

Palinoestratigrafia e paleoecologia da Formação Taciba (Grupo Itararé) na região de Ibaiti-PR, nordeste da Bacia do Paraná

THAMMY ELLIN MOTTIN; FELIPE KIPPER;
FERNANDO FARIAS VESELY; PAULO ALVES DE SOUZA

thammymottin@gmail.com; felipekippergeo@gmail.com; veselyff@gmail.com; paulo.alves.souza@ufpr.br

Abstract

The Itararé Group, the Permocarbiniferous unit of the Brazilian Paraná Basin, encloses the record of the most prominent and widespread glaciation of the Phanerozoic Eon, the Late Paleozoic Ice Age (LPIA). Despite holding the thickest and geographically more extensive record of the referred glaciation, the Itararé Group has scarce marine fossils with biostratigraphic potential and a few absolute age data, what hamper regional correlation with another Gondwanic basins. In this sense, the palynology is the main tool for age control and stratigraphic correlation in this unit, in spite of its low resolution. This work aims to contribute with the palynological knowledge of the last stages of the LPIA (Taciba Formation) in the northern Paraná Basin. For this, three samples of muddy facies were collected in two distinct outcrops in the Ibaiti region (northeast Paraná State) and analyzed according to the recommended methods for paleozoic samples. The samples revealed a relatively abundant and diverse palynological assemblage constituted by a total of 35 sporomorphs that includes 19 spores, 16 pollen grains and 7 microplankton elements. The most abundant taxa consist of cingulizone (*Vallatisporites* and *Cristatisporites*) and apiculate (*Horriditriteles*) spores in addition to taeniate bisaccate pollen grains (*Protohaploxylinus* and *Illinites*). Subordinate taxa include monosaccate (*Cannanapolis* and *Plicatipollenites*) and non-taeniate bisaccate pollen grains (*Limitisporites*) along with microplankton elements. These latter encompasses some diagnostic taxa of marine environment, as algae *Tasmanites sp.*, *Deusilites tenuistriatus*, *Leiosphaeridia sp.* and *Navifusa variabilis*. Four paleoecological associations defined for the Ibaiti palynological assemblage indicated that at the time of deposition of the upper Itararé Group, parent plants occupied distinct landscape positions, from flat areas partially or totally flooded to mountain regions. The identified species correlate with the *Protohaploxylinus goraiensis* Subzone of the *Vittatina costabilis* Interval Zone (VcZ), mainly based on the presence of *Protohaploxylinus limpidus*, *Illinites unicus* and *Vittatina subsaccata*. Moreover, palynology placed deposition of the last deglacial episode in northern Paraná Basin in the early Permian (Early Cisuralian), age that is attributed to the *Protohaploxylinus goraiensis* Subzone.

Palavras-chave: palinologia, permocarbinifero, Gondwana.

1. Introdução

O Grupo Itararé, a exemplo de outras unidades permocarboníferas gondwânicas, é considerado pobre em fósseis marinhos com potencial bioestratigráfico, tais como foraminíferos, corais e conodontes (Holz *et al.* 2008; Stephenson 2008). Estas assembleias marinhas constituem a base da subdivisão dos estágios/épocas padrões da carta estratigráfica internacional (Jin *et al.* 1997) e sua escassez, aliada à carência de materiais passíveis de serem datados geocronologicamente em muitas bacias, faz com que a palinologia seja a principal ferramenta de correlação entre as bacias gondwânicas. A abundância, diversidade e ampla distribuição dos pólenes e esporos nos depósitos do Grupo Itararé possibilitaram seu uso como principal ferramenta bioestratigráfica do intervalo (e.g. Souza & Marques-Toigo 2005; Souza 2006; Longhim 2007; Kipper *et al.* 2017).

Este trabalho tem o intuito de contribuir com o conhecimento palinológico da porção setentrional da Bacia do Paraná, na região de Ibaiti, nordeste do estado do Paraná, a partir da análise de amostras de superfície, recuperadas da parte superior do Grupo Itararé (Formação Taciba; Figura 1). O intervalo analisado trata-se da última incursão de condições glaciais na Bacia do Paraná durante a glaciação neopaleozoica e o registro palinológico teve importância crucial no posicionamento bioestratigráfico e temporal dos depósitos estudados.

2. Contexto Geológico

O Grupo Itararé é a unidade estratigráfica da Bacia do Paraná enfocada neste trabalho e que contém registros da glaciação neopaleozoica. Sua afinidade glacial é evidenciada por pavimentos estriados, deformações glaciectônicas e estratos com clastos caídos. A unidade também é caracterizada por grande diversidade faciológica, incluindo diamictitos, arenitos, ritmitos, folhelhos e conglomerados (Santos *et al.* 1996; Vesely & Assine 2006; Rocha-Campos *et al.* 2008).

Em superfície, a sucessão mais completa e espessa do Grupo Itararé ocorre na região nordeste da bacia, com cerca de 800 m. Nessa região foram reconhecidas diversas sequências ou ciclos de deglaciação (e.g. Vesely & Assine 2006). A unidade diminui progressivamente de espessura em direção ao sul, devido ao *onlap* nessa direção, de forma que há o registro apenas de sua parte superior no estado do Rio Grande do Sul e sul de Santa Catarina. O Grupo Itararé é sucedido no estado de São Paulo e norte do Paraná pela Formação Tatuí. Esta unidade é constituída por arenitos finos intercalados a arenitos grossos e conglomerados e possui correlação ao sul com a Formação Rio Bonito (Holz *et al.* 2008).

A escassez de dados geocronológicos e de grupos fossilíferos diagnósticos do Paleozoico Superior faz com que a determinação da idade do Grupo Itararé ainda seja imprecisa. Dados palinológicos sugerem que a unidade foi depositada entre o Carbonífero Superior (Bashkiriano/Moscoviano) e o Permiano Inferior (Sakmariiano Médio; Souza 2006; Holz *et al.* 2010). No entanto, idade radiométrica obtida por Cagliari *et al.* (2016) no estado do Rio Grande do Sul indica que a deposição do Grupo Itararé, no extremo sul da bacia, terminou ainda no Carbonífero Superior.

Estudos palinológicos do intervalo permocarbonífero da Bacia do Paraná são extensivos e foram inicialmente impulsionados pelo interesse na exploração de camadas portadoras de carvão. Daemon & Quadros (1970) criaram o primeiro esquema bioestratigráfico para o neopaleozoico da Bacia do Paraná, propondo seis intervalos em ordem estratigráfica ascendente: G, H, I, J, K e L, sendo alguns divididos em subintervalos. A formalização de palinozonas para o Permiano no sul da bacia foi realizada por Marques-Toigo (1991) e com refinamento de Souza & Marques-Toigo (2001, 2003, 2005), onde foram definidas as biozonas superiores do Grupo Itararé, *Vittatina costabilis* e *Lueckisporites virkkiae*. Na porção nordeste da Bacia, com os trabalhos de Souza (2000, 2006), houve a proposição de um paleobiozoneamento, até então inexistente para esta parte da bacia, e a definição das zonas de intervalo *Ahrensiporites cristatus* e *Crucissacites monoletus*, posicionadas na base do Grupo Itararé.

O intervalo estratigráfico estudado neste trabalho corresponde à Formação Taciba, parte superior do Grupo Itararé, que na área de Ibaiti-PR, tem espessura de aproximadamente 150 m. Na base da unidade ocorre associação de fácies areno-conglomerática interpretada como leques subaquosos de *outwash*, em contato gradual com a associação de fácies sobrejacente, denominada de depósitos de transporte em massa (inferior), constituída predominantemente por diamictitos. Em contato abrupto com os diamictitos, estão depositados ritmitos e heterolitos de frente deltaica influenciada por maré, que passam gradualmente acima aos arenitos da associação de planície deltaica influenciada por maré. Acima destes arenitos, ocorre, em contato abrupto, a associação de depósitos de transporte em massa (superior), que representa o final da deposição do Grupo Itararé nesta região da Bacia. No topo dos diamictitos, há paleossolo bem desenvolvido e vales incisivos, marcando o contato erosivo entre o Grupo Itararé e Formação Rio Bonito na parte norte da Bacia do Paraná (Zacharias e Assine, 2005; Mottin *et al.*, 2018).

3. Materiais e Métodos

Foram coletadas três amostras em níveis estratigráficos distintos ao longo da seção de afloramentos do Rio do Engano, localidade a noroeste da cidade de Ibaiti-PR (UTM Sirgas 2000: 0578908 S/7365297 W): RE-01, RE-02 e RE-03, em ordem estratigráfica ascendente. As duas primeiras amostras foram recuperadas de diamictitos e a terceira de folhelho. As amostras coletadas foram preparadas para análise palinológica no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, no Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LPMMT/UFRGS), seguindo a metodologia padrão para amostras paleozoicas (Quadros & Melo 1987).

Para cada amostra foram confeccionadas duas lâminas, que estão depositadas na Palinoteca do Museu de Paleontologia do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do IG/UFRGS, sob codificação MP-P 12604 a 12609. A análise palinológica e a documentação fotomicrográfica foram realizadas com os equipamentos Olympus BX61 (câmera acoplada Olympus DP71), luz transmitida e aumento de 100 a 1.000 vezes.

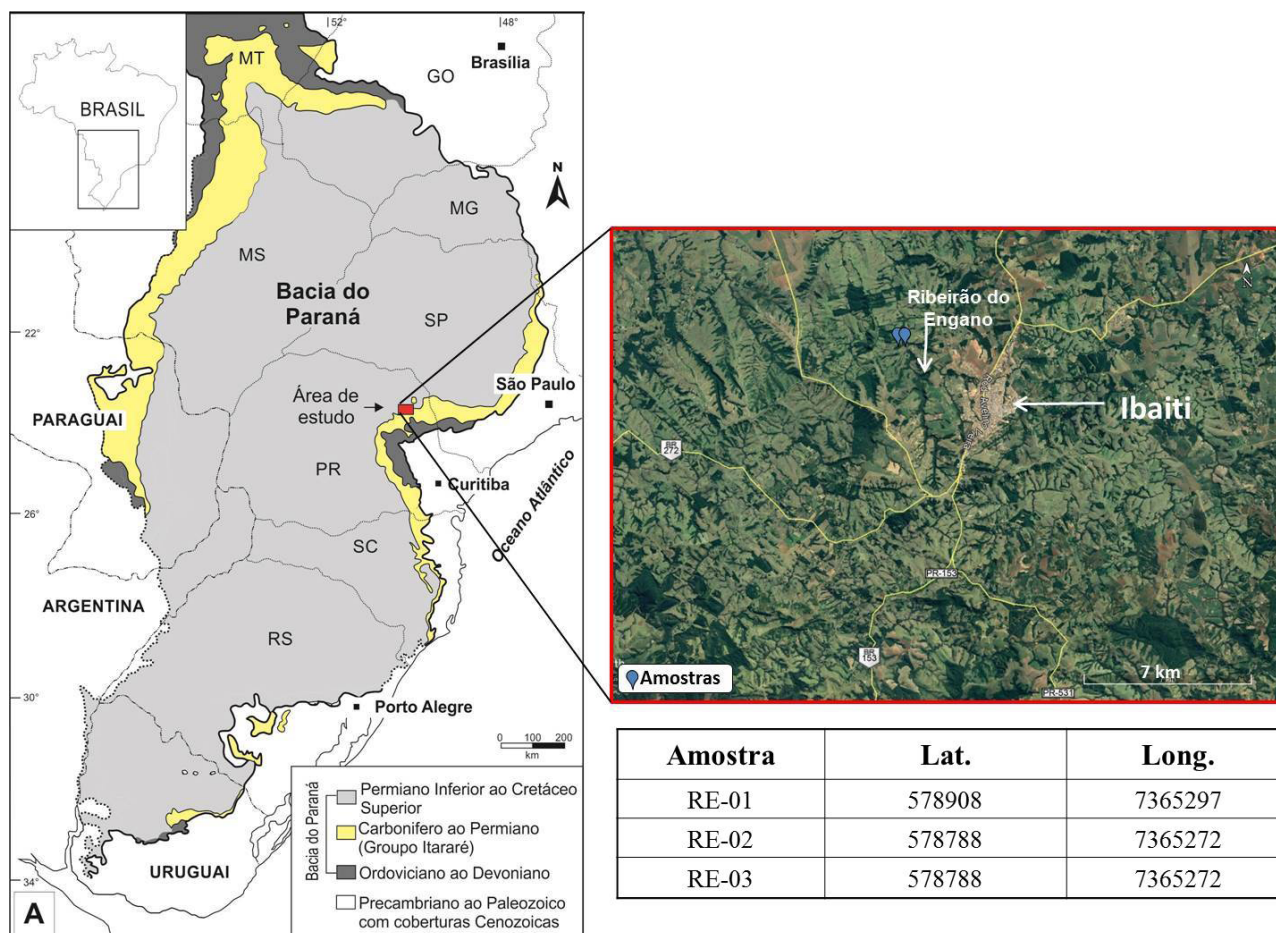


Figura 1 – Localização da área de estudo no contexto da Bacia do Paraná e visão ampliada da mesma, com indicação do local de coleta das amostras para estudo palinológico, na localidade do Rio do Engano, Ibaí-PR.

4. Resultados e Discussões

A análise palinológica das amostras de diamictito e ritmito indicou a presença de uma assembleia palinológica relativamente abundante e diversificada, com grau de preservação variado. Um total de 35 esporomorfos foi identificado, dentre os quais 19 espécies são referentes a esporos e 16 a grãos de pólen, além de 7 elementos constituintes do microplâncton. De forma geral, há um equilíbrio entre grãos de pólen e esporos nas referidas amostras. Na tabela 1 são apresentadas as distribuições de cada espécie por nível estratigráfico na seção estudada.

Os táxons mais abundantes são esporos cingulizados (*Vallatisporites* e *Cristatisporites*) e apiculados (*Horriditriletes*), além de grãos de pólen poliplicados (*Vittatina*) e bissacados teniados (*Protohaploxypinus* e *Illinites*). De maneira subordinada, são registrados também grãos de pólen monossacados (*Cannanoropolis* e *Plicapollenites*) e bissacos não teniados (*Limitisporites*), assim como representantes do microplâncton (Tabela 1; Figura 2).

4.1 Associações paleoecológicas

A assembleia palinológica estudada pôde ser dividida em quatro distintas associações paleoecológicas, ao se considerar que os palinomorfos refletem as condições

paleoecológicas da planta-mãe, estas indicadas pela necessidade de água (Remy 1975): associação hidrófila, hidro-higrófila, higró-mesófila e meso-xerófila.

A associação **hidrófila** é representada por algas da classe *Chlorophyceae* (gênero *Botryococcus*), classe *Zygnemaphyceae* (gêneros *Pilasporites* e *Brazilea*), classe *Prasinophyceae* (gêneros *Leiosphaeridia* e *Tasmanites*) e acritarcos (*Deusilites* e *Navifusa*). Os gêneros *Leiosphaeridia*, *Tasmanites*, *Deusilites* e *Navifusa* representam algas abundantes em mar aberto e de ocorrência subordinada em ambientes costeiros, enquanto o gênero *Botryococcus* é mais comum em águas doces, mas também ocorre em ambientes mais estressantes, de água salobra e rasa (Tyson 1995; Longhim 2007; Telnova 2012).

A associação **hidro-higrófila** é composta por esfénofitas (gênero *Calamospora*) e licófitas (gêneros *Cristatisporites* e *Vallatisporites*), oriundas de plantas de ambiente aquático, terras baixas, total ou parcialmente inundadas (Souza 2000).

A associação **higró-mesófila** é representada por filicófitas (*Punctatisporites*, *Horriditriletes*) e glossopteridófitas (gênero *Protohaploxypinus*) que estariam relacionadas a ambientes entre terras baixas e altas, ocupando áreas marginais a pântanos e locais mais secos de planícies.

Por fim, a associação **meso-xerófila** é constituída por coníferas e cordaitaleanas, produtoras de grãos de pólen

PALINOMORFOS	AMOSTRAS		
	RE-01	RE-02	RE-03
Esporos			
<i>Calamospora hartugiana</i> Wilson e Bentall 1944		x	
<i>Calamospora liquida</i> Kosanke 1950		x	
<i>Calamospora</i> spp.	x	x	
<i>Cristatisporites crassilabratus</i> Archangelsky e Gamero 1979		x	
<i>Cristatisporites</i> sp. cf. <i>C. inconstans</i> Archangelsky e Gamero 1979		x	
<i>Cristatisporites</i> spp.	x	x	
<i>Densosporites</i> sp.			x
<i>Dibolisporites</i> sp.		x	
<i>Horriditriteles uruguaiensis</i> (Marques-Toigo) Archangelsky e Gamero 1979		x	x
<i>Horriditriteles</i> spp.	x	x	x
<i>Laevigatosporites vulgaris</i> Ibrahim 1933			x
<i>Punctatisporites gretensis</i> Balme e Hennelly 1956		x	
<i>Punctatisporites</i> spp.		x	
<i>Spelaeotriteles</i> sp.	x	x	
<i>Vallatisporites arcuatus</i> (Marques-Toigo) Archangelsky e Gamero 1979	x	x	x
<i>Vallatisporites ciliaris</i> (Luber) Sullivan 1964		x	x
<i>Vallatisporites vallatus</i> Hacquebard 1957			
<i>Vallatisporites</i> sp.	x	x	x
<i>Verrucosporites</i> sp.			x
Grãos de pólen			
<i>Colpisaccites</i> sp.		x	
<i>Cannanoropolis</i> sp.		x	
<i>Cycadopites</i> sp.		x	x
<i>Illinites unicus</i> Kosanke emend. Jansonius e Hills 1976	x	x	x
<i>Limitisporites</i> sp.		x	
<i>Mabuitasaccites crucistriatus</i> (Ybert) Playford e Dino 2000		x	
<i>Meristocarpus</i> sp.	x		
<i>Plicatipollenites densus</i> (Lele) Bose e Maheshwari 1968	x		
<i>Plicatipollenites malabarensis</i> (Potonié e Sah) Foster 1975	x		
<i>Plicatipollenites</i> spp.	x	x	x
<i>Protohaploxypinus limpidus</i> (Balme e Hennelly) Balme e Playford 1967		x	
<i>Protohaploxypinus bharadwajii</i> Foster 1979		x	
<i>Protohaploxypinus</i> spp.	x	x	
<i>Striomonosaccites</i> sp.	x		
<i>Vittatina subsaccata</i> Samoilovich 1953	x		
<i>Vittatina</i> spp.	x	x	x
Algas (Chlorophyta)			
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing 1849			x
<i>Deusillites tenuistriatus</i> Gutiérrez, Césari e Archangelsky 1997	x		
<i>Leiosphaeridia</i> sp.		x	
<i>Navifusa variabilis</i> Gutiérrez e Limarino	x	x	x
<i>Tasmanites</i> sp.			x

Tabela 1 – Listagem dos táxons (esporos, grãos de pólen e algas) descritos na Formação Taciba em Ibaiti-PR.

monossacados e bissacados, como os gêneros *Cannanoropolis*, *Limitisporites*, *Plicatipollenites* e *Vittatina*. As plantas-fonte habitariam regiões relativamente mais altas e menos drenadas que as associações anteriores (Souza 2000; Longhim 2007).

4.2 Bioestratigrafia, idade e correlação

Segundo Souza & Marques-Toigo (2003, 2005) e Souza (2006), o Paleozoico Superior da Bacia do Paraná, em termos palinoestratigráficos, comporta quatro Zonas

de Intervalo, nomeadas em ordem estratigráfica ascendente como: *Ahrensiporites cristatus* (ZAc), *Crucisaccites monoletus* (ZCm), *Vittatina costabilis* (ZVc) e *Luëckisporites virkkiae* (ZLv).

A ZVc é marcada pelo aparecimento das espécies do gênero *Vittatina* (*V. Saccata*, *V. subsaccata*, *V. Costabilis*, *V. Vittifera*), espécies de *Protohaploxypinus* (*P. goraiensis*, *P. limpidus*), *Fusacolpites fusus* e *Illinites unicus*. Esta Zona é subdividida nas subzonas *Protohaploxypinus goraiensis* (SzPg) e *Hamiapollenites karroensis*

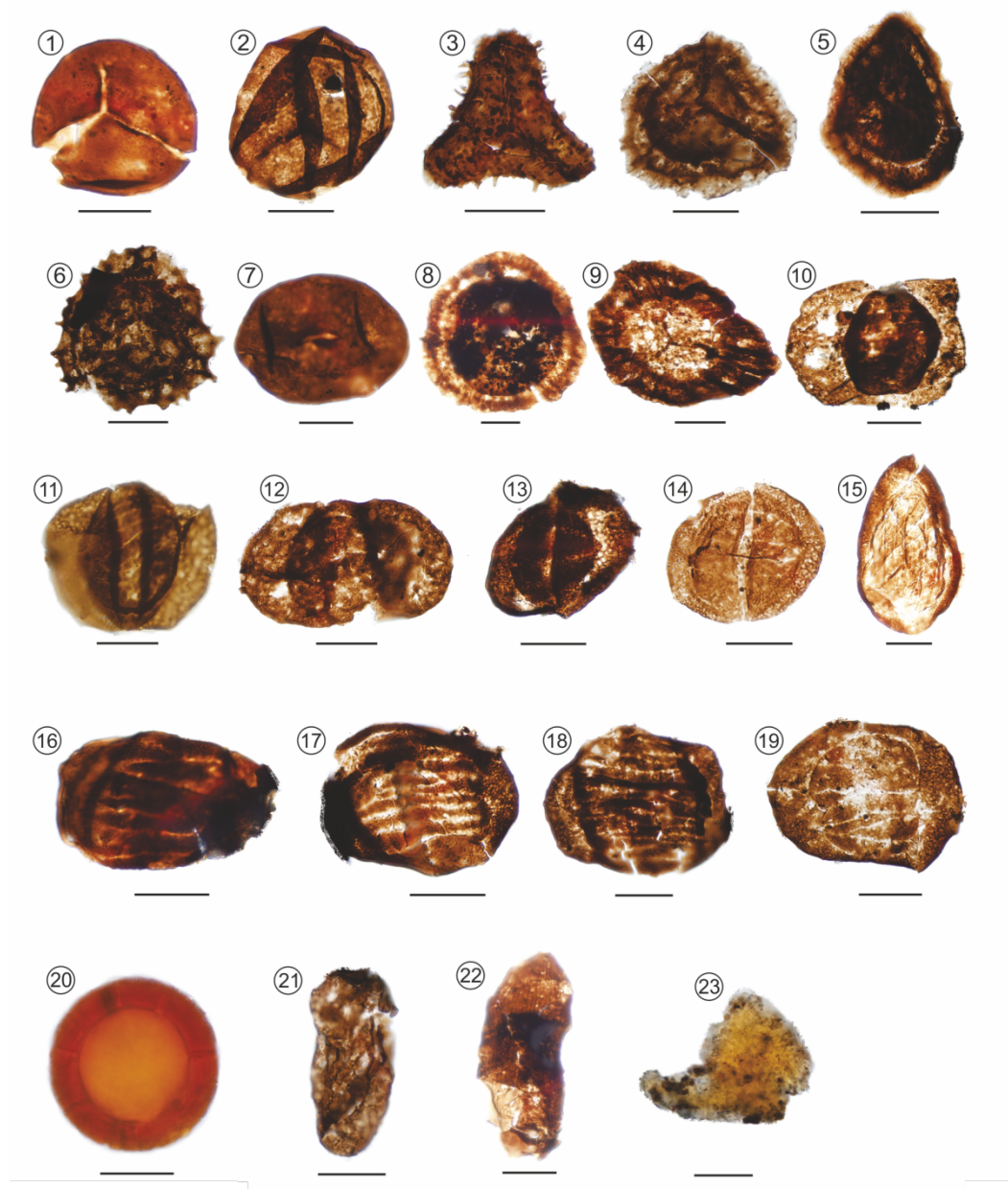


Figura 2 – Fotomicrografias de palinomorfos selecionados da Formação Taciba. 1) *Punctatisporites gretensis* (slide MP-P 12607, coordenada England Finder I50); 2) *Calamospora hartugiana* (12,607, R43); 3) *Horriditriletes uruguayensis* (12,606, P48); 4) *Vallatisporites ciliaris* (12,609, H38); 5) *Vallatisporites vallatus* (12,607, W43); 6) *Cristatisporites* sp. cf. *C. inconstans* (12,606, O43); 7) *Laevigatosporites vulgaris* (12,609, N40); 8) *Plicatipollenites densus* (12604); 9) *Cannanoropollis* sp. (12,607, I47); 10) *Meristocarpus* sp. (12,605, T51); 11)

Protohaploxyypinus bharadwajii (12,607, N47); 12) *Protohaploxyypinus limpidus* (12,607, K36); 13) *Illinites unicus* (12,605, T46); 14) *Illinites unicus* (12,607, V57); 15) *Mabuitasaccites crucistriatus* (12,607, K51); 16) *Vittatina subsaccata* (12,604, D43); 17) *Vittatina subsaccata* (12,605, M51); 18) *Vittatina subsaccata* (12,604, G54); 19) *Striomonosaccites* sp. (12,605, F31); 20) *Tasmanites* sp. (12,609, L48); 21) *Navifusa variabilis* (12,608, P53); 22) *Deusilites tenuistriatus* (12,604, F58); 23) *Botryococcus braunii* (12,608, P48). Escala = 20 μ m.

(SzHk). Espécies restritas a SzPg, de idade Eo-Permiana (Sakmariano/Artinskiano), como *Illinites unicus*, são registradas neste estudo (Souza & Marques-Toigo 2005; Souza 2006; Figura 3). Espécies diagnósticas da subzona subsequente, tais como *Hamiapollenites karrooensis* e *Striatopodocarpites fusus* não estão registradas.

Com relação ao esquema proposto por Daemon & Quadros (1970), a palinoflora descrita neste trabalho corresponde ao intervalo H3-I. Dentro da Bacia do Paraná, palinofloras similares ou equivalentes são conhecidas em São Paulo (Souza *et al.* 1999; Souza & Callegari 2004), Santa Catarina (Longhim 2007) e Rio Grande do Sul (Smaniotto *et al.* 2006).

LITOESTRATIGRAFIA	GRUPO ITARARÉ		GRUPO GUATÁ	
			RIO BONITO	
PERÍODO	CARBONÍFERO SUPERIOR		PERMIANO INFERIOR	
PALINOESTRATIGRAFIA	Zona A. <i>cristatus</i>	Zona C. <i>monoletus</i>	Zona <i>Vittatina costabilis</i>	
			<i>P. goraiensis</i>	<i>H. karroensis</i>
<i>Calamospora hartugiana</i>				
<i>Cristatisporites inconstans</i>				
<i>Deusilites tenuistriatus</i>				
<i>Hodriditriletes uruguiensis</i>				
<i>Calamospora liquida</i>				
<i>Punctatisporites gretensis</i>				
<i>Vallatisporites arcuatus</i>				
<i>Vallatisporites ciliaris</i>				
<i>Vallatisporites vallatus</i>				
<i>Illinites unicus</i>				
<i>Plicapollenites densus</i>				
<i>Plicapollenites malabarensis</i>				
<i>Protohaploxylinus limpιδus</i>				
<i>Protohaploxylinus bharadwajii</i>				
<i>Vittatina subsaccata</i>				
<i>Botryococcus braunii</i>				
<i>Tasmanites sp.</i>				
<i>Limitisporites sp.</i>				
<i>Cycadopites sp.</i>				
<i>Leiosphaeridia sp.</i>				

Figura 3 – Distribuição dos palinomorfos segundo as palinozonas (Souza & Marques-Toigo, 2005; Souza, 2006) e unidades litoestratigráficas neopaleozoicas da Bacia do Paraná.

Na América do Sul, a ZVc é correlacionável com a Zona de Intervalo *Fusacolpites fusus-Vittatina subsaccata* (Césari & Gutiérrez 2000) registrada no centro-oeste da Argentina, nas bacias Tarija, Rio Blanco, Paganzo, Calingasta-Uspallata e San Rafael-Pérmica Oriental. Ao sul e leste argentino, a ZVc apresenta correspondência com a Zona *Cristatisporites* (Vergel 1993) registradas nas bacias Chacoparaná, Colorado e Tepuel-Genoa. No Uruguai, a correlação ocorre com a Zona de Assembléia *Cristatisporites inconstans-Vittatina subsaccata* (Beri *et al.* 2006) na Bacia Chacoparaná.

5. Conclusões

As amostras de lamitos oriundas da Formação Taciba, parte superior do Grupo Itararé, no nordeste do estado do Paraná revelaram um rico conteúdo palinológico, no qual grãos de pólen e esporos são dominantes, seguidos por alguns elementos do microplâncton, principalmente relacionados à algas *Chlorophyta*. A ocorrência de algas *Tasmanites sp.*, *Deusilites tenuistriatus*, *Leiosphaeridia sp.* e *Navifusa variabilis* indicam um ambiente marinho e/ou marinho-influenciado, no qual foram depositados os dia-

mictitos glácio-influenciados e os ritmitos de frente deltaica influenciada por maré. Ademais, as associações paleoecológicas hidro-higrófila, higró-mesófila e meso-xerófila indicam que no tempo de deposição do intervalo de estudo, plantas-mãe ocupariam posições diversas na paisagem, desde regiões parcial ou totalmente cobertas por água, até áreas montanhosas de climas (ou microclimas) mais secos.

As espécies reconhecidas para este intervalo estratigráfico são correlacionáveis com a subzona basal *Protohaploxylinus goraiensis* da Zona de Intervalo *Vittatina costabilis*, que abrange tanto os depósitos da parte superior do Grupo Itararé, formados ainda sob um contexto glácio-influenciado, quanto os depósitos basais da Formação Rio Bonito, formados em um contexto pós-glacial. À essa subzona é atribuída uma idade Permiana inferior (Cisuraliano inferior), com espécies diagnósticas incluindo *Protohaploxylinus limpιδus*, *Illinites unicus* e *Vittatina subsaccata*.

Dessa forma, o presente trabalho reforça não apenas o potencial bioestratigráfico dos palinomorfos da seção permocarbonífera da Bacia do Paraná, como também sua utilidade para estudos paleoambientais e paleoecológicos destes depósitos.

Referências

- Beri Á; Gutiérrez PR; Cernuschi F & Balarino L 2006. Palinología del Pérmico Inferior en la perforación CLS-24 (Formación San Gregorio), departamento de Cerro Largo, Uruguay. Parte 1: esporas. *Ameghiniana*, 43: 227-244.
- Cagliari J; Philip RP; Buso VV; Netto RG; Hillebrand PK; Lopes RC; Basei MAS & Faccini UF 2016. Age constraints of the glaciation in the Paraná Basin: evidence from new U-Pb dates. *Journal of the Geological Society*, 173(6): 871-874.
- Césari SN & Gutierrez PR 2000. Palynostratigraphy of upper Paleozoic sequences in central-western Argentina. *Palynology*, 24: 113-146.
- Daemon RF & Quadros LP 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozoico da Bacia do Paraná. In: XXIV CONG. BRAS. GEOL., *Anais*, Brasília, p. 359-412.
- Holz M; Souza PA & Iannuzzi R 2008. Sequence stratigraphy and biostratigraphy of the late Carboniferous to Early Permian glacial successions (Itararé Subgroup) at the eastern-southeastern margin of the Paraná Basin, Brazil. In: Fielding CR; Frank TD & Isbell JL (Eds.) *Resolving the Late Paleozoic Ice Age in Time and Space*. Geological Society of America Special Paper 441, p. 115-130.
- Holz M; França AB; Souza PA; 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
- Jin Y; Wardlaw BR; Glenister BF & Kotlyar GV 1997. Permian chronostratigraphic subdivisions. *Episodes*, 20: 6-10.
- Kipper F; Souza PA & Vesely FF 2017. Palinomorfos e associações de facies da Formação Lagoa Azul (Grupo Itararé, Pennsylvaniano da bacia do Paraná) no sudeste do Estado do Paraná, Brasil. *Pesquisa em Geociências*, 44(1): 93-107.
- Longhim E 2007. Palinobioestratigrafia na passagem do Grupo Itararé ao Guatá (Carbonífero ao Permiano) no sul do estado do Paraná e norte do estado de Santa Catarina, borda leste da Bacia do Paraná. Tese de Doutorado, Pós-Graduação em Geologia, Universidade Estadual Paulista, 165 p.
- Marques-Toigo M 1991. Palynobiostratigraphy of the southern Brazilian Neopaleozoic Gondwana sequence. In: Ulbrich HE & Rocha-Campos AC (Eds.), 7th INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM, 1991. *Proceedings*, São Paulo, 503-515.
- Quadros LP & Mello JHG 1987. Método prático de preparação palinológica em sedimentos pré-mesozoicos. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 1(2): 205-214.
- Remy J 1975. The floral changes at the Carboniferous-Permian boundary in Europe and North America. In: I. C. WHITE MEMORIAL SYMPOSIUM, 1, 1975. *Proceedings*, p. 305-43.
- Rocha-Campos AC; dos Santos PR & Canuto JR 2008. Late Paleozoic glacial deposits of Brazil: Paraná Basin. In: Fielding CR; Frank TD & Isbell JL (Eds.) *Resolving the Late Paleozoic Ice Age in Time and Space*. Geological Society of America Special Paper 441, p. 97-114.
- Santos, P.R., Rocha-Campos, A.C., Canuto, J.R., 1996. Patterns of late Palaeozoic deglaciation in the Paraná Basin, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 125,165-184.
- Smaniotto, L.P., Fischer, T.V, Souza, P.A., Iannuzzi, R., 2006. Palinologia do Morro Papaléo, Mariana Pimentel (Permiano Inferior, Bacia do Paraná), Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 9(3), 311-322.
- Souza PA 2006. Late Carboniferous palynostratigraphy of the Itararé Subgroup, northeastern Paraná Basin, Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 138: 9-29.
- Souza PA & 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 PA & Callegari LM 2004. An Early Permian palynoflora from the Itararé Subgroup, Paraná Basin, Brazil. *Revista Española de Micropaleontologia*, 36(3): 439-450.
- Souza PA & Marques-Toigo M 2003. An overview on the palynostratigraphy of the Upper Paleozoic strata of the Brazilian Paraná Basin. *Rev. Mus. Arg. Cienc. Nat.*, 5: 205-214.
- Souza P & Marques-Toigo M 2001. Zona Vittatina: marco palinoestratigráfico do Permiano Inferior da Bacia do Paraná. In: Ciência-Técnica-Petróleo, Seção Exploração de Petróleo, 20, 153-159.
- Souza PA 2000. Palinobioestratigrafia do Subgrupo Itararé, Carbonífero/Permiano, na porção nordeste da Bacia do Paraná (SP/PR, Brasil). Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 192 p.
- Souza PA; Assine ML & Vesely FF 1999. Contribuição palinológica ao conhecimento do Subgrupo Itararé na Serra dos Paes, Sul do Estado de São Paulo. *Revista do Instituto Geológico*, 20(1/2): 21-27.
- Stephenson MH 2008. A review of the palynostratigraphy of Gondwanan Late Carboniferous to Early Permian glaciogene successions. In: Fielding CR; Frank TD & Isbell JL (Eds.) *Resolving the Late Paleozoic Ice Age in Time and Space*. Geological Society of America Special Paper 441, p. 317-330.
- Telnova OP 2012. Morphology and ultrastructure of Devonian prasinophycean algae (*Chlorophyta*). *Paleontological Journal*, 46(5): 543-548.
- Tyson RV 1995. *Sedimentary Organic Matter: Organic Facies and Palynofacies*. London, Chapman and Hall, 615p.

- 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, 1, 1993. *Comptes Rendus*, Buenos Aires, pp. 201-212.
- Vesely FF & Assine ML 2006. Deglaciation sequences in the Permo-Carboniferous Itararé Group, Paraná Basin, southern Brazil. *Journal of South America Earth Sciences*, 22: 156-168.
- Zacharias, A.A., Assine, M.L., 2005. Modelo de preenchimento de vales incisos por associações de fácies estuárias, Formação Rio Bonito no norte do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 35 (4), 573-583.
- Mottin, T.E., Vesely, F.F., de Lima Rodrigues, M.C.N., Kipper, F., de Souza, P.A., 2018. The paths and timing of late Paleozoic ice revisited: New stratigraphic and paleo-ice flow interpretations from a glacial succession in the upper Itararé Group (Paraná Basin, Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 490, 488-504.