esporos em relação aos grãos de pólen, enquanto na Formação Palermo, são descritas camadas abundantes em esporos cingulizados, e outras com predomínio de grãos teniados variados (não especificados)

Picolli *et al.* (1985) realizaram a integração entre dados sedimentológicos e microflorísticos da bacia de Charqueadas (centro-leste do RS), a partir de dados de subsuperfície das litologias do Subgrupo Itararé e da Formação Rio Bonito, as quais foram caracterizadas pela abundância de esporos e escassas contribuições de grãos de pólen monossacados e teniados. Amostragens do contato entre as formações Rio Bonito e Palermo também foram incluídas, porém não foram avaliadas em maior detalhe devido ao baixo estado de preservação dos espécimes.

Em Cazzulo-Klepzig *et al.* (1982), níveis das formações Rio Bonito e Palermo foram estudados a partir de poços perfurados na bacia carbonífera de Santa Rita (região leste do RS). Uma lista de gêneros foi apresentada, bem como a caracterização quantitativa dos distintos morfogrupos destas assembléias. De acordo com as frequências relativas oferecidas pelos autores, nos níveis da Formação Rio Bonito predominam esporos sobre grãos de pólen monossacados, enquanto na Formação Palermo, grãos de pólen estriados apresentam-se em maior frequência relativa sobre esporos.

Os dados de Picarelli *et al.* (1987), relativos ao estudo de três perfurações provenientes da bacia carbonífera de Santa Terezinha (leste do RS), apresentam uma maior abrangência estratigráfica, contemplando depósitos do Subgrupo Itararé e das formações Rio Bonito, Palermo e Irati. Com base na distribuição estratigráfica e na análise quantitativa das espécies registradas, dois intervalos foram identificados pelos autores. O “Intervalo A”, designado para as seções caracterizadas pelo predomínio de esporos sobre grãos de pólen monossacados e bissacados, referentes ao Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito, e o “Intervalo B”, onde é alta a frequência de bissacados estriados, sendo correlacionado aos depósitos das formações Palermo e Irati.

A partir da década de 1990, uma série de associações palinológicas foi descrita em depósitos paleozóicos na porção nordeste do Uruguai, onde a extensão da Bacia do Paraná é reconhecida como Bacia do Chacoparaná. Significativas são as contribuições de Beri & Daners (1996, 1998), Beri & Pecoits (2001), Beri *et al.*, (2006, 2010) e Gutierrez *et al.* (2006, 2010), onde são apresentados dados de poços e afloramentos de unidades litoestratigraficamente correspondentes ao Subgrupo Itararé à Formação Irati. Parte destas contribuições (Beri & Daners, 1996, 1998; Beri & Pecoits 2001) subsidiaram dados para o biozoneamento informal de Beri *et al.* (2004), cujo detalhamento é apresentado no próximo item.

Beri & Daners (1996) descreveram o conteúdo palinológico de 13 amostras extraídas da perfuração DCLS 4 referentes à Formação San Gregório (unidade correlata ao Subgrupo Itararé). Dentre suas principais observações estão a ausência de palinomorfos indicativos de origem marinha e a baixa representatividade de grãos de pólen bissacados, em um conjunto de associações caracterizadas fundamentalmente pelo predomínio de esporos lisos e cingulizados. Três conjuntos palinológicos foram individualizados de acordo com a frequência relativa dos distintos grupos. Na Associação A (basal), abundam esporos triletes lisos, com ocorrência subordinada de

esporos cingulizados e grãos de pólen monossacados. A Associação B (intervalo médio) é caracterizada pelo predomínio de grãos de pólen monossacados, enquanto esporos cingulizados apresentam mínima expressão nas assembléias. A última associação (topo da seção), nomeada como “C”, foi diagnosticada pela alta representatividade de esporos (lisos e cingulizados), enquanto grãos de pólen são escassos. Grãos de pólen estriados apresentaram-se de maneira significativa apenas na porção média do intervalo analisado.

Posteriormente, Beri & Daners (1998) divulgaram análises palinológicas das formações Tres Islas e Frayle Muerto (correlatas às formações Rio Bonito e Palermo), com base em 11 amostras do poço 201. Na Formação Tres Islas, predominam esporos e grãos de pólen monossacados (e.g., *Punctatisporites*, *Granulatisporites*, *Lundbladispora*, *Caheniasaccites*, *Plicatipollenites*), enquanto grãos de pólen bissacados e estriados são escassos. Na Formação Frayle Muerto, por sua vez, são representativos esporos de *Lundbladispora* e subordinadamente *Punctatisporites*, com reduzida participação de grãos monossacados e significativa frequência relativa de grãos estriados (*Protohaploxylinus*, *Striatopodocarpites*, *Vittatina*). Aspectos paleoambientais também foram apresentados para cada unidade. As palinofloras recuperadas para a Formação Três Islas indicaram deposição em ambiente deltaico, favorecendo a formação de turfeiras e a posteriormente o desenvolvimento de camadas de carvão, enquanto para a Formação Frayle Muerto, é indicado um processo transgressivo, atestado por modificações florísticas, diagnosticada pela maior contribuição de grãos bissacados e estriados para esta unidade.

Beri & Pecoits (2001) realizaram estudos da Camada “El Baron”, pertencente ao Membro Mangrullo da Formação Melo, a qual é correlata à Formação Irati. Os principais constituintes palinológicos são representados por grãos de pólen estriados, dentre os quais, os mais abundantes são espécies de *Vittatina*, além de outros grãos estriados (*Lunatisporites*, *Lueckisporites*, *Marsupipollenites*, *Weylandites*).

Em Beri *et al.* (2006) e Gutierrez *et al.* (2006), estudo também baseado em amostras provenientes da Formação San Gregório (poço DCLS 24), foram documentadas ocorrências de esporos (*G. austroamericanus*, *C. confluens*) e uma significativa contribuição de grãos de pólen bissacados (*Protohaploxylinus goraiensis*, *Lueckisporites densicarpus*, *Lunatisporites variesectus*, *W. lucifer*). A análise qualitativa destas palinofloras levantou questões do ponto de vista bioestratigráfico, considerando que as associações verificadas poderiam representar unidades distintas às

estabelecidas no Brasil e na Argentina, quando foi sugerida a criação de um esquema palinoestratigráfico diferenciado para esta porção da Bacia do Chacoparaná.

Gutiérrez *et al.* (2010) reavaliaram o conteúdo palinológico de Beri & Daners, (1996, 1998) e Beri & Pecoits (2001), e apresentaram os aspectos taxonômicos destas contribuições. Além da proposição de novas espécies, duas associações palinológicas foram definidas, de acordo com seu conteúdo qualitativo: (i) Assembléia I, correspondente à Formação Frayle Muerto e Tres Islas (Associação I/poço 221 e Associações I e II/poço 201, respectivamente), com predomínio de esporos triletes, e raros grãos teniados e poliplicados, e (ii) Assembléia II, reconhecida na associação II do poço 221 (formações Mangrullo e Passo Aguiar) e na camada “El Baron” com predomínio de estriados, sendo representativos *Lunatisporites*, *Lueckisporites*, *Limitisporites* e *Corisaccites*.

Em Beri *et al.* (2010) são apresentadas informações inéditas para amostras da Formação Cerro Pelado, em depósitos correlatos ao Subgrupo Itararé. As observações em poços e afloramentos permitiram aos autores reconhecer associações qualitativamente dominadas por esporos (*e.g.*, *Lundbladispota* spp., *Granulatisporites austroamericanus*, *Converrucosisporites confluens*), enquanto grãos de pólen (*Caheniasaccites*, *Vittatina*, *Protohaploxylinus*), ocorrem em menor frequência. Grãos de pólen teniados tais como *Lueckisporites*, *Weylandites*, *Marsupipollenites* e *Lunatisporites* também foram documentados, embora escassos. Contudo, o aparecimento de formas teniadas não foi interpretado como indício de mudança florística significativa ao longo da unidade. Estas informações palinológicas foram vinculadas a modelos paleoclimáticos estabelecidos para esta seção do Gondwana onde variações do nível do mar relacionados a avanços e retrações glaciais poderiam justificar a presença de representantes de coníferas e da vegetação pteridofítica. Segundo os autores, conforme o modelo de Di Micheli *et al.* (2009), as terras baixas ou marginais suportariam uma grande variabilidade de vegetação, ocupando a bacia de acordo com as variações glaciais, do nível do mar ou clima. Desta forma, determinados tipos de gimnospermas poderiam predominar em terras baixas. É citada ainda a hipótese de Cúneo (1983), onde admite-se que as gimnospermas do Hemisfério Sul teriam maior plasticidade ecológica, e ocupariam desde ambientes higrófilos a porções mais afastadas dos corpos d'água.

I.6.3. Esquemas palinobioestratigráficos desenvolvidos para o intervalo Carbonífero Superior/Permiano do Gondwana Ocidental

As características gerais das palinozonas registradas no Brasil, Argentina e Uruguai são comuns, permitindo razoável correlação, refletindo condições paleoclimáticas e conteúdo paleoflorístico bastante semelhantes. As biozonas erigidas para depósitos da Argentina e Uruguai, além do esquema desenvolvido para a Bacia do Amazonas são listados a seguir de acordo com as suas correspondentes bioestratigráficas na Bacia do Paraná (Souza & Marques-Toigo, 2003, 2005), apresentando-se com maior detalhamento apenas as de idade permiana.

As unidades pensilvanianas *Ahrensiporites cristatus* e *Crucisaccites monoletus*, encontram unidades correlatas na Bacia do Chacopará, representadas pela Zona *Potonieisporites – Lundbladispota* (Russo *et al.*, 1980; Vergel, 1993). Na porção norte da Argentina, aquelas palinozonas podem ser correlacionadas às zonas *Dictyotriletes bireticulatus – Cristatisporites chacoparanensis*, *Granulatisporites micronodosus – Reticulatisporites reticulatus* e *Marsupipollenites triradiatus – Lundbladispota braziliensis*, unidades mais superiores da Superzona *Krauselispornites volkheimerii – Circumplicatipollis plicatus*, reconhecida na Bacia de Tarija (Di Pasquo, 2003).

Para o Grupo Paganzo na Argentina, as palinozonas *Ancistrospora*, *Potonieisporites* e *Palinozona III*, de Azcuy & Jelin (1980), foram agrupadas por Azcuy (1986) na Superzona *Plicatipollenites*, podendo ser parcialmente correlacionada às biozonas pensilvanianas da Bacia do Paraná, considerando que a zona mais antiga (Palinozona de *Ancistrospora*) não encontra semelhantes na Bacia do Paraná.

Com relação à porção centro-oeste da Argentina, as zonas *Ahrensiporites cristatus* e *Crucisaccites monoletus* são correlatas às subzonas B e C, constituintes da Zona *Raistrickia densa – Convolutispota muriornata* (Césari & Gutiérrez, 2000).

As zonas *Vittatina costabilis* e *Lueckispornites virkkiae* têm correlação, respectivamente, com as zonas *Fusacolpites fusus – Vittatina subsaccata* e *Lueckispornites – Weylandites* (Césari & Gutiérrez, 2000), zonas *Cristatisporites* e *Striatites* (Russo *et al.*, 1980; Vergel, 1993) e zonas *Cristatisporites inconstans – Vittatina subsaccata* e *Striatoabieites anaverrucosus – Staurosaccites cordubensis* (Beri *et al.*, 2004).

As zonas *Fusacolpites fusus* – *Vittatina subsaccata* (FS) e *Lueckisporites* – *Weylandites* (LW) foram reconhecidas por Césari & Gutiérrez (2000) nos depósitos da porção centro-oeste da Argentina. A Zona FS é definida pelo primeiro aparecimento de *Fusacolpites fusus* e *Vittatina saccata*, além de *Hamiapollenites fusiformis*, *Marsupipollenites striatus*, *Apiculatisporites cornutus*, enquanto a Zona LW, é identificada pelo primeiro aparecimento de *Lueckisporites* spp. e pelo predomínio de grãos de pólen estriados, tais como *Weylandites*, *Vittatina*, *Lunatisporites* e *Marsupipollenites*.

Na porção argentina da Bacia do Chacoparaná, Russo *et al.* (1980) e Vergel (1993) definiram duas biozonas de idade permiana, zonas *Cristatisporites* e *Striatites*. A Zona *Cristatisporites* é caracterizada pelos primeiros registros de *Vittatina saccata*, *Marsupipollenites striatus*, além *Converrucosisporites micronodosus* e *C. confluens*. Por sua vez, a Zona *Striatites* é reconhecida pelo predomínio de diversos grãos de pólen estriados.

Beri *et al.* (2004) apresentaram para a porção uruguaia da Bacia do Paraná duas unidades informais: zonas *Cristatisporites inconstans* – *Vittatina subsaccata* e *Striatoabieites anaverrucosus* – *Staurosaccites cordubensis*. A primeira é diferenciada pelo predomínio de esporos triletes associados a grãos de pólen bissacados (*Punctatisporites*, *Murospora bicingulata*, *Cristatisporites lestai*, *C. morungavensis*, *C. microvacuolatus*, *Converrucosisporites confluens*, *C. micronodosus*, *Brevitriletes levis*, *B. cornutus*, *Krauselisporites spinosus*, *Vallatisporites russoi*), enquanto a segunda zona pela abundância 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 granulatus*). Essas biozonas são separadas entre si por uma Zona de Intervalo marcada pela abundância de *Lundbladispora*.

Estas unidades foram reconhecidas nas formações San Gregório, Tres Islas e Frayle Muerto (Zona *Cristatisporites inconstans* – *Vittatina subsaccata*) e na Formação Mangrullo (*Striatoabieites anaverrucosus* – *Staurosaccites cordubensis*), as quais são consideradas correlatas respectivamente ao Subgrupo Itararé e formações Rio Bonito, Palermo e Irati. A zona de intervalo de Beri *et al.* (2004) é interpretada para o intervalo entre a porção basal à média da Formação Frayle Muerto.

Playford & Dino (2000) definiram para a Bacia do Amazonas sete zonas de associação, nomeadas em ordem estratigráfica ascendente, *Spelaeotriletes triangulus*,

Striomonosaccites incrassatus, *Illinites unicus*, *Striatosporites heyleri*, *Raistrickia cephalata*, *Vittatina costabilis* e *Tornopollenites toreutos*.

Estas unidades foram reconhecidas no Grupo Tapajós, o qual compreende as formações Monte Alegre, Itaituba, Nova Olinda e Andirá, e são nomeadas de acordo com a espécie mais abundante em cada biozona e caracterizadas por feições quantitativas associadas a níveis de aparecimento e desaparecimento. A Zona *S. triangulus* é caracterizada pela abundância da espécie epônima e de *S. arenaceous*, e pela restrição de *Lophotriletes lentiginosus*, *Waltzisporea polita* e *Potonieisporites marleniae*. O limite inferior da Zona *S. incrassatus* é demarcado pelo aparecimento de *Illinites unicus*, *S. incrassatus*, *Mabuitasaccites crucistriatus* e *Meristocarpus explicatus*, enquanto o superior é definido pelo desaparecimento de *Costatascyclus crenatus* e *Potonieisporites seorsus*. A abundância de *I. unicus* associada a ocorrência de *S. triangulus*, *S. arenaceous*, *Endosporites globiformis*, *Vallatisporites* e *Cristatisporites* permitem o reconhecimento da Zona *I. unicus*, com limite inferior diagnosticado pelo aparecimento de *Barakarites rotatus*, *Cycadopites* cf. *follicularis* e *Vallatisporites arcuatus*. O nível inferior da Zona *Striatosporites heyleri* é definido pela introdução de *Apiculatasporites daemonii* e da espécie epônima, os quais ocorrem em associação a *I. unicus* e espécies de *Protohaploxylinus* e *Striatopodocarpites*; seu limite superior é identificado pelo desaparecimento de *Mabuitasaccites* e *Crucisaccites*. As espécies *Raistrickia cephalata*, *Peppersites ellipticus* e *Potonieisporites pyriferous* são restritas à Zona *R. cephalata*; seu limite inferior pode ser reconhecido pelo aparecimento, além das formas restritas, de *Limitisporites amazonensis*, *Lunatisporites onerosus* e *Polarisaccites bilateralis*. Na base da Zona *V. costabilis*, são registradas as primeiras ocorrências de espécies do gênero *Vittatina* (*V. costabilis*, *V. vittifera*, *V. subsaccata*), caracterizada adicionalmente pelos aparecimentos de *Hamiapollenites andiraensis*, *H. fusiformis*, *Pakhapites fusus*, *P. ovatus*, *Corisaccites alutas* e *Lueckisporites virkkiae*. Para a Zona *Tornopollenites toreutos*, são verificadas as primeiras ocorrências de *Tornopollenites toreutos*, *Verrucosisporites insuetos*, *Thymospora obscura* e *Laevigatosporites minor*.

Embora estas unidades apresentem muitos esporomorfos em comum, são encontradas variações locais, como o aparecimento de *Vittatina subsaccata* e *Hamiapollenites fusiformis* na palinozona pensilvaniana Zona *Potonieisporites* – *Lundbladisporea* e de *Lueckisporites* na Zona *Cristatisporites inconstans* – *Vittatina*

subsaccata, registradas somente nas zonas permianas *V. costabilis* e *L. virkkiae*, respectivamente.

Apesar das espécies apresentarem os primeiros aparecimentos em idades distintas, refletem tendências paleoclimáticas semelhantes, de condições frias no Pensilvaniano/Permiano Inferior a temperaturas mais altas, que caracterizam os depósitos do Permiano Médio a Superior. Em geral, as palinozonas pensilvanianas são caracterizadas pelo predomínio de esporos e grãos de pólen monossacados, enquanto grãos de pólen teniados são raros ou ausentes. Grãos de pólen teniados e poliplicados são mais comuns nas palinozonas permianas, especialmente a partir do Artinskiano, quando passam a ser dominantes. Considerações sobre o tema foram abordadas por Azcuy *et al.*, (2007) e Souza *et al.* (2007), com apresentação das correlações entre palinozonas sul-americanas.

O esquema apresentado na figura 7 sintetiza as principais informações contidas neste item.

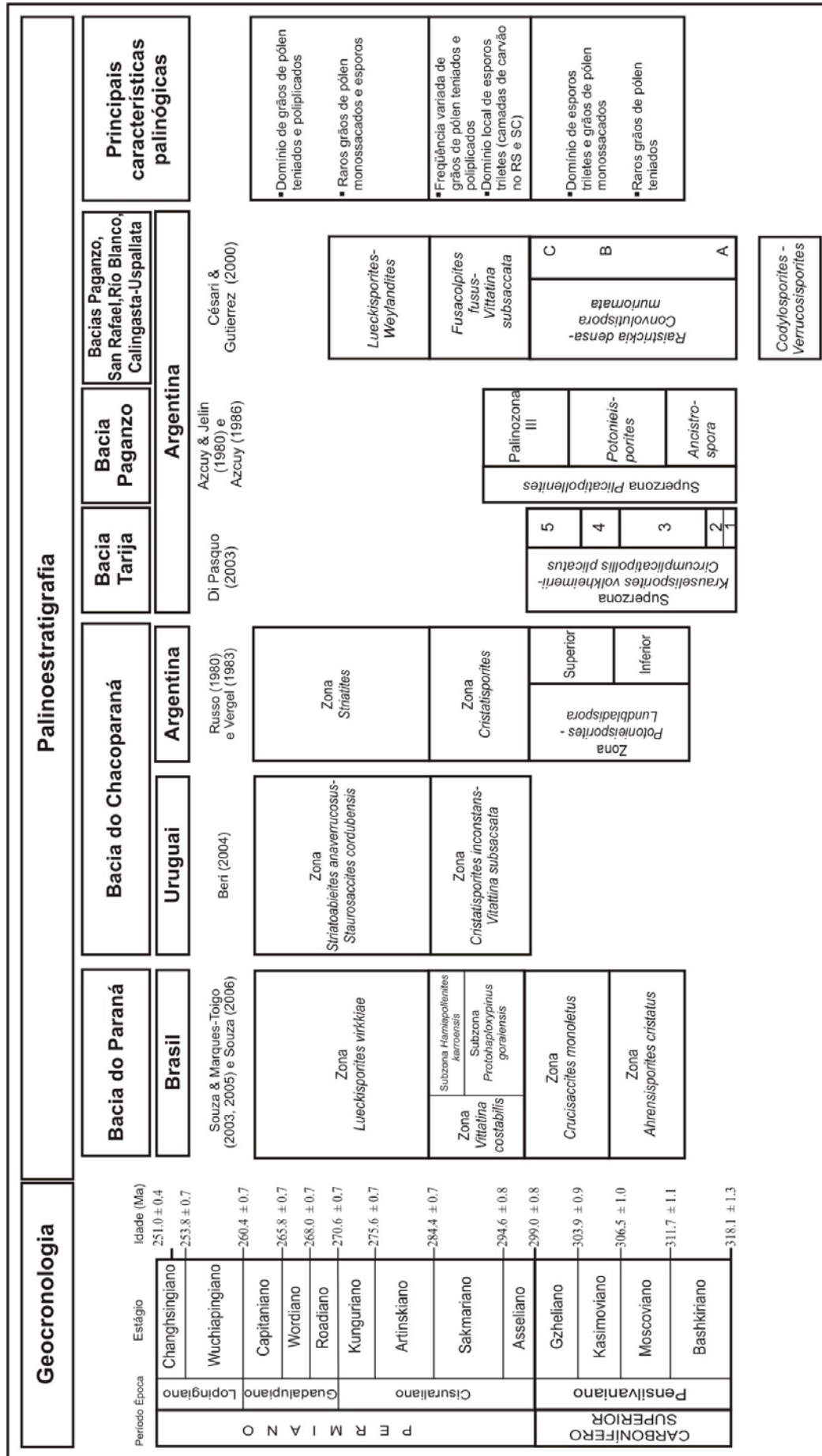


Figura 7. Correlação entre palinozonas permianas disponíveis para o gondwana ocidental.

I.7. Datações radiométricas associadas aos depósitos sedimentares do Permiano do Gondwana

Em virtude das dificuldades de calibração entre os esquemas palinoestratigráficos junto à Coluna Estratigráfica Internacional, bem como a ausência de fósseis atribuídos aos estratotipos padrão das idades, datações absolutas têm sido realizadas em níveis palinologicamente férteis a fim de conferir segurança aos posicionamentos biocronoestratigráficos das palinozonas. Desta forma, este item sintetiza as principais idades obtidas para o intervalo Permiano em distintas bacias gondwânicas. As principais datações para a Bacia do Paraná são apresentadas na figura 8.

Na Mina de Candiota, três níveis de cinza vulcânica passíveis de datação radiométrica são tradicionalmente conhecidos, intercalados aos níveis de siltito e carvão, sendo nomeados como *Tonstein A*, *B* e *C*. O primeiro nível é incluído na “Camada Candiota Inferior”, enquanto os dois subseqüentes estão na “Camada Candiota Superior” (vide Guerra-Sommer *et al.*, 2008a, b).

Diversos autores apresentaram idades para estes níveis da Mina de Candiota, tais como Matos *et al.* (2001), Guerra-Sommer *et al.* (2005, 2008a, 2008b) e Rocha-Campos *et al.* (2006, 2007). De maneira geral, o conteúdo palinológico verificado nos carvões de Candiota permite a identificação da Zona *V. costabilis* (Subzona *P. goraiensis*).

Matos *et al.* (2001) realizaram a análise pioneira dos *tonsteins* da Formação Rio Bonito. Com base no método IDTIMS U/Pb em grãos de zircão, obtiveram a idade de $267,1 \pm 3,4$ Ma para o *Tonstein A*. Posteriormente, Guerra-Sommer *et al.* (2005), também utilizando-se do método IDTIMS U/Pb, indicaram idades entre $299,1 \pm 2,6$ Ma e $296,9 \pm 1,4$ Ma, a partir de um nível não especificado da citada mina.

Rocha-Campos *et al.* (2006, 2007) verificaram distintas populações de zircões com base em SHRIMP U/Pb, as quais foram amostradas no intervalo Permiano da Bacia do Paraná em depósitos do Subgrupo Itararé e nas formações Rio Bonito, Irati, Teresina, Serra Alta e Rio do Rasto. Amostras da vizinha Bacia do Chacoparaná no Uruguai também foram tratadas, relativas às formações Mangrullo e Yaguary. Para a

Formação Rio Bonito, a idade de $298,5 \pm 2,6$ Ma é referente a média de quatro níveis de *tonstein* analisados, incluindo aqueles utilizados por Matos *et al.* (2001) e Guerra-Sommer *et al.* (2005). Apenas as idades “pós-Itararé” foram consideradas significativas pelos autores, relacionadas a seguir, conforme as unidades uruguaias correlatas: Formação Irati $276,4 \pm 3,7$ Ma / $279,9 \pm 4,8$ Ma e Formação Mangrullo $275,9 \pm 4,8$ Ma / $269,8 \pm 4,7$ Ma; Formação Estrada Nova (correspondente as formações Teresina /Serra Alta) $275,9 \pm 5,4$ Ma; formações Rio do Rasto $275,1 \pm 5,4$ Ma e Yaguari $273,5 \pm 5,4$ Ma.

Guerra-Sommer *et al.* (2008a, 2008b), baseados respectivamente nos métodos IDTIMS U/Pb e SHRIMP II, publicaram novos dados radiométricos para os tonsteins A e C. Os resultados obtidos são variáveis entre $296,9 \pm 1,65$ Ma a $296 \pm 4,2$ Ma e $293,8 \pm 3,5$ Ma a $288,4 \pm 1,2$ Ma (idade média de $290,6 \pm 1,5$ Ma).

Dados preliminares inéditos para um afloramento na região de Candiota foram divulgados por Marques *et al.* (2007). A partir do método LAM-ICP-MS U/Pb, obteve-se o valor $278,2 \pm 1,8$ Ma, ressaltando-se que a análise resultou da avaliação de uma pequena população de grãos de zircão.

Para a Bacia do Paraná, somente os dados de Santos *et al.* (2006) e de Rocha-Campos *et al.* (2006, 2007) envolveram seções distintas da Formação Rio Bonito. Em Santos *et al.* (2006), folhelhos da Formação Irati (São Mateus do Sul, PR) foram avaliados conforme o método U-Pb em zircões (SHRIMP), apontando idade de $278,4 \pm 2,2$ Ma. Dados palinológicos da seção analisada por Santos *et al.* (2006) permitiram reconhecer elementos da Zona *L. virkkiae*.

Outras idades que podem ser mencionadas para o Gondwana são aquelas concebidas por Bangert *et al.* (1999), Stollhofen *et al.* (2000) e Melchor (2000). Níveis datados da Zona Striatites da Bacia do Chacoparaná na Argentina, revelam idade de $266,3 \pm 0,82$ Ma (Melchor, 2000). A datação da Formação Collingham (Stollhofen *et al.*, 2000), estratigraficamente superior à Formação Whitehill na África do Sul (esta última equivalente à Formação Irati) é equivalente a 270 ± 1 Ma, o que de forma geral corrobora os dados de Melchor (2000) e Santos *et al.* (2006) para as unidades sul-americanas (Césari, 2007). Também há coerência em relação às datações para o Grupo Dwyka na Namíbia e África do Sul (Bangert *et al.*, 1999), unidade glacial permo-carbonífera do Sistema Karroo, parcialmente correlacionável ao Subgrupo Itararé, apresentadas como 302 ± 3 Ma, $299,2 \pm 3,2$ Ma e $297 \pm 1,8$ Ma.

A partir das datações disponíveis em depósitos paleozóicos da América do Sul e África, Césari (2007) apontou que as idades obtidas para a Argentina e África são as mais coerentes para o posicionamento geocronológico de associações palinológicas. Por outro lado, interpretou como problemáticas as idades mais antigas (próximas a 299 Ma) para a Formação Rio Bonito, já que estas vinculariam a Flora *Glossopteris* (registradas no Subgrupo Itararé e mundialmente associada a depósitos permianos), a estratos do Carbonífero na Bacia do Paraná. Esta consideração é suportada por dados de Roberts *et al.* (1995), os quais apresentaram distintas idades atribuídas ao Carbonífero Inferior na Austrália. Conforme os ajustes efetuados pelos autores, o estágio mais superior do Carbonífero não seria mais jovem que 300 Ma, o que reforça as observações de Césari (2007).

Stephenson (2009) identificou nos níveis do Membro Ganigobis (Namíbia) formas associadas a *Converrucosisporites confluens* (espécie utilizada como táxon de correlação em distintos depósitos gondwânicos) em amostras anteriormente datadas por Bangert (1999), como 302 ± 3 Ma. Com base nos dados palinológicos de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e geocronológicos de Guerra-Sommer *et al.* (2005) e Rocha-Campos *et al.* (2006), Stephenson (2009) atribuiu que a base da Zona *V. costabilis* coincidiria ao limite Pensilvaniano-Permiano. Contudo, tal correlação decorre em implicações relacionadas à idade da Flora *Glossopteris*, anteriormente tratadas por Césari (2007).

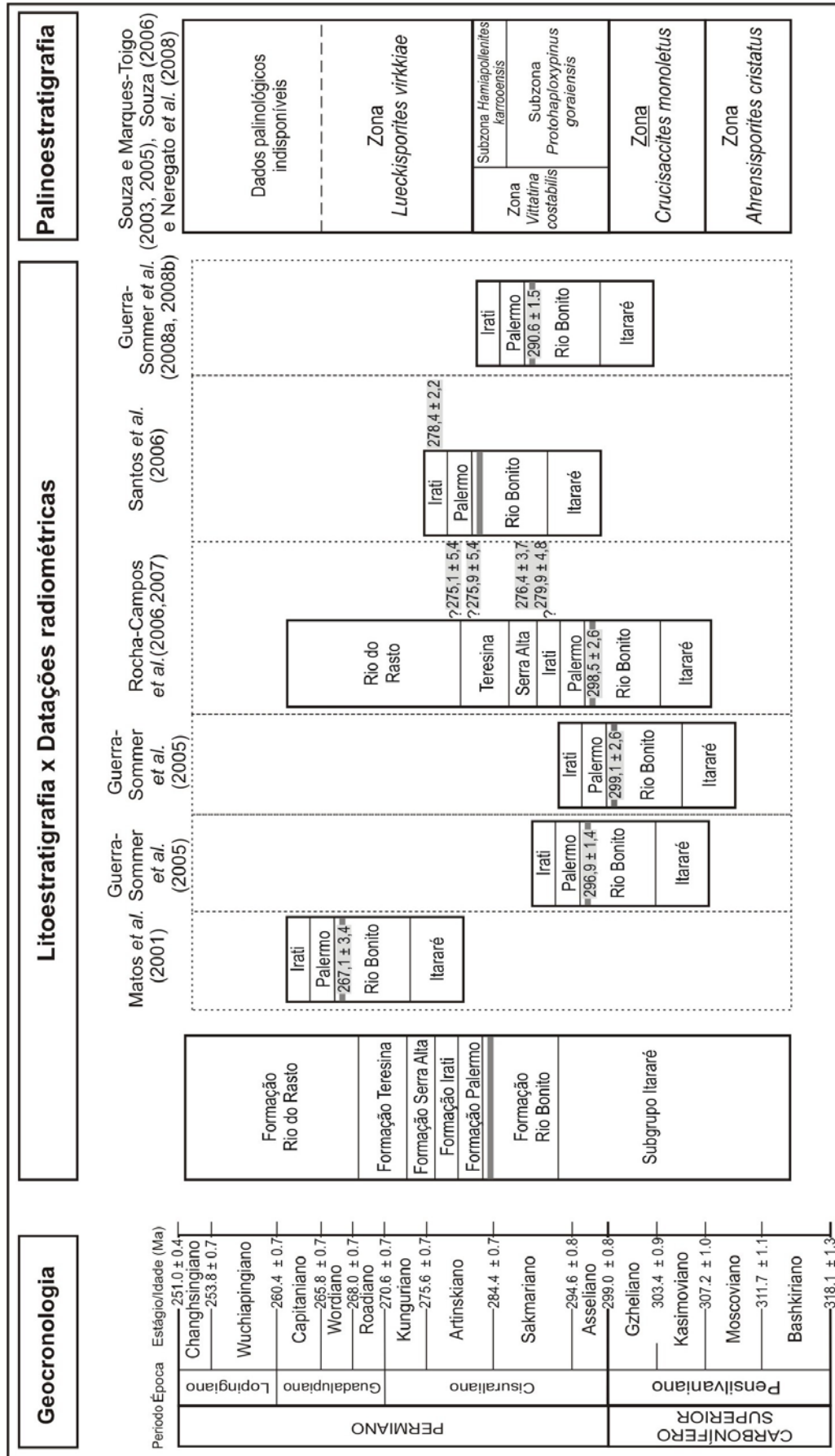


Figura 8. Quadro síntese com as datações disponíveis para o intervalo Permiano da Bacia do Paraná, conforme dados de Matos et al. (2001), Guerra-Sommer et al. (2005), Guerra-Sommer et al. (2006, 2007), Rocha-Campos et al. (2006, 2007), Santos et al. (2006) e Guerra-Sommer et al. (2008a, 2008b). A camada marcada no topo da Formação Rio Bonito é correspondente aos níveis de *tonsteini* inclusos nesta unidade.

CAPÍTULO II. ANÁLISE INTEGRATIVA DOS RESULTADOS

CAPÍTULO II. ANÁLISE INTEGRATIVA DOS RESULTADOS

II.1. Considerações gerais

A palinologia apresenta-se como uma das principais ferramentas na interpretação da evolução geológica dos diversos depósitos sedimentares da Bacia do Paraná, especialmente do intervalo Pensilvaniano a Permiano. Dados palinológicos permitem a datação relativa dos seus estratos, correlação entre depósitos em escala local ou regional (sejam marinhos ou continentais), além de fornecer interpretações paleoambientais e paleoclimáticas.

Com relação ao esquema mais moderno (Souza & Marques-Toigo, 2003, 2005; Souza, 2006), as quatro zonas de intervalo possibilitam correlações intra ou extra baciais, uma vez que são definidas e caracterizadas por limites bem marcados de aparecimento e desaparecimento de espécies, apresentando maior confiabilidade em sua aplicação. Contudo, tal como abordado no *Manuscrito 1*, estudos de detalhe em distintos setores da bacia ainda são necessários de modo a aperfeiçoar a caracterização destas biozonas. Os problemas apontados no trabalho, compreendem: (i) ocorrência de uma mesma biozona em depósitos relativamente espessos e comportando mais de uma unidade litoestratigráfica; (ii) carência de datações absolutas, e (iii) ausência de trabalhos de integração com a estratigrafia de seqüências, limitando as interpretações sobre a evolução geológica de forma mais ampla. Destes, somente o último item não pode ser avaliado nesta tese de doutorado, considerando que análises aloestratigráficas devem ser realizadas nos poços estudados (HN-05-RS e HN-25-RS), possibilitando interpretações conjugadas com as informações bioestratigráficas advindas da presente pesquisa.

Desta forma, as considerações apresentadas a seguir têm enfoque nas discussões referentes aos aprimoramentos palinobioestratigráficos para o intervalo permiano da bacia e nas datações radiométricas, a partir dos resultados obtidos nos *manuscritos 2, 3 e 4*.

II.2. Atribuições bioestratigráficas

A operacionalidade dos esquemas bioestratigráficos baseados em zonas de intervalo está vinculada a níveis bem delimitados de aparecimento e desaparecimento de espécies e à amplitude dos táxons que a definem. Embora o arcabouço mais moderno comporte menos unidades com relação ao esquema de Daemon & Quadros (1970), ele apresenta maior confiabilidade em sua aplicação tendo em vista que a distribuição de diversos táxons tem sido progressivamente reavaliada a partir de trabalhos de detalhe.

Diversas contribuições foram desenvolvidas para a área de estudo, contudo grande parte é restrita aos carvões e níveis associados da região de Candiota. A análise das amostras obtidas em afloramento próximo à cidade de Candiota, posicionadas estratigraficamente acima dos níveis aflorantes que ocorrem na referida mina de exploração (Ricardo Lopes, comunicação pessoal), permitiu verificar a presença de táxons anteriormente desconhecidos para a região, os quais, interpretados do ponto de vista bioestratigráfico, poderiam, à primeira instância, sugerir modificações no zoneamento de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006).

No afloramento, a presença de *G. austroamericanus* e de *V. subsaccata* indicaram o posicionamento das amostras dos níveis C1, C2 e C3 na Zona *Vittatina costabilis*, provavelmente Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*, o que também é confirmado pela ausência de táxons diagnósticos das unidades suprajacentes (Subzona *Hamiapollenites karoensis* e Zona *Lueckisporites virkkiae*). Na amostra do nível C4, táxons específicos da Subzona *P. goraiensis* foram verificados, tais como *G. austroamericanus*, *C. confluens*, *I. unicus*, *H. fusiformis*, *P. goraiensis*, *V. costabilis* e *V. subsaccata*. Contudo, neste mesmo nível foram também documentados *L. virkkiae* e *W. lucifer*, os quais têm aparecimento somente a partir da Zona *L. virkkiae*. Tendo em vista que o zoneamento vigente é baseado em limites de aparecimento e desaparecimento, o nível C4 poderia ser posicionado nesta última zona. O conteúdo das amostras C5 e C6, ambas da Formação Rio Bonito, é constituído por esporos e grãos de pólen caracterizados por amplo alcance estratigráfico, dificultando qualquer determinação de posicionamento bioestratigráfico particular, sendo conseqüentemente posicionados com base nas amostras supra e subjacentes.

As amostras C7 e C8, da Formação Palermo, possuem táxons diagnósticos da Zona *L. virkkiae*, tais como *S. fusus*, *S. cancellatus*, *L. varisectus*, *S. multistriatus*, *W. lucifer* e *L. virkkiae*. Contudo, tal como ocorre na amostra C4, há

presença de táxons estratigraficamente restritos a outras zonas, como é o caso de *G. austroamericanus*, *C. confluens* e *H. fusiformis*, considerados restringidos à Subzona *P. goraiensis*.

Duas zonas foram identificadas nestas amostras: Subzona *P. goraiensis*, base da Zona *V. costabilis* (C1 a C3), da Formação Rio Bonito e Zona *Lueckisporites virkkiae*, (C4 a C8), abrangendo desde o topo da Formação Rio Bonito no afloramento até a base da Formação Palermo.

O reconhecimento de espécies anteriormente conhecidas como confinadas à Zona *V. costabilis* (*C. confluens*, *G. austroamericanus* e *H. fusiformis*) na zona suprajacente (Zona *L. virkkiae*), embora com representação de poucos exemplares, permitiu concluir que estas formas expressariam, ainda que em âmbito local, maior alcance estratigráfico. Por outro lado, o primeiro registro de *L. virkkiae* e de *W. lucifer* no nível C4, indicaria que tais espécies poderiam ter registro estratigráfico mais baixo. Caso essas distribuições fossem verificadas em outros setores da bacia, constituiriam em um dos primeiros indícios para modificações das biozonas de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006).

Desta forma, foram selecionados níveis dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, os quais foram perfurados em localidade muito próxima ao afloramento estudado, a fim de avaliar o comportamento estratigráfico dos palinomorfos na seção completa do intervalo Permiano da Bacia do Paraná. A representação da distribuição estratigráfica das espécies nos poços e afloramento é apresentada no quadro da figura 9.

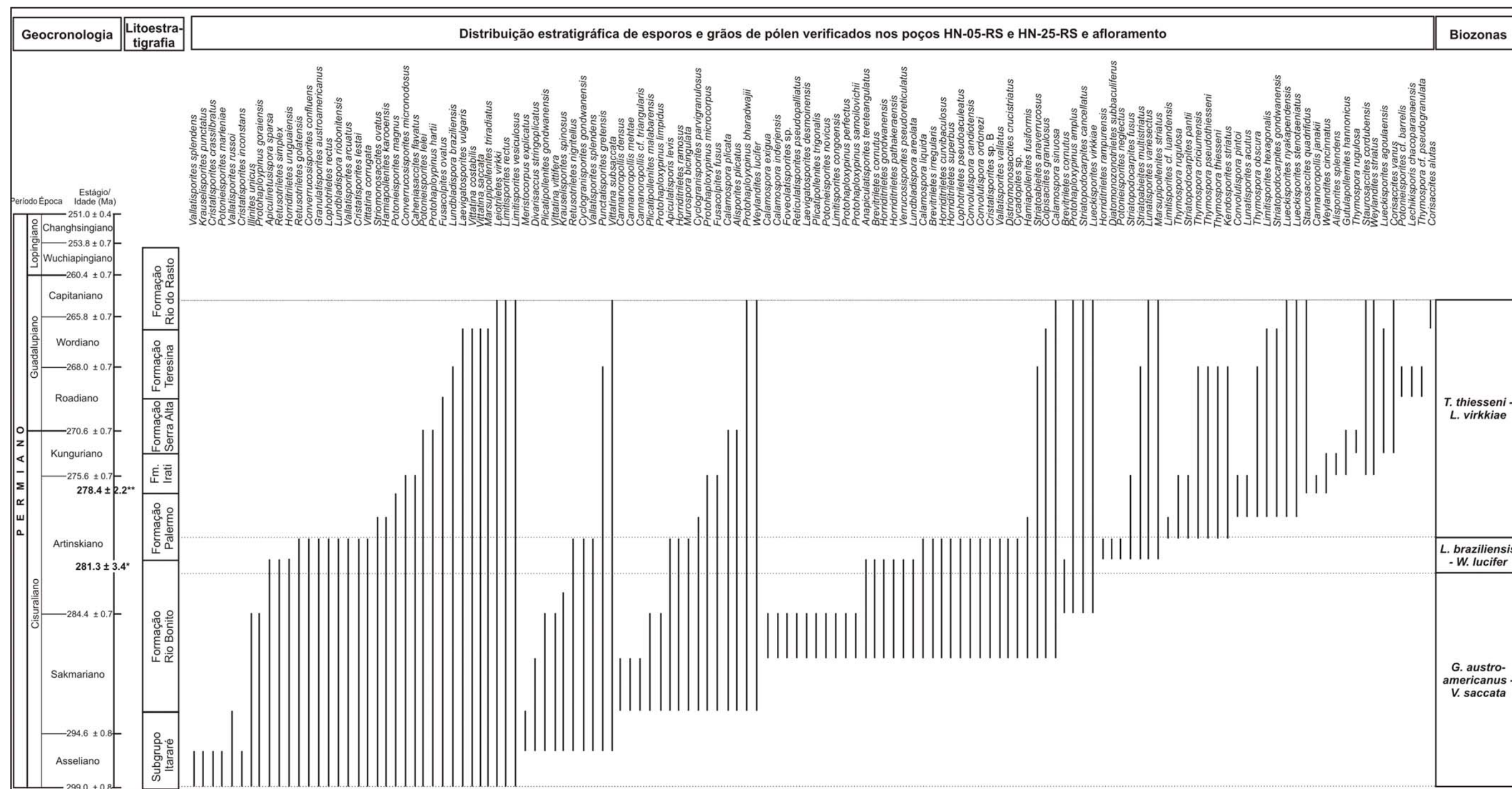


Figura 9. Quadro de distribuição estratigráfica das espécies de esporos e grãos de pólen verificados na seção sul da Bacia, a partir dos poços HN-05-RS, HN-25-RS e afloramento.

II.3. Nova compartimentação palinoestratigráfica

Ao conferir a amplitude estratigráfica de determinados esporomorfos junto ao zoneamento palinoestratigráfico de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006), foi observado que as espécies *G. austroamericanus*, *C. confluens*, *H. fusiformis*, *W. lucifer* e *Marsupipollenites trirradiatus* distribuem-se em unidades litoestratigráficas anteriormente desprovidas de sua ocorrência (Formação Palermo, para o caso dos esporos, e Subgrupo Itararé, em relação aos grãos de pólen) Consequentemente, esta análise revelou que as espécies supracitadas comportam-se de modo semelhante aos dados obtidos para o afloramento estudado, de forma que apoiariam as sugestões anteriores de modificações no esquema vigente, com respeito aos limites inferior e superior das zonas *V. costabilis* e *L. virkkiae*.

Adicionalmente, tanto nas observações de superfície quanto as realizadas nos poços, algumas questões puderam ser efetuadas em relação à Subzona *Hamiapollenites karoensis*, unidade de topo da Zona *V. costabilis*.

No afloramento, o conteúdo descrito para as associações palinológicas não permitiram o reconhecimento desta subzona. Dentre as três espécies que definem o limite inferior da unidade, *H. karoensis*, *Staurosaccites cordubensis* e *Striatopodocarpites fusus*, somente *S. fusus* foi registrada (níveis C7 e C8). Contudo, trata-se de uma espécie com alcance estratigráfico estendido até à Zona *L. virkkiae*. Além disso, Dias (1993) identificou *S. fusus* no Subgrupo Itararé, em níveis correspondentes à Subzona *P. goraiensis* (Zona *V. costabilis*).

Por sua vez, nas análises dos poços, a espécie *H. karoensis* foi verificada em níveis litoestratigráficos distintos do pré-estabelecido, ora em estratos do Subgrupo Itararé, ora na Formação Palermo, sendo esta última ocorrência associada à *W. lucifer*.

Desta forma, como consequência das dificuldades de posicionamento dos conjuntos palinológicos recuperados nos poços HN-05 e HN-25 junto às zonas *V. costabilis* e *L. virkkiae*, em virtude das divergências de amplitude das espécies-guia que compõem tais unidades, as quais são suportadas pelas observações em afloramento, a análise da distribuição estratigráfica dos palinomorfos, associada aos aspectos qualitativo e quantitativo das amostragens, possibilitou o estabelecimento de três zonas de associação distintas, informais, designadas, em ordem estratigráfica ascendente: (i) Zona *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata*; (ii) Zona *Lundbladispora braziliensis* – *Weylandites lucifer*, e (iii) Zona *Thymospora thiessenii* – *Lueckisporites*

virkkiae, as quais são sumarizadas como segue e sintetizadas na figura 10. A correlação entre os poços e afloramento com base nas novas biozonas propostas é apresentado na figura 11, incluindo as observações de Mori & Souza (2010) para o afloramento.

(i) Biozona de Associação *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata* (Biozona GV): predominam, qualitativa e quantitativamente, esporos triletes lisos, ornamentados e cingulizados, com destaque às espécies *G. austroamericanus*, *C. confluens*, *C. micronodosus* e aos gêneros *Cyclogranisporites*, *Horriditriletes*, *Retusotriletes*, *Brevitriletes*, *Cristatisporites*, *Vallatisporites*, *Krauselisporites* e *Lundbladispota*. Esporos atribuídos a *Foveolatisporites*, *Reticulatisporites* e *Murospora* também constituem parte desta associação, porém em menores proporções. Grãos de pólen monossacados e bissacados ocorrem subordinadamente aos esporos, sendo representados principalmente por espécies dos gêneros *Caheniasaccites*, *Plicatipollenites*, *Potonieisporites*, *Cannanoropollis*, *Meristocarpus*, *Divarisaccus*, *Limitisporites*, *Illinites*, *Protohaploxypinus*, *Vittatina* e *Fusacolpites*. *Weylandites lucifer* e espécies de *Marsupipollenites* são escassos. Esta associação foi identificada nas amostras entre 178,20 a 143,75 m e 186,70 a 126,80 m dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, respectivamente, correspondentes, em termos litoestratigráficos, ao intervalo entre o Subgrupo Itararé e o topo da Formação Rio Bonito.

(ii) Biozona de Associação *Lundbladispota braziliensis* – *Weylandites lucifer* (Biozona LW): esporos dos gêneros *Lundbladispota*, *Punctatisporites* e *Leiotriletes* constituem mais de 50% dos conjuntos palinológicos; espécies de *Cyclogranisporites*, *Cristatisporites* e *Diatomonozonotriletes subbaculiferus* são comumente verificadas. Subordinadamente ocorrem grãos de pólen monossacados e bissacados, representados pelos gêneros *Caheniasaccites*, *Potonieisporites*, *Limitisporites* e *Protohaploxypinus*. Espécies de *Vittatina*, *Marsupipollenites* e *Weylandites lucifer* são frequentes. Esta zona foi reconhecida em um trecho estratigraficamente pouco espesso, entre as profundidades 143,70 a 126,35 m e 126,70 a 105,00 m dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, respectivamente, com correspondência litoestratigráfica entre o topo da Formação Rio Bonito ou base da Formação Palermo até a porção média desta última.

(iii) Biozona de Associação *Thymospora thiesseni* – *Lueckisporites virkkiae* (Biozona TL): esta última unidade é caracterizada pela marcada diversidade e abundância de grãos de pólen bissacados e poliplicados em detrimento aos esporos, os

quais são representados por poucos gêneros, tais como *Thysozpora*, *Kendosporites*, *Punctatisporites* e *Leiotriletes*. Grãos de pólen monossacados são escassos e geralmente apresentam-se mal preservados (e.g., *Potonieisporites*, *Cannanoropollis*). Os grãos de pólen bissacados e teniados comumente registrados nesta associação são relativos aos gêneros *Limitisporites*, *Staurosaccites*, *Corisaccites*, *Lueckisporites*, *Lunatisporites*, *Striatopodocarpites*, *Striatoabieites*, *Vittatina*, *Weylandites*, *Fusacolpites* e *Marsupipollenites*. Esta associação foi identificada entre os intervalos 122,10-40,90 m e 98,40-14,60 m dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, respectivamente, com correspondência litoestratigráfica ao trecho entre a porção média da Formação Palermo ao topo da seqüência analisada, seja até a Formação Teresina (poço HN-25-RS) ou Formação Rio do Rasto (poço HN-05-RS).

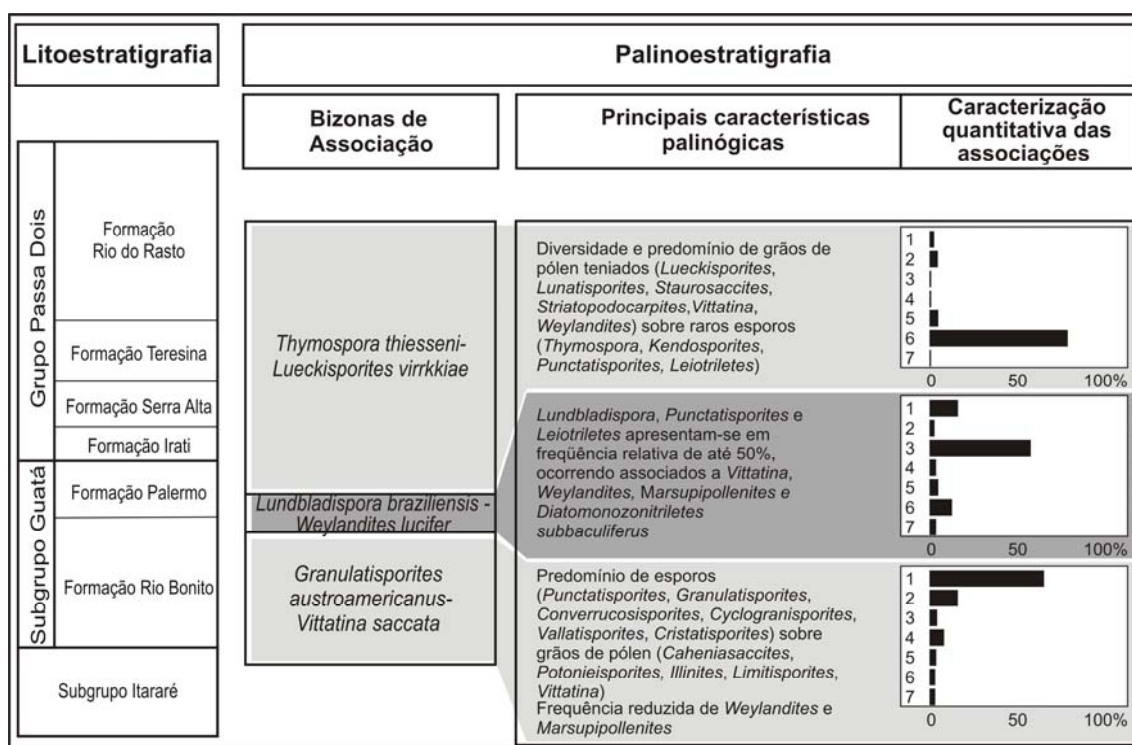


Figura 10. Quadro síntese das biozonas propostas nesta contribuição, com apresentação das principais características palinológicas, bem como os aspectos quantitativos de cada unidade. Legenda para os números relativos à coluna “Caracterização Quantitativa das Associações”: 1, *Esporos triletes acavados laevigados*; 2, *Esporos triletes acavados ornamentados*; 3, *Esporos cingulizados*; 4, *Grãos de pólen monossacados*; 5, *Grãos de pólen bissacados não teniados*; 6, *Grãos de pólen teniados*; 7, *Elementos microplancctônicos*.

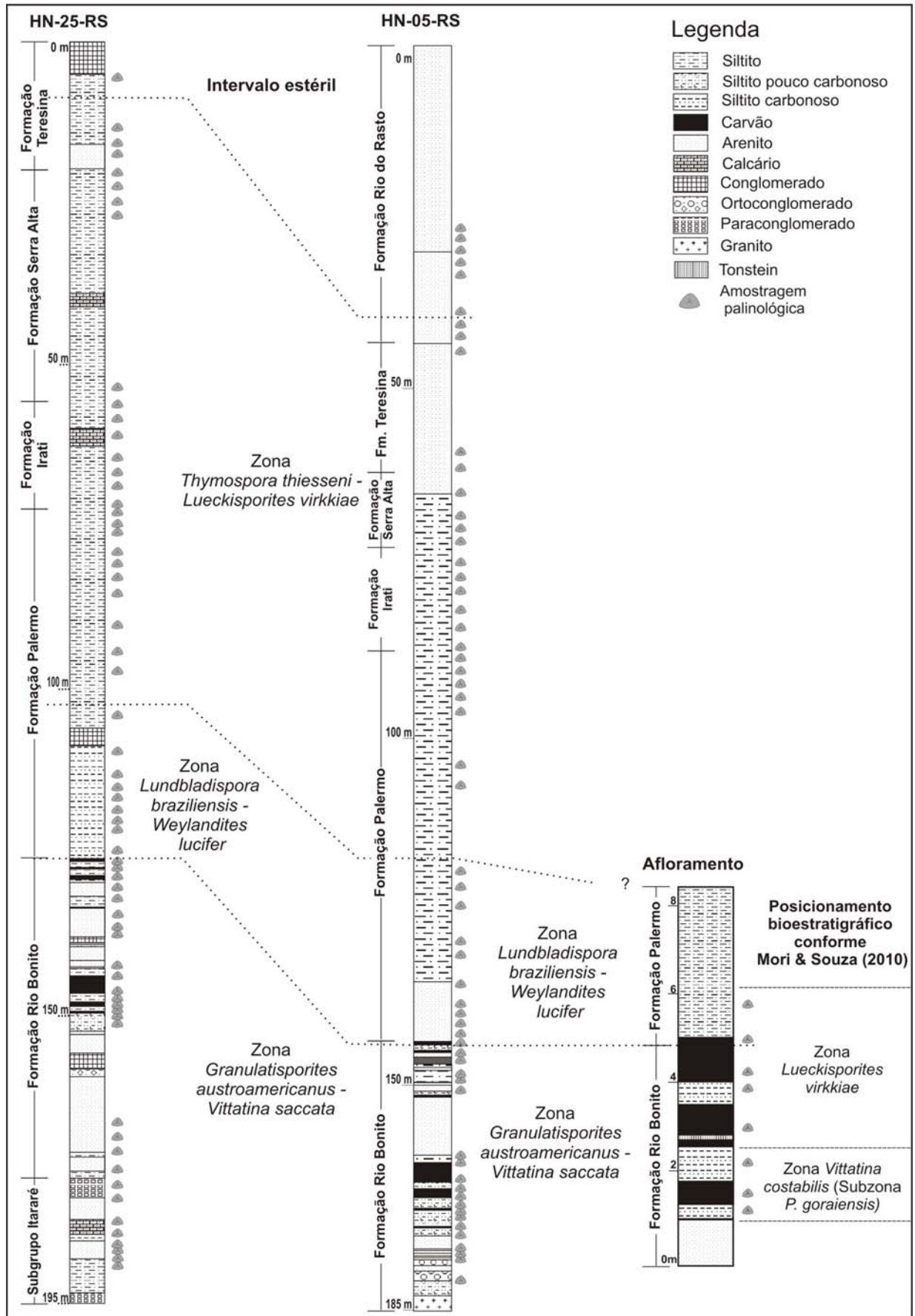


Figura 11. Correlação entre os poços HN-05-RS, HN-25-RS e afloramento estudado, com base nas biozonas GV, LW e TL.

II.4. Comparações na porção brasileira da Bacia do Paraná

Em termos de correlação intra-bacinal, estas biozonas são comparadas de maneira geral ao esquema de Daemon & Quadros (1970), pois maiores afinidades são dificultadas em razão das unidades destes autores resultarem essencialmente da distribuição e frequência de grãos de pólen. As biozonas GV e LW podem ser correlacionadas, aos intervalos H₃, I e J, baseados na ocorrência comum do gênero *Vittatina*, pela diversidade e abundância relativa de grãos de pólen monossacados nestes intervalos, e pelo desaparecimento do gênero *Plicatipollenites*, no topo do intervalo J. Por sua vez, a Biozona TL apresenta estreita semelhança com os intervalos K e L, nos quais predominam diversas espécies de grãos de pólen bissacados, além do registro de *Lueckisporites virkkiae*, forma utilizada como datum de correlação para a bacia por aqueles autores.

Considerando as zonas do esquema palinobioestratigráfico de Souza & Marques-Toigo, (2003, 2005) e Souza (2006), as comparações entre as unidades são relativamente mais precisas, visto que diversas espécies de esporomorfos, bem como o caráter geral das unidades são compartilhadas, o que permite o reconhecimento de duas zonas permianas, a Zona *V. costabilis*, estratigraficamente correlata ao Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito, e Zona *L. virkkiae*, definida entre as formações Rio Bonito e Palermo com extensão até a base da Formação Rio do Rasto.

As zonas GV e LW são correlacionáveis à Zona *Vittatina costabilis*, especificamente Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*. A Subzona *P. goraiensis* é delimitada em seu nível basal pelo aparecimento de espécies de *Vittatina*, sendo caracterizada pela abundância de esporos e frequência variada de grãos de pólen teniados e poliplicados. Espécies restritas a esta unidade foram verificadas nas zonas GV e LW, tais como *G. austroamericanus*, *C. confluens*, *L. riobonitensis*, *Illinites unicus*, *Protohaploxypinus goraiensis* e *Vittatina* spp., o que permite boa correlação entre estas biozonas. Com base nos dados obtidos, é importante salientar que a unidade de topo da Zona *V. costabilis*, Subzona *Hamiapollenites karroensis*, a qual é definida pela ocorrência restrita da espécie epônima e pelo primeiro aparecimento de duas outras espécies acessórias (*Staurosaccites cordubensis* e *Striatopodocarpites fusus*), não encontra correlação com as novas biozonas propostas.

A Zona TL por sua vez, caracterizada pela marcada abundância e diversidade de grãos de pólen bissacados teniados e poliplicados, é correlacionável à

Zona *L. virkkiae*, a qual tem seu limite inferior delimitado pelo aparecimento de *Lueckisporites*, e diagnosticada pelo predomínio de diversas formas teniadas e poliplcadas, como espécies de *Lunatisporites*, *Striatopodocarpites* e *Weylandites*, além da escassez de grãos de pólen monossacados.

Embora nas comparações entre as biozonas de associação GV, LW e TL com as unidades de Souza & Marques-Toigo (2003) e Souza (2006) sejam detectadas grandes similaridades, alguns esporomorfos considerados como guias apresentaram amplitudes distintas, o que motivou a concepção de um novo esquema bioestratigráfico. Algumas justificativas já foram anteriormente abordadas, contudo, devido à sua importância, serão apresentadas mais detalhadamente.

Nos poços analisados, as espécies *G. austroamericanus*, *C. confluens* e *H. fusiformis* foram documentadas em níveis correspondentes à Formação Palermo. No esquema de Souza & Marques-Toigo (2003) e Souza (2006), essas três espécies são registradas na Formação Rio Bonito e consideradas restritas à Subzona *P. goraiensis*. Este mesmo comportamento foi também observado no afloramento estudado, onde as três espécies foram verificadas nos níveis basais da Formação Palermo, conjuntamente com esporomorfos índices da Zona *L. virkkiae*, o que corrobora, pelo menos localmente, a interpretação de que tais espécies podem realmente estender-se estratigraficamente acima do limite superior da Subzona *P. goraiensis*.

Problemas de ordem estratigráfica também foram discutidos para a Subzona *H. karroensis*. Conforme Souza & Marques-Toigo (2003, 2005), esta unidade é definida a partir do primeiro aparecimento de *Striatopodocarpites fusus* e *Staurosaccites cordubensis*, além da ocorrência restrita de *H. karroensis*. No poço HN-05, esta biozona poderia ser diagnosticada a partir da presença de *S. fusus*, o que estaria de acordo com os critérios de reconhecimento da mesma, conforme a definição para “zonas de intervalo”. Contudo, espécimes de *H. karroensis* foram documentados em seções do Subgrupo Itararé e na Formação Palermo, sendo esta última ocorrência associada à *W. lucifer* (Poço HN-25).

Adicionalmente, aspectos concernentes à caracterização desta subzona são apontados: a documentação de *H. karroensis* em trabalhos divulgados para a bacia é bastante escassa (Marques-Toigo & Pons, 1974; Marques-Toigo, 1988, 1991), denotando o caráter local de distribuição desta espécie, considerando ainda que, em Marques-Toigo & Pons (1974) a ocorrência da mesma está vinculada à Formação Palermo/Itati. Além disso, o registro de *S. fusus* em unidades estratigráficas distintas

daquelas estabelecidas por Souza & Marques-Toigo (2005) reforça a reduzida validade da subzona em questão. Dias (1993), ao analisar associações palinológicas do Subgrupo Itararé provenientes de diversos testemunhos de sondagem perfurados no Estado do RS, verificou, embora em frequência reduzida, a presença de *Striatopodocarpites fusus*, *Lunatisporites variesectus* e *Protohaploxypinus hartii*. Essas espécies foram utilizadas na definição da Zona *L. virkkiae*, com primeiro aparecimento a partir dos depósitos transicionais entre as formações Rio Bonito e Palermo (Marques-Toigo, 1988, 1991).

Avaliando ainda a questão das divergências estratigráficas, *W. lucifer* e *M. triradiatus*, diagnosticadas a partir da Zona *L. virkkiae*, foram observadas nos poços HN-05 e HN-25 em níveis estratigraficamente inferiores daqueles originalmente determinados por Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006). Ainda que de maneira escassa, estas espécies foram registradas na Formação Rio Bonito e no Subgrupo Itararé, respectivamente. Semelhantemente, em trabalho desenvolvido no Estado de Santa Catarina, Longhim (2007) verificou a presença de *M. triradiatus* no Subgrupo Itararé e de *Lueckisporites nyakapendensis* em depósitos correspondentes à Formação Rio Bonito.

II.5. Comparações externas à Bacia do Paraná

Embora variações nos registros de primeiro aparecimento ou desaparecimento das espécies sejam esperadas, especialmente quando são comparados esquemas bioestratigráficos em escala regional, as correspondências efetuadas entre as biozonas GV, LW e TL com associações descritas no Uruguai mostram-se mais precisas do que aquelas efetuadas para as unidades propostas para a porção brasileira da Bacia do Paraná. A proximidade geográfica entre os testemunhos de sondagem HN-05 e HN-25 e os poços e afloramentos utilizados para a confecção das unidades de Beri *et al.* (2004), os quais foram perfurados na porção nordeste do Uruguai, permitem de certo modo justificar a semelhança entre estas assembléias.

Na proposta informal de Beri *et al.* (2004), duas biozonas de associação foram estabelecidas: zonas *Cristatisporites inconstans* – *Vittatina subsaccata* e *Striatoabieites anaverrucosus* – *Staurosaccites cordubensis*. A primeira é definida pelo predomínio de esporos triletes associados a grãos de pólen bissacados, enquanto a segunda zona pela abundância de grãos de pólen estriados e poliplicados. Essas

biozonas são separadas entre si por uma Zona de Intervalo marcada pela abundância de *Lundbladispora*.

Estas unidades foram identificadas nas formações San Gregório, Tres Islas e Frayle Muerto (Zona *Cristatisporites inconstans* – *Vittatina subsaccata*) e na Formação Mangrullo (*Striatoabieites anaverrucosus* – *Staurosaccites cordubensis*), as quais são consideradas correlatas respectivamente ao Subgrupo Itararé e formações Rio Bonito, Palermo e Irati. A zona de intervalo de Beri *et al.* (2004) foi reconhecida entre a porção basal à média da Formação Frayle Muerto. A constituição litológica destas unidades é muito semelhante às suas correspondentes brasileiras no RS (com registros glaciais, desenvolvimento de carvões, superfícies de transgressão marinha), significando que estão intimamente associadas, tanto em aspectos temporais (de deposição) quanto em termos de desenvolvimento paleoflorístico, refletindo microfloras muito semelhantes. Esta relação é observada em diversos trabalhos publicados para a região nordeste do Uruguai, os quais serviram de base para o estabelecimento das zonas uruguaias, e apresentaram distribuição estratigráfica de palinomorfos muito semelhante ao dos poços HN-05 e HN-25, conforme sintetizado a seguir.

Nas análises palinológicas das formações San Gregorio, Tres Islas e Frayle Muerto, Beri & Daners (1996, 1998) documentaram a ocorrência de *Protohaploxypinus sewardi*, *P. cf. perfectus*, *Striatopodocarpites fusus* e *Fusacoliptes fasciolatus*, em associações identificadas como correspondentes à Subzona *P. goraiensis* de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005), onde estão incluídos depósitos correlacionados ao Subgrupo Itararé (Beri & Daners, 1996). Além disso, a caracterização da microflora por Beri & Daners (1998) para as formações Tres Islas e Frayle Muerto, é muito semelhante às biozonas GV e LW. Na Formação Tres Islas, predominam formas como *Punctatisporites*, *Granulatisporites*, *Lundbladispora*, *Caheniasaccites* e *Plicatipollenites*, enquanto grãos de pólen bissacados e estriados são escassos. Na Formação Frayle Muerto, por sua vez, há predomínio de *Lundbladispora* e subordinadamente de *Punctatisporites*, com reduzida participação de grãos monossacados e significativa representatividade de bissacados estriados (*e.g.* *Protohaploxypinus*, *Striatopodocarpites*, *Vittatina*).

Em Beri *et al.* (2006) e Gutierrez *et al.* (2006), estudos baseados em amostras provenientes da Formação San Gregório, foram documentadas as concorrências de *G. austroamericanus*, *C. confluens*, *Protohaploxypinus goraiensis* e de *Lueckisporites densicarpus*, *Lunatisporites variesectus* e *W. lucifer*. Quando efetuada a

correlação bioestratigráfica, os autores verificaram que as microfloras identificadas, embora apresentassem grande semelhança com a subzona *P. goraiensis* (Souza & Marques-Toigo, 2003, 2005) e com a Zona *Cristatisporites* (Russo *et al.*, 1980; Vergel, 1993), poderiam representar unidades distintas às estabelecidas no Brasil e na Argentina, aventando a hipótese de um esquema palinoestratigráfico diferenciado para esta porção da Bacia do Chacopará.

Na camada “El Barón”, Membro Mangrullo (Formação Melo), a qual é correlata à Formação Irati, Beri & Pecoits (2001) registraram associações palinológicas abundantes em grãos de pólen estriados, como espécies de *Vittatina*, além de *Lunatisporites variesectus*, *Marsupipollenites triradiatus*, *Lueckisporites virkkiae* e *Weylandites lucifer*, com ampla correspondência à Zona *L. virkkiae* de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e a Zona TL. Contudo, *G. austroamericanus*, espécie restrita na Bacia do Paraná à Subzona *P. goraiensis*, também foi verificada em associação aos grãos teniados, corroborando que esta espécie pode apresentar distribuição estratigráfica estendida além dos níveis de carvões do sul da Bacia do Paraná.

Gutiérrez *et al.* (2010) reavaliaram o conteúdo palinológico de Beri & Daners, (1996, 1998) e Beri & Pecoits (2001). Além da contribuição taxonômica, duas associações palinológicas foram definidas, de acordo com seu conteúdo qualitativo e quantitativo: Assembléia I, correspondente à Formação Frayle Muerto e Tres Islas (Associação I/poço 221 e Associações I e II/poço 201, respectivamente), com predomínio de esporos triletes, e raros grãos teniados e poliplicados, onde *Lundbladispora* e *Punctatisporites* são formas dominantes; e Assembléia II, reconhecida na associação II do poço 221 (formações Mangrullo e Passo Aguiar, unidades correlacionáveis à Formação Irati) e na camada “El Barón” com predomínio de estriados sobre outros tipos de pólen, sendo representativos *Lunatisporites*, *Lueckisporites*, *Limitisporites* e *Corisaccites*. Como anteriormente mencionado, estes conjuntos encontram correlação com as zonas GV (Associação I/poço 221 e Associações I e II/poço 201) e TL (Associação II/poço 221 e camada “El Barón”).

Em Beri *et al.* (2010) são apresentadas informações inéditas para amostras da Formação Cerro Pelado, em depósitos correlatos ao Subgrupo Itararé. As observações em poços e afloramentos permitiram aos autores, de maneira geral, reconhecer associações qualitativamente dominadas por esporos (*e.g.*, *Lundbladispora* spp., *Granulatisporites austroamericanus*, *Converrucosisporites confluens*), enquanto

grãos de pólen, representados pelos gêneros *Caheniasaccites*, *Vittatina*, *Protohaploxypinus*, por exemplo, expressam-se em menor frequência. Grãos de pólen teniados tais como *Lueckisporites*, *Weylandites*, *Marsupipollenites* e *Lunatisporites* também foram documentados, embora escassos.

Ainda inseridos no contexto da Bacia do Chacoparaná, Russo *et al.* (1980) e Vergel (1993) definiram para a porção argentina duas biozonas de idade permiana, as zonas *Cristatisporites* e *Striatites*. A Zona *Cristatisporites*, correspondente à Zona GV, é caracterizada pelos primeiros registros de *Vittatina saccata*, *Marsupipollenites striatus*, além de *Converrucosisporites micronodosus* e *C. confluens*. Por outro lado, a Zona *Striatites*, reconhecida pelo predomínio de grãos de pólen estriados, é correlacionável à zona TL.

Com relação às demais propostas palinobioestratigráficas para a seção oeste do Gondwana na América do Sul, as zonas GV e TL podem ser correlacionadas às zonas *Fusacolpites fusus* – *Vittatina subsaccata* (FS) e *Lueckisporites* – *Weylandites* (LW), reconhecidas por Césari & Gutiérrez (2000) para depósitos da porção centro-oeste da Argentina. A Zona FS, encontra semelhanças com a Zona GV por ser definida pelo primeiro aparecimento de *Fusacolpites fusus* e *Vittatina saccata*, além de *Hamiapollenites fusiformis*, *Marsupipollenites striatus*, *Apiculatisporites cornutus*, enquanto a Zona LW, a qual é compatível com a Zona TW, é identificada pelo primeiro aparecimento de *Lueckisporites* spp., além do predomínio de grãos de pólen estriados, tais como *Weylandites*, *Vittatina*, *Lunatisporites* e *Marsupipollenites*.

As comparações efetuadas com as unidades de Playford & Dino (2000a, b) permitem correlação em termos gerias, da Zona GV/LW com a Zona V. *costabilis*, especialmente quando consideradas as primeiras ocorrências de espécies do gênero *Vittatina* e *H. fusiformis*, *Fusacolpites fusus* e *F. ovatus* nestas unidades; enquanto a zona TL pode ser correlacionada à Zona *Tornopollenites toreutos*, devido abundância generalizada de grãos de pólen teniados (*e.g.*, *Corisaccites alutas* e *Lueckisporites virkkiae*) e a presença de formas monoletes entre os esporos (*Thysmopora*, *Laevigatosporites*).

Diversos autores já ressaltaram que as tentativas de correlações entre distintos esquemas bioestratigráficos frequentemente mostram-se pouco precisas, uma vez que as amplitudes verticais, isto é, temporais, das espécies verificadas são bastante divergentes entre si (*e.g.*, Playford & Dino, 2002; Souza & Marques-Toigo, 2005; Souza, 2006; Césari, 2007; Stephenson, 2008). Além disso, a ausência de um padrão na

documentação palinológica é uma forte limitação às comparações (Stephenson, 2008). Desta forma, as associações palinológicas documentadas no Gondwana (exceto América do Sul) que encontram maior correspondência são as estabelecidas na África, Bacia do Karoo, na contribuição de Falcon (1975), e em trabalho recente apresentado por Modie & Herissé (2009), as quais são apresentadas a seguir.

O esquema bioestratigráfico de Falcon (1975) é resultado de estudos provenientes na Bacia do Karoo, na região do atual Zimbábue. Baseado na abundância e limites de aparecimento de determinadas espécies, foram apresentadas quatro zonas de associação. As associações I, II e III, comportam frequências relativas de esporos triletes variando entre 40 a 70%, com reduzida contribuição de grãos de pólen estriados (máximo 20%). Nestas associações, os gêneros mais significativos são *Granulatisporites*, *Punctatisporites*, *Retusotriletes*, *Potonieisporites*, *Protohaploxypinus*, e por tais características, podem ser comparáveis à Zona GV. Por sua vez, a Associação IV, é caracterizada pelo predomínio de formas estriadas (compõem até 60% das associações) e distinguida pela introdução de *Lueckisporites*, *Vittatina* e *Hamiapollenites*, por exemplo. Além disso, são apresentados como gêneros importantes *Protohaploxypinus*, *Striatopodocarpites*, *Thymospora* e *Marsupipollenites*. A julgar pela abundância e diversidade de grãos de pólen teniados sobre outros morfogrupos, esta unidade encontra correlação com a Zona LW.

Em trabalho desenvolvido também na Bacia do Karoo, Modie & Herissé (2009) apresentaram associações palinológicas recuperadas no Botswana, com conteúdo muito semelhante aos conjuntos descritos para a Bacia do Paraná. Dois poços contendo seqüências glaciais a pós-glaciais foram amostrados, com correspondência ao Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito, permitindo o estabelecimento de três biozonas, dentre as quais, as zonas *Hamiapollenites bullaeformis* e *Cyclogranisporites gondwanensis/Platysaccus papilionis* equivalem às zonas GV e TL, respectivamente. A zona basal *H. bullaeformis*, tem como principais características a restrição do táxon epônimo, o predomínio de esporos, o primeiro aparecimento de espécies de *Vittatina*, e contém táxons diagnósticos como *C. confluens* e *W. lucifer*, além de formas acessórias como *Cristatisporites inconstans*, *Horriditriletes curvibaculosus*, *Punctatisporites gretensis* e *Caheniasaccites flavatus*. A zona subjacente, *C. gondwanensis*, reconhecida pelos autores como “a rather poorly defined zone, which is characterized largely on long-range and some medium-range taxa (...) As a result, there is a lack of common restricted species to form diagnostic taxa and provide time equivalent events for

correlation ” (Modie & Herissé, 2009, p. 340), é diferenciada da zona *H. bullaeformis* por ser constituída predominantemente por grãos de pólen, os mais significativos representados por *L. virkkiae* e *Marsupipollenites triradiatus*, enquanto a zona *Platysaccus papilionis* é definida pelo predomínio de grãos de pólen bissacados, com limite inferior reconhecido a partir do primeiro aparecimento de *P. papilionis* e *Striatopodocarpites fusus*.

Embora sejam documentadas palinofloras de conteúdo semelhante às zonas GV, LW e TL em outras seções gondwânicas, tal como Antártica (Lindstrom, 1995a, 1995b) e Austrália (Backhouse, 1991; Jones e Truswell, 1992), as variações na amplitude de seus táxons diagnósticos, bem como a caracterização das biozonas apresentadas nestas contribuições são muito distintas, limitando significativamente as correlações.

II.6 Significado bioestratigráfico do novo zoneamento

Como explicitado anteriormente, o comportamento da distribuição de determinados táxons nos estudos uruguaiois (e.g. Beri & Daners, 1996, 1998; Beri *et al.* 2006) apresentam maior alcance bioestratigráfico quando comparados a esquemas na Bacia do Paraná, assemelhando-se fortemente ao que é documentado para os poços HN-05 e HN-25 e afloramento analisados.

Mas, seria então somente a procedência geográfica das amostragens o único fator responsável pela similitude entre as palinofloras da porção sul brasileira e do nordeste uruguaio? Obviamente, é inevitável não assumir que os conjuntos palinológicos documentados na presente pesquisa demonstram maior vínculo com as associações palinológicas registradas no Uruguai (Beri *et al.*, 2004) do que em outras assembléias ao norte da Bacia do Paraná, o que torna explícito o reconhecimento do fitoprovincialismo gondwânico, mesmo em termos intrabacinais.

Por outro lado, considerando que grande parte dos trabalhos desenvolvidos no RS - incluindo-se as zonas permianas de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) - é baseado principalmente em níveis de carvão e litologias associadas, diversos táxons poderiam ter sua amplitude estratigráfica original “mascarada”, ou seja, suas respectivas distribuições estariam condicionadas em grande parte aos ambientes de sedimentação relacionados ao desenvolvimento das turfeiras. Esta observação é

claramente constatada quando verifica-se que as maiores divergências de distribuição estratigráfica, seja nos limites de primeiro aparecimento ou desaparecimento de determinadas espécies, estão em maior parte vinculadas à Formação Rio Bonito (vide elementos discrepantes da Zona *V. costabilis*).

Assim, diferenças metodológicas utilizadas na elaboração dos esquemas palinoestratigráficos constituem novamente tema de discussão. Conquanto que o esquema atual comporte unidades de ampla correlação na bacia, foi erigido a partir da integração de biozonas reconhecidas anteriormente somente na porção sul da bacia (Marques-Toigo, 1988, 1991) com unidades identificadas para sua seção norte (Souza 2000, 2006), possibilitando inferir que diversas seções estratigráficas são carentes de detalhamento mais moderno. Escassos são os trabalhos de análise palinológica envolvendo um grande intervalo litoestratigráfico em testemunhos de sondagem, à exceção de Marques-Toigo & Pons (1974), Cazzulo-Klepzig *et al.* (1982), Picolli *et al.* (1985) e Picarelli *et al.* (1987), desenvolvidos no Estado do Rio Grande do Sul, e dados inéditos de Longhim (2007), para os estados do Paraná e Santa Catarina, referente à transição entre o Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito. Desta forma, uma vez que a seleção dos níveis para análise aqui realizada não é restrita somente aos intervalos de carvão, sendo constituída por amostragem contínua em termos estratigráficos, a caracterização das zonas bioestratigráficas ora em proposição não está limitada a determinados litotipos, o que foge de controle paleoecológico e conseqüentemente, aumenta a confiabilidade na aplicação destas biozonas.

Em princípio, as novas unidades bioestratigráficas parecem oferecer um bom nível de segurança em termos de correlação local. Contudo, estas biozonas são passíveis de maior detalhamento e devem ser aprimoradas, visto que ainda apresentam-se com o *status* informal, além de que os poços e afloramento utilizados são bastante próximos, e refletem, à sua maneira, ambientes locais de sedimentação. Afirmar que estas biozonas podem ser aplicadas em ampla escala na bacia seria falacioso, pois, embora grande parte das variações das amplitudes estratigráficas tenha sido localizada nos depósitos mais detalhados da seção na bacia (Subgrupo Itararé e formações Rio Bonito e Palermo), algumas divergências também foram verificadas para o topo do intervalo permiano.

Até recentemente, não havia dados significativos sobre a diversidade palinológica nas litologias relativas às formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto, exceção aos dados de Daemon & Quadros (1970) e de Maranhão & Petri (1996), tendo

estes últimos citados escassos palinomorfos na Formação Corumbataí, unidade correlata às formações Serra Alta e Teresina no Estado de São Paulo. Entretanto, Neregato (2007) e Neregato *et al.* (2008) descreveram associações relativamente ricas e bem preservadas, constituídas por proporções semelhantes de esporos e grãos de pólen bissacados para a Formação Teresina e porção basal da Formação Rio do Rasto (Membro Serrinha), em dois poços perfurados na região nordeste do Estado do Paraná. Segundo os autores, a abundância de esporos monoletes em determinados níveis permitiu a proposição de duas biozonas informais, designadas como Intervalo 1 e Intervalo 2. O Intervalo 1, caracterizado pela abundância de *Laevigatosporites vulgaris*, é correspondente às formações Teresina e nível basal da Formação Rio do Rasto, enquanto a segunda unidade é definida pelo predomínio de *Thymospora* spp., identificada entre a porção basal à média da Formação Rio do Rasto. De maneira geral, estas biozonas são correspondentes à Zona *Thymospora thiesseni* – *Lueckisporites virkkiae*. Entretanto, considerando especialmente o Poço HN-05, a frequência relativa de *Thymospora* é significativamente maior entre as formações Irati e topo da Formação Teresina, com ausência de registros deste gênero na Formação Rio do Rasto. Desse modo, o Intervalo 2 seria documentado nos poços HN-05 e HN-25 em níveis estratigraficamente abaixo do originalmente definido, o que poderia indicar, que as associações informais estabelecidas por Neregato *et al.* (2008) (ou pelos dados da presente pesquisa) representariam condições locais e com menor valor bioestratigráfico.

Além disso, dada a grande extensão da Bacia do Paraná em seu sentido norte-sul, espécies consideradas como formas-guia podem não aparecer no registro de maneira síncrona (*e.g.*, Stephenson, 2009). Mas existirá algum esquema palinoestratigráfico preciso, competente a definir pacotes muito bem delimitados em sua base e topo, com capacidade de correlacionar todos os depósitos em toda a seção da Bacia do Paraná? Mais especificamente, o intervalo estratigráfico entre as litologias do Subgrupo Itararé e da Formação Rio Bonito, o qual abarca contextos glaciais a imediatamente pós-glaciais e é representado por uma única biozona (Zona *V. costabilis*), pode ser refinado em termos bioestratigráficos?

De acordo com Félix *et al.* (2006) e Félix (2007), algumas espécies de grãos de pólen monossacados anteriormente restritas às porções inferior e média do Subgrupo Itararé teriam sua amplitude estendida até o topo da unidade (*e.g.*, *Cannanoropollis triangularis*, *Potonieisporites congoensis*, *P. densus*, *Circumplicatipollis plicatus* e *Crucisaccites latisulcatus*), indicando a possibilidade da

divisão da Zona *Vittatina costabilis*, a rigor da Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*, em subzonas possivelmente coincidentes com os limites litoestratigráficos (vide anexo A).

Por outro lado, os dados obtidos na análise do Poço HN-25-RS, o qual foi detalhadamente amostrado entre o Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito, não permitiram “eleger” táxons específicos capazes de delimitar o intervalo entre estas duas unidades. Apenas o caráter quantitativo geral de cada uma das unidades pode ser utilizado como critério de distinção entre elas, tal como a maior abundância e diversidade de grãos de pólen monossacados nas amostras oriundas do Subgrupo Itararé do que naquelas da Formação Rio Bonito.

No Rio Grande do Sul, Smaniotto *et al.* (2006) verificaram esta passagem em afloramento, na localidade do Morro do Papaléo, reconhecendo indistintamente a mesma unidade (Subzona *P. goraiensis*) nos níveis de topo do Subgrupo Itararé e na base da Formação Rio Bonito.

Este tema foi objeto de estudo efetuado por Longhim (2007), a partir de análises efetuadas em testemunhos de sondagem em Santa Catarina e Paraná. Suas observações realizadas entre o Subgrupo Itararé e a porção inferior da Formação Rio Bonito apontam para um “aumento progressivo de grãos de pólen teniados e diminuição relativa dos grãos monossacados e não-teniados”, não sendo mencionadas diferenças significativas de conteúdo qualitativo, o que poderia auxiliar na melhor delimitação da Zona *V. costabilis*.

As interpretações recentemente publicadas por Beri *et al.* (2010) em depósitos glaciais no Uruguai, correlatos ao Subgrupo Itararé, demonstram que são inexpressivas as modificações da microflorora. De acordo com os autores, o primeiro aparecimento de formas teniadas nestas seções glaciais não foi interpretado como sinal de mudança florística significativa. Estas informações palinológicas foram vinculadas a modelos paleoclimáticos estabelecidos para este setor gondwânico, onde variações do nível do mar relacionados a avanços e retrações glaciais poderiam justificar a concorrência de coníferas (isto é, grãos de pólen) e da vegetação pteridofítica (esporos). Segundo os autores, no modelo de Di Micheli *et al.* (2009), as terras baixas ou marginais suportariam uma grande variabilidade de vegetação, e ocupariam a bacia de acordo com as variações glaciais, do nível do mar ou clima. Desta forma, determinados tipos de gimnospermas poderiam predominar em terras baixas. É citado ainda a hipótese de Cúneo (1983), que admite que as gimnospermas do Hemisfério Sul teriam maior

plasticidade ecológica, e ocupariam desde ambientes higrófilos a porções mais afastadas dos corpos d'água.

Assim, embora diversos autores já tenham discorrido sobre a operacionalidade da Zona *V. costabilis*, a caracterização de seus conjuntos palinológicos é reflexo de tendências paleoclimáticas vigentes à época de deposição dos sedimentos. Guerra-Sommer *et al.* (2008a) discutiram a validade da Subzona *P. goraiensis*, considerada estratigraficamente muito extensa, incluindo diferentes contextos paleoambientais, em um intervalo de tempo relativamente muito longo (aproximadamente 15 Ma). No entanto, biozonas propostas para o mesmo intervalo de tempo em outras partes do Gondwana são semelhantes em seus conjuntos palinológicos e distribuição estratigráfica, abrangendo espessos pacotes sedimentares (vide Césari, 2007), como as zonas *Cristatisporites* e *Striatites* (Russo *et al.*, 1980; Vergel, 1993) e zonas *Fusacolpites fusus – Vittatina subsaccata* e *Lueckisporites – Weylandites* (Césari & Gutiérrez, 2000).

Tradicionalmente, morfotipos teniados/poliplicados são considerados como indicativos de idades mais jovens do Permiano, pois refletiriam condições climáticas mais secas (conforme Balme, 1980). Em depósitos paleozóicos sul-americanos, o aumento progressivo destas formas em diferentes bacias é verificado a partir do Cisuraliano, quando o Gondwana tem direcionamento para latitudes mais baixas, conferindo clima mais quente ao intervalo (Di Pasquo, 2009).

Em termos de correlação gondwânica, o gênero *Lueckisporites* parece ser um táxon significativo para este propósito, embora registre primeiro aparecimento de maneira variável no intervalo Permiano (Stephenson, 2009). Para a Formação Água de Jagüel (Bacia Calingasta-Uspallata), a qual é constituída por depósitos de origem glacial (porção nordeste da Argentina), Pérez-Loinaze *et al.* (2010) documentaram palinofloras constituídas pelo predomínio de grãos de pólen teniados e bissacados sobre esporos. Ocorrem associados *G. austroamericanus* e escassos grãos de *L. virkkiae*, o que impediu o posicionamento acertado na Zona *Lueckisporites/Weylandites* de Césari & Gutiérrez (2000), mas, por outro lado, representou o primeiro registro de *L. virkkiae* na Zona FS destes mesmos autores.

Di Pasquo *et al.* (2010) divulgaram dados palinológicos para a porção norte da Bacia de Paganzo, Argentina. Com base em aspectos qualitativos, duas associações palinológicas foram reconhecidas, dentre as quais, a Assembléia II, identificada em estratos da Formação Saucos, e caracterizada pelo predomínio de

esporos (*Horriditriletes*, *Converrucosisporites*, *Granulatisporites*), sobre grãos de pólen monossacados, bissacados e poliplicados, pode ser correlacionada à Zona GV. Entretanto, foram registrados na mesma amostra *C. confluens*, *G. austroamericanus*, *Illinites unicus* e *P. goraiensis* associados a *Lunatisporites variesectus*. Esta última espécie era verificada somente a partir dos estratos mais superiores da Formação Rio Bonito, considerada como diagnóstica da Zona *L. virrkiae*, ou da correspondente Zona TL. Se estas formas teniadas são tradicionalmente vinculadas como consequência da melhoria climática, qual o significado da sua presença em depósitos glaciais?

Com base nas interpretações de Beri *et al.* (2010), pode ser entendido que a vegetação produtora destes morfotipos teniados/poliplicados (Coníferas) já estariam estabelecidas em regiões mais distantes à área de sedimentação, e contribuiriam em quantidades variada de grãos de pólen em resposta aos avanços e retrações glaciais e das variações do nível relativo do mar. Desta forma, em situações de aumento relativo do nível do mar como consequência de retração glacial, a vegetação pteridofítica estaria afogada, favorecendo a maior representatividade dos grãos de pólen.

II.7. Significado estratigráfico e geológico

Com relação aos aspectos geológicos, uma das observações a ser mencionada é da presença de altos estruturais à época da formação dos carvões. Em Della Fávera *et al.* (1994), os altos de Porto Alegre e Uruguai estariam separados pelo vale chamado de “Depressão Candiota”, o que poderia justificar, de certa forma, as diferenças da microflora nos poços e afloramentos estudados com relação ao esquema palinoestratigráfico dos poços e afloramentos mais ao norte de Candiota, e por outro lado, sua maior semelhança aos depósitos do lado uruguaio da Bacia do Paraná, podendo ser interpretado como a existência de contextos paleofisiográficos locais, distintos à da porção norte da bacia.

Informações advindas da geologia regional admitem a existência de um limite de seqüências localizado próximo ao contato litoestratigráfico entre as formações Rio Bonito e Palermo. Como anteriormente mencionado, a análise palinológica de amostras em superfície, relacionadas à transição entre as formações Rio Bonito e Palermo, permitiu a identificação conjunta de elementos da Zona *L. virrkiae* (*L.*

virkkiae, *W. lucifer*) e da Subzona *P. goraiensis* (*G. austroamericanus*, *C. confluens*). Com base nas espécies recuperadas, a subzona *H. karroensis* não foi verificada na seção estudada. No entanto, Holz (2003) e Holz *et al.* (2006) indicaram que na região parte dos depósitos de topo da Formação Rio Bonito teria sido erodida durante a transgressão marinha, relacionada à Formação Palermo, e que, até o estabelecimento total das fácies marinhas costeiras desta última unidade, parte da Formação Rio Bonito teria sido erodida. Desta forma, a Subzona *H. karroensis* não teria boa e completa representação em afloramento, assim como nos poços HN-05 e HN-25, e sua “ausência” seria resultante de controle estratigráfico devido ao estabelecimento de uma superfície erosiva, denominada SB3 (Holz *et al.*, 2006), significando em uma hipótese alternativa aos aspectos tratados anteriormente, com relação aos problemas apontados na caracterização desta biozona.

II.8. Significado geocronológico

No tocante ao posicionamento geocronológico das novas biozonas propostas, estas são estabelecidas conforme a idade radiométrica obtida para o nível de *tonstein* em afloramento (vide *Manuscrito 4*).

Marques *et al.* (2007) divulgaram preliminarmente para este *tonstein* a idade de $278,2 \pm 1,8$ Ma. Esta mesma amostra foi reavaliada e integrada a novos dados palinológicos, sendo obtida idade $281,4 \pm 3,4$ Ma, a qual foi interpretada como indicativa da base da Zona *Lueckisporites virkkiae*. No entanto, a característica geral dos conjuntos palinológicos das camadas imediatamente acima (C4) e abaixo (C3) do nível datado permitem correlação com a Zona GV, provavelmente em um intervalo de transição entre o topo desta unidade e a base da Zona LW, já que nos níveis correspondentes à Formação Palermo (amostras C7 e C8) predominam espécies de *Lundbladispora* vinculadas a formas teniadas (e.g., *Weylandites lucifer*, *Lunatisporites varisectus*, *Striatopodocarpites fusus*).

Como consequência, a nova idade absoluta $281,4 \pm 3,4$ Ma insere a porção superior da Formação Rio Bonito na porção média do Artinskiano (Gradstein *et al.*, 2009), e apresenta-se como compatível aos dados fornecidos por Santos *et al.* (2006) de $278,4 \pm 2,2$ Ma para a Formação Irati, a qual está localizada estratigraficamente acima da Formação Palermo.

Comparada aos resultados obtidos para a Mina de Candiota, esta nova datação é claramente mais “jovem”. As idades relativas a esta localidade variam entre $267,1 \pm 3,4$ Ma (Matos *et al.*, 2001) a $299,1 \pm 2,6$ Ma (Guerra-Sommer *et al.*, 2005). Embora a maioria destes dados não corresponda ao mesmo nível utilizado para a nova datação, alguns problemas são observados considerando que estão em situação estratigráfica inferior ao nível aqui amostrado.

A idade apresentada por Matos *et al.* (2001) para Candiota é contraditória à de Santos *et al.* (2006) - $278,4 \pm 2,2$ Ma e Rocha –Campos *et al.* (2006, 2007) para a Formação Irati, e conseqüentemente, mais “recente” que a Formação Rio Bonito. Estas últimas representam a idade mais confiável dentre as divulgadas para a Bacia do Paraná, uma vez que possibilitam correspondências com outras datações para o Gondwana, como Argentina e África.

Na porção Argentina da Bacia do Chacopará, Melchor (2000) datou níveis palinologicamente correlatas à Zona *L. virkkiae* ou Zona TL, revelando valores de $266,3 \pm 0,82$ Ma. Contudo, ainda não há controle biocronoestratigráfico destas biozonas, conquanto que esta idade não deve necessariamente ser relativa ao nível basal ou superior da Zona *Striatites* argentina. Por outro lado, dados recuperados na África por Stollhofen *et al.* (2000) para a Formação Collingham, unidade sobrejacente à Formação Whitehill e que é correspondente à Formação Irati, com base em fósseis de *Mesosaurus* e *Stereosternum*, assumem a idade de 270 ± 1 Ma, a qual é bastante próxima aos valores de Melchor (2000) e de Santos *et al.* (2006). Esta hipótese se coaduna com informações divulgadas por Bangert *et al.* (1999) entre 288 ± 3 Ma e $289,6 \pm 3,8$ Ma, relativas a amostras do Grupo Dwyka, África do Sul, a qual é parcialmente correlata ao Subgrupo Itararé.

Como mencionado por Césari (2007), as idades de $299 \pm 2,6$ Ma a $296 \pm 1,4$ Ma e $296,9 \pm 1,65$ Ma a $296 \pm 4,2$ Ma obtidas por Guerra-Sommer *et al.* (2005, 2008a) também são bastantes problemáticas, e posicionariam a porção média da Formação Rio Bonito no Asseliano. Estas idades foram reavaliadas posteriormente por Guerra-Sommer *et al.* (2008b), os quais obtiveram como idade principal $290,6 \pm 1,5$ Ma, reposicionando aquele mesmo intervalo litoestratigráfico no Sakmario.

Em princípio, as idades propostas por Guerra-Sommer *et al.* (2008a, 2008b) parecem não conflitar com os dados de Santos *et al.* (2006), $278,4 \pm 2,2$ Ma, para a Formação Irati. As interpretações para as idades de Guerra-Sommer *et al.* (2008a, 2008b), permitem inserir todo o Subgrupo Itararé no Carbonífero Superior. Contudo, a

Flora *Glossopteris*, a qual é identificada a partir do Subgrupo Itararé, é relacionada mundialmente aos depósitos do Permiano Inferior. Consequentemente, estas idades teriam validade somente se os registros desta macroflora fossem reconhecidos em estratos mais “antigos” na Bacia do Paraná (Césari, 2007).

Este mesmo problema pode ser observado a partir das interpretações de Stephenson (2009), o qual identificou nos níveis do Membro Ganigobis (Namíbia) formas associadas a *Converrucosisporites confluens*, espécie utilizada como táxon de correlação em distintos depósitos gondwânicos. Estas mesmas amostras haviam sido anteriormente datadas por Bangert (1999) como 302 ± 3 Ma. Com base nos dados palinológicos de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e geocronológicos de Guerra-Sommer *et al.* (2005) e Rocha-Campos *et al.* (2006), Stephenson (2009) atribuiu que a base da Zona *V. costabilis* seria coincidente ao limite Pensilvaniano-Permiano, o que implicaria em uma maior ancestralidade da Flora *Glossopteris*, na qual seus elementos irradiariam-se a partir do Carbonífero.

Desta forma, com base nas correlações das zonas *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata*, *Lundbladispora braziliensis* – *Weylandites lucifer* e *Thymospora thiesseni* – *Lueckisporites virkkiae* com as zonas *Vittatina costabilis* e *Lueckisporites virkkiae* (Souza & Marques-Toigo, 2003, 2005; Souza, 2006), e de dados radiométricos disponíveis para a Bacia do Paraná, as idades referentes às novas biozonas ficam estabelecidas como seguem: (i) Zona *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata*, é posicionada entre o Asseliano e a porção média do Artinskiano; (ii) a Zona *Lundbladispora braziliensis* – *Weylandites lucifer*, corresponde ao Artinskiano Médio, e (iii) a Zona *Thymospora thiesseni* – *Lueckisporites virkkiae*, é datada como Artinskiano Médio/Superior ao Wordiano. As correlações entre as novas biozonas com os esquemas de Daemon & Quadros (1970) e de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005), Souza (2006) e Neregato *et al.* (2008) de acordo com os novos dados geocronológicos são sintetizadas na figura 12.

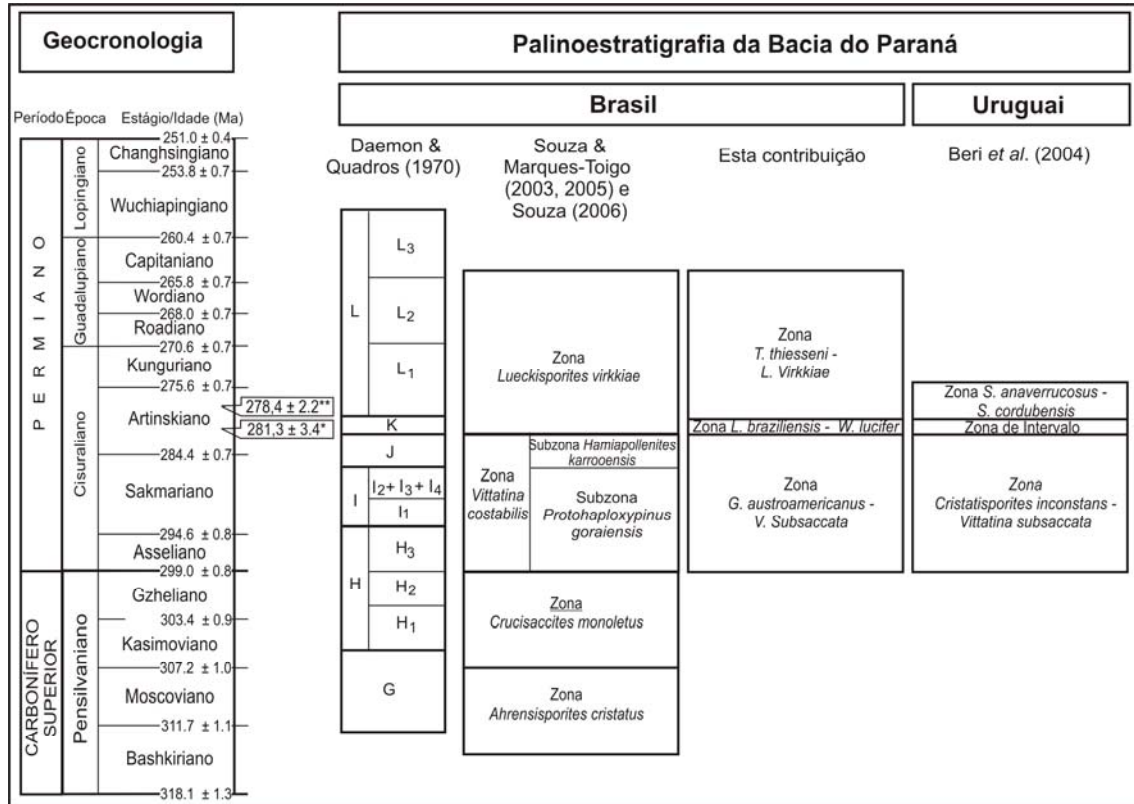


Figura 12. Esquema correlativo entre os principais palinozoneamentos para o intervalo Pensilvaniano-Permiano da Bacia do Paraná, incluindo os esquemas de Daemon & Quadros (1970), Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006), as biozonas propostas neste trabalho e as unidades de Beri *et al.* (2004), para a porção uruguaia da bacia. As biozonas são posicionadas considerando as idades de Santos *et al.* (2006) para a Formação Irati (marcada como “**”) e a datação obtida por Mori *et al.* (submetido) para a Formação Rio Bonito (marcado como “*”).

II.9 Considerações finais

A identificação e análise de conjuntos palinológicos relativamente diversificados e abundantes em depósitos permianos da Bacia do Paraná, entre os municípios de Candiota – Hulha Negra, sul do Estado do Rio Grande do Sul, baseados em oito amostras de superfície, relativas às formações Rio Bonito e Palermo e de 114 níveis selecionados nos poços HN-05-RS e HN-25-RS, envolvendo o intervalo litoestratigráfico correspondente entre o Subgrupo Itararé à Formação Rio do Rasto, permitiu a obtenção dos seguintes resultados conclusivos:

(i) O estudo das amostras recuperadas em superfície próxima à cidade de Candiota permitiu a identificação de 42 espécies de esporos, 24 de grãos de pólen e 10 relacionadas a elementos microplânctônicos. Foram reconhecidas na seção duas biozonas permianas: Subzona *P. goraiensis*, base da Zona *V. costabilis*, nos níveis C1 a C3 da Formação Rio Bonito e Zona *Lueckisporites virkkiae* (C4 a C8), abrangendo desde o topo da Formação Rio Bonito até a base da Formação Palermo;

(ii) Táxons anteriormente desconhecidos para a região foram identificados no afloramento tais como *Striatopodocarpites fusus*, *Lunatisporites variesectus*, *Lueckisporites virrkiae* e *Weylandites lucifer*, considerados como elementos diagnósticos da Zona *L. virrkiae*, o que está de acordo com o posicionamento da seção, a qual está localizada estratigraficamente acima dos níveis aflorantes da Mina de Candiota, onde geralmente são conhecidos elementos índices da Subzona *P. goraiensis*;

(iii) Espécies tradicionalmente assumidas como confinadas à Zona *V. costabilis* (*C. confluens*, *G. austroamericanus* e *H. fusiformis*) foram reconhecidas na zona suprajacente (Zona *L. virkkiae*), permitindo inferir que estas formas expressariam, ao menos na seção aflorante, maior alcance estratigráfico. Por outro lado, o primeiro registro de *L. virkkiae* e de *W. lucifer* no nível C4, indica que tais espécies poderiam ter registro estratigráfico mais baixo, sugerindo modificações no esquema palinobioestratigráfico vigente;

(iv) O estudo palinológico das 103 amostragens férteis compreendidas entre o Subgrupo Itararé à Formação Rio do Rasto permitiram a identificação de 134 palinomorfos, dentre os quais, 57 são relativos a esporos, 64 a grãos de pólen e 11 correspondentes a elementos microplanctônicos.

(v) Durante a análise dos níveis amostrados nos poços HN-05-RS e HN-25-RS, ao conferir a amplitude estratigráfica de determinados esporomorfos junto ao zoneamento de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006), observou-se que as espécies *G. austroamericanus*, *C. confluens*, *H. fusiformis*, *W. lucifer* e *Marsupipollenites trirradiatus* ocorrem em unidades litoestratigráficas desprovidas de sua ocorrência (Formação Palermo, para o caso dos esporos, e Subgrupo Itararé, em relação aos grãos de pólen). Consequentemente, esta análise revelou que as espécies supracitadas distribuíam-se de modo semelhante como no afloramento estudado, de forma que apoiariam as sugestões anteriores de modificações no esquema vigente, com respeito aos limites inferior e superior das zonas *V. costabilis* e *L. virkkiae*;

(vi) As informações contidas nos poços impediram o posicionamento acertado nas zonas *V. costabilis* e *L. virkkiae*, face as diferenças de amplitude das espécies-guia que compõem tais unidades, julgando-se mais parcimonioso o desenvolvimento de um esquema bioestratigráfico informal para a seção sul da bacia, pois disponibilizava-se de um grande conjunto de dados palinológicos dentro de um significativo intervalo litoestratigráfico;

(vii) Desta forma, foram estabelecidas três novas zonas de associação, informais, designadas em ordem estratigráfica ascendente: Zona *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata* (GV), identificada entre 178,20 a 143,75 m e 186,70 a 126,80 m dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, respectivamente, correspondentes, ao intervalo entre o Subgrupo Itararé e o topo da Formação Rio Bonito; Zona *Lundbladispora braziliensis* – *Weylandites lucifer* (LW), distribuída entre as profundidades 143,70 a 126,35 m e 126,70 a 105,00 m dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, respectivamente, com correspondência entre o topo da Formação Rio Bonito ou base da Formação Palermo até a porção média desta última, e Zona *Thyospora thiesseni* – *Lueckisporites virkkiae* (TL), entre os intervalos 122,10-40,90 m e 98,40-14,60 m dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, respectivamente, com correspondência ao trecho entre a porção média da Formação Palermo ao topo da seqüência analisada, seja até a Formação Teresina ou Formação Rio do Rasto;

(viii) As zonas GV e LW são correlacionáveis à Zona *Vittatina costabilis*, especificamente Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*, unidades caracterizadas pela abundância de esporos e frequência variada de grãos de pólen teniados e poliplicados. Espécies restritas a esta unidade foram verificadas nas zonas GV e LW, tais como *G. austroamericanus*, *C. confluens*, *L. riobonitensis*, *Illinites unicus*, *Protohaploxypinus goraiensis* e *Vittatina* spp. A Zona TL por sua vez, distinguida pela marcada abundância e diversidade de grãos de pólen bissacados teniados e poliplicados, é correlacionável à Zona *L. virkkiae*, a qual tem seu limite inferior delimitado pelo aparecimento de *Lueckisporites*, e diagnosticada pelo predomínio de diversas formas teniadas e poliplicadas (e.g., *Lunatisporites*, *Striatopodocarpites* e *Weylandites*), além da escassez de grãos de pólen monossacados;

(ix) Quando efetuada a comparação da distribuição estratigráfica dos esporomorfos recuperados nos poços HN-05 e HN-25 com observações disponíveis para o lado uruguaio da Bacia do Paraná, revelou-se que os conjuntos palinológicos documentados na presente contribuição expressam maior vínculo com as associações

palinológicas registradas no Uruguai, do que em outras assembléias da bacia em território brasileiro, o que torna explícito o reconhecimento do fitoprovincialismo gondwânico, mesmo em termos intrabacinais. Desta forma, as zonas GV, LW e TL são muito semelhantes às zonas: *Cristatisporites inconstans* – *Vittatina subsaccata*, de Intervalo de *Lundbladispora* e *Striatoabieites anaverrucosus* – *Staurosaccites cordubensis*, as quais foram estabelecidas para o nordeste do Uruguai;

(x) Por outro lado, considerando que grande parte dos trabalhos desenvolvidos no RS - incluindo-se as zonas permianas do esquema palinobioestratigráfico vigente é baseado principalmente em níveis de carvão e litologias associadas, diversos táxons poderiam ter tido sua amplitude estratigráfica original “mascarada”, reforçando a validade de estudos de detalhe. Como a caracterização das novas zonas bioestratigráficas aqui propostas não esteve limitada a determinados litotipos, evita-se qualquer controle paleoecológico, aumentando a potencialidade de aplicação destas novas biozonas;

(xi) Tanto nas observações de superfície quanto as realizadas nos poços, algumas questões puderam ser efetuadas com relação à Subzona *Hamiapollenites karooensis*, unidade de topo da Zona *V. costabilis*. No afloramento, esta unidade não foi reconhecida, podendo decorrer de um “problema” estratigráfico - pelo estabelecimento das fácies marinhas costeiras da Formação Palermo, transgredindo depósitos subjacentes da Formação Rio Bonito, vinculadas à geração do limite de seqüências SB3 ou devido à própria conceitualização da unidade. A Subzona *H. karooensis*, é definida pela ocorrência restrita da espécie epônima e pelo primeiro aparecimento de duas outras espécies acessórias (*Staurosaccites cordubensis* e *Striatopodocarpites fusus*) e correspondente entre o topo da Formação Rio Bonito e base da Formação Palermo. Contudo, a espécie *H. karooensis* foi reconhecida em níveis do Subgrupo Itararé e na Formação Palermo (poços HN-05 e HN-25), adicionadas de outras informações advindas de diferentes porções da bacia (ocorrência de *S. fusus* no Subgrupo Itararé, por exemplo). Além disso, os dados disponíveis na literatura demonstram a escassa documentação da espécie na bacia, significando que existem problemas de caracterização, e devem ser avaliados a fim de validar (ou não) esta biozona;

(xii) Uma nova idade radiométrica foi obtida para a Formação Rio Bonito no mesmo afloramento próximo aos poços HN-05 e HN-25. A idade apresentada ($281,4 \pm 3,4$ Ma) pode ser interpretada como a base da Zona *Lueckisporites virkkiae* ou topo da Zona GV, conforme o conteúdo palinológico nas camadas acima e abaixo do

nível de *tonstein* utilizado na datação. Ao considerar a datação absoluta de $278,4 \pm 2,2$ Ma para a Formação Irati, esta nova idade parece apresentar-se coerente, permitindo o posicionamento das biozonas tal como segue: (i) Zona *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata*, entre o Asseliano à porção média do Artinskiano; (ii) Zona *Lundbladispora braziliensis* – *Weylandites lucifer*, Artinskiano Médio; e (iii) Zona *Thymospora thiessenii* – *Lueckisporites virkkiae*, datada como Artinskiano Médio/Superior ao Wordiano.

II.10 Recomendações e perspectivas

Os resultados obtidos na presente análise demonstram que, mesmo nas unidades cujo conteúdo palinológico é largamente conhecido (isto é, Formação Rio Bonito), novas informações podem ainda ser obtidas, de maneira a reconhecer a distribuição estratigráfica de distintas espécies com potencial de correlação, fornecendo subsídios para aperfeiçoar ou erigir esquemas bioestratigráficos mais precisos a serem aplicados na bacia.

Considerando que as três biozonas têm caráter de abrangência local, é aconselhável que sejam realizadas verificações em outros setores da bacia, pormenorizando cada intervalo litoestratigráfico de idade permiana, a fim de legitimar o esquema proposto para utilização em toda porção brasileira da Bacia do Paraná ou validá-lo apenas para a seção sul, integrando-o aos dados do Uruguai, ressaltando que as associações microflorísticas identificadas evidenciam claras semelhanças às ocorrências palinológicas da porção nordeste daquele país.

Mesmo já conhecida há décadas em termos palinológicos, a re-análise das informações provenientes da região de Candiota têm possibilitado novos enfoques quando integradas a ferramentas distintas, tais como a datação absoluta e a estratigrafia de seqüências, oferecendo uma visão mais moderna de interpretar a bioestratigrafia. Neste aspecto, embora exista um número expressivo de trabalhos relativo às idades radiométricas, devem ser estabelecidos critérios de avaliação para a qualidade dos resultados das datações, de modo a conferir maior segurança no posicionamento geocronológico das biozonas.

Como recomendação final, destaca-se que, para qualquer estudo palinológico a ser desenvolvido, que este contenha listas taxonômica atualizadas, assim

como a demonstração dos táxons registrados através de estampas fotomicrográficas, preferencialmente com anotação clara da sua ocorrência estratigráfica, a fim de permitir comparações mais fidedignas entre os palinomorfos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, L.S., 2006. A fossil wood from the Irati formation (Upper Permian), Paraná Basin, São Paulo State, Brazil. *Geological Society of America Abstracts with Programs*, 38, p. 553.
- Alves, R.G. & Ade, M.V.B. 1996. Sequence stratigraphy and coal petrography applied to the Candiota Coal Field, Rio Grande do Sul, Brazil: a depositional model. *International Journal of Coal Geology*, 30: 231-248.
- Arai, M. 1980. Contribuição dos pólenes estriados na bioestratigrafia neopaleozóica da parte nordeste da Bacia do Paraná. *Boletim do Instituto de Geociências-USP*, 11: 98-105.
- Assine, M.L., Zacharias, A.A., Perinotto, J.A., 2003. Paleocorrentes, paleogeografia e seqüências deposicionais da Formação Tatuí, Centro-Leste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 33: 33-40.
- Azcuy, 1986. Algunas precisiones sobre las palinozonas Carbonico-Permicas de la Cuenca Paganzo. *Ameghiniana*, 23(1-2): 97-100.
- Azcuy, C.L. & Di Pasquo, M. 2000. Palynology of the Late Carboniferous from the Tarija Basin, Argentina: a systematic review of monosaccate pollen genera. *Palaeontographica, Abteilung B*, 253: 103-137.
- Azcuy, C.L. & Jelin, R. 1980. Las palinozonas del limite Carbonico-Permico en la Cuenca Paganzo. In: II CONGRESO ARGENTINO PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFIA Y I CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGÍA, Buenos Aires. *Actas*, 4: 51-67.
- Azcuy, C.L., Beri, A., Bernardes-de-Oliveira, M.E.C., Carrizo, H.A., Di Pasquo, M., Saravia, P.Días, González, C., Iannuzzi, R., Lemos, V.B., Melo, J.H., Pagani, A., Rohn, R., Amenábar, C.R., Sabattini, N., Souza, P.A., Taboada A. 2007. Bioestratigrafía del Paleozóico Superior de América del Sur: primera etapa de trabalho hacia una nueva propuesta. *Revista de la Asociación Geológica Argentina, Publicación Especial*, 11: 9-65.
- Backhouse, J. 1991. Permian palynostratigraphy of the Collie Basin, Western Australia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 67: 237-314.
- Balme, B. E. 1980. Palynology and the Carboniferous-Permian boundary in Australia and other Gondwana continents. *Palynology*, 4: 43-55.
- Bangert, B., Stollhofen, H., Lorenz, V. & Armstrong, R. 1999. The geochronology and significance of ash-fall tuffs in the glaciogenic Carboniferous-Permian Dwyka Group of Namibia and South Africa. *Journal of South American Earth Sciences*, 29:33-49.
- Beri, Á. & Daners, G. 1996. Palinomorfos de La perforación Cerro Largo Sur n° 4, Pérmico Inferior, Uruguay. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69: 163-170.

Beri, Á. & Daners, G. 1998. Estudio palinológico de la perforación 201 (DI.NA.MI.GE), Pérmico, Uruguay. *Boletín de la Real Sociedad. Española de Historia Natural* (Sección Geología), 94: 55-64.

Beri, Á., Gutiérrez, P. R., Cernuschi, F. & Balarino, L. 2004. Palinoestratigrafía del Pérmico de la Cuenca Paraná, Uruguay. In: XI REUNIÃO DE PALEOBOTÂNICOS E PALINÓLOGOS, 2004, Gramado. *Boletim de Resumos*, p. 29.

Beri, Á., Gutiérrez, P.R., Cernuschi, F. & Balarino, M.L. 2006. Palinología del Pérmico Inferior en la perforación DCLS-24 (Formación San Gregorio), departamento de Cerro Largo, Uruguay. Parte I: esporas, algas, prasinofitas y acritarcas. *Ameghiniana*, 43: 227-244.

Beri, Á., Martínez-Blanco, X. & Mourelle, D. 2010. A synthesis of palynological data from the Lower Permian Cerro Pelado Formation (Paraná Basin, Uruguay): A record of warmer climate stages during Gondwana glaciations. *Geologica Acta*, in press.

Beri, Á. & Pecoits, E. 2001. Palinología y sedimentología de la Formación Melo (Pérmico) en la camada "El Barón", departamento de Cerro Largo, Uruguay. *Ameghiniana*, 38: 419-428.

Bernardes de Oliveira, M.E., Rohn, R., Ricardi-Branco, F., Zampirolli, A.P., Mune, S.E., Amaral, P.G.C., Longhim, M.E., Castro-Fernandes, M.C. & Lages, L. 2005. Late Carboniferous to Early Permian glacial related paleofloras from northeastern Paraná Basin, Brazil. In: GONDWANA 12, Mendoza. *Abstracts*, p. 70.

Bernardes de Oliveira, M.E., Mohr, B., Dino, R., Guerra-Sommer, M., Garcia, M.J. & Sucerquia, P.A. 2007. As floras mesofíticas brasileiras no cenário paleoflorístico mundial. In: Carvalho, I. e outros (orgs.). *Paleontologia: Cenários de Vida*. Rio de Janeiro, Interciência, vol. 1, p. 203-242.

Beurlen, K. 1953. Análise paleogeográfica da Série Tubarão e possibilidade de novas bacias carboníferas. *Notas Preliminares e Estudos (DNPM)*, 74: 1-10.

Bharadwaj, D.C., Kae, R.K. & Navale, K.B. 1976. Palynostratigraphy of Lower Gondwana deposits in Paraná and Maranhão Basins, Brazil. *Biological Memoirs, Palaeopalynology Series*, 3(1):56-103.

Burjack, M.I.A. 1984. *Caracterização da matéria orgânica dispersa nos sedimentitos da Formação Irati, Permiano Superior da Bacia do Paraná*. Porto Alegre. 209p. Tese de Doutorado em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

Carruthers, W. 1869. On the plant remains from the brazilian coal beds with remarks on the genus Flemingites. *Geological Magazine*, 6: 151-155.

Cauduro, A.D. 1970. Lower Gondwana miospores from São Sepé outcrop (Rio Grande do Sul, Brasil). *Escola de Geologia da UFRGS, Publicação Especial* 17, 34 p.

Cazzulo-Klepzig, M., Dias-Fabrizio, M. & Marques-Toigo, M. 1982. Palynological characterization of rocks associated to the coal seams of Santa Rita Coal Field, Rio Bonito

and Palermo Formations, Paraná Basin, Permian, Rio Grande do Sul, Brazil. In: III CONGRESSO GEOLOGICO CHILENO. *Anais*, p. 65-83.

Cazzulo-Klepzig, M.; Guerra-Sommer, M.; Formoso, N.L. & Calarge, L.M. 2002. Geochemical and palynological evidence for the age determination of Permian coals, southern Brasil. *Journal of South American Earth Sciences*, 25: 375-380.

Cazzulo-Klepzig, M., Menegat, R. & Guerra-Sommer, M. 2005. Palynology and paleobotany in the reconstruction of landscape units from the Candiota Coalfield, Permian of Paraná Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 8: 83-98.

Césari, S. N. 2007. Palynological biozones and radiometric data at the Carboniferous–Permian boundary in western Gondwana. *Gondwana Research*, 11: 529-536.

Césari, S.N. & Gutiérrez, P.R. 2000. Palynostratigraphy of Upper Paleozoic Sequences in Central – Western Argentina. *Palynology*, 24: 113-146.

Cisneros, J.; Abdala, F. & Malabarba, M.C. 2005. Pareiasaurids from the Rio do Rasto Formation, Southern Brazil: biostratigraphic implications for Permian faunas of the Paraná Basin. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 8: 13-24.

Corrêa da Silva, Z. & Marques-Toigo, M. 1975. Carvão no Brasil: Mina de Candiota – Rio Grande do Sul. In: 2º CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GEOLOGIA ECONÔMICA, Buenos Aires, Tomo 1: 263-286.

Cúneo, R. 1983. Paleoeecologia de microsecuencias plantíferas del Grupo Rio Guenoa, Pérmico de Chubut, Argentina. *Ameghiniana*, 1-2: 11-131.

Daemon, R.F. 1966. Ensaio sobre a distribuição e zoneamento dos esporomorfos do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná. *Boletim Técnico da Petrobrás*, 9: 211-218.

Daemon, R.F. 1974. Integração dos resultados palinológicos aos de fauna e flora de camadas fossilíferas do Neopaleozóico da Bacia do Paraná – implicações estratigráficas e paleogeográficas. *Revista Unimar*, p. 25-41.

Daemon, R.F. 1981. Controle litobioestratigráfico preliminar do Devoniano, Carbonífero Superior e Permiano da bacia sedimentar do Paraná. In: 3º SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, São Paulo. *Atas*, 2:124-132.

Daemon, R.F. & Quadros, L.P. 1970. Bioestratigrafia no Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Brasília. *Anais*, p. 359-412.

Della Fávera, J.C., Chaves, H.A.F., Pereira, E., Medeiros, M.A.M. & Câmara-F., L.M.1994. Evolução geológica da sequencia permiana da região de Candiota, RS – Brasil. *Acta Geológica Leopoldensia*, 39: 235-246.

Daemon, R.F. & Marques-Toigo, M. 1991. An integrated biostratigraphic column for the Paraná Basin, Brazil. In: 12º INTERNATIONAL CONGRESS ON CARBONIFEROUS AND PERMIAN GEOLOGY AND STRATYGRAPHY, Buenos Aires. *Abstracts*, p. 25.

Di Pasquo, M. 2003. Avances sobre palinología, bioestratigrafía y correlación de los Grupos Machareti y Mandiyuti, Neopaleozoico de la Cuenca Tarija, provincia de Salta, Argentina. *Ameghiniana*, 40: 3-32.

Di Pasquo, M. 2009. The Pennsylvanian palynoflora of the Pando X-1 Borehole, northern Bolivia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 157: 266-284.

Di Pasquo, M., Vergel, M.M. & Azcuy, C.L. 2010. Pennsylvanian and Cisuralian palynofloras from the Los Sauces area, La Rioja Province, Argentina: Chronological and paleoecological significance. *International Journal of Coal Geology*, 83: 276-291. .

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.

Dias-Fabrizio, M.E. 1981. Palinologia da Formação Rio Bonito na área de Gravataí-Morungava, RS. *Pesquisas*, 14:69-129.

Dijkstra, S.J. 1955. Some brazilian megaspores, Lower Permian in age and their comparison with lower gondwana spores from India. *Medelingen van de Geologische Stichting*, 10: 5-10.

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.

Dolianiti, E. 1953. A flora Gondwana Inferior em Santa Catarina. I. *Notas Preliminares e Estudos (DNPM)*, 60: 1-7.

Falcon, R.M.S. 1975. Palyno-stratigraphy of the Lower Karoo sequence in the Central Sebungwe District, Mid-Zambezi Basin, Rhodesia. *Palaeontologia Africana*, 18: 1-29.

Fanton, J., Rohn, R., Ricardi-Branco, F. & Rösler, O. 2006. Afloramento de Canoinhas, SC – Única localidade de ocorrência da conífera permiana *Krauselcladus* da Bacia do Paraná. In: Winge, M., Schobbenhaus, C., Berbert-Born, M., Queiroz, E.T., Campos, D.A., Souza, C.R.G., Fernandes, A.C.S. (eds.), *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, disponível em www.unb.br/ig/sigep/sitio126/sitio126.pdf.

Félix, C.M. 2007. *Palinotaxonomia e bioestratigrafia de gêneros de grãos de pólen monossacados selecionados da Bacia do Paraná*. Porto Alegre. 119p. Dissertação de Mestrado em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

Félix, C.M., Premaor, E., Hermany, G. & Souza, P.A. 2006. Análise palinotaxonômica e bioestratigráfica da Subturma Monosaccites na Bacia do Paraná, Brasil. I: *Plicatipollenites* Lele 1964 e *Crucisaccites* Lele & Maithy 1965. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 9: 63-72.

Fontes, L.C. & Cava, L.T. 1980. Análise ambiental preliminar do Gondwana na região de Candiota, Rio Grande do Sul. In: 31º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Balneário Camboriú. *Anais*, 2: 755-765.

França, A.B., Winter, W.R. & Assine, M.L. 1996. Arenitos Lapa-Vilha Velha: um modelo de trato de sistemas subaquosos canal-lobos sob influência glacial, Grupo Itararé (C-P),

Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 26: 43-56.

França, A.B. & Potter, P.E. 1988. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permo-Carbonífero), Bacia do Paraná (Parte 1). *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 2 : 147–191.

Guerra-Sommer, M. & Cazzulo-Klepzig, 1993. Biostratigraphy of the Southern Brazilian Neopaleozoic Gondwana Sequence: a preliminary paleobotanical approach. In: 12^o INTERNATIONAL CONGRESS ON CARBONIFEROUS AND PERMIAN GEOLOGY AND STRATYGRAPHY, Buenos Aires. *Comptes Rendus*, 2: 61-72.

Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Formozo, M. L., Menegat, R. & Basei, M.A.S. 2005. New radiometric data from ash fall rocks in Candiota coal-bearing strata and the palynostratigraphic framework in southern Paraná Basin (Brazil). In: GONDWANA 12, Mendoza. *Abstracts*, p. 89.

Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Santos, J.O.S., Hartman, L.A., Ketzer, J.M. & Formoso, M.L.L. 2008a. Radiometric age determination of tonstein and stratigraphic constraints for the Lower Permian coal sucession in southern Paraná Basin, Brazil. *International Journal of Coal Geology*, 74: 13-27.

Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Formozo, M.L.L., Menegat, R. & Mendonça, J.G. 2008b. U-Pb dating of tonstein layers from a coal sucession of the southern Paraná Basin (Brazil): A new geochonological approach. *Gondwana Research*, 14: 474-482.

Gutiérrez, P., Balarino, L. & Beri, Á. 2010. Palynology of the Lower Permian of Paraná Basin, Uruguay. *Journal of Systematic Palaeontology*, in press.

Gutiérrez, P.R., Beri, Á., Balarino, M.L. & Cernuschi, F. 2006. Palinología del Pérmico Inferior en la perforación DCLS-24 (Formación San Gregorio), departamento de Cerro Largo, Uruguay. Parte II: granos de polen. *Ameghiniana*, 43: 611-635.

Hartt, C.F. 1870. *Geology and physical geography of Brazil*. Boston, 620pp.

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: 521–543

Holz, M. 1998. The Eo-Permian coal seams of the Paraná basin in southernmost Brazil: An anlysis of the depositional conditions using sequence stratigraphy concepts. *Internatinal Journal of Coal Geology*, 36: 141-163.

Holz, M. 2003. Sequence stratigraphy of a lagoonal estuarine system – an example from the lower Permian Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil. *Sedimentary Geology*, 162: 305-331.

Holz, M. & Carlucci, R. 2000. Litoestratigrafia, estratigrafia de seqüências e evolução paleofisiográfica da zona de borda da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul durante o Eo-Permiano. In: Holz, M. & De Ros, L.F. (eds.). *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CIGO/UFRGS, p. 303-322.

Holz, M. & Dias, M.E. 1998. Taphonomy of palynological records in a sequence stratigraphy framework: an example from the Eo-Permian from the Paraná Basin in southern Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 99: 217-233.

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., KÜchle, J., Philipp, R.P, Bischoff, A.P. & Arima, N. 2006. Hierarchy of tectonic control and stratigraphic signatures: Base-level changes during the Early Permian in the Paraná Basin, southernmost Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 22: 185-204.

Iannuzzi, R. & Souza, P.A. 2005. Floral succession in the Lower Permian deposits of the Brazilian Paraná Basin: an up-to-date overview. *New Mexico Museum of the Natural History and Science*, 30: 144-149.

Jones, M.J. & Truswell, E.M. 1992. Late Carboniferous and Early Permian palynostratigraphy of the Joe Joe Group, southern Galilee Basin, Queensland, and implications for Gondwanan stratigraphy. *Journal of Australian Geology & Geophysics*, 13: 143-185.

Lavina, E.L. & 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-Coutiana*, 1: 51-103.

Liais, E. 1872. *Climats, géologie, faune et géographie du Brésil*. Paris, 640pp.

Lima, M.R.; Dino, R. & Yokoya, 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 Ciência*, 5:195– 208.

Lindstrom, S. 1995a. Early Permian Palynostratigraphy of the northern Heimfrintfjella mountain-range, Dronning Maud-Land, Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 89: 359-415.

Lindstrom, S. 1995b. Late Permian palynology of Fossilryggen, Vestfjella, Dronning Maud Land, Antarctica. *Palynology*, 20: 15-48.

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 em Geociências, Universidade Estadual Paulista, Brasil.

Lopes, R.C., Lavina, E.L. & Signorelli, N. 1986. Fácies sedimentares e evolução paleoambiental do Supergrupo Tubarão na borda leste da Bacia do Paraná. Uma seção regional nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: 34º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Goiânia. *Anais*, 1: 206-218.

Lundquist, G. 1920. Fossile pflanzen der Glossopteris Flora aus Brasilien. *Kungl Svenska Vetenskaps Akademis Handlingear*, 60: 1-36.

Maranhão, M.S.A.S. & 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*, 17: 33-54.

Marques, J. C., Chemale, F. J., Lopes, R. C., Souza, P.A., Justino, D. & Dussin, I.A. 2007. LA-ICP-MS U-Pb Zircon age from an ash fall rock of the uppermost Rio Bonito Formation, southern Paraná Basin. In: 4º SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, Búzios. *Boletim de Resumos*, p.32.

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 em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

Marques-Toigo, M. 1991. Palynobiostratigraphy of the southern brazilian Neopaleozoic Gondwana sequence. In: 7ST INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM, São Paulo. *Proceedings*, p. 503-515.

Marques-Toigo, M., Corrêa da Silva, Z. & Herter, G.G. 1975. Geology and palynology of Candiota Coal Mine, RS, Brazil. In: PRIMER CONGRESSO ARGENTINO DE PALEONTOLOGIA Y BIOESTRATIGRAFIA, Tucuman. *Actas*, 1: 401-427.

Marques-Toigo, M. & Pons, M.E., 1974. Estudo palinológico do furo de sondagem P7, Malha Oeste da Bacia Carbonífera do Iruí, RS, Brasil. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Porto Alegre. *Anais*, II: 277-288.

Matos, S.L.F., Yamamoto, J.K., Riccomini, C., Hachiro, J. & Tassinari, C.C.G. 2001. Absolute dating of Permian ash-fall in the Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research*, 4: 421-426.

Melchor, R., 2000. New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age for the base of Yacimiento Los Reyunos Formation (Permian), Mendoza, Argentina: stratigraphic and biostratigraphic implications. *Ameghiniana*, 37: 271-282.

Menezes-Filho, N.R. & Brito, P.C. 1982. Estratigrafia da seqüência Gonduânica na região de Candiota, RS. In: 32º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Salvador. *Anais*, 4: 1392-1405.

Meyer, K.E. & Marques-Toigo, M. 2000. O Significado paleoambiental da microflora dos carvões da Malha IV, Mina de Candiota, RS, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil. *Revista de Geociências*, 5: 17-20.

Mezzalira, S., 1957. Ocorrências fossilíferas novas da Série Passa Dois na região Limeira-Rio Claro-Piracicaba. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 6: 37-59.

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 em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

Milani E.J., França A.B. & Schneider R.L. 1994. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8: 69-82.

Milani, E.J., Melo, J.H.G., Souza, P.A., Fernandes, L.A. & França, A.B. 2007. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15: 265-287.

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: 199–205.

Modie, B. & Herissé, A. 2009. Late palynomorph assemblages from the Karoo Supergroup and their potential for biostratigraphic correlation, Kalahari Karoo Basin, Botswana. *Bulletin of Geosciences*, 84: 337-358.

Nahuys, J., Alpern, B. & Ybert, J.P. 1968. Estudo palinológico e petrográfico de alguns carvões do sul do Brasil. *Boletim Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul*, 46: 1-61.

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 em Geociências. Universidade Estadual Paulista, Brasil.

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.

Pant, D.D. & Srivastava, G.K. 1965. Some Lower Gondwana miospores from Brazil. *Micropaleontology*, 11: 468-478.

Pérez-Loinaze, V., Ciccioli, P.L., Limarino, C.O. & Césari, S.N. 2010. Hallazgo de palinofloras pérmicas en la Precordillera de Mendoza: su implicancia estratigráfica. *Ameghiniana*, 47: 263-269.

Petri, S. & Souza, P.A. 1993. Síntese dos conhecimentos e novas concepções sobre a bioestratigrafia do Subgrupo Itararé, Bacia do Paraná, Brasil. *Revista do Instituto Geológico*, 14: 7–18.

Picarelli, A.T., Dias-Fabricio, 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: III SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Curitiba. *Atas*, 1: 351-372.

Piccoli, A.E.M., Marques-Toigo, M., Dias-Fabrício, M.E. & Cazzulo-Klepzig, M. 1985. Correlação de seqüências sedimentares na Bacia Carbonífera de Charqueadas (RS) com base em dados lito e biofaciológicos. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA. *Ministério de Minas e Energia – DNPM – Série Geologia*, 27: 419-426.

Piccoli, A.E., Lopes, R.C. & Camozzato, E. 1986. Análise paleoambiental das jazidas de carvão do Estado do Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, 22: 35-54.
Plant, N. 1869. The brazilian coal fields. *Geological Magazine* 6: 147-150.

Playford, G. & Dino, R. 2000a. Palynostratigraphy of upper Paleozoic strata (Tapajós Group), Amazonas Basin, Brazil. Part One. *Palaeontographica Abt. B*, 255: 87-145.

Playford, G. & Dino, R. 2000b. Palynostratigraphy of upper Paleozoic strata (Tapajós Group), Amazonas Basin, Brazil. Part Two. *Palaeontographica Abt. B*, 255: 1-46.

Playford, G. & Dino, R. 2002. Permian palynofloral assemblages of the Chaco-Paraná Basin, Argentina: Systematics and stratigraphic significance. *Revista Española de Micropaleontología*, 34: 235-288.

Potonié, R. & Kremp, G.O.U. 1954. Die Gattungen der Paläozoischen spora dispersae und ihre Stratigraphie. *Geologischen Jahrbuch*, 69: 111-194.

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.

Ricardi-Branco, F., Caires, E.T. & Silva, A.M. 2006. Campo de estromatólitos gigantes de Santa Rosa de Viterbo, SP – Excelente registro do litoral do mar permiano Irati, Bacia do Paraná, Brasil. In: Winge, M., Schobbenhaus, C., Berbert-Born, M., Queiroz, E.T., Campos, D.A., Souza, C.R.G., Fernandes, A.C.S. (eds.), *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, disponível em www.unb.br/ig/sigep/sitio125/sitio125.pdf.

Richter, M. 2000. Peixes fósseis do Rio Grande do Sul. In: Holz, M. & De Ros, L.F. (eds.), *Paleontologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CIGO/UFRGS, p. 162-175.

Roberts, J., Claoué-Long, J. & Jones, P.J. 1995. Australian Early Carboniferous Time. In: Berggren, W., Kent, D., Aubry, M. & Hardenbol, J. (eds.). *Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation*. Oklahoma, SEPM, p. 23-40.

Rocha-Campos, A.C. & Rösler, O. 1978. Late Paleozoic faunal and floral successions in the Paraná Basin, southeastern Brazil. *Boletim IG-USP* 9: 1-16.

Rocha-Campos, A.C., Basei, M.A.S., Nutman, A.P. & Santos, P.R. dos. 2006. SHRIMP U-Pb Zircon geochronological calibration of the Late Paleozoic Supersequence, Paraná Basin, Brazil. In: 5° SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPIC GEOLOGY, Punta del Este. *Short Papers*, 298-301.

Rocha-Campos, A.C., Basei, M.A.S., Nutman, A.P. & Santos, P.R. dos. 2007. SHRIMP U-Pb zircon ages of the late Paleozoic sedimentary sequence, Paraná Basin, Brazil. In: 4° SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, Rio de Janeiro. *Boletim de Resumos*, p. 33.

Rohn, R. 1994. Evolução ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná. São Paulo, 386p. Tese de Doutorado em Ciências, Universidade de São Paulo, Brasil

Rohn, R. & Rösler, O. 2000. Middle to Upper Permian phytostратigraphy of the eastern Paraná Basin. *Revista Universidade Guarulhos, Geociências*, vol. V (nº especial): 69-73.

Rösler, O. 1978. The Brazilian eogondwanic floral successions. *Boletim do Instituto de Geociências - USP*, 9: 85-91.

Russo, A.; Archangelsky, S. & Gamero, J. C. 1980. Los depósitos suprapaleozóicos en el subsuelo de la llanura Chaco-Pampeana, Argentina. In: II CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGÍA Y BIOESTRATIGRAFÍA Y I CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGÍA, Buenos Aires. *Actas*, 4: 157-173.

Saad, A.R. 1977. *Estratigrafia do Subgrupo Itararé no centro e sul do Estado de São Paulo*. São Paulo, 107p. Dissertação de Mestrado em Ciências, Universidade de São Paulo, Brasil.

Santos, R.V., Souza, P.A., Alvarenga, C.J.S., Dantas, E.L., Pimentel, M.M., Oliveira, C.G. & Araújo, L.M. de. 2006. Shrimp U–Pb zircon dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research*, 9: 456–463.

Schneider, R. L., Mühlmann, H., Tomazzi, E., Medeiros, R. A.; Daemon, R. F. & Nogueira, A. A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: 28 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Porto Alegre. *Anais*, 1: 41-66.

Simões, M.G. 1992. *Pelecípodes da Formação Palermo (Permiano) de São Sepé (RS) e Guiratinha (MT): implicações na evolução da fauna neopaleozóica da Bacia do Paraná, Brasil*. São Paulo, 286p. Tese de Doutorado em Geociências, Universidade de São Paulo, Brasil.

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

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 em Ciências, Universidade de São Paulo, Brasil.

Souza, P.A. 2000. *Palinobioestratigrafia do Subgrupo Itararé, Carbonífero/Permiano, na porção nordeste da Bacia do Paraná (SP/PR, Brasil)*. São Paulo, 199p. Tese de Doutorado em Geociências, Universidade de São Paulo, Brasil.

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., Dino, R. & Petri, S. 1996. Palinobioestratigrafia do Subgrupo Itararé em Araçoiaba da Serra (SP), Westphaliano da Bacia do Paraná. In: 39º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Salvador. *Anais*, 2: 287-289.

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. & Marques-Toigo, M. 2003. An overview in the Palynostratigraphy of the Upper Paleozoic strata of the Brazilian Paraná Basin. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 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(2): 353-365.

Souza, P.A., Vergel, M.M., Beri, A. 2007. Pennsylvanian and Permian palynostratigraphy of the Paraná/Chacoparaná Basins in Brazil, Argentina and Uruguay: an integrative analysis. In: 4TH EUROPEAN MEETING ON THE PALAEOONTOLOGY AND STRATIGRAPHY OF LATIN AMERICA, Madrid. *Cuadernos del Museo Geominero*, 8: 361-366.

Stephenson, M. 2008. A review of the palynostratigraphy of Gondwana Late Carboniferous to Early Permian glaciogene successions. The Geological Society of America. *Special Paper*, 441: 317-330.

Stephenson, M. 2009. The Age of the Carboniferous - Permian *Converrucosisporites confluens* Opper Biozone: New Data from the Ganigobis Shale Member (Dwyka Group) of Namibia. *Palynology*, 33: 167-177.

Stollhofen, H., Stanistreet, I.G., Bangert, B. & Grill, H. 2000. Tuffs, tectonism and glacially related sea-level changes, Carboniferous–Permian, Southern Namibia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 161: 127–150.

Sundaram, D. 1987. *Palinologia do Subgrupo Itararé (Neopaleozóico da Bacia do Paraná) no Estado de São Paulo, Brasil*. São Paulo, 311p. Tese de Doutorado em Geociências, Universidade de São Paulo, Brasil.

Timm, L.L.; Soares, M.B. & Araújo-Barberena, D.C. 1995. Mesossauros: pequenos répteis aquáticos da América do Sul e África. *Ciência & Ambiente*, 10: 27-37.

Tiwari, R.S. & Navale, G.K.B. 1967. Pollen and spore assemblage in some coals of Brazil. *Pollen et spores*, 9: 583-605.

Toledo, C.E.V. 2001. *Análise paleoictiológica da Formação Corumbataí na região de Rio Claro, Estado de São Paulo*. Rio Claro, 146p. Dissertação de Mestrado em Ciências, Universidade Estadual Paulista, Brasil.

Trindade, N.M. 1954. Megásporos do carvão gondwânico do Rio Grande do Sul e sua aplicação em correlações estratigráficas. *Notas preliminares e estudos*, 78: 1-6.

Vergel, M.M. 1993. Palinostratigrafia de la secuencia neopaleozoica en la Cuenca Chacoparanaense, Argentina. In: XII CONGRÈS INTERNATIONAL DE LA

STRATIGRAPHIE ET GÉOLOGIE DU CARBONIFÈRE ET PERMIEN, Buenos Aires.
Comptes Rendus, 1: 201-212.

Wildner, W. 1983. Análise faciológica de uma porção do Grupo Guatá, na região de Candiota, RS. *Acta Geológica Leopoldensia*, 8: 145-168.

Ybert, J.P. 1975. Etude des miospores du bassin houiller de Candiota-Hulha Negra, Rio Grande do Sul, Bresil. *Pesquisas*, 5: 181-226.

Zeiller, R. 1895. Note sur l aflore fossile des gisements houillers de Rio Grande do Sul. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 23: 601-623.

ANEXOS

ANEXO A

Manuscrito 1. “*Sucessão palinológica do intervalo Pensilvaniano-Permiano da Bacia do Paraná, Brasil: refinamento bioestratigráfico e idades*”, de autoria de Mori, A.L.O., Souza, P.A., Rohn, R., Félix, C.M., Longhim, M.E., Neregato, R. & Abreu, C.A., capítulo publicado no livro *Paleontologia: Cenários de Vida* (org.: Carvalho, I.S. e outros), 1ª edição, Editora Interciência, volume 2, páginas 469-478, ano 2007.

SUCESSÃO PALINOLÓGICA DO INTERVALO PENNSILVANIANO-PERMIANO DA BACIA DO PARANÁ, BRASIL: REFINAMENTO BIOESTRATIGRÁFICO E IDADES

PALYNOLOGICAL SUCCESSION OF THE PENNSYLVANIAN-PERMIAN STRATIGRAPHICAL INTERVAL IN THE PARANÁ BASIN, BRAZIL: BIOSTRATIGRAPHICAL REFINEMENT AND AGES

Ana L. O. Mori¹, Paulo A. Souza¹, Rosemarie Rohn², Cristina M. Félix¹, Márcia E. Longhim^{2,3}, Rodrigo Neregato² & Cássio A. Abreu¹

¹ Departamento de Paleontologia e Estratigrafia/Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91.540-000, Porto Alegre, RS, Brasil

² Departamento de Geologia Aplicada, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Av. 24 A, 1515, CEP 13.506-900, Rio Claro, SP, Brasil.

³ Gerência Bioestratigrafia e Paleoeologia / CENPES / PETROBRÁS, Quadra 07, Prédio 20, sl. 1116 B, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, CEP 21941-598, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

E-mail: luisaouta@yahoo.com.br, paulo.alves.souza@ufrgs.br, rohn@rc.unesp.br, cmfelix@yahoo.com.br, melonghim@petrobras.com.br, rodrigoneregato@hotmail.com, cassioaa@terra.com.br.

RESUMO

Os depósitos do intervalo Pensilvaniano-Permiano da Bacia do Paraná apresentam-se significativamente férteis em termos de palinomorfos, principalmente nas unidades do Grupo Tubarão e parte inferior do Grupo Passa Dois, o que torna a palinologia potencial para a bioestratigrafia. Este trabalho apresenta o arcabouço palinobioestratigráfico vigente, inserindo novos dados obtidos em distintas seções da bacia, modificando, em parte, a distribuição de determinados táxons, especialmente no intervalo correspondente à Zona *Vittatina costabilis* (Cisulariano: Asseliano a Sakmariano). Além disso, são discutidos alguns problemas sobre a caracterização das biozonas, bem como seu significado biocronoestratigráfico, à luz de novas datações absolutas obtidas.

Palavras-chave: palinologia, Bacia do Paraná, Neopaleozóico

ABSTRACT

This paper discusses the Pennsylvanian-Permian palynobiostratigraphic framework of the Paraná Basin and presents new results for the Tubarão and lower Passa Dois groups in different portions of the basin. The stratigraphic ranges of some taxa, especially within the *Vittatina costabilis* Zone (Cisularian: Asselian to Sakmarian), are reinterpreted. New absolute-dating results of some levels of the Paraná Basin succession and correlations to well dated intervals abroad provide discussions about the biozones characterization and their biochronostratigraphic interpretation.

Key-words: palynology, Paraná Basin, Late Paleozoic

Sucessão palinológica do intervalo Pensilvaniano-Permiano da Bacia do Paraná, Brasil: refinamento bioestratigráfico e idades

*Palynological succession of the Pennsylvanian-Permian stratigraphical interval in the Paraná
Basin, Brazil: biostratigraphical refinement and ages*

Ana L. O. Mori¹, Paulo A. Souza¹, Rosemarie Rohn², Cristina M. Félix¹, Márcia E.
Longhim^{2,3}, Rodrigo Neregato² & Cássio A. Abreu¹

¹ Departamento de Paleontologia e Estratigrafia/Programa de Pós-graduação em Geociências,
Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91.540-000, Porto Alegre,
RS, Brasil (luisaouta@yahoo.com.br).

² Departamento de Geologia Aplicada, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Av. 24 A,
1515, CEP 13.506-900, Rio Claro, SP, Brasil.

³ Gerência Bioestratigrafia e Paleoecologia / CENPES / PETROBRÁS, Quadra 07, Prédio 20, sl. 1116 B,
Cidade Universitária, Ilha do Fundão, CEP 21941-598, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

E-mail(s): luisaouta@yahoo.com.br; paulo.alves.souza@ufrgs.br; rohn@rc.unesp.br; cmfelix@yahoo.com.br;
melonghim@petrobras.com.br; rodrigoneregato@hotmail.com; cassioaa@terra.com.br.

RESUMO

Os depósitos do intervalo Pensilvaniano-Permiano da Bacia do Paraná apresentam-se significativamente férteis em termos de palinomorfos, principalmente nas unidades do Grupo Tubarão e parte inferior do Grupo Passa Dois, o que torna a palinologia potencial para a bioestratigrafia. Este trabalho apresenta o arcabouço palinobioestratigráfico vigente, inserindo novos dados obtidos em distintas seções da bacia, modificando, em parte, a distribuição de determinados táxons, especialmente no intervalo correspondente à *Zona Vittatina costabilis* (Cisulariano: Asseliano a Sakmariano). Além disso, são discutidos alguns problemas sobre a caracterização das biozonas, bem como seu significado biocronoestratigráfico, à luz de novas datações absolutas obtidas.

Palavras-chave: palinologia, Bacia do Paraná, Neopaleozóico.

ABSTRACT

This paper discusses the Pennsylvanian-Permian palynobiostratigraphic framework of the Paraná Basin and presents new results for the Tubarão and lower Passa Dois groups

in different portions of the basin. The stratigraphic ranges of some taxa, especially within the *Vittatina costabillis* Zone (Cisularian: Asselian to Sakmarian), are reinterpreted. New absolute-dating results of some levels of the Paraná Basin succession and correlations to well dated intervals abroad provide discussions about the biozones characterization and their biochronostratigraphic interpretation.

Key-words: palynology, Paraná Basin, Late Paleozoic.

1. Introdução

Os depósitos pensilvanianos e permianos da Bacia do Paraná apresentam grande diversidade e abundância de fósseis. Entre esses, os palinomorfos são destacados por apresentarem relativa abundância e diversidade, especialmente no intervalo Pensilvaniano (Carbonífero Superior) a Cisuraliano (Permiano Inferior), permitindo o estabelecimento de zoneamentos bioestratigráficos, correlações a longas distâncias e datações relativas, de modo a auxiliar a compreensão da distribuição espacial e temporal das unidades estratigráficas.

Diversos zoneamentos palinológicos foram propostos para a bacia nesse intervalo de tempo, em diferentes escalas e baseados em distintos conceitos bioestratigráficos. Dentre esses, o mais abrangente em termos geográficos e estratigráficos é o de Daemon & Quadros (1970). Posteriormente, Marques-Toigo (1988, 1991) e Souza (2006) propuseram esquemas formais para as porções meridional e nordeste da bacia, respectivamente, com a inclusão de novos dados e a formalização das zonas, conforme sintetizado em Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006).

Este trabalho objetiva apresentar o estado atual de conhecimento sobre a palinobioestratigrafia do intervalo Pensilvaniano a Cisuraliano da Bacia do Paraná, representados pelos depósitos dos grupos Tubarão e Passa Dois, constituintes da Superseqüência Gondwana I (Milani, 1997). Os principais problemas de caracterização e correlação das biozonas ao longo da bacia são abordados, bem como a interpretação sobre seu significado biocronoestratigráfico. Resultados bioestratigráficos inéditos são apresentados, bem como novas perspectivas de aprimoramento do zoneamento vigente.

2. Contexto geológico e palinobioestratigráfico

A Superseqüência Gondwana I representa um grande ciclo transgressivo-

regressivo e é referente, em termos de nomenclatura estratigráfica, ao Grupo Tubarão (Subgrupo Itararé, formações Aquidauana, e Subgrupo Guatá: formações Rio Bonito, Palermo e Tatuí), de idade entre o Pensilvaniano (Bashkiriano/Moscoviano) e o Cisuraliano (Artinskiano), e ao Grupo Passa Dois (formações Irati, Serra Alta, Teresina, Corumbataí e Rio do Rasto), de idade entre o Cisuraliano (Artinskiano) e o Lopingiano (?Wuchiapingiano). Esta superseqüência abrange grande volume de depósitos da bacia (ca. 2.500 m), litologicamente heterogêneos, relativos a processos e ambientes de distinta natureza, vinculados às grandes mudanças paleoambientais do Gondwana, com registros glaciais e pós-glaciais, e termos de origem marinha, continental e transicional (síntese em Milani & Zalán, 1999).

A subdivisão palinobioestratigráfica mais abrangente em termos geográficos e estratigráficos para a seção pensilvaniana a permiana da Bacia do Paraná é a de Daemon & Quadros (1970). Com base exclusivamente na distribuição de grãos de pólen, os autores reconheceram seis unidades informais nomeadas como intervalos, em ordem ascendente: intervalos G, H (subdividido em H₁, H₂ e H₃), I (subintervalos I₁, I₂+I₃+I₄), J, K e L (subintervalos L₁, L₂ e L₃).

A partir dos trabalhos de Lima *et al.* (1983), Marques-Toigo (1988, 1991) e Souza *et al.* (1993, 1997) e Souza (1996, 2000), novos dados foram divulgados, incluindo o posicionamento de grande parte do Subgrupo Itararé em idades mais antigas do Pensilvaniano. Além disso, as biozonas foram aprimoradas e formalizadas (Souza & Marques-Toigo, 2003, 2005; Souza, 2006). De acordo com estes últimos autores, a sucessão palinológica do Pensilvaniano e do Permiano da Bacia do Paraná é representada por quatro zonas de intervalo, denominadas como zonas *Ahrensisporites cristatus*, *Crucisaccites monoletus*, *Vittatina costabilis* e *Lueckisporites virkkiae*, em ordem estratigráfica ascendente.

As zonas *Ahrensisporites cristatus* e *Crucisaccites monoletus* são apresentadas em detalhe por Souza (2006), a partir de dados de poços e afloramentos obtidos na porção nordeste da Bacia do Paraná, nos estados do Paraná (PR) e São Paulo (SP), de idade pensilvaniana (Bashkiriano a Gzheliano) e ocorrentes nas porções inferior e média do Subgrupo Itararé. Estas zonas não são contínuas ao longo da bacia, sendo consideradas ausentes no Rio Grande do Sul (RS) e ocorrendo parcialmente em Santa Catarina (SC). A Zona *Ahrensisporites cristatus* (idade pensilvaniana: Neobashkiriano / Kasimoviano) ocorre na porção inferior do Subgrupo Itararé e é

correlacionável ao intervalo G de Daemon & Quadros (1970). A Zona *Crucisaccites monoletus* distribui-se aproximadamente na porção média do Subgrupo Itararé, sendo equivalente ao Pensilvaniano final (Kazimoviano / Ghzeliano) e é parcialmente correlata aos intervalos G, H₁ e H₂ de Daemon & Quadros (1970).

Esporos lisos, apiculados e cingulados, e grãos de pólen monossacados constituem os elementos dominantes nessas duas biozonas. Na mais antiga, onze espécies de esporos são estratigraficamente restritas, enquanto que na segunda, somente a espécie epônima é estratigraficamente confinada. Diversas espécies são comuns nas duas biozonas, que também compartilham a baixa frequência de grãos de pólen bissacados e teniados, e a ausência de grãos de pólen poliplicados (Figura 1).

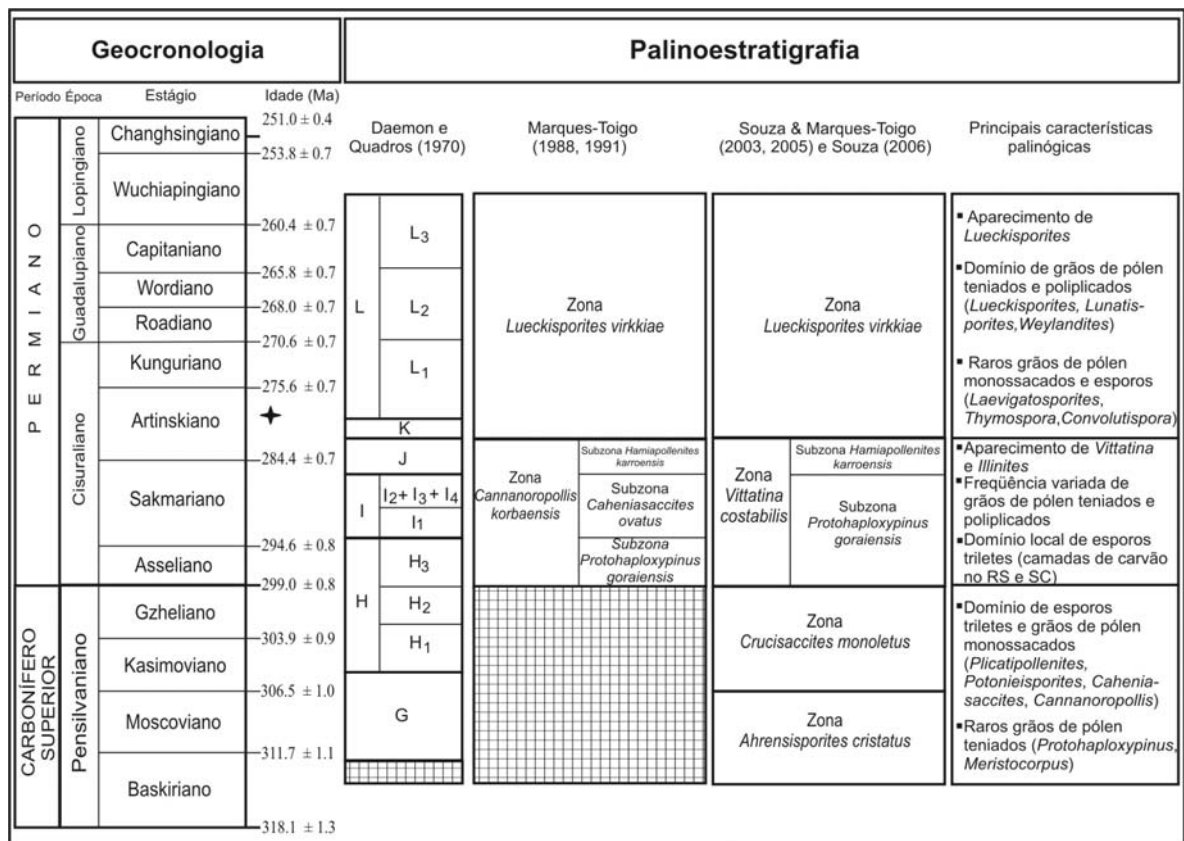


Figura 1. Síntese e correlação das palinozonas pensilvanianas e permianas da Bacia do Paraná (modificado de Souza, 2006; ★ datação absoluta da Formação Irati, segundo Santos *et al.*, 2006;).

A Zona *Vittatina costabilis* (nova designação da Zona *Cannanoropollis korbaensis* de Marques-Toigo, 1988, 1991), é correspondente aos intervalos H₃-J de Daemon & Quadros (1970) e ocorre desde a porção superior do Subgrupo Itararé até a porção superior da Formação Rio Bonito. A unidade é dividida em duas subzonas:

Subzona *Protohaploxypinus goraiensis* (que incorporou a Subzona *Caheniasaccites ovatus* de Marques-Toigo, 1988, 1991) e Subzona *Hamiapollenites karrooensis*. O limite inferior da zona é marcado pelo aparecimento do gênero *Vittatina*, de *Illinites unicus* e de espécies de *Protohaploxypinus* (e.g., *P. goraiensis*, *P. limpidus*), o que configura notável marco bioestratigráfico (Souza & Marques-Toigo, 2001), rastreável ao longo de toda a bacia.

Espécies de grãos de pólen monossacados e bissacados (gêneros *Cannanoropolis*, *Plicatipollenites*, *Caheniasaccites*, *Potonieisporites*, *Striomonosaccites*, *Limitisporites* e *Scheuringipollenites*) conhecidos desde as unidades subjacentes ocorrem expressivamente na Zona *Vittatina costabilis*, excetuando nos níveis de carvão do RS e SC, onde esporos são dominantes, podendo alcançar até 80% (Souza & Marques-Toigo, 2003, 2005).

O limite inferior da Zona *Lueckisporites virkkiae* é delimitado pelo primeiro aparecimento de várias espécies de grãos de pólen teniados e poliplicados, tais como *Lueckisporites virkkiae*, *L. stenotaeniatus*, *L. agoulaensis*, *Weylandites lucifer* e *Marsupipollenites striatus*, configurando importante *datum* bioestratigráfico para a bacia. Essa zona é correlacionável com os intervalos K-L de Daemon & Quadros (1970) e ocorre desde os níveis superiores da Formação Rio Bonito ou diretamente a partir da base da Formação Palermo até a Formação Irati, podendo ser estendida, embora com escassez de dados, à base da Formação Rio do Rasto (e.g., Daemon & Quadros, 1970; e dados inéditos).

3. Discussão

Embora tenha havido notável incremento no conhecimento palinológico da seção estratigráfica em foco, alguns problemas ainda persistem, discutidos a seguir: a ocorrência de uma mesma biozona em depósitos relativamente espessos e comportando mais de uma unidade litoestratigráfica; a carência de datações absolutas, e a ausência de trabalhos de integração com a estratigrafia de seqüências, limitando as interpretações sobre a evolução geológica de forma mais ampla.

3.1 Problemas e avanços na palinobioestratigrafia

A operacionalidade dos esquemas bioestratigráficos baseados em zonas de intervalo está vinculada a níveis bem delimitados de aparecimento e desaparecimento de espécies e à amplitude dos táxons que a definem. Embora o arcabouço atual

comporte menos unidades com relação ao esquema de Daemon & Quadros (1970), ele apresenta maior confiabilidade em sua aplicação tendo em vista que a distribuição de diversos táxons tem sido progressivamente reavaliada a partir de trabalhos de detalhe.

Em Souza & Marques-Toigo (2001) e Félix (2007), a amplitude de algumas espécies de grãos de pólen monossacados abordados em Daemon & Quadros (1970) foi reinterpretada. Para Daemon & Quadros (*op. cit.*), *Cannanoropolis densus* (equivalente às formas P-384 ou *Virkkipollenites* sp.) teria distribuição entre os intervalos H₂ a K, ocorrente desde Subgrupo Itararé à Formação Palermo. Novos dados indicam que a espécie ocorre desde a base do Subgrupo Itararé até a Formação Irati (Souza, 2000). Além disso, *Plicatipollenites trigonalis* e *Cannanoropolis triangularis* (formas P-490 e P-501 de Daemon & Quadros, *op. cit.*, respectivamente) estariam restritos ao intervalo G (base do Subgrupo Itararé). Contudo, conforme Félix (2007), a primeira espécie ocorre desde o Subgrupo Itararé até a Formação Irati, enquanto que *C. triangularis* estaria presente em toda a extensão do Subgrupo Itararé. Essas constatações ressaltam a importância da análise de novos materiais ao longo da bacia e da revisão taxonômica, tarefa realizada em Félix *et al.* (2006) e Félix (2007) para o grupo de grãos de pólen monossacados.

Além da ampliação na distribuição de determinados táxons, outras espécies de grãos de pólen podem ser acrescentadas às unidades bioestratigráficas propostas por Souza (2006), como *Costatascyclus crenatus*, restrito à Zona *Ahrensia* *sporites cristatus*. Ainda de acordo com Félix (2007), *Cannanoropolis mehtae* e *C. trigonalis* seriam restritos à Subzona *Protohaploxylinus goraiensis*, bem como *Stellapollenites talchirensis*, diferentemente do apresentado em Souza & Marques-Toigo (2001, 2003) e Souza (2006).

Em Abreu *et al.* (2006), novos materiais de superfície do Subgrupo Itararé e da Formação Rio Bonito foram palinologicamente analisados, de modo a confirmar a presença das zonas *Crucisaccites monoletus* e *Vittatina costabilis* em localidades inéditas dos estados de SC e PR, corroborando interpretações com base na estratigrafia de seqüências (França *et al.*, 1996).

Outro problema já apontado relaciona-se à Subzona *Protohaploxylinus goraiensis*, base da Zona *Vittatina costabilis*, que ocorre indistintamente no intervalo entre a porção superior do Subgrupo Itararé até aproximadamente a porção média da Formação Rio Bonito. Abrange, portanto, cenários paleoambientais distintos, principalmente em termos paleoclimáticos, além de uma discordância considerada

bastante significativa entre as duas unidades litoestratigráficas.

De acordo com Félix *et al.* (2006) e Félix (2007), algumas espécies de grãos de pólen monossacados anteriormente restritas às porções inferior e média do Subgrupo Itararé, teriam sua amplitude estendida até o topo da unidade (*e.g.*, *Cannanoropollis triangularis*, *Potonieisporites congoensis*, *P. densus*, *Circumplicatipollis plicatus* e *Crucisaccites latisulcatus*). Esses dados indicam a possibilidade da divisão da Zona *Vittatina costabilis*, a rigor da Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*, em subzonas possivelmente coincidentes com os limites litoestratigráficos (vide Figura 2). Embora o esquema atual esteja de acordo com o Guia Estratigráfico, que dá independência às divisões estratigráficas entre si (lito e bio), a ocorrência de limites de zonas de intervalo coincidentes com os limites

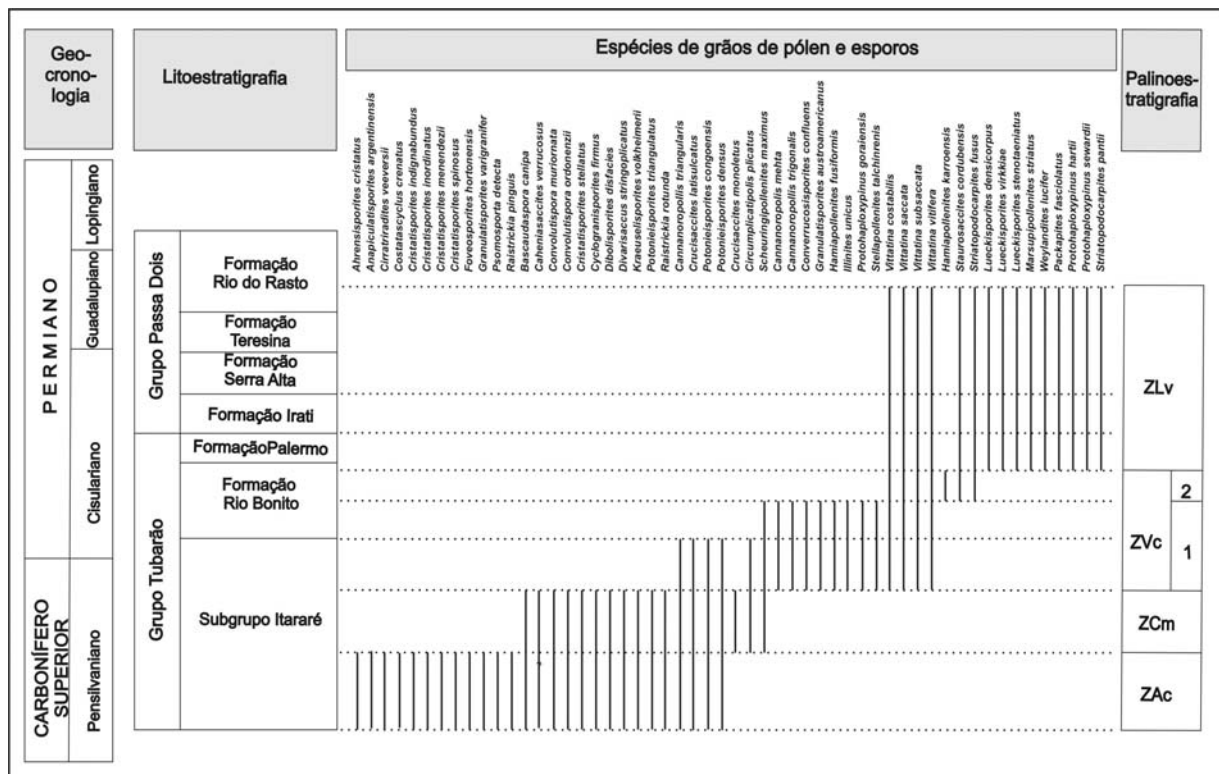


Figura 2. Distribuição estratigráfica de espécies selecionadas de esporos e grãos de pólen para o intervalo Pensilvaniano-Permiano da Bacia do Paraná, segundo Souza (2006) e Félix (2007) (ZAc: Zona *Ahrensiporites cristatus*; ZCm: Zona *Crucisaccites monoletus*; ZVc: Zona *Vittatina costabilis*; ZLv: Zona *Lueckisporites virkkiae*; 1: Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*; 2: Subzona *Hamiapollenites karrooensis*).

litoestratigráficos torna as unidades bioestratigráficas mais operacionais. Dessa forma, novos materiais desse intervalo estratigráfico estão sendo reavaliados em diversas partes da bacia, especialmente entre a região sul do Paraná e Santa Catarina, região relativamente pouco estudada, de modo a subsidiar uma melhor proposição

palinobioestratigráfica.

Para Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006), a Zona *Lueckisporites virkkiae* ocorre até a base da Formação Rio do Rasto, com a presença de elementos diagnósticos (e.g., *L. virkkiae*, *Weylandites lucifer*). Novos materiais têm permitido o registro de conjuntos palinológicos inéditos nessas unidades, com características diferenciadas daquelas tipicamente registradas nos níveis onde ocorrem a Zona *Lueckisporites virkkiae*. Esporos monoletes (principalmente *Laevigatosporites*), triletes (grande abundância de *Verrucosisporites*), grãos de pólen monossacados (raros grãos de *Cannanoropolis* e *Scheuringipollenites*), bissacados (principalmente *Staurosaccites*; raros grãos de *Limitisporites* e *Lueckisporites*) e poliplicados (abundantes grãos de *Weylandites*) têm sido verificados em níveis inéditos da Formação Teresina, relativamente bem preservados. Na parte inferior do Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto, a diversidade dos gêneros destes grupos diminui, passando a predominar *Verrucosisporites*. Esses novos dados estão sendo aprimorados do ponto de vista taxonômico e bioestratigráfico, na tentativa de uma melhor compreensão do seu significado paleoecológico e bioestratigráfico. Representam notável incremento na lista de táxons identificados em unidades geralmente consideradas palinologicamente muito pobres.

3.2. Calibração cronobioestratigráfica

A escassez de datações absolutas nos depósitos da Bacia do Paraná tem limitado a calibração adequada entre os esquemas bioestratigráficos propostos e correlações com a escala padrão de tempo geológico, tendo em vista também a ausência de fósseis característicos dos estratotipos padrões das idades. Dessa forma, novos trabalhos têm sido feitos na tentativa de melhorar as datações para o Paleozóico da bacia, em níveis palinologicamente férteis, a fim de conferir segurança aos posicionamentos biocronoestratigráficos das palinozonas.

As datações absolutas mais precisas para o intervalo na bacia são a de Matos *et al.* (2001) e a de Santos *et al.* (2006), ambas obtidas pelo método U-Pb em zircões (SHRIMP) a partir de cinzas vulcânicas registradas em níveis do carvão da Formação Rio Bonito (Candiota, RS) e de folhelhos da Formação Irati (São Mateus do Sul, PR), respectivamente. A primeira apontou idade de $267,1 \pm 3,4$ Ma para a Formação Rio Bonito, enquanto a segunda uma idade de $278,4 \pm 2,2$ Ma para a

Formação Irati. Constituem datações controversas, uma vez que a Formação Rio Bonito repousa estratigraficamente abaixo da Formação Irati. Novas datações no carvão de Candiota foram preliminarmente divulgadas por Guerra-Sommer *et al.* (2005), que obtiveram idades de $299 \pm 2,6$ e $296 \pm 1,4$ Ma, contrastando com a idade estabelecida por Matos *et al.* (2001) para o mesmo nível.

Por outro lado, a idade estabelecida para a Formação Irati por Santos *et al.* (2006) encontra apoio ao se correlacionar conjuntos palinológicos similares datados na Argentina ou na África. Níveis datados da Zona *Striatites* da Bacia do Chacopará na Argentina, palinologicamente correlatos à Zona *Lueckisporites virkkiae* (ocorrente na Formação Irati), apontam idade de $266,3 \pm 0,82$ Ma. Entretanto, não há controle biocronoestratigráfico da extensão de ambas biozonas, considerando-se que carecem de datação em seus níveis basal e superior. A datação da Formação Collingham (Stollhofen *et al.*, 2000), estratigraficamente superior à Formação Whitehill na África do Sul (esta última equivalente à Formação Irati) é equivalente a 270 ± 1 Ma, o que de forma geral corrobora os dados de Melchor (2000) e Santos *et al.* (2006) para as unidades sul-americanas (ver síntese em Césari, 2007). Também há coerência em relação às datações para o Grupo Dwyka na Namíbia e África do Sul (Bangert *et al.*, 1999), unidade glacial permo-carbonífera do Sistema Karoo, parcialmente correlacionável ao Subgrupo Itararé.

4. Considerações finais

O intervalo Pensilvaniano-Permiano, compreendendo mais de 50 milhões de anos, até o momento, pôde ser subdividido em número relativamente pequeno de palinozonas. Este fato deve refletir, em parte, a manutenção da diversidade florística no Pensilvaniano devido à glaciação, assim como no Meso e Neopermiano (Guadalupeano e Lopingiano) devido ao gradual aumento de aridez no Gondwana ocidental. Condições relativamente secas já devem ter predominado durante a deposição da Formação Irati (ainda no Eopermiano). A melhor resolução palinoestratigráfica de toda a sucessão estudada, restrita a um intervalo relativamente pequeno do Permiano Inferior (Cisuraliano), equivale a um provável aumento na diversidade florística como reflexo das condições climáticas mais amenas, as quais também contribuíram para a gênese de carvão. Por outro lado, o incremento na resolução estratigráfica do intervalo pode ser ligeiramente tendencioso em vista do número maior de estudos palinológicos realizados, principalmente para a pesquisa do carvão, e pela possível melhor preservação das assembléias palinológicas.

A integração da palinoestratigrafia com a estratigrafia de seqüências parece ser um assunto relativamente novo dentro do cenário da palinologia da Bacia do Paraná. Alguns modelos já foram propostos com relação às variações do nível de base e a resposta palinológica diante destas alterações (e.g. Holz & Dias, 1998). Os dados apresentados por Félix (2007) apontam para a possibilidade de subdivisão da Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*, havendo coincidência com seqüências estratigráficas anteriormente propostas. Embora os limites das unidades palinobioestratigráficas apresentem, em determinados intervalos, correlação com os limites de seqüências estratigráficas, existe ainda necessidade de maior refinamento em termos de sistemática palinológica, caracterização das biozonas e, por outro lado, aprimoramento na própria delimitação de seqüências. Estudos detalhados no âmbito da estratigrafia de seqüências ainda são escassos para a Bacia do Paraná.

Datações absolutas sistemáticas e a inclusão de novas técnicas de datação devem ser ainda experimentadas, de modo a fornecer um quadro biocronoestratigráfico mais preciso.

5. Agradecimentos

Agradecimentos são feitos ao CNPq (projeto 474153/2004-5) e à FAPESP (Proc. 05/55027-4), destacando-se também a concessão de bolsas pelos dois órgãos de fomento.

6. Referências

Abreu, C.A., Silva, D.R.A., Mizusaki, A.M.P. & Souza, P.A. 2006. Palinologia e geocronologia da transição entre o Subgrupo Itararé e a Formação Rio Bonito, Carbonífero Superior/Permiano Inferior da Bacia do Paraná. In: XVIII SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA/UFRGS, Área Ciências Exatas e da Terra, Porto Alegre. *Resumos*, p. 117.

Bangert, B., Stollhofen, H., Lorenz, V. & Armstrong, R. 1999. The geochronology and significance of ash-fall tuffs in the glaciogenic Carboniferous–Permian Dwyka Group of Namibia and South Africa. *Journal of African Earth Sciences*, 29: 33–49.

Césari, S.N. 2007. Palynological biozones and radiometric data at the Carboniferous–Permian boundary in western Gondwana. *Gondwana Research*, 11: 529–536.

Daemon, R.F. & Quadros, L.P. 1970. Bioestratigrafia no Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Brasília. *Anais*, p. 359-412.

Félix, C.M. 2007. *Palinotaxonomia e bioestratigrafia de gêneros de grãos de pólen monossacados selecionados da Bacia do Paraná*. Porto Alegre. 119p. Dissertação de Mestrado em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

Félix, C.M., Premaor, E., Hermany, G. & Souza, P.A. 2006. Análise palinotaxonômica e bioestratigráfica da Subturma Monosaccites na Bacia do Paraná, Brasil. I: *Plicatipollenites* Lele 1964 e *Crucisaccites* Lele & Maithy 1965. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 9: 63-72.

França, A.B., Winter, W.R. & Assine, M.L. 1996. Arenitos Lapa-Velha: um modelo de trato de sistemas subaquosos canal-lobos sob influência glacial, Grupo Itararé (C-P), Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 26:43-56.

Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Formozo, M. L., Menegat, R. & Basei, M. A. S. 2005. New radiometric data from ash fall rocks in Candiota coal-bearing strata and the palynostratigraphic framework in southern Paraná Basin (Brazil). In: GONDWANA 12, Mendoza. *Abstracts*, p. 89.

Holz, M. & Dias, M.E. 1997. Taphonomy of palynological records in a sequence stratigraphy framework: an example from the Eo-Permian from the Paraná Basin in southern Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 99: 217-233

Lima, M.R., Dino, R. & Yokoya, 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 Ciências*, 5:195– 208.

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 em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

Marques-Toigo, M. 1991. Palynobiostratigraphy of the southern brazilian Neopaleozoic Gondwana sequence. In: 7ST INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM, São Paulo. *Proceedings*, p. 503-515.

Matos, S.L.F., Yamamoto, J.K., Riccomini, C., Hachiro, J. & Tassinari, C.C.G. 2001. Absolute dating of Permian ash-fall in the Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research*, 4: 421-426.

Melchor, R., 2000. New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age for the base of Yacimiento Los Reyunos Formation (Permian), Mendoza, Argentina: stratigraphic and biostratigraphic implications. *Ameghiniana*, 37: 271–282.

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 em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

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: 199–205.

Santos, R.V., Souza, P.A., Alvarenga, C.J.S. de, Dantas, E.L., Pimentel, M.M., Oliveira, C.G. & Araújo, L.M. 2006. Shrimp U–Pb zircon dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research*, 9: 456–463.

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 em Ciências, Universidade de São Paulo, Brasil.

Souza, P.A. 2000. *Palinobioestratigrafia do Subgrupo Itararé, Carbonífero/Permiano, na porção nordeste da Bacia do Paraná (SP/PR, Brasil)*. São Paulo, 199p. Tese de Doutorado em Geociências, Universidade de São Paulo, Brasil.

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. & 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. & Marques-Toigo, M. 2003. An overview in the Palynostratigraphy of the Upper Paleozoic strata of the Brazilian Paraná Basin. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturais*, 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., Lima, M.R. & Saad, A.R. 1993. Palinologia dos carvões paleozóicos do Estado de São Paulo: I. O Carvão de Buri. *Revista Instituto Geológico*, 14: 5-20.

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 Instituto Geológico*, 18: 7-21.

Stollhofen, H., Stanistreet, I.G., Bangert, B. & Grill, H. 2000. Tuffs, tectonism and glacially related sea-level changes, Carboniferous–Permian, Southern Namibia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 161: 127–150.

ANEXO B

Manuscrito 2. “*Palinologia das formações Rio Bonito e Palermo (Permiano Inferior, Bacia do Paraná) em Candiota, Rio Grande do Sul, Brasil: novos dados e implicações bioestratigráficas*”, de autoria de Mori, A.L.O. & Souza, P.A, publicado no periódico *Ameghiniana*, volume 47, nº 01, páginas 61-78, ano 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



Ana L.O. MORI¹ e Paulo A. SOUZA²

Abstract. PALYNOLOGY OF THE RIO BONITO AND PALERMO FORMATIONS (LOWER PERMIAN, PARANÁ BASIN) IN CANDIOTA, RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL: NEW DATA AND BIOSTRATIGRAPHIC IMPLICATIONS. New palynologic associations were recovered from an outcrop located at BR 293 Highway, between Bagé and Candiota municipalities, Rio Grande do Sul state, Brazil, related to the Rio Bonito and Palermo formations, Lower Permian of Paraná Basin. Eight samples were collected and studied, showing rich and diversified palynofloras. A total of 76 species were recognized, 42 corresponding to spores, 24 to pollen grains and 10 related to algae and fungi. Palynomorphs registered in the section here analysed indicate the recognition of the *Vittatina costabilis* and *Lueckisporites virrkiae* zones. Species with stratigraphic ranges limited to Itararé Subgroup and Rio Bonito Formation were identified in a higher stratigraphical levels, meaning for instance, increasing on the stratigraphic range of these taxa. On the other hand, other stratigraphic interpretations are possible, constituting the scope of the present contribution.

Resumo. Novos conjuntos palinológicos foram recuperados de um afloramento localizado às margens da BR 293, situado entre os municípios de Bagé e Candiota, sul do Estado do Rio Grande do Sul, correspondentes às formações Rio Bonito e Palermo, Permiano Inferior da Bacia do Paraná. Um total de oito amostras foi estudado, revelando palinofloras ricas e diversificadas, com a identificação de 76 espécies, dentre as quais 42 são relativas a esporos, 24 a grãos de pólen, e 10 relacionadas a algas e fungos. Em termos bioestratigráficos, palinomorfos documentados na seqüência sedimentar analisada permitiram identificar duas unidades bioestratigráficas na seção, as zonas *Vittatina costabilis* e *Lueckisporites virrkiae*. Algumas espécies de distribuição estratigráfica limitada a determinados níveis do Subgrupo Itararé e da Formação Rio Bonito foram registrados em posição estratigráfica mais superior, podendo sugerir, à primeira vista, aumento na amplitude estratigráfica destes táxons. Entretanto, outras implicações estratigráficas são também admitidas, e constituem parte da discussão da presente contribuição.

Key words. Palynology. Lower Permian. Paraná Basin. Biostratigraphy.

Palavras-chave. Palinologia. Permiano Inferior. Bacia do Paraná. Bioestratigrafia.

Introdução

A sucessão sedimentar pensilvaniana e permiana da Bacia do Paraná é constituída por depósitos vinculados ao final da glaciação que atingiu grande parte do Gondwana, com representação nos estratos do Subgrupo Itararé, base do Grupo Tubarão, e pelos depósitos pós-glaciais relacionados à progressiva melhoria climática do Permiano, materializados nas demais unidades constituintes dos grupos Tubarão e

Passa Dois. No contexto pós-glacial, a abundante paleoflora registrada no Grupo Tubarão, destacadamente na da Formação Rio Bonito, permitiu o desenvolvimento de extensos depósitos de carvão, concentrados principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, porção sul da Bacia do Paraná.

No município de Candiota, sudoeste do Rio Grande do Sul ocorrem as mais espessas camadas de carvão do país, o que motivou uma grande produção de trabalhos de cunho estratigráfico, seja para um melhor reconhecimento e identificação das camadas economicamente viáveis à exploração (e.g. Fontes e Cava, 1980; Menezes-Filho e Brito, 1982; Wildner, 1983; Lopes *et al.*, 1986; Picolli *et al.*, 1986; Lavina e Lopes, 1987) ou para o melhor entendimento do

¹Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Bento Gonçalves, 9500, CEP 91.509-000, Porto Alegre, RS, Brasil.
luisaouta@yahoo.com.br; paulo.alves.souza@ufrgs.br

©Asociación Paleontológica Argentina

Palinologia das formações Rio Bonito e Palermo (Permiano Inferior, Bacia do Paraná) em Candiota, Rio Grande do Sul, Brasil: novos dados e implicações bioestratigráficas

Ana L. O. MORI¹, Paulo A. SOUZA²

Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Bento Gonçalves, 9500, CEP 91.509-000, Porto Alegre, RS, Brasil.

¹luisaouta@yahoo.com.br; ²paulo.alves.souza@ufrgs.br

Resumo. Novos conjuntos palinológicos foram recuperados de um afloramento localizado às margens da BR 293, situado entre os municípios de Bagé e Candiota, sul do Estado do Rio Grande do Sul, correspondentes às formações Rio Bonito e Palermo, Permiano Inferior da Bacia do Paraná. Um total de oito amostras foi estudado, revelando palinofloras ricas e diversificadas, com a identificação de 76 espécies, dentre as quais 42 são relativas a esporos, 24 a grãos de pólen, e 10 relacionadas a algas e fungos. Em termos bioestratigráficos, palinomorfos documentados na seqüência sedimentar analisada permitiram identificar duas unidades bioestratigráficas na seção, as zonas *Vittatina costabilis* e *Lueckisporites virrkiae*. Algumas espécies de distribuição estratigráfica limitada a determinados níveis do Subgrupo Itararé e da Formação Rio Bonito foram registrados em posição estratigráfica mais superior, podendo sugerir, à primeira vista, aumento na amplitude estratigráfica destes táxons. Entretanto, outras implicações estratigráficas são também admitidas, e constituem parte da discussão da presente contribuição.

Palavras-chave. Palinologia. Permiano Inferior. Bacia do Paraná. Bioestratigrafia.

Abstract. *Palynology of the Rio Bonito and Palermo formations (Lower Permian, Paraná Basin) in Candiota, Rio Grande do Sul, Brazil: new data and biostratigraphic implications.* New palynologic associations were recovered from an outcrop located at BR 293 Highway, between Bagé and Candiota municipalities, Rio Grande do Sul state, Brazil, related to the Rio Bonito and Palermo formations, Lower Permian of Paraná Basin. Eight samples were collected and studied, showing rich and diversified palynofloras. A total of 76 species were recognized, 42 corresponding to spores, 24 to

pollen grains and 10 related to algae and fungi. Palynomorphs registered in the section here analysed indicate the recognition of the *Vittatina costabilis* and *Lueckisporites virrkiae* zones. Species with stratigraphic ranges limited to Itararé Subgroup and Rio Bonito Formation were identified in a higher stratigraphical levels, meaning for instance, increasing on the stratigraphic range of these taxa. On the other hand, other stratigraphic interpretations are possible, constituting the scope of the present contribution.

Key words. Palynology. Lower Permian. Paraná Basin. Biostratigraphy.

Introdução

A sucessão sedimentar pensilvaniana e permiana da Bacia do Paraná é constituída por depósitos vinculados ao final da glaciação que atingiu grande parte do Gondwana, com representação nos estratos do Subgrupo Itararé, base do Grupo Tubarão, e pelos depósitos pós-glaciais relacionados à progressiva melhoria climática do Permiano, materializados nas demais unidades constituintes dos grupos Tubarão e Passa Dois. No contexto pós-glacial, a abundante paleoflora registrada no Grupo Tubarão, destacadamente na Formação Rio Bonito, permitiu o desenvolvimento de extensos depósitos de carvão, concentrados principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, porção sul da Bacia do Paraná.

No município de Candiota, sudoeste do Rio Grande do Sul ocorrem as mais espessas camadas de carvão do país, o que motivou uma grande produção de trabalhos de cunho estratigráfico, seja para um melhor reconhecimento e identificação das camadas economicamente viáveis à exploração (*e.g.* Fontes e Cava, 1980; Menezes-Filho e Brito, 1982; Wildner, 1983; Lopes *et al.*, 1986; Picolli *et al.*, 1986; Lavina e Lopes, 1987) ou para o melhor entendimento do comportamento e evolução da bacia na sua seção sul, incluindo a aplicação de conceitos da Estratigrafia de Sequências (Alves e Ade, 1996; Holz, 1998; Holz *et al.*, 2006).

Macrofósseis vegetais e megásporos são conhecidos na área desde o século XIX. Entretanto, palinórfos são relativamente mais abundantes, constituindo a ferramenta bioestratigráfica mais importante, uma vez que permitem correlações locais e regionais dos depósitos da bacia.

Embora datações radiométricas sejam disponíveis para determinados níveis da Formação Rio Bonito na Mina de Candiota (Matos *et al.*, 2001; Guerra-Sommer *et al.*, 2005, 2008a, 2008b), as informações palinoestratigráficas associadas são

carentes de maior aprofundamento. Portanto, a análise é bastante limitada, seja pela ausência de amarração bioestratigráfica dos níveis onde os palinomorfos ocorrem, seja por falta de ilustrações e ou descrições originais, impedindo comparações com o zoneamento vigente para a bacia.

Desta forma, este trabalho objetiva apresentar o conteúdo palinológico de oito amostras coletadas em um afloramento inédito, localizado às margens da BR 293, entre os municípios de Bagé e Candiota, correspondentes às formações Rio Bonito e Palermo, discutindo as implicações bioestratigráficas das associações palinológicas recuperadas, à luz dos zoneamentos palinobioestratigráficos disponíveis para a bacia (Daemon e Quadros, 1970; Souza e Marques-Toigo, 2003, 2005; Souza, 2006). Para uma melhor resolução e entendimento das questões bioestratigráficas, os táxons identificados foram apresentados sob a forma de listagem taxonômica, com ilustrações e respectiva distribuição estratigráfica, fornecendo uma base de dados mais segura para o detalhamento dos limites das palinozonas paleozóicas para a bacia. Além disso, o nível de *tonstein* presente no afloramento permitiu a obtenção de datações radiométricas, dados que estão sendo tratados em trabalho à parte, e que, incorporados às novas informações aqui expostas, permitirão melhorar o posicionamento das unidades palinobioestratigráficas em termos biocronoestratigráficos, ampliando a integração das informações intra e extra-baciais.

Contexto geológico e paleontológico

Geologia local

A Bacia do Paraná é uma grande bacia intracratônica sul-americana, cobrindo cerca de 1.700.000 km² em área, distribuída em porções territoriais do Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai (figura 1.1), envolvendo uma grande seqüência sedimentar, que excede 6.000 metros em seu depocentro. De acordo com Milani (1997), seis grandes unidades aloestratigráficas são identificadas para a bacia, nomeadas como Superseqüência Rio Ivaí (litoestratigraficamente relacionada ao Grupo Rio Ivaí, de idade Ordoviciano/Siluriano), Paraná (Grupo Paraná, Devoniano), Gondwana I (grupos Tubarão e Passa Dois, Pensilvaniano/Permiano), Gondwana II (unidades triássicas), Gondwana III (Grupo São Bento, Jurássico/Cretáceo) e Bauru (Grupo Bauru, Cretáceo).

FIGURA 1

A Supersequência Gondwana I (figura 1.2) corresponde a um grande ciclo transgressivo-regressivo, sendo referente, em termos litoestratigráficos, às unidades do Grupo Tubarão (Subgrupo Itararé, formações Aquidauana, Rio Bonito, Palermo e Tatuí), de idade entre o Pensilvanino (Bashkiriano/Moskoviano) ao Cisuraliano (Artinskiano), e ao Grupo Passa Dois, onde estão incluídas as formações Irati, Serra Alta, Teresina, Corumbataí e Rio do Rasto, de idade entre o Cisuraliano (Artinskiano) e o Lopingiano (Wuchiapingiano?). Esta supersequência compreende um espesso pacote sedimentar, litologicamente heterogêneo, relacionado a processos e paleoambientes de natureza distinta, resultado das expressivas mudanças ambientais ocorridas no setor ocidental do Gondwana, tal como sintetizado em Milani e Zalán (1999).

Segundo Milani (1997), os depósitos das formações Rio Bonito e Palermo estão associados às condições pós-glaciais do Permiano Inferior. A primeira é predominantemente constituída por arenitos fluviais e associações de pelitos, originados a partir de ambientes lagunares e deltaicos, incluindo espessas camadas de carvão. Por outro lado, a Formação Palermo é constituída por siltitos e argilitos, interpretados como de origem marinha plataformal, representando os depósitos de máxima inundação da Supersequência Gondwana I. Na porção nordeste da bacia, estas unidades são parcialmente correlatas à Formação Tatuí (Estado de São Paulo), composta por arenitos, siltitos e calcários, interpretados também como de origem marinha, ou à Formação Dourados ao norte, com predomínio de arenitos (figura 1.2).

Síntese dos dados paleontológicos prévios

A listagem de trabalhos de cunho paleobotânico e palinológico desenvolvidos nos depósitos pensilvanianos e permianos da Bacia do Paraná é relativamente extensa. Particularmente sobre as formações Rio Bonito e Palermo, a maior parte é procedente de diversas localidades do Estado do Rio Grande do Sul (*e.g.*, Cauduro, 1970; Dias-Fabrizio, 1981; Picarelli *et al.*, 1986), focando, principalmente, os carvões e rochas associadas.

Os primeiros registros fósseis para a região de Candiota resultam das publicações sobre achados paleobotânicos (incluindo-se megásporos e miósporos associados), a partir dos trabalhos de Carruthers (1869), Plant (1869), Hartt (1870),

Liais (1872), Zeiller (1895), Lundquist (1920) e posteriormente Trindade (1954) e Dijkstra (1955).

Estudos palinológicos dos carvões e rochas associadas das formações Rio Bonito e Palermo na área foram desenvolvidos por vários autores a partir da década de 60 do século passado. As listas de táxons são relativamente extensas, incluindo diversas proposições taxonômicas. Ao longo dos últimos anos, diversos desses táxons foram revistos e sinonimizados por outros autores. Considerando os objetivos do presente trabalho, a seguir é apresentada uma síntese sobre o significado bioestratigráfico de cada uma dessas contribuições, de modo a ressaltar sua importância e aspectos problemáticos.

As primeiras análises essencialmente palinológicas para a região de Candiota foram realizadas por Pant e Srivastava (1965), relativas a uma amostra procedente de Candiota além de uma segunda localidade não especificada do Estado de Santa Catarina. O material foi re-estudado por Tiwari e Navale (1967), segundo os quais o conteúdo das duas amostras seria distinto do ponto de vista quantitativo, sugerindo que poderiam representar diferentes fácies deposicionais. Em termos de idade, a comparação entre as duas associações palinológicas permitiu inferir idade mais antiga para o material analisado do Estado do Rio Grande do Sul do que aquele coletado em Santa Catarina.

A amostragem do material publicado por Nahuys *et al.* (1968) é oriunda de diversas localidades da Formação Rio Bonito dos estados do sul do Brasil, incluindo amostras procedentes de Candiota. Segundo os autores, os depósitos de carvão da região seriam de idade permiana, contrariando a atribuição de idade carbonífera proposta por autores prévios (*e.g.*, Beurlen, 1953; Dolianiti, 1953). Embora a amostragem tenha sido relativamente ampla e exaustiva, a carência de informações sobre as procedências geográfica ou estratigráfica para cada táxon, dentro da Formação Rio Bonito, dificulta uma melhor análise bioestratigráfica e paleoambiental.

O trabalho de Ybert (1975) é baseado em amostras de testemunho de sondagem e afloramentos exclusivamente da Formação Rio Bonito, associadas aos depósitos de carvão da região dos municípios de Candiota e Hulha Negra, incluindo perfis estratigráficos e dados sobre a localização estratigráfica. Entretanto, nota-se que somente os níveis de carvão foram amostrados, o que era muito comum na época, uma vez que o foco principal dos estudos era voltado para o estudo desse recurso, visando seu aproveitamento econômico. Esta tendência perdurou por muito tempo depois,

resultando em um conjunto de dados que reflete muito mais o contexto local - da palinoflora formadora do carvão - do que as associações faciológicas como um todo. Além disso, tal como em Nahuys *et al.* (1968), o autor não detalhou o local de ocorrência das espécies documentadas, informação que é fornecida somente para as novas espécies propostas ou para os espécimes fotografados.

Na mesma época, Marques-Toigo *et al.* (1975) apresentaram gêneros de megásporos e micrósporos identificados do carvão de Candiota, cujo estudo foi aprofundado por Corrêa da Silva e Marques-Toigo (1975). Além dos níveis de carvão, as autoras amostraram níveis pelíticos e de *tonstein*, com análises quantitativas por nível estratigráfico, com considerações do ponto de vista paleoecológico. Além de palinomorfos de origem continental (esporomorfos, zignematáceas), já conhecidos para os depósitos de carvão da região de Candiota, microfósseis de origem marinha (*Navifusa* e *Cymatiosphaera*) foram documentados por Meyer e Marques-Toigo (2000), permitindo corroborar esquemas estratigráficos que propunham ingressões marinhas no sistema formador de carvões (Alves e Ade, 1996; Holz, 1998).

As contribuições realizadas por Cazzulo-Klepzig *et al.* (2002, 2005) e Guerra-Sommer *et al.* (2008a, 2008b) apresentam listas de táxons ocorrentes na região com base em trabalhos prévios, alguns dos quais ilustrados, embora parte deles seja proveniente de outras localidades do Estado (vide Santos *et al.*, 2006, p. 461). Em Guerra-Sommer *et al.* (2008a), cita-se que *Protohaploxypinus goraiensis* e espécies do gênero *Stritatopodocarpites* teriam sido documentadas na Mina de Candiota (Cazzulo-Klepzig *et al.*, 2005). O registro destes palinomorfos permitiu aos autores o posicionamento da seção analisada na Subzona *Protohaploxypinus goraiensis* e a atribuição da datação radiométrica obtida por eles à unidade bioestratigráfica identificada. Entretanto, apenas o segundo gênero é citado em Cazzulo-Klepzig *et al.* (2005), sem ilustrações. Dessa forma, a análise sobre o significado bioestratigráfico torna-se prejudicada.

Palinoestratigrafia da Bacia do Paraná

Diversos esquemas bioestratigráficos foram propostos para o intervalo Pensilvaniano a Permiano da Bacia do Paraná, dentre os quais o de Daemon e Quadros (1970) é o mais abrangente, seja em termos estratigráficos e geográficos (vide Souza e Milani, 2007). Entretanto, atualizações contínuas no conhecimento da palinoflora e da

distribuição estratigráfica de seus táxons constituintes permitiram aprimoramentos nas unidades bioestratigráficas da bacia, tornando-as mais operacionais. Desta forma, a partir de trabalhos de detalhe, Souza e Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006) apresentaram esquemas baseados em zonas de intervalo, caracterizados por limites bem definidos de aparecimento e desaparecimento de táxons selecionados.

De acordo com Souza e Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006), a sucessão neopaleozóica da Bacia do Paraná compreende quatro zonas de intervalo, nomeadas como: zonas *Ahrensiporites cristatus* (ZAc), *Crucisaccites monoletus* (ZCm), *Vittatina costabilis* (ZVc) e *Lueckisporites virkkiae* (ZLv). As ZAc e ZCm caracterizam o intervalo Pensilvaniano da bacia, sendo relativas às porções inferior e média do Subgrupo Itararé, registradas na porção nordeste da Bacia. Nos estados do Rio Grande do Sul e parte de Santa Catarina, somente as duas últimas unidades são reconhecidas, podendo ser identificadas a partir do topo do Subgrupo Itararé e estendidas às unidades mais superiores do Grupo Passa Dois.

A partir do topo do Subgrupo Itararé podem ser verificados os níveis basais de ocorrência da ZVc, a qual estende-se até o topo da Formação Rio Bonito. Esta zona é dividida em duas unidades, Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*, a qual é reconhecida também nas camadas de carvão, e na Subzona *Hamiapollenites karrooensis*, definida principalmente pela restrição da espécie que nomeia a unidade e pelo primeiro aparecimento das espécies *Striatopodocarpites fusus* e *Staurosaccites cordubensis*. A ZLv ocorre estratigraficamente acima da ZVc, sendo relacionada ao topo da Formação Rio Bonito, estendendo-se até a base da Formação Rio do Rasto (Membro Serrinha), conforme dados recentes de Neregato (2007) e Neregato *et al.* (2008), os quais registraram assembléias relativamente diversificadas nos depósitos desta última unidade, em níveis anteriormente considerados estéreis.

Materiais e métodos

As amostras analisadas foram coletadas em um afloramento situado às margens da Rodovia BR 293, na altura do km 152, entre os municípios de Bagé e Candiota, Estado do Rio Grande do Sul, região sul do Brasil (figura 2). O afloramento é constituído por camadas de carvão e níveis de siltitos carbonosos relacionadas à Formação Rio Bonito, com um nível de *tonstein* intercalado. Níveis basais da Formação Palermo ocorrem em contato erosivo com a unidade subjacente, os quais também foram

analisados. Oito amostras foram selecionadas para análise palinológica, nomeadas, em ordem estratigráfica ascendente: C1, C2, C3, C4, C5, C6 (correspondentes à Formação Rio Bonito), C7 e C8 (Formação Palermo). O perfil litoestratigráfico com a indicação dos níveis analisados é apresentado na figura 3.

FIGURA 2

As amostras foram processadas no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, seguindo o método padrão para amostras paleozóicas (Quadros e Melo, 1987). Após a desagregação física do material, foram adicionados ácidos (HCl e HF) para dissolução dos minerais carbonáticos e silicáticos, permitindo a recuperação de matéria orgânica incluída na matriz mineral. Após sucessivas lavagens para neutralização do material, obteve-se um resíduo a partir de peneiramento entre as frações de 20 a 250 micrometros. Parte do resíduo foi tratado com solução de KOH 10% para remoção de matéria orgânica amorfa, de modo a facilitar a identificação taxonômica. Um total de 29 lâminas foi confeccionado para estudo, depositadas na Palinoteca do Museu de Paleontologia do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob os códigos MP-P: 5666 a 5695.

FIGURA 3

As análises palinológicas constituíram-se na identificação taxonômica e caracterização quantitativa do material sob microscopia óptica em aumentos de 200 a 1000 vezes, com contagem mínima de 200 espécimes por nível estratigráfico. Para a interpretação bioestratigráfica, foram selecionadas espécies incluídas nas biozonas propostas a partir de Souza e Marques-Toigo (2003, 2005) e refinadas em Souza (2006).

Resultados

Composição dos conjuntos palinológicos

As amostras analisadas apresentaram conjuntos palinológicos relativamente abundantes, diversificados e bem preservados. Um total de 76 esporomorfos foi identificado, dentre os quais 42 espécies são relativas a esporos, 24 grãos de pólen, enquanto 10 formas são relacionadas a elementos constituintes do microplâncton. Todos os táxons registrados estão listados a seguir. Palinomorfos

considerados como comuns nas associações assim como aqueles diagnosticados como espécies índices foram preferencialmente ilustrados. Nas tabelas 1 e 2 são apresentadas as abundâncias relativas e as distribuições de cada espécie por nível estratigráfico na seção estudada.

Esporos triletes acavados

Apiculatisporis levis Balme e Hennelly 1956

Apiculiretusispora sparsa Menendez e Azcuy 1979

Brevitriletes cornutus (Balme e Hennelly) Backhouse 1991 (figura 4.11)

Brevitriletes irregularis (Nahuys, Alpern e Ybert) Césari, Archangelsky e Seoane 1995 (figura 4.10)

Calamospora exigua Staplin 1960

Calamospora inderjensis (Malayavkina ex Lubert e Valts) Hart 1965

Calamospora liquida Kosanke 1950

Calamospora plicata (Lubert e Valts) Hart 1965

Calamospora sinuosa Leschik 1955 (figura 4.1)

Converrucosisporites micronodosus (Balme e Hennelly) Playford e Dino 2002

Converrucosisporites confluens (Archangelsky e Gamero) Playford e Dino 2002 (figura 4.8)

Convolutispora candiotensis Ybert 1975 (figura 4.17)

Cyclogranisporites gondwanensis Bharadwaj e Salujha 1964 (figura 4.6)

Cyclogranisporites parvigranulosus (Leschik) Ybert 1975

Foveosporites sp. (figura 4.16)

Foveolatisporites sp.

Granulatisporites austroamericanus Archangelsky e Gamero 1979 (figura 4.7)

Horriditriletes curvibaculosus Bharadwaj e Salujha 1964 (figura 4.13)

Horriditriletes gondwanensis (Tiwari e Moiz) Foster 1975

Horriditriletes pathakheraensis Anand-Prakash 1970 (figura 4.14)

Horriditriletes ramosus (Balme e Hennelly) Bharadwaj e Salujha 1964

Horriditriletes superbus (Foster) Césari, Archangelsky e Seoane 1995

Horriditriletes uuguaiensis (Marques-Toigo) Archangelsky e Gamero 1979 (figura 4.15)

Leiotriletes virkkii Tiwari 1965 (figura 4.2)

Lophotriletes pseudoaculeatus Potonié e Kremp 1955 (figura 4.12)

Murospora bicingulata Ybert 1975 (figura 4.19)

Psomospora sp. (figura 4.24)

Punctatisporites gretensis Balme e Hennelly 1956 (figura 4.3)

Retusotriletes golatensis Staplin 1960 (figura 4.5)

Retusotriletes nigrillus (Luber) Foster 1979 (figura 4.4)

Retusotriletes simplex Naumova 1953

Verrucosisporites pseudoreticulatus forma minor Ybert 1975

Verrucosisporites sp. (figura 4.9)

Esporos triletes cavados cingulizados

Cristatisporites inconstans Archangelsky e Gamero 1979

Diatomozonotriletes subbaculiferus (Nahuys, Alpern e Ybert) Césari, Archangelsky e Gamero 1995 (figura 4.18)

Reticulatisporites pseudopalliatum Staplin 1960 (figura 4.20)

Vallatisporites splendens Staplin e Jansonius 1962

Vallatisporites vallatus Hacquebard 1957

Lundbladispóra braziliensis (Marques-Toigo e Pons) Marques-Toigo e Picarelli 1984 (figura 4.21)

Lundbladispóra riobonitensis Marques-Toigo e Picarelli 1984 (figura 4.22)

Esporos monoletes

Laevigatosporites desmoinensis (Wilson e Coe) Shopf, Wilson e Bentall 1944

Laevigatosporites vulgaris Ibrahim 1933 (figura 4.23)

Grãos de pólen monossacados

Caheniasaccites elongatus Bose e Kar 1966 (figura 5.1)

Potonieisporites lelei Maheshwari 1967 (figura 5.2)

Distriomonosaccites crucistriatus (Ybert) Césari, Archangelsky e Seoane 1995 (figura 5.3)

Striomonosaccites sp. cf. *Striomonosaccites ovatus* Bharadwaj 1962 (figura 5.4)

Grãos de pólen bissacados não teniados

Limitisporites rectus Leschik 1955

Grãos de pólen bissacados teniados

- Hamiapollenites fusiformis* Marques-Toigo 1974 (figura 6.1)
Illinites unicus (Kosanke) Jansonius e Hills 1976 (figura 5.5)
Lueckisporites virkkiae (Potonié e Klaus) Clarke 1965 (figura 6.3)
Lunatisporites variesectus Archangeslky e Gamberro 1979 (figura 5.10)
Protohaploxypinus goraiensis (Potonié e Lele) Hart 1964 (figura 5.6)
Protohaploxypinus limpidus (Balme e Hennelly) Balme e Playford 1967 (figura 5.7)
Protohaploxypinus perfectus (Nauomova) Samoilovich 1953 (figura 5.8)
Protohaploxypinus samoilovichii (Jansonius) Hart 1964 (figura 5.9)
Striatoabieites multistriatus (Balme e Hennelly) Hart 1964 (figura 6.2)
Striatopodocarpites cancellatus (Balme e Hennelly) Hart 1963 (figura 5.11)
Striatopodocarpites fusus (Balme e Hennelly) Potonié 1958 (figura 5.12)

Grãos de pólen praeocolpados

- Pakhapites fusus* Bose e Kar 1966 Menéndez 1971 (figura 6.4)
Pakhapites ovatus (Bose e Kar) Playford e Dino 2000
Marsupipollenites sp. cf. *Marsupipollenites striatus* (Balme e Hennelly) Foster 1975 (figura 6.5)

Grãos de pólen monocolpados

Cycadopites sp.

Grãos de pólen poliplicados

- Vittatina costabilis* Wilson 1962 (figura 6.6)
Vittatina saccata (Hart) Playford e Dino 2000
Vittatina subsaccata Samoilovich 1953
Weylandites lucifer (Bharadwaj e Salujha) Foster 1975 (figura 6.7)

Algas clorofíceas

- Brazilea scisa* (Balme e Hennelly) Foster 1975 (figura 6.9)
Botryococcus braunii Kutzing 1849
Congoites sp.
Leiosphaeridae sp. (figura 6.11)

Pilasporites calculus (Balme e Hennelly) Tiwari e Navale 1967

Quadrisporites lobatus (Tiwari e Navale) Ybert 1975

Quadrisporites horridus (Hennelly) Potonie e Lele 1961 (figura 6.8)

Tasmanites sp.

Tetraporina punctata (Tiwari e Navale) Kar e Bose 1976 (figura 6.10)

Fungos

Portalites gondwanensis Nahuys, Alpern e Ybert 1968 (figura 6.12)

FIGURA 4

FIGURA 5

FIGURA 6

Características gerais dos conjuntos palinológicos

Diferenças quantitativas são observadas nos conjuntos palinológicos registrados para as duas unidades, com maior abundância de esporos triletes nas amostras da Formação Rio Bonito. Embora as amostras da Formação Palermo apresentem conteúdo semelhante, diferenciam-se por maior frequência relativa de grãos de pólen bissacados e teniados. De maneira geral, grãos de pólen monossacados são raros nas duas unidades, e frequentemente apresentam mau estado de preservação, por vezes dificultando sua classificação em nível específico.

Esporos associados a diferentes grupos vegetais foram documentados, tais como representantes de Filicophyta (*Apiculatisporites*, *Brevitriletes*, *Convolutispora*, *Converrucosisporites*, *Cyclogranisporites*, *Granulatisporites*, *Horriditriletes*, *Leiotriletes*, *Lophotriletes*, *Punctatisporites*, *Reticulatisporites*, *Retusotriletes*, *Verrucosisporites*), Sphenophyta (*Calamospora*, *Laevigatosporites*) e Lycophyta (*Cristatisporites*, *Lundbladispota*, *Vallatisporites*). Grãos de pólen relacionados às Gimnospermas, tais como Coniferophyta (*Caheniasaccites*, *Hamiapollenites*, *Limitisporites*, *Lueckisporites*, *Lunatisporites*, *Potonieisporites*, *Striatoabieites*, *Staurosaccites*), Glossopteridophyta (*Illinites*, *Fusacolpites*, *Marsupipollenites*, *Protohaploxylinus*, *Striatopodocarpites*, *Vittatina*, *Weylandites*) e Cycadales (*Cycadopites*) (Balme, 1995) também foram documentados.

Nas associações da Formação Rio Bonito predominam esporos dos gêneros *Punctatisporites*, *Granulatisporites*, *Horriditriletes*, *Lophotriletes*, e de maneira subordinada, os gêneros *Cyclogranisporites* e *Verrucosisporites*. Grãos de pólen monossacados ocorrem em baixas proporções (*Caheniasaccites*, *Potonieisporites*), frequentemente em mau estado de preservação. Por outro lado, nas palinofloras da Formação Palermo dominam esporos do gênero *Punctatisporites* e formas cingulizadas como *Lundbladispora* (incluindo tétrades), registrando-se também aumento na frequência de grãos de pólen, principalmente de teniados (*Protohaploxylinus*, *Lunatisporites*, *Striatopodocarpites*) e poliplicados (*Vittatina*, *Weylandites*). Por sua vez, em termos de diversidade, a amostra C4, a qual é incluída na Formação Rio Bonito, é constituída por uma palinoflora “transicional” entre duas unidades litoestratigráficas. Esta associação é caracterizada por uma grande variedade e abundância de esporos (e.g. *Punctatisporites*, *Leiotriletes*, *Brevitriletes*, *Horriditriletes*, *Granulatisporites*, *Cyclogranisporites*, *Retusotriletes*, *Murospora*, *Laevigatosporites*), grãos de pólen monossacados e estriados (e.g. *Caheniasaccites*, *Protohaploxylinus*, *Hamiapollenites*, *Striatoabietes*), grãos de pólen poliplicados (*Vittatina*, *Weylandites*) e elementos relativos a algas e fungos (*Tetraporina*, *Quadrisporites*, *Brazilea*, *Portalites*).

Formas associadas a algas zignematáceas, entre elas *Brazilea*, *Tetraporina* e *Quadrisporites*, são frequentemente documentadas nas associações da Formação Rio Bonito. Esses táxons também ocorrem na Formação Palermo, porém em baixas proporções. Além disso, *Portalites gondwanensis*, considerado por alguns autores como fungo (Elsik, 1996), foi identificado em ambas unidades.

TABELA 1

TABELA 2

Posicionamento bioestratigráfico

O posicionamento bioestratigráfico apresentado a seguir é realizado com base na ocorrência dos táxons por nível estratigráfico, considerando o zoneamento vigente para o intervalo na bacia (Souza e Marques-Toigo, 2003, 2005; Souza, 2006). Maiores considerações sobre esse tema fazem parte das discussões, tendo em vista a detecção de que os conjuntos palinológicos não se enquadram perfeitamente nas zonas disponíveis.

A presença de *G. austroamericanus* e *V. subsaccata* indicam o posicionamento das amostras dos níveis C1, C2 e C3 na ZVc, provavelmente Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*, o que também é confirmado pela ausência de táxons diagnósticos das unidades suprajacentes. Na amostra do nível C4 ocorrem *G. austroamericanus*, *C. confluens*, *I. unicus*, *H. fusiformis*, *P. goraiensis*, *V. costabilis* e *V. subsaccata*, táxons diagnósticos da Subzona *P. goraiensis*. Contudo, são registrados associados *L. virkkiae* e *W. lucifer*, os quais têm aparecimento a partir da Zona *L. virkkiae*. Tendo em vista que o zoneamento vigente é baseado em limites de aparecimento e desaparecimento, o nível C4 deveria ser posicionado nesta última zona, o que resulta em problemas do ponto de vista das caracterizações das zonas, conforme será discutido mais adiante. O conteúdo das amostras C5 e C6, ambas da Formação Rio Bonito, é constituído por esporos e grãos de pólen caracterizados por amplo alcance estratigráfico, dificultando qualquer determinação de posicionamento bioestratigráfico particular. Dessa forma, o posicionamento do intervalo C5-C6 é realizado com base nas amostras supra e subjacentes.

As amostras C7 e C8, da Formação Palermo, possuem táxons diagnósticos da Zona *L. virkkiae*, tais como *S. fusus*, *S. cancellatus*, *L. variesectus*, *S. multistriatus*, *W. lucifer* e *L. virkkiae*. Contudo, tal como ocorre na amostra C4, há presença de táxons estratigraficamente restritos a outras zonas, como é o caso de *G. austroamericanus*, *C. confluens* e *H. fusiformis*, considerados restringidos à Subzona *P. goraiensis*.

Dessa forma, considerando o exposto e tendo como base o zoneamento vigente, duas zonas ocorrem nas amostras estudadas: Subzona *P. goraiensis*, base da Zona *V. costabilis*, identificada nas amostras C1 a C3, da Formação Rio Bonito; Zona *Lueckisporites virkkiae*, amostras C4 a C8, abrangendo desde o topo da Formação Rio Bonito no afloramento até a base da Formação Palermo. A distribuição estratigráfica de espécies selecionadas, assim como o posicionamento bioestratigráfico dos níveis amostrados é sumarizado na figura 7. No entanto, as distribuições estratigráficas registradas nesse trabalho não modificam, a priori, as amplitudes dos táxons previamente descritos em cada zona, embora sugiram aprimoramentos futuros.

FIGURA 7

Discussão dos resultados

Análise palinoestratigráfica

Como relatado anteriormente, alguns problemas com relação à distribuição de determinados táxons foram verificados, podendo implicar em diferentes interpretações sobre o posicionamento bioestratigráfico da seção analisada, bem como em indicações de mudanças no zoneamento vigente.

O reconhecimento da ZLv na seção analisada é baseado no primeiro registro estratigráfico de *L. virkkiae* e *W. lucifer* (Souza e Marques-Toigo, 2005), no nível C4. Embora raros nesta amostra, as espécies definem o limite inferior da citada zona, que foi erigida com base em *datum* de primeiro aparecimento de táxons selecionados. A ZLv é correlata aos intervalos K e L de Daemon e Quadros (1970). Segundo esses autores, grande parte da Formação Rio Bonito foi depositada durante o intervalo K, constatação observada principalmente nos poços mais a norte da área estudada (no Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul). Geralmente, os níveis estudados da unidade no Estado do Rio Grande do Sul, correspondem aos intervalos mais inferiores (I a J), equivalentes à ZVc, onde está posicionada a maioria dos níveis de carvão, ou seja, a maior parte das camadas expostas na região de Candiota deve corresponder à ZVc, uma vez que nenhum dos táxons da ZLv havia sido detectado associados aos carvões, diferentemente do aqui observado.

Por outro lado, espécies anteriormente conhecidas como confinadas à ZVc, tais como *C. confluens* e *G. austroamericanus* e *H. fusiformis* foram detectadas na zona suprajacente (ZLv), e ainda que representada por poucos exemplares, denotam maior alcance estratigráfico das mesmas. Deve ser destacado que a Subzona *Hamiapollenites karroensis* não foi reconhecida. Dentre as três espécies que definem o limite basal da unidade (*Hamiapollenites karroensis*, *Staurosaccites cordubensis*, *Striatopodocarpites fusus*) somente *S. fusus* foi registrada. Contudo, trata-se de uma espécie com alcance estendido até à ZLv.

A julgar de que se trata dos níveis mais superiores da Formação Rio Bonito, sujeitos à fases contínuas de erosão, como decorrência de eventos transgressivos, até o estabelecimento das fácies plataformais que constituem a Formação Palermo (vide Holz, 2003; Holz *et al.*, 2006), supõe-se que a ZVc não esteja totalmente representada na seção analisada.

Baseados na análise de dados de superfície e subsuperfície da área, Holz *et al.* (2006) registraram três seqüências deposicionais, dentre as quais, a segunda (S2) e a terceira (S3) são correlatas, respectivamente, aos depósitos das formações Rio Bonito e Palermo, e cujo limite de seqüências foi nomeado como SB3. Segundo esses autores, durante a geração do SB3, reconhecido na seção analisada (limite entre as duas unidades litoestratigráfica), a bacia teria sofrido movimentos tectônicos localizados, o que teria influenciado na modificação da linha de costa e resultado em subsidência diferencial na região de Candiota. Durante a transgressão marinha, parte dos depósitos de carvão do topo da Formação Rio Bonito teria sido retrabalhada e erodida, e posteriormente sobreposta por depósitos de *shoreface* da Formação Palermo. Esta interpretação estratigráfica poderia justificar a ausência de elementos marcantes da subzona *Hamiapollenites karrooensis*.

A constatação de esporos de *Lundbladispora*, por vezes em tétrades, associados a outros elementos higrofilos-hidrófilos (*Punctatisporites*, *Leiotriletes*) nos níveis basais da Formação Palermo indica a permanência da vegetação formadora dos carvões ainda no tempo Palermo e, conseqüentemente, de condições ambientais não tão distintas do que aquelas reinantes durante a deposição da Formação Rio Bonito. Entretanto, os dados relativos à macroflora da base da Formação Palermo são escassos, representados apenas por restos de troncos silicificados identificados como *Dadoxylon* sp. (Schneider, 1974), o que não permite maiores considerações sobre a manutenção da paleoflora correspondente à base da zona *L. virkkiae*

Por outro lado, uma vez que espécies consideradas restritas à Subzona *P. goraiensis*, tais como *Granulatisporites austroamericanus*, *Converrucosisporites confluens*, *Illinites unicus* foram reconhecidas associadas à zona suprajacente, podem ser sugeridas modificações no zoneamento atual, em termos de ampliação no alcance estratigráfico destes táxons. A julgar somente pelo estado de preservação, não há indícios de retrabalhamento a partir de depósitos mais antigos.

Comparações com outras assembléias

A comparação das associações apresentadas nesta contribuição é realizada com base no conteúdo qualitativo, ou seja, na listagem de espécies, uma vez que diferenças composicionais são esperadas, resultado das variações paleoecológicas

intrínsecas aos contextos paleoambientais de cada unidade estratigráfica e de cada amostra.

As associações palinológicas documentadas neste trabalho exibem conteúdo distinto daqueles publicados para a região de Candiota por outros autores (e.g., Ybert, 1975; Meyer e Marques-Toigo, 2000; Cazzulo-Klepzig *et al.*, 2005; Guerra-Sommer *et al.*, 2008a, 2008b). Os resultados bioestratigráficos apresentados aqui sugerem associações palinológicas mais jovens do que as anteriormente descritas, as quais haviam posicionado parte dos níveis da Mina de Candiota na Subzona *Protohaploxypinus goraiensis* (Guerra-Sommer *et al.*, 2008b). Esta datação mais “jovem” pode também resultar do fato de que a seção analisada neste trabalho encontra-se numa posição estratigráfica ligeiramente acima daqueles aflorantes na Mina de Candiota.

Guerra-Sommer *et al.* (2008a) discutiram a validade da Subzona *Protohaploxypinus goraiensis*, considerada estratigraficamente muito extensa, incluindo diferentes contextos paleoambientais, em um intervalo de tempo relativamente muito longo (aproximadamente 15 Ma). No entanto, biozonas propostas para o mesmo intervalo de tempo em outras partes do Gondwana são semelhantes em seus conjuntos palinológicos e distribuição estratigráfica, abrangendo espessos pacotes sedimentares (Césari, 2007).

Quando comparadas com palinozonas documentadas na porção oeste do Gondwana, as ZVc e ZLv são correlacionáveis às zonas *Fusacolpites-fusus – Vittatina subsaccata* (FS) e *Lueckisporites – Weylandites* (LW), erigidas por Césari e Gutiérrez (2001) para depósitos da porção centro-oeste da Argentina. Estas biozonas apresentam como características gerais de seus conjuntos palinológicos o primeiro aparecimento de espécies de *Vittatina* e abundância de grãos de pólen estriados. Com relação à biozonas erigidas na Bacia do Chacoparaná, as ZVc e ZLv encontram, respectivamente, correspondência nas zonas *Cristatisporites* e *Striatites* (Russo *et al.*, 1980; Vergel, 1993), as quais são caracterizadas pelo primeiro aparecimento de *Converrucosisporites micronodosus* e *C. confluens* (Zona *Cristatisporites*) e pelo predomínio de grãos de pólen estriados na zona *Striatites*. Por fim, de acordo com os dados de Béri *et al.* (2004) obtidos na porção nordeste do Uruguai em depósitos também pertencentes à Bacia do Chacoparaná, as ZVc e ZLV podem ser correlacionáveis às zonas *Cristatisporites inconstans – Vittatina subsaccata* e *Striatitoabietites anaverrucosus – Staurosaccites corbubensis*, definidas, respectivamente, pelo predomínio de esporos triletes associados

a grãos de pólen bissacados, e pela abundância de grãos de pólen estriados e poliplicados.

Conjuntos palinológicos semelhantes aos constituintes das ZVc e ZLv são documentados em outras regiões do Gondwana, tal como África (Falcon, 1975), Antártica (Lindström, 1995), Austrália (Jones e Truswell, 1992). Entretanto, diferenças de distribuição fitogeográfica existentes entre as regiões podem refletir numa ampla variação na amplitude vertical de um mesmo táxon, o que por sua vez, limita uma correlação mais precisa entre estas biozonas (vide Souza e Marques-Toigo, 2005).

Biocronoestratigrafia

Embora a quantidade de datações absolutas tenha aumentado significativamente na última década (vide Césari, 2007; Rocha-Campos *et al.*, 2007; Guerra-Sommer *et al.*, 2008a, 2008b), o tema ainda é muito controverso, em razão das diferenças entre os métodos e dos resultados que muitas vezes ainda são conflitantes.

Para a Mina de Candiota, diversas datações radiométricas foram obtidas, tal como Matos *et al.* (2001), Guerra-Sommer *et al.* (2005, 2008 a, 2008b), Rocha-Campos *et al.* (2006, 2007) ou em camadas correlacionáveis a esta (Marques *et al.*, 2007). Estes dados radiométricos apresentam idades que variam entre 267.1 ± 3.4 Ma (Matos *et al.*, 2001) a $299.1 \pm 2,6$ Ma (Guerra-Sommer *et al.*, 2005), o que denota a necessidade de estudos mais detalhados nesse tema. Além disso, deve-se ressaltar que tais trabalhos frequentemente exibem escassas informações palinológicas, limitando o posicionamento e a análise bioestratigráfica adequada das unidades em questão.

O nível de *tonstein* a florante na seção, localizado entre os níveis C3 e C4, foi amostrado para datação através de U-Pb em zircões, método LA-ICP-MS. Análises iniciais do material revelaram idade aproximada de 278.2 ± 1.8 Ma (vide Marques *et al.*, 2007). Entretanto, tratam-se de resultados preliminares, os quais serão apresentados em trabalho à parte, como continuidade desta publicação, tendo em vista que fornece uma nova abordagem geocronológica, balizada pelos dados palinoestratigráficos aqui apresentados.

Considerações finais

O reconhecimento e a análise de conjuntos de esporomorfos relativamente diversificados e abundantes em oito níveis distintos da seção analisada, entre as formações Rio Bonito e Palermo, permitiram a obtenção dos seguintes resultados conclusivos e das considerações finais abaixo listadas.

Diferenças tanto quantitativas quanto qualitativas foram verificadas entre cada um dos níveis analisados, com implicações de caráter bioestratigráfico. Duas unidades palinoestratigráficas foram observadas na seção, quais sejam, a Zona *Vittatina costabilis* (níveis C1 a C3) e a Zona *Lueckisporites virkkiae* (C4 a C8), sendo a primeira ocorrente na Formação Rio Bonito, enquanto a segunda ocorre desde o topo da Formação Rio Bonito na seção até a base da Formação Palermo.

Algumas espécies conhecidas como confinadas à Zona *Vittatina costabilis*, tais como *C. confluens*, *G. autroamericanus* e *H. fusiformis*, foram detectadas em níveis mais superiores, da Zona *Lueckisporites virkkiae*. Algumas hipóteses podem ser levantadas para explicar tal incongruência: (i) possibilidade de extensão da amplitude vertical dessas espécies, para níveis mais superiores; (ii) espécies que delimitam a base da Zona *Lueckisporites virkkiae* poderiam ter registro mais baixo; (iii) esse comportamento pode significar uma “transição” entre as duas unidades palinoestratigráficas, não detectada em outras localidades, como reflexo do estabelecimento das fácies costeiras da Formação Palermo, que obstruem o registro da unidade imediatamente abaixo (Formação Rio Bonito).

A problemática aqui levantada é advinda do estudo detalhado de oito amostras de uma seção aflorante de cerca de 8 m de espessura. Um menor número de amostras poderia “mascarar” alguns desses aspectos, pelo qual fica explícita a necessidade de estudos mais detalhados em outras localidades da bacia. Por outro lado, o apoio de dados de subsuperfície é fundamental para a resolução mais definitiva da problemática bioestratigráfica. Dessa forma, poços perfurados no entorno da área já foram selecionados e estão em estudo a fim de ampliar os dados e complementar a discussão, fornecendo maiores subsídios para uma melhor caracterização de cada uma das palinozonas citadas.

Uma idade absoluta foi obtida para o nível de *tonstein* ocorrente entre os níveis carbonosos da Formação Rio Bonito no afloramento, sendo objeto de publicação a parte pelos autores, na qual os aspectos biocronoestratigráficos envolvidos serão

melhor discutidos. Considerando o conhecimento atual sobre o tema e as observações já apontadas em Santos *et al.* (2006), os níveis estudados são posicionados no Cisuraliano (Artinskiano), correspondente ao Permiano Inferior.

Agradecimentos

Esta contribuição foi realizada a partir de recursos advindos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) Projeto 474153/2004-5. Os autores prestam agradecimentos à Companhia de Recursos Minerais (CPRM), através do trabalho de campo com Ricardo C. Lopes e relevantes discussões com Juliana C. Marques. Agradecimentos também são feitos ao CNPq pela concessão de bolsa de doutorado (primeira autora) e produção científica dos dois autores. Este trabalho constitui parte da Tese de Doutorado da primeira autora junto ao Programa de Pós-graduação em Geociências da UFRGS.

Referências

- Alves, R.G. & Ade, M.V.B. 1996. Sequence stratigraphy and coal petrography applied to the Candiota Coal Field, Rio Grande do Sul, Brazil: a depositional model. *International Journal of Coal Geology*, 30: 231-248.
- Balme, B.E. 1995. Fossil in situ spores and pollen grains: an annotated catalogue. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 87: 81-323.
- Béri, A., Gutiérrez, P.R., Cernuschi, F. & Balarino, L. 2004. Palinoestratigrafia del Pérmico de la Cuenca Paraná, Uruguay. In: 11º REUNIÃO DE PALEOBOTÂNICOS E PALINOLÓGOS, Gramado. *Boletim de Resumos*, p. 29.
- Beurlen, K. 1953. Análise paleogeográfica da Série Tubarão e possibilidade de novas bacias carboníferas. *Notas Preliminares e Estudos (DNPM)*, 74: 1-10.
- Bharadwaj, D.C., Kar, R.K. & Navale, G.K.B. 1976. Palynostratigraphy of Lower Gondwana deposits in Paraná and Maranhão Basins, Brazil. *Biological Memoirs*, 1: 56-103.
- Carruthers, W. 1869. On the plant remains from the Brazilian coal beds with remarks on the genus *Flemingites*. *Geological Magazine*, 6: 151-155.
- Cauduro, A.D. 1970. Lower Gondwana miospores from São Sepé outcrop (Rio Grande do Sul, Brasil). *Escola de Geologia da UFRGS, Publicação Especial* 17, 34 p.

- Cazzulo-Klepzig, M., Guerra-Sommer, M., Formoso, N.L. & Calarge, L.M. 2002. Geochemical and palynological evidence for the age determination of Permian coals, southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 25: 375-380.
- Cazzulo-Klepzig, M., Menegat, R. & Guerra-Sommer, M. 2005. Palynology and paleobotany in the reconstruction of landscape units from the Candiota Coalfield, Permian of Paraná Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 8: 83-98.
- Césari, S.N. 2007. Palynological biozones and radiometric data at the Carboniferous–Permian boundary in western Gondwana. *Gondwana Research*, 11: 529-536.
- Césari, S.N. & Gutiérrez, P.R., 2000. Palynostratigraphy of Upper Paleozoic sequences in central-western Argentina. *Palynology*, 24: 113-146.
- Corrêa da Silva, Z. & Marques-Toigo, M. 1975. Carvão no Brasil: Mina de Candiota – Rio Grande do Sul. In: 2º CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GEOLOGIA ECONÔMICA, Buenos Aires. *Tomo 1*: 263-286.
- Corrêa da Silva, Z. & Marques-Toigo, M. 1985. Considerações petrológicas e palinológicas sobre a Camada Candiota, Jazida Carbonífera de Candiota, Rio Grande do Sul. In: 2º SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Florianópolis. *Anais*, p. 432- 447.
- Daemon, R.F. & Quadros, L.P. 1970. Bioestratigrafia no Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: 24º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Brasília. *Anais*, p. 359-412.
- Dias-Fabício, M.E. 1981. Palinologia da Formação Rio Bonito na área de Gravataí-Morungava, Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, 14: 69-130.
- Dijkstra, S.J. 1955. Some brazilian megaspores, Lower Permian in age and their comparison with lower gondwana spores from India. *Medelingen van de Geologische Stichting*, 10: 5-10.
- Dolianiti, E. 1953. A flora Gondwana Inferior em Santa Catarina. I. *Notas Preliminares e Estudos* (DNPM), 60: 1-7.
- Elsik, W.C. 1996. Fungi. In: Jansonius, J. & McGregor, D.C. (Eds.), *Palynology: Principles and Applications, Vol. 1*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Dallas, p. 293-305.
- Falcon, R.M.S. 1975. Palyno-stratigraphy of the Lower Karoo sequence in the central Sebungwe District, Mid-Zambezi Basin, Rhodesia. *Paleontologia Africana*, 18: 1-29.
- Fontes, L.C. & Cava, L. T. 1980. Análise ambiental preliminar do Gondwana na região de Candiota, Rio Grande do Sul. In: 31º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Balneário Camboriú. *Anais*, 2: 755-765.
- Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Formozo, M. L., Menegat, R. & Basei, M.A.S. 2005. New radiometric data from ash fall rocks in Candiota coal-bearing strata

and the palynostratigraphic framework in southern Paraná Basin (Brazil). In: GONDWANA 12, Mendoza. *Abstracts*, p. 89.

Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Santos, J.O.S., Hartman, L.A., Ketzer, J.M. & Formoso, M.L.L. 2008a. Radiometric age determination of tonstein and stratigraphic constraints for the Lower Permian coal succession in southern Paraná Basin, Brazil. *International Journal of Coal Geology*, 74: 13-27.

Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Formoso, M.L.L., Menegat, R. & Mendonça, J.G. 2008b. U-Pb dating of tonstein layers from a coal succession of the southern Paraná Basin (Brazil): A new geochronological approach. *Gondwana Research*, 14: 474-482.

Hartt, C.F. 1870. *Geology and physical geography of Brazil*. Boston, 620pp.

Holz, M. 1998. The Eo-Permian coal seams of the Paraná basin in southernmost Brazil: An analysis of the depositional conditions using sequence stratigraphy concepts. *International Journal of Coal Geology*, 36: 141-163.

Holz, M. 2003. Sequence stratigraphy of a lagoonal estuarine system – an example from the lower Permian Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil. *Sedimentary Geology*, 162: 305-331.

Holz, M., Kuchle, J., Philipp, R.P, Bischoff, A.P. & Arima, N. 2006. Hierarchy of tectonic control and stratigraphic signatures: Base-level changes during the Early Permian in the Paraná Basin, southernmost Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 22: 185-204.

Jones, M.J. & Truswell, E.M. 1992. Late Carboniferous and Early Permian palynostratigraphy of the Joe Joe Group, southern Galilee Basin, Queensland, and implications for Gondwanan stratigraphy. *Journal of Australian Geology and Geophysics*, 13: 143-185.

Lavina, E.L. & 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-Coutiana*, 1: 51-103.

Liais, E. 1872. *Climats, géologie, faune et géographie du Brésil*. Paris, 640pp.

Lindström, S. 1995. Early Permian palynostratigraphy of the northern Heimfrontfjella mountain-range, Dronning Maud Land, Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 89: 359-415.

Lopes, R.C., Lavina, E.L. & Signorelli, N. 1986. Fácies sedimentares e evolução paleoambiental do Supergrupo Tubarão na borda leste da Bacia do Paraná. Uma seção regional nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: 34º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Goiânia. *Anais*, 1: 206-218.

Lundquist, G. 1920. Fossile pflanzen der Glossopteris Flora aus Brasilien. *Kungl Svenska Vetenskaps Akademi Handlingar*, 60: 1-36.

- Marques, J. C., Chemale, F. J., Lopes, R. C., Souza, P.A., Justino, D. & Dussin, I. A. 2007. LA-ICP-MS U-Pb Zircon age from an ash fall rock of the uppermost Rio Bonito Formation, southern Paraná Basin. In: 4º SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, Búzios. *Boletim de Resumos*, p.32.
- Marques-Toigo, M., Corrêa da Silva, Z. & Herter, G.G. 1975. Geology and palynology of Candiota Coal Mine, RS, Brazil. In: PRIMER CONGRESSO ARGENTINO DE PALEONTOLOGIA Y BIOESTRATIGRAFIA, Tucuman. *Actas*, 1: 401-427.
- Matos, S.L.F., Yamamoto, J.K., Riccomini, C., Hachiro, J. & Tassinari, C.C.G. 2001. Absolute dating of Permian ash-fall in the Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research*, 4: 421-426.
- Menezes-Filho, N.R. & Brito, P.C. 1982. Estratigrafia da seqüência Gonduânica na região de Candiota, RS. In: 32º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Salvador. *Anais*, 4: 1392-1405.
- Meyer, K.E. & Marques-Toigo, M. 2000. O Siginificado paleoambiental da microflora dos carvões da Malha IV, Mina de Candiota, RS, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil. *Revista de Geociências*, 5: 17-20.
- 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 em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
- 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: 199–205.
- Nahuys, J., Alpern, B. & Ybert, J.P. 1968. Estudo palinológico e petrográfico de alguns carvões do sul do Brasil. *Boletim Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul*, 46: 1-61.
- 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 em Ciências, Universidade Estadual Paulista, Brasil.
- 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.
- Pant, D.D. & Srivastava, G.K. 1965. Some Lower Gondwana miospores from Brazil. *Micropaleontology*, 11: 468-478.
- Picarelli, A.T., Dias-Fabrício, 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: 3º SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Curitiba. *Atas*, 1: 351-372.

Piccoli, A.E., Lopes, R.C. & Camozzato, E. 1986. Análise paleoambiental das jazidas de carvão do Estado do Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, 22: 35-54.

Plant, N. 1869. The brazilian coal fields. *Geological Magazine*, 6: 147-150.

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.

Rocha-Campos, A.C., Basei, M.A.S., Nutman, A.P. & Santos, P.R. 2006. Shrimp U-Pb Zircon geochronological calibration of the Late Paleozoic Supersequence, Paraná Basin, Brazil. In: V SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPIC GEOLOGY, Punta del Este. *Short Papers*, p. 298-301.

Rocha-Campos, A.C., Basei, M.A.S., Nutman, A.P. & Santos, P.R. dos. 2007. SHRIMP U-PB zircons ages of the late Paleozoic sedimentary sequence, Paraná Basin, Brazil. In: 4º SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, Búzios. *Boletim de Resumos*, p.33.

Russo, A., Archangelsky, S. & Gamero, J.C. 1980. Los depósitos suprapaleozóicos em el subsuelo de la Llanura Chaco-Pampeana, Argentina. In: 2º CONGRESO ARGENTINO DE PALEONTOLOGIA E BIOESTRATIGRAFÍA Y 1º CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA, Buenos Aires. *Actas*, 4: 157-173.

Santos, R.V., Souza, P.A., Alvarenga, C.J.S. de, Dantas, E.L., Pimentel, M.M., Oliveira, C.G. de. & Araújo, L.M. de. 2006. Shrimp U-Pb zircon dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research*, 9: 456-463.

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. & Marques-Toigo, M. 2003. An overview in the Palynostratigraphy of the Upper Paleozoic strata of the Brazilian Paraná Basin. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturais*, 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. & Milani, E.J. 2007. O pioneirismo do zoneamento palinoestratigráfico de Daemon e Quadros (1970): um marco no conhecimento estratigráfico da Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15: 118-130.

Tiwari, R.S. & Navale, G.K.B. 1967. Pollen and spore assemblage in some coals of Brazil. *Pollen et spores*, 9: 583-605.

Trindade, N.M. 1954. Megásporos do carvão gondwânico do Rio Grande do Sul e sua aplicação em correlações estratigráficas. *Notas preliminares e estudos (DNPM)*, 78: 1-6.

Vergel, M.M. 1993. Palinoestratigrafia de la secuencia neopaleozoica en la Cuenca Chacoparanaense, Argentina. In: 12º CONGRES INTERNACIONAL DE LA STRATIGRAPHIE ET GEOLOGIE DU CARBONIFERE ET PERMIEN, Buenos Aires. *Comptes Rendus*, 1: 201-212.

Wildner, W. 1983. Análise faciológica de uma porção do Grupo Guatá, na região de Candiota, RS: I. *Acta Geológica Leopoldensia*, 8: 145-168.

Ybert, J.P. 1975. Etude des miospores du bassin houiller de Candiota-Hulha Negra, Rio Grande do Sul, Bresil. *Pesquisas*, 5: 181-226.

Zeiller, R. 1895. Note sur l'affleure fossile des gisements houillers de Rio Grande do Sul. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 23: 601-623.

Legendas

Figura 1. 1, Localização e subdivisão aloestratigráfica da Bacia do Paraná/ location and alostratigraphic subdivision of Paraná Basin; 2. Detalhe das unidades constituintes da Superseqüência Gondwana I (todas as figuras modificadas de Milani, 1997)/ details of components units of Gondwana I Supersequence (all figures modified from Milani, 1997).

Figura 2. Localização do afloramento estudado/ location map of the studied outcrop.

Figura 3. Perfil litoestratigráfico do afloramento, com indicação dos níveis amostrados e lâminas palinológicas correspondentes (MP-P: Museu de Paleontologia – Palinologia).
litostratigraphic section of the outcrop, with indication of sampled levels and their respective palinological slides.

Figura 4. Todas as figuras x1000/ all specimens x1000. (MP-P: Museu de Paleontologia – Palinologia). **1**, *Calamospora sinuosa* Leschik 1955 (MP-P 5671, O43). **2**, *Leiotriletes virkkii* Tiwari 1965 (MP-P 5677, G52-4). **3**, *Punctatisporites gretensis* Balme e Hennelly 1956 (MP-P 5668, M33-1). **4**, *Retusotriletes nigrifellus* (Luber) Foster 1979 (MP-P 5684, M53-4). **5**, *Retusotriletes golatensis* Naumova 1953 (MP-P 5682, L47-3). **6**, *Cyclogranisporites gondwanensis* Bharadwaj e Salujha 1964 (MP-P 5686, H31-1). **7**, *Granulatisporites austroamericanus* Archangelsky e Gamero 1979 (MP-P 5677, J54-3). **8**, *Convruccosporites confluens* (Archangelsky e Gamero) Playford e Dino 2000 (MP-P 5674, S50). **9**, *Verrucosporites* sp. (MP-P 5688, Q28-4). **10**, *Brevitriletes irregularis* (Nahuys, Alpern e Ybert) Césari, Archangelsky e Seoane 1995 (MP-P 5682, E51-1). **11**, *Brevitriletes cornutus* (Balme e Hennelly) Backhouse 1991 (MP-P 5677, B55). **12**, *Lophotriletes pseudoaculetus* Potonié e Kremp 1955 (MP-P 5688, E38). **13**, *Horriditriletes curvibaculosus* Bharadwaj e Salujha 1964 (MP-P 5684, H63-1). **14**, *Horriditriletes pathakheraensis* Anand-Prakash 1970 (MP-P 5684, O56). **15**, *Horriditriletes uruguaensis* (Marques-Toigo) Archangelsky e Gamero 1979 (MP-P 5686A, K38-3). **16**, *Foveosporites* sp. (MP-P 5676, S42). **17**, *Convolustispora candiotensis* Ybert 1975 (MP-P 5692, H48-2). **18**, *Diatomonozonotriletes subbaculiferus* (Nahuys, Alpern e Ybert) Césari, Archangelsky e Gamero 1995 (MP-P 5692, K43-1). **19**, *Murospora bicingulata* Ybert 1975 (MP-P 5695, F36-1). **20**,

Reticulatisporites pseudopalliatus Staplin 1960 (MP-P 5682, O47). **21**,
Lundbladispora braziliensis (Marques-Toigo e Pons) Marques-Toigo e Picarelli 1984
(MP-P 5692, C53). **22**, **Lundbladispora riobonitensis** Marques-Toigo e Picarelli 1984
(MP-P 5693, Q56-1). **23**, **Laevigatosporites vulgaris** Ibrahim 1933 (MP-P 5693, P42).
24, **Psomospora** sp. (MP-P 5676, E57-1). Escala gráfica: 10 µm/ scale bar: 10 µm.

Figura 5. Todas as figuras x1000/ all specimens x1000. (MP-P: Museu de Paleontologia – Palinologia). **1**, **Caheniasaccites elongatus** Bose e Kar 1966 (MP-P 5695, H45-1). **2**,
Potonieisporites lelei Maheshwari 1967 (MP-P 5674, O48-2). **3**, **Striomonosaccites** cf
S. ovatus Bharadwaj 1962. (MP-P 5692, Q50-4). **4**, **Distriomonosaccites crucistriatus**
(Ybert) Césari, Archangeslky e Seoane (MP-P 5676, G54). **5**, **Illinites unicus**
(Kosanke) Jansonius e Hills 1976 (MP-P 5677, R59-3). **6**, **Protohaploxypinus**
goraiensis (Potonié e Lele) Hart 1964 (MP-P 5676, F43-2). **7**, **Protohaploxypinus**
limpidus (Balme e Hennelly) Balme e Playford 1967 (MP-P 5685, N49-3). **8**,
Protohaploxypinus perfectus (Nauomova) Samoilovich 1953 (MP-P 5682, P61-2). **9**,
Protohaploxypinus samoilovichii (Jansonius) Hart 1964 (MP-P 5676, X59-2). **10**,
Lunatisporites variesectus Archangeslky e Gamberro 1979 (MP-P 5692, F46-2). **11**,
Striatopodocarpites cancelattus (Balme e Hennelly) Hart 1963 (MP-P 5692, U40-2).
12, **Striatopodocarpites fusus** (Balme e Hennelly) Potonié 1958 (MP-P 5693, Q49).
Escala gráfica: 10 µm/ scale bar: 10 µm.

Figura 6. Todas as figuras x1000/ all specimens x1000. (MP-P: Museu de Paleontologia – Palinologia). **1**, **Hamiapollenites fusiformis** Marques-Toigo 1974 (MP-P 5693, W65). **2**,
Striatoabieites multistriatus (Balme e Hennelly) Hart 1964 (MP-P 5692, L53). **3**,
Lueckisporites virkkiae (Potonié e Klaus) Clarke 1965 (MP-P 5692, R43-2). **4**,
Fusacolpites fusus Bose e Kar 1966 (MP-P 5695, E52-4). **5**, **Marsupipollenites** cf. **M.**
striatus (Balme e Hennelly) Foster 1975 (MP-P 5676, T53-3). **6**, **Vittatina costabilis**
Wilson 1962 (MP-P 5692, J47). **7**, **Weylandites lucifer** (Bharadwaj e Salujha) Foster
1975 (MP-P 5694, H37-3). **8**, **Quadrissporites horridus** (Hennelly) Potonie e Lele 1961
(MP-P 5676, Y43-1). **9**, **Brazilea scisa** (Balme e Hennelly) Foster 1975 (MP-P 5695,
X50-2). **10**, **Tetraporina punctata** (Tiwari e Navale) Kar e Bose 1976 (MP-P 5676,
G46-2). **11**, **Leiosphaeridia** sp. (MP-P 5676, P43). **12**, **Portalites gondwanensis** Nahuys,
Alpern e Ybert 1968 (MP-P 5695, E52-3). Escala gráfica: 10 µm/ scale bar: 10 µm.

Figura 7. Quadro síntese ilustrando a distribuição estratigráfica de espécies selecionadas, correlacionando os níveis amostrados e biozonas identificadas neste trabalho / Synthesis of the stratigraphic distribution of selected species, with indication of sampled levels and identified biozones in this paper. As linhas contínuas indicam a distribuição estratigráfica de espécies selecionadas conforme o esquema de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006); marcações em **X** referem-se à distribuição das espécies neste trabalho / full lines are relative to stratigraphic distribution of selected species established by Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) and Souza (2006); the **X** marks the stratigraphic distribution of species registered in this contribution.

Tabela 1. Quadro de distribuição estratigráfica e abundância relativa de esporos identificados na seção analisada/ vertical stratigraphic distribution and relative abundance of the recovered spores species. As frequências são interpretadas de acordo com a legenda: *x* – raro (frequência < 2%) ; *xx* – comum (frequência entre 2-5%); *xxx* – abundante (frequência >5%)/ frequencies are interpreted as: *x* – rare (frequency < 2%) ; *xx* – common (frequency between 2-5%); *xxx* – abundant (frequency >5%). Na coluna “*Figura*”, os números são correspondentes às ilustrações das espécies/ on “*Figura*”, numbers are related to illustration of species.

Tabela 2. Quadro de distribuição estratigráfica e abundância relativa dos grãos de pólen, algas e fungos identificados na seção analisada/ vertical stratigraphic distribution and relative abundance of the recovered pollen grains, algae and fungi species. As frequências são interpretadas de acordo com a legenda: *x* – raro (frequência < 2%) ; *xx* – comum (frequência entre 2-5%); *xxx* – abundante (frequência >5%)/ frequencies are interpreted as: *x* – rare (frequency < 2%) ; *xx* – common (frequency between 2-5%); *xxx* – abundant (frequency >5%). Na coluna “*Figura*”, os números são correspondentes às ilustrações das espécies/ on “*Figura*”, numbers are related to illustration of species.

Figura 1

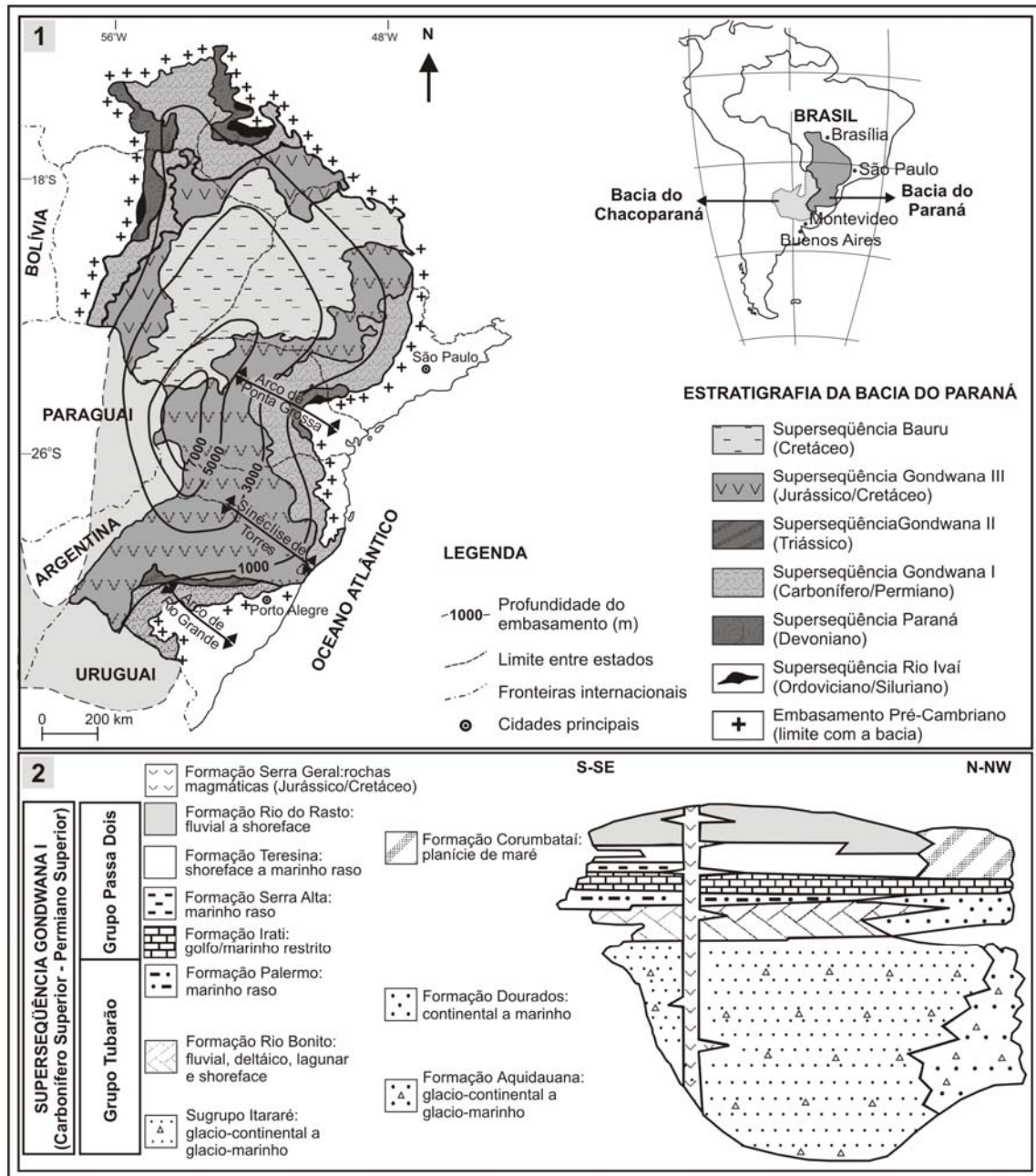


Figura 2

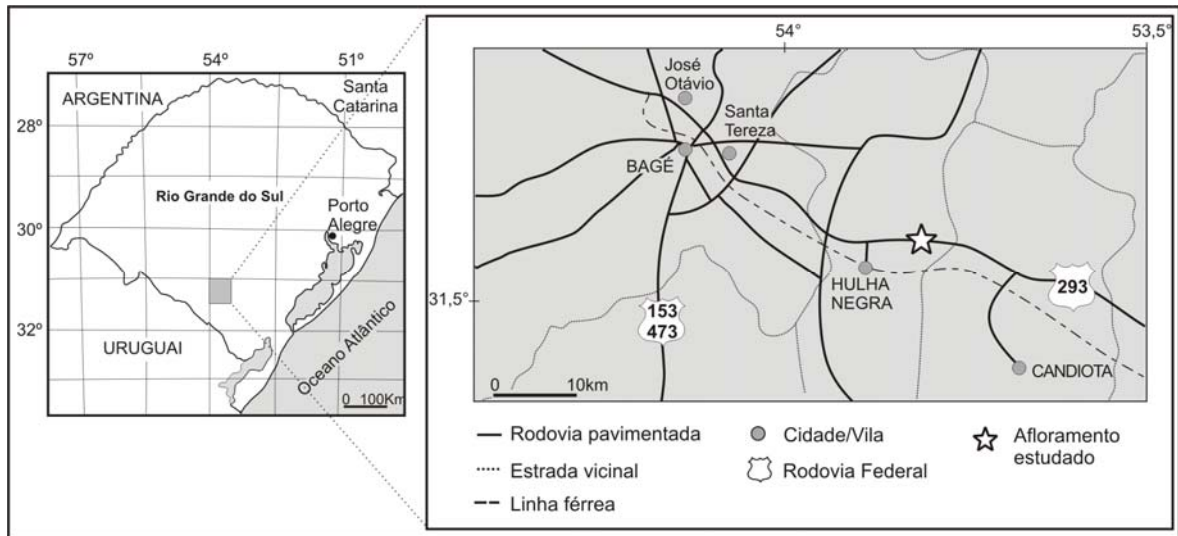


Figura 3

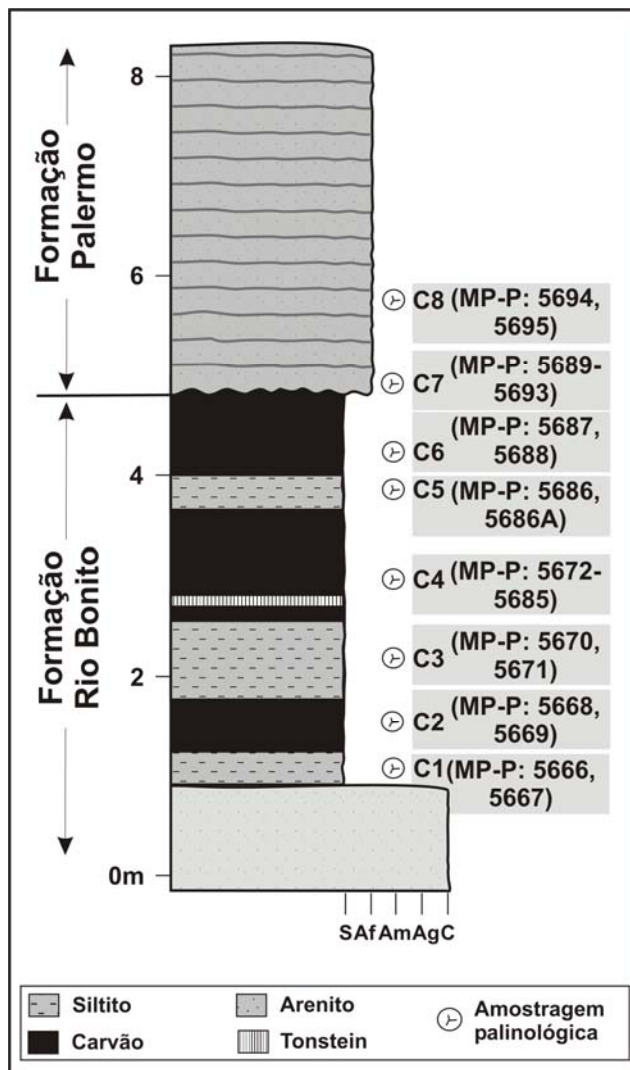


Figura 4

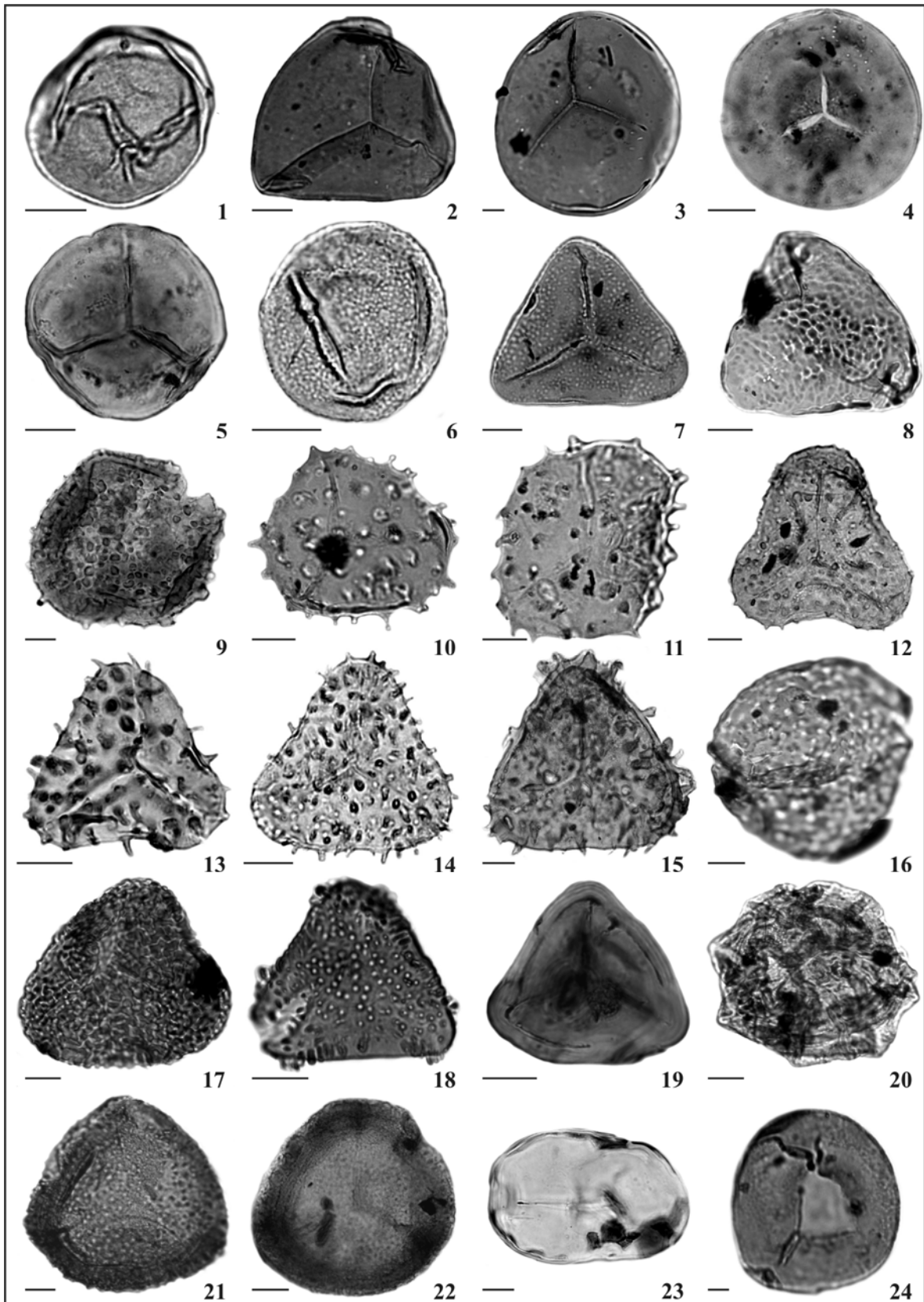


Figura 5

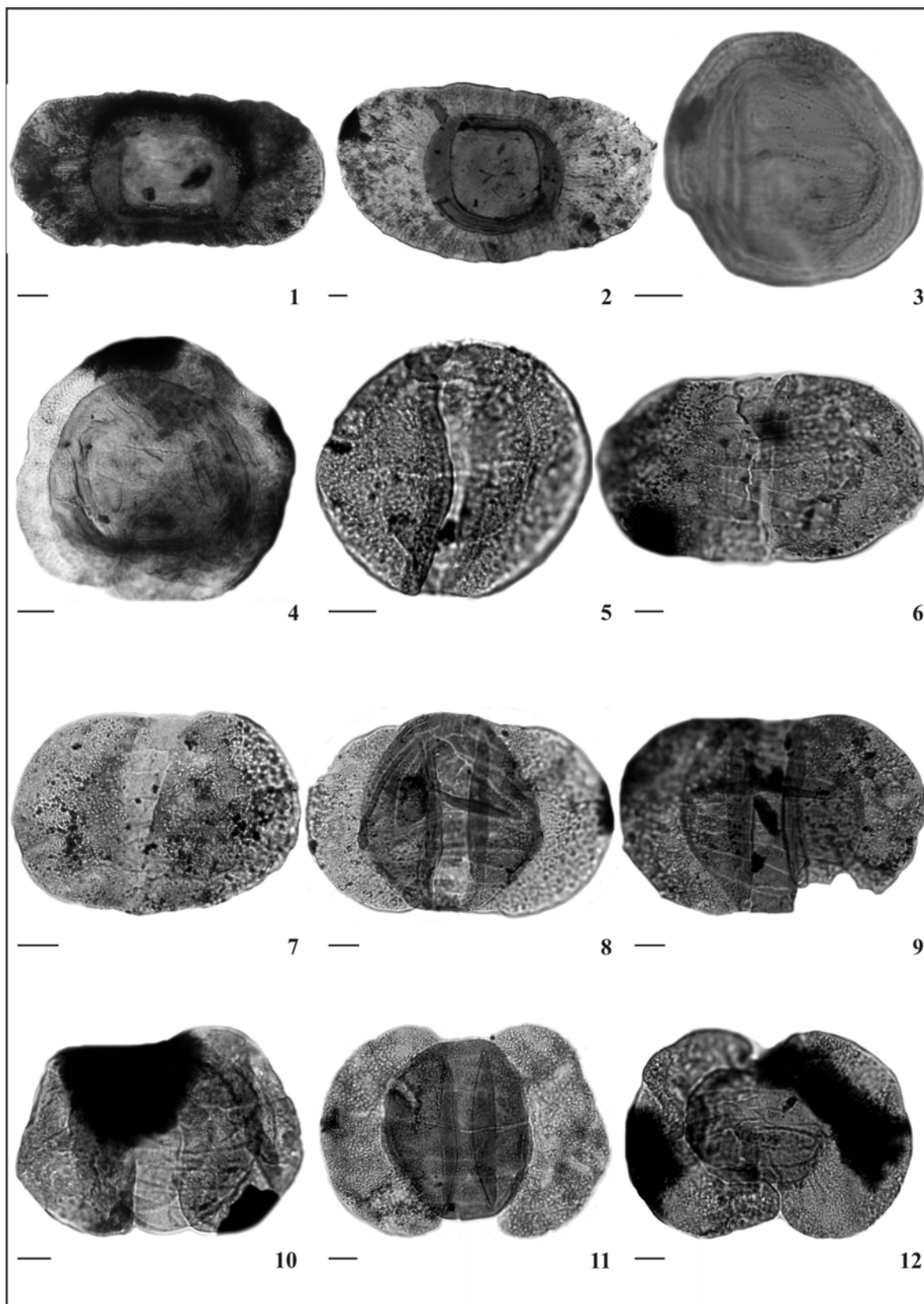


Figura 6

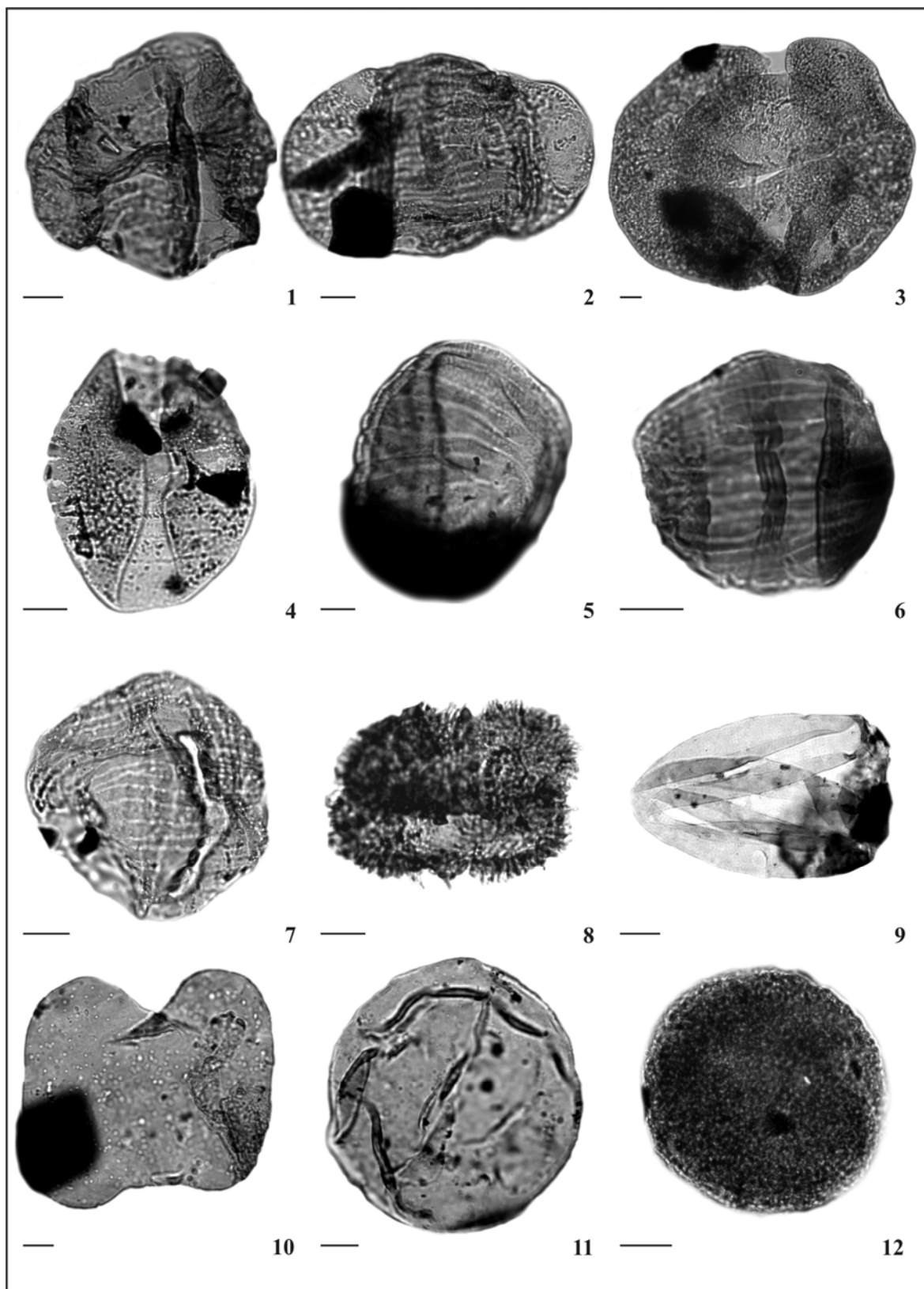


Tabela 1

Figura	Táxons	Fm. Rio Bonito						Fm. Palermo	
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
4.3	<i>Punctatisporites gretensis</i>		xxx	x	xxx	x	xx	xxx	xxx
4.2	<i>Leiotriletes virkkii</i>	xx	x		xx	x	x	x	xxx
	<i>Calamospora exigua</i>			xxx					
	<i>Calamospora inderjensis</i>			xxx		xxx			
	<i>Calamospora liquida</i>				x			x	
	<i>Calamospora plicata</i>			x	x	xx		xx	
4.1	<i>Calamospora sinuosa</i>		x				xx		
4.6	<i>Cyclogranisporites gondwanensis</i>	xx	x	xxx	x	xxx	xx		x
	<i>Cyclogranisporites parvigranulosus</i>				x	xxx			
4.7	<i>Granulatisporites austroamericanus</i>		xxx	x	x				xxx
	<i>Converrucosisporites micronodosus</i>		xxx		x				
4.8	<i>Converrucosisporites confluens</i>				x			x	x
4.10	<i>Brevitriletes irregularis</i>				x			x	x
4.11	<i>Brevitriletes cornutus</i>				x				
	<i>Apiculatisporis levis</i>		x		x				
4.12	<i>Lophotriletes pseudoaculeatus</i>	xxx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	x	xxx
4.13	<i>Horriditriletes curvibaculosus</i>			x	x	x	x		x
	<i>Horriditriletes gondwanensis</i>				x		x		
4.14	<i>Horriditriletes pathakheraensis</i>				x		x		
	<i>Horriditriletes ramosus</i>				x		x		x
	<i>Horriditriletes superbus</i>				xx		x		x
4.15	<i>Horriditriletes uuguaiensis</i>		x	x	xx		x		
4.16	<i>Foveosporites sp.</i>				x				
4.18	<i>Diatomonozotriletes subbaculiferus</i>							x	xxx
	<i>Verrucosisporites pseudoreticulatus forma minor</i>		xxx				x		
4.9	<i>Verrucosisporites sp.</i>				x				
	<i>Apiculiretusispora sparsa</i>		x		x				
4.5	<i>Retusotriletes golatensis</i>				xxx				x
4.4	<i>Retusotriletes nigrifellus</i>		x		xx			x	
	<i>Retusotriletes simplex</i>				x			x	
4.20	<i>Reticulatisporites pseudopalliatius</i>				x				
4.19	<i>Murospora bicingulata</i>							x	x
4.17	<i>Convolutispora candiotensis</i>				x			x	x
	<i>Foveolatisporites sp.</i>				x				
	<i>Cristatisporites inconstans</i>				x				
	<i>Vallatisporites vallatus</i>		x			x		x	x
	<i>Vallatisporites splendens</i>		x					x	x
4.21	<i>Lundbladispora braziliensis</i>		x	x				xxx	xxx
4.22	<i>Lundbladispora riobonitensis</i>			x				xxx	xxx
	<i>Laevigatosporites desmoinensis</i>		x	x	x	x			
4.23	<i>Laevigatosporites vulgaris</i>		xx		x		xx	x	xx
4.24	<i>Psomospora sp.</i>				x				
		Zona <i>Vittatina costabilis</i> - Subzona <i>P. goraiensis</i>			Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>				

Tabela 2

Figura	Táxons	Fm. Rio Bonito						Fm. Palermo	
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Grãos de pólen	5.1	<i>Caheniasaccites elongatus</i>				X			X
	5.2	<i>Potonieisporites lelei</i>				X			
	5.4	<i>Distriomonosaccites crucistriatus</i>				X		X	
	5.3	<i>Striomonosaccites ovatus</i>						X	
		<i>Limitisporites rectus</i>				X			
	5.5	<i>Illinites unicus</i>				X			
	5.6	<i>Protohaploxylinus goraiensis</i>				X			
	5.7	<i>Protohaploxylinus limpidus</i>				X			
	5.8	<i>Protohaploxylinus perfectus</i>				X			
	5.9	<i>Protohaploxylinus samoilovichii</i>				X			
	5.11	<i>Striatopodocarpites cancellatus</i>						X	
	5.12	<i>Striatopodocarpites fusus</i>						X	X
	5.10	<i>Lunatisporites variesectus</i>						X	X
	6.1	<i>Hamiapollenites fusiformis</i>				X		X	
	6.2	<i>Striatoabietites multistriatus</i>						X	
	6.3	<i>Lueckisporites virkkiae</i>				X		X	
	6.6	<i>Vittatina costabilis</i>				X		X	
		<i>Vittatina saccata</i>						XXX	XXX
		<i>Vittatina subsaccata</i>	X			X		XXX	XXX
		<i>Fusacolpites ovatus</i>	X			X		XX	X
6.4	<i>Fusacolpites fusus</i>	X			X			XX	
6.5	<i>Marsupipollenites striatus</i>							X	
6.7	<i>Weylandites lucifer</i>				X		X	X	
	<i>Cycadopites</i> sp.	X					X		
Algas/Outros	6.10	<i>Tetraporina punctata</i>		X	XX	XX			
		<i>Quadrisporites lobatus</i>				XX			X
	6.8	<i>Quadrisporites horridus</i>	X			XX			
	6.11	<i>Leiosphaeridae</i> sp.				X			
		<i>Tasmanites</i> sp.				X			
		<i>Brazilea scisa</i>			X		X		X
	6.9	<i>Botryococcus braunii</i>							XX
		<i>Pilasporites calculus</i>		XX		XX			
		<i>Congoites</i> sp.				XX	XX		
	6.12	<i>Portalites gondwanensis</i>				XX		XX	X
		Zona <i>Vittatina costabilis</i> - Subzona <i>P. goraiensis</i>			Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>				

ANEXO C

Carta de recebimento do **Manuscrito 3** pela editora adjunta do Periódico *Pesquisas em Geociências*.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
Profª Drª Maria de Fátima Bitencourt

Av. Bento Gonçalves, 9500 - prédio 43126/s.203 - Porto Alegre, 91540-000 - RS

fone: (51) 3308-6371

fax: (51) 3308-7302

e-mail: fatimab@ufrgs.br

Ana Luisa Outa Mori
PPGGEO - UFRGS

Porto Alegre, 14 de julho de 2010.

Em nome da Comissão Editorial da revista Pesquisas em Geociências, acuso o recebimento dos artigos abaixo discriminados para submissão ao processo editorial da mesma.

Mori, A.L.O. & Souza, P.A. Nova proposta palinoestratigráfica para depósitos permianos na seção sul da Bacia do Paraná, Brasil.

Atenciosamente,



M. F. Bitencourt
Editora Adjunta

ANEXO D

Manuscrito 3. “*Nova proposta palinoestratigráfica para depósitos permianos na seção sul da Bacia do Paraná, Brasil*”, de autoria de Mori, A.L.O. & Souza, P.A., tal como submetido para publicação no Periódico Pesquisas em Geociências.

Nova proposta palinoestratigráfica para depósitos permianos na seção sul da Bacia do Paraná, Brasil

New palynostratigraphic proposal to the Permian deposits on southmost Paraná Basin in Brazil

Ana L. O. MORI*1, Paulo A. SOUZA1

Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Bento Gonçalves, 9500, CEP 91.509-000, Porto Alegre, RS, Brasil.

luisaouta@yahoo.com.br; paulo.alves.souza@ufrgs.br

Resumo: Este trabalho apresenta resultados palinológicos inéditos dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, perfurados na localidade de Hulha Negra, sul do Estado do Rio Grande do Sul, Bacia do Paraná. Um total de 114 níveis, representativos de todas as unidades litoestratigráficas incluídas na Supersequência Gondwana I da bacia foi amostrado, permitindo a verificação e análise da amplitude estratigráfica dos 134 palinomorfos reconhecidos ao longo das seções, bem como sua frequência relativa. Como resultado, três novas zonas de associação são propostas: (i) Zona *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata* (Biozona GV), ocorrente entre o Subgrupo Itararé e topo da Formação Rio Bonito; (ii) Zona *Lundbladispota braziliensis* – *Weylandites lucifer* (Biozona LW), entre o topo da Formação Rio Bonito/base da Formação Palermo à porção média desta última; e (iii) Zona *Thymospora thiesseni* – *Lueckisporites virkkiae* (Biozona TL), porção média da Formação Palermo à base da Formação Rio do Rasto. As distribuições dos táxons em cada uma dessas unidades são distintas das amplitudes apresentadas para a Bacia do Paraná em território brasileiro e, por outro lado, encontram maiores similaridades com o zoneamento do norte do território uruguaio, de idades coevas. Essas diferenças e similaridades são discutidas em detalhe, com tentativas de correlações mais gerais com outras partes do Gondwana (Argentina, Uruguai e África do Sul). A análise de novos dados radiométricos em níveis associados e dos demais disponíveis para a bacia indicam o posicionamento da Zona GV entre o Asseliano à porção média do Artinskiano; Zona LW, no Artinskiano Médio, e Zona TL, entre a porção média/superior do Artinskiano ao Wordiano.

Palavras-chave: Palinologia, Permiano, Bacia do Paraná, Bioestratigrafia, Paleozóico Superior.

Abstract: This study presents new palynological results from the HN-05-RS and HN-25-RS boreholes, located at Hulha Negra municipality, southern Rio Grande do Sul State, Paraná Basin. A total of 114 levels, which corresponds to the whole package of Gondwana I Supersequence were sampled, furnishing the overview and analysis of the distribution of 134 palynomorphs identified in this section, as well their relative frequency. As mainly results, three new informal assemblages biozones are proposed, named as: (i) *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata* Zone (GV Biozone), correlated between Itararé Subgroup and topmost deposits of Rio Bonito Formation; (ii) *Lundbladispora braziliensis* – *Weylandites lucifer* Zone (LW Biozone), related to the upper section of the Rio Bonito Formation/base of Palermo Formation to the middle portion of this last unit; and (iii) *Thymospora thiesseni* – *Lueckisporites virkkiae* (TL Biozone), corresponding to middle portion of Palermo Formation to the basal levels of the Rio do Rasto Formation. It was also verified that the stratigraphic distribution of some of the taxa present in each lithostratigraphic unit was distinct from the ranges recognized to the Paraná Basin in the Brazilian portion. Otherwise, they found great affinities with palynozones proposed to the northern portion of Uruguay, of coeval ages. These differences and similarities are discussed in detail, including wide correlations with other Gondwanan regions (such as Argentina, Uruguay and South Africa). The analysis of new radiometrical dating in associated levels and other data available to the basin, allow to refer the GV Biozone to Asselian to the middle portion of Artinskian; LW Biozone, in the Middle Artinskian, and TL Biozone, between Middle/Upper Artinskian to Wordian.

Key words: Palynology, Permian, Paraná Basin, Biostratigraphy, Upper Paleozoic.

1. Introdução

Os estudos geológicos realizados na região de Candiota - Hulha Negra incluem diversos mapeamentos regionais de superfície, para fins de aproveitamento de recursos minerais, com ênfase aos carvões, os quais são largamente distribuídos na área e cujo estudo remonta ao final do século XIX (*e.g.*, Plant, 1869; Hartt, 1870). Dezenas de poços profundos foram perfurados por companhias de pesquisa e exploração mineral, com destaque às campanhas da Companhia de Recursos Minerais (CPRM-RS), a maioria dos quais apresentando testemunhagem contínua, o que permite o estudo estratigráfico de detalhe. Palinomorfos constituem o principal grupo paleontológico capaz de prover um esquema bioestratigráfico de forma mais abrangente em termos estratigráficos e geográficos para o intervalo Pensilvaniano-Permiano da Bacia do Paraná, devido, principalmente, à abundância generalizada e diversidade de determinados microfósseis de parede orgânica ao longo das seções, especialmente esporos e grãos de pólen.

Embora sejam conhecidos diversos trabalhos de cunho palinológico para a área, tais como Pant & Srivastava (1965), Tiwari & Navale (1967), Nahuys *et al.* (1968), Ybert (1975), Corrêa da Silva & Marques-Toigo (1975), os mesmos são restritos aos carvões e litologias associadas da Formação Rio Bonito, com maior destaque aos aspectos palinotaxonômicos. Nesse contexto, este trabalho objetiva apresentar dados palinológicos de dois poços selecionados no município de Hulha Negra, extremo sul do Estado do Rio Grande do Sul, destacando o significado bioestratigráfico das assembléias identificadas em um total de 114 amostras. O intervalo aqui analisado inclui todos os depósitos de todas as unidades constituintes da Superseqüência Gondwana I (Milani, 1997) da Bacia do Paraná, desde o topo do Subgrupo Itararé até a Formação Rio do Rasto. Dessa forma, são oferecidas informações palinológicas inéditas, com implicações relevantes de caráter bioestratigráfico, a partir de comparações com os zoneamentos prévios (Daemon & Quadros, 1970; Marques-Toigo, 1988, 1991; Souza & Marques-Toigo, 2003, 2005; Souza, 2006). Aspectos taxonômicos e paleoambientais são objetivos de trabalhos paralelos em desenvolvimento pelos autores, complementando a análise estratigráfica.

2. Materiais e Métodos

As amostras selecionadas para estudo são referentes a testemunhos de sondagem advindos dos poços HN-05-RS (65133300N/227950E) e HN-25-RS (6514965N/ 228004E), perfurados pela CPRM-RS no município de Hulha Negra, porção sul do Estado do Rio Grande do Sul (Fig. 1). Do poço HN-05-RS, foram extraídas 63 amostras, envolvendo o intervalo estratigráfico compreendido entre as formações Rio Bonito e Rio do Rastro (Fig. 2), enquanto do poço HN-25-RS foram estudadas 51 amostras, do intervalo entre o Subgrupo Itararé e a Formação Teresina (Fig. 2).

O tratamento para recuperação dos microfósseis de parede orgânica foi realizado no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IG/UFRGS), segundo a metodologia padrão para amostras paleozóicas, conforme descrito em Quadros & Melo (1987). A técnica consiste na remoção de minerais carbonáticos e silicáticos, a partir da utilização dos ácidos clorídrico e fluorídrico, respectivamente. O resíduo palinológico é obtido a partir do peneiramento do material restante, concentrando-se a fração entre 20 e 250 μm , através de peneiramento. As lâminas palinológicas foram montadas com Cellosize e Entellan, para análise sob microscopia óptica em aumentos entre 200 a 1000x. Para cada nível amostrado, duas lâminas palinológicas foram confeccionadas, totalizando 244 lâminas, as quais estão depositadas na Palinoteca do Museu de Paleontologia do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do IG/UFRGS, sob codificação MP-P 5712 a 5813, MP-P 6035 a 6160 e MP-P 6541 a 6559. A análise palinológica e a documentação fotomicrográfica foram realizadas com a utilização dos equipamentos Olympus CX31, com câmera acoplada (Olympus Evolt E-330).

A fim de observar o comportamento dos distintos morfogrupos ao longo dos poços, foi realizada a contagem do material palinológico em cada nível estratigráfico, a qual foi estipulada a partir do número mínimo de 100 espécimes por amostra ou pelo número total de formas identificadas em duas lâminas palinológicas por nível, quando o mínimo de espécimes não foi atingido. Os palinomorfos foram categorizados em grupos conforme morfologia e natureza (esporos lisos, esporos ornamentados, esporos cingulizados, grãos de pólen monossacados, grãos de pólen bissacados lisos, grãos de pólen estriados e poliplicados, elementos microplânctônicos e fungos). As interpretações sobre a relação entre os distintos grupos e respectivos

ambientes de deposição não serão abordadas nesta contribuição, considerando que os aspectos paleoambientais são objetos de trabalho à parte.

INSERIR FIGURA 1

3. Contexto geológico e paleontológico

A Bacia do Paraná é uma das mais extensas bacias intracratônicas da América do Sul, cobrindo cerca de 1.700.000 km² em área, distribuída em porções territoriais do Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai, envolvendo uma espessa seqüência sedimentar, que excede 6.000 m em seu depocentro (figura 1). De acordo com Milani (1997), seis unidades aloestratigráficas são identificadas na bacia: Supersequência Rio Ivaí (litoestratigraficamente correspondente ao Grupo Rio Ivaí, Ordoviciano/Siluriano), Paraná (Grupo Paraná, Devoniano), Gondwana I (grupos Tubarão e Passa Dois, Pensilvaniano/Permiano), Gondwana II (unidades triássicas), Gondwana III (Grupo São Bento, Jurássico/Cretáceo) e Bauru (Grupo Bauru, Cretáceo).

Os poços estudados nesse trabalho atravessam as unidades da Supersequência Gondwana I, a qual é correspondente a um grande ciclo transgressivo-regressivo. As unidades litoestratigráficas que compõem a Supersequência Gondwana no sul da Bacia do Paraná têm representação nos dois poços utilizados neste trabalho (vide figura 2). Em termos litoestratigráficos essa supersequência é referente às unidades do Grupo Tubarão (Subgrupo Itararé, formações Aquidauana, Rio Bonito, Palermo e Tatuí), de idade entre o Pensilvaniano (Bashkiriano/Moskoviano) ao Cisuraliano (Artinskiano), e do Grupo Passa Dois, onde estão incluídas as formações Irati, Serra Alta, Teresina, Corumbataí e Rio do Rasto, de idade entre o Cisuraliano (Artinskiano) e o Lopingiano (Wuchiapingiano?). Com efeito, compreende um espesso pacote sedimentar, litologicamente heterogêneo, relacionado a processos e paleoambientes de natureza distinta, como resultado das expressivas mudanças ambientais e climáticas ocorridas no setor ocidental do Gondwana no fim do Paleozóico, tal como sintetizado em Milani & Zalán (1999).

INSERIR FIGURA 2

Diversas cartas estratigráficas foram propostas para o intervalo Pensilvaniano/Permiano da bacia, expressando a sucessão de litotipos e a caracterização das unidades e fácies correspondentes, com destaque a Schneider *et al.* (1974), Milani *et al.* (1994, 2007) e Holz *et al.* (2010). Neste último trabalho, os dados estratigráficos (litofácies, seqüências deposicionais) e paleontológicos são especialmente sintetizados por unidade litoestratigráfica, fornecendo um quadro atualizado com as mais importantes informações do ponto de vista bioestratigráfico.

Em termos palinoestratigráficos, o intervalo em questão dispõe de diversos zoneamentos bioestratigráficos, desenvolvidos em distintos setores da bacia, com destaque a Daemon & Quadros (1970), de maior abrangência geográfica e estratigráfica. Com base na distribuição exclusiva de grãos de pólen, estes autores identificaram seis zonas de intervalo, de caráter operacional informal, as quais foram denominadas intervalos G, H (subdividido em H₁, H₂ e H₃), I (subintervalos I₁, I₂+I₃+I₄), J, K e L (subintervalos L₁, L₂ e L₃). Para o setor sul da bacia, Marques-Toigo (1988, 1991) propôs duas zonas de intervalo, envolvendo os depósitos do Subgrupo Itararé até a Formação Irati, nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Essas zonas foram definitivamente formalizadas por Souza & Marques-Toigo (2005), correspondentes, da base para o topo: Zona *Vittatina costabilis*, a qual foi subdivida nas subzonas *Protohaploxypinus goraiensis* e *Hamiapollenites karroensis*, e Zona *Lueckisporites virkkiae*. Em Souza (2006) são propostas as palinozonas mais basais do intervalo pensilvaniano da bacia, reconhecidas somente em sua porção nordeste (estados de São Paulo e Paraná). Dessa forma, a sucessão palinológica do intervalo Pensilvaniano/Permiano da bacia é composta por quatro zonas de intervalo, denominadas Zona *Ahrensia cristatus* (Neobashkiriano/Kasimoviano), *Crucisaccites monoletus* (Kazimoviano/Ghzeliano), *Vittatina costabilis* (Asseliano/Sakmario) e *Lueckisporites virkkiae* (Artinskiano/Wuchiapingiano?). As correlações com as zonas estabelecidas por Daemon & Quadros (1970) são apresentadas em Souza (2006) e Souza & Milani (2007), que destacam a importância das unidades no contexto do entendimento dos eventos estratigráficos mais significativos da bacia, tais como sua relação com os eventos de máxima inundação.

Particularmente para a região de Candiota - Hulha Negra, diversas contribuições palinológicas foram realizadas com ênfase em aspectos taxonômicos e paleoambientais (Pant & Srivastava, 1965; Tiwari & Navale, 1967, Nahuys *et al.*, 1968, Ybert, 1975; Marques-Toigo *et al.*, 1975; Corrêa da Silva & Marques-Toigo, 1975; Meyer & Marques-Toigo, 2000), todos restritos aos carvões e litologias associadas da Formação Rio Bonito. Resultados palinológicos recentemente divulgados por Mori & Souza (2010) com base em amostras das formações Rio Bonito e Palermo, apresentaram implicações significativas do ponto de vista bioestratigráfico, considerando que espécies-índice denotaram comportamento de distribuição estratigráfica distinto do esquema de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006). Além do detalhamento paleoflorístico, a ocorrência de níveis de *tonstein* na Mina de Candiota permitiu a aplicação de diversos métodos radiométricos, os quais por sua vez, forneceram idades absolutas, algumas provenientes do mesmo horizonte mas variáveis entre si em termos de resultados absolutos. Matos *et al.*, (2001), Guerra-Sommer *et al.*, (2005, 2008a, 2008b) e Rocha-Campos *et al.* (2006, 2007) apresentaram idades absolutas variando entre $267,1 \pm 3,4$ a $299,1 \pm 2,6$ Ma. Adicionalmente, Mori *et al.* (submetido) obtiveram nova idade absoluta para um nível de *tonstein* ocorrente na mesma seção investigada em Mori & Souza (2010). Essas informações serão discutidas neste trabalho, com ênfase no significado do posicionamento geocronológico das biozonas reconhecidas.

4. Resultados

4.1. Composição das associações palinológicas

Os resultados apresentados são baseados na análise de 103 amostras palinologicamente férteis, 55 concernentes ao poço HN05, e 48 do poço HN25. Palinomorfos, fitoclastos e matéria orgânica amorfa estão presentes em distintas proporções, abundância e preservação variadas. Dentre os palinomorfos, ocorrem 58 espécies de esporos, 63 de grãos de pólen e 11 táxons correspondentes a elementos microplanctônicos e fungos, cuja lista sistemática completa é apresentada na tabela 1. A distribuição estratigráfica total dos palinomorfos em cada poço é representada nas figuras 3 e 4. Fotomicrografias de táxons selecionados, considerando sua importância bioestratigráfica e frequência, constituem as figuras 5, 6 e 7.

INSERIR FIGURA 3

INSERIR FIGURA 4

4.2. Bioestratigrafia

A tentativa de posicionamento bioestratigráfico baseada nas biozonas estabelecidas por Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006) revelou-se problemática em razão de particularidades nas distribuições estratigráficas de determinados táxons considerados índices no esquema proposto pelos autores supracitados, conforme discutido mais adiante.

Os conjuntos palinológicos recuperados permitiram a formulação de um esquema bioestratigráfico diferenciado e informal. As associações propostas são caracterizadas pela distribuição estratigráfica dos palinomorfos e na frequência relativa dos morfogrupos representados, sendo identificadas três zonas de associação distintas, nomeadas *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata*, *Lundbladispota braziliensis* – *Weylandites lucifer* e *Thymospora thiesseni* – *Lueckisporites virkkiae*, com correlação nos dois poços. Os táxons que nomeiam cada associação são relativamente abundantes, ocorrem em todo o trecho correspondente, além de serem facilmente reconhecidos na seção e em diversas outras regiões do Gondwana. O quadro apresentado na figura 8 sumariza as biozonas propostas na presente contribuição, bem como suas principais características qualitativas e quantitativas.

INSERIR FIGURA 5

INSERIR FIGURA 6

INSERIR FIGURA 7

A distribuição estratigráfica das espécies nas figuras 3 e 4 permitiu o agrupamento de táxons conforme a sua amplitude, seja restrita, média ou longa, tal como designado a seguir.

1) Espécies de long-range: *Punctatisporites gretensis*, *Leiotriletes virkii*, *Calamospora sinuosa*, *Converrucosisporites micronodosus*, *Lundbladispota braziliensis*, *Laevigatosporites vulgaris*, *Limitisporites rectus*, *Protohaploxylinus bharadwajii*, *Fusacolpites ovatus*, *F. fusus*, *Vittatina costabilis* e *V. subsaccata*;

2) Táxons restritos à Biozona *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata*: *Retusotriletes* spp., *Apiculiretusispora sparsa*, *Apiculatisporis* spp., *Brevitriletes* spp., *Foveolatisporites* sp., *Vallatisporites* spp., *Cristatisporites* spp., *Krauselisporites* spp., além de *Horriditriletes uruguaensis*, *Anapiculatisporites tereteangulatus*, *Lundbladispota areolata*, *Cannanoropollis* spp., *Divarisaccus stringoplicatus*, *Plicatipollenites* spp., *Potonieisporites novicus*, *P. marleniae*, *Meristocarpus explicatus*, *Limitisporites congoensis*, *L. luandensis*, *Illinites unicus*, *Protohaploxylinus limpidus*, *P. goraiensis*, *Vittatina vittifera* e *V. corrugata*.

3) Táxons ocorrentes nas biozonas *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata* e *Lundbladispota braziliensis* – *Weylandites lucifer*: *Cyclogranisporites gondwanensis*, *Granulatisporites austroamericanus*, *Converrucosisporites confluens*, *Horriditriletes curvibaculosus*, *H. ramosus*, *L. riobonitensis*, *Lophotriletes rectus* e *Apiculatisporis levis*.

4) Espécie restrita à Zona *Lundbladispota braziliensis* – *Weylandites lucifer*: *Diatomozonotriletes subbaculiferus*.

5) Espécies registradas nas zonas *Lundbladispota braziliensis* – *Weylandites lucifer* e *Thymospora thiessenii* – *Lueckisporites virkkiae*: *Thymospora thiessenii*, *T. pseudothiessenii*, *Protohaploxylinus amplus*, *Striatopodocarpites fusus*, *Weylandites lucifer*, *Marsupipollenites striatus*;

6) Táxons restritos à Zona *Thymospora thiessenii* – *Lueckisporites virkkiae*: *Thymospora* spp., *Kendosporites striatus*, *Limitisporites hexagonalis*, *Guttulapollenites hannonicus*, *Corisaccites* spp., *Staurosaccites* spp., *Striatopodocarpites* spp., *Striatoabieites multistriatus*, *Lunatisporites* spp. e *Lueckisporites* spp.

4.2.1. Biozona de Associação *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata* (Biozona GV).

Esta unidade representa o intervalo onde são predominantes, qualitativa e quantitativamente, esporos triletes lisos, ornamentados e cingulizados, com destaque às espécies *G. austroamericanus*, *Converrucosisporites confluens*, *C. micronodosus* e aos gêneros *Cyclogranisporites*, *Horriditriletes*, *Retusotriletes*, *Brevitriletes*, *Cristatisporites*, *Vallatisporites*, *Krauselisporites* e *Lundbladispota*. Esporos atribuídos a *Foveolatisporites*, *Reticulatisporites* e *Murospora* também constituem parte desta associação, porém em menores proporções.

Grãos de pólen monossacados e bissacados ocorrem subordinadamente aos esporos, sendo representados principalmente por espécies dos gêneros *Caheniasaccites*, *Plicatipollenites*, *Potonieisporites*, *Cannanoropollis*, *Meristocarpus*, *Divarisaccus*, *Limitisporites*, *Illinites*, *Protohaploxypinus*, *Vittatina* e *Fusacolpites*. *Weylandites lucifer* e espécies de *Marsupipollenites* são escassos.

Esta associação foi identificada nos intervalos entre 178,20 a 143,75 m e 186,70 a 126,80 m dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, respectivamente, correspondente, em termos litoestratigráficos, ao intervalo entre o Subgrupo Itararé e o topo da Formação Rio Bonito.

4.2.2. Biozona de Associação *Lundbladispota braziliensis* – *Weylandites lucifer* (Biozona LW).

Nesta associação, espécies de esporos dos gêneros *Lundbladispota*, *Punctatisporites* e *Leiotriletes* constituem mais de 50% dos conjuntos palinológicos; espécies de *Cyclogranisporites*, *Cristatisporites* e *Diatomonozonotriletes subbaculiferus* são formas comuns. Subordinadamente ocorrem grãos de pólen monossacados e bissacados, representados por espécies dos gêneros *Caheniasaccites*, *Potonieisporites*, *Limitisporites* e *Protohaploxypinus*. Espécies de *Vittatina*, *Marsupipollenites* e *Weylandites lucifer* são frequentes.

Esta zona foi reconhecida em um trecho estratigraficamente pouco espesso, entre as profundidades 143,70 a 126,35 m e 126,70 a 105,00 m dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, respectivamente, com correspondência litoestratigráfica entre o topo da Formação Rio Bonito ou base da Formação Palermo até a porção média desta última.

4.2.3. Biozona de Associação *Thymospora thuesseni* – *Lueckisporites virkkiae* (Biozona TL).

Esta última unidade é caracterizada pela marcada diversidade e abundância de grãos de pólen bissacados e poliplicados em relação aos esporos, os quais são representados por poucos gêneros, tais como *Thymospora*, *Kendosporites*, *Punctatisporites* e *Leiotriletes*. Grãos de pólen monossacados são escassos e geralmente apresentam-se mal preservados (e.g., *Potonieisporites*, *Cannanoropollis*). Os grãos de pólen bissacados e teniados comumente registrados nesta associação são relativos aos gêneros *Limitisporites*, *Staurosaccites*, *Corisaccites*, *Lueckisporites*, *Lunatisporites*, *Striatopodocarpites*, *Striatoabieites*, *Vittatina*, *Weylandites*, *Fusacolpites* e *Marsupipollenites*.

Esta associação foi identificada entre os intervalos 122,10-40,90 m e 98,40-14,60 m dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, respectivamente, com correspondência litoestratigráfica ao trecho entre a porção média da Formação Palermo ao topo da seqüência analisada, seja até a Formação Teresina (poço HN-25-RS) ou Formação Rio do Rasto (poço HN-05-RS).

INSERIR FIGURA 8

5. Discussão dos resultados

5.1. Análise palinoestratigráfica

A amostragem contínua e não restrita a níveis de carvão, especialmente nas litologias da Formação Rio Bonito, forneceu uma visualização mais detalhada a respeito da amplitude estratigráfica dos esporomorfos ocorrentes no intervalo Permiano da Bacia do Paraná. Tal metodologia permitiu a verificação de divergências de amplitude em comparação ao esquema bioestratigráfico de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006), algumas das quais foram anteriormente abordadas em Mori & Souza (2010), em estudo de amostras recuperadas em afloramento próximo à localização dos poços em análise, constituindo parte da presente discussão.

Tendo em vista que as biozonas propostas representam Zonas de Associação, as correspondências e considerações bioestratigráficas apresentadas a seguir são baseadas na análise conjunta de aspectos qualitativos e quantitativos, uma vez que variações nos registros de primeiro aparecimento de formas consideradas táxons-guia são comumente documentadas, o que é esperado tendo em vista o reconhecido provincialismo das floras no Gondwana. Desta forma, as comparações são realizadas inicialmente em escala local, e posteriormente com diversas propostas palinoestratigráficas desenvolvidas para o intervalo Permiano, especialmente na Bacia do Paraná (Daemon & Quadros, 1970; Souza & Marques-Toigo, 2003, 2005; Souza, 2006) e nas suas extensões no Uruguai (Beri *et al.*, 2004) e Argentina (Russo, 1980; Vergel, 1993).

5.1.1. .Correlações locais: contribuições desenvolvidas no Estado do Rio Grande do Sul.

Embora diversas associações palinológicas sejam documentadas para a região próxima às perfurações HN-05 e HN-25, grande parte é restrita aos carvões da Formação Rio Bonito, as quais apresentam uma grande diversidade e abundância de esporos. As assembléias descritas em Ybert (1975), Meyer & Marques-Toigo (2000), Cazzulo-Klepzig *et al.* (2005), Guerra-Sommer *et al.* (2008a, 2008b) são correspondentes à Biozona *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata*.

No entanto, publicações baseadas na análise de testemunhos de sondagem no Estado do Rio Grande do Sul, como as realizadas por Marques-Toigo & Pons (1974), Cazzulo-Klepzig *et al.* (1982), Picolli *et al.* (1985) e Picarelli *et al.* (1987) contribuíram no reconhecimento de associações espora-polínicas além dos níveis de carvão, envolvendo análises de litologias do Subgrupo Itararé e das formações Palermo e Irati.

Os táxons identificados nestas contribuições são correspondentes em parte à Zona GV, a qual é reconhecida, por exemplo, nas amostragens de Picolli *et al.* (1985) em Charqueadas (porção centro-leste do RS). Relativas ao Subgrupo Itararé e às formações Rio Bonito e Palermo (níveis basais), as associações palinológicas revelaram um grande predomínio de esporos (*Cyclogranisporites*, *Horriditriletes*, *Lophotriletes*, *Lundbladispóra*, *Vallatisporites*), subordinadamente grãos de pólen monossacados (*e.g.* *Cannanoropollis*, *Caheniasaccites*) e baixa representação de grãos teniados

(*Protohaploxypinus*, *Vittatina*), confirmando o posicionamento das amostragens na Zona GV.

O conteúdo palinológico analisado por Cazzulo-Klepzig *et al.* (1982) em níveis das formações Rio Bonito e Palermo, a partir de poços perfurados na bacia carbonífera de Santa Rita, região leste do RS, permite a identificação das três biozonas ora em proposição: (i) nos níveis de carvão, a Zona GV é reconhecida pelo predomínio de esporos sobre grãos de pólen monossacados (*e.g.*, *Punctatisporites*, *Cyclogranisporites*, *Granulatisporites*, *Horriditriletes*, *Lundbladispora*, *Cannanoropollis*, *Plicatipollenites*); (ii) Zona *Lundbladispora braziliensis* – *Weylandites lucifer* (Zona LW), a qual ocorre da base até a porção média da Formação Palermo, diagnosticada pela abundância de *Lundbladispora* e na sua ocorrência associada à *Weylandites*, *Marsupipollenites* e *Vittatina*; (iii) Zona *Thymospora thiesseni* – *Lueckisporites virkkiae* (Zona TL), pelo predomínio, embora categorizado como “raro” pelos autores, de grãos de pólen estriados sobre esporos, no intervalo que abrange a porção média à superior da Formação Palermo (*Laevigatosporites*, *Kendosporites*, *Protohaploxypinus*, *Lunatisporites*, *Lueckisporites*, *Weylandites*, *Vittatina*, *Marsupipollenites*, *Fusacolpites*).

Amostras das formações Rio Bonito, Palermo e Irati foram analisadas por Marques-Toigo & Pons (1974) a partir de um poço localizado na bacia carbonífera do Iruí (porção central do RS). Considerando que não existe clara distinção sobre a distribuição dos táxons, bem como o contato entre as unidades litoestratigráficas, apenas a Zona GV pode ser reconhecida nos níveis da Formação Rio Bonito, de acordo com o predomínio maciço de esporos (*Punctatisporites*, *Cyclogranisporites*, *Lundbladispora*) em relação aos grãos de pólen. A identificação das zonas LW e TL pode ser inferida, embora com cautela, nos respectivos conjuntos: em duas amostragens, correlacionadas à Formação Palermo, abundantes em *Lundbladispora* (entre 10 a 30% das associações), e em um terceiro nível no topo da seqüência, definido pelo predomínio de grãos teniados variados (não especificados) associados à *Lueckisporites virkkiae*, espécie utilizada pelas autoras para o estabelecimento do contato entre as formações Palermo e Irati.

Os dados de Picarelli *et al.* (1987), relativos ao estudo de três perfurações provenientes da bacia carbonífera de Santa Terezinha (leste do RS), apresentam uma maior abrangência estratigráfica, contemplando depósitos do Subgrupo Itararé, das formações Rio Bonito, Palermo e Irati. Com base na distribuição estratigráfica e na análise quantitativa das espécies registradas, dois intervalos foram identificados pelos

autores. O “Intervalo A”, assim designado para as seções caracterizadas pelo predomínio máximo de esporos (e.g., *Punctatisporites*, *Cyclogranisporites*, *Granulatisporites*, *Lundbladispota*) sobre grãos de pólen monossacados e bissacados (*Cannanoropollis*, *Protohaploxylinus*), é considerado compatível à Zona GV, apresentando correspondência ao Subgrupo Itararé e à Formação Rio Bonito. Por outro lado, o “Intervalo B”, onde é alta a frequência de bissacados estriados (*Protohaploxylinus*, *Lunatisporites*, *Lueckisporites*, *Vittatina*) tem equivalência com a Zona TL, sendo correlacionado aos depósitos das formações Palermo e Irati. Pode ser suposta, ainda, com base na interpretação da distribuição estratigráfica e da frequência relativa dos morfogrupos, a relação da Zona LW ao terço inferior do “Intervalo B” (Formação Palermo), em razão da presença de espécies de *Lundbladispota* e *Cyclogranisporites* (frequência próxima a 20%), os quais ocorrem conjuntamente a *Weylandites* e *Vittatina* neste intervalo.

5.1.2. Correlações com biozonas da Bacia do Paraná.

Dentre as diversas propostas palinoestratigráficas divulgadas para a Bacia do Paraná, a apresentada por Daemon & Quadros (1970) é considerada como trabalho de referência para estudos em seções paleozóicas na bacia, dada sua ampla abrangência geográfica e litoestratigráfica das amostragens realizadas. Seis unidades informais foram estabelecidas, nomeadas como intervalos, em ordem ascendente: intervalos G, H (subdividido nos subintervalos H₁, H₂ e H₃), I (I₁, I₂+I₃+I₄), J, K e L (L₁, L₂ e L₃). Uma correspondência mais precisa entre as biozonas de associação *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina subsaccata*, *Lundbladispota braziliensis* – *Weylandites lucifer* e *Thymospora thiessenii* – *Lueckisporites virkkiae* e as apresentadas por Daemon & Quadros (1970) é dificultada em razão das unidades destes autores resultarem essencialmente da distribuição e frequência de grãos de pólen. Contudo, de maneira geral, as biozonas GV e LW podem ser comparáveis aos intervalos H₃, I e J, baseados na ocorrência comum do gênero *Vittatina*, pela diversidade e abundância relativa de grãos de pólen monossacados nestes intervalos, e pelo desaparecimento do gênero *Plicatipollenites*, no topo do intervalo J. Por sua vez, a Biozona TL apresenta estreita semelhança com os intervalos K e L, nos quais predominam diversas espécies de grãos de pólen bissacados, além do registro de

Lueckisporites virkkiae, forma utilizada como datum de correlação para a bacia pelos mesmos autores.

Considerando as zonas de intervalo propostas por Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006), as comparações entre as unidades são relativamente mais precisas, visto que diversas espécies de esporomorfos, tal como o caráter geral que diagnostica as unidades são compartilhadas. Desta forma, duas zonas permianas são reconhecidas, a Zona *V. costabilis*, estratigraficamente correlata ao Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito, e Zona *L. virkkiae*, definida entre o contato transicional das formações Rio Bonito e Palermo com extensão até a base da Formação Rio do Rasto.

As zonas GV e LW são correlacionáveis à Zona *Vittatina costabilis*, especificamente Subzona *Protohaploxypinus goraiensis* dos autores supracitados. A Subzona *P. goraiensis*, a qual foi erigida a partir de estudos desenvolvidos nos carvões e litologias associadas ocorrentes na seção sul da Bacia do Paraná, é delimitada em seu nível basal pelo aparecimento de espécies de *Vittatina*, sendo caracterizada pela abundância de esporos e frequência variada de grãos de pólen teniados e poliplicados. Espécies restritas a esta unidade foram verificadas nas zonas GV e LW, tais como *Granulatisporites austroamericanus*, *Converrucosisporites confluens*, *Lundbladisporea riobonitensis*, *Illinites unicus*, *Protohaploxypinus goraiensis* e *Vittatina* spp., o que permite uma boa correlação entre estas biozonas. Com base nos dados obtidos, é importante salientar que a unidade de topo da Zona *V. costabilis*, Subzona *Hamiapollenites karroensis*, a qual é definida pela ocorrência restrita da espécie epônima e pelo primeiro aparecimento de duas outras espécies acessórias (*Staurosaccites cordubensis* e *Striatopodocarpites fusus*), não encontra correlação com as novas biozonas propostas.

A Zona TL por sua vez, caracterizada pela marcada abundância e diversidade de grãos de pólen bissacados teniados e poliplicados, é correlacionável à Zona *Lueckisporites virkkiae* (Souza & Marques-Toigo, 2003, 2005; Souza, 2006), a qual tem seu limite inferior delimitado pelo aparecimento de *Lueckisporites*, e diagnosticada pelo predomínio de diversas formas teniadas e poliplicadas, como espécies de *Lunatisporites*, *Striatopodocarpites* e *Weylandites*, além da escassez de grãos de pólen monossacados.

Embora na correlação entre as biozonas de associação *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata*, *Lundbladisporea braziliensis* – *Weylandites lucifer* e *Thymospora thiessenii* – *Lueckisporites virkkiae* com as unidades de Souza &

Marques-Toigo (2003) e Souza (2006) sejam detectadas grandes similaridades, alguns esporomorfos considerados como espécies-guia apresentaram amplitudes distintas, motivando o desenvolvimento da nova proposta bioestratigráfica, conforme especificadas a seguir.

Nos poços analisados, as espécies *Granulatisporites austroamericanus*, *Converrucosisporites confluens* e *Hamiapollenites fusiformis* foram documentadas em níveis correspondentes à Formação Palermo. No esquema de Souza & Marques-Toigo (2003) e Souza (2006), essas três espécies são registradas nas litologias da Formação Rio Bonito e consideradas restritas à Subzona *P. goraiensis*. Esta mesma ocorrência estratigráfica foi também observada em Mori & Souza (2010), em estudo de afloramento na área adjacente aos poços perfurados (Candiota), em amostras relativas às formações Rio Bonito e Palermo. Neste último trabalho, as três espécies supracitadas (*G. austroamericanus*, *C. confluens* e *H. fusiformis*) foram verificadas nos níveis basais da Formação Palermo, conjuntamente com esporomorfos índices da Zona *L. virkkiae*, o que corrobora, embora localmente, a interpretação de que tais espécies podem realmente estender-se estratigraficamente acima do limite superior da Subzona *P. goraiensis*.

Com relação às definições da Subzona *H. karroensis*, outros problemas são levantados. Conforme Souza & Marques-Toigo (2003, 2005), esta unidade é definida a partir do primeiro aparecimento de *Striatopodocarpites fusus* e *Staurosaccites cordubensis*, além da ocorrência restrita de *H. karroensis*. No poço HN-05, esta biozona poderia ser diagnosticada a partir da presença de *S. fusus*, o que estaria de acordo com os critérios de reconhecimento da mesma, conforme a definição para “zonas de intervalo”. Contudo, espécimes de *H. karroensis* foram documentados em seções do Subgrupo Itararé e na Formação Palermo, sendo esta última ocorrência associada à *W. lucifer* (Poço HN-25).

Considerações desta natureza foram também efetuadas por Mori & Souza (2010). Como anteriormente mencionado, a análise palinológica de amostras relacionadas à transição das formações Rio Bonito e Palermo permitiu a identificação conjunta de elementos da Zona *L. virkkiae* (*L. virkkiae*, *W. lucifer*) e da Subzona *P. goraiensis* (*G. austroamericanus*, *C. confluens*). Com base nas espécies recuperadas, a subzona *H. karroensis* não foi verificada na seção estudada. No entanto, Holz (2003) e Holz *et al.* (2006) indicaram que na região, parte dos depósitos de topo da Formação Rio Bonito teria sido erodida durante a transgressão marinha, relacionada à Formação Palermo, e que, até o estabelecimento total das fácies costeiras desta última unidade,

parte da Formação Rio Bonito teria sido erodida. Consequentemente, a Subzona *H. karroensis* não teria boa e completa representação na área, ou seja, a ausência desta biozona no afloramento e por extensão, nos poços HN-05 e HN-25, é resultante de controle estratigráfico devido ao estabelecimento de uma superfície erosiva, denominada por SB3 (Holz *et al.*, 2006).

Entretanto, duas outras considerações devem ser ressaltadas: a documentação de *H. karroensis* em trabalhos divulgados para a Bacia é bastante escassa (Marques-Toigo & Pons, 1974; Marques-Toigo, 1988, 1991), denotando o caráter local de distribuição desta espécie, considerando ainda que, em Marques-Toigo & Pons (1974) a ocorrência da mesma está vinculada à Formação Palermo/Irati. Além disso, o registro de *S. fusus* em unidades estratigráficas distintas daquelas estabelecidas por Souza & Marques-Toigo (2005) reforça a reduzida validade da subzona em questão. Dias (1993) realizou um estudo detalhado sobre as associações palinológicas do Subgrupo Itararé a partir de diversos testemunhos de sondagem perfurados no Estado do RS. Embora em baixa frequência, a análise destas perfurações revelou a presença de *Striatopodocarpites fusus*, *Lunatisporites variesectus* e *Protohaploxypinus hartii*, espécies utilizadas no reconhecimento e definição da Zona *L. virkkiae*, e que teriam seu primeiro aparecimento estabelecido a partir dos depósitos transicionais entre as formações Rio Bonito e Palermo.

Avaliando ainda a questão das divergências estratigráficas, as espécies *W. lucifer* e *M. triradiatus*, as quais apresentam primeiro aparecimento a partir da Zona *L. virkkiae* segundo Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006), foram observadas nos poços HN-05 e HN-25 em níveis estratigraficamente inferiores do determinado por estes autores. Embora escassas, estas espécies foram recuperadas em amostragens da Formação Rio Bonito e do Subgrupo Itararé, respectivamente. De maneira semelhante, em trabalho desenvolvido no Estado de Santa Catarina, Longhim (2007) verificou a presença de *M. triradiatus* no Subgrupo Itararé e de *Lueckisporites nyakapendensis* em depósitos correspondentes à Formação Rio Bonito.

Para os níveis de topo da seção permiana da Bacia do Paraná, até recentemente não havia dados significativos sobre a diversidade palinológica nas litologias relativas às formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto, exceção aos dados de Daemon & Quadros (1970) e de Maranhão & Petri (1996), tendo estes últimos identificado palinomorfos na Formação Corumbataí, unidade correlata às formações Serra Alta e Teresina no Estado de São Paulo. Contudo, associações relativamente ricas

e preservadas foram descritas por Neregato (2007) e Neregato *et al.* (2008) na Formação Teresina e na porção basal da Formação Rio do Rasto (Membro Serrinha), a partir da análise de dois poços perfurados na região nordeste do Estado do Paraná. Estes conjuntos palinológicos são constituídos por proporções semelhantes de esporos e grãos de pólen bissacados (e.g. *Laevigatosporites*, *Thymospora*, *Lueckisporites*, *Staurosaccites*, *Vittatina*, *Weylandites*). Segundo os autores, a abundância de esporos monoletes em determinados níveis permitiu a proposição de duas biozonas informais, designadas como Intervalo 1 e Intervalo 2. O Intervalo 1 é caracterizado pela abundância de *Laevigatosporites vulgaris*, correspondente às formações Teresina e nível basal da Formação Rio do Rasto, enquanto a segunda unidade é definida pelo predomínio de *Thymospora* spp., identificada entre a porção basal à média da Formação Rio do Rasto. De maneira geral, estas biozonas são correspondentes à Zona *Thymospora thiesseni* – *Lueckisporites virkkiae*. Entretanto, considerando especialmente o Poço HN-05, a frequência relativa de *Thymospora* é significativamente maior entre as formações Irati e topo da Formação Teresina, com ausência de registros deste gênero na Formação Rio do Rasto. Desse modo, o Intervalo 2 seria documentado nos poços HN-05 e HN-25 em níveis estratigraficamente abaixo do originalmente definido, o que poderia indicar, a princípio, que as associações informais estabelecidas por Neregato *et al.* (2008) representariam condições locais e com reduzido potencial bioestratigráfico.

As observações apontadas anteriormente mostram que, em virtude do detalhamento no conhecimento palinológico em distintas seções estratigráficas ou geográficas na Bacia, determinados táxons podem vir a divergir “naturalmente” em sua amplitude com relação à sua distribuição em esquemas palinoestratigráficos formalizados (e.g., Souza & Marques-Toigo, 2003, 2005; Souza, 2006), e que podem também fornecer subsídios para a melhor definição ou aperfeiçoamento destas unidades bioestratigráficas. Contudo, tais diferenças na amplitude estratigráfica são compreendidas quando comparações são realizadas em outras seções gondwânicas, especialmente no Uruguai e África.

5.1.3. Correlações com esquemas propostos para a Bacia do Chacoparaná.

Embora variações nos registros de primeiro aparecimento ou desaparecimento das espécies sejam esperadas quando distintos esquemas

bioestratigráficos são comparados, seja em âmbito local ou regional, as correspondências efetuadas entre biozonas GV, LW e TL com associações descritas no Uruguai mostram-se mais precisas do que aquelas efetuadas para as unidades propostas para a porção brasileira da Bacia do Paraná, que ocorre em territórios da Argentina e Uruguai, sob a designação de “Bacia do Chacoparaná” (ou Chacoparanense, Chaco-Paraná, Paraná). A localização dos testemunhos de sondagem HN-05 e HN-25 é muito próxima geograficamente aos poços e afloramentos utilizados para a confecção das unidades de Beri *et al.* (2004), os quais foram perfurados na porção nordeste do Uruguai, em área adjacente à fronteira sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Na proposta informal de Beri *et al.* (2004), duas biozonas de associação foram estabelecidas: zonas *Cristatisporites inconstans* – *Vittatina subsaccata* e *Striatoabieites anaverrucosus* – *Staurosaccites cordubensis*. A primeira é definida pelo predomínio de esporos triletes associados a grãos de pólen bissacados (*Punctatisporites*, *Murospora bicingulata*, *Cristatisporites lestai*, *C. morungavensis*, *C. microvacuolatus*, *Converrucosisporites confluens*, *C. micronodosus*, *Brevitriletes levis*, *B. cornutus*, *Krauselisorites spinosus*, *Vallatisporites russoi*) e a segunda zona pela abundância 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 granulatus*). Essas biozonas são separadas entre si por uma Zona de Intervalo marcada pela abundância de *Lundbladispota*.

Estas unidades foram reconhecidas nas formações San Gregório, Tres Islas e Frayle Muerto (Zona *Cristatisporites inconstans* – *Vittatina subsaccata*) e na Formação Mangrullo (*Striatoabieites anaverrucosus* – *Staurosaccites cordubensis*), as quais são consideradas correlatas respectivamente ao Subgrupo Itararé e formações Rio Bonito, Palermo e Irati. A zona de intervalo de Beri *et al.* (2004) é interpretada entre a porção basal à média da Formação Frayle Muerto. A constituição litoestratigráfica destas unidades é muito semelhante às suas correspondentes brasileiras no RS (com registros glaciais, desenvolvimento de carvões, superfícies de transgressão marinha), significando que estão intimamente associadas, tanto em aspectos temporais (de deposição) quanto em termos de desenvolvimento paleoflorístico, refletindo microfioras muito semelhantes. Esta relação é observada em diversos trabalhos publicados para a região nordeste do Uruguai, os quais serviram de base para o estabelecimento das zonas

uruguaias, e apresentaram distribuição estratigráfica de palinomorfos muito semelhante aos dos poços HN-05 e HN-25, conforme sintetizado a seguir.

Nas análises palinológicas das formações San Gregorio, Tres Islas e Frayle Muerto, Beri & Daners (1996, 1998) documentaram a ocorrência de *Protohaploxylinus sewardi*, *P. cf. perfectus*, *Striatopodocarpites fusus* e *Fusacoliptes fasciolatus*, em associações identificadas como correspondentes à Subzona *P. goraiensis* de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005), onde estão incluídos depósitos correlacionados ao Subgrupo Itararé (Beri & Daners, 1996). Além disso, a caracterização da microflora por Beri & Daners (1998) para as formações Tres Islas e Frayle Muerto, é muito semelhante às biozonas GV e LW. Na Formação Tres Islas, predominam formas como *Punctatisporites*, *Granulatisporites*, *Lundbladispota*, *Caheniasaccites* e *Plicatipollenites*, enquanto grãos de pólen bissacados e estriados são escassos. Na Formação Frayle Muerto, por sua vez, há predomínio de *Lundbladispota* e subordinadamente de *Punctatisporites*, com reduzida participação de grãos monossacados e significativa representatividade de bissacados estriados (e.g. *Protohaploxylinus*, *Striatopodocarpites*, *Vittatina*).

Em Beri *et al.* (2006) e Gutierrez *et al.* (2006), estudo também baseado em amostras provenientes da Formação San Gregório, foram documentadas as concorrências de *G. austroamericanus*, *C. confluens*, *Protohaploxylinus goraiensis* e de *Lueckisporites densicarpus*, *Lunatisporites variesectus* e *W. lucifer*. Quando efetuada a correlação bioestratigráfica, os autores supracitados verificaram que as microfloras identificadas, embora apresentassem grande semelhança com a subzona *P. goraiensis* (Souza & Marques-Toigo, 2003, 2005) e com a Zona *Cristatisporites* (Russo *et al.*, 1980; Vergel, 1993), poderiam representar unidades distintas às estabelecidas no Brasil e na Argentina, quando então sugeriram a hipótese de um esquema palinoestratigráfico diferenciado para esta porção da Bacia do Chacopará.

Na camada “El Baron”, Membro Mangrullo (Formação Melo), a qual é correlata à Formação Irati, Beri & Pecoits (2001) registraram associações palinológicas abundantes em grãos de pólen estriados, como espécies de *Vittatina*, além de *Lunatisporites variesectus*, *Marsupipollenites triradiatus*, *Lueckisporites virkkiae* e *Weylandites lucifer*, com ampla correspondência à Zona *L. virkkiae* de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e a Zona TL. Contudo, *G. austroamericanus*, espécie restrita à Subzona *P. goraiensis*, também foi verificada em associação aos grãos

teniados, corroborando que esta espécie pode apresentar distribuição estratigráfica estendida além dos níveis de carvões do sul da Bacia do Paraná.

Gutiérrez *et al.* (2010) reavaliaram o conteúdo palinológico de Béri & Daners, (1996, 1998) e Beri & Pecoits (2001), e apresentaram os aspectos taxonômicos destas contribuições. Além da proposição de novas espécies, duas associações palinológicas foram definidas, de acordo com seu conteúdo qualitativo: Assembléia I, correspondente à Formação Frayle Muerto e Tres Islas (Associação I/poço 221 e Associações I e II/poço 201, respectivamente), com predomínio de esporos triletes, e raros grãos teniados e poliplicados, onde *Lundbladispora* e *Punctatisporites* são formas dominantes; e Assembléia II, reconhecida na associação II do poço 221 (formações Mangrullo e Passo Aguiar) e na camada “El Baron” com predomínio de estriados sobre outros tipos de pólen, sendo representativos *Lunatisporites*, *Lueckisporites*, *Limitisporites*, e *Corisaccites*. Como anteriormente mencionado, estes conjuntos encontram correlação com as zonas GV (Associação I/poço 221 e Associações I e II/poço 201) e TL (Associação II/poço 221 e camada “El Baron”).

Em Béri *et al.* (2010) são apresentadas informações inéditas para amostras da Formação Cerro Pelado, em depósitos correlatos ao Subgrupo Itararé. As observações em poços e afloramentos permitiram aos autores, de maneira geral, reconhecer associações qualitativamente dominadas por esporos (*e.g.*, *Lundbladispora* spp., *Granulatisporites austroamericanus*, *Converrucosisporites confluens*), enquanto grãos de pólen, representados pelos gêneros *Caheniasaccites*, *Vittatina*, *Protohaploxypinus*, por exemplo, expressam-se em menor frequência. Grãos de pólen teniados tais como *Lueckisporites*, *Weylandites*, *Marsupipollenites* e *Lunatisporites* também foram documentados, embora escassos. Contudo, o aparecimento de formas teniadas não foi interpretado como sinal de mudança florística significativa ao longo da unidade analisada, o que permite a correlação destas associações com a Zona GV. Além disso, as informações palinológicas foram vinculadas a modelos paleoclimáticos estabelecidos para esta seção do Gondwana onde variações do nível do mar relacionados a avanços e retrações glaciais poderiam justificar a presença de representantes de Coníferas e da vegetação pteridofítica. Segundo os autores, no modelo de Di Micheli *et al.* (2009), as terras baixas ou marginais suportariam uma grande variabilidade de vegetação, e ocupariam a bacia de acordo com as variações glaciais, do nível do mar ou clima, e desta forma, determinados tipos de gimnospermas poderiam predominar em terras baixas. É citado ainda a hipótese de Cúneo (1983), onde admite-se

que as gimnospermas do Hemisfério Sul teriam maior plasticidade ecológica, e ocupariam desde ambientes higrófilos a porções mais afastadas dos corpos d'água (vide Béri *et al.*, 2010).

Assim, como explicitado anteriormente, em razão da proximidade de localização das amostragens uruguaias aos poços HN-05 e HN-25, o comportamento da distribuição de determinados táxons nestes trabalhos (*e.g.*, *G. austroamericanus*, *Lunatisporites variesectus*, *Lueckisporites* spp., *W. lucifer*) ao apresentar maior alcance bioestratigráfico do anteriormente conhecido, assemelha-se fortemente ao que é documentado na presente contribuição. É assim indicada a possibilidade da execução de um esquema bioestratigráfico diferenciado para a seção sul da Bacia do Paraná, incluindo o Uruguai.

Na porção argentina da Bacia do Chacoparaná, Russo *et al.* (1980) e Vergel (1993) definiram duas biozonas de idade permiana, zonas *Cristatisporites* e *Striatites*. A Zona *Cristatisporites*, correspondente à Zona GV, é caracterizada pelos primeiros registros de *Vittatina saccata*, *Marsupipollenites striatus*, além *Converrucosisporites micronodosus* e *C. confluens*. Por outro lado, a Zona *Striatites*, reconhecida pelo predomínio de grãos de pólen estriados, é correlacionável à zona TL.

Com relação às demais propostas palinobioestratigráficas para a seção oeste do Gondwana na América do Sul, as zonas GV e TL podem ser correlacionadas às zonas *Fusacolpites fusus* – *Vittatina subsaccata* (FS) e *Lueckisporites* – *Weylandites* (LW), reconhecidas por Césari & Gutiérrez (2000) para depósitos da porção centro-oeste da Argentina. A Zona FS, encontra semelhanças com a Zona GV por ser definida pelo primeiro aparecimento de *Fusacolpites fusus* e *Vittatina saccata*, além de *Hamiapollenites fusiformis*, *Marsupipollenites striatus*, *Apiculatisporites cornutus*, enquanto a Zona LW, a qual é compatível com a Zona TW, é identificada pelo primeiro aparecimento de *Lueckisporites* spp., além do predomínio de grãos de pólen estriados, tais como *Weylandites*, *Vittatina*, *Lunatisporites* e *Marsupipollenites*.

Para a Formação Água de Jagüel (Bacia Calingasta-Uspallata), porção nordeste da Argentina, Pérez-Loinaze *et al.* (2010) documentaram palinofloras constituídas pelo predomínio de grãos de pólen teniados e bissacados sobre esporos. Ocorrem associados *G. austroamericanus* e escassos grãos de *Lueckisporites virkkiae*, fato que impediu o posicionamento acertado na Zona *Lueckisporites/Weylandites* de Césari & Gutiérrez (2000) e, por outro lado, representou o primeiro registro de *L. virkkiae* na Zona FS.

Di Pasquo *et al.* (2010) divulgaram dados palinológicos para a porção norte da Bacia de Paganzo, Argentina. Com base em aspectos qualitativos, duas associações palinológicas foram reconhecidas, dentre as quais, a Assembléia II, identificada em estratos da Formação Saucos, e caracterizada pelo predomínio de esporos (*Horriditriletes*, *Converrucosisporites*, *Granulatisporites*), sobre grãos de pólen monossacados, bissacados e poliplicados, pode ser correlacionada à Zona GV. Entretanto, foram registrados na mesma amostra *C. confluens*, *G. austroamericanus*, *Illinites unicus* e *P. goraiensis* associados a *Lunatisporites variesectus*, demonstrado as variações locais de primeiro aparecimento de determinados táxons.

5.1.4. Correlações com outras regiões Gondwânicas (África, Antártica, Austrália).

Diversos autores já ressaltaram que as tentativas de correlações entre distintos esquemas bioestratigráficos freqüentemente mostram-se pouco precisas, uma vez que as amplitudes verticais, isto é, temporais, das espécies verificadas são bastante divergentes entre si (*e.g.*, Playford & Dino, 2002; Souza & Marques-Toigo, 2005; Souza, 2006; Césari, 2007; Stephenson, 2008). Além disso, a ausência de um padrão na documentação palinológica é uma forte limitação às comparações (Stephenson, 2008). Desta forma, as associações palinológicas documentadas no Gondwana (exceto América do Sul) que encontram maior correspondência são as estabelecidas na África, Bacia do Karoo, na contribuição de Falcon (1975), e em trabalho recente apresentado por Modie & Herissé (2009), as quais são apresentadas a seguir.

O esquema bioestratigráfico de Falcon (1975) é resultado de estudos provenientes na Bacia do Karoo, na região do atual Zimbábue. Baseado na abundância e limites de aparecimento de determinadas espécies, foram apresentadas quatro zonas de associação. As associações I, II e III, comportam freqüências relativas de esporos triletes variando entre 40 a 70%, com reduzida contribuição de grãos de pólen estriados (máximo 20%). Nestas associações, os gêneros mais significativos são *Granulatisporites*, *Punctatisporites*, *Retusotriletes*, *Potonieisporites*, *Protohaploxypinus*, e por tais características, podem ser comparáveis à Zona GV. Por sua vez, a Associação IV, é caracterizada pelo predomínio de formas estriadas (compõem até 60% das associações) e distinguida pela introdução de *Lueckisporites*, *Vittatina* e *Hamiapollenites*, por exemplo. Além disso, são apresentados como gêneros importantes *Protohaploxypinus*, *Striatopodocarpites*, *Thymospora* e *Marsupipollenites*.

A julgar pela abundância e diversidade de grãos de pólen teniados sobre outros morfogrupos, esta unidade encontra correlação com a Zona LW.

Em trabalho desenvolvido também na Bacia do Karoo, Modie & Herissé (2009) apresentaram associações palinológicas recuperadas no Botswana, com conteúdo muito semelhante aos conjuntos descritos para a Bacia do Paraná. Dois poços contendo seqüências glaciais a pós-glaciais foram amostrados, com correspondência ao Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito, permitindo o estabelecimento de três biozonas, dentre as quais, as zonas *Hamiapollenites bullaeformis* e *Cyclogranisporites gondwanensis/Platysaccus papilionis* equivalem às zonas GV e TL, respectivamente. A zona basal *H. bullaeformis*, tem como principais características a restrição do táxon epônimo, o predomínio de esporos, o primeiro aparecimento de espécies de *Vittatina*, e contém táxons diagnósticos como *C. confluens* e *W. lucifer*, além de formas acessórias como *Cristatisporites inconstans*, *Horriditriteles curvibaculosus*, *Punctatisporites gretensis* e *Caheniasaccites flavatus*. A zona subjacente, *C. gondwanensis*, reconhecida pelos autores como “a rather poorly defined zone, which is characterized largely on long-range and some medium-range taxa (...) As a result, there is a lack of common restricted species to form diagnostic taxa and provide time equivalent events for correlation” (Modie & Herissé, 2009, p. 340), é diferenciada da zona *H. bullaeformis* por ser constituída predominantemente por grãos de pólen, os mais significativos representados por *L. virkkiae* e *Marsupipollenites triradiatus*, enquanto a zona *Platysaccus papilionis* é definida pelo predomínio de grãos de pólen bissacados, com limite inferior reconhecido a partir do primeiro aparecimento de *P. papilionis* e *Striatopodocarpites fusus*.

Embora sejam documentadas palinofloras de conteúdo semelhante às zonas GV, LW e TL em outras seções gondwânicas, tal como Antártica (Lindstrom, 1995a, 1995b) e Austrália (Backhouse, 1991; Jones e Truswell, 1992), as variações na amplitude de seus táxons diagnósticos, bem como a caracterização das biozonas apresentadas nestas contribuições são muito distintas, limitando significativamente as correlações.

5.2. Biocronoestratigrafia

Nos últimos anos, a fim de obter um melhor posicionamento das unidades bioestratigráficas em relação à carta geocronológica padrão, diversas datações

absolutas foram divulgadas para o intervalo Permiano da Bacia do Paraná. Contudo, grande parte das idades é resultante dos níveis de *tonstein* que ocorrem associados aos carvões da Mina de Candiota, e incluem dados bastante discrepantes (vide Césari, 2007; Mori *et al.*, submetido).

Resultados dessa natureza divulgados para a Mina de Candiota foram apresentados por Matos *et al.* (2001), Guerra-Sommer *et al.* (2005, 2008 a, 2008b) e Rocha-Campos *et al.* (2006, 2007), variando entre idades de $267,1 \pm 3,4$ Ma (Matos *et al.*, 2001) a $299,1 \pm 2,6$ Ma (Guerra-Sommer *et al.*, 2005). Além disso, as informações palinológicas associadas a estas idades carecem de maior detalhamento, o que dificulta a interpretação da unidade bioestratigráfica ocorrente, e conseqüentemente o posicionamento adequado das biozonas.

Marques *et al.* (2007) divulgaram preliminarmente uma nova idade para o nível de tonstein ocorrente no afloramento estudado por Mori & Souza (2010), a qual foi apresentada como $278,2 \pm 1,8$ Ma. Esta mesma amostra foi reavaliada e integrada a novos dados palinológicos em Mori *et al.* (submetido), revelando a idade de $281,4 \pm 3,4$ Ma, a qual foi interpretada como indicativa da base da Zona *Lueckisporites virkkiae*. No entanto, a característica geral dos conjuntos palinológicos das camadas imediatamente acima (C4) e abaixo (C3) do nível datado permitem correlação com a Zona GV, provavelmente em um intervalo de transição entre o topo desta unidade e a base da Zona LW, já que nos níveis correspondentes à Formação Palermo (amostras C7 e C8) predominam espécies de *Lundbladispora* vinculadas a formas teniadas (e.g., *Weylandites lucifer*, *Lunatisporites variesectus*, *Striatopodocarpites fusus*).

Considerando esta nova idade, os depósitos de topo da Formação Rio Bonito são localmente posicionados no Artinskiano médio (Gradstein, 2009), e encontra apoio ao ser comparada à datação da Formação Irati realizada por Santos *et al.* (2006), de $278,4 \pm 2,2$ Ma, a qual é considerada a mais consistente para o intervalo Permiano da Bacia do Paraná, uma vez que encontra correspondências com outras idades divulgadas para a Argentina e África (Césari, 2007).

Melchor (2000) apresentou para a Bacia do Chacoparaná (Argentina) a idade de $266,3 \pm 0,82$ Ma, em níveis vinculados à Zona Striatites, a qual é correlata às zonas *L. virkkiae* e TL. Contudo, como não é conhecida a real extensão estratigráfica desta unidade na seção, a idade radiométrica fornecida pode estar relacionada aos depósitos de base ou topo da biozona. Na África, Bangert *et al.* (1999) e Stollhofen *et al.* (2000) apresentaram valores de $288 \pm 3/289,6 \pm 3,8$ Ma e 270 ± 1 Ma,

respectivamente, para amostras do Grupo Dwyka (parcialmente correlato ao Subgrupo Itararé) e para a Formação Collingham, a qual sobrepõe a formação Whitehill - portadora de mesossaurídeos, com correlação à Formação Irati. O conteúdo dos conjuntos fossilíferos dessas unidades permitem correlação e o empilhamento temporal das unidades litoestratigráficas com certa coerência.

Baseado na análise palinológica de estratos utilizados por Bangert *et al.* (1999) no Membro Ganigobis, Namíbia, Stephenson (2009) estabeleceu idade Pensilvaniana (302 ± 3 Ma) como uma das ocorrências mais antigas para *Converrucosisporites confluens*, espécie considerada como uma forma significativa para correlações à longa distância. Entretanto, variações locais de distribuição estratigráfica são observadas na amplitude do táxon, e tal interpretação não afeta no posicionamento temporal das novas biozonas conforme apresentado a seguir.

Considerando as correlações das zonas *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata*, *Lundbladispota braziliensis* – *Weylandites lucifer* e *Thymospora thiessenii* – *Lueckisporites virkkiae* com as zonas *Vittatina costabilis* e *Lueckisporites virkkiae* (Souza & Marques-Toigo, 2003, 2005; Souza, 2006), e dados radiométricos disponíveis para a Bacia do Paraná, as idades referentes às novas biozonas ficam estabelecidas como seguem: (i) Zona *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata*, é posicionada entre o Asseliano e a porção média do Artinskiano; (ii) a Zona *Lundbladispota braziliensis* – *Weylandites lucifer*, corresponde ao Artinskiano Médio, e (iii) a Zona *Thymospora thiessenii* – *Lueckisporites virkkiae*, é datada como Artinskiano Médio/Superior ao Wordiano. A síntese das correlações entre os principais esquemas palinoestratigráficos desenvolvidos para da Bacia do Paraná, ajustados às datações radiométricas mais significativas disponíveis para o Permiano é apresentada na figura 9.

INSERIR FIGURA 9

6. Considerações finais

O estudo palinológico dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, localizados na porção sul do Estado do Rio Grande do Sul, permitiu a identificação de 134

palinomorfos, dentre os quais 58 são relativos a esporos, 65 a grãos de pólen e 11 correspondentes a algas/fungos. As amostragens palinológicas, as quais compreendem litologias desde o Subgrupo Itararé à Formação Rio do Rasto, possibilitaram ainda a visualização da distribuição estratigráfica contínua dos diversos táxons ao longo da seção permiana da Bacia do Paraná.

Ao conferir a amplitude estratigráfica de determinados esporomorfos junto ao esquema palinoestratigráfico mais atual (Souza & Marques-Toigo 2003, 2005; Souza, 2006), foi observado que as espécies *Granulatisporites austroamericanus*, *Converrucosisporites confluens*, *Hamiapollenites fusiformis*, *Weylandites lucifer* e *Marsupipollenites trirradiatus* estavam distribuídas em unidades litoestratigráficas anteriormente desprovidas de sua ocorrência, o que poderia sugerir alterações nos limites inferior e superior das zonas *V. costabilis* e *L. virkkiae*. Adicionalmente, a verificação de *H. karroensis* em níveis litoestratigráficos distintos do pré-estabelecido, bem como a escassa documentação da espécie na Bacia do Paraná, demonstra a “fragilidade” de definição da subzona *H. karroensis*, implicando na necessidade de revisão. Considerando que esta zona foi erigida a partir de depósitos do sul da bacia, principalmente nas litologias relacionadas aos carvões, somente estudos de detalhe em outros poços podem solucionar tal questão.

Diante das dificuldades de posicionamento dos conjuntos palinológicos recuperados nos poços HN-05 e HN-25 junto às zonas *V. costabilis* e *L. virkkiae*, a análise qualitativa e quantitativa das amostragens permitiu o estabelecimento de três zonas de associação, informais, designadas, em ordem estratigráfica ascendente: (i) Zona *Granulatisporites austroamericanus* – *Vittatina saccata*, correlata ao Subgrupo Itararé ao topo da Formação Rio Bonito; (ii) Zona *Lundbladispora braziliensis* – *Weylandites lucifer*, de ocorrência entre o topo da Formação Rio Bonito e base da Formação Palermo à sua porção média; e (iii) Zona *Thymospora thiessenii* – *Lueckisporites virkkiae*, entre a porção média da Formação Palermo até a Formação Rio do Rasto.

A comparação da distribuição estratigráfica dos esporomorfos recuperados nos poços HN-05 e HN-25 com as observações de Beri & Daners (1996, 1998), Beri *et al.* (2006), Gutiérrez *et al.* (2006), Beri *et al.* (2010), Gutiérrez *et al.* (2010) e Modie & Herissé (2009), demonstra que *G. austroamericanus*, *C. confluens*, *H. fusiformis*, *S. fusus* e *W. lucifer* por exemplo, podem representar espécies síncronas, isto é, não estão necessariamente restritas aos limites das biozonas estabelecidas por

Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006). O exame destes dados revela ainda que os conjuntos palinológicos documentados na presente contribuição expressam maior vínculo com as associações palinológicas registradas no Uruguai (Beri *et al.*, 2004), do que em outras assembléias do norte da bacia em território brasileiro, o que torna explícito o reconhecimento do fitoprovincialismo gondwânico, mesmo em termos intrabaciais. Por outro lado, considerando que grande parte dos trabalhos desenvolvidos no RS - incluindo-se as zonas permianas de Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) - é baseado principalmente em níveis de carvão e litologias associadas, diversos táxons poderiam ter sua amplitude estratigráfica original “mascarada”, reforçando a validade de estudos de detalhe, tal como aqui apresentado, uma vez que a amostragem realizada não é restrita somente aos intervalos de carvão. Dessa forma, a caracterização das zonas bioestratigráficas ora em proposição não está limitada a determinados litotipos, o que evita qualquer controle paleoecológico e conseqüentemente, aumenta a potencialidade de aplicação destas biozonas.

Na Bacia do Paraná, as zonas GV e LW são correlatas, grosso modo, à Zona V. *costabilis*, enquanto a Zona TL é correspondente à Zona L. *virkkiae*, ainda que divergências nos táxons tenham sido observadas. Como anteriormente relatado, as zonas GV, LW e TL são muito semelhantes às zonas estabelecidas uruguaias, *Cristatisporites inconstans* – *Vittatina subsaccata*, de Intervalo de *Lundbladispora* e *Striatoabieites anaverrucosus* – *Staurosaccites cordubensis*, respectivamente, embora estas ainda sejam inéditas e carentes de maior detalhamento (Beri *et al.*, 2004). As zonas GV/LW e TL apresentam certo grau de similaridade com as zonas *Cristatisporites* e *Striatites*, definidas para a porção argentina da Bacia do Chacopará (Russo *et al.*, 1980; Vergel, 1993), e às zonas *Fusacolpites fusus* - *Vittatina subsaccata* e *Lueckisporites* – *Weylandites*, reconhecidas por Césari & Gutiérrez (2001) para depósitos do centro-oeste da Argentina.

Uma nova idade radiométrica foi obtida para a Formação Rio Bonito, em afloramento próximo à localização dos poços HN-05 e HN-25 (Mori *et al.*, submetido). A idade apresentada ($281,4 \pm 3,4$ Ma) foi interpretada como a base da Zona *Lueckisporites virkkiae* por Mori & Souza (2010), ou topo da Zona GV, conforme o conteúdo palinológico nas camadas acima e abaixo do nível de tonstein utilizado na datação. Ao considerar a datação absoluta de $278,4 \pm 2,2$ Ma de Santos *et al.* (2006) para a Formação Irati, esta nova idade parece apresentar-se válida, permitindo o posicionamento das biozonas tal como segue: (i) Zona *Granulatisporites*

austroamericanus – *Vittatina saccata*, entre o Asseliano à porção média do Artinskiano; (ii) Zona *Lundbladispora braziliensis* – *Weylandites lucifer*, Artinskiano Médio; e (iii) Zona *Thymospora thiesseni* – *Lueckisporites virkkiae*, datada como Artinskiano Médio/Superior ao Wordiano.

Agradecimentos

Esta contribuição foi realizada a partir de recursos advindos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) Projeto 474153/2004-5. Os autores prestam agradecimentos à Companhia de Recursos Minerais (CPRM), pela cessão das amostras e a Ricardo C. Lopes, pelas discussões que embasaram o conhecimento estratigráfico deste trabalho. Este trabalho constitui parte da Tese de Doutorado da primeira autora (Bolsista CNPq) junto ao Programa de Pós-graduação em Geociências da UFRGS.

Referências

- Azcuy, C.L., Beri, Á., Bernardes-de-Oliveira, M.E.C., Carrizo, H.A., Di Pasquo, M., Saravia, P.Días, González, C., Iannuzzi, R., Lemos, V.B., Melo, J.H., Pagani, A., Rohn, R., Amenábar, C.R., Sabattini, N., Souza, P.A. & Taboada A. 2007. Bioestratigrafia del Paleozóico Superior de América del Sur: primera etapa de trabalho hacia una nueva propuesta. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* (Publicação Especial), 11: 9-65.
- Backhouse, J. 1991. Permian palynostratigraphy of the Collie Basin, Western Australia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 67: 237-314.
- Bangert, B., Stollhofen, H., Lorenz, V. & Armstrong, R. 1999. The geochronology and significance of ash-fall tuffs in the glaciogenic Carboniferous-Permian Dwyka Group of Namibia and South Africa. *Journal of South American Earth Sciences*, 29:33-49.
- Beri, Á. 2003. Revisión del conocimiento paleontológico del Paleozoico Tardío del Uruguay. *Revista Museo Argentino Ciencias Naturais*, 5: 163-168.
- Beri, Á. & Daners, G. 1996. Palinomorfos de La perforación Cerro Largo Sur nº 4, Pérmico Inferior, Uruguay. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69: 163-170.
- Beri, Á. & Daners, G. 1998. Estudio palinológico de la perforación 201 (DI.NA.MI.GE), Pérmico, Uruguay. *Boletín de la Real Sociedad. Española de Historia Natural* (Sección Geología), 94: 55-64.

Beri, Á., Gutiérrez, P. R., Cernuschi, F. & Balarino, L. 2004. Palinoestratigrafía del Pérmico de la Cuenca Paraná, Uruguay. In: XI REUNIÃO DE PALEOBOTÂNICOS E PALINÓLOGOS, 2004, Gramado. *Boletim de Resumos*, p. 29.

Beri, Á. & Pecoits, E. 2001. Palinología y sedimentología de la Formación Melo (Pérmico) en la cañada “El Barón”, departamento de Cerro Largo, Uruguay. *Ameghiniana*, 38: 419-428.

Beri, Á., Gutiérrez, P.R., Cernuschi, F. & Balarino, M.L. 2006. Palinología del Pérmico Inferior en la perforación DCLS-24 (Formación San Gregorio), departamento de Cerro Largo, Uruguay. Parte I: esporas, algas, prasinofitas y acritarcas. *Ameghiniana*, 43: 227-244.

Beri, Á., Martínez-Blanco, X. & Mourelle, D. 2010. A synthesis of palynological data from the Lower Permian Cerro Pelado Formation (Paraná Basin, Uruguay): A record of warmer climate stages during Gondwana glaciations. *Geologica Acta*, in press.

Carruthers, W. 1869. On the plant remains from the Brazilian coal beds with remarks on the genus Flemingites. *Geological Magazine*, 6: 151-155.

Cazzulo-Klepzig, M., Dias-Fabrizio, M. & Marques-Toigo, M. 1982. Palynological characterization of rocks associated to the coal seams of Santa Rita Coal Field, Rio Bonito and Palermo Formations, Paraná Basin, Permian, Rio Grande do Sul, Brazil. In: III CONGRESSO GEOLOGICO CHILENO, Cidade. *Anais*, 65-83.

Cazzulo-Klepzig, M., Menegat, R. & Guerra-Sommer, M. 2005. Palynology and Palaeobotany in the reconstruction of landscape units from the Candiota Coalfield, Permian of Paraná Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 8: 83-98.

Césari, S. N. 2007. Palynological biozones and radiometric data at the Carboniferous–Permian boundary in western Gondwana. *Gondwana Research*, 11: 529-536.

Césari, S. N. & Gutiérrez, P. R. 2000. Palynostratigraphy of Upper Paleozoic Sequences in Central – Western Argentina. *Palynology*, 24: 113-146.

Corrêa da Silva, Z. & Marques-Toigo, M. 1975. Carvão no Brasil: Mina de Candiota – Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GEOLOGIA ECONÔMICA, Buenos Aires. *Actas*, I: 263-286.

Cúneo, R. 1983. Paleoecología de microsecuencias plantíferas del Grupo Rio Guenoa, Pérmico de Chubut, Argentina. *Ameghiniana*, 1-2: 11-131.

Daemon, R.F. & Quadros, L.P. 1970. Bioestratigrafia no Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Brasília. *Anais*, 359-412.

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., Vergel, M.M. & Azcuy, C.L. 2010. Pennsylvanian and Cisuralian palynofloras from the Los Sauces area, La Rioja Province, Argentina: Chronological and paleoecological significance. *International Journal of Coal Geology*, in press.

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.

Falcon, R.M.S. 1975. Palyno-stratigraphy of the Lower Karoo sequence in the Central Sebungwe District, Mid-Zambezi Basin, Rhodesia. *Palaeontologia Africana*, 18: 1-29.

Gradstein, F.M., Ogg, J.G. 2009. *The geologic time scale*. In: Hedges, S.B., Kumar, S. (Eds.). *The Timetree of Life*. Oxford University Press, New York, 527p.

Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Formozo, M. L., Menegat, R. & Basei, M. A. S. 2005. New radiometric data from ash fall rocks in Candiota coal-bearing strata and the palynostratigraphic framework in southern Paraná Basin (Brazil). In: GONDWANA 12, Mendoza. *Abstracts*, p. 89.

Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Santos, J.O.S., Hartman, L.A., Ketzer, J.M. & Formoso, M.L.L. 2008a. Radiometric age determination of tonstein and stratigraphic constraints for the Lower Permian coal succession in southern Paraná Basin, Brazil. *International Journal of Coal Geology*, 74: 13-27.

Guerra-Sommer, M.; Cazzulo-Klepzig, M.; Formoso, M.L.L.; Menegat, R. & Mendonça, J.G. 2008b. U-Pb dating of tonstein layers from a coal succession of the southern Paraná Basin (Brazil): A new geochronological approach. *Gondwana Research*, 14: 474-482.

Gutiérrez, P.R., Beri, Á., Balarino, M.L. & Cernuschi, F. 2006. Palinología del Pérmico Inferior en la perforación DCLS-24 (Formación San Gregorio), departamento de Cerro Largo, Uruguay. Parte II: granos de polen. *Ameghiniana*, 43: 611-635.

Gutiérrez, P., Balarino, L. & Beri, Á. 2010. Palynology of the Lower Permian of Paraná Basin, Uruguay. *Journal of Systematic Palaeontology*, in press.

Holz, M. 2003. Sequence stratigraphy of a lagoonal estuarine system – an example from the lower Permian Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil. *Sedimentary Geology*, 162: 305-331.

Holz, M., Kuchle, J., Philipp, R. P., Bischoff, A. & Arima, N. 2006. Hierarchy of tectonic control on stratigraphic signatures: Base-level changes during the Early Permian in the Paraná Basin, southernmost Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 22: 185-204.

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.

Jones, M.J. & Truswell, E.M. 1992. Late Carboniferous and Early Permian palynostratigraphy of the Joe Joe Group, southern Galilee Basin, Queensland, and

implications for Gondwanan stratigraphy. *Journal of Australian Geology & Geophysics*, 13: 143-185.

Liais, E. 1872. *Climats, géologie, faune et géographie du Brésil*. Garnier Frères, Libraires-Éditeurs, Paris, 640p.

Lindstrom, S. 1995a. Early Permian Palynostratigraphy of the northern Heimfrintfjella mountain-range, Dronning Maud-Land, Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 89: 359-415.

Lindstrom, S. 1995b. Late Permian palynology of Fossilryggen, Vestfjella, Dronning Maud Land, Antarctica. *Palynology*, 20: 15-48.

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 em Geociências, Universidade Estadual Paulista, Brasil.

Maranhão, M.S.A.S. & 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*, 17: 33-54.

Marques, J. C., Chemale, F. J., Lopes, R. C., Souza, P.A., Justino, D. & Dussin, I.A. 2007. LA-ICP-MS U-Pb Zircon age from an ash fall rock of the uppermost Rio Bonito Formation, southern Paraná Basin. In: 4º SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, Búzios. *Boletim de Resumos*, p.32.

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 em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

Marques-Toigo, M. 1991. Palynobiostratigraphy of the southern Brazilian Neopaleozoic Gondwana sequence. In: 7ST INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM, São Paulo. *Proceedings*, p. 503-515.

Marques-Toigo, M. & Pons, M.E., 1974. Estudo palinológico do furo de sondagem P7, Malha Oeste da Bacia Carbonífera do Iruí, RS, Brasil. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Porto Alegre. *Anais*, II: 277-288.

Marques-Toigo, M., Corrêa da Silva, Z. & Herter, G. G. 1975. Geology and Palynology of Candiota Coal Mine, RS, Brazil. In: PRIMER CONGRESSO ARGENTINO DE PALEONTOLOGIA Y BIOESTRATIGRAFIA, Tucuman. *Actas I*, 401-427.

Matos, S.L.F., Yamamoto, J.K., Riccomini, C., Hachiro, J. & Tassinari, C.C.G. 2001. Absolute dating of Permian ash-fall in the Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research*, 4: 421-426.

Melchor, R., 2000. New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age for the base of Yacimiento Los Reyunos Formation (Permian), Mendoza, Argentina: stratigraphic and biostratigraphic implications. *Ameghiniana*, 37: 271–282.

Meyer, K. E. & Marques-Toigo, M. 2000. O Significado paleoambiental da microflora dos carvões da Malha IV, Mina de Candiota, RS, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil. *Revista de Geociências*, V: 17-20.

Milani E.J., França A.B. & Schneider R.L. 1994. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8: 69-82.

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 em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

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: 199–205.

Milani, E.J., Melo, J.H.G., Souza, P.A., Fernandes, L.A. & França, A.B. 2007. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15: 265-287.

Modie, B. & Herissé, A. 2009. Late palynomorph assemblages from the Karoo Supergroup and their potential for biostratigraphic correlation, Kalahari Karoo Basin, Botswana. *Bulletin of Geosciences*, 84: 337-358.

Mori, A.L.O. & Souza, P.A. 2010. Palinologia das formações Rio Bonito e Palermo (Permiano Inferior, Bacia do Paraná) em Candiota, Rio Grande do Sul, Brasil: novos dados e implicações bioestratigráficas. *Ameghiniana*, 47: 61-78.

Mori, A.L.O., Souza, P.A., Marques, J.C., & Lopes, R.C. A new U-Pb zircon dating and palynological data from a Lower Permian section of the Southernmost Paraná Basin and their biostratigraphical implications for Gondwanan correlations. *Gondwana Research*, submetido.

Nahuys, J., Alpern, B. & Ybert, J. P. 1968. Estudo palinológico e petrográfico de alguns carvões do sul do Brasil. *Boletim Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul*, 46: 1-61.

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 em Geociências. Universidade Estadual Paulista, Brasil.

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 bioestratigráficas e paleoambientais. *Pesquisas em Geociências*, 35: 9-21.

Pant, D.D. & Srivastava, G. K. 1965. Some Lower Gondwana miospores from Brazil. *Micropaleontology*, 11: 468-478.

Pérez-Loinaze, V., Ciccioli, P.L., Limarino, C.O. & Césari, S.N. 2010. Hallazgo de palinofloras pérmicas en la Precordillera de Mendoza: su implicancia estratigráfica. *Ameghiniana*, 47: 263-269.

Picarelli, A.T., Dias-Fabricio, 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: III SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Curitiba. *Atas* 1, 351-372.

Piccoli, A.E.M., Marques-Toigo, M., Dias-Fabrizio, M.E. & Cazzulo-Klepzig, M. 1985. Correlação de seqüências sedimentares na Bacia Carbonífera de Charqueadas (RS) com base em dados lito e biofaciológicos. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA. *Ministério de Minas e Energia – DNPM – Série Geologia*, 27: 419-426.

Playford, G. & Dino, R. 2002. Permian palynofloral assemblages of the Chaco-Paraná Basin, Argentina: Systematics and stratigraphic significance. *Revista Española de Micropaleontología*, 34: 235-288.

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.

Rocha-Campos, A.C., Basei, M.A.S., Nutman, A.P. & Santos, P.R. dos. 2006. SHRIMP U-Pb Zircon geochronological calibration of the Late Paleozoic Supersequence, Paraná Basin, Brazil. In: 5° SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPIC GEOLOGY, Punta del Este. *Short Papers*, 298-301.

Rocha-Campos, A.C., Basei, M.A.S., Nutman, A.P. & Santos, P.R. dos. 2007. SHRIMP U-Pb zircons ages of the late Paleozoic sedimentary sequence, Paraná Basin, Brazil. In: 4° SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, Rio de Janeiro. *Boletim de Resumos*, p. 33.

Russo, A., Archangelsky, S. & Gamero, J.C. 1980. Los depósitos suprapaleozóicos em el subsuelo de la Llanura Chaco-Pampeana, Argentina. In: 2° CONGRESSO ARGENTINO DE PALEONTOLOGIA & BIOESTRATIGRAFÍA Y 1° CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA, Buenos Aires. *Actas* 4, 157-173.

Santos, R.V., Souza, P.A., Alvarenga, C.J.S. de, Dantas, E.L., Pimentel, M.M., Oliveira, C.G. & Araújo, L.M. 2006. Shrimp U-Pb zircon dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research*, 9: 456-463.

Schneider, R.L., Mühlmann, H., Tomazzi, E., Medeiros, R.A., Daemon, R.F. & Nogueira, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: 28° CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Porto Alegre. *Anais* 1, 41-66.

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. & Marques-Toigo, M. 2003. An overview in the Palynostratigraphy of the Upper Paleozoic strata of the Brazilian Paraná Basin. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturais*, 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. & Milani, E.J. 2007. O pioneirismo do zoneamento palinoestratigráfico de Daemon & Quadros (1970): um marco no conhecimento estratigráfico da Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15: 118-130.
- Stephenson, M. 2008. A review of the palynostratigraphy of Gondwana Late Carboniferous to Early Permian glaciogene successions. The Geological Society of America. *Special Paper*, 441: 317-330.
- Stephenson, M. 2009. The Age of the Carboniferous - Permian *Converrucosisporites confluens* Opper Biozone: New Data from the Ganigobis Shale Member (Dwyka Group) of Namibia. *Palynology*, 33: 167-177.
- Stollhofen, H., Stanistreet, I.G., Bangert, B. & Grill, H. 2000. Tuffs, tectonism and glacially related sea-level changes, Carboniferous-Permian, Southern Namibia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 161: 127-150.
- Tiwari, R. S. & Navale, G. K. B. 1967. Pollen and spore assemblage in some coals of Brazil. *Pollen et spores*, IX: 583-605.
- Vergel, M.M. 1993. Palinoestratigrafia de la secuencia neopaleozoica en la Cuenca Chacoparanaense, Argentina. In: XII CONGRÈS INTERNATIONAL DE LA STRATIGRAPHIE ET GÉOLOGIE DU CARBONIFÈRE ET PERMIEN, Buenos Aires. *Comptes Rendus* 1, 201-212.
- Zeiller, R. 1895. Note sur la flora fossile des gisements houillers de Rio Grande do Sul. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 23: 601-623.
- Ybert, J.P. 1975. Etude des miospores du bassin houiller de Candiota-Hulha Negra, Rio Grande do Sul, Bresil. *Pesquisas*, 5: 181-226.

Legendas

Figura 1. Mapa de localização dos poços HN-05-RS e HN-25-RS e subdivisão aloestratigráfica da Bacia do Paraná (modificado de Milani, 1997).

Figura 2. Perfil litoestratigráfico dos poços HN-05-RS e HN-25-RS, com indicação dos níveis palinológicos utilizados neste estudo.

Figura 3. Distribuição estratigráfica dos palinomorfos recuperados no poço HN-05-RS.

Figure 4. Distribuição estratigráfica dos palinomorfos recuperados no poço HN-25-RS.

Figura 5. Esporos selecionados dos poços HN-05-RS e HN-25-RS. Todos os espécimes x1000. (MP-P: Museu de Paleontologia – Palinologia). Coordenadas indicadas em England Finder. Escala gráfica: 10 mc. 1, *Leiotriletes virkii* Tiwari 1965 (MP-P 6072 O33-3). 2, *Punctatisporites gretensis* Balme and Hennelly 1956 (MP-P 6041 M44). 3, *Retusotriletes nigritellus* (Luber) Foster 1979 (MP-P 6075 O55-4). 4, *Retusotriletes simplex* Naumova 1953 (MP-P 6085 W45). 5, *Cyclogranisporites gondwanensis* Bharadwaj and Salujha 1964 (MP-P 6071 L46). 6, *Cyclogranisporites parvigranulosus* (Leschik) Ybert 1975 (MP-P 6071 N55). 7, *Granulatisporites austroamericanus* Archangelsky and Gamero 1979 (MP-P 6086 L45-4). 8, *Converrucosisporites confluens* (Archangelsky and Gamero) Playford and Dino 2002 (MP-P 6101 X40-4). 9, *Converrucosisporites micronodosus* (Balme and Hennelly) Playford and Dino 2002 (MP-P 5712 N44-1). 10, *Horriditriletes gondwanensis* (Tiwari and Moiz) Foster 1975 (MP-P 6059 J56-2). 11, *Horriditriletes uruguaiensis* (Marques-Toigo) Archangelsky and Gamero 1979 (MP-P 5767 R47). 12, *Brevitriletes cornutus* (Balme and Hennelly) Backhouse 1991 (MP-P 6085 K43-1). 13, *Foveolatisporites* sp. (MP-P 6085 D56-4). 14, *Murospora bicingulata* Ybert 1975 (MP-P 5754 L30-4). 15, *Diatomonozonotriletes subbaculiferus* (Nahuys, Alpern and Ybert) Césari, Archangelsky and Gamero 1995 (MP-P 6104 P44-4). 16, *Cristatisporites lestai* Archangelsky and Gamero 1979 (MP-P 5712 G44-2). 17, *Lundbladispora areolata* Césari, Archangelsky and Seoane 1995 (MP-P 5748 F49-4). 18, *Lundbladispora brasiliensis* (Marques-Toigo and Pons) Marques-Toigo and Picarelli 1984 (MP-P 6103 M36-1). 19, *Lundbladispora riobonitensis* Marques-Toigo and Picarelli 1984 (MP-P 5723 T39-2). 20,

Laevigatosporites vulgaris Ibrahim 1933 (MP-P 5796 N44-1). 21, *Kendosporites striatus* (Salujha) Surange and Chandra 1974 (MP-P 6106 K43). 22, *Thymospora pseudothiesseni* (Kosanke) Wilson and Venkatachala 1963 (MP-P 6117 J35-2). 23, *Thymospora thiesseni* (Kosanke) Wilson and Venkatachala 1963 (MP-P 6106 M44-3). 24, *Thymospora obscura* (Kosanke) Wilson and Venkatachala 1963 (MP-P 6112 H39-3).

Figura 6. Grãos de pólen selecionados dos poços HN-05-RS e HN-25-RS. Todos os espécimes x1000. (MP-P: Museu de Paleontologia – Palinologia). Coordenadas indicadas em England Finder. Escala gráfica: 10 mc. 1, *Plicatipollenites gondwanensis* (Balme and Hennelly) Lele 1964 (MP-P 5748 X51). 2, *Plicatipollenites malabarensis* (Potonié and Sah) Foster 1975 (MP-P 5749 O30-3). 3, *Caheniasaccites flavatus* (Bose and Kar) Azcuy and Di Pasquo 2000 (MP-P 5723 R38). 4, *Striomonosaccites ovatus* Bharadwaj 1962 (MP-P 5717 S43-1). 5, *Meristocarpus explicatus* Playford and Dino 2000 (MP-P 5721 W53). 6, *Colpisaccites granulatus* Archangelsky and Gamarro 1979 (MP-P 6113 S36-1). 7, *Limitisporites hexagonalis* Bose and Maheshwari 1968 (MP-P 6145 R35). 8, *Limitisporites rectus* Leschik 1956 (MP-P 6145 P49-2). 9, *Corisaccites alutas* Venkatachala and Kar 1966 (MP-P 6149 W29-4). 10, *Staurosaccites cordubensis* Archangelsky and Gamarro 1979 (MP-P 5796 L41-1). 11, *Staurosaccites quadrifidus* Dolby 1976 (MP-P 6147 W28-1). 12, *Illinites unicus* (Konsanke) Jansonius and Hills 1976 (MP-P 6045 M31-3). 13, *Protohaploxylinus amplus* Balme and Hennelly emend. Hart 1964 (MP-P 6141 O50-4). 14, *Protohaploxylinus bharadwajii* Foster 1979 (MP-P 6142 M24). 15, *Protohaploxylinus goraiensis* Potonié and Lele (MP-P 5712 K30-1). 16, *Protohaploxylinus hartii* Foster 1979 (MP-P 5715 M39-4). 17, *Protohaploxylinus limpidus* (Balme and Hennelly) Balme and Playford 1967 (MP-P 6069 Q54-4). 18, *Hamiapollenites karrooensis* (Hart 1963) Hart 1964 (MP-P 5715 F26-3). 19, *Striatoabieites multistriatus* (Balme and Hennelly) Hart 1964 (MP-P 6140 J39-4). 20, *Lunatisporites variesectus* Archangelsky and Gamarro 1979 (MP-P 6147 N28-1). 21, *Striatopodocarpites cancellatus* (Balme and Hennelly) Hart 1964 (MP-P 5799 E39). 22, *Lueckisporites agoulaensis* (Jardiné) Premaor, Fischer and Souza 2006 (MP-P 6145 W24). 23, *Lueckisporites nyakapendensis* Hart 1964 (MP-P 6146 L55). 24, *Lueckisporites virkkiae* (Potonié and Klaus) Clarke 1965 (MP-P 6147 V49).

Figura 7. Grãos de pólen e elementos microplanctônicos selecionados dos poços HN-05-RS e HN-25-RS. Todos os espécimes x1000. (MP-P: Museu de Paleontologia – Palinologia). Coordenadas indicadas em England Finder. Escala gráfica: 10 mc. 1, *Vittatina costabilis* Wilson 1962 (MP-P 5777 Q33-4). 2, *Vittatina corrugata* Marques-Toigo 1974 (MP-P 5722 B43). 3, *Vittatina saccata* (Hart) Playford and Dino 2000 (MP-P 6138 H49-1). 4, *Vittatina subsaccata* Samoilovich 1953 (MP-P 5806 Q44-2). 5, *Vittatina vittifera* (Luber and Valts) Samoilovich 1953 (MP-P 5722 T32). 6, *Weylandites cincinnatus* (Luber and Varykhina) Utting 1994 (MP-P 6119 N34). 7, *Weylandites lucifer* (Bharadwaj and Salujha) Foster 1975 (MP-P 6105 S33-1). 8, *Weylandites striatus* (Luber) Utting 1994 (MP-P 6125 P42). 9, *Marsupipollenites triradiatus* Balme and Hennelly 1956 (MP-P 5717 H46). 10, *Marsupipollenites striatus* (Balme and Hennelly) Foster 1975 (MP-P 5792 R48-3). 11, *Fusacolpites fusus* Bose and Kar 1966 (MP-P 6046 H34). 12, *Fusacolpites ovatus* Bose and Kar 1966 (MP-P 6046 O47). 13, *Quadrisporites horridus* Hennelly ex Potonié and Lele 1961 (MP-P 5751 Q33). 14, *Quadrisporites lobatus* (Tiwari and Navale) Ybert 1975 (MP-P 5751 Q33). 15, *Tetraporina punctata* (Tiwari and Navale) Kar and Bose 1976 (MP-P 5766 S51-4). 16, *Leiosphaeridae* sp. (MP-P 5751 G50). 17, *Brazilea scisa* (Balme and Hennelly) Foster 1975 (MP-P 6127 S28-3). 18, *Botryococcus braunii* Kützing, 1849 (MP-P 6098 T45). 19, *Deusilites tenuistriatus* Gutiérrez, Césari and Archangeslky 1997 (MP-P E28-4). 20, *Tasmanites* sp. (MP-P 5750 E46-1). 21, *Congoites* sp. (MP-P 6086 R42-4). 22, *Portalites gondwanensis* Nahuys, Alpern and Ybert 1968 (MP-P 6103 R37-4). 23, *Maculatasporites gondwanensis* Tiwari 1965 (MPP 5782 W39).

Figura 8. Quadro síntese das biozonas propostas nesta contribuição, com apresentação das principais características palinológicas, bem como os aspectos quantitativos de cada unidade. Legenda para os números relativos à coluna “Caracterização Quantitativa das Associações”: 1, *Esporos triletes acavados laevigados*; 2, *Esporos triletes acavados ornamentados*; 3, *Esporos cingulizados*; 4, *Grãos de pólen monossacados*; 5, *Grãos de pólen bissacados não teniados*; 6, *Grãos de pólen teniados*; 7, *Elementos microplanctônicos*.

Figura 9. Esquema correlativo entre os principais palinozoneamentos para o intervalo Pensilvaniano-Permiano da Bacia do Paraná, incluindo os esquemas de Daemon & Quadros (1970), Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006), as biozonas

propostas neste trabalho e as unidades de Beri *et al.* (2004), para a porção uruguaia da bacia. As biozonas são posicionadas considerando as idades de Santos *et al.* (2006) para a Formação Irati (marcada como “**”) e a datação obtida por Mori *et al.* (submetido) para a Formação Rio Bonito (marcado como “*”)

Figura 1

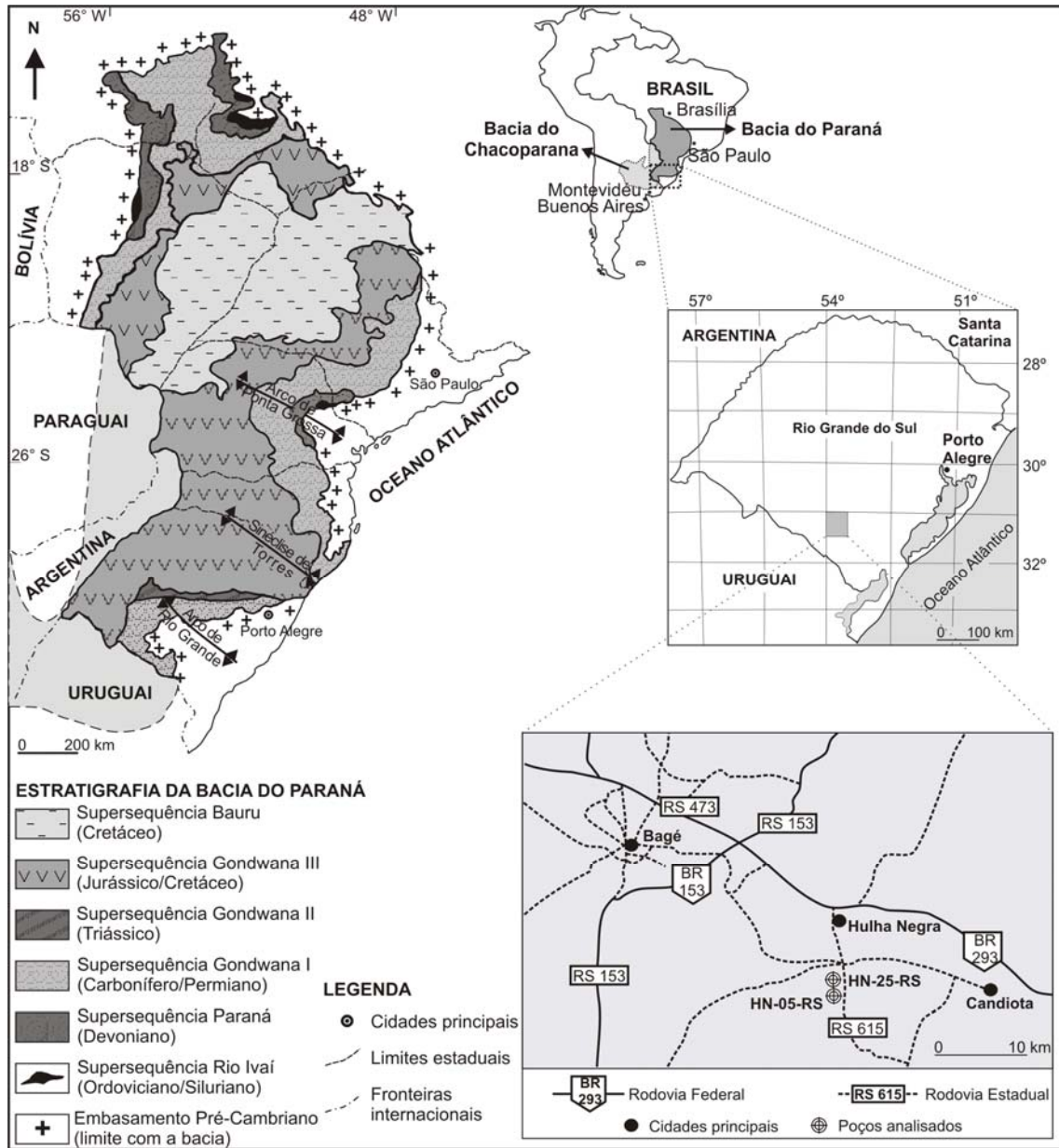


Figura 2

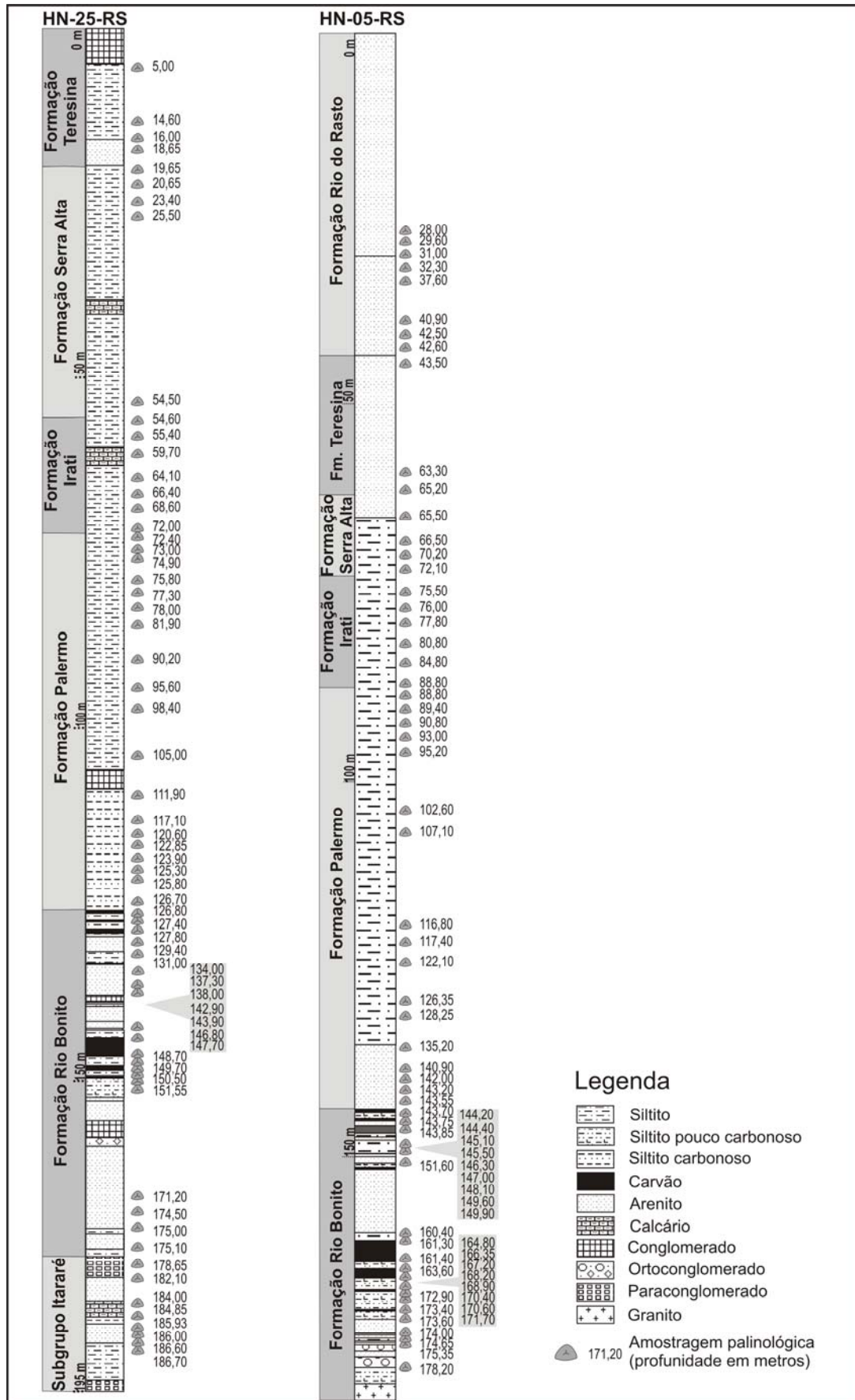


Figura 3

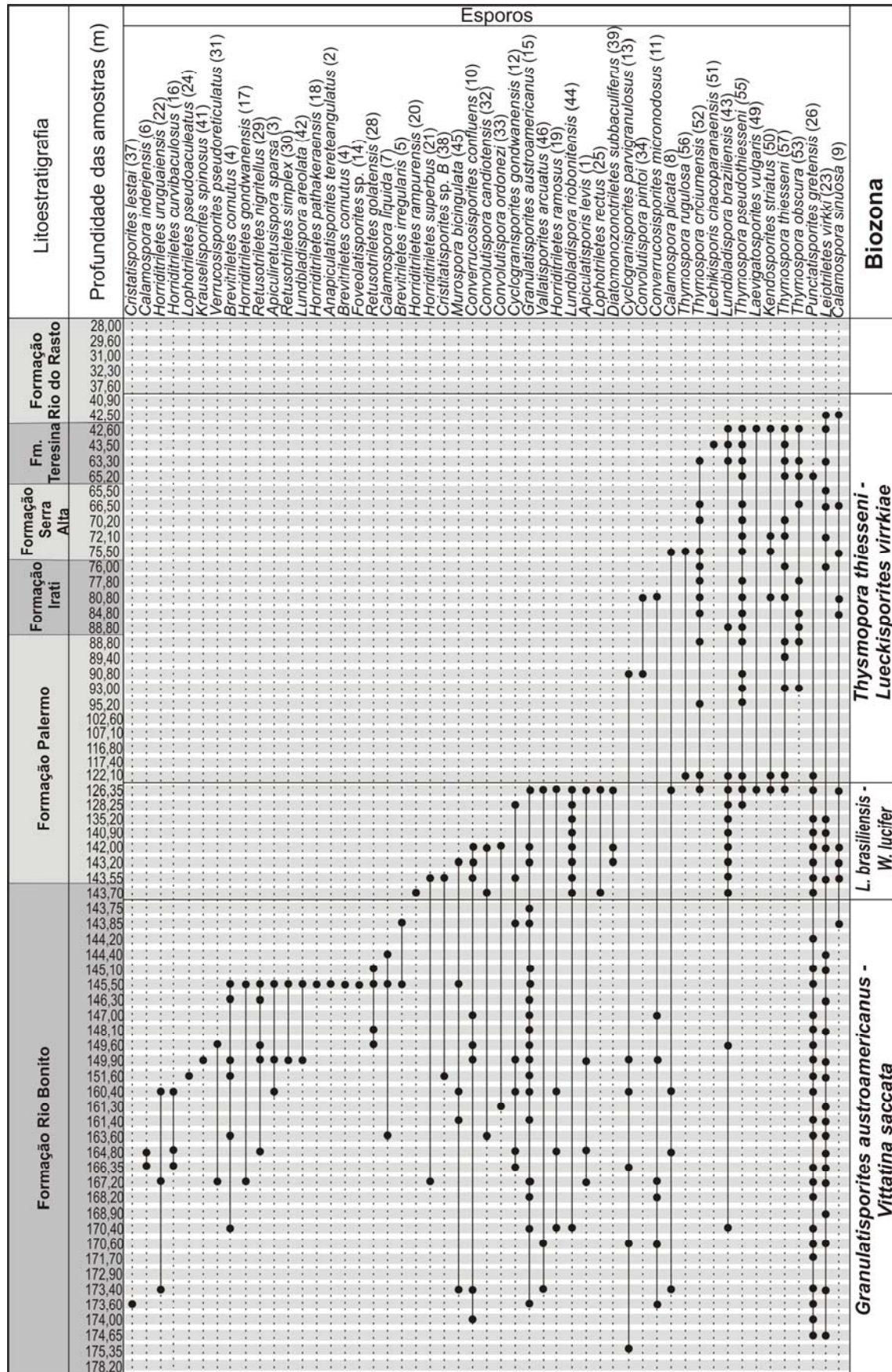


Figura 3 (continuação)

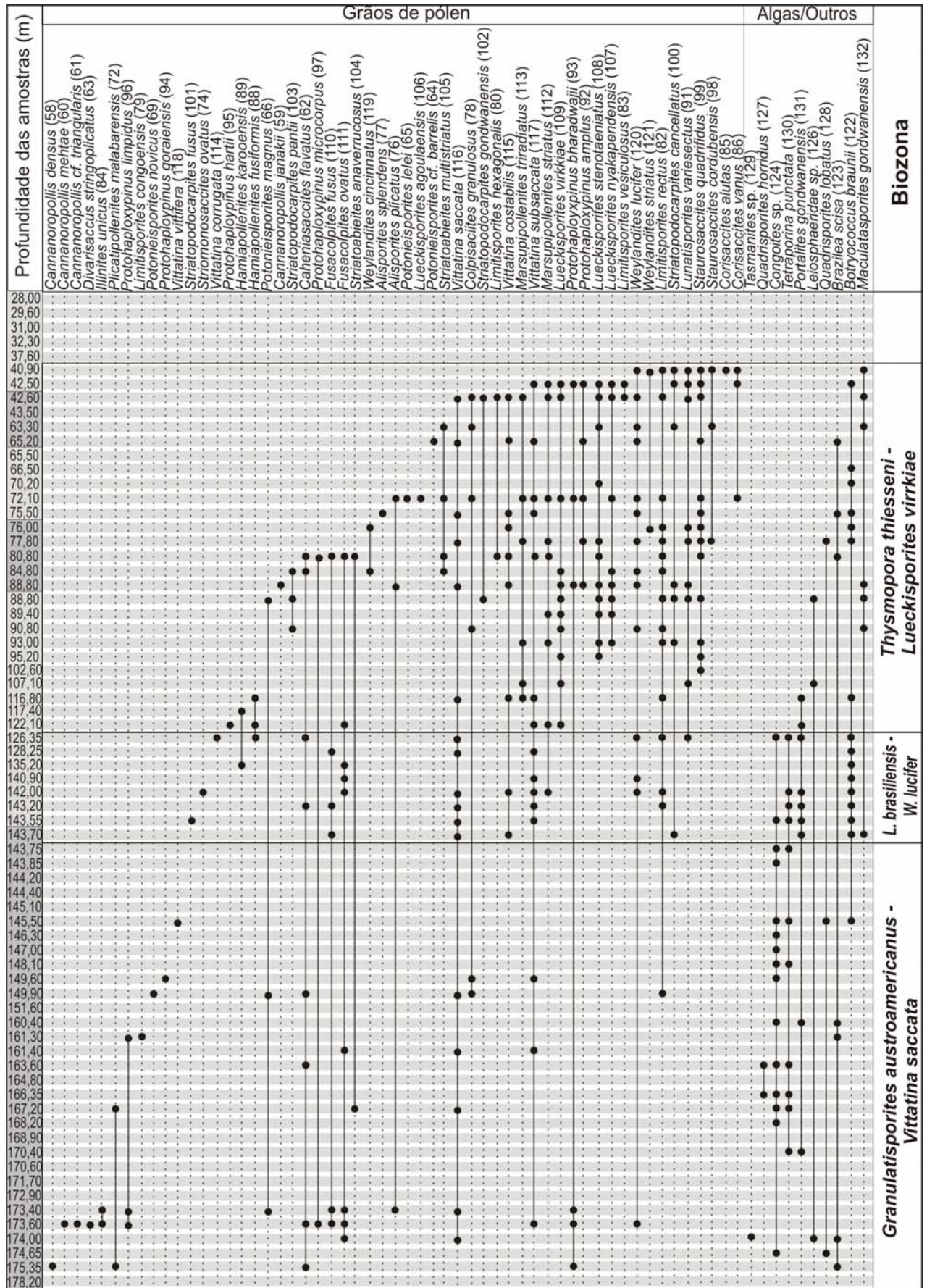


Figura 4 (continuação)

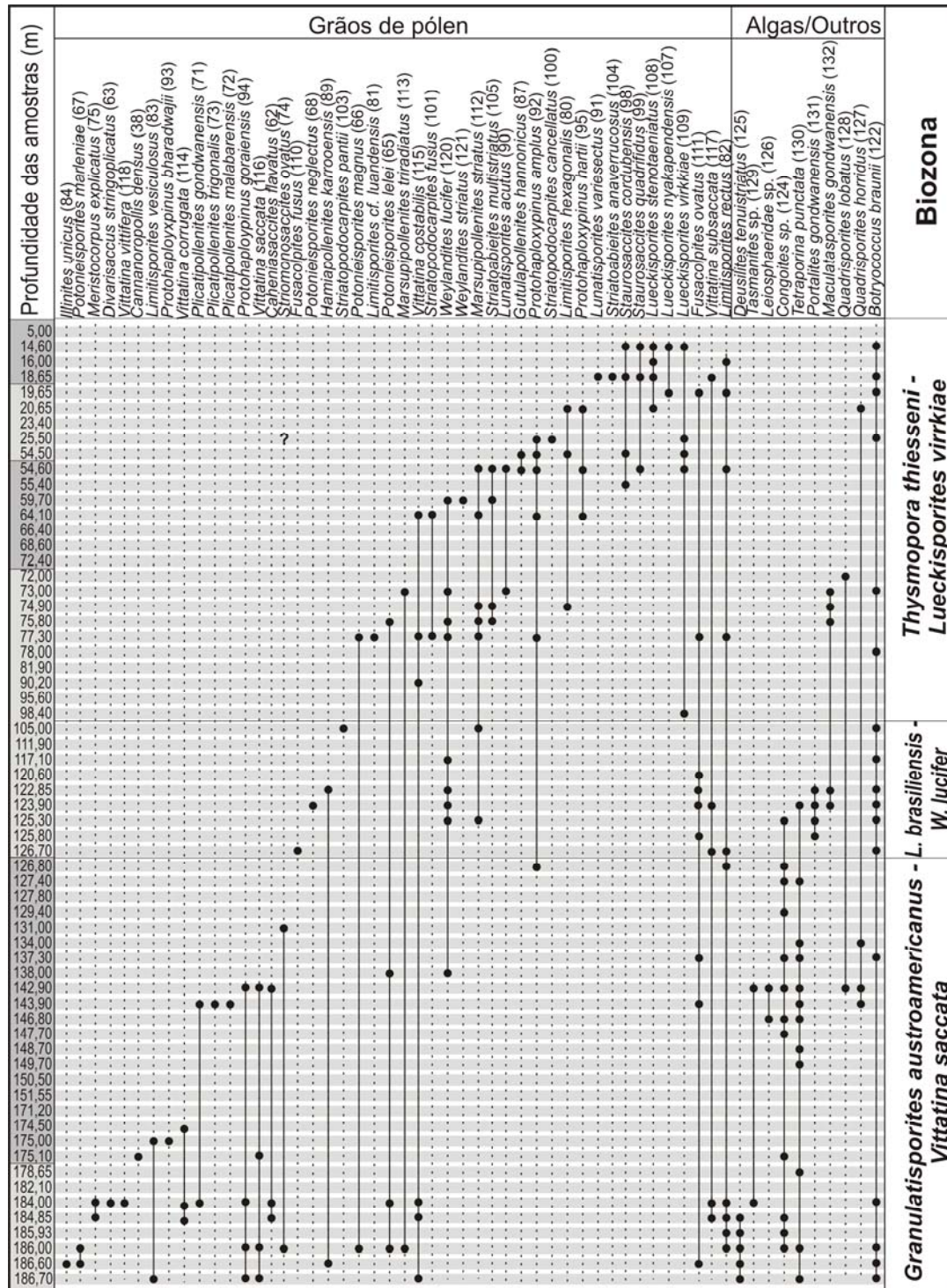


Figura 5

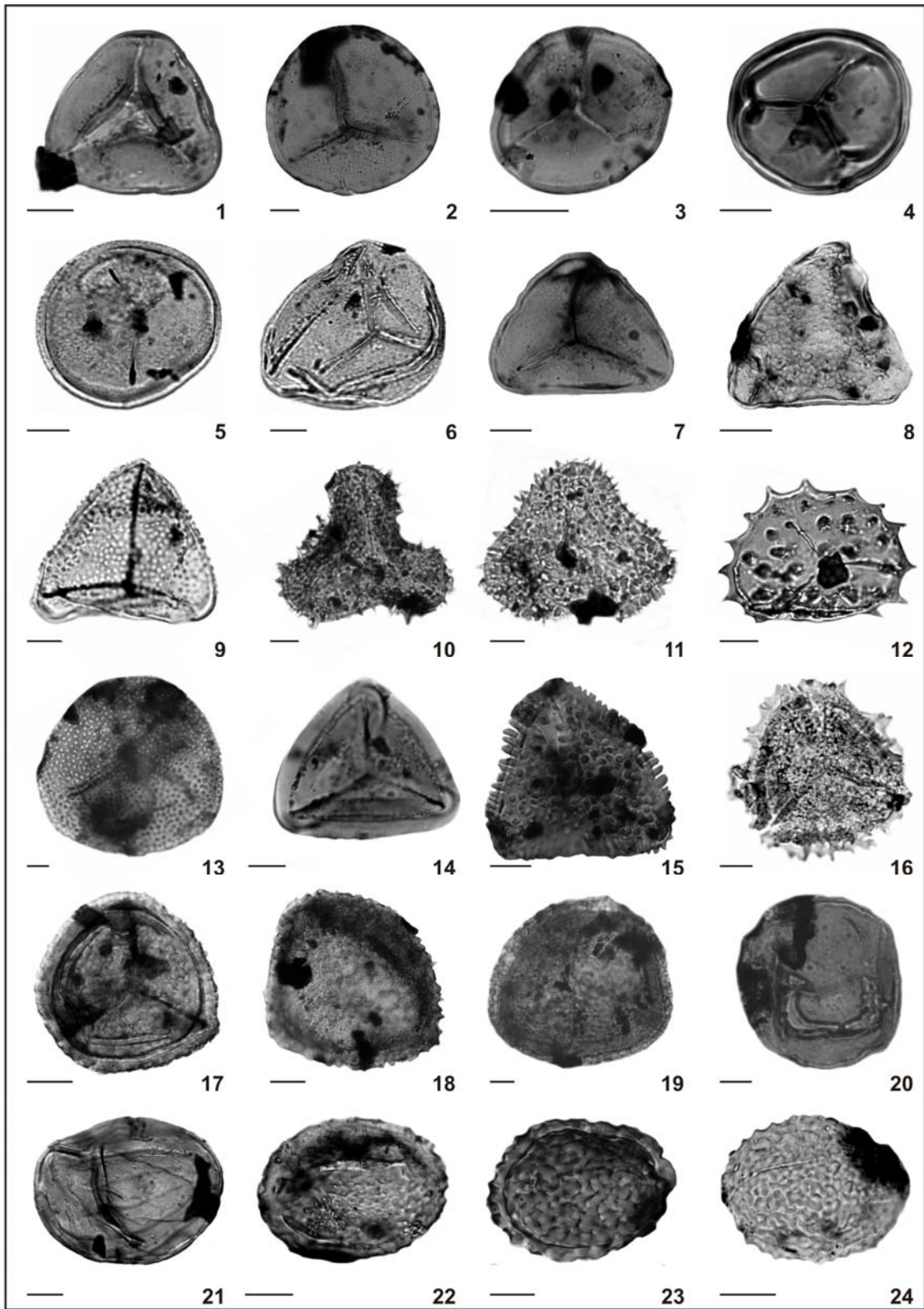


Figura 6

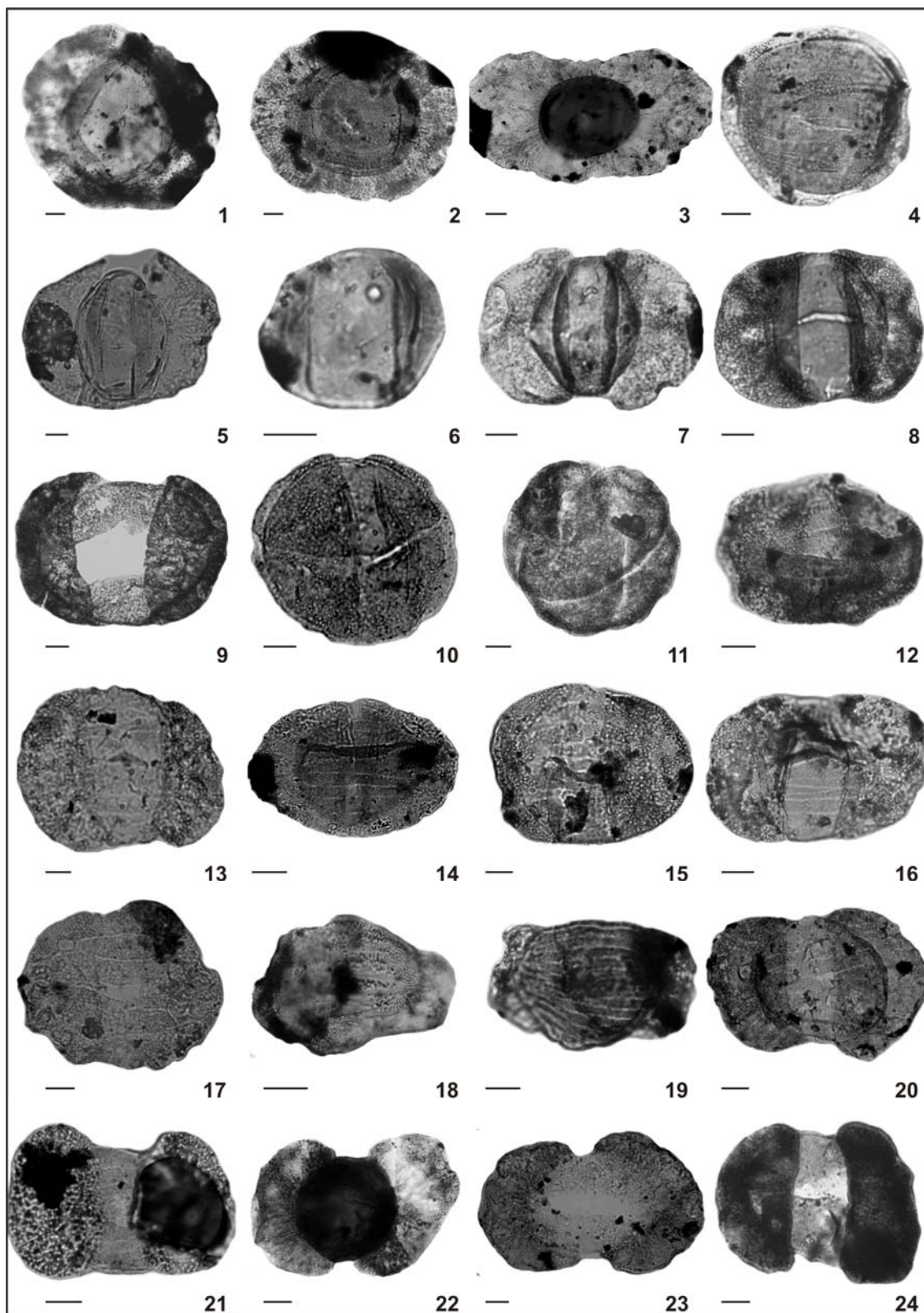


Figura 7

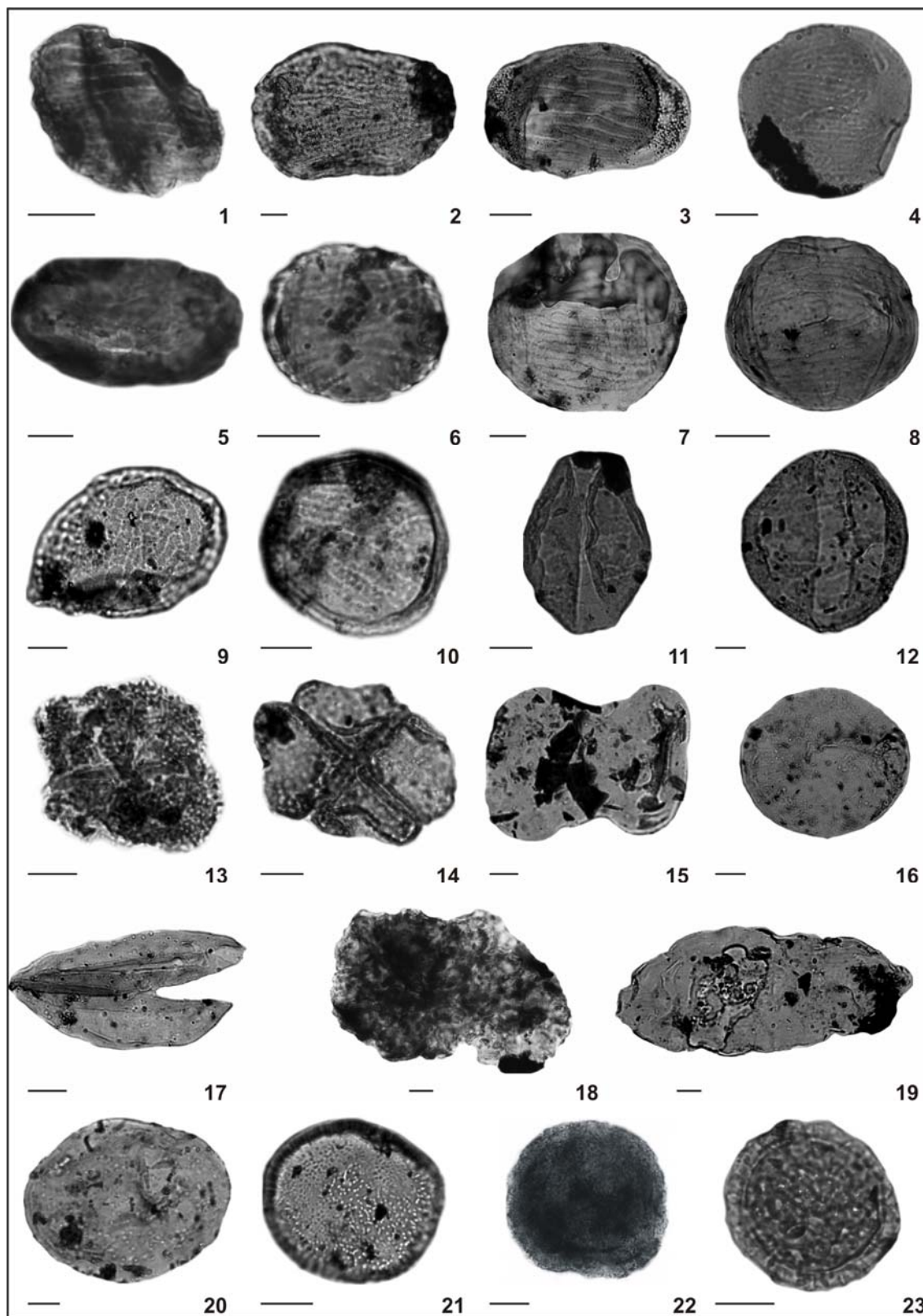


Figura 8

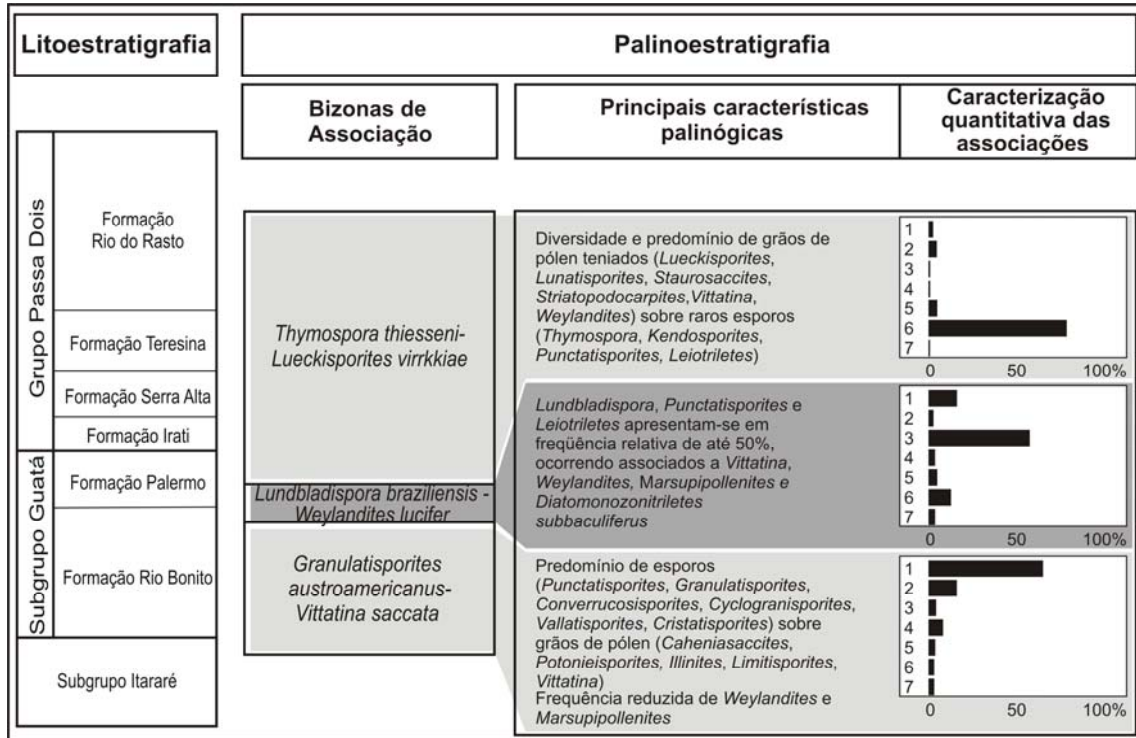


Figura 9

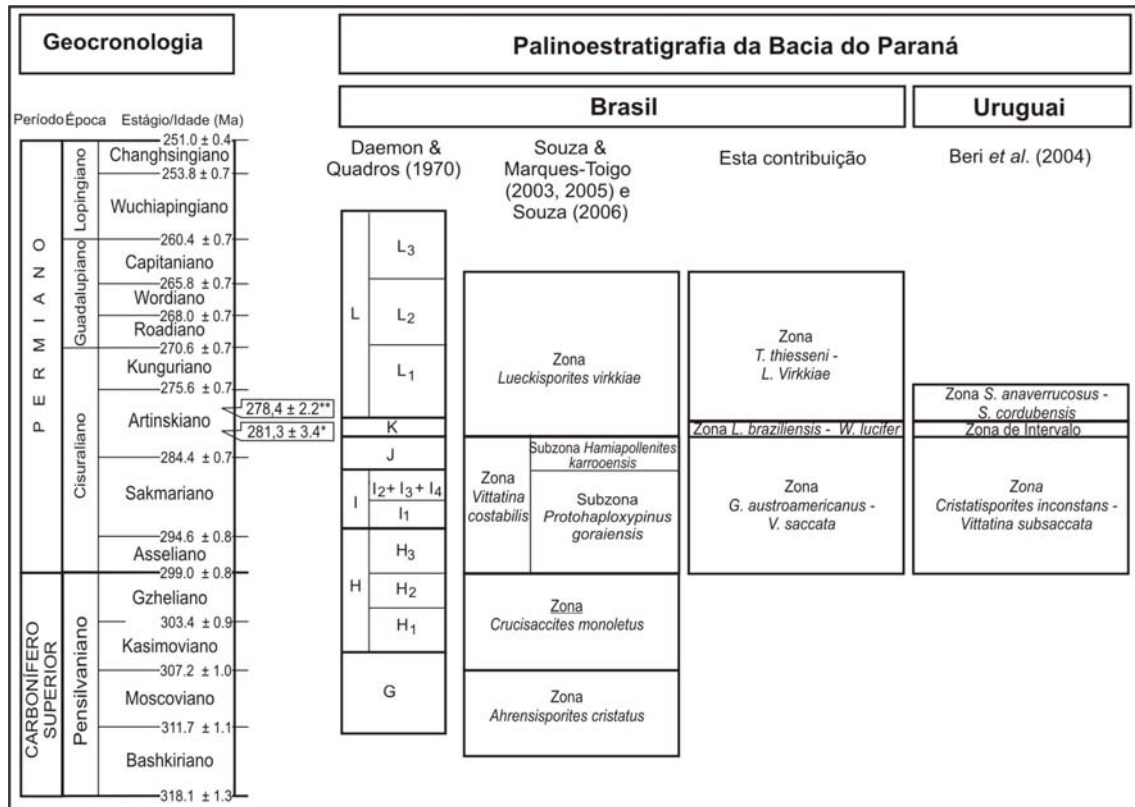


Tabela 1

Lista taxonômica dos palinóforos identificados nos poços HN-05-RS e HN-25-RS				
	Figura		Figura	
Esporos triletes acavados	(1) <i>Apiculatisporis levis</i> Balme & Hennelly 1956	Grãos de pólen monossacados	(65) <i>Potonieisporites lelei</i> Maheshwari 1964	
	(2) <i>Anapiculatisporites tereteangulatus</i> (Balme & Hennelly) Playford & Dino 2002		(66) <i>Potonieisporites magnus</i> Lele & Karim 1971	
	(3) <i>Apiculiretusispora sparsa</i> Menendez & Azcuzy 1979		(67) <i>Potonieisporites marleniae</i> Playford & Dino 2000	
	(4) <i>Brevitriletes cornutus</i> (Balme & Hennelly) Backhouse 1991		(68) <i>Potonieisporites neglectus</i> Potonié & Lele 1961	6.1
	(5) <i>Brevitriletes irregularis</i> (Nahuys, Alpern & Ybert) Césari, Archangelsky & Seoane 1995		(69) <i>Potonieisporites novicus</i> (Bharadwaj) Poort & Veld 1997	
	(6) <i>Calamospora inderjensis</i> (Malayavkina ex Luber & Valts) Hart 1965		(70) <i>Potonieisporites cf. triangulatus</i> Tiwari 1965	6.2
	(7) <i>Calamospora líquida</i> Kosanke 1950		(71) <i>Plicatipollenites gondwanensis</i> (Balme & Hennelly) Lele 1964	
	(8) <i>Calamospora plicata</i> (Luber & Valts) Hart 1965		(72) <i>Plicatipollenites malabarensis</i> (Potonié & Sah) Foster 1975	6.4
	(9) <i>Calamospora sinuosa</i> Leschik 1955		(73) <i>Plicatipollenites trigonalis</i> Lele 1964	
	(10) <i>Convuccosporites confluens</i> (Archangelsky & Gamero) Playford & Dino 2002		(74) <i>Striomonosaccites ovatus</i> Bharadwaj 1962	6.5
	(11) <i>Convuccosporites micronodosus</i> (Balme & Hennelly) Playford & Dino 2002		(75) <i>Meristocarpus explicatus</i> Playford & Dino 2000	
	(12) <i>Cyclogranisporites gondwanensis</i> Bharadwaj & Salujha 1964		(76) <i>Alisporites plicatus</i> Jizba 1962	6.6
	(13) <i>Cyclogranisporites parvirgranulosus</i> (Leschik) Ybert 1975		(77) <i>Alisporites splendens</i> (Leschik) Foster 1979	
	(14) <i>Foveolatisporites sp.</i>		(78) <i>Colpisaccites granulatus</i> Archangelsky & Gamero 1979	
	(15) <i>Granulatisporites ramosus</i> Archangelsky & Gamero 1979		(79) <i>Limitisporites congoensis</i> Bose & Maheshwari 1968	7.7
	(16) <i>Horriditriletes curvibaculosus</i> Bharadwaj & Salujha 1964		(80) <i>Limitisporites hexagonalis</i> Bose & Maheshwari 1968	
	(17) <i>Horriditriletes gondwanensis</i> (Tiwari & Moiz) Foster 1975		(81) <i>Limitisporites cf. luandensis</i> Bose & Maheshwari 1968	7.8
	(18) <i>Horriditriletes pathakeraensis</i> Anand-Prakash 1970		(82) <i>Limitisporites rectus</i> Leschik 1956	
	(19) <i>Horriditriletes ramosus</i> (Balme & Hennelly) Bharadwaj & Salujha 1964		(83) <i>Limitisporites vesiculosus</i> Schaarschmidt 1963	7.12
	(20) <i>Horriditriletes rampurensis</i> Tiwari 1968		(84) <i>Illinites unicus</i> (Kosanke) Jansonius & Hills 1976	
	(21) <i>Horriditriletes superbus</i> (Foster) Césari, Archangelsky & Seoane 1995		(85) <i>Corisaccites alutas</i> Venkatachala & Kar 1966	7.9
	(22) <i>Horriditriletes uruguaensis</i> (Marques-Toigo) Archangelsky & Gamero 1979		(86) <i>Corisaccites vanus</i> Venkatachala & Kar 1966	
	(23) <i>Leiotriletes virkii</i> Tiwari 1965		(87) <i>Gutulapollenites hannonicus</i> Goubin 1965	7.18
	(24) <i>Lophotriletes pseudoaculeatus</i> Potonié & Kremp 1955		(88) <i>Hamiapollenites fusiformis</i> (Marques-Toigo) Archangelsky & Gamero 1979	
	(25) <i>Lophotriletes rectus</i> Bharadwaj & Salujha 1964		(89) <i>Hamiapollenites karroensis</i> (Hart 1963) Hart 1964	7.20
	(26) <i>Punctatisporites gretensis</i> Balme & Hennelly 1956		(90) <i>Lunatisporites acutus</i> (Dobly 1976)	
	(27) <i>Reticulatisporites pseudopalliatum</i> Staplin 1960		(91) <i>Lunatisporites variesectus</i> Archangelsky & Gamero 1979	7.14
	(28) <i>Retusotriletes golutensis</i> Staplin 1960		(92) <i>Protohaploxypinus amplus</i> (Balme & Hennelly) Hart 1964	
	(29) <i>Retusotriletes nigritellus</i> (Luber) Foster 1979		(93) <i>Protohaploxypinus bharadwajii</i> Foster 1979	7.15
	(30) <i>Retusotriletes simplex</i> Naumova 1953		(94) <i>Protohaploxypinus goraiensis</i> Potonié & Lele	
	(31) <i>Verrucosporites pseudoreticulatus forma minor</i> Ybert 1975		(95) <i>Protohaploxypinus hartii</i> Foster 1979	7.16
(32) <i>Convolvatispora candiotensis</i> Ybert 1975	(96) <i>Protohaploxypinus limpidus</i> (Balme & Hennelly) Balme & Playford 1967			
(33) <i>Convolvatispora ordonenzii</i> Archangelsky & Gamero 1979	(97) <i>Protohaploxypinus microcarpus</i> (Schaarschmidt) Clarke 1965	7.10		
(34) <i>Convolvatispora pintoi</i> Dellazana 1976	(98) <i>Staurosaccites cordubensis</i> Archangelsky & Gamero 1979			
(35) <i>Cristatisporites crassilabratum</i> Archangelsky & Gamero 1979	(99) <i>Staurosaccites quadrifidus</i> Dolby 1976	7.11		
(36) <i>Cristatisporites inconstans</i> Archangelsky & Gamero 1979	(100) <i>Striatopodocarpites cancellatus</i> (Balme & Hennelly) Hart 1964			
(37) <i>Cristatisporites lestai</i> Archangelsky & Gamero 1979	(101) <i>Striatopodocarpites fusus</i> (Balme & Hennelly) Potonié 1958	6.19		
(38) <i>Cristatisporites sp. B</i> de Archangelsky & Gamero 1979	(102) <i>Striatopodocarpites gondwanensis</i> (Lakhampal, Sah & Dube) Hart 1964			
(39) <i>Diatomonozonotriletes subbaculiferus</i> (Nahuys, Alpern & Ybert) Césari, Archangelsky & Gamero 1995 (Figure 9.15)	(103) <i>Striatopodocarpites pantii</i> (Jansonius) Balme 1970	6.22		
(40) <i>Krauselisporites punctatus</i> Jansonius 1962	(104) <i>Striatoabieites anaverrucosus</i> Archangelsky & Gamero 1979			
(41) <i>Krauselisporites spinosus</i> Jansonius 1962	(105) <i>Striatoabieites multistriatus</i> (Balme & Hennelly) Hart 1964	6.23		
(42) <i>Lundbladispora areolata</i> Césari, Archangelsky & Seoane 1995 (Figure 9.17)	(106) <i>Lueckisporites agoulaensis</i> (Jardiné) Premaor, Fischer & Souza 2006			
(43) <i>Lundbladispora brazilensis</i> (Marques-Toigo & Pons) Marques-Toigo & Picarelli 1984 (Figure 9.18)	(107) <i>Lueckisporites nyakapendensis</i> Hart 1964	6.24		
(44) <i>Lundbladispora riobonitensis</i> Marques-Toigo & Picarelli 1984 (Figure 9.19)	(108) <i>Lueckisporites stenotaeniatus</i> Menendez 1976			
(45) <i>Murospora bicingulata</i> Ybert 1975	(109) <i>Lueckisporites virkiae</i> (Potonié & Klaus) Clarke 1965	7.11		
(46) <i>Vallatisporites arcuatus</i> (Marques-Toigo) Archangelsky & Gamero 1979	(110) <i>Fusacolpites tusus</i> Bose & Kar 1966			
(47) <i>Vallatisporites russoi</i> Archangelsky & Gamero 1979	(111) <i>Fusacolpites ovatus</i> Bose & Kar 1966	7.12		
(48) <i>Vallatisporites splendens</i> Staplin & Jansonius 1964	(112) <i>Marsupipollenites striatus</i> (Balme & Hennelly) Foster 1975			
(49) <i>Laevigatosporites vulgaris</i> Ibrahim 1933	(113) <i>Marsupipollenites triradiatus</i> Balme & Hennelly 1956	7.2		
(50) <i>Kendosporites striatus</i> (Salujha) Surange & Chandra 1974	(114) <i>Vittatina corrugata</i> Marques-Toigo 1974			
(51) <i>Lechikisporis chacoparanense</i> Vergel 1990	(115) <i>Vittatina costabilis</i> Wilson 1962	7.1		
(52) <i>Thymospora criciumensis</i> Quadros, Marques-Toigo & Cazzulo-Klepzig 1995	(116) <i>Vittatina saccata</i> (Hart) Playford & Dino 2000			
(53) <i>Thymospora obscura</i> (Kosanke) Wilson & Venkatachala 1963	(117) <i>Vittatina subsaccata</i> Samoilovich 1953	7.4		
(54) <i>Thymospora cf. pseudogranulata</i> (Bharadwaj) Wilson & Venkatachala	(118) <i>Vittatina vitifera</i> (Luber & Valts) Samoilovich 1953			
(55) <i>Thymospora pseudothiesseni</i> (Kosanke) Wilson & Venkatachala 1963	(119) <i>Weylandites cincinnatus</i> (Luber & Varykhina) Utting 1994	7.7		
(56) <i>Thymospora rugulosa</i> Mautino, Vergel & Anzótegui 1998	(120) <i>Weylandites lucifer</i> (Bharadwaj & Salujha) Foster 1975			
(57) <i>Thymospora thiesseni</i> (Kosanke) Wilson & Venkatachala 1963	(121) <i>Weylandites striatus</i> (Luber) Utting 1994	7.8		
(58) <i>Cannanoropollis densus</i> (Lele) Bose & Maheshwari 1968	(122) <i>Botryococcus braunii</i> Kützing 1849			
(59) <i>Cannanoropollis janakii</i> Potonié & Sah 1960	(123) <i>Brazilea scisa</i> (Balme & Hennelly) Foster 1975	7.17		
(60) <i>Cannanoropollis methae</i> (Lele) Bose & Maheshwari 1968	(124) <i>Congoites sp.</i>			
(61) <i>Cannanoropollis cf. triangulatis</i> (Mehta) Bose & Maheshwari 1968	(125) <i>Deusilites tenuistriatus</i> Gutiérrez, Césari & Archangelsky 1997	7.19		
(62) <i>Caheniasaccites flavatus</i> (Bose & Kar) Azcuzy & Di Pasquo 2000	(126) <i>Leiosphaeridae sp.</i>			
(63) <i>Divarisaccus stringoplicatus</i> Ottone 1991	(127) <i>Quadrifidites horridus</i> Hennelly ex Potonié & Lele 1961	7.13		
(64) <i>Potonieisporites cf. barrelis</i> Tiwari 1965	(128) <i>Quadrifidites lobatus</i> (Tiwari & Navale) Ybert 1975			
	(129) <i>Tasmanites sp.</i>	7.20		
	(130) <i>Tetraporina punctata</i> (Tiwari & Navale) Kar & Bose 1976			
	(131) <i>Portulites gondwanensis</i> Nahuys, Alpern & Ybert 1968	7.22		
	(132) <i>Maculatisporites gondwanensis</i> Tiwari 1965			
		7.23		

ANEXO E

Carta de recebimento do **Manuscrito 4** pelo editor chefe do periódico *Gondwana Research*.

Submission Confirmation - Yahoo! Mail

<http://br.mc387.mail.yahoo.com/mc/showMessage?sMid=0&filterBy...>



Submission Confirmation

Segunda-feira, 19 de Julho de 2010 9:11

De: "Gondwana Research" <santosh@kochi-u.ac.jp>

Para: luisaouta@yahoo.com.br

Dear Mrs. Ana L. O. Mori,

Your submission entitled "A new U-Pb zircon dating and palynological data from a Lower Permian section of the Southernmost Paraná Basin in Brazil and their biostratigraphical implications for Gondwanan correlations" has been received by Gondwana Research

You may check on the progress of your paper by logging on to the Elsevier Editorial System as an author. The URL is <http://ees.elsevier.com/gr/>.

Your username is: luisaouta

If you need to retrieve password details, please go to:
http://ees.elsevier.com/gr/automail_query.asp

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Elsevier Editorial System
Gondwana Research

For further assistance, please visit our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com>. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions and learn more about EES via interactive tutorials. You will also find our 24/7 support contact details should you need any further assistance from one of our customer support representatives.

ANEXO F

Manuscrito 4. *“A new U-Pb zircon dating and palynological data from a Lower Permian section of the Southernmost Paraná Basin and their biochronostratigraphical implications for Gondwanan correlations”*, de autoria de Mori, A.L.O., Souza, P.A. & Marques, J.C. & Lopes, R.C., tal como submetido para publicação no periódico *Gondwana Research*.

A new U-Pb zircon dating and palynological data from a Lower Permian section of the Southernmost Paraná Basin and their biochronostratigraphical implications for Gondwanan correlations

Ana L. O. MORI*¹, Paulo A. SOUZA², Juliana C. MARQUES³, Ricardo C. LOPES⁴

^{1, 2} Laboratório de Palinologia Marleni MarquesToigo, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Bento Gonçalves, 9500, CEP 91.509-000, Porto Alegre, RS, Brazil. ^{3, 4} Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Rua Banco da Província 105, Santa Teresa, CEP 90840-030 - Porto Alegre, RS, Brazil.

*luisaouta@yahoo.com.br . Fax number: (+55) 51-3308-6332

²paulo.alves.souza@ufrgs.br,³juliana.marques@ufrgs.br ⁴ ricardolopes@pa.cprm.gov.br.

Abstract: Although the Pennsylvanian-Permian interval of the Paraná Basin in Brazil comprises a diverse fossil content, index species useful for correlations with the International Scale, as well as absolute datings are scarce. In this work, sections outcropping from the Rio Bonito and Palermo formations in Candiota, southernmost Rio Grande do Sul State, were selected for palynological and radiometrical analysis, aiming to obtain geochronological calibrations. A total of 76 palynomorph were recognized, including spores (42), pollen grains (24) and algae and fungi (10) species. The presence of certain index fossils allowed the recognition of the *Vittatina costabilis* and the *Lueckisporites virrkiae* Zones, related respectively to the local topmost Rio Bonito Formation and the lowermost basal Palermo Formation). A tonstein level within the outcrop furnished a new result on radiometric dating of 281.4 ± 3.4 Ma, concerning the middle Artinskian (Cisuralian). This dating is assumed as the oldest occurrence of the *L. virrkiae* zone in Paraná Basin. The implications of this new absolute age concerning the palynostratigraphical models of this basin and related Gondwanan areas are discussed in the present paper.

Keywords: Palynology. Lower Permian. Paraná Basin. Biostratigraphy. Radiometrical Dating.

1. Introduction

Palynology is regarded to be the most important biostratigraphical tool in the Pennsylvanian-Permian interval of the Paraná Basin, due spore-pollen assemblages are commonly abundant, presenting huge potential for correlation across Gondwana. Nevertheless, adjusts and geochronologic calibration to the currently proposed biozones (Souza and Marques-Toigo, 2003, 2005; Souza, 2006) are necessary, mainly due to the rarity of index species that can be useful for intercontinental correlation, as those employed in the International Scale, such as ammonites, conodonts and fusulinids. Therefore, new absolute ages are needed, in order to calibrate the ages proposed for the palynozones in accordance to the International Stratigraphic Chart. Efforts to obtain new datings for selected horizons within this basin have resulted in several papers in the last years, offering a significant contribution to the stratigraphic placement of certain lithostratigraphic units, and, consequently, to the spore-species assemblages. Several radiometric datings related to this interval were published, mainly on the Rio Bonito Formation (Matos *et al.*, 2001; Guerra-Sommer *et al.*, 2005, 2008a, 2008b; Marques *et al.*, 2007; Rocha-Campos *et al.*, 2007), whereas few data are available on the Irati Formation (Santos *et al.*, 2006; Rocha-Campos *et al.*, 2007). However, radiometric data from the former are critically controversial, because these furnish a large time span to the tonsteins levels in the Candiota coalfield (Matos *et al.*, 2001; Guerra-Sommer *et al.*, 2005, 2007, 2008a, 2008b).

In this context, this paper presents palynologic results from the upper levels of the Rio Bonito Formation and the basal levels of the Palermo Formation in the Candiota area, based on samples of an outcrop located at BR 293 Highway, between Candiota and Bagé municipalities, including levels that are correlated to the upper coal seams of the Candiota coalfield. In addition, new results on an absolute age from a tonstein level that occurs within the uppermost portion of the Rio Bonito Formation in this outcrop are presented.

The coalfields of Candiota, Rio Grande do Sul State, southernmost Brazil, represent one of the most important occurrences in terms of economic exploitation. These coalfields were the focus of several stratigraphical studies within the last years

(e.g., Fontes and Cava, 1980, Alves and Ade, 1996; Holz, 1998; Holz *et al.*, 2006), that aimed to provide a more precise geological refinement of these deposits and optimization of their exploitation.

The new results presented herein are of great importance for understanding the relation and the behaviour of local and regional coalfields of the Rio Bonito Formation and the upper marine levels related to the Palermo Formation. They also have the potential of helping in the stratigraphic correlations across Gondwana, especially in the basins of meridional South America.

2. Materials and methods

This study is based on outcropping samples collected at the km 152 on BR 293 Highway, between Bagé and Candiota cities, Rio Grande do Sul State, southernmost Brazil (Figure 1). The outcrop is constituted by sedimentary deposits of the Rio Bonito and Palermo formations.

FIGURE 1

Eight samples were selected from this locality, named in stratigraphic ascending order: C1, C2, C3, C4, C5, C6 (from the Rio Bonito Formation), C7 and C8 (from the Palermo Formation). The contact between these lithostratigraphic units is erosive, located between the upper portion of the C6 sample and basal portion of the C7. The tonstein level used for absolute dating is located at the base of the C4 sample within the Rio Bonito Formation. The lithostratigraphic section and samples studied for palynologic and radiometric analysis are shown in Figure 2.

FIGURE 2

The palynologic samples were processed based on the standard method for Paleozoic material according to Quadros and Melo (1987). Inorganic components were eliminated using HF and HCl reagents. Then, final residues were concentrated by

sieving between 20 to 250 micrometers and when necessary, a solution of KOH 10% was used to remove amorphous organic matter, “cleaning” the residues and facilitating the taxonomic identification of the material. A total of 28 slides were mounted, being housed at the Laboratório de Palinologia “Marleni Marques-Toigo”, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia in the Instituto de Geociências at Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IGeo/UFRGS), under the codes MP-P: 5666 to 5694.

For LAM-MC-ICP-MS U-Pb (Laser Ablation Microprobe–Multi-Collector–Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometer) zircon analyses, a 1.5 kg tonstein sample carefully collected from the outcrop (Figure 3) was crushed, powdered and sieved to fractions between 75–178 μm . Heavy mineral concentrates were obtained by panning and were subsequently purified using bromoform (tribromomethane, $\delta = 2.89 \text{ g/cm}^3$). Zircon grains were selected and set in epoxy resin mount. The mount surface was then polished to expose the grain interiors. Images of zircons were obtained using an optical microscope and a SEM JEOL JSM 5800 for back-scattering at IGeo/UFRGS. The U–Pb analyses by LAM-ICP-MS were carried out using a Finnigan Neptune coupled to a Nd-YAG laser ($\lambda = 213 \text{ nm}$) ablation system (New Wave Research, USA) at Laboratório de Geologia Isotópica in IGeo/UFRGS.

FIGURE 3

The analyses were performed in a single spot of 40 μm using the following laser parameters: repetition rate of 10 Hz and energy of 0.5 to 1.1 mJ/cm^2 . The Faraday cup configuration of the MC-ICPMS was ^{206}Pb , ^{208}Pb , ^{232}Th , ^{238}U and IC's on cup L4 with ^{202}Hg , ^{204}Hg , ^{204}Pb , ^{207}Pb , with acquisition of 50 cycles of 1.048 seconds of integration time. Main gas flow was 15 l/min Ar, auxiliary gas flow 0.8 l/m, while the sample was carried with 0.75 l/min Ar plus 0.45 l/min He. Unknown analyses were bracketed by measurements of the international standard GJ-1 (Jackson *et al.* 2004), at every set of 4 to 6 zircon spots, and used to estimate the necessary corrections and internal instrumental fractionation.

For every measured cycle of standard and sample, the raw data was corrected in a home made Office Excel spreadsheet for background, instrumental mass-bias drift and common Pb. The ^{204}Pb value was corrected for ^{204}Hg , considering the

$^{202}\text{Hg}/^{204}\text{Hg}$ ratio to be 4.355. The obtained ratios of $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ were corrected for common Pb according Stacey and Kramer (1975) curve assuming an initial estimated age. After the blank and common Pb corrections, the ratios and their absolute errors (1σ) of $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ and $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ were calculated. The intercept method proposed by Youden (1951) was used assuming linear fractionation of $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$. Hence, the individual uncertainties are at 1σ whereas calculated ages on the plots are reported at the 95% confidence level. Plots on the Tera-Wasserburg diagram and ages were calculated using ISOPLOT/Ex (Ludwig 2003).

3. Geologic and palynologic synopsis

3.1. Stratigraphy

The Paraná Basin is a large intracratonic basin located in the central eastern portion of South America, covering an approximate area of 1,700,00 m², mainly in Brazil, but also in Uruguay, Argentina and Paraguay (Figure 1). This basin bears a thick sedimentary-magmatic sequence, reaching up 6,800 m in thickness. According to Milani (1997), six supersequences are recognized in this basin, namely: Rio Ivaí (related to the Rio Ivaí Group, Ordovician-Silurian age), Paraná (Paraná Group, Devonian), Gondwana I (Tubarão and Passa Dois groups, Pennsylvanian to Permian), Gondwana II (Rosário do Sul Group, Middle to Upper Triassic), Gondwana III (São Bento Group, Jurassic-Cretaceous) and Bauru Supersequence (Bauru Group, Cretaceous).

The Gondwana I Supersequence corresponds to a large transgressive-regressive cycle, being referred in lithostratigraphic terms to the Tubarão Group (Itararé Subgroup, Aquidauana, Rio Bonito, Palermo and Tatuí formations), dated as Pennsylvanian (Bashkirian/Mosokovian) to Cisuralian (Artinskian), and to the Passa Dois Group (Irati, Serra Alta, Teresina, Corumbataí and Rio do Rasto formations), dated as Cisuralian (Artinskian) to Lopingian (?Wuchiapingian). This supersequence involves a thick sedimentary sequence in the basin (2,500 m), lithologically heterogeneous, related to different process and environments, linked to expressive paleoenvironmental

changes occurred in Gondwana, from glacial to arid conditions, as summarized by Milani and Zalán (1999).

The deposits of the Rio Bonito and Palermo formations are included in the Gondwana I Supersequence. The former unit represents the post-glacial conditions, and is constituted by fluvial sandstones, as well as coal beds and siltstones originated in lagoonal and deltaic paleoenvironment. The Palermo Formation comprises siltstones and claystones, which are interpreted as marine in origin.

3.2. Local geology

The Candiota Coalfield is the southernmost coalfield in the Brazilian portion of the Paraná Basin. The Rio Bonito and Palermo formations have been continuously sampled during an exploration program carried out by the Brazilian Geological Survey (CPRM). Then, studies on several outcrops along the BR392 road and selected boreholes allowed a good understanding of the stratigraphic succession.

In the study area, basal sedimentary rocks of the Rio Bonito Formation are mainly coarse to medium-grained, sometimes conglomeratic, angular to subangular poorly sorted arkosic sandstones with trough cross-stratification or massive, being of origin fluvial-estuarine and in erosive contact with underlying varvites and tilites of the Itararé Subgroup. Thickness is dependent of palaeo-relief and may reach from a few metres to tens of metres with sparse intercalations of mudstones to organic-rich mudstones and lenticular thin coal seams. The medium part of this formation is composed of mudstones to organic-rich mudstones and regionally wide distributed thick coal seams. The main coal seam is named “Candiota Coal Seam” and varies from 1 to 9 metres thick with an argillite intercalation that divides it in two beds. The upper portion above the main coal seams initiates with quartz-sandstone beds that varies from tens centimetres to 16 metres thick and represents a lagoonal-estuarine and barrier environment, succeeded by a new level of mudstones to organic-rich mudstones; and wide distributed, but thin coal seams (0.2 to 1 metre each), named “Candiota 4, 5, 6 and 7 Upper Seam”. Contact with transgressive marine sediments of the overlaying Palermo Formation is an erosional surface, related to the “SB3” described by Holz *et al.* (2006).

The Palermo Formation lies over an erosional marine transgressive surface due to the sharp contact between underlying coal seams and overlying heterolithic rocks with intercalation of hummocky cross-stratified fine sandstones, representing shoreface to offshore deposits of a transgressive environment.

3.3 Palynostratigraphy

Many biostratigraphic zonations were proposed for the Pennsylvanian-Permian interval of the Paraná Basin, based on different scales and concepts. The zonation proposed by Daemon and Quadros (1970) is considered the most important in geographic and stratigraphic terms. This informal scheme is mainly based on the distribution of pollen grains, from 40 boreholes and a few outcrop samples. The authors recognized six interval zones named as “intervals”, in ascending stratigraphical order: G, H (subdivided into subintervals H₁, H₂ and H₃), I (subintervals I₁, I₂+I₃+I₄), J, K and L (L₁, L₂ and L₃).

Marques-Toigo (1988, 1991) and Souza (2006) proposed an integrated palynostratigraphic scheme for the southern and northeastern portions of the basin, improving the original proposal of Daemon and Quadros (1970), including new results and formalizing biozones, as summarized in Souza and Marques-Toigo (2003, 2005) and Souza (2006). According to the latter, the palynologic succession of the Pennsylvanian-Permian interval of the Paraná Basin is represented by four interval zones, named as *Ahrensisporites cristatus*, *Crucisaccites monoletus*, *Vittatina costabilis* and *Lueckisporites virkkiae* zones, in ascending stratigraphical order.

The *Ahrensisporites cristatus* and *Crucisaccites monoletus* zones were presented in detail by Souza (2006), and are recognized only in the northeastern portion of the basin, in Paraná (PR) and São Paulo (SP) states. These zones were interpreted as Pennsylvanian in age (Bashkirian/Moskovichian to Gzhelian), recognized within the lower and middle portions of Itararé Subgroup, respectively.

The *Vittatina costabilis* Zone occurs from the uppermost levels of Itararé Subgroup to the uppermost portion of the Rio Bonito Formation. This biozone is divided into two units: *Protohaploxylinus goraiensis* and *Hamiapollenites karrooensis*

subzones. The lower limits of the *V. costabillis* and subsequent the *L. virkkiae* zones are delimited by the first appearance of certain species of baccate and taeniate pollen grains, representing a biostratigraphic datum recognized along the basin. The lower limit of the *L. virkkiae* zone occurs both from the uppermost levels of Rio Bonito Formation or from the basal levels of Palermo Formation reaching up the Irati Formation, and could extend to the Rio do Rasto Formation (Neregato, 2007; Neregato *et al.*, 2008). The age assigned to these biozones is Cisuralian to Lopingian (Asselian to Wuchiapingian). Correlations of these biozones and those previously proposed by Daemon and Quadros (1970), as well as their main palynologic features are discussed in Souza (2006), whereas in Souza and Milani (2007) the geologic significance of certain palynozones was presented.

3.4. Previous palynological data from Candiota

The first paleontologic records from the Candiota region include plant remains, such as *Brasilodendron pedroanum* (Carruthers) Chaloner, Leistikow and Hill 1979, initially described by Carruthers (1869), and remains of *Lepidodendron*, *Sphenopteris* and *Calamites*, reported by Plant (1869) and Liais (1872).

Palynologic studies began with descriptions of megaspores (*e.g.* Carruthers, 1869; Zeiller, 1895), whereas microspores were first studied by Pant and Srivastava (1965) and Tiwari and Navale (1967), in which the authors presented an analysis of samples but no precise detail on the geographic and stratigraphic provenance.

Nahuys *et al.* (1968) described several spore-pollen species from Charqueadas and Candiota coalfields, including new genera and species. Besides the taxonomic study, the palynologic associations recognized by these authors also allowed to place the Rio Bonito coalbeds in the Permian, these were usually regarded as Carboniferous (Beurlen, 1953; Dolianiti, 1953).

After these first studies, the palynologic analysis was developed based on core samples focusing on megaspores and microspores, being useful for paleoenvironmental interpretation, as that provided by Marques-Toigo *et al.* (1975) on the coals of the Candiota Seam. An account of these microspores was done by Corrêa da

Silva and Marques-Toigo (1975), including the study of a siltstone and a tonstein layer that occur within that section. A qualitative analysis was developed and integrated to the petrographic data, furnishing an overview between spore-pollen species in relation to the coal type. On the other hand, Ybert (1975) introduced a significant taxonomic study based on microspores from Candiota and Hulha Negra areas (outcrops from Rio Jaguarão). For the first time, Ybert (1975) integrated his palynologic results to stratigraphic data from the boreholes and outcrops studied.

Paleoenvironmental aspects were presented by Meyer and Marques-Toigo (2000). Based on borehole samples, this study was the first to recognize marine palynomorphs species in the coalbeds of Rio Grande do Sul, such as *Navifusa* and *Cymatiosphaera*. Then, the presence of these microfossils corroborated stratigraphic interpretations which implied marine incursions in the generating system of the coalfields (Alves and Ade, 1996; Holz, 1998). Cazzulo-Klepzig *et al.* (2002), Cazzulo-Klepzig *et al.* (2005) and Guerra-Sommer *et al.* (2008a, 2008b) presented palynologic data restricted to the Candiota Coalfield, based mainly on revisions of published papers or citation of taxa, aiming to integrate palynologic to radiometric data. However, as noted by Santos *et al.* (2006, p. 461), some of these studies included species that were illustrated based on specimens from other localities, restricting fully comparisons and other biostratigraphic interpretations.

3.5. Geochronological data from Candiota

Three levels of tonstein occur between the coalbeds and siltstone, at the Candiota Coalfield, named as (in ascendant stratigraphic order), Tonstein A, B and C. The first tonstein level is included in “Lower Candiota Bed”, and the other two in the “Upper Candiota Bed”. These are the tonsteins levels frequently used for radiometrical dating of the Rio Bonito deposits of the Paraná Basin.

Recently, several absolute datings from the Paraná Basin were published, aiming to contribute to the age determination of certain tonstein horizons and related strata of this Basin. The presence of the tonstein levels in the Candiota Coalfield allowed

some radiometric datings, such as those by Matos *et al.* (2001), Guerra-Sommer *et al.* (2005, 2008a, 2008b) and Rocha-Campos *et al.* (2006, 2007).

Matos *et al.* (2001) were the first authors to date the tonstein (A) in the Rio Bonito Formation. Based on IDTIMS U/Pb in zircon grains, an age of 267.1 ± 3.4 Ma was obtained. Later, new results were published by Guerra-Sommer *et al.* (2005) also using IDTIMS U/Pb, from a level not specified on the Candiota Coalfield, revealing ages between 299.1 ± 2.6 Ma and 296.9 ± 1.4 Ma.

Rocha-Campos *et al.* (2006, 2007) presented many absolute datings for the Permian interval in the Paraná Basin, based on SHRIMP U/Pb of several zircon grain populations from the Rio Bonito, Irati, Teresina, Serra Alta and Rio do Rasto formations. In the Rio Bonito Formation, four tonstein levels were studied, including those analysed also by Matos *et al.* (2001) and Guerra-Sommer *et al.* (2005). Rocha-Campos *et al.* (2006, 2007) obtained an average age of 298.5 ± 2.6 Ma to the four samples.

Guerra-Sommer *et al.* (2008a, 2008b), based on IDTIMS U/Pb and SHRIMP II methods respectively, published new radiometric dating for the A and C tonsteins. They obtained ages ranging from 296.9 ± 1.65 Ma to 296 ± 4.2 Ma and 293.8 ± 3.5 Ma to 288.4 ± 1.2 Ma (mean age 290.6 ± 1.5 Ma).

Preliminary data from the tonstein analyzed herein was presented by Marques *et al.* (2007). The obtained LAM-ICP-MS U/Pb zircon age was 278.2 ± 1.8 Ma, but only few grains were analysed. New data were added and the result is reassessed and discussed in this paper, along with a palynological approach.

4. Results

4.1 Palynostratigraphic analysis

The analysis of eight palynologic samples showed rich and diversified spore-pollen associations. A total of 76 species of palynomorphs were recorded, corresponding to spores (42), pollen grains (24) as well as microplanktonic species (10).

The samples from Rio Bonito and Palermo formations showed some compositional variations. In the Rio Bonito Formation, spores assigned to *Punctatisporites*, *Granulatisporites*, *Horriditriletes*, *Lophotriletes* are very abundant, with low rates of pollen grains. On the other hand, samples from the Palermo Formation showed high frequency of spores of *Punctatisporites* and *Lundbladispora*, with abundance of pollen grains, especially the taeniate species, such as *Protohaploxylinus*, *Lunatisporites* and *Striatopodocarpites*, and polyplicate grains, such as *Vittatina* and *Weylandites*.

Species of Zignematacean algae were also recorded (*Brazilea*, *Tetraporina* and *Quadrisporites*), which are more common in samples retrieved in the Rio Bonito Formation. Palynomorphs relative to Fungi were also obtained in the two lithostratigraphic units (e.g. *Portalites gondwanensis*). The complete taxon list and illustrations of palynomorphs from these samples were presented by Mori and Souza (2010), as well as their quantitative significance (see Tables 1 and 2). Selected species are presented herein (Figure 4), taking into consideration their biostratigraphic importance as index fossils.

For the biostratigraphic analysis, the presence of *Granulatisporites austroamericanus* and *Vittatina subsaccata* allowed the placement of C1 to C3 levels in the *Protohaploxylinus goraiensis* Subzone. Immediately above, the presence of the species *Converrucosisporites confluens*, *Illinites unicus*, *Hamiapollenites fusiformis*, *Protohaploxylinus goraiensis*, *Vittatina costabilis*, *V. subsaccata*, *Lueckisporites virkkiae* and *Weylandites lucifer* allow inclusion of the C4 level within the *Lueckisporites virkkiae* Zone. This same Zone is confirmed in C7 and C8 samples, based on the records of pollen grains of *Lunatisporites variesectus*, *Striatopodocarpites cancellatus*, *S. fusus*, *Striatoabieites multistriatus*, *Lueckisporites virkkiae* and *Weylandites lucifer*. Palynologic data retrieved from C5 and C6 levels was not sufficient for a biostratigraphic analysis, but they are placed in the lower *L. virkkiae* Zone, taking into account results from the underlying C4 level.

TABLE 1

TABLE 2

FIGURE 4

4.2 Radiometric dating

The morphology of zircons separated from the tonstein sample was described using optical microscope and backscattering image. Three different populations from more than 200 zircons, two dominant and one subordinate, were identified and analysed. In addition, a couple of rounded grains, clearly detrital, were analysed. The results are shown on Table 3.

TABLE 3

The zircons from the two dominant populations are transparent, colourless, prismatic, highly crystalline with sharp edges, typical of magmatic grains with no epiclastic transportation. However, one population comprises 100 to 200 μm elongated (4:1 length/width) zircons with some internal zoning, fractures and vesicles; the other population consists of a 100 to 150 μm short (2:1 to 3:1) grains with abundant inclusions (Figure 5). First, both populations were believed to be coeval. Nevertheless, after LAM-MC-ICP-MS analyses were performed, the results showed a significant geochemical difference in Th/U ratios from each population suggesting more than one magmatic episode. The first group has Th/U less than 1 (0.33 to 0.92) whereas the second population has Th/U ranging from 2.03 to 4.74.

FIGURE 5

Plotting the results on the Tera-Wassenburg diagram, the low Th/U ratio group yields a $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age of 281.4 ± 3.4 Ma (10 out of 11 points, with 95% confidence, MSWD=0.46) considered as the best estimate for the depositional age of the volcanic ash (Figure 6). On the other hand, the $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age of the shorter and enriched in inclusions zircons with higher Th/U ratio is 295.4 ± 4.5 Ma (12 out of 13

points, with 95% confidence, MSWD=2.5) as showed on Figure 6b. The provenance of the older zircons is interpreted as being from the same volcanic complex, but from inferior volcanic layers of the pile disrupted during the explosive event responsible for the ashes deposited in the studied levels.

FIGURE 6

The subordinate population made of fragmented, subhedral, short to long grains (2:1 to 4:1) with 100 to 200 μm , internal zoning and some ablation on the edges was interpreted as inherited grains (Figure 7a,b). The results on the $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{Pb}$ Concordia diagram (8 out of 9 points, with 95% confidence, MSWD=0.33) revealed a 1551 ± 15 Ma upper intercept age (Figure 8). The two rounded grains yielded Palaeoproterozoic to Archean age (see Figure 7c and Table 3) and were interpreted as detrital grains.

FIGURE 7

FIGURE 8

5. Discussion

5.1 Biostratigraphy

According to Marques-Toigo (1988, 1991), the coal beds of southern Brazil would be included within the *Caheniasaccites ovatus* Subzone, middle part of the *Cannanoropollis korbaensis* Zone. This subzone was defined by palynologic associations being characterized nearly exclusively by trilete spores, with two exclusive species (*Anguisporites ornatus* and *Horriditriletes pathakeraensis*). In later works, this zone was renamed after *Vittatina costabilis* (Souza and Marques-Toigo, 2001, 2003, 2005), besides the ecofacies recognition of the *Caheniasaccites ovatus* Subzone.

In this way, a large part of the coal beds from the Rio Bonito Formation in the states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina was included in the underlying

Protohaploxypinus goraiensis Subzone. This makes necessary to reassess southern Brazilian coal beds, because similar palynologic associations were common to different stratigraphic levels of the Rio Bonito Formation and even in the Itararé Subgroup (see Souza and Callegari, 2004; Smaniotto *et al.*, 2006). On the other hand, recent palynologic data from this region lack a more complete and updated palynologic basis, and also a deeper palynostratigraphic analysis.

The palynologic associations described for the Rio Bonito Formation in the Candiota region in several studies (e.g., Nahuys *et al.*, 1968; Ybert, 1975; Corrêa da Silva and Marques-Toigo, 1975; Meyer and Marques-Toigo, 2001) are commonly characterized by the abundance and diversity of trilete spores, with scarce presence of striate pollen grains.

According to Cazzulo-Klepzig *et al.* (2002), the Upper Layer of the Candiota Mine would be equivalent to the *Protohaploxypinus goraiensis* Subzone. However, the data provided do not allow a better analysis, considering that part of the taxa are listed only at the genus level and most photomicrographic illustrations published are from other localities, as mentioned by Santos *et al.* (2006, p. 461).

Cazzulo-Klepzig *et al.* (2005) reanalyzed the palynologic content of several core samples from the Candiota region. The approaching of that work is essentially paleoecologic, with paleoenvironmental reconstructions based on miospore counts at the genus level. The absence of both a detailed taxonomic list and diagnostic forms for biostratigraphic usage prevents a more precise biostratigraphic placement of the levels studied by those authors, besides of the same problematic duplicity of photomicrographics, part of these obtained from other sites in the Paraná Basin. The results provided by Cazzulo-Klepzig *et al.* (2002, 2005) were used by Guerra-Sommer *et al.* (2008a, 2008b) for the biostratigraphic correlation of the Candiota coal beds, associated to tonstein absolute datings.

Therefore, the correlation provided is very poor and constrains a deeper analysis, being necessary to obtain original palynotaxonomic data, with a more refined taxonomy and a proper stratigraphic control. Hence, the present contribution represents a step in the definition of new palynologic associations, with controlled stratigraphic information and original illustrations, as presented by Mori and Souza (2010).

The presence of *Granulatisporites austroamericanus* and *Vittatina subsaccata* allowed the placement of the C1 to C3 levels in the *Protohaploxylinus goraiensis* Subzone (basis of the *Vittatina costabilis* Zone). Immediately above, the presence of the species *Converrucosisporites confluens*, *Illinites unicus*, *Hamiapollenites fusiformis*, *Protohaploxylinus goraiensis*, *Vittatina costabilis*, *V. subsaccata*, *Lueckisporites virrkiae* and *Weylandites lucifer* allows to refer the C4 level to the *Lueckisporites virrkiae* Zone. The latter is confirmed in C7 and C8 samples, based on the records of pollen grains of *Lunatisporites variesectus*, *Striatopodocarpites cancellatus*, *S. fusus*, *Striatoabieites multistriatus*, *Lueckisporites virrkiae* and *Weylandites lucifer*. The palynologic data retrieved from the C5 and C6 levels is insufficient for biostratigraphic analysis. However, in comparison with the palynostratigraphic scheme of Souza and Marques-Toigo (2005), some species showed variations in their first and last appearance, resulting in a detailed analysis presented by Mori and Souza (2010).

The record of species stratigraphically restricted to the *V. costabilis* Zone associated with others from the *L. virrkiae* Zone in the C4 level, suggests that those species could have a larger stratigraphic range, or species of *L. virrkiae* could have first appearances in a lower stratigraphic position. These hypotheses are being studied by the present authors taking into consideration boreholes in the region that exhibit a more complete section concerning this interval.

On the other hand, Holz *et al.* (2006) have demonstrated that tectonic movements in this region promoted changes in the paleorelief and the coastline. According to those authors, the uppermost part of the Rio Bonito and lowermost Palermo formations correspond to sequences 2 and 3 (S2 and S3) respectively, being separated by a boundary sequence that was named SB3. During the initial transgression that generated the SB3, the topmost deposits of the Rio Bonito Formation were strongly eroded, and as a consequence, the topmost part of the *Vittatina costabilis* Zone is not recorded. This justifies the absence of the *H. karroensis* Subzone and the record of the *L. virrkiae* immediately above the *P. goraiensis* Subzone.

The uppermost Rio Bonito Formation and the lowermost Palermo Formation bear index species of the K interval of Daemon and Quadros (1970),

corresponding to the *L. virkkiae* Zone, such as the eponymous species (see Daemon and Quadros, 1970, p. 387).

These data indicate that our section is closely linked to this biostratigraphic boundary, between the *V. costabilis* and the *L. virkkiae* zones, corroborating biostratigraphical assumptions of Daemon and Quadros (1970) and the sequence stratigraphy model of Holz *et al.* (2006).

The species reported herein are different from other palynologic assemblages already published on Candiota, because index species of the *L. virkkiae* Zone had not been recognized in that locality or related levels.

5.2. Comparisons with other Gondwanan palynological assemblages

In general, the levels here studied contain palynologic assemblages that are frequent in the Permian of the South American continent, retrieved in the northern portion of Paraná Basin (Souza and Callegari, 2004; Souza *et al.*, 1999), or correlated areas, such as deposits in Argentina (*e.g.* Césari and Gutiérrez, 2000) and Uruguay (Beri and Daners, 1996, 1998), as well as in other Gondwanan regions (*e.g.*, Lindström, 1995a, 1995b; Stephenson 1998). Correlations among the South American Permian zones are treated by Césari and Gutiérrez (2000), Azcuy *et al.*, (2007), Souza *et al.* (2007) and Stephenson (2008). According to the latter, precise correlations among different Gondwanic basins are hampered by the lack of standardization in the palynologic documentation and by the occurrence of local phytogeographic variations. However, the appearance and diversification of specific sporomorph groups such as monosaccate pollen grains, Cheilocardioid type spores (“trilete cryptogam spores with prominent labra and heart-shaped outline in lateral view”, as cited by Balle, 1980, p. 49) and bissacate and taeniate pollen grains, are considered traceable events across Gondwana, and in a certain way, isochronous.

This last tendency was previously verified by Balme (1980), according to which, the biota of several Gondwanic sequences recorded in the Lower Permian (Australia, South America, Pakistan, India and southern Africa) would show significant changes close to the end-glaciation time. Regarding to the flora, it would have favored

the evolution of different gymnospermic groups meaning, in palynologic terms, the diversification and abundance of bissacate and taeniate pollen grains.

This characteristic is clearly observed in the several proposed palynozonations for the Pennsylvanian-Permian interval, for example, in South America. Even when there are local variations in the stratigraphic ranges of the constituent elements of the different biozones, the *Vittatina costabilis* and *Lueckisporites virkkiae* zones can be correlatable, respectively, to: (1) the *Cristatisporites* and the *Striatites* zones, of the Chaco-Paraná Basin (Russo *et al.* 1980; Vergel, 1993); (2) the *Fusacolpites fusus* – *Vittatina subsaccata* and the *Lueckisporites* – *Weylandites* zones of the Argentinean middle-west (Césari and Gutiérrez, 2000); and (3) the *Cristatisporites inconstans* – *Vittatina subsaccata* and the *Striatoabieites anaverrucosus* – *Staurosaccites cordubensis* zones of the Uruguayan Permian (Béri *et al.*, 2004). These biozones were partially defined by the presence and/or abundance of certain bissacate and taeniate pollen grains (*e.g.* *Protohaploxylinus*, *Lueckisporites*, *Vittatina*).

On the other hand, isolated taxa can also be used for correlation across Gondwana. According to Stephenson (2008), *C. confluens* is one of the main species in the Permian interval that allows this kind of comparison, because it is frequently associated to post-glacial deposits, although without a precise stratigraphic range. Besides that, the species shows a wide geographic distribution, having verified records in Antarctica (Lindstrom, 1995a), Oman and Saudi Arabia (Stephenson, 1998; Stephenson 2004), Argentina (Archangelksy and Gamero, 1979; Vergel, 1986; Césari *et al.* 1995; Vergel, 1998; Playford and Dino, 2002; Balarino and Gutiérrez, 2006; Di Pasquo *et al.* 2010), Brazil (Souza and Callegari, 2004; Souza and Marques-Toigo 2005), Uruguay (Beri and Daners, 1996; Beri and Daners, 1998) and India (Tiwari and Singh, 1981).

The occurrence of different paleofloristic provinces in Gondwana prevents precise correlations among other floral schemes outside South America, due to the variable stratigraphic ranges of certain taxa. Nevertheless, although the comparisons are restricted, these show similar characteristics to the *V. costabilis* and *L. virkkiae* zones, palynofloras described in: (1) Africa, I/II and III/IV zones *sensu* Falcon (1975), *Hamiapollenites bullaeformis*/*Cyclogranisporites gondwanensis* and *Platysaccus*

papilionnis after Modie and Hérissé (2009); (2) Antarctica, palynofloras from A and C sites of Lidkvarvet (Lindstrom, 1995a) and Fossilryggen and Nunatak assemblages (Lindstrom, 1995b); and (3) Australia, *Microbaculispora tentula* zone (Jones and Truswell, 1992) and Stage 2, *Pseudoreticulatispora confluens*, *P. reticulata* and *Striatopodocarpites fusus* zones (Backhouse, 1991).

5.3. Biostratigraphy x Radiometric dating

According to the palynostratigraphic scheme proposed by Souza and Marques-Toigo (2003, 2005) and Souza (2006), the coalbeds of the Rio Bonito Formation, which is included in the *Vittatina costabilis* Zone, have an Early Cisularian age. The *P. goraiensis* Subzone, base of the *V. costabilis* Zone, ranges approximately from the Asselian to the Sakmarian (299.0 ± 0.8 Ma to 284.4 ± 0.7 Ma), whereas the base of the *H. karroensis* Subzone corresponds to the Sakmarian/Artinskian boundary (284.4 ± 0.7 Ma).

Based on the biostratigraphic discussion presented above, the C4 level is positioned at the *L. virkkiae* Zone. Therefore, once the topmost deposits of the *V. costabilis* Zone are not recognized here as result of erosion, and the tonstein level is located immediately below the C4 level, it is assumed that the new radiometric dating presented here is equivalent to the base of the *L. virkkiae* Zone. In the studied exposure, the base of the *L. virkkiae* Zone was recognized by the first appearance of the diagnostic components *L. virkkiae* and *Weylandites lucifer*, which were recorded in low numbers and associated to elements of the underlying *V. costabilis* Zone.

The absolute dating of 281.4 ± 3.4 Ma presented herein places the upper portion of the Rio Bonito Formation in the middle Artinskian (Gradstein *et al.*, 2009), being compatible with the dating proposed by Santos *et al.* (2006) of 278.4 ± 2.2 Ma for the Irati Formation. The latter is stratigraphically placed above the Palermo Formation. However, comparisons with other Gondwanan palynostratigraphic schemes and published absolute ages are needed in the light of the assumption that the age here provided is the base of the *L. virrkiae* Zone. A summary of the absolute ages obtained for the Paraná Basin is presented in the Figure 9.

FIGURE 9

Initially, this new age is compared with those presented for the Candiota Coalmine. As previously showed, local ages range from 267.1 ± 3.4 Ma (Matos *et al.*, 2001) to 299.1 ± 2.6 Ma (Guerra-Sommer *et al.*, 2005). Although most of these ages do not correspond to the same tonstein level considered in this paper, problems were already identified in these results because they are stratigraphically located below to the samples here studied.

First, the age proposed by Matos *et al.* (2001) is contradictory when compared to that presented by Santos *et al.* (2006) of 278.4 ± 2.2 Ma, based on a bentonite layer within the Irati Formation, that is located above the Palermo Formation and, consequently, younger than Rio Bonito Formation. The latter represents the more reliable age hitherto obtained in the Paraná Basin, because it corresponds well with other Gondwanan regions, such as Argentina and Africa.

In Argentina, samples from the Chacoparaná Basin were dated by Melchor (2000), revealing an age about 266.3 ± 0.82 Ma. Palynologic studies of these samples linked this age to the Striatites Zone, which in turn is correlated to the *L. vikkiae* Zone. But, once there are no biochronostratigraphic control on these two biozones, that age may not represent the basal or uppermost levels of the Striatites Zone. Conversely, data retrieved from Africa by Stollhofen *et al.* (2000) from the Collingham Formation, which overlies the Whitehill Formation and finds correspondences with the Irati Formation in the Paraná Basin based on fossils of *Mesosaurus* and *Stereosternum*, showed an age of 270 ± 1 Ma, being close to the radiometric dating provided by Melchor (2000) and Santos *et al.* (2006). This also corroborates data from Bangert *et al.* (1999), who dated samples from the Dwyka Group in South Africa as 288 ± 3 Ma and 289.6 ± 3.8 Ma, a unit that is partially correlated to Itararé Subgroup.

The remaining maximum ages, 299 ± 2.6 Ma and 296 ± 1.4 Ma, 296.9 ± 1.65 Ma to 296 ± 4.2 Ma for the Candiota coalbeds obtained by Guerra-Sommer *et al.* (2005, 2008a) also bear discrepancies, as noted by Césari (2007). If these ages were consistent, the middle portion of the Rio Bonito Formation would be considered to be Asselian. However, these same ages were reassessed by Guerra-Sommer *et al.* (2008b),

who obtained a main age of 290.6 ± 1.5 Ma, that places the middle part of the Rio Bonito Formation within the Sakmarian.

At first glance, the ages proposed by Guerra-Sommer *et al.* (2008a, 2008b) do not seem to conflict with that obtained by Santos *et al.* (2006), 278.4 ± 2.2 Ma, for the Irati Formation, a stratigraphic unit that is younger than the Rio Bonito formation. The interpretation by Guerra-Sommer *et al.* (2008a, 2008b) for the ages obtained is that the whole package that is represented by the Itararé Subgroup would be placed in the Upper Carboniferous. However, as noted by Césari (2007), the *Glossopteris* Flora occurs within the Itararé Subgroup, which is traditionally regarded as Lower Permian, and these ages could be valid only if the first appearance of this fossil plant in Brazil was recognized earlier than in other regions.

Recent integrative analyses on radiometric ages and palynologic analyses have provided new insights on the regional or local validity of certain index species. According to Stephenson (2009), *Converrucosisporites confluens* may occur earlier than previously thought, reaching the uppermost Pennsylvanian (i.e., Gzhelian). This conclusion was based on a integrative analysis between new palynologic data from the ash layer IIb of the Ganigobis Shale Member, Namibia, with a radiometric dating of 302 ± 3 M.a. obtained previously by Bangert *et al.* (1999) from the same sample. These data are not conflictive with the results presented herein, once FADs and LADs of *C. confluens* seem to be somehow variable within different basins within Gondwana, due to phytogeographic local variations.

Stephenson (2009), after correlating the Paraná Basin biozones based on the presence of *C. confluens* and integrating the datings obtained by Guerra-Sommer *et al.* (2005) and Rocha-Campos *et al.* (2006) for the Rio Bonito Formation, suggests that the base of the *V. costabilis* Zone could be close to the Pennsylvanian-Permian boundary, similar to the placement inferred for Namibia. However, assuming this interpretation would imply falling into the problem previously noted by Césari (2007), i.e. would date the *Glossopteris* Flora as Carboniferous in the Paraná Basin.

In the material studied, the topmost occurrence of this taxon is within the Palermo Formation (sample C8), that belongs to the *Lueckisporites virkkiae* Zone. Hence, the complete range of this species in the Paraná Basin includes post-glacial

sections of the Itararé Subgroup up to marine beds of the Palermo Formation, with consistent records in the Rio Bonito Formation, where most part of the index species of the *Protohaploxypinus goraiensis* Subzone are commonly found.

Lueckisporites seems to be a significant index taxon for correlation within the Gondwana basins, although it has a long range in the Permian (see also Stephenson, 2009, p. 326-327). Earlier appearances of this genus in the Paraná Basin are related to the uppermost Rio Bonito Formation (middle Artinskian), characterizing the basal limit of the eponymous Zone, to which the samples C4-C8 are referred. The last occurrences of this species was recorded in the lowermost Rio do Rasto Formation (Neregato *et al.*, 2008), which is regarded as Wordian/Capitanian in age (see Holz *et al.*, 2010).

Therefore, considering the new dating of the uppermost Rio Bonito Formation (281.4 ± 3.4 Ma) and the age of the lowermost Irati Formation (278.4 ± 2.2 Ma), the deposition time of the Palermo Formation can be estimated in roughly 3 Ma. This corroborates the data provided by Holz *et al.* (2010), in which a similar time span for this unit was proposed, based on the maximum thickness of each lithostratigraphic unit and on the geochronologic data available for this basin (*e.g.* Santos *et al.*, 2006; Rocha-Campos *et al.*, 2007). Taking into consideration that the dating proposed by Santos *et al.* (2006) is currently regarded as the most consistent in the Permian of the Paraná Basin, the new radiometric data here presented seem to be valid, as these are also compatible with other available datings from western Gondwana, such as those proposed for Africa (Bangert *et al.*, 1999; Stolhofen, 2000) and Argentina (Melchor, 2000). Considering the correlation problems concerning different biostratigraphic models that are resultant of the Gondwanan phytogeographic provincialism (see Stephenson, 2008), with inaccuracies that affect even neighboring basins, the integration of biostratigraphic proposals and radiometric datings available for Gondwana is a complex problem that must be addressed for the whole Permian interval, needing to be treated elsewhere.

6. Concluding remarks

The analysis of the eight samples from the Rio Bonito and Palermo formations, collected in an exposure close to the city of Candiota, allowed the

identification of rich and diverse spore-pollen assemblages that, in turn, show diagnostic elements of the biostratigraphic model proposed by Souza and Marques-Toigo (2003, 2005) and Souza (2006). In this way, two biozones were recorded through these levels, the *Vittatina costabilis* and the *Lueckisporites virrkiae* zones. Similar palynological assemblages are recorded within other Early Permian deposits, from the Paraná Basin in Brazil (Souza *et al.*, 1999; Souza & Callegari, 2004), Uruguay and Argentina (Beri & Daners, 1996, 1998; Césari & Gutiérrez, 2000), as well as from Africa and Australia (Modie & Herissé, 2009; Lindstrom, 1995a, 1995b). These correlations demonstrate a general phytogeographical pattern, in which palaeofloras are dominated by pteridophyte vegetation (Filicophyta, Lycophyta, Sphenophyta), showing a significant increase mainly of bisaccate (non-taeniate and taeniate species) and poliplicate pollen grains (*e.g.*, *Protohaploxylinus*, *Striatopodocarpites*, *Lueckisporites*, *Weylandites*, *Vittatina*).

Regarding the actual palynostratigraphic model, some species considered to be restricted to these units showed a different stratigraphic distribution, a problem recently addressed by Mori and Souza (2010). These new records suggest that these zones could not be applied to this portion of the Paraná Basin. More precise comparisons with the Uruguayan succession are needed and can provide a better understanding on the palynological behaviour in this section of the basin. This topic is currently under investigation by the authors (Mori & Souza, in preparation) as a continuation of this research.

The absence of the *Hamiapollenites karroensis* Subzone in the studied section suggests that the uppermost deposits of the Rio Bonito Formation were eroded at the beginning of the marine transgression, represented by the Palermo Formation, delimited by an erosive boundary surface named as “SB3”. By the other hand, changes in the palynostratigraphical scheme can be introduced.

The new absolute dating 281.4 ± 3.4 Ma places the upper portion of the Rio Bonito Formation in the middle Artinskian. Therefore, taking into account the new radiometric results and the biostratigraphic placement of the analyzed samples, this new dating is considered to represent the oldest occurrence of the *L. virrkiae* Zone in the Paraná Basin. These data are not conflictive with the age of 278.4 ± 2.2 Ma for the Irati

Formation and the datings obtained at neighboring basins, such as in Argentina and Africa, from deposits bearing *L. virrkiae* Zone correlated palynologic assemblages.

The palynological and radiometrical data presented herein contribute to the age attribution in the palynostratigraphical model of the Paraná Basin presented. Furthermore, they can represent a new marker to understand the floral change in southernmost Paraná Basin during the Early Permian, which was also verified in other Gondwanan areas.

Acknowledgements

This study was supported by research grants awarded by Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq), Project 474153/2004-5. Special thanks are giving to Juan C. Cisneros for revision of the English text. This work constitutes part of the PhD Thesis of the first author at the “Programa de Pós-graduação em Geociências” of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

References

Alves, R.G., Ade, M.V.B. 1996. Sequence stratigraphy and coal petrography applied to the Candiota Coalfield, Rio Grande do Sul, Brazil: A depositional model. *International Journal of Coal Geology*, 30, 231-248.

Archangelsky, S., Gamarro, J.C. 1979. Palinologia del Paleozoico Superior en el subsuelo de la Cuenca Chacoparanaense, Republica Argentina. I. Estudio Sistemático de los palinomorfos de tres perforaciones de la Provincia de Cordoba. *Revista Española de Micropalantología*, 11, 417-478.

Azcuy, C.L., Beri, A., Bernardes-de-Oliveira, M.E.C., Carrizo, H.A., Di Pasquo, M., Saravia, P.Días, González, C., Iannuzzi, R., Lemos, V.B., Melo, J.H., Pagani, A., Rohn, R., Amenábar, C.R., Sabattini, N., Souza, P.A., Taboada A. 2007. Bioestratigrafía del Paleozoico Superior de América del Sur: primera etapa de trabalho hacia una nueva propuesta. *Revista de la Asociación Geológica Argentina, Publicación Especial*, 11: 9-65.

Backhouse, J. 1991. Permian palynostratigraphy of the Collie Basin, Western Australia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 67, 237-314.

Balarino, L., Gutiérrez, P.R. 2006. Palinología de la Formación Tasa Cuna (Pérmico Inferior), Córdoba, Argentina: sistemática y consideraciones bioestratigráficas. *Ameghiniana*, 43, 437-460.

Balme, B. E. 1980. Palynology and the Carboniferous-Permian boundary in Australia and other Gondwana continents. *Palynology*, 4, 43-55.

Bangert, B., Stollhofen, H., Lorenz, V., Armstrong, R. 1999. The geochronology and significance of ash-fall tuffs in the glaciogenic Carboniferous-Permian Dwyka Group of Namibia and South Africa. *Journal of South American Earth Sciences*, 29, 33-49.

Beri, Á., Daners, G. 1996. Palinomorfos de la perforación Cerro Largo Sur N°4, Pérmico Inferior Uruguay. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69, 163-170.

Beri, Á., Daners, G. 1998. Estudio palinológico de la perforación 201 (DI.NA.MI.GE), Pérmico, Uruguay. *Boletín de la Real Sociedad. Española de Historia Natural (Sección Geología)*, 94, 55-64.

Beri, Á., Gutiérrez, P. R., Cernuschi, F., Balarino, L. 2004. Palinoestratigrafía del Pérmico de la Cuenca Paraná, Uruguay. In: Souza, P.A, Iannuzzi, R., Dutra, T., Bauermann, S.G., Meyer, K.B. (Eds.), XI Reunião de Paleobotânicos e Palinólogos, Gramado, Brasil. *Boletim de Resumos*, 29.

Beurlen, K. 1953. Análise paleogeográfica da Série Tubarão e possibilidade de novas bacias carboníferas. *Notas Preliminares e Estudos (DNPM)* 74, 1-10.

Carruthers, W. 1869. On the plant remains from the Brazilian coal beds with remarks on the genus Flemingites. *Geological Magazine*, 6, 151-155.

Cazzulo-Klepzig, M., Guerra-Sommer, M., Formoso, N.L., Calarge, L.M. 2002. Geochemical and palynological evidence for the age determination of Permian coals, southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 25, 375-380.

Cazzulo-Klepzig, M., Menegat, R., Guerra-Sommer, M. 2005. Palynology and Palaeobotany in the reconstruction of landscape units from the Candiota Coalfield, Permian of Paraná Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 8, 83-98.

Césari, S. N. 2007. Palynological biozones and radiometric data at the Carboniferous-Permian boundary in western Gondwana. *Gondwana Research*, 11, 529-536.

Césari, S., Archangelsky, S., Seoane, L.V. 1995. Palinología del Paleozoico Superior de la perforación Las Mochas, Provincia de Santa Fe, Argentina. *Ameghiniana*, 32, 73-106.

Césari, S. N., Gutiérrez, P. R. 2000. Palynostratigraphy of Upper Paleozoic Sequences in

Central – Western Argentina. *Palynology*, 24, 113-146.

Corrêa da Silva, Z., Marques-Toigo, M. 1975. Carvão no Brasil: Mina de Candiota – Rio Grande do Sul. In: Brodtkorb, M.K., Pexxutti, N., Pendola, H., Coira, B., Ametrano, S. Homez, E. (Eds.), Congresso Ibero-Americano de Geologia Econômica, Buenos Aires, Argentina. Tomo I, 263-286.

Daemon, R.F., Quadros, L.P. 1970. Bioestratigrafia no Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: Ladeira, E.A. (Ed.), XXIV Congresso Brasileiro de Geologia, Brasília, Brasil. Anais, 359-412.

Di Pasquo, M., Vergel, M.M., Azcuy, C.L. 2010. Pennsylvanian and Cisuralian palynofloras from the Los Sauces area, La Rioja Province, Argentina: Chronological and paleoecological significance. *International Journal of Coal Geology*, in press.

Dolianiti, E. 1953. A flora Gondwana Inferior em Santa Catarina. I. Notas Preliminares e Estudos (DNPM) 60, 1-7.

Falcon, R.M.S. 1975. Palyno-stratigraphy of the Lower Karoo sequence in the central Sebungwe District, Mid-Zambezi Basin, Rhodesia. *Paleontologia Africana*, 18, 1-29.

Fontes, L.C., Cava, L.T. 1980. Análise ambiental preliminar do Gondwana na região de Candiota-RS. In: Corrêa da Silva, Z.C. (Ed), XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário Camboriú, Brasil. Anais, 2, 755-765.

Gradstein, F.M., Ogg, J.G. 2009. The geologic time scale. In: Hedges, S.B., Kumar, S. (Eds.). *The Timetree of Life*. Oxford University Press, New York, 527p.

Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Formozo, M. L., Menegat, R., Basei, M. A. S. 2005. New radiometric data from ash fall rocks in Candiota coal-bearing strata and the palynostratigraphic framework in southern Paraná Basin (Brazil). In: Pankhurst, R.J., Veiga, G.D. (Eds.), *Gondwana 12*, Mendoza, Argentina. Abstracts, 89.

Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Santos, J.O.S., Hartmann, L.A., Ketzer, J.M., Formoso, M.L.L. 2008a. Radiometric age determination of tonstein and stratigraphic constraints for the Lower Permian coal succession in southern Paraná Basin, Brazil. *International Journal of Coal Geology*, 74, 13-27.

Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Formoso, M.L.L., Menegat, R., Mendonça, J.G. 2008b. U-Pb dating of tonstein layers from a coal succession of the southern Paraná Basin (Brazil): A new geochronological approach. *Gondwana Research*, 14, 474-482.

Holz, M. 1998. The Eo-Permian coal seams of the Paraná Basin in southernmost Brazil: an analysis of the depositional conditions using sequence stratigraphy concepts. *International Journal of Coal Geology*, 36, 141-163.

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., Küchle, J., Philipp, R. P., Bischoff, A., Arima, N. 2006. Hierarchy of tectonic control on stratigraphic signatures: Base-level changes during the Early Permian in the Paraná Basin, southernmost Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 22, 185-204.

Jackson, S.E., Pearson, N.J., Griffin, W.L., Belousova, E.A. 2004. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U–Pb zircon geochronology. *Chemical Geology*, 211, 47-69

Jones, M.J., Truswell, E.M. 1992. Late Carboniferous and Early Permian palynostratigraphy of the Joe Joe Group, southern Galilee Basin, Queensland, and implications for Gondwanan stratigraphy. *Journal of Australian Geology and Geophysics*, 13, 143-185.

Liais, E. 1872. In: Garnier Frères, Libraires Éditeurs (Eds.). *Climats, géologie, faune et géographie du Brésil*. Paris, 640p.

Lindstrom, 1995a. Early Permian palynostratigraphy of the northern Heimefrontfjella mountain-range, Dronning Maud Land, Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 89, 359- 415.

Lindstrom, S. 1995b. Late Permian palynology of Fossilryggen, Vestfjella, Dronning Maud Land, Antarctica. *Palynology*, 20, 15-48.

Ludwig, K.R. 2003. *Isoplot 3.00: A geochronological toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley Geochronological Center, Special Publication, 4, 70pp.

Marques, J.C., Chemale Jr., F.J., Lopes, R.C., Souza, P.A., Justino, D., Dussin, I.A. 2007. LA-ICP-MS U-Pb Zircon age from an ash fall rock of the uppermost Rio Bonito Formation, southern Paraná Basin. In: Milani, E.J., Pereira, E., Castro, J., Della Fávera, J.C., Almeida, L.F.B., Bergamaschi, S. (Eds), 4º Simpósio sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná. Rio de Janeiro, Brasil. *Boletim de Resumos*, 32.

Marques-Toigo, M. 1988. *Palinologia, bioestratigrafia e paleoecologia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Brasil*. Doctoral Thesis, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Marques-Toigo, M. 1991. Palynobiostratigraphy of the southern Brazilian Neopaleozoic Gondwana sequence. In: Ulbrich, H.E., Rocha Campos, A.C. (Eds.), 7th International Gondwana Symposium, São Paulo, Brasil, *Proceedings*, 503-515.

Marques-Toigo, M., Corrêa da Silva, Z., Herter, G.G. 1975. Geology and Palynology of Candiota Coal Mine, RS, Brazil. In: Menéndez, C.A., Pascual, R., Aceñolaza, F.G., Castellaro, H., Archangelsky, S., Cuerda, A., Bonaparte, J., Camacho, H., Amos, A., Bertels, A., Gamero, J. (Eds), Primer Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Tucuman, Argentina. Actas, I, 401-427.

Matos, S.L.F., Yamamoto, J.K., Riccomini, C., Hachiro, J., Tassinari, C.C.G. 2001. Absolute dating of Permian ash-fall in the Rio Bonito Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research*, 4, 421-426.

Melchor, R., 2000. New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age for the base of Yacimiento Los Reyunos Formation (Permian), Mendoza, Argentina: stratigraphic and biostratigraphic implications. *Ameghiniana*, 37, 271-282.

Menezes-Filho, N.R., Brito, P.C. 1982. Estratigrafia da seqüência gondwânica da região de Candiota, RS. In: Inda, H.A.V. (Ed.), XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, Brasil. *Anais*, 4, 1392-1405.

Meyer, K.E., Marques-Toigo, M. 2000. O Significado paleoambiental da microflora dos carvões da Malha IV, Mina de Candiota, RS, Permiano da Bacia do Paraná, Brasil. *Revista de Geociências* V, número especial, 17-20.

Milani, E.J. 1997. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-oriental. Doctoral Thesis, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Milani, E.J., Zalán, P.V., 1999. An outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior basins of South America. *Episodes*, 22, 199-205.

Modie, B.N., Herissé, A. 2009. Late Paleozoic palynomorph assemblages from the Karoo Supergroup and their potential for biostratigraphic correlation, Kalahari Karoo Basin, Botswana. *Bulletin of Geosciences*, 84, 337-358.

Mori, A.L.O., Souza, P.A. 2010. Palinologia das formações Rio Bonito e Palermo (Permiano Inferior, Bacia do Paraná) em Candiota, Rio Grande do Sul, Brasil: novos dados e implicações bioestratigráficas. *Ameghiniana*, 47, 45-60.

Nahuys, J., Alpern, B., Ybert, J. P. 1968. Estudo palinológico e petrográfico de alguns carvões do sul do Brasil. *Boletim Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul*, 46, 1-61.

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). Master Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional, 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.

Pant, D.D., Srivastava, G. K. 1965. Some Lower Gondwana miospores from Brazil. *Micropaleontology*, 11, 468-478.

Plant, N. 1869. The brazilian coal fields. *Geological Magazine*, 6, 147-150.

Playford, G., Dino, R. 2002. Permian palynofloral assemblages of the Chaco-Paraná Basin, Argentina: Systematics and stratigraphic significance. *Revista Española de Micropaleontología*, 34, 235-288.

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.

Rocha-Campos, A.C., Basei, M.A.S., Nutman, A.P., Santos, P.R. dos. 2006. SHRIMP U-Pb Zircon geochronological calibration of the Late Paleozoic Supersequence, Paraná Basin, Brazil. In: Milani, E.J., Pereira, E., Castro, J., Della Fávera, J.C., Almeida, L.F.B., Bergamaschi, S. (Eds), 5° South American Symposium on Isotopic Geology (Punta del Este), Uruguay, Short Papers, 298-301.

Rocha-Campos, A.C., Basei, M.A.S., Nutman, A.P., Santos, P.R. dos. 2007. SHRIMP U-Pb zircon ages of the late Paleozoic sedimentary sequence, Paraná Basin, Brazil. 4° Simpósio sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná, Rio de Janeiro, Brasil. *Boletim de Resumos*, 33.

Russo, A., Archangelsky, S., Gamero, J.C. 1980. Los depositos suprapaleozóicos en el subsuelo de la llanura Chaco-Pampeana, Argentina. In: Castellaro, H.A. (Ed.), II Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía y I Congreso Latinoamericano de Paleontología, Buenos Aires, Argentina. *Actas*, 4, 157-173.

Santos, R.V., Souza, P.A., Alvarenga, C.J.S. de, Dantas, E.L., Pimentel, M.M., Oliveira, C.G. de., Araújo, L.M. de. 2006. Shrimp U-Pb zircon dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research* 9, 456-463.

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

Souza, P.A., Callegari, L.M. 2004. An Early Permian palynoflora from the Itararé Subgroup, Paraná Basin, Brazil. *Revista Española de Micropaleontologia*, 36, 439-450.

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., Marques-Toigo, M. 2003. An overview in the palynostratigraphy of the Upper Paleozoic strata of the Brazilian Paraná Basin. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturais, 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., Milani, E.J. 2007. O pioneirismo do zoneamento palinoestratigráfico de Daemon and Quadros (1970): um marco no conhecimento estratigráfico da Bacia do Paraná. Boletim de Geociências da Petrobrás, 15, 118-130.

Souza, P.A., Vergel, M.M., Beri, A. 2007. Pennsylvanian and Permian palynostratigraphy of the Paraná/Chacoparaná Basins in Brazil, Argentina and Uruguay: an integrative analysis. In: Dias Martínez, E., Rábano, I. (Eds.), 4th European Meeting on the Palaeontology and Stratigraphy of Latin America. Cuadernos del Museo Geominero, Madrid, 8, 361-366.

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, 21-27.

Stacey, J.S., Kramers, J.D., 1975. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. Earth and Planetary Science Letters 26, 207-221.

Stephenson, M. 1998. Preliminary correlation of palynological assemblages from Oman with the *Granulatisporites confluens* Opper Zone of the Grant Formation (Lower Permian), Caning Basin, Western Australia. Journal of South African Earth Sciences, 26, 521-526.

Stephenson, M. 2004. Early Permian spores from Oman and Saudi Arabia. In: Al-Husseini, M. (Ed.). Carboniferous, Permian and Early Triassic Arabian Stratigraphy. Georabia Special Publication, 3, 185-215.

Stephenson, M. 2008. A review of the palynostratigraphy of Gondwana Late Carboniferous to Early Permian glaciogene successions. The Geological Society of America. Special Paper, 441, 317-330.

Stephenson, M. 2009. The Age of the Carboniferous - Permian *Converrucosisporites confluens* Opper Biozone: New Data from the Ganigobis Shale Member (Dwyka Group) of Namibia. Palynology, 33, 167-177.

Stollhofen, H., Stanistreet, I.G., Bangert, B., Grill, H., 2000. Tuffs, tectonism and glacially related sea-level changes, Carboniferous–Permian, Southern Namibia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 161, 127–150.

Tiwari, R. S., Navale, G. K. B. 1967. Pollen and spore assemblage in some coals of Brazil. *Pollen et spores*, IX, 583-605.

Tiwari, R.S., Singh, V. 1981. Morphographic study of some dispersed trilete miospores (Sub-infraturma-Varitrileti) from the Lower Gondwana of India. *The Palaeobotanist*, 27, 253-296.

Vergel, 1993. Palinoestratigrafia de la secuencia neopaleozoica en la Cuenca Chacoparanaense, Argentina. In: Archangelsky, S. (Ed.), XII Congrès International de la Stratigraphie et Géologie du Carbonifère et Permien. Buenos Aires, Argentina. *Comptes Rendus*, 1, 201-212.

Vergel, M.M. 1986. Palinologia del Paleozoico Superior en la Perforacion YPF J1 (Josefina), Provincia de Santa Fe, Argentina. I. Anteturma Proximegerminantes. *Ameghiniana*, 23, 141-153.

Vergel, M.M. 1998. Palinologia del Paleozoico Superior (Formafion Sachayoj) en tres perforaciones de la subcuenca de Alhuampa, Cuenca Chacoparanaense (Argentina). Parte I: Esporas. *Ameghiniana*, 35, 387-403.

Zeiller, R. 1895. Note sur la flora fossile des gisements houillers de Rio Grande do Sul. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 23, 601-623.

Ybert, J.P. 1975. Etude des miospores du bassin houiller de Candiota-Hulha Negra, Rio Grande do Sul, Bresil. *Pesquisas*, 5, 181-226.

Youden, W.J. 1951. In: John Wiley and Sons (Eds.). *Statistical methods for chemists*. New York, 126 p.

FIGURE CAPTIONS

Figure 1. Location map of the studied outcrop and distribution of the allostratigraphic sequences of Paraná Basin (modified from Milani, 1997).

Figure 2. Lithostratigraphic section of the outcrop, with indication of sampled levels and their respective palynological slides (MP-P: Museu de Paleontologia – Palinologia). “SB3” refers to the surface boundary described by Holz *et al.* (2006).

Figure 3. A, B. Tonstein outcrop at km152 on BR 293 Highway.

Figure 4. Selected palynomorphs retrieved from the outcrop studied, index species from Souza and Marques-Toigo (2003, 2005) and Souza (2006) schemes are preferably illustrated. All specimens x1000. (MP-P: Museu de Paleontologia – Palinologia. Coordinates are given in England Finder Coordinates). A, *Granulatisporites austroamericanus* Archangelsky and Gamero 1979 (MP-P 5677, J54-3). B, *Converrucosisporites confluens* (Archangelsky and Gamero) Playford and Dino 2000 (MP-P 5674, S50). C, *Illinites unicus* (Kosanke) Jansonius and Hills 1976 (MP-P 5677, R59-3). D, *Protohaploxylinus goraiensis* (Potonié and Lele) Hart 1964 (MP-P 5676, F43-2). E, *Protohaploxylinus limpidus* (Balme e Hennelly) Balme and Playford 1967 (MP-P 5685, N49-3). F, *Striatopodocarpites cancelattus* (Balme and Hennelly) Hart 1963 (MP-P 5692, U40-2). G, *Striatopodocarpites fusus* (Balme and Hennelly) Potonié 1958 (MP-P 5693, Q49). H, *Lunatisporites variesectus* Archangelsky and Gamero 1979 (MP-P 5692, F46-2). I, *Hamiapollenites fusiformis* Marques-Toigo 1974 (MP-P 5693, W65). J, *Lueckisporites virkkiae* (Potonié and Klaus) Clarke 1965 (MP-P 5692, R43-2). K, *Vittatina costabilis* Wilson 1962 (MP-P 5692, J47). L, *Weylandites lucifer* (Bharadwaj and Salujha) Foster 1975 (MP-P 5694, H37-3). Scale bar: 10 mc.

Figure 5. Back-scattered electron images of low Th/U zircons (A, B, C) and high Th/U zircons (D, E, F) from tonstein sample. Dated spots are indicated with respective age.

Figure 6. Tera-Wasserburg diagrams for zircons from the tonstein analyzed by LAM-MC-ICP-MS. A, Low Th/U zircons meaning depositional age of the tonstein; B, High Th/U zircons inherited during volcanic explosion.

Figure 7. Back-scattered electron images of inherited zircons (A, B) and rounded detrital zircons (C).

Figure 8. Concordia diagram for inherited mesoproterozoic zircons.

Figure 9. Integrative scheme showing palynozones and radiometric datings obtained for the Upper Paleozoic deposits of Paraná Basin, including the new dating presented here (see column “This paper”). “*” corresponds to age obtained from Santos *et al.* (2006). Other references are related to radiometric datings available for the Rio Bonito Formation: (1) Matos *et al.* (2001); (2) Guerra-Sommer *et al.* (2005); (3) Rocha-Campos *et al.* (2006, 2007) and Guerra-Sommer *et al.* (2005); (4) Guerra-Sommer *et al.* (2008a, 2008b).

TABLE CAPTIONS

Table 1 . Vertical stratigraphic distribution and relative abundance of the recovered spore species. Frequences are interpreted as: *x* – rare (frequence < 2%); *xx* – commom (frequence between 2-5%); *xxx* – abundant (frequence >5%). On the column *Figure*, numbers are relative to ilustration of species.

Table 2 . Vertical stratigraphic distribution and relative abundance of the recovered pollen grains and microplanktonic species. Frequences are interpreted as: *x* – rare (frequence < 2%); *xx* – commom (frequence between 2-5%); *xxx* – abundant (frequence >5%). On the column *Figure*, numbers are relative to ilustration of species.

Table 3. In situ LAM-MC-ICP-MS zircon data of the Rio Bonito Formation tonstein from outcrop of km152 on BR 293 Highway. Corrections are 1-sigma (% for isotope ratios, absolute for ages). Rho= correlation factor between the errors of the $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$. Disc. % means discordance in %. Correction for common Pb: $f_{206} = (206\text{Pb}/204\text{Pb})_{\text{common}} / (206\text{Pb}/204\text{Pb})_{\text{sample}}$. * Samples plotted but removed from age calculation.

Figure 1

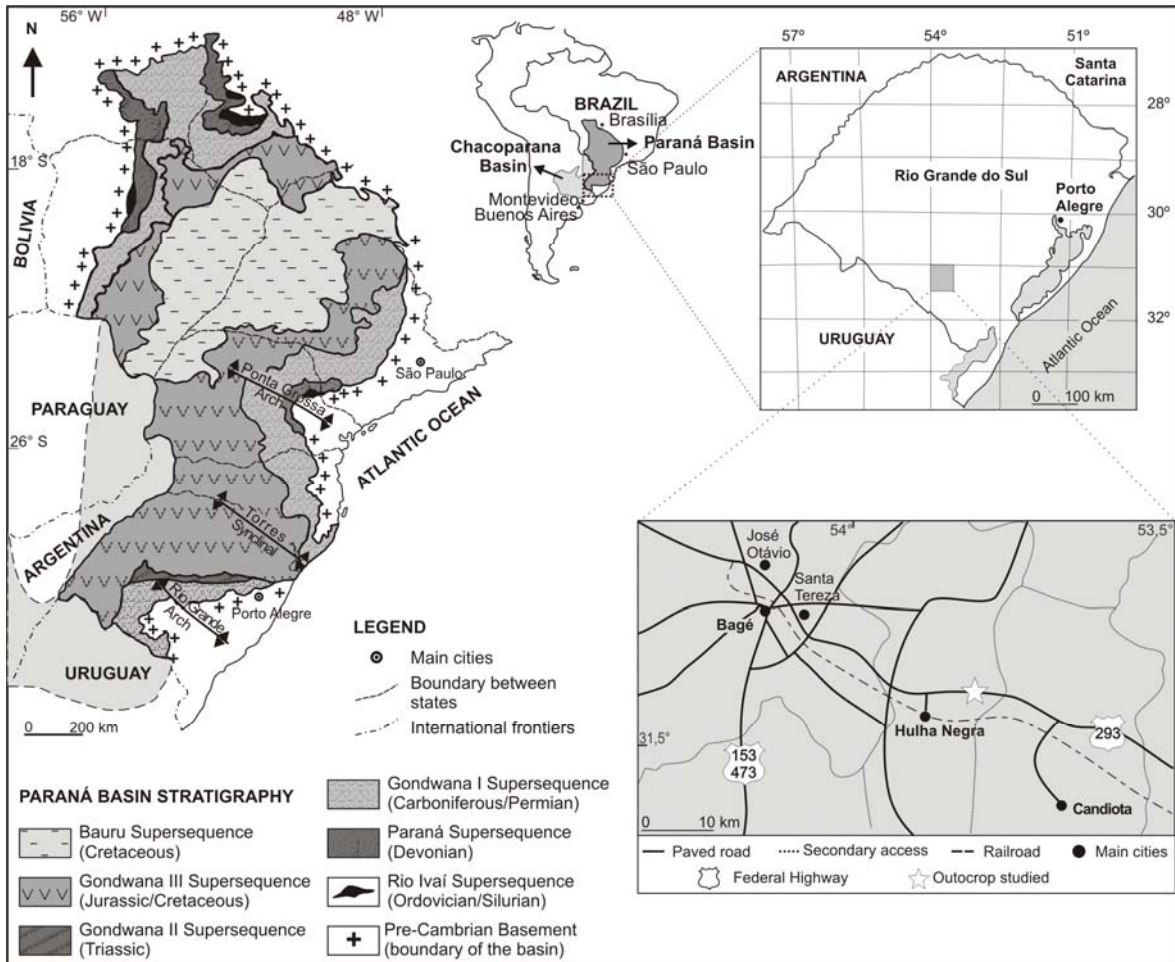


Figure 2

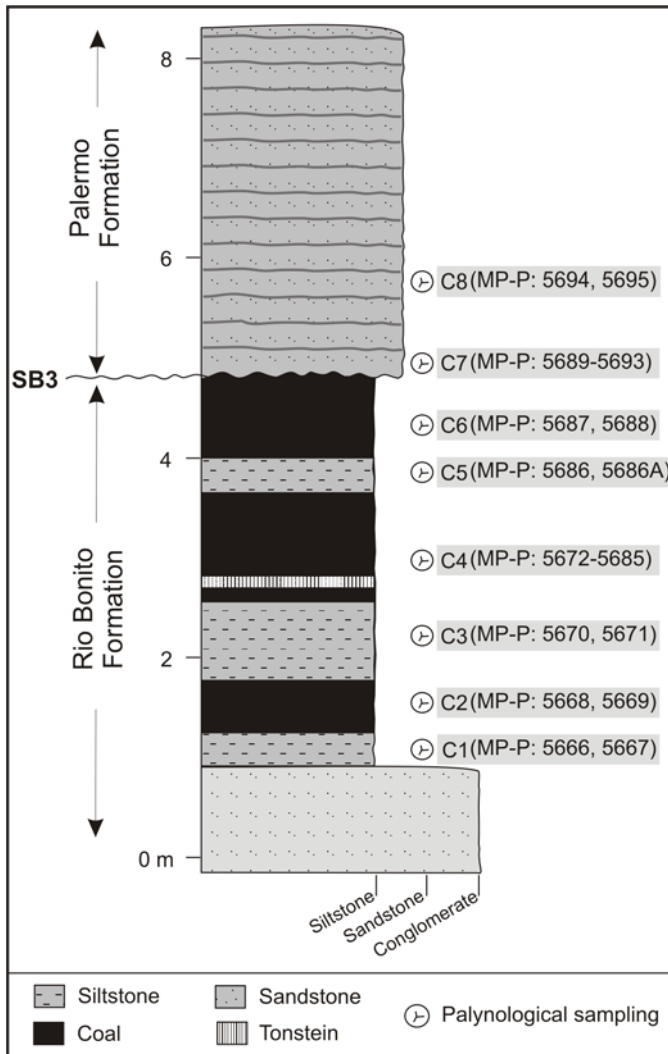


Figure 3

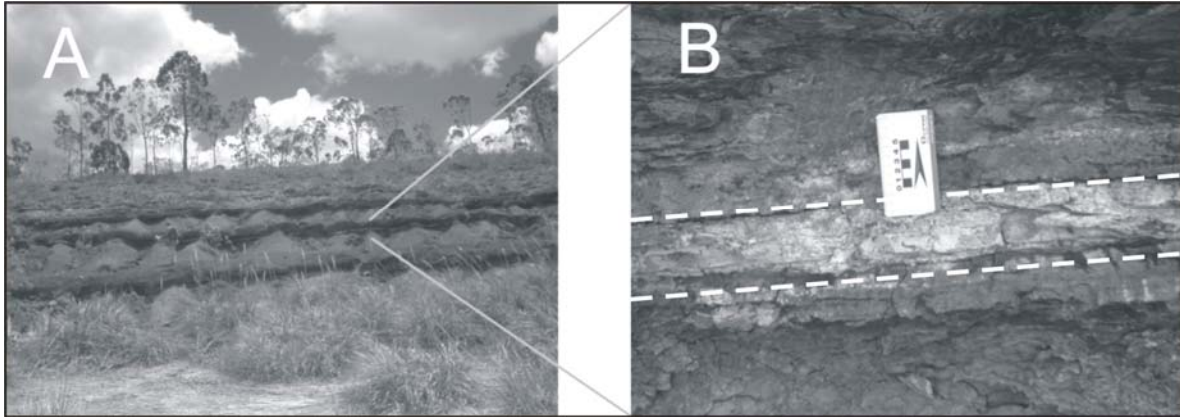


Figure 4

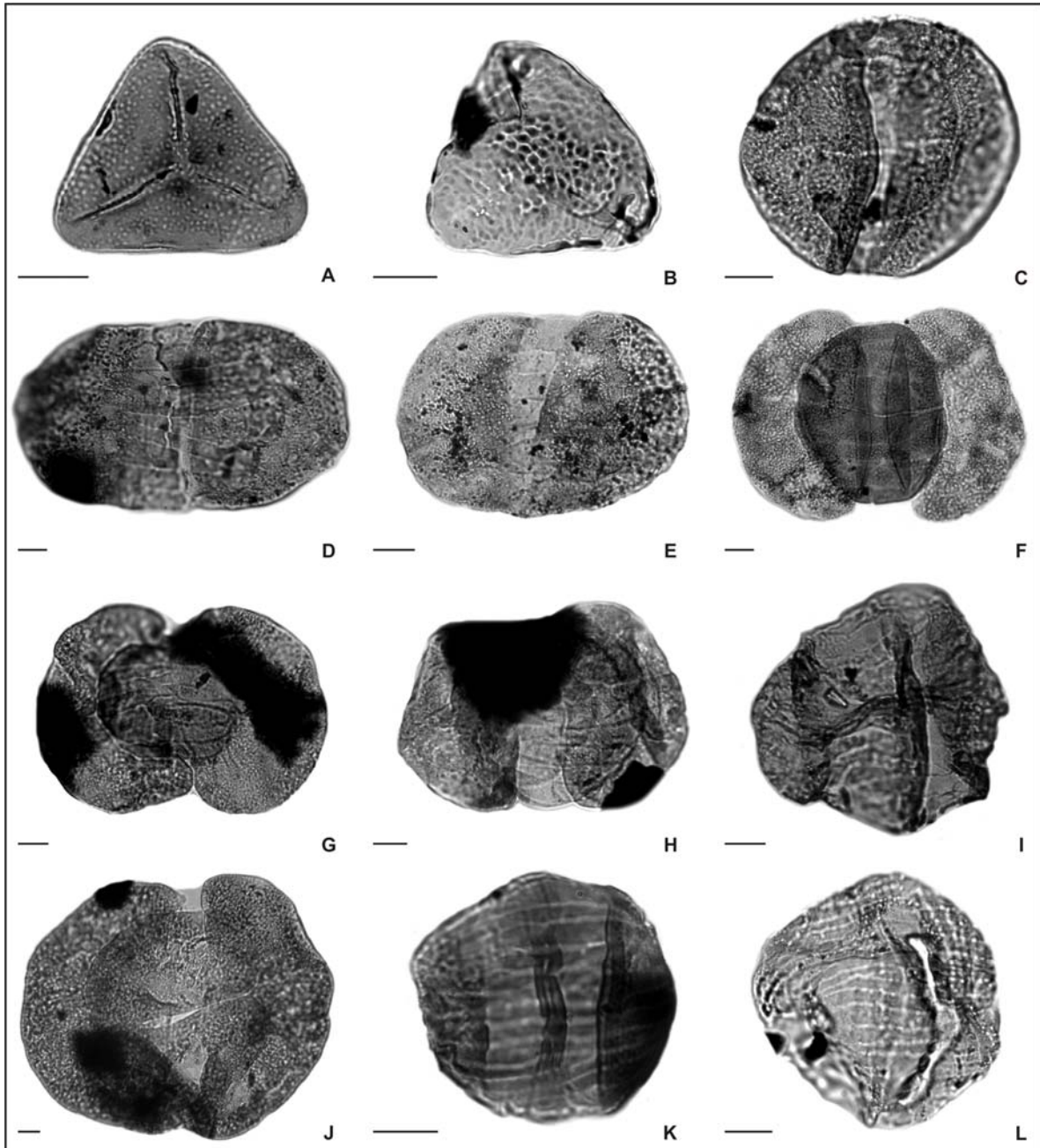


Figure 5

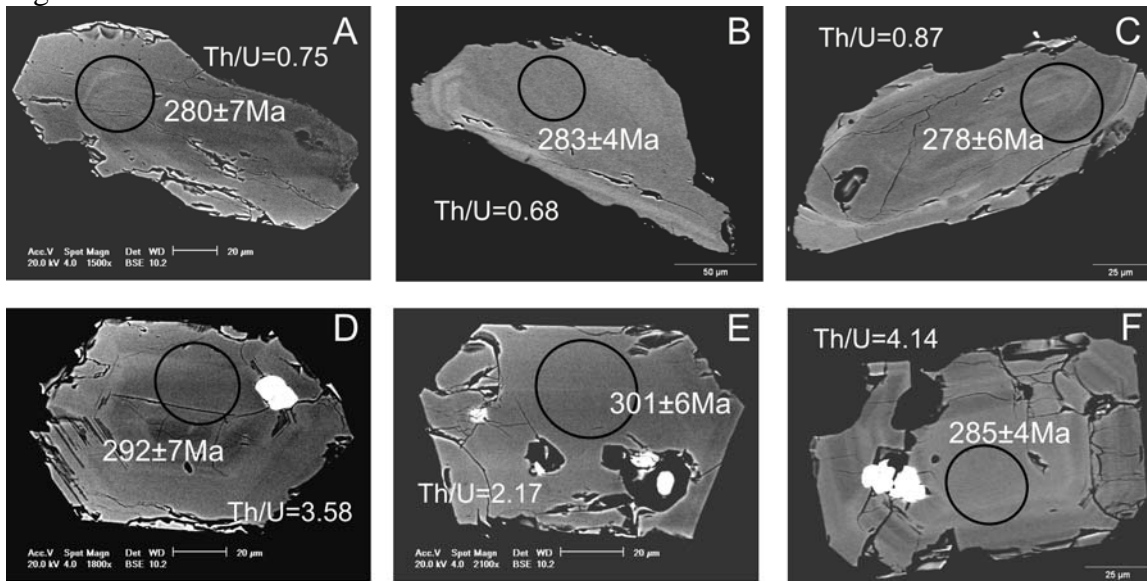


Figure 6

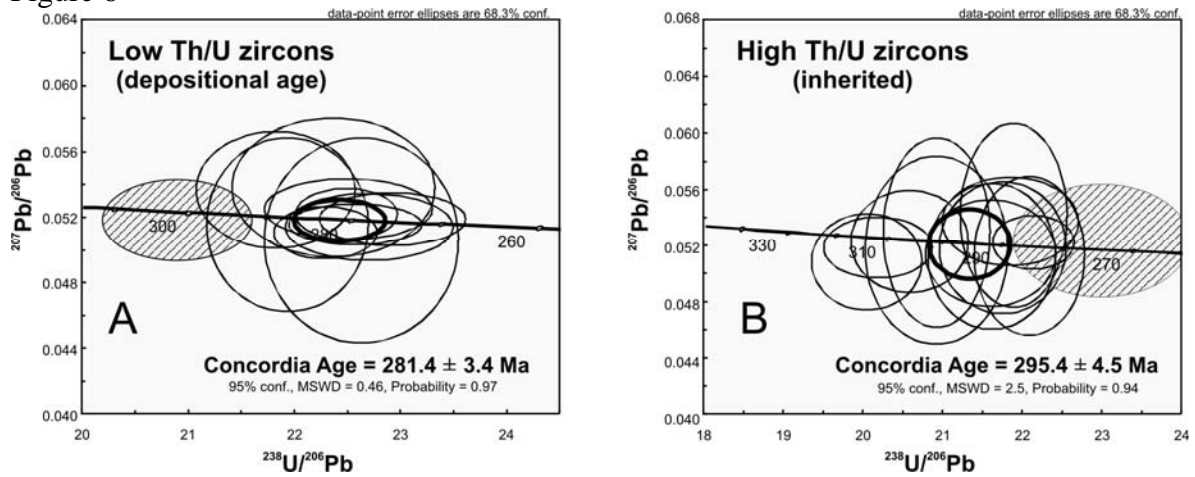


Figure 7

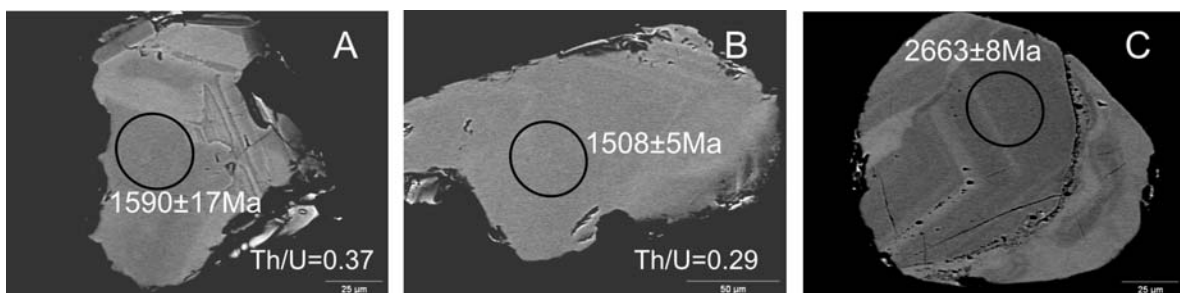


Figure 8

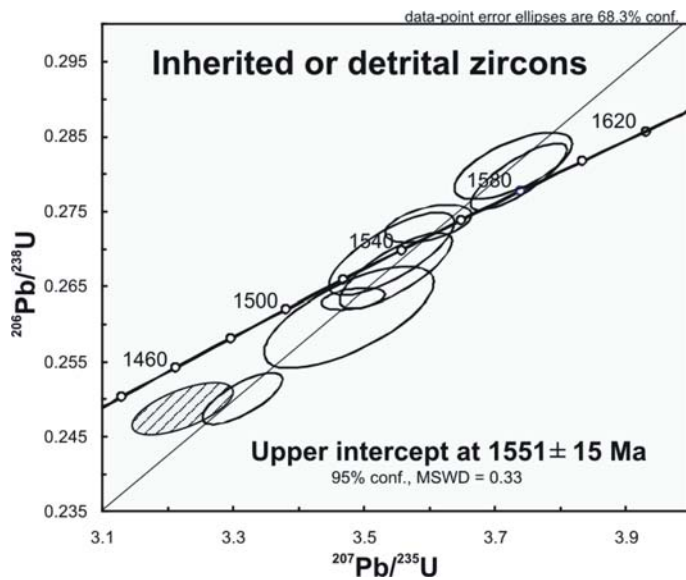


Figure 9

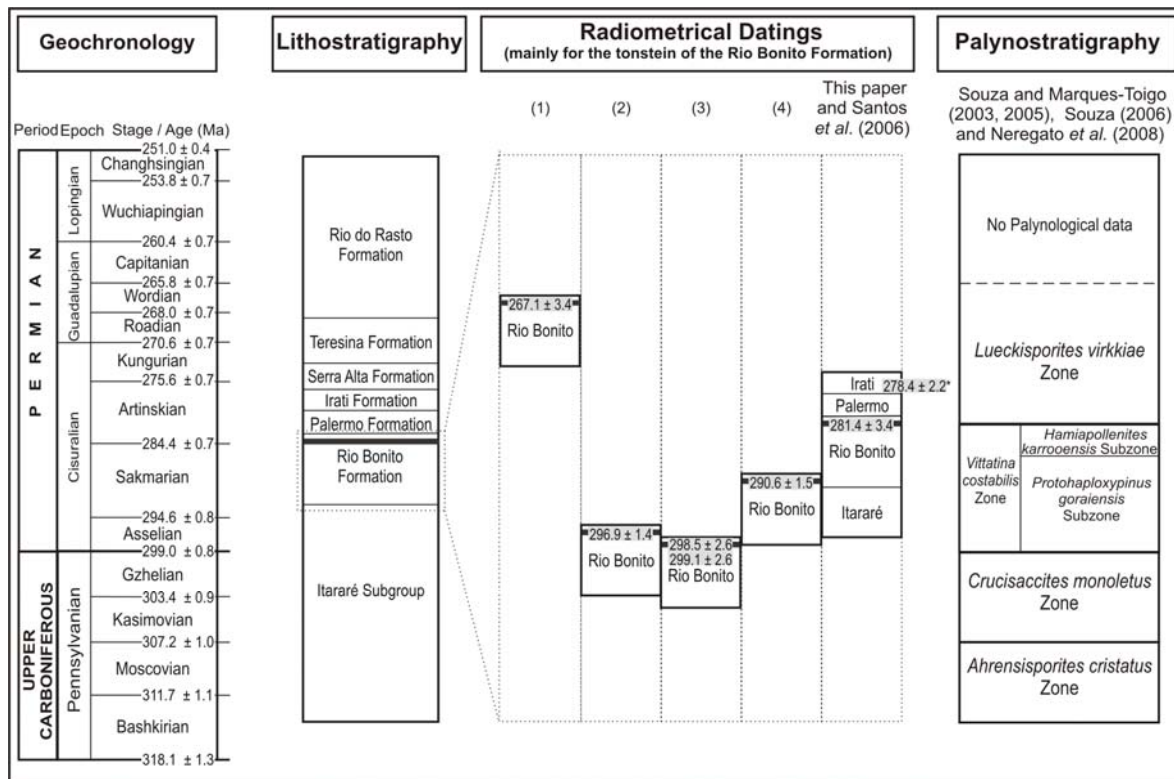


Table 1

Figure	Taxons	Rio Bonito Formation						Palermo Fm.	
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Spores	<i>Punctatisporites gretensis</i>		xxx	x	xxx	x	xx	xxx	xxx
	<i>Leiotriletes virkkii</i>	xx	x		xx	x	x	x	xxx
	<i>Calamospora exigua</i>			xxx					
	<i>Calamospora inderjensis</i>			xxx		xxx			
	<i>Calamospora liquida</i>				x			x	
	<i>Calamospora plicata</i>			x	x	xx		xx	
	<i>Calamospora sinuosa</i>		x				xx		
	<i>Cyclogranisporites gondwanensis</i>	xx	x	xxx	x	xxx	xx		x
	<i>Cyclogranisporites parvigranulosus</i>				x	xxx			
	4.A <i>Granulatisporites austroamericanus</i>		xxx	x	x				xxx
	<i>Converrucosisporites micronodosus</i>		xxx		x				
	4.B <i>Converrucosisporites confluens</i>				x			x	x
	<i>Brevitriletes irregularis</i>				x			x	x
	<i>Brevitriletes cornutus</i>				x				
	<i>Apiculatisporis levis</i>		x		x				
	<i>Lophotriletes pseudoaculeatus</i>	xxx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	x	xxx
	<i>Horriditriletes curvibaculosus</i>			x	x	x	x		x
	<i>Horriditriletes gondwanensis</i>				x		x		
	<i>Horriditriletes pathakheraensis</i>				x		x		
	<i>Horriditriletes ramosus</i>				x		x		x
	<i>Horriditriletes superbus</i>				xx		x		x
	<i>Horriditriletes uuguaiensis</i>		x	x	xx		x		
	<i>Foveosporites sp.</i>				x				
	<i>Diatomonozotriletes subbaculiferus</i>							x	xxx
	<i>Verrucosisporites pseudoreticulatus forma minor</i>		xxx				x		
	<i>Verrucosisporites sp.</i>				x				
	<i>Apiculiretusispora sparsa</i>		x		x				
	<i>Retusotriletes golatensis</i>				xxx				x
	<i>Retusotriletes nigrifellus</i>		x		xx			x	
	<i>Retusotriletes simplex</i>				x			x	
	<i>Reticulatisporites pseudopalliatius</i>				x				
	<i>Murospora bicingulata</i>							x	x
	<i>Convolutispora candiotensis</i>				x			x	x
	<i>Foveolatisporites sp.</i>				x				
<i>Cristatisporites inconstans</i>				x					
<i>Vallatisporites vallatus</i>		x			x		x	x	
<i>Vallatisporites splendens</i>		x					x	x	
<i>Lundbladispota braziliensis</i>		x	x				xxx	xxx	
<i>Lundbladispota riobonitensis</i>			x				xxx	xxx	
<i>Laevigatosporites desmoinensis</i>		x	x	x	x				
<i>Laevigatosporites vulgaris</i>		xx		x		xx	x	xx	
<i>Psomospora sp.</i>				x					
		<i>Vittatina costabilis</i> Zone - <i>P. goraiensis</i> Subzone			<i>Lueckisporites virkkiae</i> Zone				

Table 2

		Rio Bonito Formation						Palermo Fm.	
Figure	Taxons	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Pollen grains	<i>Caheniasaccites elongatus</i>				X				X
	<i>Potonieisporites lelei</i>				X				
	<i>Distriomonosaccites crucistriatus</i>				X		X	X	
	<i>Striomonosaccites ovatus</i>							X	
	<i>Limitisporites rectus</i>				X				
	4.C <i>Illinites unicus</i>				X				
	4.D <i>Protohaploxypinus goraiensis</i>				X				
	4.E <i>Protohaploxypinus limpidus</i>				X				
	<i>Protohaploxypinus perfectus</i>				X				
	<i>Protohaploxypinus samoilovichii</i>				X				
	4.F <i>Striatopodocarpites cancellatus</i>								X
	4.G <i>Striatopodocarpites fusus</i>								X
	4.H <i>Lunatisporites variesectus</i>								X
	4.I <i>Hamiapollenites fusiformis</i>				X				X
	<i>Striatoabieites multistriatus</i>								X
	4.J <i>Lueckisporites virkkiae</i>				X				X
	4.K <i>Vittatina costabilis</i>				X				X
	<i>Vittatina saccata</i>								XXX
	<i>Vittatina subsaccata</i>	X			X				XXX
	<i>Fusacolpites ovatus</i>	X			X				XX
<i>Fusacolpites fusus</i>	X			X				XX	
<i>Marsupipollenites striatus</i>								X	
4.L <i>Weylandites lucifer</i>				X				X	
<i>Cycadopites</i> sp.	X							X	
Algae/Other	<i>Tetraporina punctata</i>		X	XX	XX				
	<i>Quadrisporites lobatus</i>				XX				X
	<i>Quadrisporites horridus</i>	X			XX				
	<i>Leiosphaeridae</i> sp.				X				
	<i>Tasmanites</i> sp.				X				
	<i>Brazilea scisa</i>			X		X			X
	<i>Botryococcus braunii</i>								XX
	<i>Pilasporites calculus</i>		XX		XX				
	<i>Congoites</i> sp.				XX	XX			
	<i>Portalites gondwanensis</i>				XX				XX
		<i>Vittatina costabilis</i> Zone - <i>P. goraiensis</i> Subzone			<i>Lueckisporites virkkiae</i> Zone				

Table 3

Analyses from low Th/U zircons																		
Spot number						Age (Ma)												
	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U error	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U error	Rho	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb error	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb error	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U error	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U error	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb error	²³² Th/ ²³⁸ U	Disc.%	f ₂₀₆							
A-I-01	0,33979	4,94	0,04585	2,27	0,46	21,80819	2,27	0,05374	4,39	289	7	297	15	360	16	0,33	20	0,0016
A-I-10	0,33240	5,90	0,04474	2,83	0,48	22,35086	2,83	0,05388	5,18	282	8	291	17	366	19	0,69	23	0,0000
A-I-12*	0,34307	3,92	0,04792	2,29	0,58	20,86861	2,29	0,05192	3,18	302	7	299	12	282	9	0,35	-7	0,0005
A-I-25	0,32465	7,18	0,04562	2,30	0,32	21,91856	2,30	0,05161	6,80	288	7	285	20	268	18	0,24	-7	0,0022
A-I-29	0,32220	3,31	0,04445	2,32	0,70	22,49490	2,32	0,05257	2,36	280	7	284	9	310	7	0,75	10	0,0041
A-I-35	0,30876	8,61	0,04421	2,69	0,31	22,61847	2,69	0,05065	8,18	279	7	273	24	225	18	0,86	-24	0,0020
C-III-19	0,31551	2,44	0,04432	1,84	0,76	22,56251	1,84	0,05163	1,59	280	5	278	7	269	4	0,79	-4	0,0006
C-III-11	0,31634	2,53	0,04488	1,44	0,57	22,28320	1,44	0,05112	2,08	283	4	279	7	246	5	0,68	-15	0,0006
C-III-12	0,32052	2,43	0,04449	1,41	0,58	22,47871	1,41	0,05226	1,98	281	4	282	7	297	6	0,42	5	0,0006
C-III-16	0,31271	3,51	0,04407	2,30	0,66	22,68917	2,30	0,05146	2,65	278	6	276	10	261	7	0,87	-6	0,0013
C-III-09	0,31261	2,86	0,04365	1,98	0,69	22,90893	1,98	0,05194	2,06	275	5	276	8	283	6	0,92	3	0,0002
Analyses from high Th/U zircons																		
Spot number						Age (Ma)												
	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U error	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U error	Rho	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb error	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb error	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U error	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U error	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb error	²³² Th/ ²³⁸ U	Disc.%	f ₂₀₆							
C-III-17	0,32617	2,87	0,04521	1,53	0,53	22,11801	1,53	0,05232	2,43	285	4	287	8	300	7	4,14	5	0,0013
A-I-18b	0,32078	7,57	0,04530	2,07	0,27	22,07555	2,07	0,05136	7,29	286	6	282	21	257	19	2,15	-11	0,0027
A-I-20	0,32763	7,15	0,04629	2,45	0,34	21,60331	2,45	0,05133	6,72	292	7	288	21	256	17	3,58	-14	0,0017
A-I-06	0,32923	5,49	0,04633	2,49	0,45	21,58291	2,49	0,05154	4,89	292	7	289	16	265	13	4,40	-10	0,0012
A-I-04	0,32940	6,47	0,04600	2,41	0,37	21,73913	2,41	0,05194	6,01	290	7	289	19	283	17	2,88	-3	0,0017
A-I-05*	0,31430	6,01	0,04349	3,24	0,54	22,99251	3,24	0,05241	5,06	274	9	278	17	303	15	3,49	10	0,0106
A-I-11	0,33982	4,65	0,04580	2,58	0,56	21,83285	2,58	0,05381	3,87	289	7	297	14	363	14	4,08	20	0,0129
A-I-32	0,34164	8,25	0,04572	2,03	0,25	21,87149	2,03	0,05419	8,00	288	6	298	25	379	30	3,76	24	0,0104
A-I-13	0,35056	5,02	0,04993	2,28	0,45	20,02765	2,28	0,05092	4,47	314	7	305	15	237	11	3,09	-32	0,0011
A-I-15	0,35084	5,20	0,04861	2,35	0,45	20,57181	2,35	0,05234	4,64	306	7	305	16	301	14	4,74	-2	0,0018
A-I-16	0,35500	3,56	0,04957	2,24	0,63	20,17357	2,24	0,05194	2,77	312	7	308	11	283	8	2,03	-10	0,0007
A-I-23	0,34925	8,67	0,04782	2,13	0,25	20,91163	2,13	0,05297	8,41	301	6	304	26	327	28	2,17	8	0,0050
A-I-27	0,34118	9,00	0,04784	2,82	0,31	20,90124	2,82	0,05172	8,54	301	8	298	27	273	23	4,45	-10	0,0011
Analyses from inherited and/or detrital zircons																		
Spot number						Age (Ma)												
	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U error	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U error	Rho	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb error	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb error	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U error	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U error	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb error	²³² Th/ ²³⁸ U	Disc.%	f ₂₀₆							
C-III-05*	3,22060	1,57	0,24896	0,91	0,58	4,01666	0,91	0,09382	1,28	1433	13	1462	23	1505	19	0,36	5	0,0032
A-I-10	3,72733	1,60	0,28122	1,06	0,66	3,55600	1,06	0,09613	1,20	1597	17	1577	25	1550	19	0,41	-3	0,0011
C-III-08	3,54165	1,78	0,26954	1,35	0,76	3,71005	1,35	0,09530	1,16	1538	21	1537	27	1534	18	0,34	0	0,0006
A-I-04	3,73556	1,31	0,27981	1,05	0,81	3,57387	1,05	0,09683	0,77	1590	17	1579	21	1564	12	0,37	-2	0,0019
A-I-06	3,54834	1,60	0,26724	1,25	0,78	3,74202	1,25	0,09630	1,00	1527	19	1538	25	1554	16	0,48	2	0,0015
A-I-01	3,48277	0,92	0,26350	0,35	0,38	3,79501	0,35	0,09586	0,85	1508	5	1523	14	1545	13	0,29	2	0,0004
A-I-02	3,47594	2,45	0,26109	1,69	0,69	3,83008	1,69	0,09656	1,77	1495	25	1522	37	1559	28	0,50	4	0,0032
C-III-14	3,31287	1,23	0,25018	0,91	0,74	3,99713	0,91	0,09604	0,83	1439	13	1484	18	1549	13	0,47	7	0,0007
C-III-04	3,59787	1,21	0,27350	0,59	0,49	3,65636	0,59	0,09541	1,06	1559	9	1549	19	1536	16	0,43	-1	0,0003
A-I-07	10,49591	2,66	0,43084	0,35	0,13	2,32105	0,35	0,17669	2,64	2310	8	2480	66	2622	69	0,48	12	0,0005
A-I-12	13,16564	0,68	0,51160	0,31	0,45	1,95465	0,31	0,18664	0,61	2663	8	2692	18	2713	17	0,26	2	0,0003

ANEXO G

Apêndice sistemático dos palinomorfos identificados nos poços HN-05-RS e HN-25-RS.

Anteturma PROXIGERMINATES Potonié 1970

Turma TRILETES Reinsch emend. Dettman 1963

Supraturma ACAVATITRILETES Dettman 1963

Subturma AZONOTRILETES Luber emend. Dettman 1963

Infraturma LAEVIGATI Bennie & Kidston emend. Potonié 1970

Gênero Calamospora Schopf, Wilson & Bentall 1944

Espécie- tipo *Calamospora hartungiana* Schopf 1944

Calamospora inderjensis (Malayavkina ex Luber & Valts) Hart 1965 (Anexo G, Estampa 1, fig. 1)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6061 N40-2; MP-P 6063 U36-1.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro equatorial 40- 45 µm.

Distribuição Estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Calamospora liquida Kosanke 1950 1965 (Anexo G, Estampa 1, fig. 2)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6066 R42; MP-P 6086 Q34; MP-P 6085 V46-4, Y56, C57; MP-P 6089 Y62.

Dimensões (6 exemplares): diâmetro equatorial 69 (84,25) 100 µm.

Distribuição Estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Calamospora plicata (Luber & Valts) Hart 1965 (Anexo G, Estampa 1, fig. 3)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6045 H35-2; MP-P 6064 N37-4; MP-P 6072 G49-4; MP-P 6106 L44-3; MP-P 6127 M30.

Dimensões (5 exemplares): diâmetro equatorial 49 (65) 85 µm.

Distribuição Estratigráfica: Formações Rio Bonito, Palermo e Serra Alta.

Calamospora sinuosa Leschik 1955 (Anexo G, Estampa 1, fig. 4)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6094A X38; MP-P 6100 K32; MP-P 6101 R33-4; MP-P 6103 H35; MP-P 6105 C32; MP-P 6106 W36-3; MP-P 6119 K48; MP-P 6122 J29-1; MP-P 6128 P45-3; MP-P 6134 G30, R42; MP-P 6147 T43. **POÇO HN-25-RS**: MP-P 5746 G26-1, O28.

Dimensões (14 exemplares): diâmetro equatorial 38 (48,41) 60 µm.

Distribuição Estratigráfica: Formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta e Rio do Rasto.

Gênero *Leiotriletes* Naumova emend. Potonié & Kremp 1954

Espécie-tipo *Leiotriletes sphaerotriangulus* Loose

emend. Potonié & Kremp 1954

Leiotriletes virkkii Tiwari 1965 (Anexo G, Estampa 1, fig. 5)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6038 X40-3; MP-P 6044 L29-1, L48-1; MP-P 6050 L29-3; MP-P 6054 T29-3, Z31; MP-P 6057 P31-2; MP-P 6059 L48, U50-2, O52-2; MP-P 6061 L72; MP-P 6063 Q31, S39-4, D40-2, E42-2; MP-P 6064 G45-4, Q48-1, K52; MP-P 6065 S47; MP-P 6068 H47-1, V31; MP-P 6071 L46, N48, Q51-1, W53-1, P54-4; MP-P 6072 F28, L28, U28, O29, O33-3, J33, R47-2; MP-P 6073 U45, L50, M52, Q53, K57, T57-3; MP-P 6074 Q29, O34, K38-1, N39-4, H31-2; MP-P 6078A K31, R33; MP-P 6081 Q47, G54; MP-P 6085 U52; MP-P 6086 T35-1; MP-P 6087 M51-2; MP-P 6098 T34-3; MP-P 6101 R38; MP-P 6102 M44-3; MP-P 6103 J41-3; MP-P 6123 T45, R46; MP-P 6124 M38; MP-P 6128 O42, U47-4; MP-P 6131 F26-3; MP-P 6134 K48-4; MP-P 6138 R34-4, S51; MP-P 6144 K47; MP-P 6145 N24-2; MP-P 6146 X37; MP-P 6541 U44-1. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5713 M39-2; MP-P 5722 C29-1; MP-P 5736 J31-2; MP-P 5740 F26-2; MP-P 5745 F32; MP-P 5746 G34-4, G36-4; MP-P 5748 R31; MP-P 5751 P29-2; MP-P 5752 Q37-3; MP-P 5754 V36; MP-P 5755 S27-1; MP-P 5756 J30-3, H33-2, W37-4, P43-3, J47-3, S50-4; MP-P 5760 O49; MP-P 5767 W39; MP-P 5788 K49-3; MP-P 5811 R44-3; MP-P 6549 M48.

Dimensões (92 exemplares): diâmetro equatorial 25mc (42,5) 80 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta e Teresina.

Gênero *Punctatisporites* Ibrahim 1933 emend. Potonié & Kremp 1954

Espécie-tipo *Punctatisporites punctatus* Ibrahim 1933

Punctatisporites gretensis Balme & Hennelly 1956 (Anexo G, Estampa 1, fig. 6)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6039 N34-1; MP-P 6041 U29, F33-1, S35-1, G44-3, M44, J48-2; MP-P 6042 H51-4, P49-1, C46-3, S39-2, S40; MP-P 6043 H30, T29-1, O35-4, G42-2, X41, Q41-4; MP-P 6044 R28-2, J28, J40-2, F40-2; MP-P 6045 P31, J39, O38, J37, G44, H50-3, N50-3; MP-P 6050 O43-2; MP-P 6051 Q35, V37-2, K38-4, S44-2; MP-P 6054 M28, S33, M35-3, W37, L38, K39-2; MP-P 6057 L36-1, H36, P43-2, T44-1, C48-4; MP-P 6059 E31-4, B40-2, T44-4; MP-P 6060 V49-

3; MP-P 6061 E43, M62; MP-P 6065 N59-3, T61-3, L67-4; MP-P 6066 U51-4; MP-P 6068 R32-1; MP-P 6072 P33-1, T42; MP-P 6073 L57, E56, O59-2; MP-P 6074 T34-4, H39-2, H40, L54; MP-P 6075 W30, J37-1, L42-4, R53; MP-P 6076 J43, L47-1; MP-P 6078A L33-2, P35-2, L35, M40; MP-P 6078B L46-4; MP-P 6079 T39, O42-2, P45-4; MP-P 6080 T40, R44, E44-4, M49-3; MP-P 6081 Q47, K49, J53-2; MP-P 6082A L52; MP-P 6085 H40-3, G44-4, U46-2, S48; MP-P 6086 L32-4, W46-4; MP-P 6087 L59-2; MP-P 6088 W38-1; MP-P 6092 Q35; MP-P 6098 R40-2, P43-4, V50, W53-1; MP-P 6099 P35-4, H44; MP-P 6101 R39-4, H31-1; MP-P 6102 U29-2, R34, R36-3; MP-P 6103 O34; MP-P 6105 D37-2; MP-P 6137 W37-3; MP-P 6138 S41-2; MP-P 6542 M43-4; MP-P 6544 O30, R38-4. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5722 S54; MP-P 5723 U42-2, V42-3; MP-P 5732 L42-3; MP-P 5740 F26-2, U35-2, W44-1, V43, K32, S34, R43; MP-P 5745 C26-3, X43, Y43-3, C34; MP-P 5748 H32-4, M32, W54, B37, T41-4, G42, X49, O51; MP-P 5750 K53-1, D52-2, D52, T29-2, L33-2, X43-1, R43-3, O44-1; MP-P 5751 P35; MP-P 5754 D31-2; MP-P 5755 N30, H37-4, D44-4, V45-4; MP-P 5756 E29-2, G39-2, P43, L50-3; MP-P 5760 J30, L42-5; MP-P 5766 H31-1, R36, L48; MP-P 5767 U40-1; MP-P 5772 T50-3; MP-P 5775 S44-1, N45-3; MP-P 5776 S34-1; MP-P 5784 S50; MP-P 5806 S53; MP-P 6549 O38; MP-P 6551 J45; MP-P 6553 P30-2, Q49.

Dimensões (173 exemplares): diâmetro equatorial 27,5 (71,63) 120 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito, Palermo e Teresina.

Infraturma RETUSOTRILETI Streeel 1964

Gênero *Retusotriletes* Naumova 1963 emed. Streeel 1964

Espécie-tipo *Retusotriletes simplex* Naumova 1953

Retusotriletes golatensis Staplin 1960 (Anexo G, Estampa 1, fig. 7)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6075 D55-2; MP-P 6080 N34; MP-P 6085 K39; MP-P 6088 U45. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5717 N48; MP-P 5755 Q26-4, T45.

Dimensões (6 exemplares): diâmetro equatorial 36 (50,5) 70 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito.

Retusotriletes nigrtellus (Luber) Foster 1979 (Anexo G, Estampa 1, fig. 8)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6064 W31-2; MP-P 6075 O55-4; MP-P 6078A L34, R46; MP-P 6083 Q46; MP-P 6084 K47-2; MP-P 6085 S46-1. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5720 L31; MP-P 5744 G29.

Dimensões (9 exemplares): diâmetro equatorial 28 (42) 50 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito.

Retusotriletes simplex Naumova 1953 (Anexo G, Estampa 1, fig. 9)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6075 N48, J53-1; MP-P 6085 W45; MP-P U51-1. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5714 V50-1; MP-P 5721 O47-1; MP-P 5740 J30-2, P40, V40-4, K42-2, F44-2; MP-P 5754 B45, K40, U39; MP-P 5755 J38-2; MP-P 5764 X40-4.

Dimensões (16 exemplares): diâmetro equatorial 22 (40,82) 52,5 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito.

Gênero *Apiculiretusispora* Strel 1964

Espécie-tipo *Apiculiretusispora brandtii* Strel 1964

Apiculiretusispora sparsa Menendez & Azcuy 1979 (Anexo G, Estampa 2, fig. 2)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6071 T41; MP-P 6075 G57, J58-2; MP-P 6076 U38-3, K38-3, J45; MP-P 6085 O53-3. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5715 K36-2; MP-P 5748 S28-4, E30-2, E45; MP-P 5754 P26-3.

Dimensões (11 exemplares): diâmetro equatorial 28 (34,77) 44 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito.

Infraturma APICULATI Bennie & Kidston emend. Potonié 1965

Subinfraturma GRANULATI Dybová & Jachowicz 1957

Gênero *Cyclogranisporites* Potonié & Kremp 1954

Espécie-tipo *Cyclogranisporites leopoldi* Kremp 1952

emend. Potonié & Kremp 1954

Cyclogranisporites gondwanensis Bharadwaj & Salujha 1964 (Anexo G, Estampa 1, fig. 10)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6061 B55-4, M57; MP-P 6063 U37-1; MP-P 6064 O30, L33, K44-4, O48; MP-P 6071 G37-4, D39-2, L46, N46-1, S48; MP-P

6072 Q28, F30, O40-4, Q42-1, R44; MP-P 6075 M37-2; MP-P 6094A T40-3; MP-P 6099 T37-1; MP-P 6543 S32-4. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5722 H27-1, V35-3; MP-P 5723 G28-3, D46; MP-P 5731 F29-1; MP-P 5740 Q34-3, H37-4.

Dimensões (27 exemplares): diâmetro equatorial 30 µm (44,72) 72 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito e Palermo.

Cyclogranisporites parvigranulosus (Leschik) Ybert 1975 (Anexo G, Estampa 1, fig. 11)

Material estudado: POÇO HN-05-RS: MP-P 6038 G41; MP-P 6052 L54; MP-P 6061 U48-2, U48, M57, L59; MP-P 6071 G46, Q58, K44, N55, M55, M55-2; MP-P 6072 E38-1, F28-3, T41; MP-P 6076 T40; MP-P 6113 P38. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5746 L31-2, K49-1.

Dimensões (21 exemplares): diâmetro equatorial máximo: 38 (46,68) 66 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito e Palermo.

Gênero *Granulatisporites* Ibrahim 1933 emend. Potonié & Kremp 1953

Espécie-tipo *Granulatisporites granulatus* Ibrahim 1933

Granulatisporites austroamericanus Archangeslky & Gamero 1979 (Anexo G, Estampa 1, fig. 12)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6043 U44; MP-P 6054 V37, R42-1; MP-P 6057 O41; MP-P 6059 W32-4, M50-4, F53; MP-P 6060 Y29; MP-P 6067 L47; MP-P 6072 R32; MP-P 6073 V34; MP-P 6074 N29, R32-2; MP-P 6075 H34-4; MP-P 6076 H39-1, P46-4; MP-P 6077 Q37-4; MP-P 6078A L37, M41-2; MP-P 6079 V36-3, N36, P38, L43-1; MP-P 6080 P34, R38-4, O43-3, U45-3, P49; MP-P 6081 F50-3, R51-2, C52; MP-P 6082A M32, L46, G37; MP-P 6083 R48-1; MP-P 6085 Y52, J53-4; MP-P 6086 Q30-2, L45-4; MP-P 6087 N48, Z57; MP-P 6088 T38; MP-P 6093 Q48; MP-P 6094A N45-1, H50; MP-P 6095 D37; MP-P 6101 X40-4; MP-P 6103 F38-4; MP-P 6106 F33. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5712 E32; MP-P 5715 Q40; MP-P 5722 W28-3; MP-P 5723 F26-3; MP-P 5727 N42-4; MP-P 5735 J30-2; MP-P 5740 N28, T28-3, F29-2, W35, P39-1; MP-P 5741 J29-4; MP-P 5744 D46; MP-P 5745 E50, K26-2; MP-P 5748 T31; MP-P 5749 N35; MP-P 5750 P27-2; MP-P 5752 C34-3; MP-P 5754 O26-3, N28-4, U28, M30, M38-2, V30; MP-P 5756 K25/1, T25-3, U25, U25-2, J29, N33-4, O44; MP-P 5757 B32-1; MP-P 5757 G32-3, K39-3, N43-3; MP-P 5758 K32-3; MP-P

5760 M30-4, P33-2; MP-P 5761 X30-4, G31-1; MP-P 5763 V53-4; MP-P 5766 R27, E34-1; MP-P 5768 S33-3.

Dimensões (68 exemplares): diâmetro equatorial 28 (40,96) 65 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito e Palermo.

Subinfraturma VERRUCATI Dybová & Jachowicz 1957

Gênero *Converrucosisporites* Potonié & Kremp 1954

Espécie-tipo *Converrucosisporites triquetus* Ibrahim 1933

emend. Potonié & Kremp 1954

Converrucosisporites confluens (Archangelsky & Gamero) Playford & Dino 2002
(Anexo G, Estampa 1, fig. 13)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6042 Q50-4; MP-P 6045 M31-4; MP-P 6075 K47; MP-P 6078A R33; MP-P 6081 Q47; MP-P 6100 P42-3; MP-P 6101 X40-4; MP-P 6103 R31-4. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5717 G41-3; MP-P 5722 K49-2; MP-P 5723 W31, Z49; MP-P 5732 E33-1; MP-P 5734 F24-1, T44-4, Q34; MP-P 5748 Z40-2; MP-P 5749 N35-3; MP-P 5754 W47-1; MP-P 5755 F41-3; MP-P 5756 V47-1.

Dimensões (17 exemplares): diâmetro equatorial 30 (44,2) 70 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito e Palermo.

Converrucosisporites micronodosus (Archangelsky & Gamero) Playford & Dino 2002
(Anexo G, Estampa 1, fig. 14)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6044 E39-2; MP-P 6051 X42-3; MP-P 6057 M43-3; MP-P 6059 D34-2; MP-P 6075 E34-1; MP-P 6081 U37; MP-P 6121 C46-2. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5712 N4-1; MP-P 5717 F52; MP-P 5619 L32-2; MP-P 5722 W53; MP-P 5728 O34-3; MP-P 5729 N41-2; MP-P 5732 S30, J43-4; MP-P 5734 Q34; MP-P 5740 B30-1, R36, X38, P39-4; MP-P 5741 Q28-4, X37, M50-4; MP-P 5744 D46; MP-P 5748 G34-3, N35-3, N37; 5749 J39-4; MP-P 5750 H47-2; MP-P 5754 O26/1, R28-2.

Dimensões (24 exemplares): diâmetro equatorial 32 (44,56) 50 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito, Palermo e Irati.

Gênero *Verrucosisporites* Ibrahim emend. Smith & Butterworth 1964

Espécie-tipo: *Verrucosisporites verrucosus* Ibrahim 1964

Verrucosisporites pseudoreticulatus forma *minor* Ybert 1975 (Anexo G, Estampa 1, fig. 15)

Material estudado: **HN-05-RS:** MP-P 6059 Z49; MP-P 6077 Q37; MP-P6078B J32-4, R34, H39-1, P58-3.

Dimensões (6 exemplares): diâmetro equatorial 32 (37) 42. µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Subinfraturma NODATI Dybová & Jachowicz 1957

Gênero *Anapiculatisporites* Potonié & Kremp 1954

emend. Smith & Butterworth 1967

Espécie-tipo *Anapiculatisporis isselburgensis* Potonié & Kremp 1954

Anapiculatisporites tereteangulatus (Balme & Hennelly) Playford & Dino 2002 (Anexo G, Estampa 2, fig. 3)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6086 S46. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5762 D31-3, T45; MP-P 5766 S51-4; MP-P 5767 L36-2.

Dimensões (5 exemplares): diâmetro equatorial 48 (51,3) 54 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Gênero *Apiculatisporis* Ibrahim 1933 emend. Balme & Hennelly 1956

Espécie-tipo *Apiculatisporis aculeatus* Ibrahim 1933

emend. Potonié 1956.

Apiculatisporis levis Balme & Hennelly 1956 (Anexo G, Estampa 2, fig. 1)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6059 H52; MP-P 6064 H45; MP-P 6075 L45, B46; MP-P 6105 N36-3. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5734 N34-4; MP-P 5744 J31; MP-P 5748 E45, R44-2; MP-P 5750 Z42-1.

Dimensões (10 exemplares): diâmetro equatorial 23 (28) 40 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito e Palermo.

Gênero *Brevitriletes* Bharadwaj & Srivastava 1969

Espécie-tipo *Brevitriletes communis* Bharadwaj & Srivastava 1969

Brevitriletes cornutus (Balme & Hennelly) Backhouse 1991 (Anexo G, Estampa 2, fig. 4)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6054 Z35; MP-P 6066 N40-4; MP-P 6073 V44; MP-P 6075 G57; MP-P 6076 J46; MP-P 6084 U41; MP-P 6085 K43-1, M55, X58-3; MP-P 6086 T43-2, O33, O52-3. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5747 N37, MP-P 5748 U34, D37.

Dimensões (16 exemplares): diâmetro equatorial 25 (35,14) 46 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Brevitriletes irregularis (Nahuys, Alpern & Ybert) Césari, Archangeslky & Seoane 1995 (Anexo G, Estampa 2, fig. 5)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6086 T49-3; MP-P 6093 N52-2. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5748 R44-2; MP-P 5750 F45, O50-2, S30-2; MP-P 5751 J43.

Dimensões (7 exemplares): diâmetro equatorial 26 (43,4) 55 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Gênero *Lophotriletes* Naoumova 1957 emend. Potonié & Kremp 1956

Espécie-tipo *Lophotriletes gibbosus* Ibrahim 1933 emend. Potonié & Kremp 1956

Lophotriletes rectus Bharadwaj & Salujha 1964 (Anexo G, Estampa 2, fig. 13)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** 6097 O25; MP-P 6105 B31-4, Q45. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5712 T36-4.

Dimensões (4 exemplares): diâmetro equatorial 29 (37,5) 42 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito e Palermo.

Lophotriletes pseudoaculeatus Potonié & Kremp 1955 (Anexo G, Estampa 2, fig. 14)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6073 H58, MP-P 6097 Q45.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro equatorial máximo 40 – 47 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Gênero *Foveolatisporites* Bharadwaj 1955

Espécie-tipo *Foveolatisporites fenestratus* Kosanke & Brokan 1950
emend. Bharadwaj 1955.

***Foveolatisporites* sp.** (Anexo G, Estampa 2, fig. 15)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6085 T44, Y56, 57-4, Z58, E58, D56-4; MP-P 6086 R33-1, T46, W49-2. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5730 L49-4.

Dimensões (10 exemplares): diâmetro equatorial 35 (67,12) 103 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Subinfraturma BACULATI Dybová & Jachowicz 1957

Gênero *Horriditriletes* Bharadwaj & Salujha 1964

Espécie-tipo *Horriditriletes curvibaculosus* Bharadwaj & Salujha 1964

Horriditriletes curvibaculosus Bharadwaj & Salujha 1964 (Anexo G, Estampa 2, fig. 6)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6062 O45-4; MP-P 6064 K42-1, R46-3; MP-P 6072 N26-3. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5748 V53-4; MP-P 5766 R26-2; MP-P 5770 M31-1.

Dimensões (7 exemplares): diâmetro equatorial 36 (44) 50 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito e Palermo.

Horriditriletes gondwanensis (Tiwari & Moiz) Foster 1975 (Anexo G, Estampa 2, fig. 7)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6059 J56-2; MP-P 6085 L56, O60.

Dimensões (3 exemplares): diâmetro equatorial 32 (35) 46 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Horriditriletes pathakeraensis Anand-Prakash 1970 (Anexo G, Estampa 2, fig. 8)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6086 L39, H49-2.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro equatorial 45 – 60 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Horriditriletes rampurensis Tiwari 1968 (Anexo G, Estampa 2, fig. 10)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6098 P47-3.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro equatorial 28µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito

Horriditriletes ramosus (Balme & Hennelly) Bharadwaj & Salujha 1964 (Anexo G, Estampa 2, fig. 9)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6054 Q37; MP-P 6063 T44; MP-P 6072 U41, U49-2; MP-P 6105 M36-3. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 6549 T39-1, O47-1.

Dimensões (5 exemplares): diâmetro equatorial máximo 37 (41) 48 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito e Palermo.

Horriditriletes superbus (Foster) Césari, Archangelsky & Seoane 1995 (Anexo G, Estampa 2, fig. 11)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6059 U30-4, S58; MP-P 6099 M37-1.

Dimensões (3 exemplares): diâmetro equatorial máximo 37 (50) 55 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito e Palermo.

Horriditriletes uruguayensis (Marques-Toigo) Archangelsky & Gamero 1979 (Anexo G, Estampa 2, fig. 12)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6046 M44-1; MP-P 6059 M33, L36-4; MP-P 6071 L46. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5712 T36-4; MP 5750 J55; MP-P 5762 R37-2; MP-P 5763 L29-4; MP-P 5765 P30; MP-P 5767 R47.

Dimensões (9 exemplares): diâmetro equatorial 34 (47,42) 70 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito.

Infraturma MURORNATI Naumova 1937 emend. Potonié & Kremp 1954

Gênero *Convolutispora* Hoffmeister, Staplin & Malloy 1955

Espécie-tipo *Convolutispora florida* Hoffmeister, Staplin & Malloy 1955

Convolutispora candiotensis Ybert 1975 (Anexo G, Estampa 3, fig. 1)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6066 L53-1; MP-P 6097 R36-2; MP-P 6103 O35-1. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5743 K41; MP-P 5750 P51-3; MP-P 5751 P35.

Dimensões (6 exemplares): diâmetro equatorial 38 (52) 62µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito e Palermo.

Convolutispora ordonezi Archangeslky & Gamberro 1979 (Anexo G, Estampa 3, fig. 2)

Material estudado: **HN-05-RS:** MP-P 6069 R48; MP-P 6104 S37-4.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro equatorial 52 – 60µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito e Palermo.

Convolutispora pintoi Dellazana 1976 (Anexo G, Estampa 3, fig. 3)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6104 S37-4; MP-P 6114 F37; MP-P 6123 U46-4.

Dimensões (3 exemplares): diâmetro equatorial máximo: 30 (35) 58µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo e Irati.

Subturma ZONOTRILETES Waltz 1935

Infraturma TRICRASSATI Dettman 1963

Gênero *Diatomonozotriletes* Naumova ex Playford 1963

Espécie-tipo *Diatomonozotriletes saetosus* Hacquebard & Barss emend.

Hughes & Playford 1961.

Diatomonozotriletes subbaculiferus (Nahuys, Alpern & Ybert) Césari, Archangeslky & Gamberro 1995 (Anexo G, Estampa 3, fig. 4)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6102 M33-3; MP-P 6104 M37-3, P44-4, D47; MP-P 6105 V41. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5768 R40-3; MP-P 5770 S37-4; MP-P 5774 H40-2; MP-P 5775 D40-3.

Dimensões (7 exemplares): diâmetro equatorial 42,5(44,6) 50 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Palermo.

Infraturma CINGULATI Dettman 1963

Gênero *Reticulatisporites* Ibrahim 1933 emend. Potonié & Kremp 1954

Espécie-tipo *Reticulatisporites reticulatus* Ibrahim 1933

Reticulatisporites pseudopalliatus Staplin 1960 (Anexo G, Estampa 3, fig.5)

Material estudado: **POÇO HN-25RS:** MP-P 5751 P35.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro equatorial 78 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Gênero *Vallatisporites* Hacquerbard 1957

Espécie-tipo *Vallatisporites vallatus* Hacquerbard 1957

Vallatisporites arcuatus (Marques-Toigo) Archangelsky & Gamero 1979 (Anexo G, Estampa 4, fig. 1)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6045 Q31, Q55; MP-P 6046 P27-2; MP-P 6052 O34, F34, D43; MP-P 6105 P33-2, E39; MP-P 6106 J34-4. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5712 G24; MP-P 5722 B40, G36-1.

Dimensões (12 exemplares): diâmetro equatorial 39 (59,7) 80 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito e Palermo.

Vallatisporites russoi Archangelsky & Gamero 1979 (Anexo G, Estampa 4, fig. 2)

Material estudado: **POÇO HN-25RS:** MP-P 5715 K49-4; MP-P 5717 P46, T36-2; MP-P 5722 B30, G36; MP-P 5723 E41.

Dimensões (6 exemplares): diâmetro equatorial 55 (62,5) 85µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé.

Vallatisporites splendens Staplin & Jansonius 1962 (Anexo G, Estampa 4, fig. 3)

Material estudado: **POÇO HN-25RS:** MP-P 5722 D41 48mc, S45-4.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro equatorial 48 – 62 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé.

Subturma ZONOLAMINATITRILETES Smith & Butterworth 1967

Infraturma CINGULICAVATI Smith & Butterworth 1967

Gênero *Cristatisporites* Potonié & Kremp 1954

Espécie-tipo *Cristatisporites indignabundus* Loose emend. Potonié & Kremp 1954

Cristatisporites crassilabratus Archangelsky & Gamero 1979 (Anexo G, Estampa 3, fig. 6)

Material estudado: **POÇO HN-25RS:** MP-P 5723 X49-2.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro equatorial 63 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé.

Cristatisporites inconstans Archangelsky & Gamero 1979 (Anexo G, Estampa 3, fig. 7)

Material estudado: **POÇO HN-25RS**: MP-P 5715 U56-1; MP-P 5719 S43-1.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro equatorial 50– 60 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé.

Cristatisporites lestai Archangelsky & Gamero 1979 (Anexo G, Estampa 3, fig. 8)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6043 Y33. **POÇO HN-25RS**: MP-P 5712 G44, B29-3; MP-P 5716 H33; MP-P 5722 E36-3, G27; MP-P 5754 O39-4; MP-P 5769 K54-2; MP-P 5770 O48-1.

Dimensões (9 exemplares): diâmetro equatorial 40 (52,85) 68 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito e Palermo.

Cristatisporites sp. B Archangelsky & Gamero, 1979 (Anexo G, Estampa 3, fig. 9)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6073 H53-4; MP-P6099 K37-3.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro equatorial máximo 35-42 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito e Palermo.

Gênero *Murospora* Somers 1952

Espécie-tipo *Murospora kosankei* Sommer 1952

Murospora bicingulata Ybert 1975 (Anexo G, Estampa 3, fig. 15)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6046 T29-1, Q35, S48, H52, P53; MP-P 6067 R53-4; MP-P 6071 T46-3; MP-P 6085 G47, W47-2, V49, W49, M53-3, L58-4, P59-2; MP-P 6102 R32-4. **POÇO HN-25RS**: MP-P 5740 T45, R50-2; MP-P 5748 K40; MP-P 5754 L30-4.

Dimensões (18 exemplares): diâmetro equatorial 27,5 (42,03) 67,5 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito e Palermo.

Gênero *Krauselisporites* Leschik 1955 emend. Jansonius 1962

Espécie-tipo *Krauselisporites dentatus* Leschik 1955

Krauselisporites punctatus Jansonius 1962 (Anexo G, Estampa 3, fig. 10)

Material estudado: **POÇO HN-25RS**: MP-P 5712 L33-3.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro equatorial 70 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé.

Krauselisporites spinosus Jansonius 1962 (Anexo G, Estampa 3, fig. 11)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6075 K35-4. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5717 U41.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro equatorial máximo 54 – 65 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito.

Gênero *Lundbladispora* Balme 1963 emend. Playford 1965

Espécie-tipo *Lundbladispora wilmotti* Balme 1963

Lundbladispora areolata Césari, Archangelys & Seoane 1995 (Anexo G, Estampa 3, fig. 12)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6075 L45-2; MP-P 6085 J59. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5748 F49-4, Q42; MP-P 5753 X51-2, MP-P 5756 O35-4; MP-P 5760 G27-1, H35-4, E57-2.

Dimensões (8 exemplares): diâmetro equatorial 28 (34,5) 50 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Lundbladispora braziliensis (Marques-Toigo & Pons) Marques-Toigo & Picarelli 1984 (Anexo G, Estampa 3, fig. 13)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6077 Q36-4; MP-P 6078A J46; MP-P 6097 N29-1; MP-P 6098 T36, T40, Q41; MP-P 6099 R31, L33-4, G35; MP-P 6101 W34-2, P39, R41-3, P43-1, Q43, X44, O46; MP-P 6102 U33-2, R37, J42-3, V42, W42-4, X42-2, Y45-2, J49-3; MP-P 6103M36-1, N39-1, F45-3, N43-3, P46-1, S37-1; MP-P 6104 H48; MP-P 6105 K32-4, M33, N37-4, P38-3, V47-1; MP-P 6142 D38; MP-P 6140 R35; MP-P 6143 M50; MP-P 6146 U48; MP-P 6541 R37, U39; MP-P 6542 K33; MP-P 6543 T41-2; MP-P 6544 R28, M30. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5717 W44-3; MP-P 5722 X40; MP-P 5723 T39-2; MP-P 5749 P48; MP-P 5754 J30-3; MP-P 5756 O35-4, H35-4, E37-2; MP-P 5771 L34-2, E35-3; MP-P 5772 X45-2, U50-3, H50; MP-P 5752 J30-3; MP-P 5775 M44, U44; MP-P 5777 K46-1; MP-P 6548 S33; MP-P 6549 S35-2, V42-1, R51-2; MP-P 6550 J32-3, O36-2, L37-4, T48-3; MP-P 6551 H33-1, O37-2; MP-P 6552 M44-3.

Dimensões (61 exemplares): diâmetro equatorial 25 (56,9) 80µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito, Palermo, Irati e Teresina.

Lundbladispora riobonitensis Marques-Toigo & Picarelli 1984 (Anexo G, Estampa 3, fig. 14)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6097 N50-2; MP-P 6099 H42-2; MP-P 6101 H30; MP-P 6103 M36-1; MP-P 6105 K31-3, Q32-2, R32-4, D34-1; MP-P 6541 H43; MP-P 6542 F45-4; MP-P 6543 R32, Q32, J34. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5719 V46-4; MP-P 5722 C33-4, H54-1, F37-4, F39; MP-P 5723 C33, P39-4, T39-2; MP-P 5727 E47; MP-P 5732 S39-4, F48-1, O48-1; MP-P 5733 L50-1; MP-P 5734 Y33-3, F33-4, G35-3; MP-P 5736 Y47-2; MP-P 5748 L36-4, F45-3; MP-P 5750 C28-4; MP-P 5768 G39; MP-P 5771 N35, J35-1; MP-P 6549 Q58-4; MP-P 6550 T53.

Dimensões (31 exemplares): diâmetro equatorial 45 (59,48) 80 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito e Palermo.

Turma MONOLETES Ibrahim 1933

Subturma AZONOMONOLETES Luber 1935

Infraturma LAEVIGATOMONOLETI Dybová & Jachowicz 1957

Gênero *Laevigatosporites* Ibrahim 1953

Espécie-tipo *Laevigatosporites vulgaris* Ibrahim 1933

Laevigatosporites vulgaris Ibrahim 1933 (Anexo G, Estampa 4, fig. 4)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6105 R31-3; MP-P 6146 E39. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5712 K30-1, G46-1, H45; MP-P 5728 V38-1; MP-P 5733 S55-4; MP-P 5734 U39-3; MP-P 5735 O45-3; MP-P 5740 V28, S36-3; MP-P 5746 O31; MP-P 5747 G29; MP-P 5751 M41-2; MP-P 5769 X29-4; MP-P 5780 Q39-4; MP-P 5795 P33-2; MP-P 5796 G37, N44-1, N45-1, Q51-3, R53-3; MP-P 5803 Q41-4, Q45-4, Q55-4; MP-P 5811 S35-1; MP-P 6553 G41.

Dimensões (22 exemplares): diâmetro equatorial 27,5 (50,57) 80 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta e Teresina.

Infraturma SCULPTATOMONOLETI Dybová & Jachowitz 1957

Gênero *Leschikisporis* Potonié 1958

Espécie-tipo *Lechikispories aduncus* (Lechsich) Potonié 1958

Leschikisporis chacoparanaensis Vergel 1990 (Anexo G, Estampa 4, fig. 6)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6143 M41-2.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro equatorial 26 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Teresina.

Gênero *Thymospora* Wilson & Venkatachala 1963

emend. Alpern & Doubinger 1973

Espécie-tipo *Thymospora thiesseni* Kosanke emend. Wilson & Venkatachala 1963

Thymospora cricumensis Quadros, Marques-Toigo & Cazzulo-Klepzig 1995 (Anexo G, Estampa 4, fig. 7)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6105 M28-3, N28, D30, N31-3, R31-3, P33-4, N36-3, M39-3, F42-4; MP-P 6106 S30, P33-2; MP-P 6118 H40-2; MP-P 6120 N40-2; MP-P 6121 M31; MP-P 6123 J40-2; MP-P 6124 L44-2; MP-P 6125 S38; MP-P 6127 N45-1; MP-P 6132 D48-4; MP-P 6133 T37-4; MP-P 6139 K43-3, S49; MP-P 6544 O30-2; MP-P 6547 F39.

Dimensões (22 exemplares): diâmetro equatorial 27(32) 40 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo, Irati, Serra Alta e Teresina.

Thymospora obscura Kosanke 1950 emend. Wilson & Venkatachala 1963 (Anexo G, Estampa 4, fig. 8)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6112 H39-3, P41-1; MP-P 6118 L43-2; MP-P 6142 V26-2; MP-P 6120 K35; MP-P 6124 P41-2, Q42-4; MP-P 6134 D38-4; MP-P 6137 K34-2; MP-P 6139 J48-4; MP-P 6140 F34-3; MP-P 6145 K35; **POÇO HN-25RS**: MP-P 5802 L44-4.

Dimensões (13 exemplares): diâmetro equatorial 27 (33,27) 42 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo, Irati, Serra Alta e Teresina.

Thymospora pseudothiesseni Kosanke 1950 emend. Wilson & Venkatachala 1963 (Anexo G, Estampa 4, fig. 10)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6105 O37-3, J43; MP-P 6106 X29-4, K29-2, G31-1, J32-3, H40-1, L40-2, S42; MP-P 6112 V30-3, N35; MP-P 6113 S42-1; MP-P 6114 T31-4, J44-1; MP-P 6117 X33, J35-2; MP-P 6118 Q31-4; MP-P 6141 O45-4; MP-P 6120 K39-2, M40, V46-2; MP-P 6121 V32-1; MP-P 6122 M34; MP-P 6123 R41, R44-4; MP-P 6127 P33-1; MP-P 6129 H36-4; MP-P 6130 N44-3; MP-P 6131 J27-2, J30-4; MP-P 6132 L39-1; MP-P 6133 L36-2; MP-P 6137 W30-4, U34-4; MP-P 6138 K26, L34-1, W37-3, K48; MP-P 6139 H38-3; MP-P 6140 F30-2, B35-3, P46, F48; MP-P 6144 U47-2; MP-P 6145 F24-3, L38, L46-1; MP-P 6146 D37-4, S46, K55-4; MP-P 6543 M37-3, O41-2, N44-3; MP-P 6544 O25, M27, S29-1, O20-1, L30, T35-2, S35-2, M33, S33; MP-P 6547 M46-3. **POÇO HN-25RS**: MP-P 5776 N41; MP-P 5782 L44-3; MP-P 5802 F61, M30-2; MP-P 6552 N33-2, Q37-1, O40, R35-1, T47-2.

Dimensões (54 exemplares): diâmetro equatorial 25 (33,88) 52 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo, Irati, Serra Alta e Teresina.

Thymospora thiesseni Kosanke 1950 emend. Wilson & Venkatachala 1963 (Anexo G, Estampa 4, fig. 12)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6105 J29-4, J34-3, H42; MP-P 6106 V31-1, P40-4, M44-3; MP-P 6112 G39-2, K33-1; MP-P 6115 Q40; MP-P 6116 U49-1; MP-P 6117 L32-2; MP-P 6122 Y39-4; MP-P 6126 J34; MP-P 6129 K39; MP-P 6131 J44-4; MP-P 6132 W39; MP-P 6137 L29-3, P41-4; MP-P 6139 H49; MP-P 6140 K40-4; MP-P 6143 R30-2, Q42-1; MP-P 6146 E39-3, G41-4; **POÇO HN-25RS**: MP-P 5802 L44-4, M40-2; MP-P 5803 H34, V43-1; MP-P 5809 E34; MP-P 6548 G38-3, M43-2.

Dimensões (28 exemplares): diâmetro equatorial 26 (36,84) 48 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo, Irati, Serra Alta e Teresina.

Thymospora rugulosa (Anexo G, Estampa 4, fig. 11)

Material estudado: **HN-05-RS**: MP-P 6127 T46-2; MP-P 6544 M26-1; J33.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro equatorial 28 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Serra Alta.

Thymospora cf. pseudogranulata Bharadwaj 1957 emend. Wilson & Venkatachala 1963 (Anexo G, Estampa 4, fig. 9)

Material estudado: **POÇO HN-25RS**: MP-P 5802 J43.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro equatorial 35 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Serra Alta.

Gênero *Kendosporites* Surange & Chandra 1974

Espécie-tipo *Kendosporites striatus* Salujha emend. Surange & Chandra 1974

Kendosporites striatus (Salujha) Surange & Chandra 1974 (Anexo G, Estampa 4, fig. 5)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6106 K43; MP-P- 6121 R36-3; MP-P 6127 M29; MP-P 6130 N39-2; MP-P 6146 E39; MP-P 6544 T30, Q30. **POÇO HN-25RS**: MP-P 5795 O46; MP-P 5806 N42.

Dimensões (8 exemplares): diâmetro equatorial 50 (69,95) 73 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo, Irati, Serra Alta e Teresina.

Anteturma VARIEGERMINANTES Potonié & Kremp 1970

Turma SACCITES Erdtman 1947

Subturma MONOSACCITES Chitaley emend. Potonié & Kremp 1954

Infraturma TRILETESACCITI Lechik 1955

Gênero *Cannanoropollis* Potonié & Sah 1960

Espécie-tipo *Cannanoropollis janaki* Potonié & SAh 1960

Cannanoropollis densus (Lele) Bose & Maheshwari 1968 (Anexo G, Estampa 5, fig. 1)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6038 P51. **POÇO HN-25RS**: MP-P 5728 V40-3.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro total 70-76 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Cannanoropollis janaki Potonié & Sah 1960 (Anexo G, Estampa 5, fig. 2)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6142 G48.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro total 100 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Palermo.

Cannanoropollis mehtae (Lele) Bose & Maheshwari 1968 (Anexo G, Estampa 5, fig. 3)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6044 K36.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro total 125 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Cannanoropollis cf. *triangularis* (Mehta) Bose & Maheshwari 1968 (Anexo G, Estampa 5, fig. 4)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6043 X38.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro total 66 mc.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Gênero *Plicatipollenites* Lele 1964

Espécie-tipo *Plicatipollenites malabarensis* Potonié & Sah emend. Foster 1975

Plicatipollenites gondwanensis (Balme & Hennelly) Lele 1964 (Anexo G, Estampa 5, fig. 6)

Material estudado: **POÇO HN-25RS**: MP-P 5722 G38-4; MP-P 5748 X51.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro total 100 - 132,5 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito.

Plicatipollenites malabarensis (Potonié & Sah) Foster 1975 (Anexo G, Estampa 5, fig. 7)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6038 N45-3; MP-P 6060 J49-3; **POÇO HN-25RS**: MP-P 5748 R27-4, F43; MP-P 5749 O30-3.

Dimensões (4 exemplares): diâmetro total: 60 (107,5) 135 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Plicatipollenites trigonalis Lele 1964 (Anexo G, Estampa 5, fig. 8)

Material estudado: **POÇO HN-25RS**: MP-P 5748 B39.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro total 120 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Infraturma VESICULOMONORADITI Pant 1954

Gênero *Caheniasaccites* Bose & Kar 1966 emend. Azcuy & Di Pasquo 2000

Espécie-tipo *Caheniasaccites flavatus* Bose & Kar emend. Azcuy & Di Pasquo 2000

Caheniasaccites flavatus (Bose & Kar) Azcuy & Di Pasquo 2000 (Anexo G, Estampa 5, fig. 5)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6037 O41; MP-P 6043 R37; MP-P 6066 M54-4 ; MP-P 6075 Q29; MP-P 6101 S41-3; MP-P 6105 M47-1; MP-P 6120 M36; MP-P 6122 P33-3. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5720 F49-2; MP-P 5723 K24-3, R38; MP-P 5750 L54-1.

Dimensões (11 exemplares): diâmetro total 50 (106,8) 180 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito, Palermo e Irati.

Gênero *Divarisaccus* Venkatachala & Kar 1966

Espécie-tipo *Divarisaccus lelei* Venkatachala & Kar 1966

Divarisaccus stringoplicatus Ottone 1991 (Anexo G, Estampa 6, fig. 1) (Anexo G, Estampa 6, fig. 4)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6043 P33, T36. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5722 W28.

Dimensões (3 exemplares): diâmetro total 130 (147) 157,5 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito.

Gênero *Potonieisporites* Bharadawaj 1954 emend. Bhradawaj 1964

Espécie-tipo *Potonieisporites novicus* Bhradawaj 1954

Potonieisporites lelei Maheshwari 1964 (Anexo G, Estampa 5, fig. 10)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6129 M44. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5717 T36-1; MP-P 5722 W48; MP-P 5752 C50-4; MP-P 5779 S35-4.

Dimensões (4 exemplares): diâmetro total 100 (135) 200 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito, Palermo e Serra Alta.

Potonieisporites magnus Lele & Karim 1971 (Anexo G, Estampa 5, fig. 11)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6046 G42-3; MP-P 6075 Q57; MP-P 6117 L38 . **POÇO HN-25RS:** MP-P 5717 T36-1; MP-P 5777 N38.

Dimensões (4 exemplares): diâmetro total 100 (125,83) 165 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito e Palermo.

Potonieisporites marleniae Playford & Dino 2000 (Anexo G, Estampa 5, fig. 12)

Material estudado: **POÇO HN-25RS**: MP-P 5714 C48; MP-P 5716 039 150mc, MP-P 5723 U27 130mc.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro total 130 – 150 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé.

Potonieisporites neglectus Potonié & Lele 1961 (Anexo G, Estampa 6, fig. 1)

Material estudado: **POÇO HN-25RS**: MP-P 5773 S37.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro total 85 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Palermo.

Potonieisporites novicus (Bharadwaj) Poort & Veld 1997 (Anexo G, Estampa 6, fig. 2)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6075.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro total 145 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Potonieisporites cf. barrelis Tiwari 1965 (Anexo G, Estampa 5, fig. 9)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6137 D48.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro total 90 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Teresina.

Potonieisporites cf. triangulatus Tiwari 1965 (Anexo G, Estampa 6, fig. 3)

Material estudado: **POÇO HN-25-RS**: MP-P 5773 G34-3.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro total 175 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Palermo.

Infraturma STRIASACCITI Bharadwaj 1962

Gênero *Meristocarpus* Playford & Dino 2000

Espécie-tipo *Meristocarpus explicatus* Playford & Dino 2000

Meristocarpus explicatus Playford & Dino 2000 (Anexo G, Estampa 6, fig. 6)

Material estudado: **POÇO HN-25RS**: MP-P 5721 W53; MP-P 5722 C40-2.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro total 60– 84 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé.

Gênero *Striomonosaccites* Bharadwaj emend. Hart 1965

Espécie-tipo *Striomonosaccites ovatus* Bharadwaj 1962

Striomonosaccites ovatus Bharadwaj 1962 (Anexo G, Estampa 6, fig. 5)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6104 L50-1. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5717 S43-1; MP-P 5759 U42; 124(1) MP-P 5798 F41-4.

Dimensões (4 exemplares): diâmetro total 65 (69) 90 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito, Palermo e Serra Alta.

Subturma DISACCITES Cockson 1947

Infraturma DISSACIATRILETI Leschick emend. Potonié 1958

Gênero *Alisporites* Daugherly emend. Jansonius 1971

Espécie-tipo *Alisporites opii* Daugherly 1941

Alisporites plicatus Jizba 1972 (Anexo G, Estampa 6, fig. 7)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6046 U44-2; MP-P 6129 O34-3; MP-P 6142 K37-2. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5781 S34.

Dimensões (5 exemplares): diâmetro total 38 (57,3) 106,2 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito, Palermo e Serra Alta.

Alisporites splendens (Leschick) Foster 1979 (Anexo G, Estampa 6, fig. 8)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6128 H38. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5792 L38-1.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro total 59 – 60 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Irati e Serra Alta. .

Infraturma DISACCITRILETES Leschick 1956

Gênero *Colpisaccites* Archangeslky & Gamero 1979

Espécie-tipo *Colpisaccites granulatus* Archangeslky & Gamero 1979

Colpisaccites granulatus Archangeslky & Gamero 1979 (Anexo G, Estampa 6, fig. 9)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6075 G59-4; MP-P 6078B L43; MP-P 6113 S36-1; MP-P 6114 S41; MP-P 6130 H37-2; MP-P 6139 U33; MP-P 6146 D40-2.

Dimensões (7 exemplares): diâmetro total 35 (46,2)71 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito, Palermo, Serra Alta e Teresina.

Gênero *Limitisporites* Lesckik emend. 1956 Klaus 1963

Espécie-tipo *Limitisporites rectus* Leschik 1956

Limitisporites congoensis Bose & Maheshwari 1968 (Anexo G, Estampa 6, fig. 10)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6069 O60-3.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro total 90 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Limitisporites hexagonalis Bose & Maheshwari 1968 (Anexo G, Estampa 7, fig. 1)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6121 K35/2; MP-P 6145 R35. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5781 J38, P31-4; MP-P 5797 G28; MP-P 5802 M44.

Dimensões (6 exemplares): diâmetro total 60 (73,25) 85 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo, Irati, Serra Alta e Teresina.

Limitisporites cf. luandensis Bose & Maheshwari 1968 (Anexo G, Estampa 7, fig. 2)

Material estudado: **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5776 M41.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro total 92µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Palermo.

Limitisporites rectus Leschik 1956 (Anexo G, Estampa 7, fig. 3)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6076 F39-2; MP-P 6102 F48-3; MP-P 6104 P46-4; MP-P 6105 K32; MP-P 6107 Q35-4; MP-P 6108 H34-3, T43-4; MP-P 6111 L33-2, P33-2; MP-P 6112 M40-4; MPP 6113 X38-3; MP-P 6118 S32-2; MP-P 6119 M48-1; MP-P 6121 O41-4; MP-P 6124 E31, Q40-1; MP-P 6125 N44; MP-P 6126 R31, N51-4; MP-P 6130 Q41-4; MP-P 6137 S39-3; MP-P 6138 L29; MP-P 6145 P49-2; MP-P 6145 W46-4; MP-P 6146 K30-1; MP-P 6150 F30-2. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5716 R27; MP-P 5718 S31-1; MP-P 5720 Y25; MP-P 5723 R36; MP-P 5767 H39-4; MP-P 5769 E33-4; MP-P 5776 N34-3; MP-P 5795 V34-3; MP-P 5804 N38-3; MP-P 5805 T43; MP-P 5808 Z30-4.

Dimensões (38 exemplares): diâmetro total 38 (66,80) 135 μc .

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta e Teresina.

Limitisporites vesiculosus Schaarschmidt 1963 (Anexo G, Estampa 7, fig. 4)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6147 K40-4. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5713 L42; MP-P 5728 K38.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro equatorial 66 (80) 81 μm .

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito e Rio do Rasto.

Subturma STRIATITI Pant 1954

Infraturma CIRCUMSTRIATITI Lele & Makada 1972

Genus *Illinites* Konsanke 1950 emend. Jansonius & Hills 1976

Espécie-tipo *Illinites unicus* Konsanke 1950 emend. Jansonius & Hills 1976

Illinites unicus Konsanke 1950 emend. Jansonius & Hills 1976 (Anexo G, Estampa 7, fig. 5)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6043 K43-2; MP-P 6045 M31-3; MP-P 6046 N46. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5715 R40-2.

Dimensões (1 espécime): diâmetro total 60 – 92 μm .

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito.

Infraturma STRIATITI Pant 1954

Gênero *Corisaccites* Venkatchla & Kar 1966

Espécie-tipo *Corisaccites alutas* Venkatachala & Kar 1966

Corisaccites alutas Venkatachala & Kar 1966 (Anexo G, Estampa 9, fig. 6)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6149 W29-4.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro total 90 μm .

Distribuição estratigráfica: Formação Rio do Rasto.

Corisaccites vanus Venkatachala & Kar 1966 (Anexo G, Estampa 9, fig. 7)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6129 P41-4 ; MP-P 6147 R29-1, P35/1;

MP-P 6149 H47

Dimensões (4 exemplares): diâmetro total 70 (75) 78 μm .

Distribuição estratigráfica: Formações Serra Alta e Rio do Rasto.

Gênero *Guttullapollenites* Goubin 1965

Espécie-tipo *Gutulapollenites hannonicus* Goubin 1965

Gutulapollenites hannonicus Goubin 1965 (Anexo G, Estampa 9, fig. 8)

Material estudado: **POÇO HN-25RS**: MP-P 5795 R40-3, T50; MP-P 5797 J35-4.

Dimensões (3 exemplares): diâmetro total 61 (65) 77 μm .

Distribuição estratigráfica: Formações Irati e Serra Alta.

Gênero *Hamiapollenites* Wilson 1962

Espécie-tipo *Hamiapollenites saccatus* Wilson 1962

Hamiapollenites fusiformis (Marques-Toigo) Archangelsy & Gamarro 1979 (Anexo G, Estampa 8, fig. 10)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6105 O28-4; MP-P 6107 S36, Q40/2; MP-P 6544 T37-2.

Dimensões (4 exemplares): diâmetro total 40 (70) 69 μm .

Distribuição estratigráfica: Formação Palermo.

Hamiapollenites karroensis Hart 1963 emend. Hart 1964 (Anexo G, Estampa 9, fig. 1)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6542 U50; MP-P 6545 O35. **POÇO HN-25-RS**: MP-P 5714 F26-3; MP-P 5774 W43.

Dimensões (4 exemplares): diâmetro total 45 (54,5) 60 μm .

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé e Formação Palermo.

Gênero *Lueckisporites* Potonié & Klausemend. Potonié & Klaus 1954

Espécie-tipo *Lueckisporites virkkiae* (Potonie & Klaus) Clarke 1965

Lueckisporites agoulaensis (Jardiné) Premaor, Fischer & Souza 2006 (Anexo G, Estampa 9, fig. 2)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6130 P42; MP-P 6145 W24.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro total 75 – 90 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Serra Alta e Teresina.

Lueckisporites nyakapendensis Hart 1964 (Anexo G, Estampa 9, fig. 3)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6112 R32-2, H35; MP-P 6116 C27-1; MP-P 6118 U31-3; MP-P 6120 W31; MP-P 6121 Q34-4, N47-4; MP-P 6122 O30; MP-P 6129 H39-1, L44-3, T40, H39-2; MP-P 6142 G31-1; MP-P 6146 T31-1, E43, G43-2, U33, L55; MP-P 6147 N29-1, U40-4, W49. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5804 R36; MP-P 5810 T38-4.

Dimensões (23 exemplares): diâmetro total 60 (84,55) 110 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo, Irati, Serra Alta e Teresina.

Lueckisporites stenotaeniatus Menendez 1976 (Anexo G, Estampa 9, fig. 4)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6112 H32-2; MP-P 6115 F37-2; MP-P 6117 E31-3; MP-P 6121 C34-2; MP-P 6124 V42-3; MP-P 6139 F41; MP-P 6141 O41-4; MP-P 6142 K32-3, P36; MP-P 6145 V25-4; MP-P 6147 N30, M52/4; MP-P 6547 H34-3. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5802 Q60; MP-P 5806 P42-4; MP-P 5807 U30-3; MP-P 5808 K46; MP-P 5809 U27-2; MP-P 5811 R40-3.

Dimensões (16 exemplares) diâmetro total 58 (83,42) 103 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto.

Lueckisporites virkkiae (Potonie & Klaus) Clarke 1965 (Anexo G, Estampa 9, fig. 5)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6110 T42; MP-P 6114 S31, S36, J35-2; MP-P 6115 U52; MP-P 6118 X36-4; MP-P 6119 M45-1; MP-P 6129 L35-4; MP-P 6141 L35, V39; MP-P 6145 R35, T46-1; MP-P 6147 Q29-1, K42, V49; MP-P 6544 H41, T42; MP-P 6547 K36-1; MP-P 6544 H41, T42; MP-P 6547 K36-1. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5794 S46-3; MP-P 5795 N53-3; MP-P 5796 M35; MP-P 5797 L52; MP-P 5798 A41; MP-P 5810 W33; MP-P 6555 P33-1, Q58.

Dimensões (21 exemplares): diâmetro total 42 (95) 105 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto.

Gênero *Lunatisporites* Leschik 1955 emend. Scheuring 1970

Espécie-tipo *Lunatisporites acutus* (Leschik) Scheuring 1970

Lunatisporites acutus (Leschik) Scheuring 1970 (Anexo G, Estampa 8, fig. 6)

Material estudado: **POÇO HN-25RS:** MP-P 5783 N36-4; MP-P 5794 U35-3.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro total 72 – 85 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo e Irati.

Lunatisporites variesectus Archangelsky & Gamero 1979 (Anexo G, Estampa 8, fig. 7)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6106 Q29; MP-P 6110 O40-1; MP-P 6118 W34, R31-4; MP-P 6123 R34; MP-P 6126 S32-4; MP-P 6124 L36; MP-P 6142 S26-4; MP-P 6125 Q50-4; MP-P 6145 F47; MP-P 6147 N28-1, V50-4, K54-4; MP-P 6149 T37; MP-P 6150 W26-1. **POÇO HN-25RS:** MP-P 5806 G39-3; MP-P 5807 Q29-4.

Dimensões (16 exemplares): diâmetro total 55 (70,92) 110 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo, Irati, Teresina e Rio do Rasto.

Gênero *Protohaploxypinus* Samoilovich 1953 emend. Morbey 1975

Espécie-tipo *Protohaploxypinus latissimus* Lubner emend. Samoilovich 1953

Protohaploxypinus amplus (Balme & Hennelly). Hart 1964 (Anexo G, Estampa 7, fig. 6)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6123 X33, P47-4; MP-P 6124 U33; MP-P 6130 L44-2, O49; MP-P 6137 O47-3; MP-P 6141 O50-4; MP-P 6147 G33. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5766 J47-1; MP-P 5776 T35; MP-P 5792 P30; MP-P 5794 F41-3; MP-P 5796 Q50-4; MP-P 5798 U48.

Dimensões (13 exemplares): diâmetro total 58 (75) 110 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto.

Protohaploxypinus bharadwajii Foster 1979 (Anexo G, Estampa 7, fig. 7)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6037 C37; MP-P 6043 F36-4; MP-P 6046

H53-4; MP-P 6130 K39-2; MP-P 6142 M24; MP-P 6147 C29. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5730 N49-4.

Dimensões (7 exemplares): diâmetro total 56 (81,8) 120 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito, Irati, Teresina e Rio do Rasto.

Protohaploxypinus goraiensis Potonié & Lele (Anexo G, Estampa 7, fig. 8)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6077 T55. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5712 K30-1; MP-P 5716 U46-4; MP-P 5722 G56-1; MP-P 5751 U31-4.

Dimensões (5 exemplares): diâmetro total 45 (59,3) 72 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito.

Protohaploxypinus hartii Foster 1979 (Anexo G, Estampa 7, fig. 9)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6544 T39-4. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5715 M39-4; MP-P 5793 J4 1-1; MP-P 5795 N42-1; MP-P 5802 H39-3.

Dimensões (4 exemplares): diâmetro total 56 (65) 70 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Irati e Serra Alta.

Protohaploxypinus limpidus (Balme & Hennelly). Balme & Palyford 1967 (Anexo G, Estampa 7, fig. 10)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6043 U46-4; MP-P 6046 M42; MP-P 6069 Q54-4.

Dimensões (3 exemplares): diâmetro total 63 (70) 85 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Protohaploxypinus microcorpus (Anexo G, Estampa 8, fig. 1)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6043 L46; MP-P 6141 W33.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro total 58 – 70 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito e Irati.

Gênero *Staurosaccites* Dolby 1976

Espécie-tipo *Staurosaccites quadrifidus* Dolby 1976

Staurosaccites cordubensis Archangelsky & Gamero 1979 (Anexo G, Estampa 9, fig. 9)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6123 V30; MP-P 6139 N45/2; MP-P 6149 O32/3; MP-P 6150 U43/3. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5796 L41-1; MP-P 5806 P45-3; MP-P 5810 N37-2; MP-P 6559 N48-4.

Dimensões (8 exemplares): diâmetro total 53 (57,2)75 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto.

Staurosaccites quadrifidus Dolby 1976 (Anexo G, Estampa 9, fig. 10)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6112 J32, J39-2, Q39; MP-P 6113 W39; MP-P 6117 K49-4; MP-P 6121 F29-4, Q44; MP-P 6122 T44-4; MP-P 6123 K39, V43-2, T51-3; MP-P 6124 M31-4; MP-P 6125 M34; MP-P 6126 K33-2, Q44; MP-P 6127 F35-2; MP-P 6130 E38-1; MP-P 6138 M41-4; MP-P 6145 Q34, T49-1; MP-P 6147 W28-1, M30, V33, W34-4; MP-P 6149 U32-4, G35, T37-3; MP-P 6546 J44-3; MP-P 6547 J31-3. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5794 L39-2; MP-P 5795 O52-3; MP-P 5807; MP-P 5810 N37-2.

Dimensões (31 exemplares): diâmetro total 49 (53,0) 68 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto.

Gênero *Striatoabieites* Sedova emend. Hart 1964

Espécie-tipo *Striatoabieites brickii* Sedova 1956

Striatoabieites anaverrucosus Archangelsky & Gamero 1979 (Anexo G, Estampa 8, fig. 8)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6059 L39-1; MP-P 6121 S41. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5806 K28-4.

Dimensões (3 exemplares): diâmetro total 46 (75) 99 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito, Irati e Teresina.

Striatoabieites multistriatus (Balme & Hennelly) Hart 1964 (Anexo G, Estampa 8, fig. 9)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6120 M43; MP-P 6121 R41-3; MP-P 6129 R47-1; MP-P 6140 J39-4. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5778 D45-3 48mc; MP-P 5780 H42-4; MP-P 5795 G37-4 80; MP-P 6558 L55-4.

Dimensões (7 exemplares): diâmetro total 37 (69,6) 115 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo, Irati, Serra Alta e Teresina.

Gênero *Striatopodocarpites* Zoricheva & Sedova

ex Sedova emend. Hart 1964

Espécie-tipo *Striatopodocarpites tojmensis* Sedova 1956

Striatopodocarpites cancellatus (Balme & Hennelly) Hart 1964 (Anexo G, Estampa 8, fig. 2)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6098 U46-3; MP-P 6111 V42-2; MP-P 6112 N33-4; MP-P 6117 Q43-1; MP-P 6140 M38-4; MP-P 6142 G51-3; MP-P 6147 S47-3, K32-2; MP-P 6150 L28-3. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5799 E39.

Dimensões (10 exemplares): diâmetro total 62 (76,6) 103 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta e Rio do Rasto.

Striatopodocarpites fusus (Balme & Hennelly) Potonié 1958 (Anexo G, Estampa 8, fig. 3)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6099 L35/4. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5776 M29-4; MP-P 5793 A51.

Dimensões (3 exemplares): 70 (87,5) 90 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo e Irati.

Striatopodocarpites gondwanensis (Lakhampal, Sah & Dube) Hart 1964 (Anexo 8, Estampa 7, fig. 4)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6117 R35; MP-P 6146 E38-1.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro total 70 – 75 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo e Teresina.

Striatopodocarpites pantii (Jansonius) Balme 1970 (Anexo G, Estampa 8, fig. 5)

POÇO HN-05-RS: MP-P 6114 J37; MP-P 6118 D38-3; MP-P 6119 Q45-3.

Dimensões (3 exemplares): diâmetro total 65 (80) 95 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo e Irati.

Turma PLICATES Naumova emend. Potonié 1960

Subturma COSTATES Potonié 1970

Infraturma COSTATI Jansonius 1962

Gênero *Vittatina* Luber emend. Wilson 1962

Espécie-tipo *Vittatina subsaccata* Samoilovich 1953

Vittatina corrugata Marques-Toigo 1974 (Anexo G, Estampa 10, fig. 5)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6106 H31/3. **POÇO HN25-RS:** MP-P 5721 U25; MP-P 5722 B43; MP-P 5732 B36-4.

Dimensões (4 exemplares): diâmetro total 50 (65) 75 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito e Palermo.

Vittatina costabilis Wilson 1962 (Anexo G, Estampa 10, fig. 6)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6097 F32-4; MP-P 6103 S43-2; MP-P 6107 R36-2, M46-2; MP-P 6122 W41-3; MP-P 6126 S33-3; MP-P 6128 P30-4; MP-P 6137 S43; MP-P 6142 K53; MP-P 6146 O44. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5712 D27; MP-P 5720 R30, U25-4; MP-P 5721 T43; MP-P 5723 O30-1; MP-P 5777 Q33-4; MP-P 5792 L39-2; MP-P 6555 P42-3.

Dimensões (13 exemplares): diâmetro total 22,5 (37,5) 65 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito, Palermo, Irati e Teresina.

Vittatina saccata (Hart) Playford & Dino 2000 (Anexo G, Estampa 10, fig. 7)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6041 N53-1; MP-P 6045 H48-4; MP-P 6060; MP-P 6067 Q47; MP-P 6075 J32-2, D55; MP-P 6097 M41, S43/4, S35/1; MP-P 6098 P32; MP-P 6099 L29/1; MP-P 6101 K40; MP-P 6103 U30/3, R37; MP-P 6104 V39; MP-P 6105 L29/4; MP-P 6108 F48/3; MP-P 6141 F41/4; MP-P 6123 J32/1, L43-2; MP-P 6127 U29/2; MP-P 6138 H49/; MP-P 6145 S34/1; MP-P 6543 N32-3. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5713 S28 70mc, U37-1; MP-P 5716 E26; MP-P 5728 L38-2; MP-P 5750 D46-4; MP-P 5751 L31-3.

Dimensões (25 exemplares): 35 (52,9) 95 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta e Teresina.

Vittatina subsaccata Samoilovich 1953 (Anexo G, Estampa 10, fig. 8)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6043 V33; MP-P 6067 L58-; MP-P 6077 M47-2; MP-P 6099 M32-3; MP-P 6101 P27-2; MP-P 6102 S45-3; MP-P 6103 J42-2; MP-P 6104 H39-2; J43; MP-P 6108 F48; MP-P 6122 Q41-2; MP-P 6128 U36; MP-P 6129 F40-1; MP-P 6137 H42-4; MP-P 6138 R27-2; MP-P 6147 U52-3; MP-P 6541 V53-3; MP-P 6543 K49-2; MP-P 6544 M27, T31, P44-4. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5720 T48; MP-P 5722 H46; MP-P 5768 F28-2, O51-1; MP-P 5772 Q38; MP-P 5806 Q44-2.

Dimensões (18 exemplares): diâmetro total 32,5 (56,2) 66 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto.

Vittatina vittifera Hart 1964 (Anexo G, Estampa 10, fig. 9)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6085 M55-3. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5722 T32.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro total 36 – 51 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito.

Gênero *Weylandites* Bharadwaj & Srivastava 1969

Espécie-tipo *Weylandites lucifer* (Bharadwaj & Salujha) Foster 1975

Weylandites lucifer (Bharadwaj & Salujha) Foster 1975 (Anexo G, Estampa 10, fig. 11)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6043 P44-4; MP-P 6104 E37; MP-P 6105 S33-1; MP-P 6114 H36; MP-P 6141 N44-3, P42; MP-P 6120 C46-3; H50-2; MP-P 6123 R44-2; MP-P 6127 S29-1; MP-P 6129 U45-1; MP-P 6138 T28-3; MP-P 6138 J40; MP-P 6139 G36-2; MP-P 6145 N45-3; MP-P 6149 J37; MP-P 6541 N47. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5752 Z37; MP-P 5770 O42; MP-P 5772 Q48, U35-2; MP-P 5773 F44-2; MP-P 5774 Y45-1; MP-P 5777 T30-2, U46-3; MP-P 5783 N35-1; MP-P 6551 P36; MP-P 6558 F34, T44-3.

Dimensões (27 exemplares): 30 (51,7) 72 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto.

Weylandites cincinnatus (Luber & Varykhina) Utting 1994 (Anexo G, Estampa **10**, fig. **10**)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6119 N34/4; MP-P 6126 E44/2.

Dimensões (2 exemplares): diâmetro total 30 – 32,5 µm.

Distribuição estratigráfica: Formação Irati.

Weylandites striatus (Luber) Utting 1994 (Anexo G, Estampa **10**, fig. **12**)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6125 P42; MP-P 6149 P34/4. **POÇO HN-25-RS**: MP-P 5776 L43-2, N34-2, N38-4; MP-P 6559 G38-1.

Dimensões (5 exemplares): diâmetro total 26 (35,8) 50 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo, Irati e Rio do Rasto.

Subturma PRAECOLPATES Potonié & Kremp 1954

Gênero *Marsupipollenites* Balme & Hennelly 1956 emend. Balme 1970

Espécie-tipo *Marsupipollenites triradiatus* Balme & Hennelly 1956

Marsupipollenites striatus (Balme e Hennelly) Foster 1975 (Anexo G, Estampa **10**, fig. **13**)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6103 S36; MP-P 6111 M34; MP-P 6116 L44; MP-P 6122 Z34-1, Y40; MP-P 6123 V31-3, MP-P 6129 H46-1; MP-P 6145 N34; MP-P 6147 L49-1; MP-P 6148 K41-4; MP-P 6544 N29. **POÇO HN-25-RS**: MP-P 5770 J51-1; MP-P 5776 U46-4; MP-P 5778 F42; MP-P 5792 R48-3; MP-P 5795 O35-1; MP-P 6552 Q30-4, F35.

Dimensões (14 exemplares): diâmetro total 28 (44,625) 55 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto.

Marsupipollenites triradiatus Balme & Hennelly 1956 (Anexo G, Estampa **10**, fig. **14**)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6107 J46-3; MP-P 6110 S36; MP-P 6112 L37-1; MP-P 6124 Q33-1; MP-P 6130 B47; MP-P 6129 P43-4; MP-P 6146 D40-2. **POÇO HN-25-RS**: MP-P 5717 H46; MP-P 5783 J43-4.

Dimensões (8 exemplares): diâmetro total 32,5 (40,75) 48 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Palermo, Irati, Serra Alta e Teresina.

Turma MONOCOLPATES Iverson & Tröels Smith 1950

Subturma STRIATOCOLPITES Bose & Kar 1966

Infraturma MONOSTRICOLPITES Bose & Kar 1966

Gênero *Fusacolpites* Bose & Kar 1966

Espécie-tipo *Pakhapites fasciolatus* (Balme & Hennelly) Hart 1965

Fusacolpites fusus Bose & Kar 1966 (Anexo G, Estampa 10, fig. 1)

Material estudado: **HN-05-RS:** MP-P 6043 E30; MP-P 6045 D56-4; MP-P 6046 H34; MP-P 6097 H31-4; MP-P 6102 U44; MP-P 6121 U36-3; MP-P 6543 O46-2. **HN-25-RS:** MP-P 5769 K37-3, G46-4.

Dimensões (8 exemplares): diâmetro total 22,5 (30,2) 40 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito, Palermo e Irati.

Fusacolpites ovatus Bose & Kar 1966 (Anexo G, Estampa 10, fig. 2)

Material estudado: **HN-05-RS:** MP-P 6042 M34; MP-P 6043 Q33, Y38-4, Q44; MP-P 6044 X39-3; MP-P 6045 N54-2, G35-4, C38-4, Q54; MP-P 6046 F38, N28, N29-3, O47-4; MP-P 6067 H56-1, H56-2; MP-P 6104 J53; MP-P 6122 T37/4, MP-P 6541 T41; MP-P 6542 P40-3; MP-P 6544 J26-1, K35-1. **HN-25-RS:** MP-P 5714 J35-3; MP-P 5748 X47-1; MP-P 5755 O50-3; MP-P 5773 U32-1; MP-P 5774 V40-3; MP-P 5776 M39; MP-P 5805 F51-3; MP-P 6548 U41-3; MP-P 6549 N56-2.

Dimensões (28 exemplares): diâmetro total 28 (39,3) 57 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé, formações Rio Bonito, Palermo, Irati e Serra Alta.

Divisão CLOROPHYTA Paschaer 1914

Classe CLOROPHYCEAE Kützing 1843

Ordem CHLOROCOCCALLES Marchand emend. Pascher 1915

Família BOTRYOCOCCACEAE Wille 1909

Gênero *Botryococcus* Kützing 1849.

Espécie-tipo *Botryococcus braunii* Kützing, 1849

Botryococcus braunii Kützing, 1849 (Anexo G, Estampa 11, fig. 1)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6085 M56; MP-P 6086 K44-2; MP-P 6098 T43, S53; MP-P 6099 K33, J36; MP-P 6101 M30, Z35, Q45; MP-P 6102 N30-3;

MP-P 6103 M36; MP-P 6104 M40; MP-P 6105 J32-3, O34-3; MP-P 6106 U32-4; MP-P 6107 H37-2; MP-P 6124 U33-4, R45; MP-P 6125 E53-3; MP-P 6126 C42; MP-P 6127 C31-2, O37-2; MP-P 6131 N42-3, T45; MP-P 6133 H33-4; MP-P 6147 P55-2; MP-P 6541 Q50-3; MP-P 6542 N40-3; MP-P 6543 N42-1. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5783 U40; MP-P 6551 S39-2, H45-3; MP-P 6552 T34-4; MP-P 6557 H43.

Dimensões (27 exemplares): diâmetro total 45 (90,43)200 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta e Rio do Rasto.

Gênero *Quadrisporites* Hennelly emend. Potonié & Lele 1961

Espécie-tipo *Quadrisporites horridus* Hennelly emend. Potonié & Lele 1961

Quadrisporites horridus (Hennelly) Potonié & Lele 1961 (Anexo G, Estampa 11, fig. 6)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6062 P43-3; MP-P 6065 J39, T58-4.

POÇO HN-25-RS: MP-P 5750 V32-3, T31, D34-2; MP-P 5751 Q33.

Dimensões (6 exemplares): diâmetro total 37 (43,5) 50 µm

Distribuição estratigráfica: Formação Rio Bonito.

Quadrisporites lobatus (Tiwari & Navale) Ybert 1975 (Anexo G, Estampa 11, fig. 7)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6039 Q33; MP-P 6085 T54-2, Q57

MP-P 6123 D33. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5748 W40-1; MP-P 5750 C31-1, H32, D33, F35, L36; MP-P 5751 Q33; MP-P 5785 F45.

Dimensões (12 exemplares): diâmetro total 35 (44,95) 100 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito, Palermo e Irati.

CLASSE ZYGNEMAPHYCEAE Round 1971

Ordem ZYGNEMATALES Borges & Pashcer 1931

Família ZYGNEMATACEAE Kützing 1868

Gênero *Brazilea* Tiwari & Navale 1967

Espécie-tipo *Brazilea punctata* Tiwari & Navale 1967

Brazilea scisa (Balme & Hennelly) Foster 1975 (Anexo G, Estampa 11, fig. 2)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6037 C29; MP-P 6041 R36-3; MP-P 6069 O61-2; MP-P 6072 R42-3; MP-P 6121 N33-4; MP-P 6127 S28-3; MP-P 6138 T50-1.

Dimensões (6 exemplares): diâmetro total 50 (83,8) 60 µm

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito, Irati e Serra Alta.

Gênero *Congoites* Bose & Maheshwari 1968

Espécie-tipo *Congoites spinosus* Bose & Maheshwari 1968

***Congoites* sp.** (Anexo G, Estampa 11, fig. 3)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6040 B47; MP-P 6058 K43-4; MP-P 6060 K26-2; MP-P 6061 N37; MP-P 6060 J45; MP-P 6065 L52; MP-P 6066 Q34, F43-2; MP-P 6071 M40-4; MP-P 6072 E38-4; MP-P 6078B N36-3; MP-P 6079 T58; MP-P 6082 Q42-2, H43-4; MP-P 6084 L32-1; MP-P 6085 N40, T47; T50-1, D58; MP-P 6086 S40-2, R42-4; MP-P 6093 P59; MP-P 6096 U39, U42; MP-P 6105 C36-2. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5746 G36-3.

Dimensões (25 exemplares): diâmetro total 35 (45,8) 58 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito e Palermo.

Gênero *Maculatasporites* Tiwari 1964

Espécie-tipo *Maculatasporites indicus* Tiwari 1964

Maculatasporites gondwanensis Tiwari 1965 (Anexo G, Estampa 11, fig. 11)

Material estudado: **POÇO HN-25-RS:** MP-P 6097 H42; MP-P 6103MP-P 6113 T42-4; MP-P 6117 H37-1; MP-P 6139 Q33; MP-P 6141 R36-2; MP-P 6145 P43-3; MP-P 6149 T34-2. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5773 R37-1; MP-P 5774 S37; MP-P 5779 U31; MP-P 5781 G36-4; MP-P 5782 W37.

Dimensões (11 exemplares): 22,5 (29) 43 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Palermo, Irati, Teresina e Rio do Rasto.

Gênero *Tetraporina* Naumova ex Naumova

emend. Lündgreen 1980

Espécie-tipo *Tetraporina antiqua* Naumova 1950

Tetraporina punctata (Tiwari & Navale) Kar & Bose 1976 (Anexo G, Estampa **11**, fig. **9**)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6053 Z33, U31-3, W34; MP-P 6060 L43 MP-P 6061 V51, L52-4; MP-P 6062 L43; MP-P 6065 Y47-4; MP-P 6080 N50; MP-P 6085 N54-1; MP-P 6086 K36-2, T38-3, M47; MP-P 6096 E37-1; MP-P 6099 E34; MP-P 6101 R35-1, X37; MP-P 6103 P45-2; MP-P 6105 F35-3. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5735 K41-1; MP-P 5736 S42-4; MP-P 5737 N38; MP-P 5737 N38; MP-P 5740 J52-3, O55-3; MP-P 5743 E44; MP-P 5748 D52; MP-P 5750 M37-3, N39-2; MP-P 5766 S51-4.

Dimensões (31 exemplares): 23 (45,9) 100 µm

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito e Palermo.

Classe PRASINOPHYCEAE Christensen 1962

Ordem PYRAMIMONADALES Schiller 1925

Família LEIOSPHAERIDACEAE Sommer emend.

Sommer & Van Boekel 1963

Gênero *Leiosphaeridae* Eisenack 1958

Espécie-tipo *Leiosphaeridia baltica* Eisenack 1958

***Leiosphaeridae* sp.** (Anexo G, Estampa **11**, fig. **5**)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6041 Q44-3; MP-P 6110 O35-2; MP-P 6117 N37; MP-P 6118 Y34-2. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5747 N35-4; MP-P 5750 Q31-3; MP-P 5751 G50.

Dimensões (7 exemplares): diâmetro total 30 (50,6) 107,5 µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito e Palermo.

Ordem PTEROSPERMATALES

Família TASMANITACEAE Sommer emend Sommer & Van Boekel 1963

Gênero *Tasmanites* Newton 1875

Espécie-tipo *Tasmanites punctatus* Newton 1875

***Tasmanites* sp.** (Anexo G, Estampa **11**, fig. **8**)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS:** MP-P 6041 U33. **POÇO HN-25-RS:** MP-P 5722 J50-4, D53-2; MP-P 5750 X34-3, E46-1.

Dimensões (5 exemplares): diâmetro total 38 (68,3) 160 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito.

Grupo ACRTARCHA Evitt 1963

Gênero *Deusilites* Hemer & Nygreen 1967

Espécie-tipo *Desulites tentus* Hemer & Nygreen 1967

Deusilites tenuistriatus Gutiérrez, Césari & Archangeslky 1997 (Anexo G, Estampa **11**,
fig. **4**)

Material estudado: **POÇO HN-25-RS**: MP-P 5712 E28-4; MP-P 5714 C30-4; MP-P
5728 Q43-2.

Dimensões (1 exemplar): diâmetro total 120 µm.

Distribuição estratigráfica: Subgrupo Itararé e Formação Rio Bonito.

Gênero *Portalites* Hemer & Nygreen 1967

Espécie-tipo *Portalites confertus* Hemer & Nygreen 1967

Portalites gondwanensis Nahuys, Alpern & Ybert 1968 (Anexo G, Estampa **11**, fig. **10**)

Material estudado: **POÇO HN-05-RS**: MP-P 6053 S28, R29; MP-P 6071 Y52-2; T59;
MP-P 6072 N36, K48-4; MP-P 6097 V53-3; MP-P 6099 S38-3, T30; MP-P 6100 N45-
1; MP-P 6101 L37-2; MP-P 6102 W31-1, J37-1; MP-P 6103 R37; MP-P 6104 H3-4;
MP-P 6105 G32-4, J33-2, F32, F34, T47-4; MP-P 6106 O31, N39-4; MP-P 6107 H43-
4; MP-P 6548 N42-3. **POÇO HN-25-RS**: MP-P 5774 U43-3; MP-P 6548 O40.

Dimensões (21 exemplares): diâmetro total 39 (45,8) 60µm.

Distribuição estratigráfica: Formações Rio Bonito e Palermo.

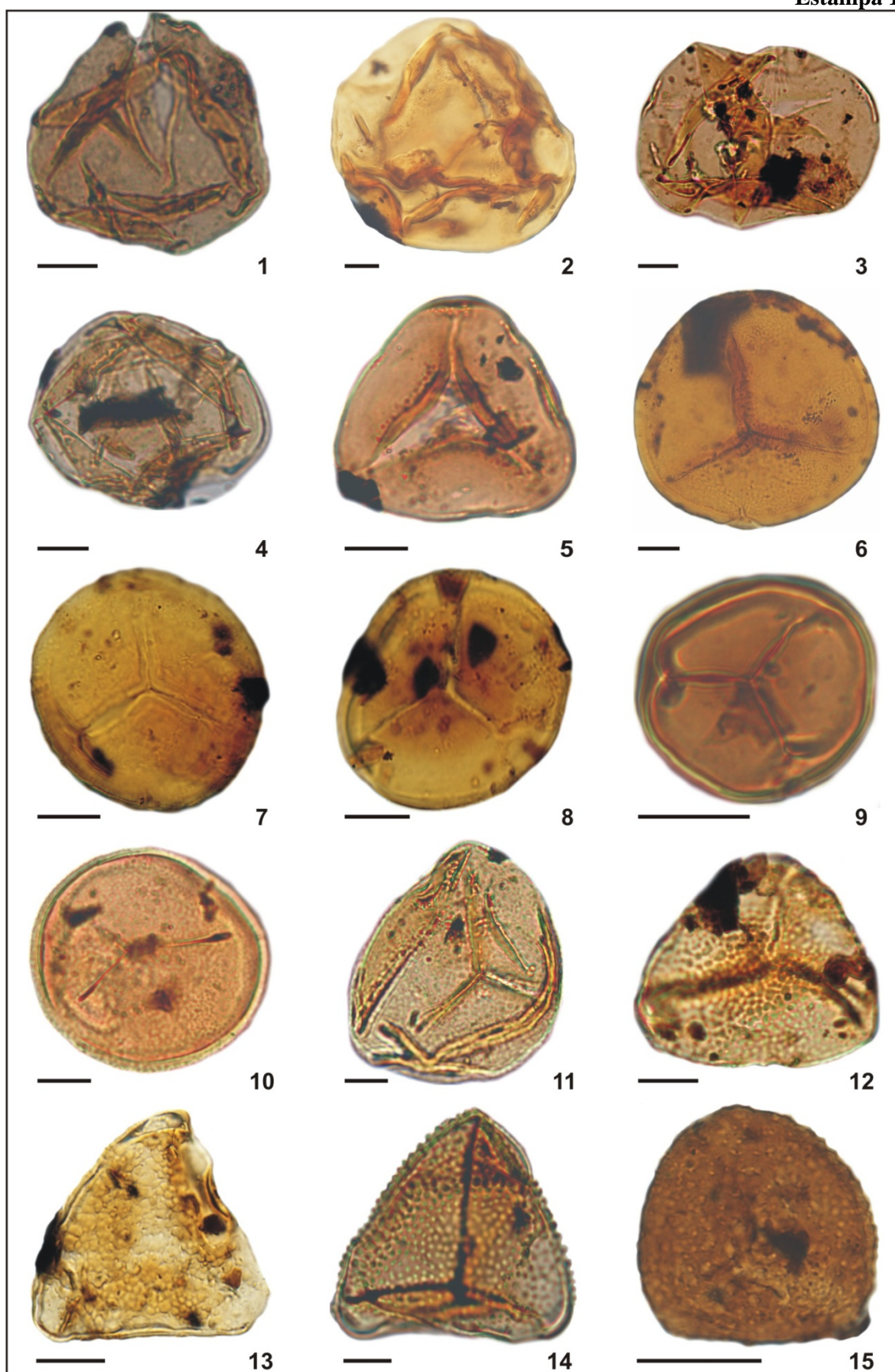
ANEXO H

Fotomicrografias das espécies identificadas nos testemunhos HN-05-RS e HN-25-RS.

ESTAMPA 1

1. *Calamospora inderjensis* (Malayavkina ex Luber & Valts) Hart 1965
(MPP 6061 N40-2, 40 μm)
2. *Calamospora liquida* Kosanke 1950 (MP-P 6085 Y56, 70 μm)
3. *Calamospora plicata* (Luber & Valts) Hart 1965 (MP-P 6064 N37-4, 60 μm)
4. *Calamospora sinuosa* Leschik 1955 (MP-P 6106 W36-3, 49 μm)
5. *Leiotriletes virkii* Tiwari 1965 (MP-P 6072 O33-3, 38 μm)
6. *Punctatisporites gretensis* Balme & Hennelly 1956 (MP-P 6041 M44, 58 μm)
7. *Retusotriletes golatensis* Staplin 1960 (MP-P 5755 Q26-1, 38 μm)
8. *Retusotriletes nigritellus* (Luber) Foster 1979 (MP-P 6075 O55-4, 35 μm)
9. *Retusotriletes simplex* Naumova 1953 (MP-P 6085 W45, 22 μm)
10. *Cyclogranisporites gondwanensis* Bharadwaj & Salujha 1964
(MP-P 6071 L46, 44 μm)
11. *Cyclogranisporites parvigranulosus* (Leschik) Ybert 1975
(MP-P 6071 N55, 50 μm)
12. *Granulatisporites autroamericanus* Archangeslky & Gamero 1979
(MP-P 5749 V30, 43 μm)
13. *Converrucosisporites confluens* (Archangeslky & Gamero) Playford & Dino
2002 (MP-P 6101 X40-4, 35 μm)
14. *Converrucosisporites micronodosus* (Balme & Hennelly) Playford & Dino
2002 (MP-P 5712 N44-1, 50 μm)
15. *Verrucosisporites pseudoreticulatus* forma minor Ybert 1975
(MP-P 6059 Z49, 20 μm)

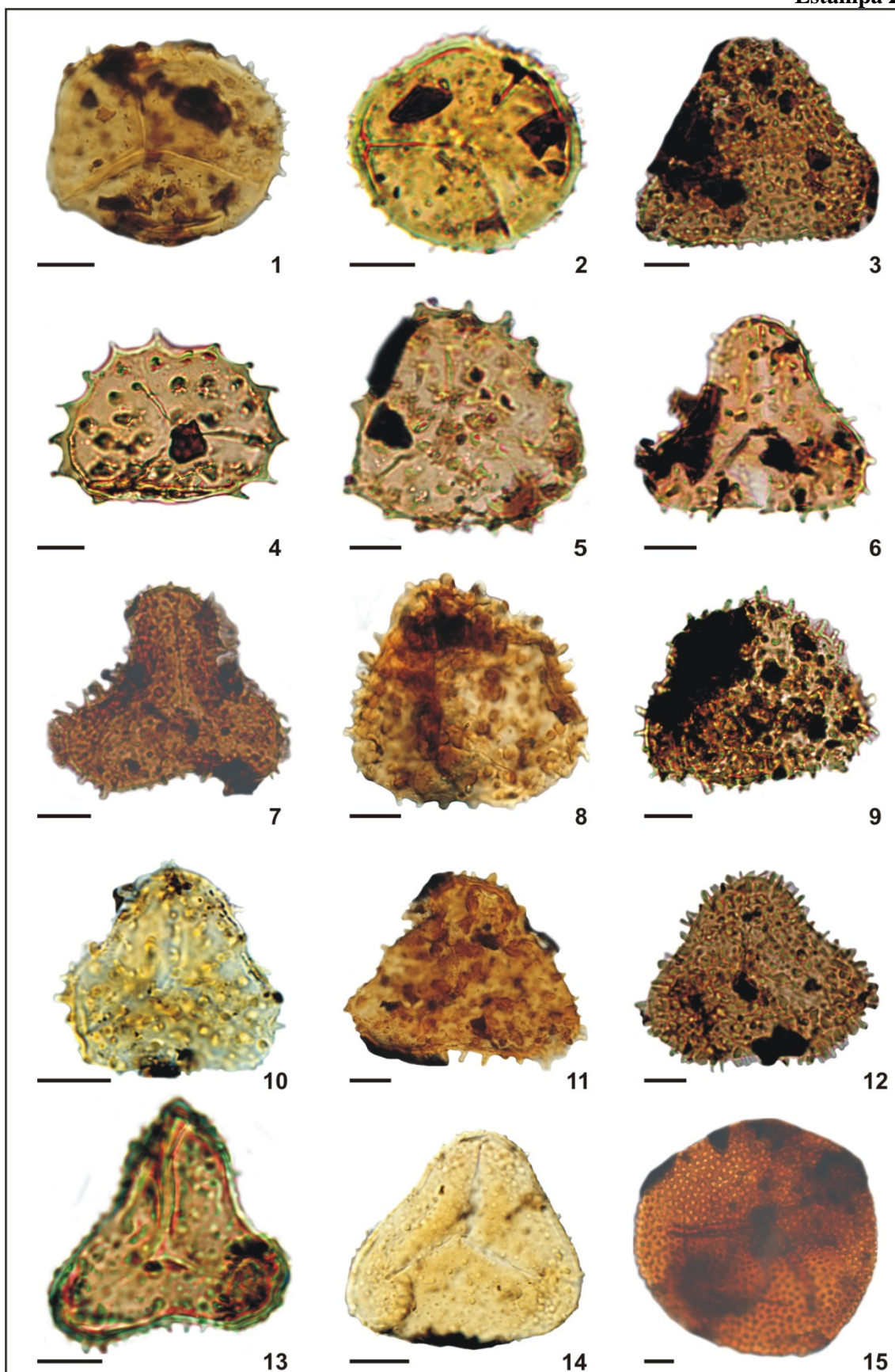
Estampa 1



ESTAMPA 2

1. *Apiculatisporis levis* Balme & Hennelly 1956 (MP-P 5748 E45, 45 µm)
2. *Apiculiretusispora sparsa* Menendez & Azcuy 1979 (MP-P 6078 K38-3, 35 µm)
3. *Anapiculatisporites tereteangulatus* (Balme & Hennelly) Playford & Dino 2002 (MP-P 5762 T45, 54 µm)
4. *Brevitriletes cornutus* (Balme & Hennelly) Backhouse 1991 (MP-P 6085 K43-1, 46 µm)
5. *Brevitriletes irregularis* (Nahuys, Alpern & Ybert) Césari, Archangeslky & Seoane 1995 (MP-P 5750 F45, 45 µm)
6. *Horriditriletes curvibaculosus* Bharadwaj & Salujha 1964 (MP-P 6064 K42-1, 42 µm)
7. *Horriditriletes gondwanensis* (Tiwari & Moiz) Foster 1975 (MP-P 6059 J56-2, 46 µm)
8. *Horriditriletes pathakeraensis* Anand-Prakash 1970 (MP-P 6086 L39, 45 µm)
9. *Horriditriletes ramosus* (Balme & Hennelly) Bharadwaj & Salujha 1964 (MP-P 6063 T44, 48 µm)
10. *Horriditriletes rampurensis* Tiwari 1968 (MP-P 6098 P47-3, 28 µm)
11. *Horriditriletes superbus* (Foster) Césari, Archangelsky & Seoane 1995 (MP-P 6059 S58, 55 µm)
12. *Horriditriletes uruguayensis* (Marques-Toigo) Archangeslky & Gamarro 1979 (MP-P 5767 R47, 54 µm)
13. *Lophotriletes pseudoaculeatus* Potonié & Kremp 1955 (MP-P 6097 Q45, 40 µm)
14. *Lophotriletes rectus* Bharadwaj & Salujha 1964 (MP-P 5712 T36-4, 35 µm)
15. *Foveolatisporites* sp. (MP-P 6085 D56-4, 83 µm)

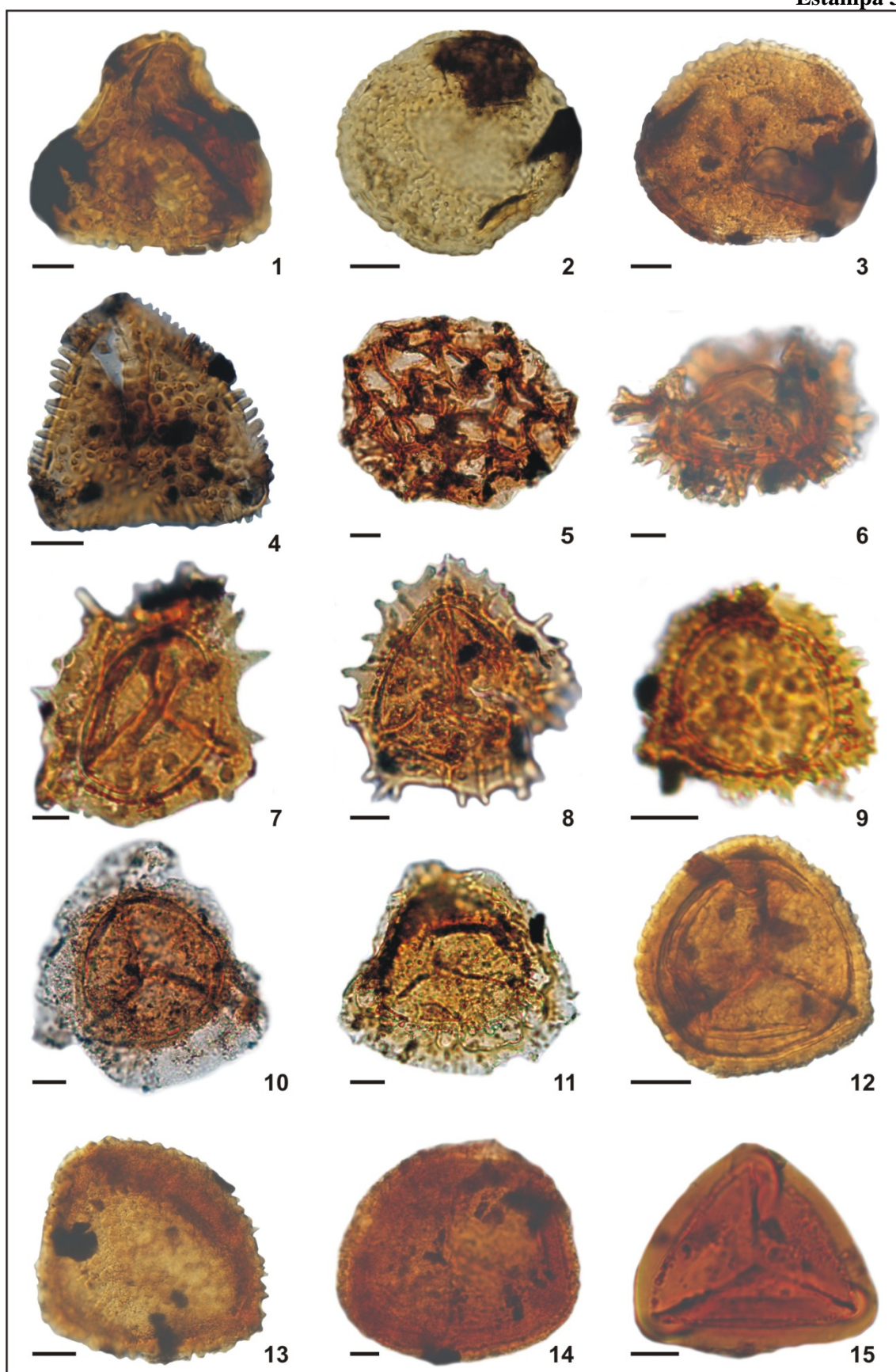
Estampa 2



ESTAMPA 3

1. *Convolutispora candiotensis* Ybert 1975 (MP-P 6103 O35-1, 60 µm)
2. *Convolutispora ordonenzii* Archangelsky & Gamero 1979
(MP-P 6069 R48, 50 µm)
3. *Convolutispora pintoii* Dellazana 1976 (MP-P 6104 S37-4, 58 µm)
4. *Diatomonozonotriletes subbaculiferus* (Nahuys, Alpern & Ybert) Césari,
Archangelsky & Gamero 1995 (MP-P 6104 P44-4, 45 µm)
5. *Reticulatisporites pseudopalliatius* Staplin 1960 (MP-P 5751 P35, 78 µm)
6. *Cristatisporites crassilabratus* Archangelsky & Gamero 1979
(MP-P 5723 X49-2, 63 µm)
7. *Cristatisporites inconstans* Archangelsky & Gamero 1979
(MP-P 5715 U56-1, 60 µm)
8. *Cristatisporites lestai* Archangelsky & Gamero 1979 (MP-P 5716 H33, 60 µm)
9. *Cristatisporites* sp. B Archangelsky & Gamero 1979
(MP-P 6099 K37-3, 35 µm)
10. *Krauselisporites punctatus* Jansonius 1962 (MP-P 5712 L33-3, 70 µm)
11. *Krauselisporites spinosus* Jansonius 1962 (MP-P 5717 U41, 65 µm)
12. *Lundbladispورا areolata* Césari, Archangelsky & Seoane 1995
(MP-P 5748 F49-4, 40 µm)
13. *Lundbladispورا braziliensis* (Marques-Toigo & Pons) Marques-Toigo &
Picarelli 1984 (MP-P 6103 M36-1, 50 µm)
14. *Lundbladispورا riobonitensis* Marques-Toigo & Picarelli 1984
(MP-P 5723 T39-2, 75 µm)
15. *Murospora bicingulata* Ybert 1975 (MP-P 5754 L30-4, 49 µm)

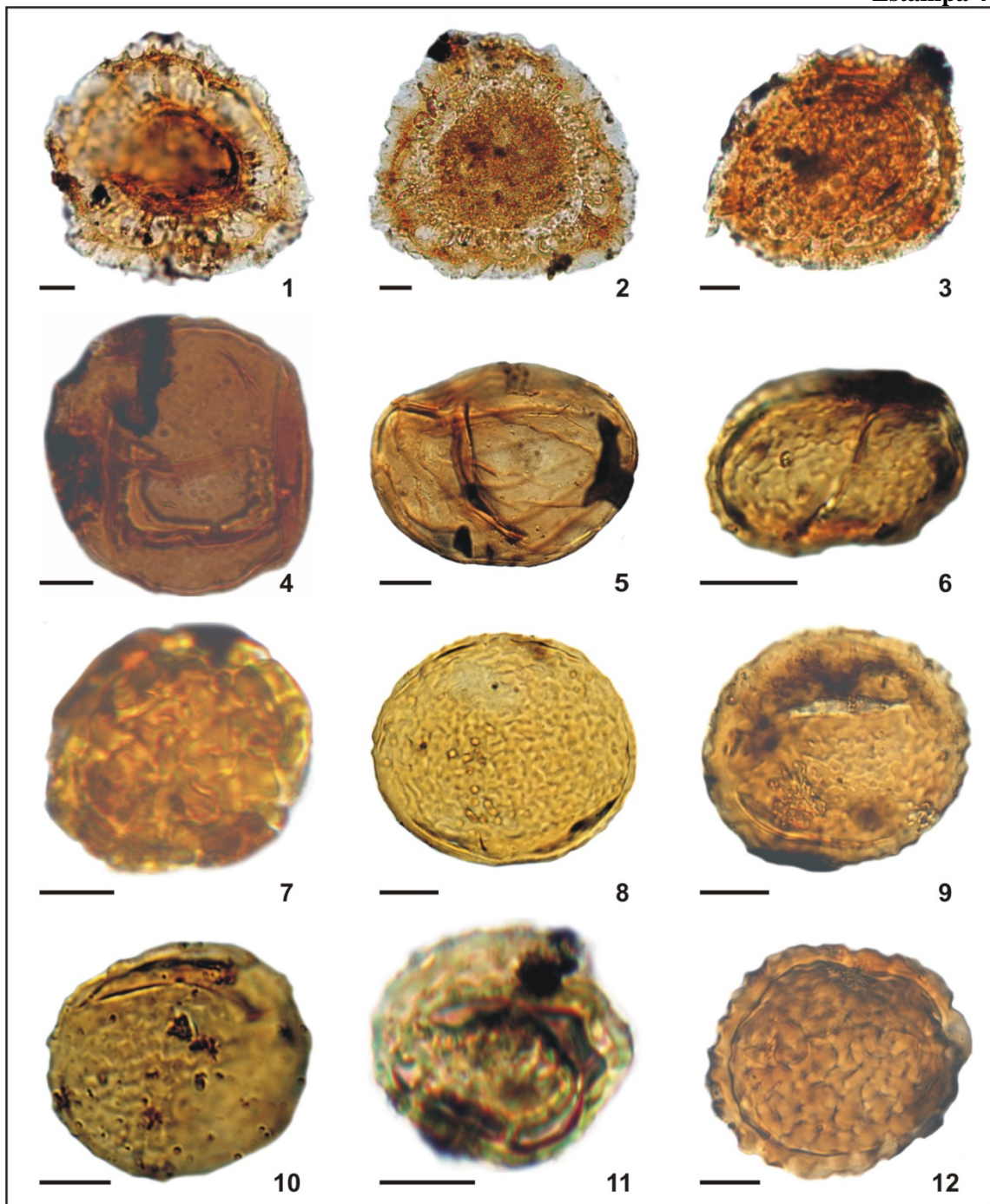
Estampa 3



ESTAMPA 4

1. *Vallatisporites arcuatus* (Marques-Toigo) Archangelsky & Gamero 1979
(MP-P 5712 G24, 75 µm)
2. *Vallatisporites russoi* Archangelsky & Gamero 1979
(MP-P 5717 T36-2, 85 µm)
3. *Vallatisporites splendens* Staplin & Jansonius (MP-P 5722 S45-4, 62 µm)
4. *Laevigatosporites vulgaris* Ibrahim 1933 (MP-P 5796 N44-1, 50 µm)
5. *Kendosporites striatus* (Salujha) Surange & Chandra 1974
(MP-P 6106 K43, 52 µm)
6. *Lechikisporis chacoparanense* Vergel 1990 (MP-P 6143 M41-2, 26 µm)
7. *Thymospora criciumensis* Quadros, Marques-Toigo & Cazzulo-Klepzig 1995
(MP-P 6105 N36-3, 36 µm)
8. *Thymospora obscura* (Kosanke) Wilson & Venkatachala 1963
(MP-P 6112 P41-1, 43 µm)
9. *Thymospora* cf. *pseudogranulata* (Bharadwaj) Wilson & Venkatachala
(MP-P 5802 J43, 35 µm)
10. *Thymospora pseudothiesseni* (Kosanke) Wilson & Venkatachala 1963
(MP-P 6117 J35-2, 39 µm)
11. *Thymospora rugulosa* Mautino, Vergel & Anzótegui 1998
(MP-P 6127 T46-2, 28 µm)
12. *Thymospora thiesseni* (Kosanke) Wilson & Venkatachala 1963
(MP-P 6106 M44-3, 42 µm)

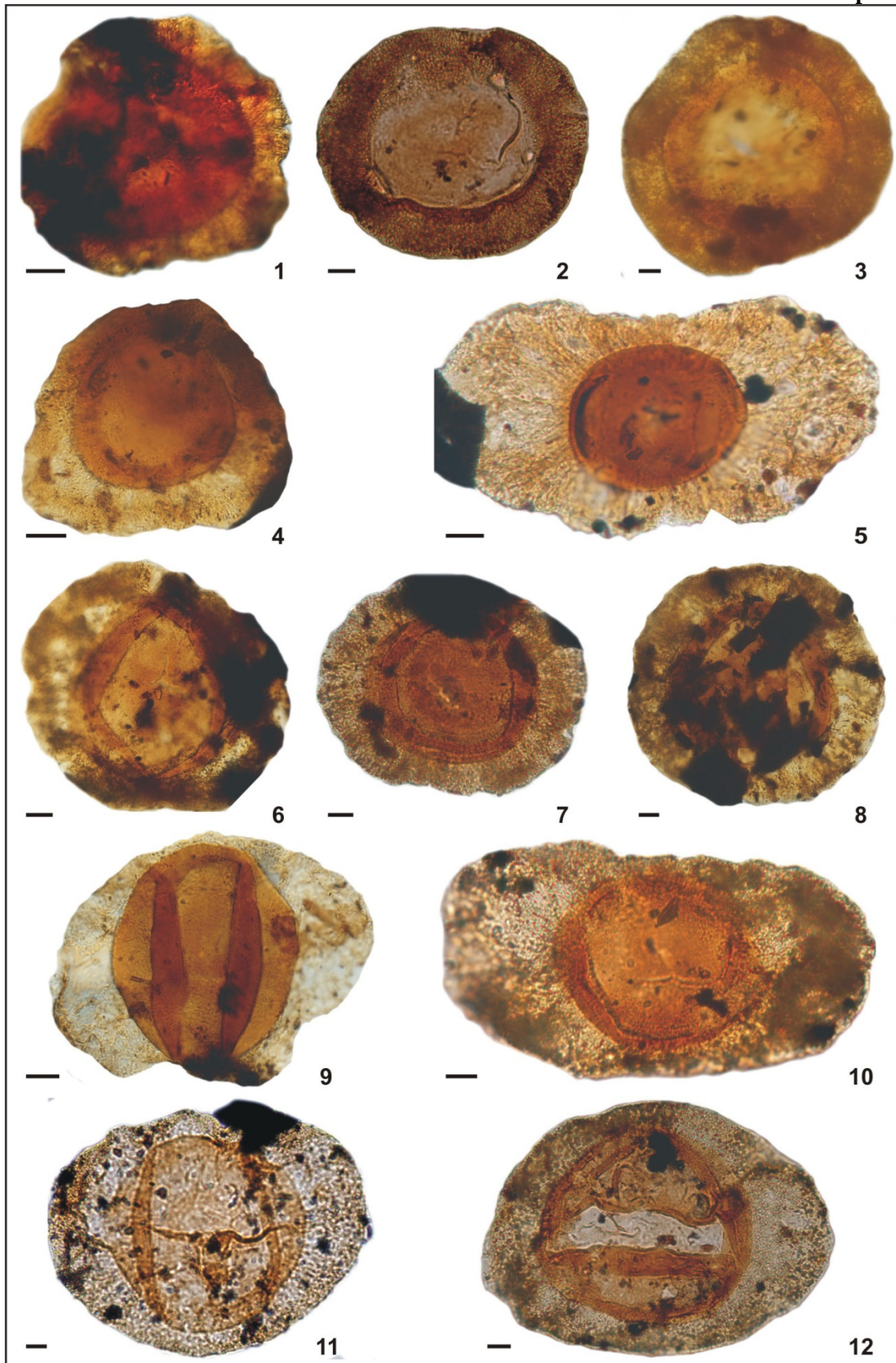
Estampa 4



ESTAMPA 5

1. *Cannanoropollis densus* (Lele) Bose & Maheshwari 1968
(MP-P 6038 P51, 70 μm)
2. *Cannanoropollis janaki* Potonié & Sah 1960 (MP-P 6142 G48, 100 μm)
3. *Cannanoropollis methae* (Lele) Bose & Maheshwari 1968
(MP-P 6044 K36, 120 μm)
4. *Cannanoropollis* cf. *triangularis* (Mehta) Bose & Maheshwari 1968
(MP-P 6043 X38, 66 μm)
5. *Caheniasaccites flavatus* (Bose & Kar) Azcuy & Di Pasquo 2000
(MP-P 5723 R38, 115 μm)
6. *Plicatipollenites gondwanensis* (Balme & Hennelly) Lele 1964
(MP-P 5748 X51, 100 μm)
7. *Plicatipollenites malabarensis* (Potonié & Sah) Foster 1975
(MPP 5749 O30-3, 105 μm)
8. *Plicatipollenites trigonalis* Lele 1964 (MP-P 5748 B39, 120 μm)
9. *Potonieisporites* cf. *barrelis* Tiwari 1965 (MP-P 6137 D48, 90 μm)
10. *Potonieisporites lelei* Maheshwari 1964 (MP-P 5717 T36-1, 135 μm)
11. *Potonieisporites magnus* Lele & Karim 1971 (MP-P 5717 T36-1, 152,5 μm)
12. *Potonieisporites marleniae* Playford & Dino 2000 (MP-P 5716 039, 150 μm)

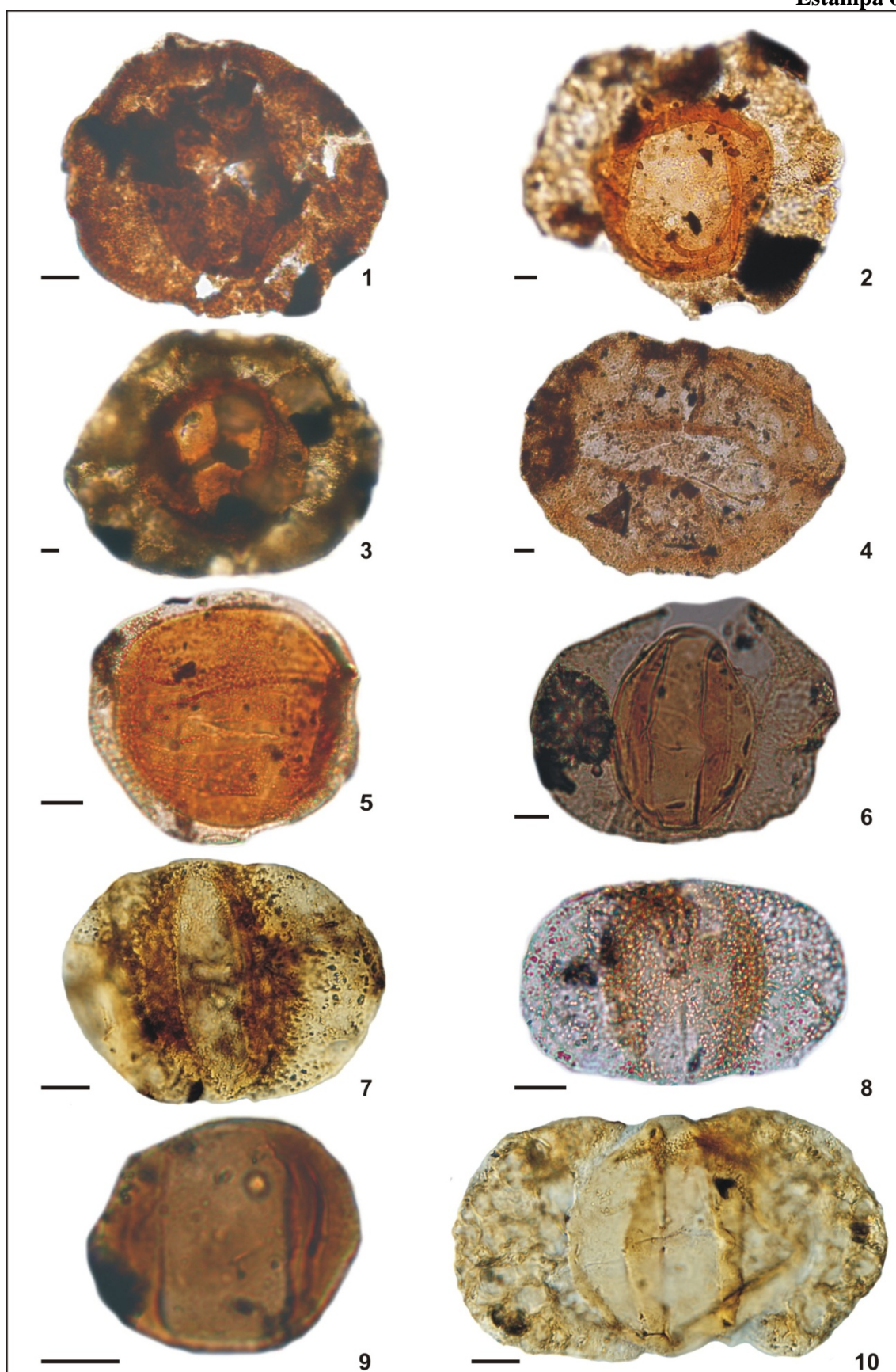
Estampa 5



ESTAMPA 6

1. *Potonieisporites neglectus* Potonié & Lele 1961 (MP-P 5773 S37, 85 µm)
2. *Potonieisporites novicus* (Bharadwaj) Poort & Veld 1997
(MP-P 6075 E31-2, 145 µm)
3. *Potonieisporites* cf. *triangulatus* Tiwari 1965 (MP-P 5773 G34-3, 175 µm)
4. *Divarisaccus stringoplicatus* Ottone 1991 (MP-P 5722 W28, 157,5 µm)
5. *Striomonosaccites ovatus* Bharadwaj 1962 (MP-P 5717 S43-1, 65 µm)
6. *Meristocorpus explicatus* Playford & Dino 2000 (MP-P 5721 W53, 84 µm)
7. *Alisporites plicatus* Jizba 1962 (MP-P 5781 S34, 66 µm)
8. *Alisporites splendens* (Leschik) Foster 1979 (MP-P 5792, L38-1, 59 µm)
9. *Colpisaccites granulosus* Archangesly & Gamarro 1979
(MP-P 6113 S36-1, 35 µm)
10. *Limitisporites congoensis* Bose & Maheshwari 1968 (MP-P 6069 O60-3, 90 µm)

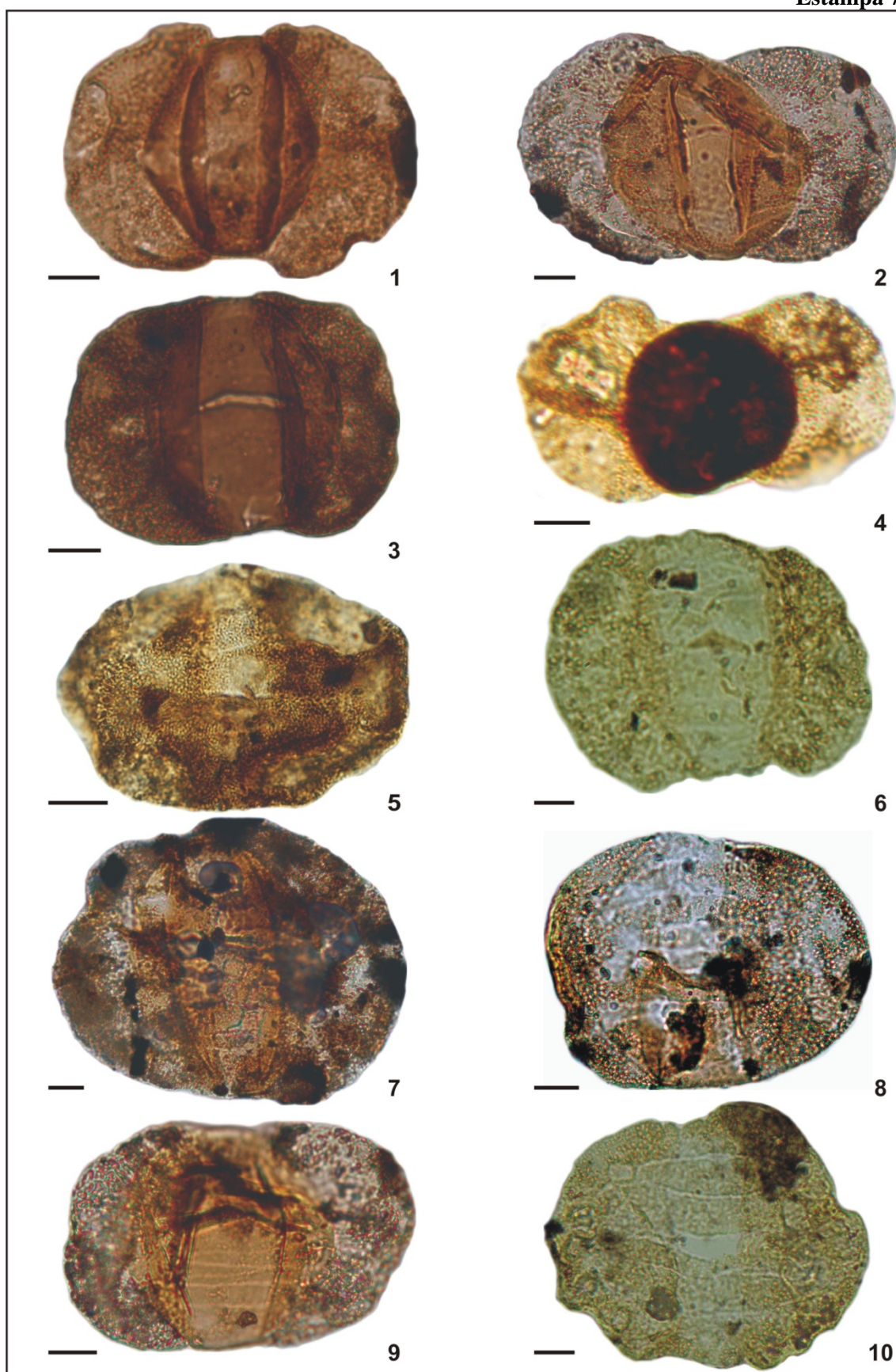
Estampa 6



ESTAMPA 7

1. *Limitisporites hexagonalis* Bose & Maheshwari 1968 (MP-P 6145 R35, 70 µm)
2. *Limitisporites* cf. *luandensis* Bose & Maheshwari 1968
(MP-P 5776 M41, 92 µm)
3. *Limitisporites rectus* Leschik 1956 (MP-P 6145 P49-2, 64 µm)
4. *Limitisporites vesiculosus* Schaarschmidt 1963 (MP-P 6147 K40-4, 66 µm)
5. *Illinites unicus* (Konsanke) Jansonius & Hills 1976 (MP-P 6045 M31-3, 60 µm)
6. *Protohaploxypinus amplus* (Balme & Hennelly) Hart 1964
(MP-P 6141 O50-4, 80 µm)
7. *Protohaploxypinus bharadwajii* Foster 1979 (MP-P 6037 C37, 100 µm)
8. *Protohaploxypinus goraiensis* Potonié & Lele (MP-P 5712 K30-1, 72 µm)
9. *Protohaploxypinus hartii* Foster 1979 (MP-P 5715 M39-4, 70µm)
10. *Protohaploxypinus limpidus* (Balme & Hennelly) Balme & Playford 1967
(MP-P 6069 Q54-4, 70 µm)

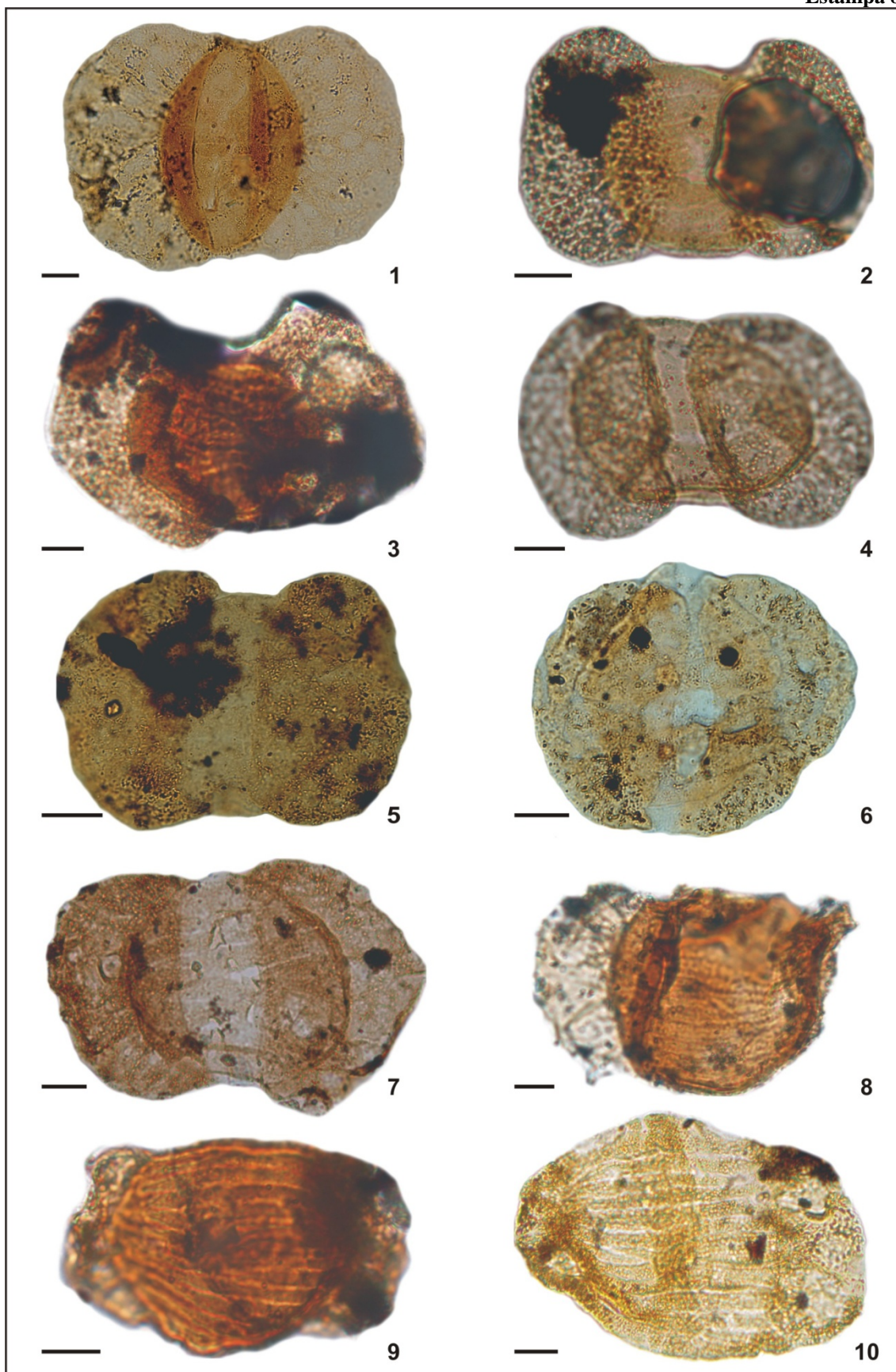
Estampa 7



ESTAMPA 8

1. *Protohaploxypinus microcorpus* (Schaarschmidt) Clarke 1965
(MP-P 6141 W33, 90 μm)
2. *Striatopodocarpites cancellatus* (Balme & Hennelly) Hart 1964
(MP-P 5799 E39, 62 μm)
3. *Striatopodocarpites fusus* (Balme & Hennelly) Potonié 1958
(MP-P 6099 L35-4, 90 μm)
4. *Striatopodocarpites gondwanensis* (Lakhampal, Sah & Dube) Hart 1964
(MP-P 6117 R35, 70 μm)
5. *Striatopodocarpites pantii* (Jansonius) Balme 1970 (MP-P 6114 J37, 58 μm)
6. *Lunatisporites acutus* Dolby 1976 (MP-P 5794 U35-3, 68 μm)
7. *Lunatisporites variesectus* Archangelsky & Gamero 1979
(MP-P 6147 N28-1, 82 μm)
8. *Striatoabieites anaverrucosus* Archangelsky & Gamero 1979
(MP-P 6121 S41 75 μm)
9. *Striatoabieites multistriatus* (Balme & Hennelly) Hart 1964
(MP-P 6140 J39-4, 60 μm)
10. *Hamiapollenites fusiformis* (Marques-Toigo) Archangelsy & Gamero 1979
(HN05 6544 T37-2, 82 μm)

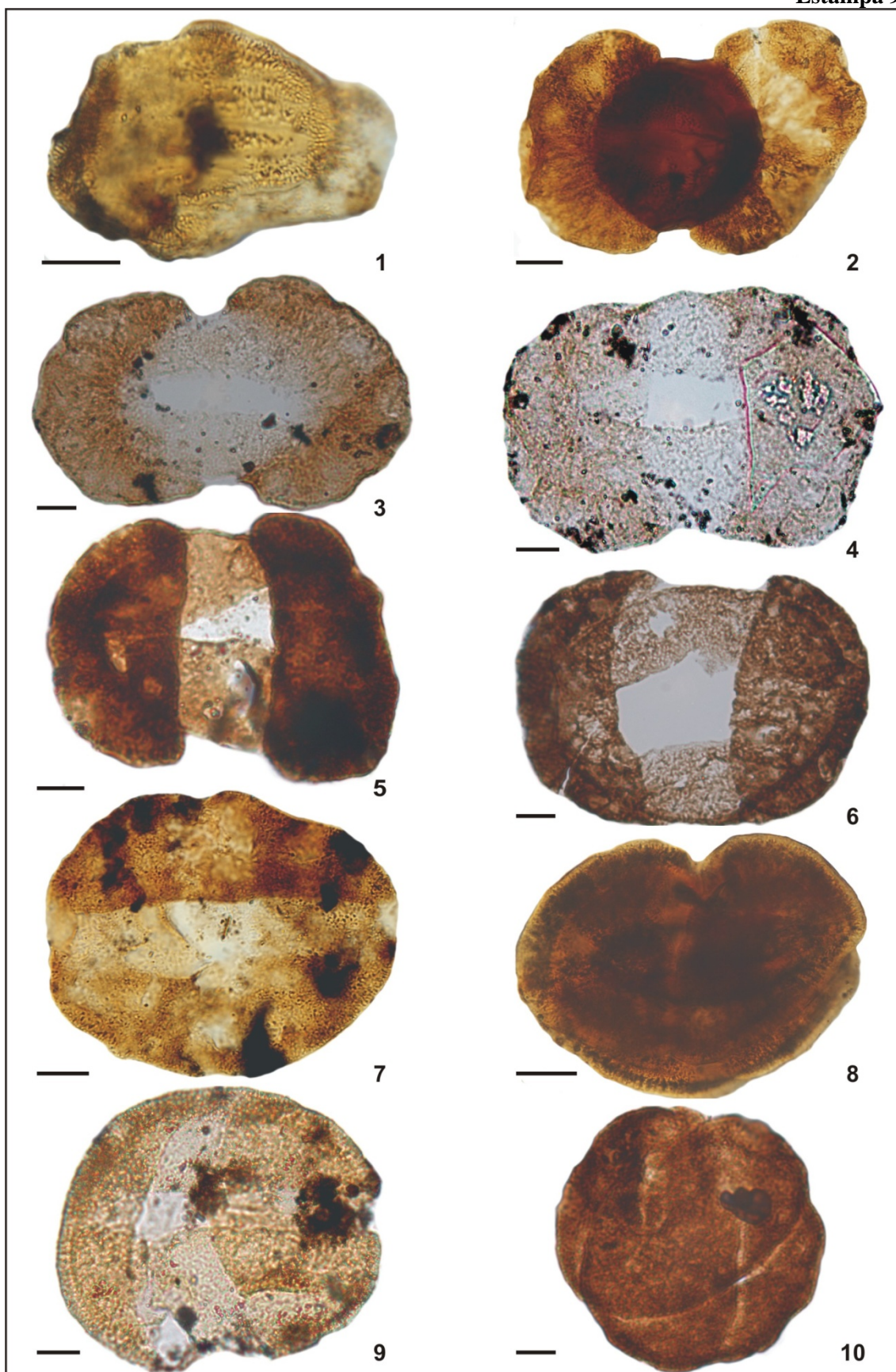
Estampa 8



ESTAMPA 9

1. *Hamiapollenites karrooensis* (Hart 1963) Hart 1964 (MP-P 5714 F26-3, 45 µm)
2. *Lueckisporites agoulaensis* (Jardiné) Premaor, Fischer & Souza 2006 (MP-P 6145 W24, 72,5 µm)
3. *Lueckisporites nyakapendensis* Hart 1964 (MP-P 6146 L55, 97 µm)
4. *Lueckisporites stenotaeniatus* Menendez 1976 (MP-P 5802 Q60, 86 µm)
5. *Lueckisporites virkkiae* (Potonié & Klaus) Clarke 1965
(MP-P 6147 V49, 70 µm)
6. *Corisaccites alutas* Venkatachala & Kar 1966 (MP-P 6149 W29-4, 90 µm)
7. *Corisaccites vanus* Venkatachala & Kar 1966 (MP-P 6147 P35-1, 68 µm)
8. *Gutulapollenites hannonicus* Goubin 1965 (MP-P 5795 R40-3, 56 µm)
9. *Staurosaccites cordubensis* Archangelsky & Gamero 1979
(MP-P 6123 V30, 75 µm)
10. *Staurosaccites quadrifidus* Dolby 1976 (MP-P 6147 W28-1, 68 µm)

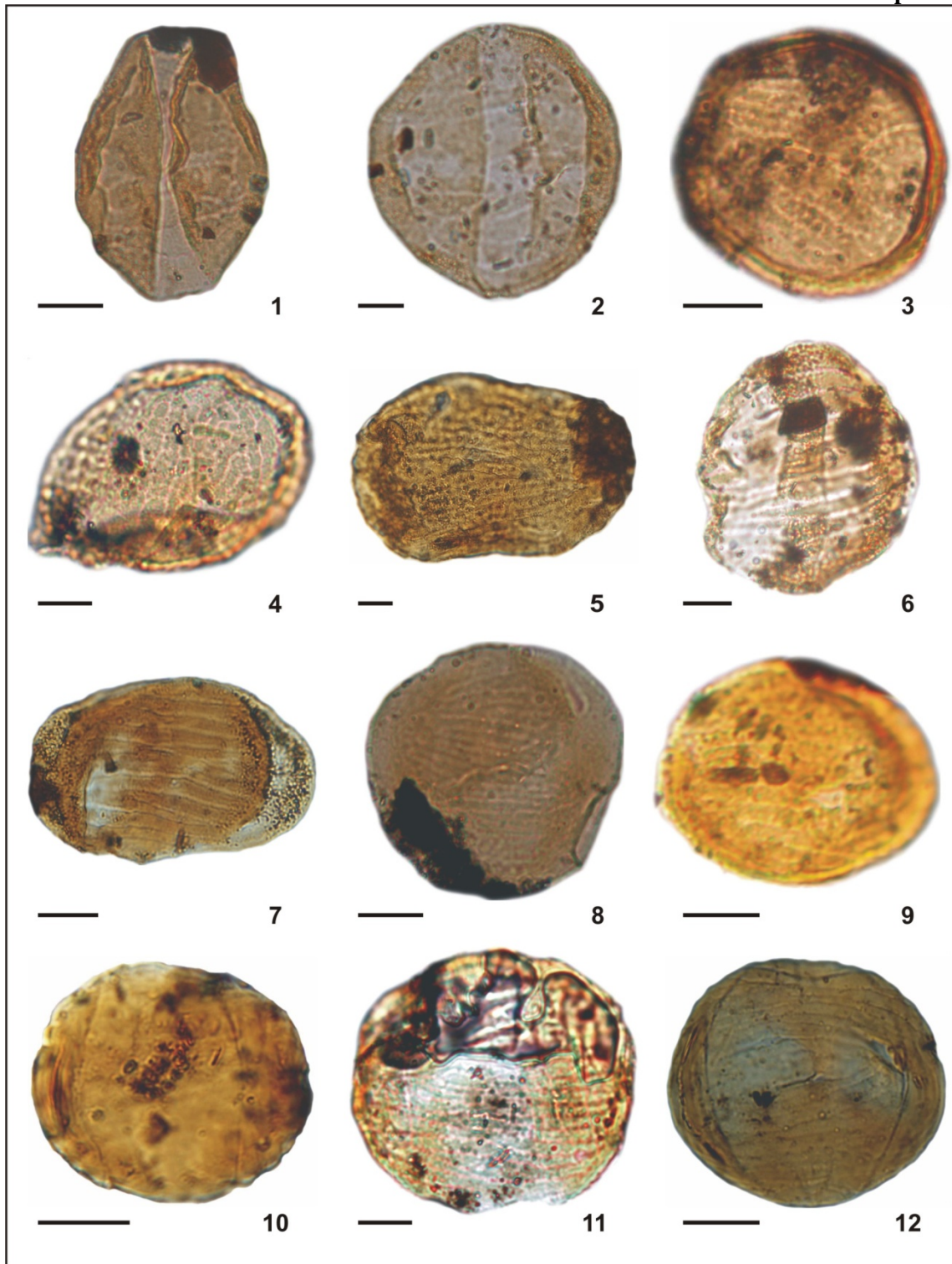
Estampa 9



ESTAMPA 10

1. *Fusacolpites fusus* Bose & Kar 1966 (MP-P 6046 H34, 30 µm)
2. *Fusacolpites ovatus* Bose & Kar 1966 (MP-P 6046 O47, 55 µm)
3. *Marsupipollenites striatus* (Balme & Hennelly) Foster 1975
(MP-P 5792 R48-3, 37 µm)
4. *Marsupipollenites triradiatus* Balme & Hennelly 1956 (MP-P 5717 H46, 48 µm)
5. *Vittatina corrugata* Marques-Toigo 1974 (MP-P 5722 B43, 75 µm)
6. *Vittatina costabilis* Wilson 1962 (MP-P 6122 W41-3, 45 µm)
7. *Vittatina saccata* (Hart) Playford & Dino 2000 (MP-P 6138 H49-1, 48 µm)
8. *Vittatina subsaccata* Samoilovich 1953 (MP-P 5806 Q44-2, 40 µm)
9. *Vittatina vittifera* (Luber & Valts) Samoilovich 1953
(MP-P 6085 M55-3, 36 µm)
10. *Weylandites cincinnatus* (Luber & Varykhina) Utting 1994
(MP-P 6119 N34, 30 µm)
11. *Weylandites lucifer* (Bharadwaj & Salujha) Foster 1975
(MP-P 6105 S33-1, 51 µm)
12. *Weylandites striatus* (Luber) Utting 1994 (MP-P 6125 P42, 36 µm)

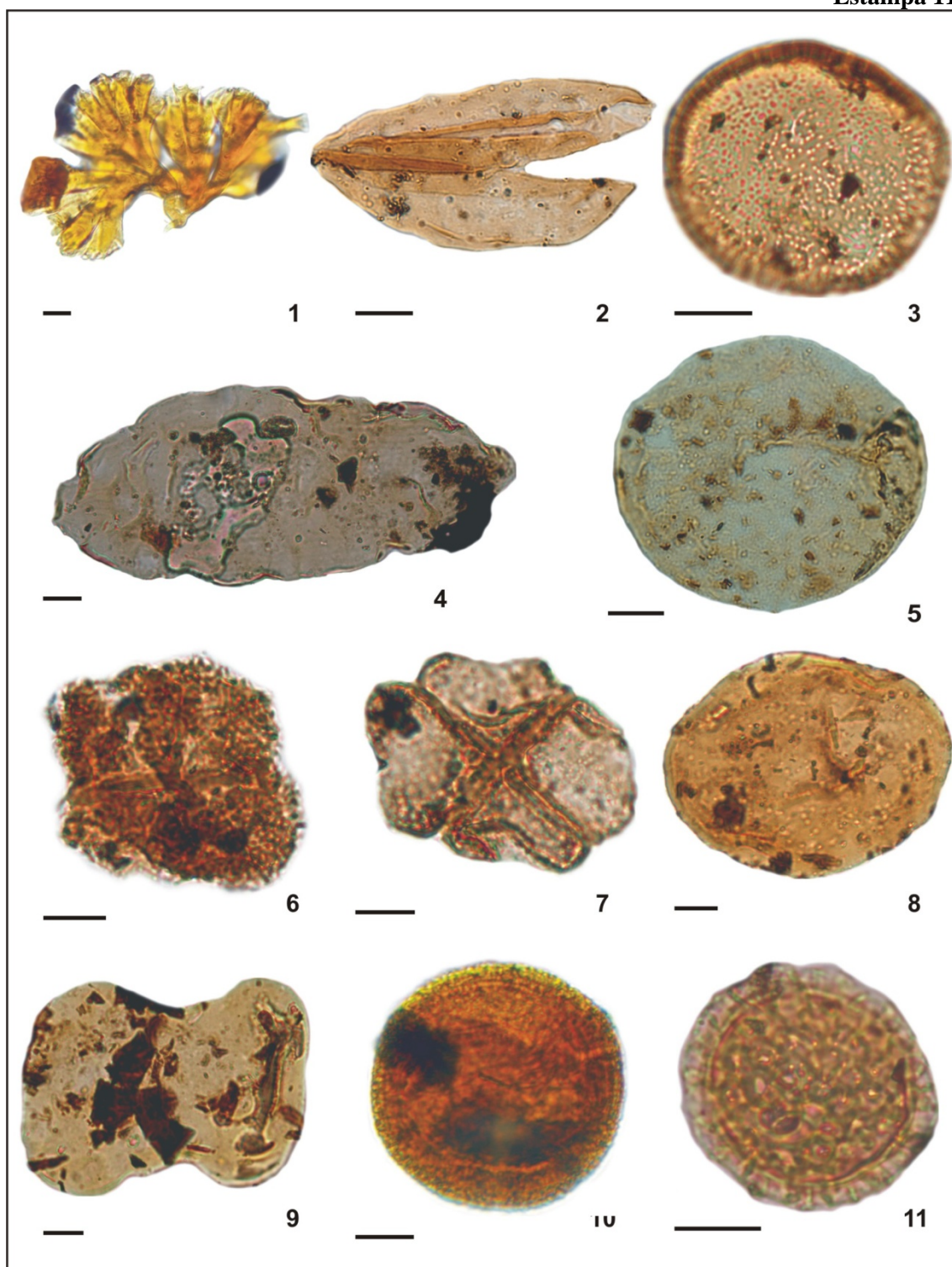
Estampa 10



ESTAMPA 11

1. *Botryococcus braunii* Kützing 1849 (HN05 6105 O34-3, 90 μm)
2. *Brazilea scisa* (Balme & Hennelly) Foster 1975 (MP-P 6127 S28-3, 60 μm)
3. *Congoites* sp. (MP-P 6086 R42-4, 35 μm)
4. *Deusilites tenuistriatus* Gutiérrez, Césari & Archangeslky 1997
(MP-P 5712 E28-4, 120 μm)
5. *Leiosphaeridae* sp. (MP-P 5751 G50, 55 μm)
6. *Quadrisporites horridus* Hennelly ex Potonié & Lele 1961
(MP-P 5751 Q33, 37 μm)
7. *Quadrisporites lobatus* (Tiwari & Navale) Ybert 1975 (MP-P 5751 Q33, 45 μm)
8. *Tasmanites* sp. (MP-P 5750 X34-3, 65 μm)
9. *Tetraporina punctata* (Tiwari & Navale) Kar & Bose 1976
(MP-P 5766 S51-4, 70 μm)
10. *Portalites gondwanensis* Nahuys, Alpern & Ybert 1968
(HN05 6071 Y52-2, 42 μm)
11. *Maculatasporites gondwanensis* Tiwari 1965 (MP-P 5782 W37, 30 μm)

Estampa 11



ANEXO I

Relação das profundidades amostradas e lâminas palinológicas correspondentes, referentes aos poços HN-05-RS e HN-25-RS e afloramento.

	Profundidade	Unidade Litoestratigráfica	Lâmina Palinológica
HN-05-RS	28,00 m	Formação Rio do Rasto	MP-P 6159, 6160
	29,60 m	Formação Rio do Rasto	MP-P 6157, 6158
	31,00 m	Formação Rio do Rasto	MP-P 6155, 6156
	32,30 m	Formação Rio do Rasto	MP-P 6153, 6154
	37,60 m	Formação Rio do Rasto	MP-P 6151, 6152
	40,90 m	Formação Rio do Rasto	MP-P 6149, 6150
	42,50 m	Formação Rio do Rasto	MP-P 6147, 6148
	42,60 m	Formação Teresina	MP-P 6145, 6146
	43,50 m	Formação Teresina	MP-P 6143, 6144
	63,30 m	Formação Teresina	MP-P 6139, 6140
	65,20 m	Formação Teresina	MP-P 6137, 6138
	65,50 m	Formação Serra Alta	MP-P 6135, 6136
	66,50 m	Formação Serra Alta	MP-P 6133, 6134
	70,20 m	Formação Serra Alta	MP-P 6131, 6132
	72,10 m	Formação Serra Alta	MP-P 6129, 6130
	75,50 m	Formação Serra Alta	MP-P 6127, 6128
	76,00 m	Formação Irati	MP-P 6125, 6126
	77,80 m	Formação Irati	MP-P 6123, 6124
	80,80 m	Formação Irati	MP-P 6121, 6122
	84,80 m	Formação Irati	MP-P 6119, 6120
	88,80 m	Formação Irati	MP-P 6141, 6142
	88,80 m	Formação Palermo	MP-P 6117, 6118
	89,40 m	Formação Palermo	MP-P 6115, 6116
	90,80 m	Formação Palermo	MP-P 6113, 6114
	93,00 m	Formação Palermo	MP-P 6111, 6112
	95,20 m	Formação Palermo	MP-P 6547
	102,60 m	Formação Palermo	MP-P 6546
	107,10 m	Formação Palermo	MP-P 6109, 6110
	116,80 m	Formação Palermo	MP-P 6107, 6108
	117,40m	Formação Palermo	MP-P 6545
	122,10 m	Formação Palermo	MP-P 6544
	126,35 m	Formação Palermo	MP-P 6105, 6106
	128,25 m	Formação Palermo	MP-P 6543
	135,20 m	Formação Palermo	MP-P 6542
	140,90 m	Formação Palermo	MP-P 6541
	142,00 m	Formação Palermo	MP-P 6103, 6104
	143,20 m	Formação Palermo	MP-P 6101, 6102
	143,55 m	Formação Palermo	MP-P 6099, 6100
	143,70 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6097, 6098
	143,75 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6095, 6096
	143,85 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6093, 6094A
	144,20 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6091, 6092
144,40 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6089, 6090	
145,10 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6087, 6088	
145,50 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6085, 6086	
146,30 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6083, 6084	
147,00 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6081, 6082A	
148,10 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6079, 6080	
149,60 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6077, 6078A	
149,90 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6075, 6076	
151,60 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6073, 6074	
161,30 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6069, 6070	
160,40m	Formação Rio Bonito	MP-P 6071, 6072	
161,40 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6067, 6068	
163,60 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6065, 6066	
164,80 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6063, 6064	
166,35 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6061, 6062	

	Profundidade	Unidade Litoestratigráfica	Lâmina Palinológica
HN-05-RS	167,20 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6059, 6060
	168,20 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6057, 6058
	168,90 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6055, 6056
	170,40 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6053, 6054
	170,60 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6051, 6052
	171,70 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6049, 6050
	172,90 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6047, 6048
	173,40 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6045, 6046
	173,60 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6043, 6044
	174,00 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6041, 6042
	174,65 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6039, 6040
	173,35 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6037, 6038
	178,20 m	Formação Rio Bonito	MP-P 6035, 6036
	HN-25-RS	5,00 m	Formação Teresina
14,60 m		Formação Teresina	MP-P 5810, 5811
16,00 m		Formação Teresina	MP-P 5808, 5809
18,65 m		Formação Teresina	MP-P 5806, 5807
19,65 m		Formação Serra Alta	MP-P 5804, 5805
20,65 m		Formação Serra Alta	MP-P 5802, 5803
23,40 m		Formação Serra Alta	MP-P 5800, 5801
25,50 m		Formação Serra Alta	MP-P 5798, 5799
54,50 m		Formação Serra Alta	MP-P 5796, 5797
54,60 m		Formação Irati	MP-P 5794, 5795
55,40 m		Formação Irati	MP-P 6559
59,70 m		Formação Irati	MP-P 6558
64,10 m		Formação Irati	MP-P 5792, 5793
66,40 m		Formação Irati	MP-P 5790, 5791
68,60 m		Formação Irati	MP-P 5788, 5789
72,40 m		Formação Irati	MP-P 5786, 5787
72,00 m		Formação Palermo	MP-P 5784, 5785
73,00 m		Formação Palermo	MP-P 5782, 5783
74,90 m		Formação Palermo	MP-P 5780, 5781
75,80 m		Formação Palermo	MP-P 5778, 5779
77,30 m		Formação Palermo	MP-P 5776, 5777
78,00 m		Formação Palermo	MP-P 6557
81,90 m		Formação Palermo	MP-P 6556
90,20 m		Formação Palermo	MP-P 6555
95,60 m		Formação Palermo	MP-P 6554
98,40 m		Formação Palermo	MP-P 6553
105,00 m		Formação Palermo	MP-P 6552
111,90 m		Formação Palermo	MP-P 6551
117,10 m		Formação Palermo	MP-P 6550
120,60 m		Formação Palermo	MP-P 6549
122,85 m		Formação Palermo	MP-P 5774, 5775
123,90 m		Formação Palermo	MP-P 5772, 5773
125,30 m		Formação Palermo	MP-P 5770, 5771
125,80 m		Formação Palermo	MP-P 6548
126,70 m	Formação Palermo	MP-P 5768, 5769	
126,80 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5766, 5767	
127,40 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5764, 5765	
127,80 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5762, 5763	

HN-25-RS	Profundidade	Unidade Litoestratigráfica	Lâmina Palinológica
	129,40 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5760, 5761
	131,00 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5758, 5759
	134,00 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5756, 5757
	137,30 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5754, 5755
	138,00 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5752, 5753
	142,90 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5750, 5751
	143,90 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5748, 5749
	146,80 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5746, 5747
	147,70 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5744, 5745
	148,70 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5742, 5743
	149,70 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5740, 5741
	150,50 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5738, 5739
	151,55 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5736, 5737
	171,20 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5734, 5735
	174,50 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5732, 5733
	175,00 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5730, 5731
	175,10 m	Formação Rio Bonito	MP-P 5728, 5729
	178,65 m	Subgrupo Itararé	MP-P 5726, 5727
	182,10 m	Subgrupo Itararé	MP-P 5724, 5725
184,00 m	Subgrupo Itararé	MP-P 5722, 5723	
184,85 m	Subgrupo Itararé	MP-P 5720, 5721	
185,93 m	Subgrupo Itararé	MP-P 5718, 5719	
186,00 m	Subgrupo Itararé	MP-P 5716, 5717	
186,60 m	Subgrupo Itararé	MP-P 5714, 5715	
186,70 m	Subgrupo Itararé	MP-P 5712, 5713	
AFLORAMENTO	Nível	Unidade litoestratigráfica	Lâmina Palinológica
	C8	Formação Palermo	MP-P 5694, 5695
	C7	Formação Palermo	MP-P 5689 – 5693
	C6	Formação Rio Bonito	MP-P 5687, 5688
	C5	Formação Rio Bonito	MP-P 5686, 5686A
	C4	Formação Rio Bonito	MP-P 5672 – 5685
	C3	Formação Rio Bonito	MP-P 5670, 5671
	C2	Formação Rio Bonito	MP-P 5668, 5669
C1	Formação Rio Bonito	MP-P 5666, 5667	