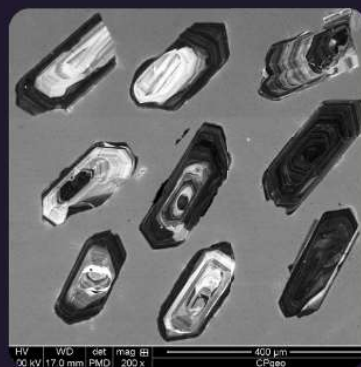


SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA

# CONTRIBUIÇÕES À GEOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA

ANDRÉA RITTER JELINEK  
CARLOS AUGUSTO SOMMER



## IMAGENS DE CAPA E CONTRACAPA



Fotografia aérea do setor norte da Serra do Segredo, em Caçapava do Sul, RS, onde se destacam a Pedra do Segredo, em primeiro plano, e a Pedra da Abelha, logo à esquerda, geofomas esculpidas sobre conglomerados fluviais da Bacia do Camaquã. Ao fundo, alguns cerros formados por rochas metamórficas e o imponente alto de Caçapava, sobre granitoides diversos, rochas que registram diferentes momentos do Ciclo Brasileiro no sul do Brasil. A paisagem faz parte do Geoparque Caçapava Aspirante Unesco e é parcialmente inserida no Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo. Imagem obtida por Felipe Guadagnin. Legenda de André Weissheimer de Borba e Felipe Guadagnin.



Contato entre rochas sedimentares da Bacia do Paraná e soleira de diabásio do Grupo Serra Geral. Pedreira Carollo, região de Montenegro, RS. Imagem e legenda de Carlos Augusto Sommer.

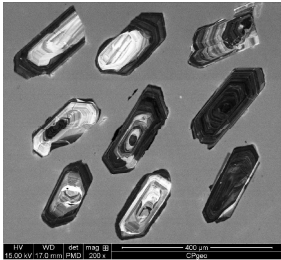


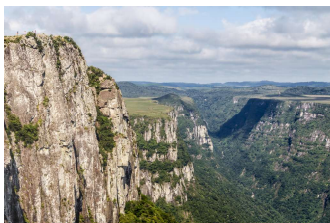
Imagem de catodoluminescência de cristais de zircão pertencentes ao Batólito de Florianópolis. Aumento de 200 vezes. Imagem e legenda de Andréa Ritter Jelinek.



Fotografia aérea oblíqua apresentando a morfologia da região correspondente ao extremo do Litoral Norte do RS, à direita observa-se a cidade de Torres/RS. Em primeiro plano observa-se a morfologia do campo de dunas localizado no Parque Estadual de Itapeva. Unidade essa localizada sobre o sistema Laguna-Barreira IV (holocênico). Logo após o baixio, na retaguarda do campo de dunas, ocorre a morfologia do sistema Laguna-Barreira III (pleistocênico). Ao fundo, com o relevo mais elevado, encontra-se a Formação Serra Geral pertencente à Bacia do Paraná. Imagem obtida por Eduardo H. R. Russo. Legenda de Eduardo Guimarães Barboza.



Minas do Camaquã, Mineração de cobre a céu aberto, Caçapava do Sul. Imagem e legenda de Carlos Augusto Sommer.



Derrames ácidos do Grupo Serra Geral, Bacia do Paraná, na região do Cânion Fortaleza, Parque Nacional da Serra Geral, Cambará do Sul, RS. Imagem licenciada de Depositphotos. Legenda de Carlos Augusto Sommer.



PUBLICAÇÃO ESPECIAL DO NÚCLEO RS/SC DA  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA

**CONTRIBUIÇÕES À GEOLOGIA  
DO RIO GRANDE DO SUL E  
DE SANTA CATARINA**

**Editores**

Andréa Ritter Jelinek  
Carlos Augusto Sommer



Porto Alegre, RS, 2021.

É proibida a reprodução total ou parcial desta obra, sem autorização expressa dos autores ou da editora. A violação importará nas providências judiciais previstas no artigo 102, da Lei nº 9.610/1998, sem prejuízo da responsabilidade criminal. Os textos deste livro são de responsabilidade de seus autores.

ISBN E-book: 978-65-89013-03-7

Edição: 1ª

Ano: 2021

**Editora Compasso Lugar Cultura**

Responsável André Suertegaray Rossato

Porto Alegre - RS - Brasil

Telefones (51) 984269928

compassolugarcultura@gmail.com

www.compassolugarcultura.com

Editores:

Andréa Ritter Jelinek

Carlos Augusto Sommer

Diagramador: Gabriel Zambom

Revisão de Texto: Gustavo Saldivar

**Conselho Editorial Compasso Lugar Cultura**

Álvaro Heidrich

Carlos Henrique Aigner

Cláudia Luíza Zeferino Pires

Dakir Larara Machado da Silva

Dilermando Cattaneo da Silveira

Dirce Maria Antunes Suertegaray

Helena Copetti Callai

Jaeme Luiz Callai

João Osvaldo Rodrigues Nunes

Laurindo Antonio Guasselli

Maíra Suertegaray Rossato

Nelson Rego

Roberto Verdum

Rosa Maria Vieira Medeiros

Sinthia Batista

**Realização**

**Sociedade Brasileira de Geologia**

**Diretoria Núcleo RS/SC:**

Diretora Presidente: Andréa Ritter Jelinek

Diretor Vice-Presidente: Carlos Augusto Sommer

Diretor Secretário: Lucas Debatin Vieira

Diretor Financeiro: Breno Leitão Weichel

Diretora de Programação Técnico-Científica: Rosemary Hoff

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

J47c

Jelinek, Andréa Ritter.

Contribuições à Geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina /Andréa Ritter Jelinek e Carlos Augusto Sommer, organização – Sociedade Brasileira de Geologia - Porto Alegre : Compasso Lugar-Cultura, 2021.

504 p., il. col.

ISBN E-book: 978-65-89013-03-7

<https://doi.org/10.29327/537860>

1. Geologia 2.Sociedade Brasileira de Geologia 3. Coletâneas de textos I. Jelinek, Andréa Ritter II. Sommer, Carlos Augusto III. Título

CDD 551

CDU 551.1/.4

Bibliotecária Responsável: Catarina Strapação Guedes Vianna CRB-10/2469

Índices para catálogo sistemático:

1. Geologia 551

# Biocronoestratigrafia (Palinologia e Conodontes) da Supersequência Gondwana I na porção Sul da Bacia do Paraná

Paulo Alves de **Souza**<sup>1,2\*</sup>, Ana Karina **Scomazzon**<sup>2,3</sup>, Cristina Moreira **Félix**<sup>1</sup>,  
Eduardo **Premaor**<sup>1</sup>, Daiana Rockenbach **Boardman**<sup>1</sup>, Rafael Reis **Bender**<sup>1</sup>,  
Ana Luisa Outa **Mori**<sup>1</sup>, Felipe **Kipper**<sup>2</sup>, Marcelo Guglielmi **Leite**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

<sup>3</sup> Laboratório de Conodontes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

\*autor correspondente: paulo.alves.souza@ufrgs.br

## 1 INTRODUÇÃO

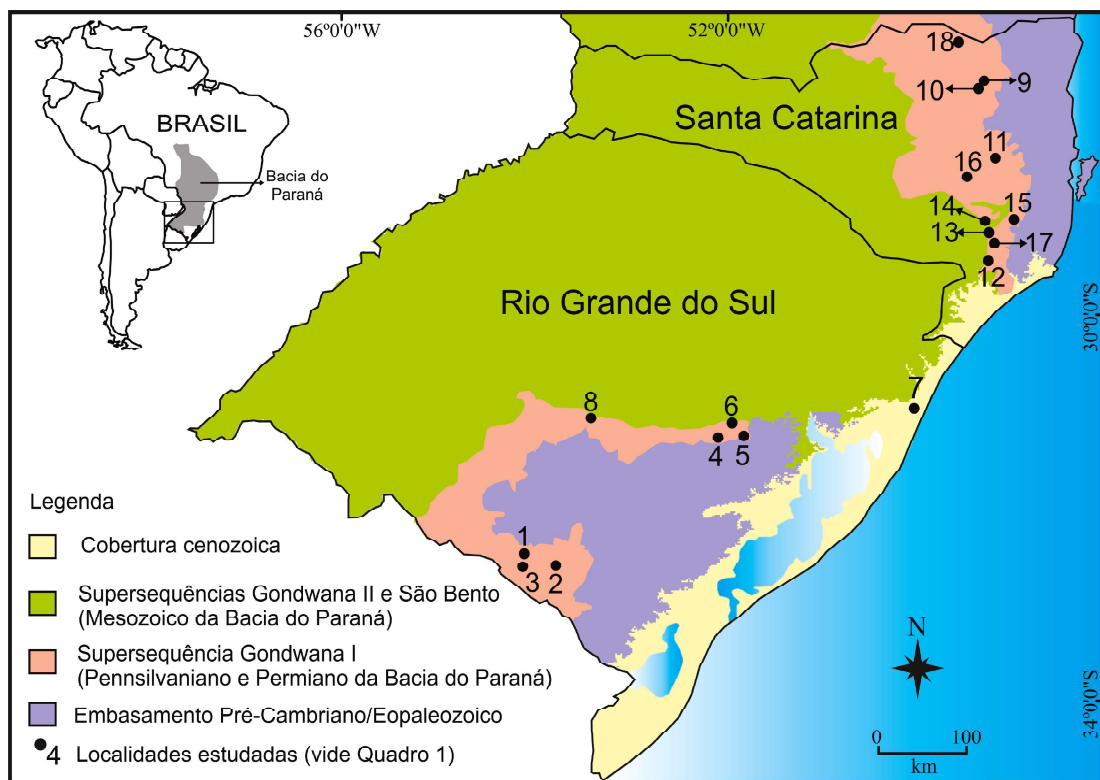
A Supersequência Gondwana I (SGI) compreende um pacote sedimentar heterogêneo e complexo, que documenta, na Bacia do Paraná, as grandes mudanças paleoambientais ocorridas no Gondwana Ocidental entre o final do Carbonífero e o início do Triássico (Milani, 1997; Milani & Zalán, 1999). Litoestratigraficamente, esta unidade aloestratigráfica de segunda ordem é composta pelos grupos Itararé, Guatá e Passa Dois, localmente sobrepostos por unidades predominantemente arenosas (formações Piramboia e Sanga do Cabral). Em seu conjunto, representam a passagem da fase glacial (*icehouse*) para pós-glacial (*greenhouse*), culminando com a aridização do final do Permiano e do início do Triássico. As unidades sedimentares constituem rico acervo para pesquisas há mais de um século, sobretudo, em decorrência do interesse pelas camadas de carvão, pelas ocorrências de urânio e de xisto betuminoso e pelo potencial petrolífero (Milani *et al.*, 2007), bem como por permitirem estudos sob múltiplos aspectos. De um modo geral, fazem parte do que é considerada uma **bacia escola**, com abundantes exposições e com proximidade de centros de investigação.

O conteúdo paleontológico da SGI é extremamente variado, incluindo invertebrados, vertebrados e plantas, além de icnofósseis e de microfósseis, tais como palinomorfos, ostracodes e foraminíferos. Holz *et al.* (2010) sintetizaram as principais ocorrências fossilíferas da margem leste da bacia, a qual concentra a maior parte dos achados, tanto de superfície quanto de subsuperfície. Essas ocorrências têm subsidiado interpretações paleoambientais das camadas portadoras, correlações de curtas e de longas distâncias, bem como idades relativas. Contu-

do, elementos da fauna marinha, utilizados nos estratotipos da escala-padrão do tempo geológico, tais como amonoides, conodontes e fusulinídeos, são ausentes ou raros nesta porção do Gondwana, o que impede atribuições geocronológicas mais acuradas. Desta forma, palinomorfos têm sido amplamente utilizados, em virtude da abundância, da diversidade e de potencial de correlação entre as associações do Gondwana, bem como plantas fósseis e determinados grupos de animais, tais como mesosaurídeos da Formação Irati, pelecípodes da Formação Terecina, parasaurídeos da Formação Rio do Rasto e as descobertas recentes de conodontes do Grupo Itararé. Por outro lado, somente há pouco tempo depósitos vulcanogênicos têm fornecido datações radiométricas de alta precisão, a partir da análise de U-Pb em zircões, com implicações significativas nas atribuições das idades de determinadas unidades lito e bioestratigráficas.

Informações detalhadas sobre a geologia dos depósitos, tais como os constituintes litológicos, a geometria dos corpos e as inconformidades entre os pacotes, estão disponíveis nos trabalhos de síntese, contendo as mais completas e atualizadas cartas estratigráficas deste intervalo (Milani *et al.*, 2007; Holz *et al.*, 2010).

Este trabalho objetiva apresentar o estado da arte das principais associações palinológicas documentadas na SGI, na porção sul da Bacia do Paraná, no Brasil, nos estados do Rio Grande do Sul (RS) e de Santa Catarina (SC), ressaltando: (i) o significado bioestratigráfico; (ii) as respectivas idades relativas; e (iii) as correlações laterais, sejam bacinais, sejam extrabacinais. Adicionalmente, a ocorrência de conodontes será objetivo de análise do ponto de vista biocronoestratigráfico, de modo a integrar as informações de ambos os grupos de microfósseis.



**Figura 1** – Contexto geológico da Bacia do Paraná nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, com destaque para as localidades com informações palinoestratigráficas abordadas nesta contribuição (detalhamento na Tabela 1).

## 2 PALINOLOGIA

O histórico das pesquisas palinológicas nas bacias sedimentares paleozoicas está intimamente relacionado aos estudos estratigráficos visando à exploração de combustíveis fósseis, com destaque para o carvão, para o petróleo e para o gás natural. Com efeito, os primeiros achados de micrósoros e de megásoros da Bacia do Paraná são oriundos das principais camadas de carvão do sul do Brasil, o que despertou progressivo interesse por trabalhos taxonômicos para a descrição de assembleias palinológicas desconhecidas e, posteriormente, para a proposição de arcabouços bioestratigráficos, para fins de obtenção de idades relativas, de correlações e de interpretação dos paleoambientes relacionados. Cistos de algas clorófitas, esporos dispersos e hifas de fungos, bem como acritarcos (cistos de afinidade biológica incerta) e escolecodontes são também encontrados, ainda que de forma geralmente subordinada, em sua maioria representando os diversos ambientes aquáticos, de salinidade variada.

Contudo, somente com esporos e com grãos de pólen foi possível a formulação de palinozonas, de modo contínuo, abrangendo parte parte da SGI. Tais palinomorfos constituem parte do aparelho reprodutor das plantas avasculares e vasculares terrestres, representadas por briófitas, por licófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. Durante o intervalo Pennsylvaniano-Permiano, todos esses grupos de plantas estiveram presentes em diversos ecossistemas do planeta, exceto o último, cujos primeiros registros datam do Mesozoico. Embora esporos e grãos de pólen sejam produzidos em grandes quantidades, apenas uma pequena parcela destes cumpre, de fato, o seu papel na produção de novas plantas. A maioria é incorporada aos ambientes deposicionais, resultando em uma fração dos componentes bióticos das

rochas sedimentares, seja no domínio terrestre, seja no transicional, seja no marinho, uma vez que podem ser transportados a longas distâncias, a partir da planta mãe. Nas sucessões estratigráficas, denotam as mudanças florísticas, que ocorrem no tempo e no espaço, sendo capazes de fornecer importantes informações sobre o caráter das biomas florestais e sobre as mudanças climáticas em todas as paleolatitudes.

Tentativas de reconstrução de paisagens vegetacionais foram realizadas, em distintas escalas e base de dados, seja considerando camadas específicas, tais como os níveis de carvão de Candiota e de Faxinal, da Formação Rio Bonito, no RS (*e.g.* Cazzulo-Klepzig *et al.*, 2005), seja como resultado da análise da sucessão, ao longo de toda a SGI (*e.g.* Beri *et al.*, 2020). Conforme estes últimos autores, de modo geral, os padrões de aparecimentos, de diversidade e de extinções dos táxons de esporos e de grãos de pólen documentados nestes depósitos são consistentes com o padrão observado na maioria das bacias do Gondwana. Tais mudanças estão diretamente relacionadas aos câmbios climáticos do Gondwana Ocidental, com impactos nas comunidades vegetacionais. Com efeito, variações composicionais nas associações de esporos e de grãos de pólen são registradas na sucessão estratigráfica, ao longo do tempo, com representantes de plantas de ecossistemas glaciais, interglaciais, pós-glaciais e áridos, de modo compatível com os achados de macrofitofósseis (*vide* Holz *et al.*, 2010).

Desta forma, esporos e grãos de pólen foram pioneiramente utilizados, de forma sistemática, nas diversas bacias paleozoicas brasileiras, para a determinação de palinozonas, com a finalidade maior de: (i) fornecer datações relativas; e (ii) permitir a correlação lateral das camadas. Neste contexto, o ensaio palinoestratigráfico de Daemon *et al.* (1966) na Bacia do Paraná constituiu o ponto

de partida para aprimoramentos subsequentes, em diversas escalas de amostragem, sejam estratigráficas, sejam geográficas.

## 2. 1 Palinostratigrafia da Supersequência Gondwana I: breve histórico

A proposta palinoestratigráfica mais abrangente para a seção pennsylvaniana-permiana da Bacia do Paraná corresponde ao zoneamento de Daemon & Quadros (1970), o qual é essencialmente baseado em amostragens de 31 poços exploratórios da PETROBRAS, distribuídos do estado do Mato Grosso ao Rio Grande do Sul. O zoneamento é composto por seis intervalos informais, alguns dos quais compreendem subintervalos, quais sejam: intervalos G, H (subintervalos H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>), I (I<sub>1</sub>, I<sub>2+3+4</sub>), J, K e L (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>), estabelecidos com base na distribuição de grãos de pólen monossacados e bissacados, registrados do Grupo Itararé à Formação Rio do Rasto. Zonas locais foram determinadas, subsequentemente, por diversos autores, mas é somente a partir de Marques-Toigo (1991), de Souza & Marques-Toigo (2005) e de Souza (2006) que zonas formais foram propostas, incluindo reanálises de materiais de Daemon & Quadros (1970), correspondendo a uma nova fase, caracterizada pela ampliação e pela integração dos dados.

De acordo com Souza & Marques-Toigo (2005) e com Souza (2006), quatro palinozonas foram reconhecidas na SGI, em ordem estratigráfica ascendente: Zona *Ahrensiporites cristatus* (ZAc), Zona *Crucisaccites monoletus* (ZCm), Zona *Vittatina costabilis* (ZVc) e Zona *Lueckisporites virkkiae* (ZLv). As duas primeiras zonas só foram reconhecidas nas porções basal e intermediária do Grupo Itararé, desde Santa Catarina (em subsuperfície), até o Mato Grosso, enquanto as duas últimas (ZVc e ZLv) foram amplamente rastreadas em toda a área da bacia. Souza *et al.* (2021) apresentam uma breve síntese sobre

a nomenclatura da ZVc, abordando o histórico sobre a proposição e sobre as razões do abandono de suas subzonas.

## 2. 2 Dados palinológicos das últimas duas décadas

Diversas amostras, advindas de afloramentos e de perfurações realizadas no RS e em SC, incrementaram o documentário palinológico das unidades estratigráficas da SGI, nas últimas duas décadas, com efeito nas novas concepções sobre a sucessão palinoestratigráfica desta porção da bacia. As localidades abordadas neste período de tempo são apresentadas na Tabela 1, na qual são especificadas as palinozonas. Táxons selecionados são apresentados nas Figuras 2 e 3, alguns dos quais são considerados diagnósticos das zonas reconhecidas.

Dentre os aspectos mais relevantes, oriundos das novas contribuições, destacam-se a abrangência e o controle estratigráfico minucioso. Até o final do século passado, a maior parte dos estudos palinológicos da SGI era oriunda dos níveis de carvão da Formação Rio Bonito, no RS e em SC. Na última década do século XX, as pesquisas palinológicas nas unidades da SGI na porção nordeste da bacia receberam grande impulso, resultando na descrição de centenas de níveis amostrados (síntese em Souza, 2006). Já nas últimas duas décadas, houve enfoque na porção sul da bacia, com amostragens sistemáticas em todas as unidades litoestratigráficas, com efeito na ampliação do conhecimento palinológico. Desse modo, associações palinológicas inéditas foram constatadas no Grupo Itararé, em SC (Gandini *et al.*, 2007; Valdez Buso *et al.*, 2020), e nas formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto (Mori, 2010; Mori & Souza, 2010, 2012; Avelino, 2015; di Pasquo *et al.*, 2018), em ambos os estados, além de resultados inéditos de Mafra (SC), em níveis associados



**Tabela 1** – Síntese das informações palinológicas, publicadas nas últimas duas décadas, sobre as unidades da Supersequência Gondwana I nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Abreviações: ZLv: Zona *Lueckisporites virkkiae*; e ZVc: Zona *Vittatina costabilis*.

Localidade / Perfuração	Litoestratigrafia	Palinozona	Referência	
Estado do Rio Grande do Sul				
1	Afloramento Km 152, BR-293, Candiota	Formações Rio Bonito e Palermo	ZVc, ZLv	Mori & Souza (2010)
2	Mina Candiota, Candiota	Formação Rio Bonito	ZVc	Cazzulo-Klepzig <i>et al.</i> (2002)
3	Poços HN05 e HN25, Hulha Negra	Grupo Itararé, formações Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto	ZVc, ZLv	Mori (2010) Mori & Souza (2010, 2012)
4	Afloramento Quitéria, Encruzilhada do Sul	Formação Rio Bonito	ZVc	Jasper <i>et al.</i> (2006) Boardman <i>et al.</i> (2012a)
5	Afloramento Morro do Papaleo, Mariana Pimentel	Grupo Itararé, Formação Rio Bonito	ZVc, ZLv	Smaniotta <i>et al.</i> (2006)
6	Mina do Faxinal, Arroio dos Ratos	Formação Rio Bonito	ZVc	Guerra-Sommer <i>et al.</i> (2008a, 2008b), Boardman <i>et al.</i> (2012b)
7	Poço CBM001-ST-RS, Santa Teresinha	Formações Rio Bonito, Palermo, Irati e Serra Alta	ZVc, ZLv	Bender <i>et al.</i> (2021)
8	Poço ST-01-RS, Cachoeira do Sul	Grupo Itararé e Formação Rio Bonito	ZVc	Leite (2017)
Estado de Santa Catarina				
9	Pedreira Águas Claras, Doutor Pedrinho	Grupo Itararé	ZLv	Gandini <i>et al.</i> (2007)
10	Doutor Pedrinho	Grupo Itararé	ZVc	Valdez Buso <i>et al.</i> (2019)
11	Vidal Ramos	Grupo Itararé	ZVc	Valdez Buso <i>et al.</i> (2019)
12	Carvões Bonito e Barro Branco	Formação Rio Bonito	ZVc	Pereira <i>et al.</i> (2019)
13	Km 11,6 da Rodovia SC-390 (Serra do Rio do Rastro)	Formação Serra Alta	ZLv	di Pasquo <i>et al.</i> (2018)
14	Urubici (Sítio Sete Quedas)	Formação Serra Alta	ZLv	di Pasquo <i>et al.</i> (2018)
15	Grão Pará (Serra do Corvo Branco)	Formação Rio do Rasto	ZLv	di Pasquo <i>et al.</i> (2018)
16	Petrolândia	Formação Rio do Rasto	ZLv	Avelino (2015)
17	Lauro Müller	Grupo Itararé	ZVc	Costa (2015)
18	Afloramento Campaleo, Mafra	Grupo Itararé	ZVc	inédito

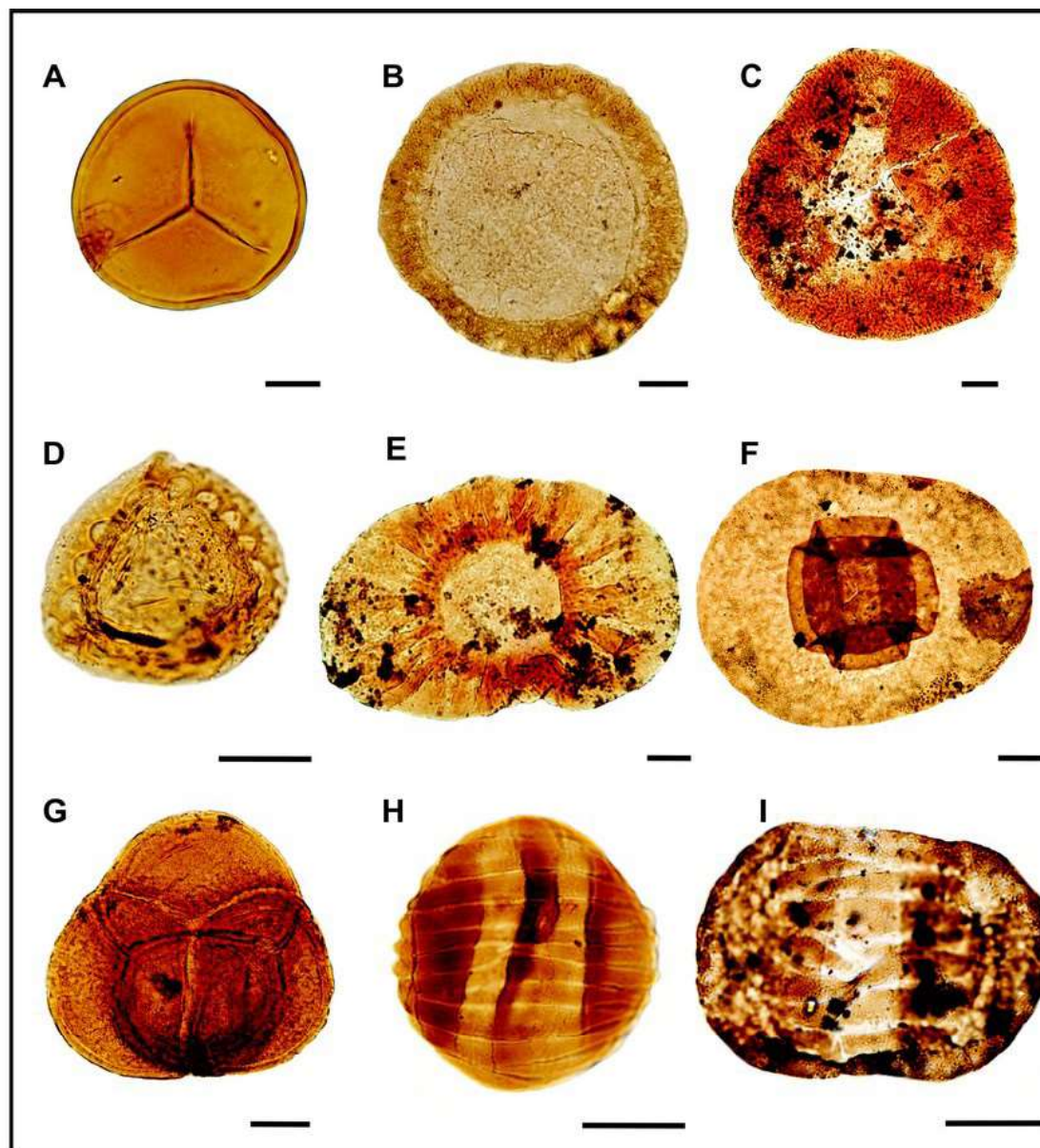
aos registros dos primeiros elementos conodontes documentados para a Bacia do Paraná.

### 2.3 Distribuição estratigráfica e características gerais das palinozonas

Os intervalos G a H<sub>2</sub>, de Daemon & Quadros (1970), correspondentes, indistintamente, às zonas ZAc e ZCm, de Souza (2006), foram identificados somente no Grupo Itararé em subsuperfície, relativamente aos poços 2-MR-1-SP, no extremo norte do RS, e 1-PA-1-SC, 2-LA-1-SC, 1-BN-1-SC, 2-TG-1-SC e 1-TP-1-SC, em SC. Em superfície, a zona ZVc foi amplamente diagnosticada em ambos os estados, em níveis litoestratigraficamente correspondentes ao do Grupo Itararé

e aos da Formação Rio Bonito, podendo alcançar, em alguns raros casos, níveis basais da Formação Palermo. A ZLv ocorre, de forma consistente, nas formações Palermo e Irati. Contudo, somente nos últimos anos, tem sido verificada, mais frequentemente, nos níveis superiores, correspondentes às formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto (membro basal), como resultado do esforço sistemático de amostragem e de análise (Mori & Souza, 2012; Avelino, 2015; di Pasquo *et al.*, 2018; Bender *et al.*, 2021).

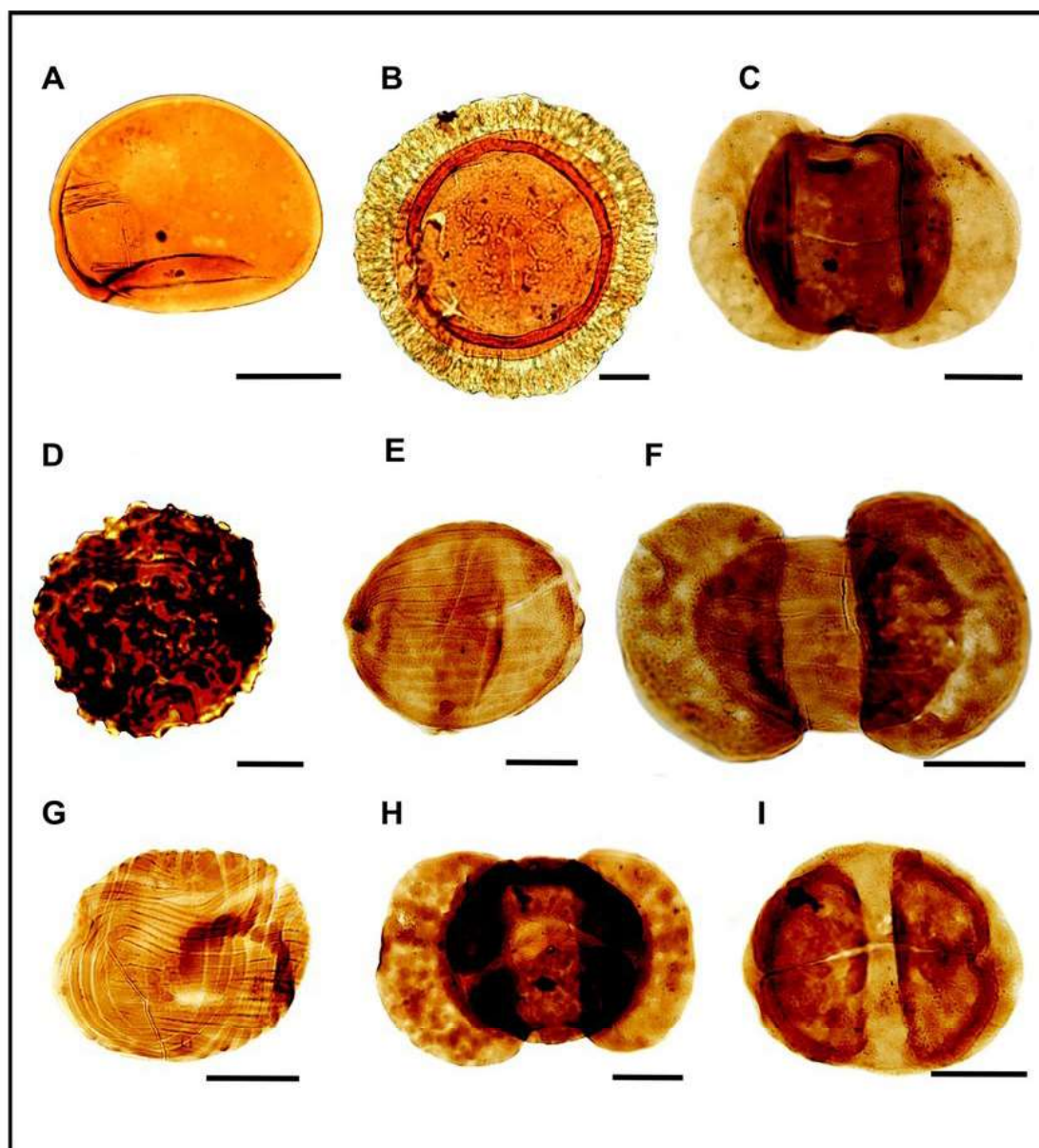
A ZVc foi objeto de análise por Souza *et al.* (2021), com nova caracterização e novo posicionamento geocronológico. De acordo com os trabalhos originais de proposição (Souza & Marques-Toigo, 2005) e com esta



**Figura 2** – Fotomicrografias de palinomorfos selecionados, ocorrentes na Zona *Vittatina costabilis*: A) *Punctatisporites gretensis* (Lâmina MP-P 3163C, coordenada *England Finder* N39-4); B) *Cannanoropollis janakii* (MP-Pd 0060, M42-2); C) *Stellapollenites talchirensis* (MP-P 5170, O43); D) *Vallatisporites arcuatus* (MP-P 3228, G42); E) *Caheniasaccites flavatus* (MP-P 5171, C30); F) *Potonieisporites neglectus* (MP-Pd 0052, L48); G) tétrade de *Lundbladispora riobonitensis* (MP-P 3223C, E39-2); H) *Vittatina costabilis* (MP-P 5133, E23-1); e I) *Protohaploxypinus goraiensis* (IG-P-197A, H38). MP-P e MP-Pd: Palinoteca do Museu de Paleontologia do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do IG/UFRGS (escala = 20  $\mu$ m).

última concepção, trata-se de uma zona de intervalo, com limite inferior marcado pelo primeiro aparecimento de diversas espécies de *Vittatina* (*V. costabilis*, *V. saccata*, *V. wodehousei*, *V. subsaccata*, *V. vittifera*, *V. corrugata*) e de *Protohaploxypinus* (*P. goraiensis*, *P. hartii*), acompanhadas de *Converrucosispori-*

*tes confluens*, de *Stellapollenites talchirensis* e de *Illinites unicus*, embora, quantitativamente, estas sejam pouco abundantes. Grãos de pólen monossacados, de simetrias radial e bilateral, constituem os elementos mais comuns, principalmente, representados pelas espécies dos gêneros *Cannanoropollis*, *Plica-*



**Figura 3** – Fotomicrografias de palinomorfos selecionados, ocorrentes na Zona *Lueckisporites virkkiae*: A) *Laevigatosporites vulgaris* (Lâmina MP-P 14612, coordenada *England Finder* P33-1); B) *Plicatipollenites malabarensis* (MP-P 28, S35); C) *Limitisporites latus* (MP-P 14608, P40); D) *Thymospora thiessenii* (MP-P 14611, R32-1); E) *Vittatina subsaccata* (MP-P 5133, U23-1); F) *Lunatisporites varisectus* (MP-P 5138, Q55); G) *Weylandites lucifer* (MP-P 5133, M24); H) *Lueckisporites virkkiae* (MP-P 5146, G33-3); e I) *Staurosaccites cordubensis* (MP-P 5133, H27). MP-P e MP-Pd: Palinoteca do Museu de Paleontologia do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do IG/UFRGS (escala = 20 µm).

*tipollenites*, *Caheniasaccites* e *Potonieisporites*, que podem atingir até 60% das associações. Dentre os esporos, destacam-se espécies dos gêneros *Punctatisporites*, *Leotriteles*, *Horriditriteles*, *Vallatisporites*, *Cristatisporites* e *Lundbladispota*, os quais podem alcançar de 80% a 90% das associações nos

carvões da Formação Rio Bonito.

O limite superior da ZVc com a ZLv é caracterizado pelo aparecimento consistente de diversos táxons de grãos de pólen bissacados teniados, poliplicados e precolpados, com destaque para as espécies do gênero *Lueckisporites* (*L. virkkiae*, *L. stenotaeniatus*, *L.*

*nyakapendensis*), *Lunatisporites* (*L. variesecutus*), acompanhadas de *Staurosaccites cordubensis*, de *Corisaccites alutas*, de *Weylandites lucifer* e de *Marsupipollenites striatus*, entre outros. Embora estes táxons tenham sido noticiados na ZVc de forma pontual e escassamente representados, somente na ZLv passam a ser registrados nas associações de modo mais frequente e mais numeroso, quantitativamente.

Na ZLv, os grupos representados pelas referidas espécies de grãos de pólen teniados, poliplicados e precolpados passam a constituir mais de 70% das associações, enquanto esporos triletes e grãos de pólen monossacados e bissacados não teniados são mais raros. Esporos monoletes são expressivos em determinados níveis das formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rastro, confirmando constatações prévias em perfurações no vizinho estado do Paraná (Neregato *et al.*, 2008), com destaque para espécies dos gêneros *Laevigatosporites* e *Thymospora*.

### 3 CALIBRAÇÃO BIOCROMOESTRATIGRÁFICA

#### 3.1 Palinologia

As idades apontadas para os intervalos e para os subintervalos propostos por Daemon & Quadros (1970) foram baseadas, em sua maior parte, na comparação com assembleias norte-americanas e euroasiáticas, tendo em vista a escassez de conhecimentos sobre as associações do Gondwana. Para os mesmos fins, Souza & Marques-Toigo (2005) e Souza (2006) utilizaram, como critérios: (i) o comportamento geral da sucessão de determinados morfogrupos de esporomorfos; (ii) as poucas datações absolutas disponíveis para a Bacia do Paraná e para as bacias vizinhas, na África e na América do Sul; e (iii) correlações com eventos transgressivos marinhos, de alcance intercontinental (*e.g.* fau-

na marinha de *Eurydesma*).

Para as associações consideradas pennsylvanianas, poucos táxons guias, de maior abrangência, em termos das bacias do Gondwana, foram verificados, tais como as espécies de esporo *Ahrensia* *crustatus*, *Psomospora detecta* e *Cristatisporites mendezii*, característicos da ZAc. A distribuição destes varia de bacia para bacia, incluindo ocorrências na base do Permiano. Por outro lado, o padrão de distribuição dos principais grupos de esporomorfos confere importante assinatura bioestratigráfica às bacias do Gondwana, geralmente, com dominância de grãos de pólen monossacados, de simetria radial e bilateral, atribuídos aos gêneros *Cannanoropollis*, *Plicatipollenites*, *Caheniasaccites* e *Potonieisporites*. Grãos de pólen teniados são pouco abundantes, enquanto a ocorrência dos primeiros poliplicados do gênero *Vittatina* é pontualmente registrada. Esses padrões são verificados nas zonas ZAc e ZCm e nas associações pennsylvanianas de diversas partes do Gondwana (vide Félix *et al.*, 2007; Stephenson, 2008).

Determinados táxons foram utilizados, para a atribuição de idades permianas a algumas palinozonas, tais como *Converrucoisporites confluens* e *Vittatina costabilis*, para a ZVc, uma vez que a maior parte das ocorrências destas espécies no Gondwana estava associada a depósitos, datados a partir da base do Cisuraliano. A maioria dos táxons guias da ZLv, representada por uma grande diversidade de grãos de pólen teniados, poliplicados e precolpados, é conhecida, por sua vez, a partir do final do Cisuraliano, embora primeiros registros tenham sido verificados, pontualmente, em idades mais antigas, ainda no Permiano. A partir do ano 2000, evidencia-se progressivo efervescer de uma nova fase no posicionamento geocronológico da Bacia do Paraná, com o aprimoramento das datações

radiométricas (U-Pb em zircões vulcanogênicos) e de novos achados de grupos potencialmente úteis dos estratotipos da coluna padrão internacional (conodontes).

### 3.2 Conodontes

Conodontes são vertebrados primitivos, que viveram nos mares, do Paleozoico ao Triássico. A preservação do animal conodonte é extremamente rara, por ser composto, eminentemente, de material orgânico. Desta forma, o que é encontrado, principalmente, são os denominados **elementos conodontes**, correspondentes a peças bucais, de fosfato de cálcio, isoladas como bioclastos em sedimentos carbonáticos, em margas e em folhelhos (águas quentes) e siliciclásticos (águas frias e temperadas). Compreendem táxons marcadores da carta geocronológica internacional dos andares do Cambriano ao Triássico, extremamente úteis no zoneamento bioestratigráfico, na correlação e na interpretação paleoambiental das bacias sedimentares paleozoicas e triássicas. Nos últimos 20 anos, também têm sido utilizados como importante ferramenta, auxiliando em estudos isotópicos.

Trata-se de um grupo amplamente registrado e estudado nos depósitos do Pennsylvaniano e do Permiano do hemisfério norte, especialmente, na América do Norte, na Europa, na Rússia e na China. No hemisfério sul, as ocorrências são menos numerosas, com documentação na Bolívia, na Austrália, na Nova Zelândia e no Timor. No Brasil, têm sido estudados, desde a década de 1960, com vários trabalhos publicados sobre as bacias do Amazonas, do Solimões e do Parnaíba, a partir de carbonatos pennsylvanianos, de águas rasas e quentes, recuperados como elementos isolados, conforme sintetizado em Scomazzon *et al.* (2016), além de ocorrências mais pontuais na Bacia do Acre.

Na Bacia do Paraná, conodontes fo-

ram encontrados, em 2008, em depósitos do Afloramento Campaleo (Folhelho Lontras), do Grupo Itararé, no município de Mafra (SC) (Scomazzon *et al.*, 2013), preservados como *clusters* e como assembleias naturais, constituindo as primeiras ocorrências de aparelhos alimentares completos em bacias sedimentares da América Latina (Wilner *et al.*, 2016). Características da morfologia dos elementos P1 auxiliaram na identificação do gênero *Mesogondolella*, atribuída a *Mesogondolella* spp., superfamília Gondolelloidea, podendo ser relacionada às biozonas *Mesogondolella belladontae* e *M. bisselli*, do Cisuraliano, respectivamente, Asseliano-Artinskiano, para províncias temperadas, correlata à biozona *Sweetognathus whitei*, e para províncias equatoriais (Henderson, 2018). Esta atribuição bioestratigráfica corrobora a idade isocrônica Rb/Sr em rocha total, de  $287 \pm 10$  Ma (Koester *et al.*, 2016), advinda do mesmo nível de ocorrência dos espécimes de *Mesogondolella* do Afloramento Campaleo.

No Carbonífero, particularmente, devido à formação da Pangea e à glaciação no Gondwana, diferentes padrões de zoneamentos são utilizados para os hemisférios leste e oeste, ou seja, para a Eurásia e para as áreas afins, a leste, versus América, a oeste. Nas últimas três décadas, a sucessão de conodontes, embora com algum grau de provincialismo, tornou-se a ferramenta mais confiável, para a calibração e para a definição de limites geocronológicos, tanto desse período quanto dos subperíodos Mississípiano e Pennsylvaniano, com base nos eventos de primeiros aparecimentos (FADs) de *Shiphonodella sulcata* e de *Declinognathodus noduliferus*, respectivamente, para os limites Devoniano/Carbonífero e Mississípiano/Pennsylvaniano. O Pennsylvaniano foi subdividido, segundo o sistema internacional, em Bashkiriano, em Moscoviano, em Kasimoviano e em Gzheliano, com base nos importantes gêneros de conodontes *Declinognathodus*,

*Neognathodus*, *Idiognathodus* e *Streptognathodus*, respectivamente, dos andares mais inferiores para os mais superiores (Davydov *et al.*, 2012).

O Cisuraliano é dividido em andares, com base nos FADs de três linhagens específicas de conodontes. No primeiro, base do Permiano, as zonas do Asseliano são determinadas, de acordo com a ocorrência de várias espécies de *Streptognathodus*, assim como no Pennsylvaniano final. Espécimes desse gênero se tornam progressivamente raras e menos difundidas, após o início do Sakmariiano, e são extintas no Sakmariiano médio. O Sakmariiano é definido pela linhagem de *Mesogondolella* e o Artinskiano e o Kunguriano são baseados na linhagem de *Sweetognathus* e de seu descendente, *Neostreptognathodus* (Henderson, 2018).

É importante considerar que, durante o Asseliano e o Sakmariiano, o sul do Gondwana ainda tinha influência da glaciação. Os conodontes do Permiano mostram uma distribuição cosmopolita, principalmente, confinada às áreas tropicais, e o provincialismo é indicado, apenas, por elementos endêmicos, menos comuns, como os gondolellídeos, no norte e no sul do Pangea. Durante o Artinskiano, com a movimentação do Pangea, as geleiras desapareceram e, como resultado, ocorre o aquecimento global, acompanhado por uma transgressão marinha mundial, e os remanescentes carboníferos, como *Streptognathodus* e *Adetognathus*, foram extintos. Posteriormente, uma fauna cosmopolita, dominada por *Sweetognathus whitei* e por *Mesogondolella bisselli*, ocorre amplamente, como fauna de sobrevivência. Esse evento foi denominado crise do Permiano Inferior (Henderson, 2018). O provincialismo, nesse momento, estava em um estágio inicial de diferenciação, em uma província tropical de águas quentes e em duas províncias temperadas bipolares, como indicado pela distribuição de *Sweetognathus bucaremangus*, mais ou

menos ao redor do equador, e pelo aparecimento de elementos de águas frias, como *Mesogondolella bisselli*, no sul do Gondwana, em regiões como a Austrália e a Nova Zelândia.

Assim, a presença de *Mesogondolella* na sequência superior do Grupo Itararé aponta idade asseliana-sakmariiana para o Folhelho Lontras, fornecendo evidências importantes, para a calibração da idade da SGI e para as discussões paleogeográficas e climáticas, associadas à deglaciação do Gondwana na região.

### 3.3 Idades absolutas

Curiosamente, também nas últimas duas décadas, intervalo temporal abordado nesta revisão, zircões oriundos de depósitos vulcanogênicos foram amplamente utilizados para datações radiométricas U Pb de alta resolução, visando à calibração geocronológica dos depósitos de diversas partes do Gondwana, especialmente, da Austrália, da América do Sul e da África. Na porção mais ocidental do Gondwana, os zircões selecionados são provenientes, principalmente, de cinzas vulcânicas e de *tonsteins* (cinzas alteradas), cuja gênese é atribuída à Província Ígnea de Choiyoi, no Bloco San Rafael, localizado entre o oeste argentino e o sudeste chileno. Tais datações estão diretamente relacionadas a este, que é considerado um dos eventos magmáticos mais duradouros do oeste do Gondwana, envolvendo dezenas de milhões de anos, aproximadamente, desde o final do Carbonífero, até o Triássico (vide Rocha-Campos *et al.*, 2011).

Dessa forma, as determinações radiométricas obtidas na América do Sul (Argentina, Bolívia, Brasil, Uruguai) e na África (Namíbia, África do Sul), a partir de distintas técnicas, tais como Ar-Ar, Rb-Sr e U-Pb convencional, e de distintos métodos analíticos (*e.g.* CA-TIMS, SHRIMP, IDTIMS, LA-MC-ICP-MS) trouxeram novos horizontes ao posicio-

namento geocronológico das seções Carboníferas e Permianas desta parte do Gondwana (vide Gulbranson *et al.*, 2010; Césari *et al.*, 2011; Cagliari *et al.*, 2014; Griffis *et al.*, 2018; Rocha-Campos *et al.*, 2019). Conseqüentemente, as associações fósseis têm sido objetivo de novas análises e de novas interpretações sobre as idades e sobre a duração das biozonas. Césari (2007), Stephenson (2008) e Césari *et al.* (2011) apresentaram importantes sínteses sobre o tema, com ênfase nas idades atribuídas às palinozonas e no potencial de correlação entre os vários setores do Gondwana. Para a Bacia do Paraná, a reavaliação realizada por Souza *et al.* (2021) traz novas concepções a esse respeito, incorporando os dados radiométricos e discutindo, particularmente, a caracterização e a distribuição estratigráfica da Zona *Vittatina costabilis*, reconhecida no Grupo Itararé e na Formação Rio Bonito, em seu setor sul.

Os estratos do Grupo Itararé, portadores das idades das palinozonas basais da SGI (ZAc e ZCm), permanecem desprovidos de datações de alta resolução, sendo posicionados no Pennsylvaniano, ocupando estágios mais antigos, entre o Bashkiriano e o Kasimoviano. A porção superior do Grupo Itararé no RS possui apenas uma localidade com datação absoluta de alta precisão, de idade Gzheliana (Cagliari *et al.*, 2020). Neste caso, a ZVc é indicada por inferência, tendo em vista que somente esta palinozona foi reconhecida nesta unidade litoestratigráfica, no RS.

Por outro lado, a maior parte das datações radiométricas, incluindo algumas de alta precisão, são advindas dos níveis de carvão e de estratos, relacionados à Formação Rio Bonito, no RS, a maioria das quais tem informações palinológicas relativas à ZVc. Conforme sintetizado em Souza *et al.* (2021), uma idade Gzheliana-Artinskiana é indicada para a ZVc, com duração de ca. 20 Ma, incluindo o topo do Grupo Itararé e toda a For-

mação Rio Bonito. A ZLv é considerada de idade entre o final do Artinskiano e o Guadalupiano médio (considerando ocorrências de outros fósseis, conforme Holz *et al.*, 2010). As datações radiométricas, obtidas para a Formação Irati, convergem para uma idade Kunguriana.

Contudo, algumas questões ainda permanecem controversas, carentes de melhor aprofundamento, tais como se as poucas idades absolutas obtidas para o topo do Grupo Itararé, no RS (final do Pennsylvaniano), poderiam ser aplicadas generalizadamente para toda a extensão da bacia. Em Daemon & Quadros (1970), é indicada uma correlação lateral entre o topo do Grupo Itararé e a base da Formação Rio Bonito, o que implica contemporaneidade entre a fase terminal da glaciação e a deposição de fácies pós-glaciais em determinadas partes da bacia. Sem dúvida, são temas de interesse estratigráfico, cuja resolução exige a integração de múltiplas ferramentas de análise. Na Figura 4, é apresentada uma síntese sobre o posicionamento geocronológico das palinozonas, considerando as idades absolutas disponíveis, conforme detalhadamente apresentado em Souza *et al.* (2021).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão do conhecimento palinológico da SGI nesta porção da Bacia do Paraná permite ressaltar alguns aspectos, os quais incluem a constatação de avanços e de desafios para as pesquisas subsequentes.

Até o final do século passado, a maior parte dos dados palinológicos era advinda das camadas de carvão e dos níveis associados da Formação Rio Bonito, vinculados à pesquisa exploratória deste recurso mineral. Nas últimas duas décadas, verificou-se maior atenção aos depósitos **pós-Rio Bonito**, com expressivos resultados nas unidades do Grupo Passa Dois, cujos registros palinológicos

eram representados por associações pontuais e pouco abundantes. Além disso, os estudos foram significativamente ampliados no estado de SC, com descrições de diversas associações inéditas. Considerando o número reduzido de palinómorfs registrado nas seções correspondentes às zonas ZAc e ZCm, identificadas em subsuperfície no RS e em SC, e a delimitação indistinta dos intervalos e de subintervalos, ali esboçada, recomenda-se maior esforço no levantamento e na re-descrição das associações contidas naquelas

perfurações.

Tendo em vista o progressivo aumento das datações absolutas de alta precisão, o registro das associações fossilíferas nas camadas relacionadas é estratégico, a fim de permitir a calibração biocronoestratigráfica das biozonas. Os dados pioneiros de conodontes na Bacia do Paraná abrem uma nova fronteira para outros achados, tendo em vista o alto grau de resolução biocronoestratigráfica deste grupo de microfóssil, em nível mundial.

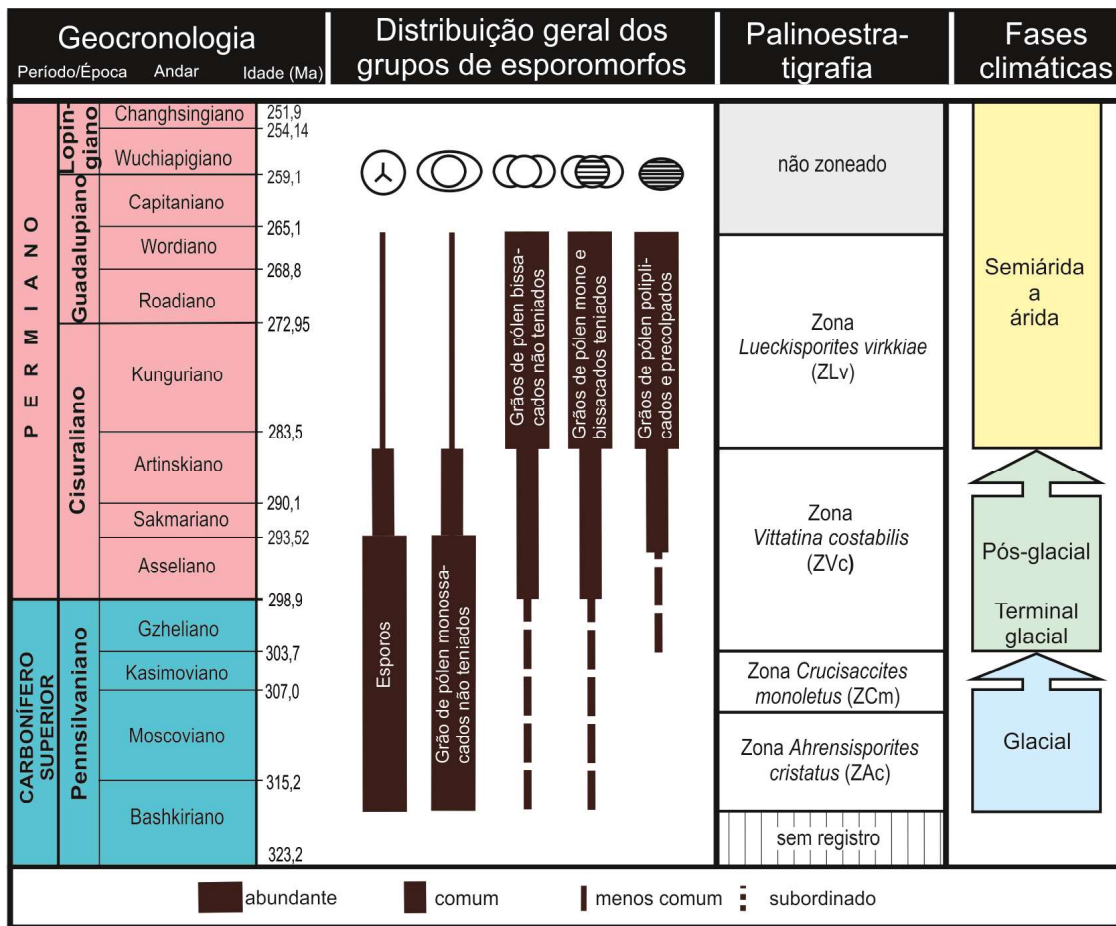


Figura 4 – Distribuição quantitativa dos principais grupos de esporomorfs na Supersequência Gondwana I, palinoestratigrafia e idades (modificado de Souza *et al.*, 2021).

## AGRADECIMENTOS

PAS é bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq (Processo 313340/2018-8).

## REFERÊNCIAS

Avelino, J. M. S. 2015. *Novos achados palinológicos em Petrolândia – SC: reconhecimento da Zona Lueckisporites virkkiae em amostras de afloramento do Grupo Passa Dois*



- (Permiano, Guadalupiano) na Bacia do Paraná. Porto Alegre, 73p. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Bender, R. R., Souza, P. A., Kavali, P. S., Shivanina, M., Félix, C. M. & Hermany, G. 2021. Palynostratigraphic analysis of a Permian section from southern Paraná Basin (Brazil), Western Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*. No prelo.
- Beri, A., Martínez-Blanco, X., Varela, L., di Pasquo, M. & Souza, P. A. 2020. Sampling biases and Paleozoic sporomorphs diversity dynamics in Western Gondwana strata. *Journal of South American Earth Sciences*, 98: 102457.
- Boardman, D. R., Souza, P. A., Iannuzzi, R. & Mori, A. L. O. 2012a. Paleobotany and palynology of the Rio Bonito Formation (Lower Permian, Paraná Basin, Brazil) at the Quitéria outcrop. *Ameghiniana*, 49(4): 451-472.
- Boardman, D. R., Iannuzzi, R., Souza, P. A. & Cunha Lopes, R. 2012b. Paleobotanical and palynological analysis of Faxinal Coalfield (Lower Permian, Rio Bonito Formation, Paraná Basin), Rio Grande Do Sul, Brazil. *International Journal of Coal Geology*, 102: 12-25.
- Cagliari, J., Lavina, E. L. C., Philipp, R. P., Tognoli, F. M. W., Basei, M. A. S. & Faccini, U. F. 2014. New Sakmarian ages for the Rio Bonito Formation (Paraná Basin, southern Brazil) based on LA-ICP-MS U-Pb radiometric dating of zircon crystals. *Journal of South American Earth Sciences*, 56: 265-277.
- Cagliari, J., Schmitz, M. D., Lavina, E. L. C. & Netto, R. G. 2020. U Pb CA IDTIMS geochronology of the Late Paleozoic glacial and post glacial deposits in southern Paraná Basin. *EGU General Assembly 2020* (Online, 4-8 Maio 2020, EGU2020-12101, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-12101>).
- 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*, 15: 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(1): 83-98.
- Césari, S. N. 2007. Palynological biozones at the Carboniferous-Permian boundary, Western Gondwana. *Gondwana Research*, 11: 529-536.
- Césari, S. N., Limarino, C. O. & Gulbranson, E. L., 2011. An Upper Paleozoic bio-chronostratigraphic scheme for the western margin of Gondwana. *Earth-Science Reviews*, 106: 149-160.
- Costa, P. S. 2015. *Estudo palinológico do Grupo Itararé (Permiano Inferior, Bacia do Paraná), no afloramento do roteiro da "Coluna White", Lauro Müller, SC*. Porto Alegre, 42p. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Daemon, R. F. & Quadros, L. P. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozoico da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24., 1970, Brasília. *Anais. . . Brasília, SBG*, v. 1, p. 359-412.
- Davydov, V. I., Korn, D. & Schmitz, M. D. 2012. The Carboniferous Period. In: Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. & Ogg, G. (Eds. ). *The Geologic Time Scale 2012*. Elsevier, Amsterdam, p. 603-651.
- di Pasquo, M., Souza, P. A., Kavali, P. S. & Felix, C. M. 2018. Seasonally warmer and humid climates in a lower paleolatitude position of southern Brazil (Paraná Basin): new findings of the *Lueckisporites virkkiae* Zone (late Cisuralian-Guadalupian) in the Serra do Rio do Rastro and neighboring localities. *Journal of South American Earth Sciences*, 82: 143-164.
- Félix, C. M., Souza, P. A. & Cancelli, R. R. 2007.

- A diversidade de grãos de pólen monossacados da Bacia do Paraná: distribuição estratigráfica e implicações florísticas. *In: Carvalho, I. S. et al. (Org. ). Paleontologia: cenários da vida.* Rio de Janeiro, Interciência, v. 2, p. 499-509.
- Gandini, R., Guimarães Netto, R. & Souza, P. A. 2007. Paleocnologia e a palinologia dos ritmitos do Grupo Itararé na pedreira de Águas Claras (Santa Catarina, Brasil). *GAEA*, 3(2): 47-59.
- Griffis, N. P., Mundil, R., Montañez, I. P., Isbell, J., Fedorchuk, N., Vesely, F., Iannuzzi, R. & Yin, Q. Z. 2018. A new stratigraphic framework built on U-Pb single zircon TIMS ages with implications for the timing of the penultimate icehouse (Paraná Basin, Brazil). *Geological Society of America Bulletin*, 130: 848-858.
- Gulbrandson, E. L., Montañez, I. P., Schmitz, M. D., Limarino, C. O., Isbell, J. L., Marensi, S. A. & Crowley, J. L. 2010. High-precision U-Pb calibration of Carboniferous glaciation and climate history, Paganzo Group, NW Argentina. *Geological Society of America Bulletin*, 122: 1480-1498.
- Henderson, C. M. 2018. Permian conodont biostratigraphy. *In: Lucas, S. G. & Shen, S. Z. (Eds. ). The Permian Timescale.* Geological Society, London, Special Publications, v. 450, p. 119-142.
- 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(2): 381-399.
- Jasper, A., Menegat, R., Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M. & Souza, P. A. 2006. Depositional cyclicity and paleoecological variability in an outcrop of Rio Bonito Formation, Early Permian, Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 21: 276-293.
- Koester, E., Scmazzon, A. K., Weinschütz, L. C., Wilner, E., Moutinho, L. P. & Nascimento, S. 2016. Idade Rb-Sr do Folhelho Lontras, Grupo Itararé, Bacia do Paraná, na Região de Mafra, SC, Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 48., 2016, Porto Alegre. *Anais. . . Porto Alegre, SBG*, v. 1, p. 955.
- Leite, M. G. 2017. *Palinologia e paleoambientes do Grupo Itararé e da Formação Rio Bonito (poço ST-01-RS, Cachoeira do Sul, RS, Brasil), Permiano Inferior da Bacia do Paraná.* Porto Alegre, 82p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Marques-Toigo, M. 1991. Palynobiostratigraphy of the southern Brazilian Neopaleozoic Gondwana sequence. *In: INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM*, 7., 1988, São Paulo. *Proceedings. . . São Paulo*, p. 503-515.
- Milani, E. J. 1997. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-oriental.* Porto Alegre, 255p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Milani, E. J., Melo, J. H. G., Souza, P. A., Fernandes, L. A. & França, A. B. 2007. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15(2): 265-287.
- 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.
- 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(1): 61-78.
- Mori, A. L. O. & Souza, P. A. 2012. Análise palinoestratigráfica dos depósitos permianos (poço HN-05-RS e HN-25-RS) do sul da Bacia do Paraná. *Ameghiniana*, 49(3): 319-

342.

- 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(2): 9-21.
- Pereira, Z., Mendes, M., Souza, P. A., Rodrigues, C., Fernandes, P., Ade, M., Araújo, C., Almeida, J. R. L., Santos, E. M., Rocha, H. V., Santos, V. E. S., Araújo, B. P., Garavaglia, L. & Lemos de Sousa, M. J. 2019. Palynology of Bonito and Barro Branco coal seams from Rio Bonito Formation (Lower Permian of Paraná Basin) in the Criciúma coal region, southernmost Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 91: 27-35.
- Rocha-Campos, A. C., Basei, M. A. S., Nutman, A. P., Kleiman, L., Varela, R., Llambias, E., Canile, F. M. & Rosa, O. C. R. 2011. 30 million years of Permian volcanism recorded in the Choiyoi igneous Province (W Argentina) and their source for younger ash fall deposits in the Paraná Basin: SHRIMP U-Pb zircon geochronology evidence. *Gondwana Research*, 19: 509-523.
- Rocha-Campos, A. C., Basei, M. A. S., Nutman, A. P., Santos, P. R., Passarelli, C. R., Canile, F. M., Rosa, O. C. R., Fernandes, M. T., Santa Ana, H. & Veroslavsky, G. 2019. U-Pb Zircon Dating of Ash Fall Deposits from the Paleozoic Paraná Basin of Brazil and Uruguay: A Reevaluation of the Stratigraphic Correlations. *Journal of Geology*, 127: 167-182.
- Scomazzon, A. K., Moutinho, L. P., Nascimento, S., Lemos, V. B. & Matsuda, N. S. 2016. Conodont biostratigraphy and paleoecology of the marine sequence of the Tapajós Group, Early-Middle Pennsylvanian of Amazonas Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 65: 25-42.
- Scomazzon, A. K., Wilner, E., Purnell, M. A., Nascimento, S., Weinschütz, L. C., Lemos, V. B., Souza, F. L. & Silva, C. P. 2013. First report of conodont apparatuses from Brazil – Permian of Paraná Basin, Itararé Group, Lontras Shale – Evidence of Gondwana deglaciation. In: INTERNATIONAL CONODONT SYMPOSIUM: CONODONTS FROM THE ANDES, 3., 2013, Mendoza. *Publicación Especial Ameghiniana*, 13: 99-102.
- Smaniotto, 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(3): 311-322.
- Souza, P. A. 2006. Late Carboniferous palynostratigraphy of the Itararé Subgroup, northeastern Paraná Basin, Brazil. *Review of Paleobotany & Palynology*, 138(1): 9-29.
- 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., Boardman, D. R., Premaor, E., Félix, C. M., Bender, R. R. & Oliveira, E. J. 2021. The *Vittatina costabilis* Zone revisited: New characterization and implications on the Pennsylvanian-Permian icehouse-to-greenhouse turnover in the Paraná Basin, Western Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences*. No prelo.
- Stephenson, M. H. 2008. A review of the palynostratigraphy of Gondwanan Late Carboniferous to Early Permian glaciogene successions. In: Fielding, C. R., Frank, T. D. & Isbell, J. L., (Eds. ). *Resolving the Late Paleozoic Ice Age in Time and Space*. Geological Society of America Special Paper, v. 441, p. 317-330.
- Valdez Buso, V., Aquino, C. D., Paim, P. S. G., Souza, P. A., Mori, A. L., Fallgatter, C., Milana, J. P. & Kneller, B. 2019. Late Paleozoic glacial cycles and subcycles in western Gondwana: Correlation of surface and subsurface data of the Paraná Basin, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 531: 108435.
- Wilner, E., Lemos, V. B. & Scomazzon, A. K.

## **Voltar ao Sumário**

*Contribuições à Geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*

2016. Associações naturais de conodontes  
*Mesogondolella* spp., Grupo Itararé, Cisuralia-  
no da Bacia do Paraná. *GAEA*, 9(1): 30-36.