

## Palinologia da Formação Irati (Permiano Inferior da Bacia do Paraná), em Montividiu, Goiás, Brasil

Eduardo PREMAOR<sup>1</sup>, Tiago V. FISCHER<sup>2</sup> & Paulo A. SOUZA<sup>3</sup>

Laboratório de Palinologia, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia; Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500. CEP 91.540-000. Porto Alegre, RS, Brasil. Email: <sup>1</sup>premaor@pop.com.br; <sup>2</sup>fischer.tiago@gmail.com; <sup>3</sup>paulo.alves.souza@ufrgs.br.

**Abstract: Palynology of the Irati Formation (Lower Permian, Paraná Basin), from Montividiu, Goiás, Brasil.** The Irati Formation represents an important lithostratigraphic datum within the Permian of the Paraná Basin, due to its stratigraphical distribution and varied fossil content. Among the fossil groups, sporomorphs constitute the most efficient tool in providing a biostratigraphic refinement to the Upper Paleozoic sequence of the basin. The taxonomic and biostratigraphic results from the palynological analysis of samples collected in an outcrop in the «vale do rio da Serra», ca. 10 km at North of Montividiu, Goiás State (central-western portion of Brazil), related to the Assistência Member (upper Irati Formation) are presented. The analysis revealed a diversified microflora, especially rich in bisaccate taeniate and non-taeniate and polylicate pollen grains; spores and monosaccate pollen grains are rare. Qualitatively, the main genera are *Alisporites* Daugherty *emend.* Jansonius, *Limitisporites* Leschik *emend.* Klaus, *Protohaploxylinus* Samoilovich *emend.* Morbey, *Striatopodocarpites* Zoricheva & Sedova *ex Sedova emend.* Hart, *Striatoabeites* Zoricheva & Sedova *ex Sedova emend.* Hart, *Lueckisporites* Potonié & Klaus *emend.* Klaus, *Lunatisporites* Leschik *emend.* Scheuring, *Weylandites* Bharadwaj & Srivastava and *Marsupipollenites* Balme & Hennely *emend.* Balme. The assemblage is related to the *Lueckisporites virkkiae* Interval Zone. Based on previous geochronologic data, as well as on palynological correlation, an Artinskian age is proposed to the Irati Formation.

**Key words:** Key words: Irati Formation, Lower Permian, palynology, Paraná Basin, Goiás, Brazil.

A palinologia constitui a ferramenta mais utilizada para fins bioestratigráficos para a seção do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná. Isto é devido à abundância e o grau de resolução estratigráfica dos esporomorfos registrados, com distribuição vertical relativamente curta e ampla distribuição geográfica e, por outro lado, a ausência de marcadores bioestratigráficos de correlação com a escala padrão (*e.g.*, invertebrados marinhos), além de escassas datações radiométricas. Considerando a abrangência geográfica e estratigráfica, os trabalhos palinobioestratigráficos mais significativos para a bacia são relativos a Daemon & Quadros (1970), Marques-Toigo (1991), Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006).

A Formação Irati, base do Grupo Passa Dois, constitui, provavelmente, a unidade de melhor correlação lateral ao longo da bacia e fora dela, tendo em vista sua singularidade litológica e conteúdo fossilífero. Nela se destaca a fauna de mesossaurídeos, com ocorrência restrita na América do Sul (notadamente na porção brasileira da bacia) e sudoeste africano (Namíbia e África do Sul), conforme reconstruções de Timm *et al.*

(1995) e Araújo-Barberena & Timm (2000). Em termos palinológicos, os trabalhos de detalhe efetivamente publicados desta unidade foram desenvolvidos a partir de amostras provenientes do Estado do Rio Grande do Sul (Dellazzana, 1976) e São Paulo (Menéndez, 1976), embora se tenha conhecimento de trabalhos inéditos (*e.g.*, Burjack, 1984). Para a porção aflorante na região mais setentrional da bacia, a única referência é a de Souza *et al.* (1992), relativa à localidade de Montividiu, Estado de Goiás. Este trabalho apresenta os resultados palinológicos dessa localidade, com detalhamento no tratamento sistemático de táxons selecionados e resultados palinobioestratigráficos.

### CONTEXTO GEOLÓGICO E PALEONTOLÓGICO

A bacia sedimentar do Paraná ocupa uma área de ca. 1.700.000 km<sup>2</sup> em área, com espessura alcançando aproximadamente 6.800 m, distribuída no Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai. Suas unidades compreendem depósitos sedimentares e vulcânicos de idades entre o

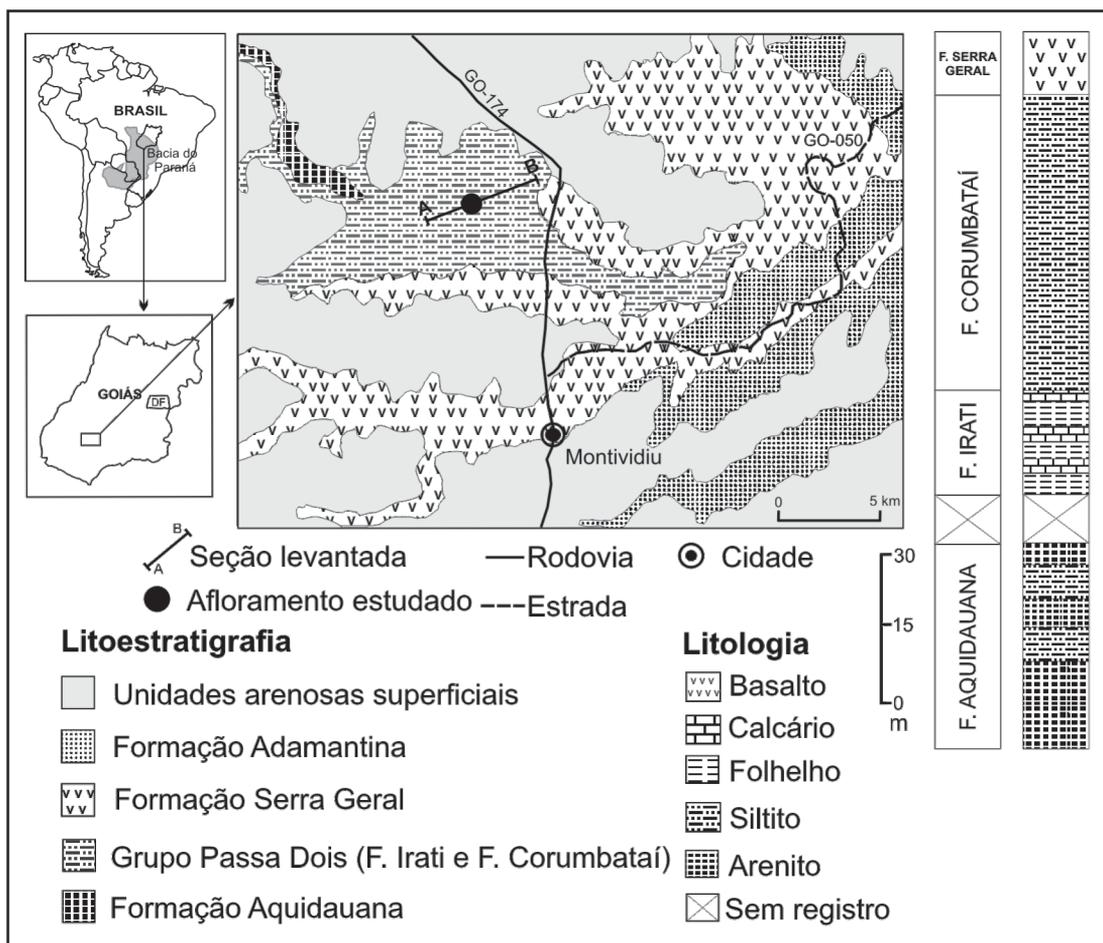


Fig. 1. Geologia local e localização aproximada do afloramento estudado.

Ordoviciano e o Cretáceo. A Formação Irati constitui a base do Grupo Passa Dois e é caracterizada por uma faciologia bastante complexa, com folhelhos, folhelhos betuminosos, arenitos, margas, carbonatos e anidrita (Milani *et al.*, 1994). Litoestratigraficamente, é subdivida nos membros Taquaral (inferior), com predomínio de folhelhos, e Assistência (superior), que inclui intercalações rítmicas de calcário e folhelhos pretos betuminosos, que representam notável marco estratigráfico, com extensão ao longo de toda a borda leste da bacia (Schneider *et al.*, 1976; Daemon *et al.*, 1996).

O conteúdo paleontológico da Formação Irati compreende vegetais, vertebrados, invertebrados (*e.g.*, insetos, crustáceos, foraminíferos), palinomorfos e icnofósseis (*e.g.*, Daemon & Quadros, 1970; Mussa *et al.*, 1980; Oelofsen & Araújo, 1983; Pinto & Adami-Rodrigues, 1996). Dentre estes, mesossaurídeos (Progranosauria)

são os mais característicos, sendo representados pelos gêneros *Mesosaurus* Gervais 1867, *Stereosternum* Cope 1885 e *Brazilosaurus* Shizama & Ozaki 1966, utilizados para correlações a longas distâncias (*e.g.*, Oelofsen & Araújo, 1983), ocorrendo em sedimentos da unidade no Brasil e no Sistema Karoo, na África. Entretanto, as reconstruções paleoambientais da Formação Irati são controversas, sendo considerada relativas a um mar epicontinental ou a depósitos continentais formados em um contexto lagunar ou de golfo, de salinidade variada (Araújo, 2001). Do ponto de vista palinológico, grãos de pólen são os elementos mais comuns, tendo sido registrados também acritarcos (Daemon *et al.*, 1996; Souza *et al.*, 1992), indicativos de ambiente marinho próximo da costa.

Na região de Montividiu, afloram, da Bacia do Paraná, a Formação Aquidauana (Carbonífero

Superior/Permiano Inferior), unidades do Grupo Passa Dois (formações Irati e Corumbataí, Permiano Inferior/Médio), além de termos vulcânicos da Formação Serra Geral (Jurássico/Cretáceo) e arenitos da Formação Adamantina (Grupo Bauru, Cretáceo). A Formação Irati aflora em localidades isoladas, de difícil representação em mapeamento de pequena escala, tendo sido ali reconhecido somente o Membro Assistência, composto por folhelhos pretos em bancos de 20 cm de espessura intercalados com calcários silicificados. Formações superficiais arenosas ocorrem expressivamente na área, por vezes referidas como pertencentes à Formação Cachoeirinha (Terciário), conforme representado na figura 1, que apresenta ainda a seção colunar referente ao afloramento estudado e às unidades adjacentes.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras analisadas são provenientes de uma seção aflorante ao longo do flanco esquerdo do Vale do Rio da Serra, cerca de 10 km ao norte de Montividiu, Estado de Goiás (seção A-B na figura 1). O tratamento empregado para recuperação de palinomorfos constitui-se da desagregação física e dissolução dos componentes minerais, com a utilização dos ácidos clorídrico e fluorídrico, conforme tradicionalmente descrito na literatura. As lâminas estão 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 (DEPEST/IG/UFRGS), sob código MP-P 5110 e 5129 a 5162. A análise palinológica foi realizada sob microscopia óptica, em aumentos entre 100 e 1000 vezes, no microscópio Olympus BX 51 do Laboratório de Palinologia do DEPEST/IG/UFRGS. A documentação fotomicrográfica foi realizada com câmera digital.

## PALINOLOGIA

Neste capítulo, é apresentada uma lista das espécies de esporos e grãos de pólen registrados, em ordem alfabética, totalizando 27 espécies (2 esporos, 3 grãos de pólen monossacados não teniados, 1 monossacado teniado, 3 bissacados não teniados, 12 bissacados teniados, 4 poliplicados e 2 precolpados). Nas figuras 2 e 3 são ilustrados os táxons mais comuns e característicos estudados. Adicionalmente também são propostas novas interpretações sistemáticas de

duas espécies do gênero *Lueckisporites*, bem como descritos táxons selecionados, especialmente aqueles inéditos para a Bacia do Paraná.

### Conteúdo palinológico

Esporos:

*Calamospora* spp. (não ilustrados)

*Convolutispora* sp. (não ilustrado)

Grãos de pólen:

*Alisporites* sp. (não ilustrado)

*Caheniasaccites flavatus* Bose & Kar emend. Azcuy & Di Pasquo, 2000 (Fig. 2.D)

*Cannanoropollis* cf. *C. trigonalis* Bose & Maheshwari 1968 (não ilustrado)

*Falcisporites* sp. (não ilustrado)

*Limitisporites hexagonalis* Bose & Maheshwari 1968 (Fig. 2.E)

*Lueckisporites agoulaensis* Jardiné 1974 (Fig. 3.A-B)

*Lueckisporites nyakapendensis* Hart 1960 (Fig. 3.D)

*Lueckisporites stenotaeniatus* Menéndez 1976 (Fig. 3.C)

*Lueckisporites virkkiae* Potonié & Klaus 1954 (Fig. 2.L)

*Lunatisporites variesectus* Archangelsky & Gamberro 1979 (Fig. 2.K)

*Marsupipollenites striatus* (Balme & Hennelly) Hart 1965 (Fig. 3.K)

*Marsupipollenites triradiatus* Balme & Hennelly 1956 (Fig. 3.L)

*Plicatipollenites trigonalis* Lele 1964 (Fig. 2.A)

*Potonieisporites* sp. (Fig. 2.C)

*Protohaploxypinus amplus* (Balme & Hennelly) Balme & Playford 1967 (Fig. 2.F-G)

*Protohaploxypinus bharadwajii* Foster 1979 (Fig. 2.H)

*Staurosaccites cordubensis* Archangelsky & Gamberro 1979 (Fig. 3.F)

*Staurosaccites quadrifidus* Dolby 1976 (Fig. 3.E)

*Striatoabieites* sp. (não ilustrado)

*Striatopodocarpites cancellatus* (Balme & Hennelly) Hart 1963 (Fig. 2.J)

*Striatopodocarpites fusus* (Balme & Hennelly) Potonié 1958 (Fig. 2.I)

*Striomonosaccites incrassatus* Playford & Dino 2000 (Fig. 2.B)

*Vittatina costabilis* Wilson 1962 (Fig. 3.G)

*Weylandites cincinnatus* (Luber ex Varyukhina) Utting 1994 (Fig. 3.H)

*Weylandites lucifer* (Bharadwaj & Salujha) Foster 1975 (Fig. 3.I)

*Weylandites striatus* (Luber) Utting 1994 (Fig. 3.J)

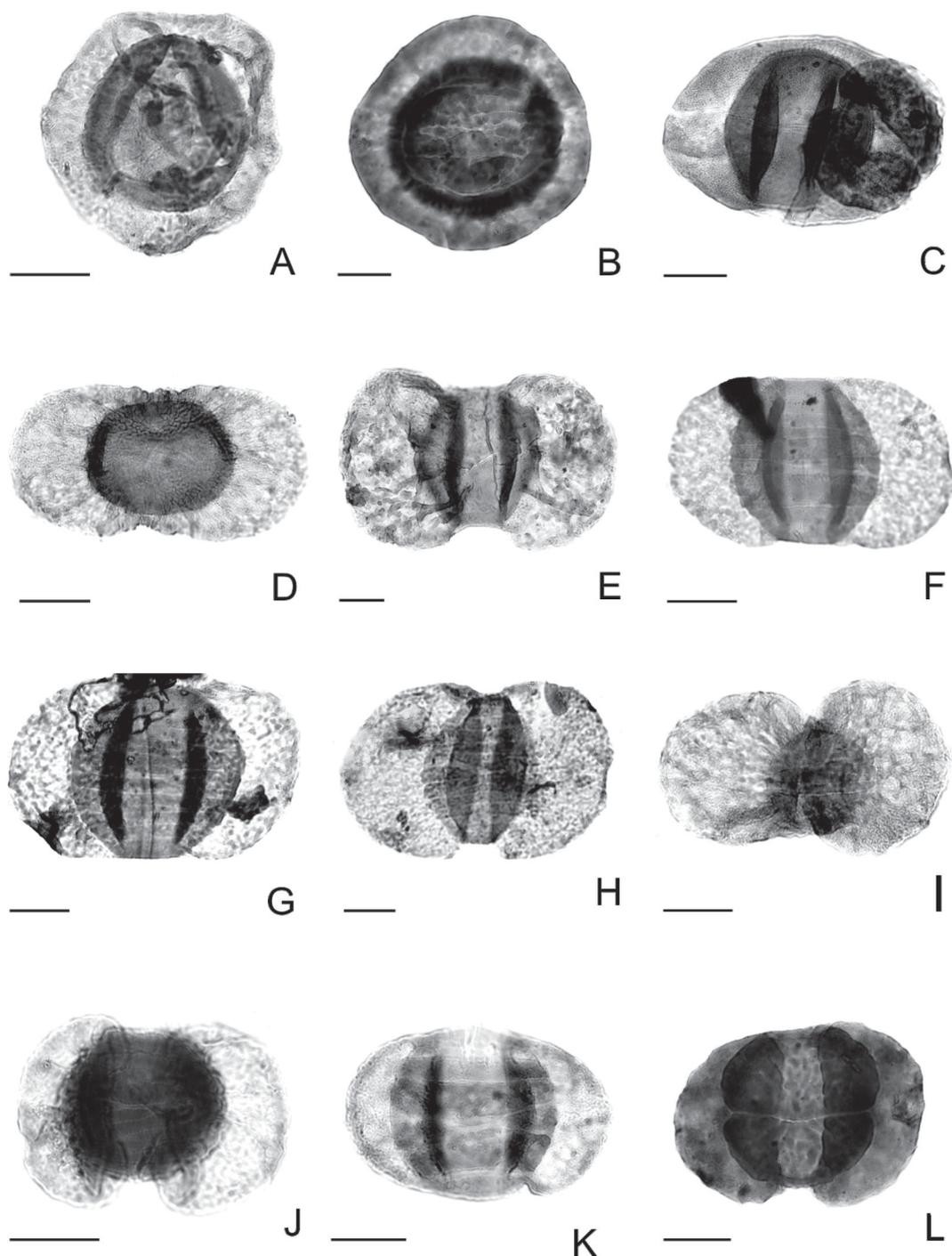


Fig. 2. Fotomicrografías de táxons seleccionados. A. *Plicatipollenites trigonalis* (Lâmina, MP-P: 5147, Coordenada England FINDER N32-4); B. *Striomonosaccites incrassatus* (MP-P: 5142, O34-4); C. *Potonieisporites* sp. (MP-P: 5135, U43-2); D. *Caheniasaccites flavatus* (MP-P: 5151, L41-3); E. *Limitisporites hexagonalis* (27MP-P: 5138, T39-1); F-G. *Protohaploxypinus amplus* (F, MP-P: 5149, L38-1; G, MP-P: 5147, U35); H. *Protohaploxypinus bharadwajii* (MP-P: 5136, U31-2); I. *Striatopodocarpites fusus* (MP-P: 5135, O34-2); J. *Striatopodocarpites cancelatus* (MP-P: 5138, L42); K. *Lunatisporites variesectus* (MP-P: 5138; W45); L. *Lueckisporites virkkiae* (MP-P: 5137; L34-4). Escala gráfica = 20  $\mu$ m.

### Descrições palinológicas

Anteturma VARIEGERMINANTES Potonié  
1970

Turma SACCITES Erdtman 1947

Subturma MONOSACCITES Chitaley *emend.*  
Potonié & Kremp 1954

Infraturma STRIASACCITI Bharadwaj 1962

Gênero *Striomonosaccites* Bharadwaj 1962

*Espécie tipo: Striomonosaccites ovatus* Bharadwaj  
1962

*Striomonosaccites incrassatus* Playford &  
Dino 2000

(Fig. 2.B)

*Localidade tipo.* Formação Itaituba, Bacia do Amazonas (Brasil), poço 1-PC-1-AM, testemunho 11 (1.062,26 m) (Playford & Dino, 2000).

*Descrição.* Grão de pólen monossacado, radial, teniado, de contorno subcircular. Marca monolete não evidente. Corpo central definido, de contorno acompanhando a forma geral do grão; exina relativamente espessa, contendo cerca de 9 tênias largas (6-12  $\mu\text{m}$ ), algumas das quais anastomosadas; face distal de aspecto grano-verrucoso. Saco de largura variável (9-14  $\mu\text{m}$  na área sem recobrimento), levemente engrossado na área marginal.

*Dimensões* (em 1 espécime). Diâmetro equatorial geral, 81x82  $\mu\text{m}$ ; diâmetro do corpo central, 57x61  $\mu\text{m}$ .

*Comparações.* *Striomonosaccites incrassatus* Playford & Dino 2000 apresenta tênias mais espessas e conspícuas que em *Striomonosaccites ovatus* Bharadwaj 1962.

*Registros prévios.* Espécie inédita para a Bacia do Paraná. Carbonífero Superior da Bacia do Amazonas (Playford & Dino, 2000).

Subturma DISACCITES Cookson 1947

Infraturma STRIATITI Pant 1954

Gênero *Staurosaccites* Dolby 1976

*Espécie-tipo: Staurosaccites quadrifidus* Dolby  
1976

*Staurosaccites quadrifidus* Dolby 1976

(Fig. 3.E)

*Rimaesporites* sp. in Daemon & Quadros, 1970, p. 387,  
est. 9, P-537.

*Guttulapollenites hannonicus* (*auct. non*) Goubin 1965,  
in Menéndez, 1976, p. 11, est. IV, fig. 6.

*Localidade-tipo.* Perfuração Onslow 1 (1.448,5 m de profundidade), Camadas Mungaroo, Bacia

de Carnarvon, Triássico da Austrália (Dolby & Balme, 1976).

*Dimensões* (2 espécimes). Largura total no eixo longitudinal (EL), 45, 51  $\mu\text{m}$ ; sacos: eixo transversal (ET), 47, 55  $\mu\text{m}$ ; corpo central: EL, 37, 48  $\mu\text{m}$ , ET, 35, 55  $\mu\text{m}$ , sulco 1 a 5  $\mu\text{m}$ .

*Comparações.* Os espécimes assinalados em *S. quadrifidus* apresentam menor largura do leptoma (entre 1 e 3  $\mu\text{m}$ ) que em *S. cordubensis* Archangelsky & Gamero 1979 (entre 6-18  $\mu\text{m}$ ).

*Observações.* Embora a largura máxima do leptoma dos espécimes descritos por Daemon & Quadros (1970) como *Rimaesporites* sp. não tenha sido fornecida, as ilustrações permitem inferir largura máxima de 5,3  $\mu\text{m}$ , o que constitui medida de transição entre *S. quadrifidus* (leptoma entre 2-4  $\mu\text{m}$ ) e *S. cordubensis* (entre 6-18  $\mu\text{m}$ ). Dentre os dois espécimes ilustrados por Menéndez (1976) como *G. hannonicus* Goubin (1965), pelo menos aquele representado na est. IV, fig. 6 deve ser incluído em *S. quadrifidus*, com base na largura do leptoma. Os espécimes descritos como *S. quadrangularis* (*nomen nudum*) por Burjack (1984), em trabalho não publicado (tese de doutoramento) para a Formação Irati no Estado do Rio Grande do Sul, são comparáveis a *S. quadrifidus*.

Gênero *Lueckisporites* Potonié & Klaus  
*emend.* Klaus 1963

*Espécie tipo: Lueckisporites virkkiae* Potonié &  
Klaus 1954

*Lueckisporites agoulaensis* Jardiné 1974

(Fig. 3. A, B)

*Lueckisporites densicarpus* Archangelsky & Gamero  
1979, p. 450-451, est. XI, figs. 1-5.

*Lueckisporites densicarpus* (*auct. non*) Archangelsky  
& Gamero 1979, in Souza & Marques-Toigo, 2005,  
fig. 3.g.

*Localidade tipo.* Membro Loumiki, Série de l'Angoula (sondagem DILO, 10), Permiano inferior do Gabão (Jardiné, 1974).

*Descrição.* Grãos de pólen bissacados, fortemente diploxilonóides. Corpo central escuro, arredondado a ovalado, com maior elongação no eixo longitudinal e com eixo transversal menor que dos sacos; ectexina proximal composta por duas tênias, em alguns casos com bordas levemente crenuladas; tênias espaçadas entre si, delimitando um sulco de largura variável (1-9  $\mu\text{m}$ ) que atravessa todo o corpo central no eixo longitudinal, com uma marca monolete central, às vezes indistinta. Sacos globosos, maiores que o semi-círculo, mais expandidos transversalmente. Leptoma de largura variável (3-20  $\mu\text{m}$ ).

*Description.* Disaccate pollen grains, strongly diploxylonoid. Central body dark, round to oval, with elongation in the longitudinal axis and transversal axis shorter than the saccus transversal axis. Cappa divided by a cleft (1-9  $\mu\text{m}$ ), running fully the body breadth and dividing it into two taeniae, sometimes slightly crenulate at the margin; cleft with a central monolete mark sometimes indistinct. Sacci globular, larger than the semi-circle, transversally broadly. Leptome of varied width.

*Amplificação da diagnose.* Grão de pólen bissacado, fortemente diploxilonóide, circular a ovalado. Corpo central distinto, escuro, mais reduzido que os sacos no eixo transversal, com duas tênias largas na ectexina proximal, delimitadas por um sulco de largura variável. Sacos globosos, maiores que o semi-círculo.

*Diagnosis amplification.* Dissaccate pollen grain, strongly diploxylonoid, circular to oval. Central body distinct, dark, more reduced than the sacci at the longitudinal axis; cappa divided by a cleft of varied width, running fully the body breadth and dividing it into two taeniae. Sacci globular, larger than the semi-circle.

*Dimensões* (em 14 espécimes). Largura total no eixo longitudinal (EL), 74-121  $\mu\text{m}$ ; sacos: EL, 31-56  $\mu\text{m}$ , eixo transversal (ET), 42-67  $\mu\text{m}$ ; corpo central: EL, 38-58  $\mu\text{m}$ , ET, 35-48  $\mu\text{m}$ .

*Observações.* Para Archangelsky & Gamero (1979), *Lueckisporites densicarpus* difere de *L. agoulaensis* Jardiné 1974 pelo corpo central alongado longitudinalmente, presença de sulco central na face proximal do corpo central e marca monolete. A julgar pelas ilustrações de *L. agoulaensis*, a largura do sulco pode variar em até cerca de 7  $\mu\text{m}$  e o corpo central é levemente alongado longitudinalmente, sendo possível verificar também a presença de marca monolete (holótipo, Jardiné, 1974, est. VI, fig. 14). As características morfológicas e dimensões de ambas as espécies são praticamente as mesmas, embora se note na descrição de *L. agoulaensis*, que haja carência de detalhamento, suscitando a amplificação de sua diagnose, para a qual foram também utilizadas as informações de Archangelsky & Gamero (1979) para a descrição de *L. densicarpus*, notadamente mais completa. A largura do leptoma é variada nas duas espécies, assim como a presença de crenulação na borda do corpo central e a marca identificação da monolete, menos visível nos espécimes onde o sulco é mais estreito, caracteres aqui não considerados como diagnósticos. Vale ressaltar, que a presença da marca monolete só é visível naqueles espécimes

cujas tênias estão mais abertas, com sulco largos, o que pode ser resultado de compressão diferenciada.

*Comparações.* *Lueckisporites densus* Cauduro 1970 apresenta corpo central com caráter menos escuro, refletindo exina menos densa, de maior dimensão com relação aos sacos, os quais estão relativamente mais próximos e menos desenvolvidos longitudinalmente que em *L. agoulaensis*.

***Lueckisporites nyakapendensis* Hart 1960**  
(Fig. 3.D)

*Lueckisporites latisaccus* Archangelsky & Gamero 1979, p. 451, est. X, figs. 10-12.

*Lueckisporites virkkiae* (auct. non) (Potonié & Klaus) Klaus 1963, in Souza & Marques-Toigo, 2005, fig. 3.i.

*Localidade-tipo.* Vale do rio Nyakapenda, chamada CS 34, McKinlay, Permiano de Tanganyika (Hart, 1960).

*Descrição.* Grãos de pólen bissacados, fortemente diploxilonóides. Corpo central ovalado, alongado longitudinalmente. Ectexina proximal dividida em duas tênias alongadas e curvas acompanhando o eixo de maior elongação do corpo central, separadas por um sulco (12  $\mu\text{m}$ ) que se estende longitudinalmente até as extremidades do corpo central. Sacos maiores que o semi-círculo; inserção paralela ao eixo transversal do grão; mais alongados transversalmente que o corpo central; separados em cerca de 23  $\mu\text{m}$  (leptoma).

*Dimensões* (1 espécime). Largura total no eixo longitudinal (EL), 99  $\mu\text{m}$ ; sacos: EL, 41  $\mu\text{m}$ , eixo transversal (ET), 61  $\mu\text{m}$ ; corpo central: EL, 60  $\mu\text{m}$ , ET, 46  $\mu\text{m}$ .

*Comparações.* As dimensões dos espécimes apresentadas na descrição original da espécie (Hart, 1960) e em *L. latisaccus* Archangelsky & Gamero 1979 não são interpretadas como caráter de distinção entre as duas espécies, uma vez que devem representar uma gradação (73-109  $\mu\text{m}$  em Hart, 1960; 99-132  $\mu\text{m}$  em Archangelsky & Gamero 1979), bem como a largura do sulco na face proximal (~4  $\mu\text{m}$  em Hart, 1960; 7-16  $\mu\text{m}$  em Archangelsky & Gamero 1979; 12  $\mu\text{m}$  no espécime estudado). Estrias secundárias nas duas tênias foram verificadas por Hart (1960) em raros exemplares africanos. Esta feição não foi observada nos espécimes sul-americanos e não constituem caracter diagnóstico da espécie.

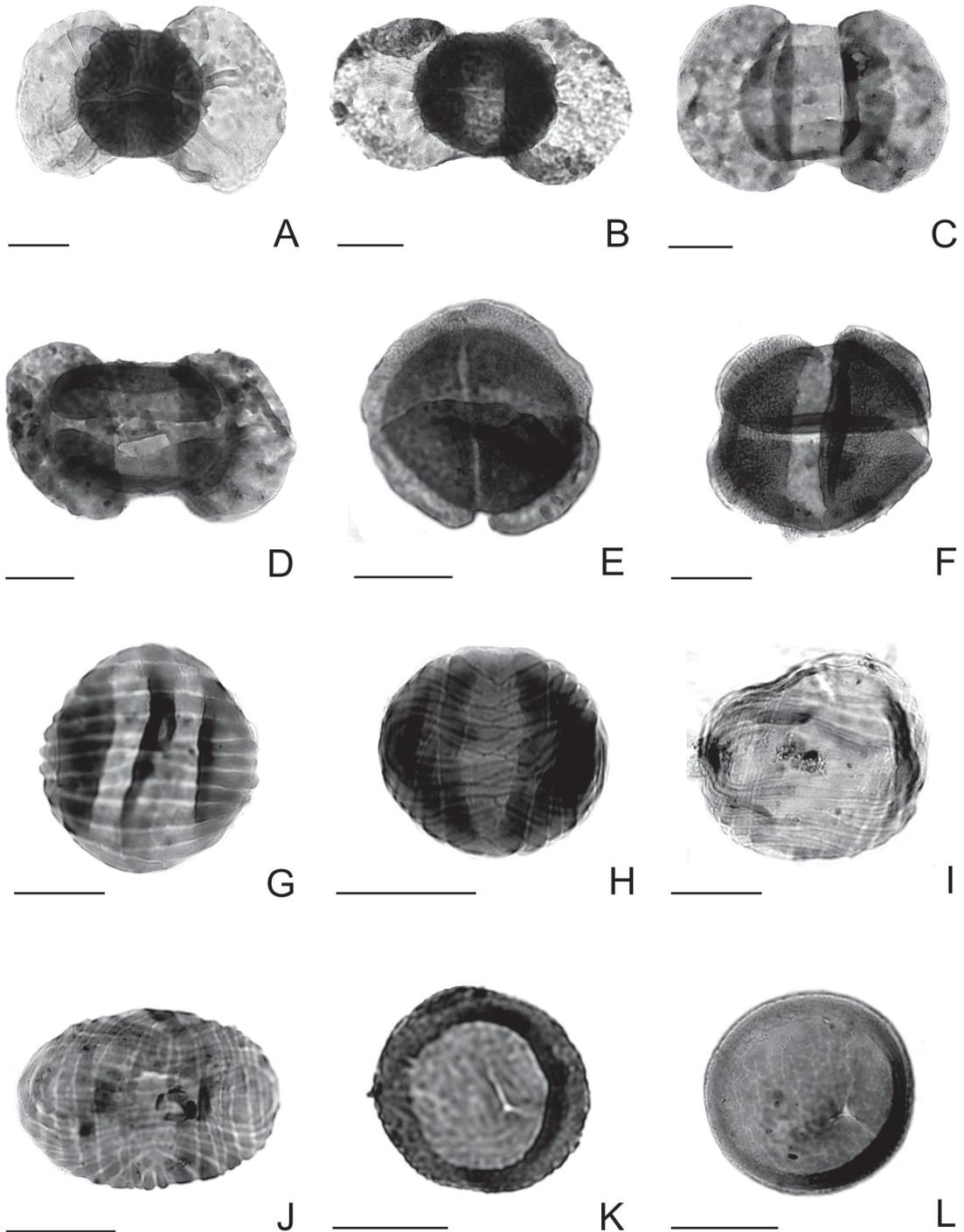


Figura 3. Fotomicrografias de táxons selecionados. A e B. *Lueckisporites agoulaensis* (A, MP-P: 5141, Q36-4, B, MP-P: 5147, C28-2); C. *Lueckisporites stenotaeniatus* (MP-P: 5148, M30-2); D. *Lueckisporites nyakapendensis* (MP-P: 5162, H33-3); E. *Staurosaccites quadrifidus* (MP-P: 5142, U35-2); F. *Staurosaccites cordubensis* (MP-P: 5147, R43-3); G. *Vittatina costabilis* (MP-P: 5133, E23-1); H. *Weylandites cincinnatus* (MP-P: 5147, E22); I. *Weylandites lucifer* (MP-P: 5138, R22); J. *Weylandites striatus* (MP-P: 5133, E43-4); K. *Marsupipollenites triradiatus* (MP-P: 5131 ; N39-3); L. *Marsupipollenites striatus* (MP-P: 5139; G49-3). Escala gráfica = 20 µm.

Turma PLICATES Naumova emend. Potonié  
1956

Subturma POLYPLICATES Erdtman 1952

Gênero **Weylandites** Bharadwaj & Srivastava  
1969

*Espécie-tipo: Weylandites indicus* Bharadwaj &  
Srivastava 1969

**Weylandites cincinnatus** (Luber ex  
Varyukhina) Utting 1994  
(Fig. 3.H)

? *Decussatisporites* sp., in Venkatachala & Kar, 1968,  
est. 10, fig. 188.

*Descrição.* Grãos de pólen monosulcados, poliplicados, contorno circular a subcircular. Face proximal com 14 a 15 tências (1-2  $\mu\text{m}$  de espessura) arranjadas paralelamente ao eixo longitudinal, dispostas de forma contínua, bifurcadas ou acunhadas; face distal composta de dois conjuntos de 4 a 6 tências, mais engrossadas que aquelas da face proximal (1-5  $\mu\text{m}$  de largura), arranjadas lateralmente, deixando área livre central alongada no eixo transversal (ca. 3-8  $\mu\text{m}$  de largura).

*Dimensões* (em 3 espécimes). Largura total no eixo longitudinal (EL), 30-32  $\mu\text{m}$ ; eixo transversal (ET), 25-30  $\mu\text{m}$ .

*Comparações.* O caráter do engrossamento das tências na face distal diferencia esta espécie das demais conhecidas do gênero. Dessa forma, adota-se a manutenção desta espécie conforme Utting (1994), tendo em vista que em *W. lucifer* as tências da face distal não são engrossadas. *Weylandites striatus* (Luber) Utting 1994 compreende formas mais alongadas longitudinalmente, com tências mais finas e mais numerosas na face distal, e área livre na face distal mais restringida no sentido transversal.

*Observações.* *Decussatisporites* sp. é tentativamente considerado sinônimo de *W. cincinnatus* com base somente na ilustração de Venkatachala & Kar (1968), uma vez que os autores não apresentaram descrição para o espécime.

*Registros prévios.* Espécie inédita para a Bacia do Paraná, descrita para o Permo-Triássico da antiga União Soviética e para o Permiano do Canadá (ver Utting, 1994).

**Weylandites striatus** (Luber) Utting 1994  
(Fig. 3.J)

*Descrição.* Grãos de pólen monosulcados, poliplicados, contorno geral ovalado (alongado

longitudinalmente). Face proximal com 15 a 18 tências (1-2  $\mu\text{m}$  de espessura) arranjadas paralelamente ao eixo longitudinal, dispostas de forma contínua; 14 a 16 tências (1-4  $\mu\text{m}$  de largura) se distribuem quase que inteiramente na superfície distal, deixando área livre alongada na região central (8 a 9  $\mu\text{m}$  de espessura), restringida transversalmente.

*Dimensões* (em 2 espécimes). Largura total no eixo longitudinal (EL), 47, 58  $\mu\text{m}$ ; eixo transversal (ET), 33, 37  $\mu\text{m}$ .

*Registros prévios.* Espécie inédita para a Bacia do Paraná, descrita para o Permiano da antiga União Soviética e do Canadá (ver Utting, 1994).

**Weylandites lucifer** (Bharadwaj & Salujha)  
Foster 1975  
(Fig. 3.I)

*Vittatina africana* (auct. non) Hart 1966, in Dellazzana,  
1976, p. 25-26, est. IV, figs. 1-3.

*Paravittatina lucifer* (auct. non) (Bharadwaj & Salujha)  
Balme 1970, in Menéndez, 1976, p. 20-21, est. III  
figs. 5-6.

*Lueckisporites virkkiae* (auct. non) Potonié & Klaus  
emend. Klaus 1963 in Santos *et al.*, 2006, fig. 5.f.

*Observações.* O espécime ilustrado na figura 5.f por Santos *et al.* (2006) foi erroneamente assinalado em *Lueckisporites virkkiae*. A análise do material original permite sua atribuição em *W. lucifer*, embora somente com fotomicrografias em foco da faces distal e proximal o caráter cruzado das tências possa ser observado.

*Registros prévios.* Espécie relativamente comum nos estratos equivalentes da Zona *Lueckisporites virkkiae* da Bacia do Paraná (*e.g.*, Dellazzana, 1976; Menéndez, 1976).

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com o zoneamento palinobioestratigráfico vigente para o Paleozóico Superior da Bacia do Paraná, realizado por Souza & Marques-Toigo (2003, 2005), incluindo as propostas de Daemon & Quadros (1970), Marques-Toigo (1991) e Souza (2006), quatro zonas de intervalo representam a sucessão palinológica da bacia. As zonas *Ahrensispurites cristatus* e *Crucisaccites monoletus* (Souza, 2006) são relativas ao Carbonífero, enquanto que as zonas *Vittatina costabilis* e *Lueckisporites virkkiae* são restritas ao Permiano (Souza & Marques-Toigo, 2005). O material estudado da Formação Irati corrobora resultados anteriores da unidade a partir de poços (Daemon & Quadros, 1970), ou afloramentos em São Paulo (Menéndez, 1976), no Rio Grande do Sul (Dellazzana, 1976) ou no Paraná (Santos *et al.*, 2006), com espectros palinológicos se-

melhantes qualita e quantitativamente. Dentre as espécies diagnósticas, a presença de *Lueckisporites virkkiae*, *L. stenotaeniatus*, *Lunatisporites variesectus* e *Weylandites lucifer* confirma o posicionamento na Zona *Lueckisporites virkkiae*, com equivalência aos subintervalos L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub> de Daemon & Quadros (1970).

Em termos geocronológicos, inicialmente os subintervalos L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub> foram atribuídos ao Kazaniano por Daemon & Quadros (1970), relativo ao Permiano Superior, conceituação adotada tradicionalmente, baseados, sobretudo, em comparações com espécies comuns do «Zechstein» da Inglaterra. Contudo, dados paleontológicos advindos de outros grupos fósseis e datações absolutas de estratos correlatos africanos indicam idade mais antiga para a unidade no Brasil, conforme preliminarmente discutido em Santos et al. (2006). A Formação Whitehill, unidade litoestratigraficamente correlata no continente africano (Faure & Cole, 1999), foi posicionada no Artinskiano, com base no conteúdo paleontológico (ver Anderson, 1977). Considerando a última versão da tabela geocronológica internacional (Gradstein et al., 2004), o andar Kazaniano foi abandonado e corresponderia, na tabela atual, a andares situados no Guadalupiano (Permiano Médio). Dessa forma, seria possível admitir uma idade pré-Lopingiana (pré Permiano Superior, sendo o Permiano tripartite) para a unidade. Dados radiométricos corroboram a assertiva, uma vez que a datação U-Pb (SHRIMP zircão) obtida por Santos et al. (2006) a partir de cinzas vulcânicas intercaladas com folhelhos na Formação Irati no Estado do Paraná, revelou uma idade de 278,4 ± 2,2 Ma, relativa ao Artinskiano.

Em termos paleoambientais, a grande participação de elementos vinculados à flora gimnospérmica, representados por grãos de pólen bissacados, teniados e poliplicados, confirma as condições de aridez preconizadas para estes tempos do Permiano por outros autores com base no conteúdo paleontológico ou mineralógico (e.g., Vieira et al., 1991; Yamamoto et al., 2004). Os caracteres morfológicos dos grãos de pólen teniados, principalmente, são entendidos como adaptações a ausência de água contra o ressecamento das estruturas reprodutoras, com a presença de tênias bem desenvolvidas e espessas (e.g., espécies de *Lueckisporites* e *Lunatisporites*). A presença de acritarcos na unidade foi registrada por Souza et al. (1992) e Daemon et al. (1996), evidenciando ambiente marinho próximo à costa, tendo em vista os caracteres morfológicos (formas pouco ornamenta-

das e com espinhos curtos) das espécies microplanctônicas (e.g., *Michrystridium*). No entanto, estas espécies não são significativas do ponto de vista quantitativo, o que pode refletir condições mais restritas e, possivelmente, de baixa salinidade.

## CONCLUSÕES FINAIS

Os dados palinobioestratigráficos corroboram posicionamentos prévios da unidade na Zona *Lueckisporites virkkiae*, cuja idade é considerada Artinskiana/Wuchiapingian (inferior?), como base em datações radiométricas e em vertebrados e invertebrados fósseis. Melhor delimitação da zona é necessária, de modo a se registrar táxons de menor amplitude, para sua subdivisão, fornecendo melhores correlações. As espécies consideradas sinônimos de táxons africanos do Sistema Karoo (Permiano inferior a médio), ocorrem tanto na Zona *Striatites* (Bacia do Chacoparaná, Argentina) quanto na Zona *Lueckisporites virkkiae*. Os caracteres de distinção utilizados pelos autores proponentes são considerados como variações intra-específicas, tendo em vista que há verdadeira variação gradativa das dimensões relativas entre o corpo central e os sacos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à FAPERGS pela concessão de auxílio à pesquisa (Projeto CNPq 474153/2004-5) e bolsas. Este trabalho constitui contribuição ao projeto IGCP 471.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, J. M. 1977. The biostratigraphy of the Permian and Triassic. Part 3: a review of Gondwana Permian palynology basin, South Africa. *Bot. Surv. S. Africa*, Memoirs 41, 188 pp.
- Araújo, L. M. 2001. *Análise da expressão estratigráfica dos parâmetros de geoquímica orgânica e inorgânica nas seqüências deposicionais Irati*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 307 pp.
- Araújo-Barberena, D. C. & L. L. Timm. 2000. Características dos Mesossauros e suas adaptações ao meio aquático. En: M. Holz. & L. F. De Ros (ed.), *Paleontologia do Rio Grande do Sul*, pp. 194-209, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (CIGO).
- Archangelsky S. & J. C. Gamberro. 1979. Palinología del Paleozoico Superior en el subsuelo de la Cuenca Chacoparanaense, República Argentina. I. Estudio sistemático de los palinomorfos de tres perforacio-

- nes de la provincia de Córdoba. *Rev. Esp. Microp.* XI: 417-478.
- Burjack, M. I. A. 1984. *Caracterização da matéria orgânica dispersa nos sedimentitos da Formação Irati, Permiano Superior da Bacia do Paraná*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 231 pp.
- Daemon, R. F. & L. P. Quadros. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. *24<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Geologia* (Brasília), *Anais*: 359-412.
- Daemon, R. F., P. L. Casaletti & J. H. G. Ciguel. 1996. Biopaleogeografia da Bacia do Paraná. *Simpósio sobre o Siluro-Devoniano da Bacia do Paraná* (Ponta Grossa). *Boletim de Resumos Expandidos*: 55-71.
- Dellazzana, J. G. 1976. Contribuição à palinologia da Formação Irati (Permiano) Rio Grande do Sul, Brasil. *Ameghiniana* 13: 1-42.
- Dolby, J. H. & B. E. Balme. 1976. Triassic palynology of the Carnarvon Basin, Western Australia. *Rev. Palaeob. Palyn.* 22: 105-168.
- Faure, K. & D. Cole. 1999. Geochemical evidence for lacustrine microbial blooms in the vast Permian Main Karoo, Paraná, Falkland Islands and Huab basins of southwestern Gondwana. *Palaeog., Palaeoc.*, 152: 189-213.
- Goubin, N. 1965. Description et repartition des principaux pollenites permien, triasiques et jurassiques des sondages du Bassin de Morondva (Madagascar). *Rev. Inst. Franç. Pétr.* XX: 1415-1461.
- Gradstein, F. M. *et alii* (38 co-autores). 2004. A geologic time scale 2004. Geological Survey of Canada, *Miscellaneous Report*. 86, 1 chart.
- Hart, G. F. 1960. Microfloral investigation of the lower coal measures (K2); Ketewaka-Mchuchuma Coalfield, Tanganyika. *Geol. Surv. Tanganyika*, Bull. 30, 18 pp.
- Jardiné, S. 1974. Microflores des formations du Gabon attribuées au Karroo. *Rev. Palaeob. Palynol.* 17: 75-112
- Marques-Toigo, M. 1991. Palynobiostratigraphy of the Southern Brazilian Neopaleozoic Gondwana sequence. *7 International Gondwana Symposium* (São Paulo). *Proceedings*: 503-515.
- Menéndez, C. A. 1976. Contenido palinológico de estratos pérmicos con «Mesosaurus» de Rio Claro, São Paulo, Brasil. *Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat.* 2: 1-30.
- Milani, J. E., A. B. França & R. L. Schneider. 1994. Bacia do Paraná. *Bol. Geoc. Petrobrás* 8: 69-82.
- Mussa, D., R. G. Carvalho & P. R. Santos. 1980. Estudo estratigráfico em ocorrências fossilíferas da Formação Irati de São Paulo, Brasil. *Bol. IG-USP* 11: 142-149.
- Oelofsen, B. & D. C. Araújo. 1983. Paleocological implications of the distribution of Mesosaurid reptiles in the Permian Irati sea (Paraná Basin), South America. *Rev. Bras. Geoc.* 13: 1-6.
- Pinto, I. D & K. Adami-Rodrigues. 1996. Pygocephalomorph crustácea. New data and interpretations, with emphasis on Brazilian and South African forms. *Pesquisas* 23: 41-50.
- Playford, G. & R. Dino. 2000. Palynostratigraphy of upper Palaeozoic strata (Tapajós Group), Amazonas Basin, Brazil: Part two. *Palaeontographica*, Abt. B 225: 87-145.
- Santos, R. V., P. A. Souza, C. J. S. Alvarenga, E. L. Dantas, M. M. Pimentel, C. G. Oliveira & L. M. Araújo. 2006. Shrimp U-Pb Zircon dating and palinology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. *Gondwana Research* 9: 456-463.
- Schneider, R. L., H. Mühlmann, E. Tommasi, R. A. Medeiros, R. F. Daemon & A. A. Nogueira. 1976. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. *XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia* (Porto Alegre). *Anais*, vol. 1: 41-66.
- Souza, P. A. 2006. Late Carboniferous palynostratigraphy of the Itararé Subgroup, northeastern Paraná Basin, Brazil. *Rev. Palaeob. Palyn.* 138: 9-29.
- Souza, P. A. & M. Marques-Toigo. 2003. An overview on the Palynostratigraphy of the Upper Paleozoic strata of the Brazilian Paraná Basin. *Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat.*, n.s. 5: 205-214.
- Souza, P. A. & M. Marques-Toigo. 2005. Progress on the palynostratigraphy of the Permian strata of the Rio Grande do Sul State, Paraná basin, Brazil. *An. Acad. Bras. Ci.* 77:353-365.
- Souza, P. A., P. R. Santos & M. R. Lima. 1992. Contribuição à palinologia da Formação Irati no Estado de Goiás. *37<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Geologia* (São Paulo). *Boletim de Resumos*: 485-486.
- Timm, L. L., M. B. Soares & D. C. Araújo-Barberena, 1995. Mesossauros: Pequenos répteis aquáticos da América do Sul e África. *Ciência & Ambiente* 10: 27-37.
- Utting, J. 1994. Palynostratigraphy of Permian and Lower Triassic rocks, Sverdrup Basin, Canadian Arctic Archipelago. *Geological Survey of Canada*, Bull. 478, 107 pp.
- Venkatachala, B.S. & R. K. Kar. 1968. Palynology of the Karanpura sedimentary basin, Bihar, India – 1. Barakar Stage at Badam. *The Paleobotanist* 16: 56-90.
- Vieira, P. C., S. Mezzalira & F. J. F. Ferreira. 1991. Mesossaurídeo (*Stereosternum tumidum*) e crustáceo (*Liocaris huenei*) no Membro Assistência da Formação Irati (P) nos municípios de Jataí e Montividiu, Estado de Goiás. *Rev. Bras. Geoc.* 21: 224-235.
- Yamamoto, J. K., T. J. Montanheiro & J. Hachiro. 2004. Tripoli no Subgrupo Irati: a ocorrência de Ipeúna, Estado de São Paulo. *Rev. Bras. Geoc.* 34: 35-40.

Recibido: 20-VII-2006

Aceptado: 7-XI-2006