



**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, 2015

**JONATAS MONTEIRO DA SILVA AVELINO**

**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**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em geologia III, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

**Orientador:** Prof. Dr. Paulo Alves de Souza

Porto Alegre, 2015

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**Reitor:** Carlos Alexandre Netto

**Vice-Reitor:** Rui Vicente Oppermann

## INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Diretor:** André Sampaio Mexias

**Vice-Diretor:** Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Avelino, Jonatas Monteiro da Silva

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. / Jonatas Monteiro da Silva Avelino. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2015.

[73 f.] il.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso).- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Graduação em Geologia. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2015.

Orientador(es): Paulo Alves de Souza

1. Bioestratigrafia 2. Palinologia 3. Zona Lueckisporites Virkkiae 4. Grupo Passo Dois I. Título.

CDU 55

---

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Veleida Ana Blank

CRB 10/571

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso "**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**", elaborado por JONATAS MONTEIRO DA SILVA AVELINO, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

**Comissão Examinadora:**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr. Ana Karina Scomazzon

---

Prof. Dr. Cesar Leandro Schultz

---

Prof.<sup>a</sup> Dr Maria Alejandra Gomez Pivel

A minha querida mãe, uma mulher  
guerreira, humilde e honesta.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço todo o pessoal do Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo (LPMMT) por todo apoio que me deram durante toda a minha graduação.

Aos órgãos e projetos financiadores dessa pesquisa Programa PRH 12 da Agência Nacional do Petróleo (ANP), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) nos (Projetos 480385/2010-6 e 461626/2014-7), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), a PETROBRAS.

Ao Instituto de Geociências da UFRGS e ao LPMMT pela infraestrutura disponibilizada.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Paulo Alves de Souza pela orientação e todo o apoio que me deu desde o meu primeiro ano até a chegada nessa etapa. Sem a tua ajuda, chegar até aqui seria muito mais difícil. Você foi como um pai para mim.

A minhas amigas Dr<sup>a</sup> Cristina Félix e Betina pela ajuda no TCC e por todas as conversas, risadas e conselhos que me deram durante a realização desse trabalho.

Ao meu companheiro Alberto Togni por sua dedicação, amor e apoio incondicional. Desculpa por todas as noites mal dormidas.

Aos meus amigos e sócios da Petra Jr, Ronei, Elis, Pâmela, Cristine, Alexandre, pela parceria e engajamento nesse projeto paralelo que tomou parte de nosso tempo, mas que com toda certeza será um diferencial em nossa formação.

Aos meus familiares, que mesmo distante acompanharam um pouco dessa trajetória.

A comissão examinadora desta monografia Prof.<sup>a</sup> Dr. Ana Karina Scomazzon, Prof. Dr. Cesar Leandro Schultz, Prof.<sup>a</sup> Dr Maria Alejandra Gomez Pivel.

## RESUMO

O Grupo Passa Dois, unidade pertencente a Bacia do Paraná, constitui-se, na porção sul da bacia, das formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto. É caracterizado pela tendência regressiva, onde sistemas continentais passam a dominar a bacia de acumulação, o que é evidenciado por sua litologia que prograda desde folhelhos até interlaminações de siltitos, folhelhos e arenito fino, muitas vezes marcada por ondulações. Dentre os fósseis registrados nessa unidade, os palinófitos são utilizados comumente para o posicionamento bioestratigráfico e interpretações paleoambientais. Contudo, são escassos os trabalhos palinológicos provenientes de materiais coletados no Estado de Santa Catarina. Algumas das questões mais intrigantes são determinar a idade das rochas sedimentares desta unidade neste setor da bacia e o ambiente em que foram depositados. Oito níveis foram amostrados, ordenados da base para o topo, em um afloramento localizado as margens da SC-110, a 18 km norte da BR-282, no município de Petrolândia-SC, na porção central do Estado de Santa Catarina, Brasil. As amostras foram submetidas à dissolução dos componentes minerais e concentração de matéria orgânica particulada em lâmina. As lâminas foram analisadas em microscópio óptico de aumento entre 200x a 1000x para fins de caracterização taxonômica e análise quantitativa das associações palinológicas e revelaram conjuntos palinológicos pouco abundantes. No entanto, interpretações quanto ao posicionamento estratigráfico e paleoambiente foram possíveis através do reconhecimento de alguns táxons. Na análise quantitativa, de modo geral predominam grãos de pólen bissacados estriados (principalmente *Lueckisporites virkkiae*) e esporos ornamentados (principalmente *Thymospora*), excetuando nos dois níveis mais inferiores, onde grãos de pólen bissacados estriados são menos expressivos. Nos níveis superiores foram identificados grãos de pólen poliplicados (*Vittatina* e *Weylandites*). Em nenhum dos níveis foi identificado grãos de pólen monossacados e elementos representativos de ambiente marinho. A abundância dos gêneros *Thymospora* e *Lueckisporites*, juntamente com a presença de *Alisporites*, *Striatoabietes*, possibilitou o reconhecimento da Zona *Lueckisporites virkkiae*. As variações dos elementos palinológicos nos níveis estudados sugerem mudança nas condições de disponibilidade de água: uma transgressão marinha pode ter ocorrido.

Palavras-Chave: BIOESTRATIGRAFIA. PALINOLOGIA. GRUPO PASSA DOIS. ZONA *LUECKISPORITES VIRKKIAE*. PERMIANO.

## ABSTRACT

The Passa Dois Group is a unit from the Paraná Basin and is constituted, in the southern portion of the basin, of Irati, Serra Alta, Teresina and Rio do Rastro formations. It is characterized by a regressive tendency, where continental systems start to dominate the accumulation basin, which is evidenced by its lithology consisting of interlaminations of siltstones, shales and fine sand, often marked by ripples. Among the fossils recorded in this unit, palynomorphs are commonly used for biostratigraphic positioning and paleoenvironmental interpretations. However, there are few palynological studies from materials collected in Santa Catarina state. Some of the most intriguing questions is to determine the age of the sediments of this unit in this sector of the basin and the environment in which they were deposited. The study sampled eight levels, ordered from the bottom up, on an outcrop located at the margins of SC-110, 18 km north of BR-282, in the municipality of Petrolândia-SC (coordinates 27°35'19.65"S; 49°44'14.64"W), in the central portion of Santa Catarina state, Brazil. The samples undergone dissolution of mineral components and concentration of organic particulate matter on thin section. The sections were analyzed under optical microscope with magnification between 200x and 1000x with aims of taxonomic characterization and quantitative analysis of pollen associations. The sections revealed little abundant palynological set. However, interpretations of stratigraphic positioning and paleoenvironment were possible through recognition of some taxa. In the quantitative analysis, in general predominate striate bisaccate pollen grains (mainly *Lueckisporites virkkiae*) and ornamented spores (mainly *Thymospora*), except in the two basal levels, where striate bisaccate pollen grains are less expressive. At higher levels were identified poliplicate pollen grains (*Vittatina* and *Weylandites*). In none of the levels monosaccate pollen grains and elements representative of the marine environment have been identified. The abundance of genres *Thymospora* and *Lueckisporites*, along with the presence of *Alisporites*. and *Striatoabietes*, allowed the recognition of *Lueckisporites virkkiae* Zone. The sampling variations of the palinological elements in the studied levels can be interpreted as a possible change in the conditions of water availability: a transition from a more proximal environment in relation to the water body to a more distal environment may have occurred.

Keywords: BIOSTRATIGRAPHY. PALYNOLOGY. PASSA DOIS GROUP. LUECKISPORITES VIRKKIAE ZONE. PERMIAN.

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – REVISÃO DOS DADOS PALINOESTRATIGRÁFICOS DO PALEOZÓICO SUPERIOR DA BACIA DO PARANÁ MODIFICADO DE SOUZA (2006). .....	30
QUADRO 2 – DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS PROCESSADAS, DOS RESULTADOS DO PROCESSAMENTO E RECUPERAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM LÂMINA. ....	46
QUADRO 3 – RESULTADO DAS LÂMINAS CONFECCIONADAS A PARTIR DOS RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DAS ROCHAS. ....	48
QUADRO 4 – IMAGENS DE CAMPO DAS LÂMINAS EM AUMENTO DE 100X SEM E COM FLUORESCÊNCIA. ....	50
QUADRO 5 - DISTRIBUIÇÃO QUANTITATIVA DOS GRUPOS MORFOLÓGICOS POR NÍVEL ESTRATIGRÁFICO. ....	52
QUADRO 6 - AMPLITUDE DOS GÊNEROS IDENTIFICADOS POR NÍVEL ESTRATIGRÁFICO. ....	53
QUADRO 7. – PALINOMORFOS COM PREENCHIMENTO POR PIRITA. TODOS OS ELEMENTOS SÃO DOS NÍVEIS CP-1 E CP-2, NÍVEIS COM MELHOR PRESERVAÇÃO DOS PALINOMORFOS E ABUNDÂNCIA DE ELEMENTOS PREENCHIDOS POR PIRITA. ....	55
QUADRO 8 - RECONHECIMENTO DAS FÁCIES EM CAMPO. ....	57
QUADRO 9. - AFINIDADE BOTÂNICA DOS GÊNEROS IDENTIFICADOS. ....	61

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO; (A) ABRANGÊNCIA DA BACIA DO PARANÁ NO BRASIL; (B) BACIA DO PARANÁ EM SANTA CATARINA (C) MAPA GEOLÓGICO E DE LOCALIZAÇÃO DO AFLORAMENTO DESTA ESTUDO. FONTE DOS DADOS: <i>GEOBANK</i> - CPRM .	15
FIGURA 2 PERFIL DE ELEVAÇÃO DO CAMINHO ENTRE A SERRA PERIMBÓ A PETROLÂNDIA. AS LITOLÓGIAS FORAM INTERPRETADAS DE ACORDO COM OS DADOS DO <i>GEOBANK</i> DA CPRM PLOTADOS SOBRE O TERRENO NO <i>GOOGLE EARTH</i> .	16
FIGURA 3 - CARTA ESTRATIGRÁFICA DO CARBONÍFERO / PERMIANO DA BACIA DO PARANÁ (MILANI <i>ET AL.</i> , 1993)	20
FIGURA 4 - ESTRATIGRAFIA DA SUPERSEQUÊNCIA GONDWANA (SOUZA, 2006; MODIFICADO DE MILANI, 1997)	21
FIGURA 5 - VISTA PANORÂMICA DO AFLORAMENTO EM PETROLÂNDIA-SC.	36
FIGURA 6 - PERFIL LEVANTADO EM CAMPO COM AS LITOLÓGIAS E PONTOS AMOSTRADOS.	37
FIGURA 7 - ETAPAS PARA O PROCESSAMENTO PALINOLÓGICO DAS AMOSTRAS. (A) CAPELAS DO LABORATÓRIO MARLENI MARQUES TOIGO; (B) MOAGEM DAS AMOSTRAS; (C) PENEIRAMENTO; (D) TESTE COM ÁCIDO CLORÍDRICO; (E) DISSOLUÇÃO DAS AMOSTRAS EM ÁCIDO (F) DILUIÇÃO EM ÁGUA (G) DISSOLUÇÃO EM ACIDO CLORÍDRICO AQUECIDO.	40
FIGURA 8 - CONFECÇÃO DE LÂMINAS; 1-LÂMINA E LAMÍNULA; 2-RESÍDUO CONCENTRADO; 3-GOTEJAMENTO DO RESÍDUO NAS LÂMINAS; 4- <i>CELLOSIZ</i> E <i>ENTELLAN</i> ; 5-POSICIONAMENTO DA LAMÍNULA SOBRE A LÂMINA.	41
FIGURA 9: (1)-MICROSCÓPIO ÓPTICO BX-61; (2)-LÂMINA <i>ENGLAND FINDER</i> .	43
FIGURA 10 - DISTRIBUIÇÃO RELATIVA DOS GRUPOS MORFOLÓGICOS POR NÍVEL ESTRATIGRÁFICO.	52
FIGURA 11. – GRÁFICO DA DISTRIBUIÇÃO ESTRATIGRÁFICA DOS ELEMENTOS PREENCHIDOS POR PIRITA.	54
FIGURA 12 – (1) IMAGEM DA PARTE BASAL DO PERFIL LEVANTADO SEPARADO POR FÁCIES CONFORME O CÓDIGO A DIREITA DA FOTO, QUADRADOS AMARELOS INDICAM PONTOS DE COLETA DE AMOSTRAS; (2) FOTOS DE DETALHE DA FÁCIES FOLHELHOS; (3) DETALHE DA INJEÇÃO DE ARENITO (4) DETALHE DAS INTERLAMINAÇÕES DE ARENITO FINO, SILTITO E FOLHELHO. (5) INTERLAMINAÇÕES MILIMÉTRICAS ENTRE FOLHELHOS E SILTITO.	58

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	Problema.....	11
1.2	Premissas .....	12
1.3	Hipóteses .....	13
1.4	Objetivos gerais e específicos.....	13
1.5	Localização da área e intervalo de estudo .....	14
2	ESTADO DA ARTE.....	17
2.1	Palinologia .....	17
2.2	Contextualização geológica.....	18
2.2.1	Estratigrafia do Grupo Passa Dois.....	21
2.2.2	Palinoestratigrafia da Bacia do Paraná.....	26
2.2.3	Estudos paleoclimáticos do Permo-Carbonífero na Bacia do Paraná .....	31
2.2.4	Cronoestratigrafia e paleoambiente do Grupo Passa Dois .....	32
3	METODOLOGIA .....	34
3.1	Pesquisa e revisão bibliográfica .....	34
3.2	Etapa de Campo .....	34
3.3	Preparação das lâminas.....	38
3.3.1	Desagregação física.....	38
3.3.2	Desagregação química.....	39
3.3.3	Peneiramento .....	40
3.4	Confecção de lâminas.....	41
3.5	Análise das lâminas palinológicas .....	42
3.5.1	Análise Quantitativa.....	42
3.5.2	Análise Qualitativa.....	42
3.5.3	Posicionamento bioestratigráfico e interpretação paleoambiental.....	43
4	RESULTADOS.....	44
4.1	Análise preliminar do material coletado.....	44
4.2	Palinologia .....	51
4.2.1	Distribuição estratigráfica dos palinomorfos.....	52
4.2.2	Estado de preservação dos palinomorfos.....	54
4.3	Estratigrafia.....	56
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	59
6	CONCLUSÕES.....	62
7	ANEXOS.....	64

# 1 INTRODUÇÃO

O Grupo Passa Dois, nome proposto por White (1908), é uma unidade pertencente à Bacia do Paraná e constitui-se, na porção sul da bacia, das formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto e, na porção norte da bacia, das formações Irati e Corumbataí. As suas formações são basicamente constituídas por argilitos e folhelhos cinza com variações de tonalidade (claro a escuro), com exceção da Formação Rio do Rasto composta essencialmente de clásticos, de cores variegadas em sua base e siltitos esverdeados e arroxeados na parte superior.

Fósseis de bivalves, conchostráceos, estromatólitos, gastrópodes, ostracodes, restos de peixes, vegetais e palinórfos são encontrados no Grupo Passa Dois em distintos níveis estratigráficos (Schneider *et al.*, 1974). A partir dos achados fóssilíferos e de datações radiométricas, zoneamentos foram propostos para as unidades do Grupo Passa Dois (Daemon, 1966; Mendes, 1949; Marques Toigo, 1988 e 1991; Rohn e Lavina, 1993; Rohn e Stollhofen, 2000; Souza, 2006).

Trabalhos mais recentes como os de Souza e Marques-Toigo (2005) e Souza (2006) confirmam a Zona *Lueckisporites virkkiae* para as formações Irati, Serra Alta e Teresina. No entanto, no Estado de Santa Catarina esta zona carece de estudos.

Assim, o levantamento palinológico proposto neste trabalho visa estudar o Grupo Passa Dois e para isso, foram selecionadas oito amostras de um afloramento localizado às margens da SC-110, a 18 km norte da BR-282, no município de Petrolândia-SC, nas coordenadas 27°35'19.65"S; 49°44'14.64"O.

## 1.1 Problema

Alguns autores (Daemon e Quadros, 1970; Neregato *et al.*, 2008; Mori, 2010) abordam o posicionamento bioestratigráfico das unidades do Grupo Passa Dois. No entanto, distinguir a Formação Serra Alta da Formação Teresina em campo é uma tarefa difícil, essas unidades são basicamente compostas por folhelhos e heterolitos, apresentando variações locais na composição entre silte, argila e areia, geralmente com estratificação plano paralela e localmente apresentando marcas de ondas, concreções carbonáticas.

As suas características litológicas remetem à ambientes marinhos/costeiros e análises de rochas carbonáticas indicaram situações de hipersalinidade (Rodrigues e Quadros, 1976), mas *a priori*, nenhum fóssil constitui evidência irrefutável de conexão da bacia ao oceano.

Ademais, muitos dos trabalhos e zoneamentos propostos para o intervalo abordam os setores norte e nordeste da Bacia do Paraná e, embora seja relatada a ocorrência de palinomorfos na Formação Serra Alta (Daemon e Quadros, 1970; Marques-Toigo, 1991), no Estado de Santa Catarina há ausência de estudos publicados.

## 1.2 Premissas

A palinologia é uma ciência interdisciplinar que recebe contribuições das ciências geológicas e biológicas, particularmente da botânica, e está ligada com mais ênfase à estratigrafia, onde fornece dados que possibilitam a correlação temporal e estratigráfica entre as camadas sedimentares.

Os organismos constituintes da flora estão intrinsecamente relacionados as condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento. Esses organismos sofrem fragmentação no decorrer de suas vidas, seja por processos naturais ao seu desenvolvimento (perda de folhas, dispersão de polens e esporos) ou por processos externos (tempestade, transporte). Esses fragmentos orgânicos microscópicos (palinomorfos) que são preservados nas rochas sedimentares podem ser encontrados ao longo da sequência estratigráfica. O reconhecimento e análise dos distintos grupos de palinomorfos, podem contribuir para o posicionamento bioestratigráfico do intervalo estudado e correlação com demais setores da Bacia do Paraná.

Quando mudanças nas assembleias palinológica registrada ao longo da sequência estratigráfica são observadas, elas podem indicar que condições ambientais que eram favoráveis ao desenvolvimento ou preservação de certas espécies deixaram de existir naquele intervalo estratigráfico. O grau de preservação, quantidade relativa e distribuição estratigráfica dos grupos morfológicos fornece dado que permite correlacionar ao processo de transporte e as condições

ambientais em que esses elementos sofreram fossilização, dessa forma interpretações paleoambientais e paleoecológica são possíveis.

### 1.3 Hipóteses

O reconhecimento litoestratigráfico da Formação Serra Alta (Sanford e Lange, 1960; Schneider *et al.*, 1974) implica em identificar características que a distingue das Formações Irati (sotoposta) e Teresina (sobreposta). Essas distintas características litológicas refletem as condições do ambiente deposicional em que essas unidades se formaram.

Partindo do pressuposto que as características ambientais também apresentam grande influência sobre os elementos representantes da flora presentes nas rochas sedimentares, Daemon e Quadros (1970) analisaram amostras de superfície e de 31 poços exploratórios da PETROBRAS e propuseram uma abrangente subdivisão palinobioestratigráfica para o intervalo compreendido entre o Pensilvaniano e Permiano da Bacia do Paraná, abrangendo as unidades do Grupo Itararé até a Formação Teresina. Para o Grupo Passa Dois, propuseram a Zona L e suas subdivisões L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>, que em linhas gerais apresenta dominância de esporos bissacados estriados, entre eles a forma *Lueckisporites virkkiae* é destacada. Marques-Toigo (1991), formalizou a divisão proposta por Daemon e Quadros (1970) para o Grupo Passa Dois como zona de intervalo *Lueckisporites virkkiae*, e para ela não foram apresentadas subdivisões.

A partir do estudo palinológico de amostras coletadas em Santa Catarina e da revisão bibliográfica da Bacia do Paraná, pretendeu-se levantar dados que possibilitem o reconhecimento bioestratigráfico na Zona *Lueckisporites virkkiae*. Ademais, a partir da caracterização palinológica em cada nível amostrado, espera-se uma interpretação paleoecológica e paleoambiental.

### 1.4 Objetivos gerais e específicos

Com base no estudo dessas amostras, pretende-se o reconhecimento de fácies e levantamento de dados palinológicos inéditos para a seção, sendo apresentados como objetivos específicos:

- I. Análise faciológica do afloramento
- II. O reconhecimento da diversidade palinológica em cada nível (palinotaxonomia).
- III. A compreensão da sucessão palinológica, no contexto do zoneamento vigente.
- IV. Integração de dados palinológicos à litoestratigrafia.
- V. Interpretação paleoambiental e paleoecológica com base nos grupos morfológicos predominantes em cada nível estudado.

### 1.5 Localização da área e intervalo de estudo

A amostragem selecionada para o presente trabalho é relativa a um afloramento na Serra do Perimbó localizado as margens da SC-110, a 18 km norte da BR-282, no município de Petrolândia-SC, nas coordenadas 27°35'19.65"S; 49°44'14.64"O, porção central do Estado de Santa Catarina, Brasil. (Fig. 1).

O intervalo de estudo compreende rochas sedimentares heterolíticas sendo a porção mais basal encontra-se na cota 836,00 m e a superior na cota 876,00 m. Este intervalo foi dividido em oito níveis amostrais ordenados da base para o topo. As amostras coletadas foram codificadas com a sigla CP (Casalheira Perimbó) seguida de número representativo da sua posição estratigráfica, sendo 1 o mais basal (CP-1 até CP-8).

Os dados de mapeamento geológico de superfície providos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) indicam a Formação Rio do Rasto, mas devido a escala do mapa, não é possível confirmar esses dados. De acordo com o perfil da figura 1, percorrendo 7 km rumo a Nordeste a partir do ponto mais alto da Serra do Perimbó faz-se a transição entre a Formação Rio do Rasto (unidade superior) e Formação Irati (unidade inferior) do Grupo Passa Dois.

De acordo com o perfil topográfico da região (Fig. 2), a espessura do pacote sedimentar do Grupo Passa Dois é da ordem de 400 m. As suas principais fácies são constituídas por laminações de arenitos finos intercalada por pelitos cinza escuro e folhelhos negros, além de concreções carbonáticas e camadas centimétricas de arenitos finos com alguma oxidação.

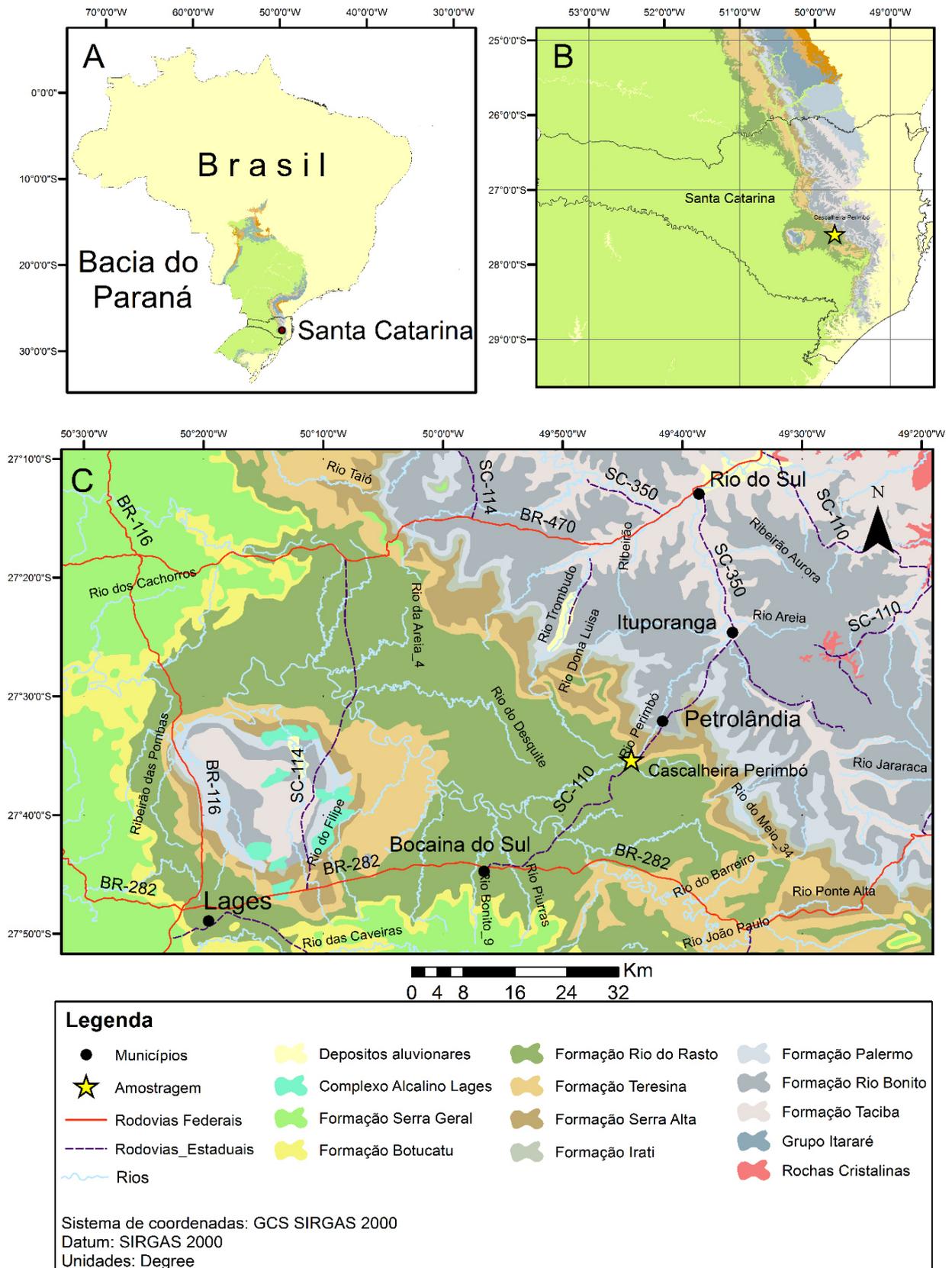


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo; (A) Abrangência da Bacia do Paraná no Brasil; (B) Bacia do Paraná em Santa Catarina (C) Mapa geológico e de localização do afloramento deste estudo. Fonte dos dados: Geobank - CPRM

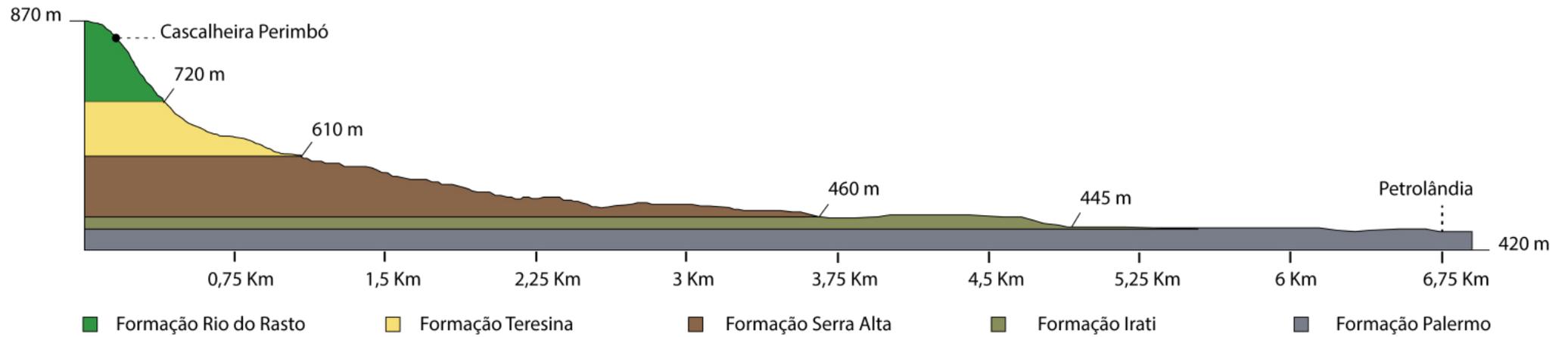


Figura 2 Perfil de elevação do caminho entre a Serra Perimbó a Petrolândia. As litologias foram interpretadas de acordo com os dados do *Geobank* da CPRM sobreposta a elevação do terreno no *Google Earth*.

## 2 ESTADO DA ARTE

### 2.1 Palinologia

A palinologia consiste no estudo de microfósseis orgânicos que são encontrados após a maceração e tratamento com ácido clorídrico e fluorídrico das amostras de rochas sedimentares (Traverse, 2008). Os palinomorfos, microfósseis que são o objeto desse estudo, são constituídos por moléculas orgânicas muito resistentes, usualmente esporopolenina, quitina e pseudoquitina (com algumas exceções) representados pelos grãos de pólen de briófitas e pteridófitas e pelos esporos de angiospermas e gimnospermas, além dos dinoflagelados, quitinozoários e acritarcos, abundantes no fitoplâncton.

Esporos são células haploides produzidas pelo corpo esporofítico e que se desenvolvem como plantas gametofíticas nas briófitas, licófitas, esfenófitas e pteridófitas. Os esporos constituem-se de uma parede celular de esporopolenina, a exina, e sua morfologia é descrita de acordo com seu formato, tamanho, natureza da abertura e ornamentação. Em geral sua dispersão é pelo vento ou pela água, favorecida pelo pequeno tamanho, baixo peso específico e por uma alta razão área superficial (Brasier, 1980). Esporos fornecem informações com maior confiabilidade em âmbito local.

Grãos de pólen são gametófitos (duas ou três células) produzidos pelos órgãos masculinos das gimnospermas e pelas anteras das flores nas angiospermas. A morfologia dos grãos de pólen é descrita como nos esporos, porém sua diversidade morfológica é maior devido ao maior número de agentes dispersores (Armstrong e Brasier, 2005). Em geral os grãos de pólen dispersos pelos ventos são pequenos (20 a 40  $\mu\text{m}$ ), ovais, possuem exina lisa e fina e sacos aéreos para aumentar a capacidade de deslocamento em longas distâncias, como ocorre nas gimnospermas (Brasier, 1980; Armstrong e Brasier, 2005). Grãos de pólen dispersos por animais, principalmente insetos, tendem a ter a exina grossa e alguma ornamentação protuberante para melhor aderência ao corpo do agente dispersor. Podem ser grandes (50-200  $\mu\text{m}$ ) ou pequenos (5-16  $\mu\text{m}$ ), como nas angiospermas (Brasier, 1980). Em relação às informações paleoambientais, grãos de pólen fornecem informações com maior confiabilidade no âmbito regional.

## 2.2 Contextualização geológica

A Bacia do Paraná é uma das mais vastas bacias intracratônicas da América do Sul. Seu registro estratigráfico compreende uma espessa sequência sedimentar-magmática com aproximadamente 7.000 m, que abrange grandes extensões, perto de 1.500.000 km<sup>2</sup>, e recobre porções territoriais do Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai (Milani *et al.*, 2007). A bacia tem uma forma ovalada com eixo maior N-S, sendo seu contorno atual definido por limites erosivos relacionados principalmente à história geotectônica meso cenozoica do continente (Milani *et al.*, 2007). O flanco leste da bacia foi profundamente modelado pela erosão consequente do soerguimento da crosta continental associado ao rifte do Atlântico Sul (Zanotto, 1993). Já o flanco ocidental é definido por uma feição estrutural positiva orientada a norte-sul, um amplo bulge flexural relacionado à sobrecarga litosférica imposta ao continente pelo cinturão orogênico andino (Shiraiwa, 1994).

De acordo com Milani (1997) e Milani e Zalan (1999), seis unidades de ampla escala ou Supersequências foram reconhecidas no registro estratigráfico da Bacia do Paraná: Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo).

A Supersequência Gondwana I (Milani, 1997) engloba o maior volume sedimentar da Bacia do Paraná, aflorando num cinturão quase contínuo ao longo do perímetro da sinéclise e exibindo, em subsuperfície, uma espessura total máxima da ordem de 2.500 m. Esta unidade abriga os grupos Itararé, Guatá e Passa Dois e possui em seu registro atributos sedimentares que refletem uma grande variedade de condições deposicionais sucedendo-se no tempo e evoluindo de um ambiente de sedimentação com marcada influência glacial no Neocarbonífero para um ambiente árido de interior continental com domínio de dunas eólicas na chegada do Mesozoico.

O Grupo Passa Dois corresponde ao pacote sedimentar com idade permiana (Milani *et al.*, 2007) e possui áreas aflorantes nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul no Brasil, também no Paraguai e Uruguai (Schneider *et al.*, 1974). A sedimentação desse grupo desenvolveu-se acompanhando uma tendência regressiva, onde sistemas continentais passam a

dominar a bacia de acumulação (Milani *et al.*, 2007). A carta estratigráfica para a sucessão oriental da Bacia do Paraná pode ser vista na figura. 3.

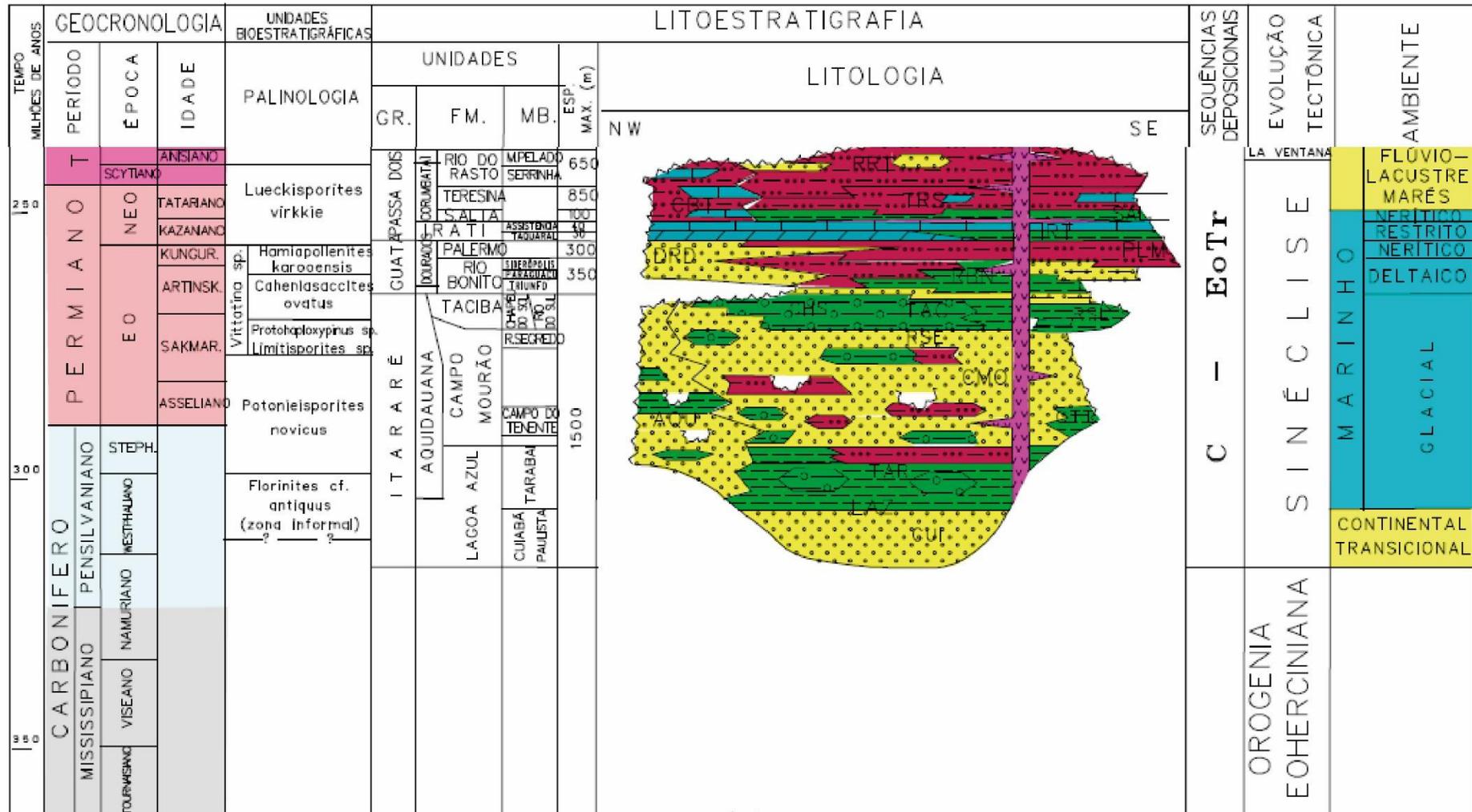


Figura 3 - Carta estratigráfica do Carbonífero / Permiano da Bacia do Paraná (Milani *et al.*, 1993)

## 2.2.1 Estratigrafia do Grupo Passa Dois

O Grupo Passa Dois é um pacote sedimentar pertencente à Supersequência Gondwana I datada no Permiano médio a superior, abrangendo as formações Irati até a base da Formação Piramboia (exclusive), ou das outras formações mesozoicas. É constituído pelas formações Irati, Teresina, Serra Alta e Rio do Rasto (Schneider *et al.*, 1974)

As áreas aflorantes do Grupo Passa Dois situadas nos Estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina estão consistem em uma estreita faixa sinuosa, desde o vale do Tiête, próximo a Piracicaba, até o litoral sul de Santa Catarina, e no Rio Grande do Sul, desde as proximidades de São Jerônimo até Tiarajú (Brito e Bertini, 1982). A deposição dessa unidade está relacionada a um evento transgressivo. Um resumo da estratigrafia é apresentado na figura 4.

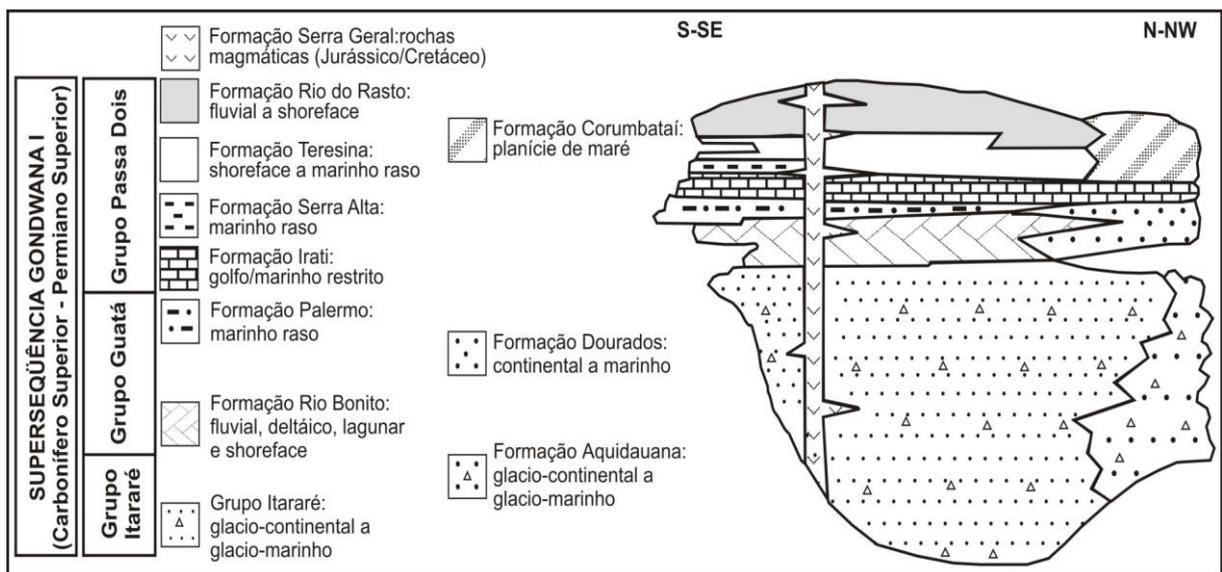


Figura 4 - Estratigrafia da Supersequência Gondwana (Souza, 2006; modificado de Milani, 1997).

### 2.2.1.1 Formação Irati

A Formação Irati, designada assim por White (1908), quando estabeleceu a sua coluna das rochas gondwânicas do "Sistema de Santa Catarina" consiste em folhelhos e argilitos cinza escuro pirobetuminosos e calcários associados, situados estratigraficamente acima da Formação Palermo, sendo posicionada no Permiano (Cisulariano) datada no Artinskiano (Santos *et al.*, 2006). É notavelmente

reconhecida pelos depósitos fossilíferos de *Mesossaurus* e por sua uniformidade litológica.

Segundo Schneider *et al.* (1974), esta formação pode ser subdividida em dois membros: Taquaral e Assistência.

O Membro Taquaral, denominado por Barbosa e Almeida (1948) consiste em argilitos, folhelhos cinza escuros a cinza claro e siltitos cinza situados na base da Formação Irati. Apresenta laminação plano-paralela e sua espessura varia de 10 a 20 m, sendo o contato inferior com a Formação Palermo concordante e suas características litológicas e sedimentares indicativos de deposição em ambiente marinho de águas calmas, abaixo do nível de ação das ondas.

O Membro Assistência consiste de folhelhos cinza escuro e folhelhos pretos pirobetuminosos associados a calcários. Apresenta laminação plano-paralela nos leitos pirobetuminosos e nos carbonáticos laminação cruzada e convoluta, localmente marcas ondulares, sua espessura é da ordem de 30 m, e a alternância de camadas de folhelhos e calcários da origem a uma estratificação rítmica. O seu contato inferior (Membro Taquaral) e superior (Formação Serra Alta) são concordantes. As características litológicas e sedimentares sugerem deposição em ambiente marinho de águas rasas, onde restrições na bacia criaram condições para a deposição de folhelhos pirobetuminosos associados a calcários. Os fósseis característicos da unidade são os *Mesossaurus brasiliensis* e *Stereosternum tumidum*.

A Formação Serra Alta sucede a Formação Irati, sendo essa transição interpretada como um defasamento transgressivo, onde ocorre uma queda no nível de base, caracterizada pela deposição de uma fina camada fossilífera de peixe ou brechas, desaparecimento dos xistos betuminos e aparecimento de pequenas camadas de brechas, conglomerados intraformacionais ou arenitos. Valores de raios-gama em perfuração de poços atingem um máximo perto do topo da Formação no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, que evidenciam um padrão retrogradacional, sendo formada em um ambiente marinho abaixo do nível de base de ondas de tempestades, sob condições anóxicas (Schneider *et al.*, 1974; Araújo, 2001).

### 2.2.1.2 Formação Serra Alta

Desde o reconhecimento da Formação Serra Alta como unidade litoestratigráfica (Sanford e Lange 1960; Schneider *et al.*, 1974), ela figura como uma das menos estudadas da Bacia do Paraná (Warren *et al.*, 2015). A seção localizada na porção superior da Formação Irati foi originalmente incluída por White (1908) nos denominados “Schistos Estrada Nova”, elevada à categoria de Grupo Estrada Nova por Moraes Rego (1930) e definida por Gordon Jr. (1947) como Formação no sul do país, onde foi subdividida nos membros Serra Alta e Teresina.

No trabalho de revisão estratigráfica da Bacia do Paraná realizado por Schneider *et al.*, (1974), a Formação Serra Alta aparece de forma definitiva como unidade independente, sendo descrita como uma sequência de argilitos, folhelhos e siltitos cinza escuro a pretos, situados acima da Formação Irati, proposta a mais utilizada até os dias atuais (Milani *et al.*, 2007).

Do ponto de vista litológico, na sua porção inferior compreende uma sequência constituída por folhelhos, argilitos e siltitos cinza-escuro a pretos. Quando intemperizados, mostram cores cinza-claro a cinza-esverdeado, por vezes avermelhadas, com tons amarelados. Normalmente, são maciços ou possuem uma laminação plano-paralela incipiente, às vezes micáceos. Localmente, contêm lentes e concreções calcíferas, com formas elipsoidais e dimensões que podem alcançar até 1,5 m de comprimento por 50 cm de largura (Krebs, 2002).

A Formação Serra Alta faz parte da seção do Permiano Superior da Bacia do Paraná (Sanford e Lange, 1960; Scheneider *et al.*, 1974; Brito, 1982), onde foram identificados diversos palinomorfos e a essa seção foi atribuída a Zona L2 de Daemon e Quadros (1970), que mais tarde foi nomeada como Zona *Lueckisporites virkkiae* (Marques-Toigo, 1988), ambas de idade neopermiana, atualmente abrangendo o Wordiano e Changhsingiano (Warren *et al.*, 2015)

Devido à presença de mesossaurídeos, gênero extinto de pararápteis marinhos, nos sedimentos da Formação Irati e sua Formação correlata na África do Sul (Whitehill), foi possível atribuir idade Artinskiana para ambas (Lages, 2004). Camadas de cinza presentes no topo da Formação Irati foram datadas por Rocha Campos *et al.* (2011), sendo obtidas idades de 275 Ma o que implica em idades mais jovens para a Formação Serra Alta. Já para a Formação Teresina, unidade imediatamente sobreposta a Formação Serra Alta, Rocha-Campos *et al.* (2011)

obtiveram idades aproximadas de 267 Ma, o que define um intervalo de aproximadamente 8 Ma para a deposição da Formação Serra Alta.

De acordo com Mendes (1984), a Formação Serra Alta representa a transição de um ambiente profundo para um ambiente cada vez mais raso e agitado. Sendo essa transição marcada pelas fácies heterolíticas bioturbadas e pela coloração avermelhada dos sedimentos (Rohn, 2001; Rohn *et al.*, 2003; Meghioratti, 2006; Duque 2012). A transição gradual de folhelhos e carbonatos para siltitos laminados marca o contato entre as Formações Irati e Serra Alta. No entanto, o reconhecimento desse contato é especialmente dificultado pela semelhança litológica entre essas duas unidades no estado de Santa Catarina (Lavina, 1991; Warren, 2005).

Uma interpretação integradora para os depósitos do Grupo Passa Dois foi postulada por Gama Jr. (1979), que sugere a evolução de um grande delta, com os depósitos das Formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto, correspondentes à plataforma nerítica, prodelta e planície deltaica, respectivamente. Embora embasadas em dados confiáveis, tal interpretação não foi amplamente adotada em trabalhos posteriores (Lavina, 1991).

### 2.2.1.3 Formação Teresina

White (1908) denominou de "camadas Estrada Nova" uma sequência formada por folhelhos cinza de tons variegados e arenitos, na qual se encontram inclusos os sedimentos pertencentes à Formação Teresina. Moraes Rego (1930) foi quem empregou pela primeira vez o termo Teresina, sob a designação de Grupo Teresina, aos sedimentos encontrados na seção-tipo, expostos na margem direita do rio Ivaí, próximo à localidade de Teresa Cristina (antiga Teresina), no Paraná.

Schneider *et al.* (1974), descreveram esta unidade como alternâncias de argilitos e folhelhos com siltitos e arenitos muito finos cinza claros, sendo sua parte basal constituída por camadas de até 5 m de espessura de folhelhos cinza escuro intercalados por siltitos. Sua porção superior é constituída por argilitos, folhelhos e siltitos cinza-escuro e esverdeados, ritmicamente intercalados com arenitos muito finos, cinza-claro. Quando alteradas, estas rochas mostram cores diversificadas em tons violáceos, bordôs e avermelhados. Comumente apresentam lentes e

concreções carbonáticas, com formas elípticas e dimensões que podem atingir 2 m de comprimento por 80 cm de largura (Krebs, 2002).

Estrutura sedimentar do tipo *flaser* são comuns na Formação Teresina, elas consistem em lâminas descontínuas de folhelhos e siltitos escuros com arenitos muito finos de cor cinza claro. Além destas, são comumente observadas laminações ondeadas, microlaminações cruzadas, fendas de ressecamento, marcas ondulares e diques de arenito. Os contatos sub e sobrejacentes são concordantes.

Do ponto de vista genético, as intercalações de folhelhos e siltitos da base da Formação indicam uma transição de ambiente marinho mais profundo, de águas calmas, abaixo do nível de ação das ondas normais, para ambiente mais raso e agitado, dominado por ondas e pela ação de marés (inframaré a supramaré).

#### 2.2.1.4 Formação Rio do Rasto

White (1908) utiliza pela primeira vez o termo Rio do Rasto para uma sucessão de camadas vermelhas, expostas nas cabeceiras do homônimo, situado ao longo da estrada Lauro Müller - São Joaquim, em Santa Catarina, como a seção padrão desta formação. Esta formação compreende sedimentos essencialmente clásticos, de cores variegadas, situados estratigraficamente acima da Formação Teresina e foi dividida em dois membros: Membro Serrinha na porção inferior e Membro Morro Pelado na superior por Gordon Jr. (1947).

O Membro Serrinha, termo empregado por Moraes Rego (1930) para nomear os sedimentos da porção inferior da atual Formação Rio do Rasto, é composta por siltitos esverdeados e arroxeados com intercalações de argilitos, arenitos finos e bancos carbonáticos. Os siltitos e argilitos apresentam esfoliação esferoidal bem desenvolvida, estratificação cruzada de pequeno porte, laminação cruzada e ondulada. As camadas silto-argilosas apresentam laminação paralela, ondeada e *flaser* (Schneider *et al.*, 1974).

O Membro Morro Pelado constitui-se de argilitos e siltitos vermelhos com intercalações de corpos lenticulares de arenitos finos situados na parte superior da Formação Rio do Rasto. São características identificadoras dessa unidade a estratificação cruzada acanalada, laminação cruzada e plano-paralela, acunhamento de camadas e lenticularidade dos corpos arenosos (Schneider *et al.*, 1974).

Os membros Serrinha e Morro Pelado estendem-se desde o Rio Grande do Sul até o nordeste do Paraná, onde passam lateralmente para a Formação Corumbataí, alcançando espessuras de até 250 m. O contato inferior é gradacional, já o contato superior é marcado por discordâncias com as Formações Rosário do Sul e Piramboia.

Schneider *et al.* (1974) interpreta como um ambiente de transição entre os depósitos de águas rasas da Formação Teresina e os depósitos continentais do Membro Morro Pelado devido à progradação de clásticos de planícies costeiras sobre depósitos de planícies de marés, sendo os corpos arenosos lenticulares com estratificação cruzada encaixados em argilitos vermelhos indicativos de deposição em ambiente continental fluvial em condições climáticas altamente oxidantes.

### 2.2.2 Palinoestratigrafia da Bacia do Paraná

Estudos prévios com base em palinologia iniciaram na década de 60, mas muitos deles concentrados na porção sul da Bacia do Paraná, especialmente nas camadas de carvão da Formação Rio Bonito no Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Segundo Souza (2006), os mais importantes palinozoneamentos foram propostos por Daemon e Quadros (1970) e Marques-Toigo (1988, 1991), que utilizaram de amostragens geográfica e estratigraficamente abrangentes para delimitar biozonas para o Paleozoico superior na Bacia do Paraná. Um sumário desta matéria é apresentado no quadro 1 (modificado de Souza, 2006).

Daemon e Quadros (1970) reconheceram seis zonas de intervalo nos grupos Tubarão e Passa Dois, que receberam os códigos G, H (subdividido em subintervalos H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>), I (I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>+I<sub>3</sub>+I<sub>4</sub>), J, K e L (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>), em ordem estratigráfica ascendente. O intervalo G-H<sub>2</sub> é dominado por grãos de pólen monossacados (*Cannanoropolis*, *Plicatipollenites*, *Potoniesporites* e *Caheniasaccites*) e pelo bissacado do gênero *Protohaploxylinus*. A partir do intervalo H<sub>3</sub> até o I, *Protohaploxylinus*, *Vittatina* e *Illinites* tornam-se dominantes. Finalmente, os intervalos J, K e L, que marcam a passagem do Grupo Guatá ao Grupo Passa Dois, apresenta abundância e diversidade de grãos de pólen poliplicados e taeniados, principalmente *Lueckisporites* e *Vittatina*. A partir do trabalho de Daemon e Quadros

(1970), diversos trabalhos trataram da distribuição palinoestratigráfica em diferentes setores da Bacia do Paraná.

Baseado no estudo de pólen e esporos representativamente dominantes Bharadwaj *et al.* (1976) propuseram quatro palinozonas: Zona A (domínio de grãos de pólen monossacados radiais, seguidos por *Callumispora*); Zona B (domínio de *Callumispora* e grãos de pólen monossacados radiais subordinados); Zona C (domínio de grãos de pólen monossacados radiais, sendo grãos de pólen bissacados subordinados) e Zona D (domínio de grãos de pólen estriados, sendo os não estriados subordinados), amostradas, respectivamente, nas porções inferior e superior do Subgrupo Itararé, Formação Rio Bonito e Formação Irati.

Um dos primeiros trabalhos a utilizar palinóforos, microfósseis vegetais e invertebrados é publicado na tese de Saad (1977), onde amostras de afloramentos do Itararé no centro sul do Estado de São Paulo foram utilizadas para esquematizar mapas paleogeográficos para a porção norte da Bacia do Paraná. Três unidades foram reconhecidas baseadas em diferenças quantitativas entre os diversos morfogrupos de esporóforos:

A “Microflora I” é caracterizada pelo predomínio de esporos, podendo representar até 80% das associações; grãos de pólen monossacados, monocolpados, bissacados não estriados e estriados ocorrem em menores proporções. A “Microflora II” é constituída por uma assembleia mais diversificada e de caráter transicional; há redução na quantidade de esporos (até cerca de 5%), aumento na frequência de grãos de pólen bissacados não estriados e estriados. Grãos de pólen monossacados e monocolpados mantêm-se na mesma frequência que na associação anterior. A “Microflora III” é marcada pelo aumento na quantidade de grãos de pólen bissacados estriados, que constituem até 30% das associações; esporos e grãos de pólen monossacados apresentam-se em frequência reduzidas, enquanto os monocolpados apresentam leve incremento nas suas frequências.

Em Arai (1980) seis unidades bioestratigráficas informais foram propostas: Fase Pré-*Striatiti* (ausência de grãos de pólen estriados e predomínio de esporos triletes e grãos de pólen monossacados); Fase *Protohaploxypinus* (abundância de grãos de pólen bissacados do gênero *Protohaploxypinus*); Fase *Vittatina* I (aparecimento do gênero *Vittatina*); Fase *Vittatina* II (abundância do gênero *Vittatina*); Fase *Striatiti* Superior (predomínio de grãos de pólen teniados); Fase

*Lueckisporites* (predomínio de grãos de polens teniados e raros a ausentes grãos de polens monossacados).

Trabalhos integrados entre as porções norte e sul da Bacia do Paraná e que buscaram a formalização das unidades bioestratigráficas são iniciados a partir da proposta de Marques-Toigo (1991), que resulta de dados obtidos de Marques-Toigo (1988), quando a autora estudou amostras de subsuperfície e jazidas de carvões dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina pertencentes ao Grupo Itararé e das Formações Rio Bonito, Palermo, Irati. Foram propostas duas zonas de intervalo definidas por amplitude estratigráfica dos palinomorfos em parênteses, denominadas Zona *Cannanoropolis korbaensis* (*C. korbaensis* ou de *Potoniesporites simplex*) e Zona *Lueckisporites virkkiae* (*Lueckisporites virkkiae* ou *Marsupipollenites triradiatus*, *Staurosaccites cordubensis*, *Striatopodocarpites pantii*, *Lunatisporites variesectus* e *Protohaploxylinus perfectus*). A primeira zona foi subdividida em três subzonas: Subzona *Protohaploxylinus goraiensis* (definida pela amplitude da espécie que nomeia a subzona); Subzona *Caheniasaccites ovatus* (definida pelo desaparecimento de *Protohaploxylinus goraiensis* e o limite superior marcado pelo desaparecimento de *Caheniasaccites ovatus*); Subzona *Hamiapollenites karroensis* (marcada pela amplitude de *H. karroensis* e pelo desaparecimento de *Potoniesporites simplex*).

Devido à dificuldade em distinguir o Gênero *Cannanoropolis*, Souza e Marques-Toigo (2001) propuseram a substituição do nome da Zona *Cannanoropolis korbaensis* de Marques-Toigo (1988,1991) para Zona *Vittatina*, assim como da espécie que a define. Ademais, Foster (1975) sinonimizou ao gênero *Cannanoropolis* os gêneros *Parasaccites* e *Virkkipollenites*, o que aumentaria a amplitude do gênero que define a zona. Por outro lado, espécies como *Vittatina* são de fácil reconhecimento. As três subzonas definidas por Marques-Toigo (1988, 1991) foram mantidas.

Souza e Marques-Toigo (2003, 2005) propuseram a substituição do nome da Zona *Vittatina* de Souza e Marques-Toigo (2001) para Zona *Vittatina costabilis* e da incorporação da Subzona *Caheniasaccites ovatus* na Subzona *Protohaploxylinus goraiensis*.

Souza (2006) analisando novos dados palinológicos, propôs a inclusão de duas zonas formais para o Carbonífero da bacia: Zona *Ahrensipollenites cristatus* e Zona *Crucisaccites monoletus*.

A Zona *Ahrensisporites cristatus* está datada entre o Bashkiriano e o Moscoviano médio. O seu limite inferior é caracterizado pelo aparecimento de esporos dos gêneros *Granulatisporites*, *Brevitriletes*, *Raistrickia*, *Convolutispora*, *Ahrensisporites* e *Cristatisporites* e de grãos de pólen de gêneros *Plicatipollenites*, *Cannanoropollis*, *Potoniesporites*, *Caheniasaccites*, *Limitisporites* e *Protohaploxypinus*. O limite superior é marcado pelo desaparecimento de algumas espécies restritas a esta zona, como *Cristatisporites inconstans*, *Vallatisporites ciliares*, *Vallatisporites vallatus*, *Punctatisporites gretensis*, *Calamospora liquida*, entre outros, e pelo aparecimento de *Crusisaccites monoletus* e *Scheuringipollenites maximus*.

A Zona *Crucisaccites monoletus* está datada entre o Moscoviano superior e o Gzheliano. O seu limite inferior é definido pelo desaparecimento de esporos restritos à Zona *Ahrensisporites cristatus*, como as espécies dos gêneros *Vallatisporites*, *Punctatisporites*, *Calamospora*, entre outros, e pelo primeiro aparecimento das espécies *Crusisaccites monoletus* e *Scheuringipollenites maximus*. O limite superior é marcado pelo aparecimento de *Illinites unicus* e também pelo aparecimento da primeira espécie do gênero *Vittatina*.

Embora escassos dados palinológicos sejam conhecidos nas formações Serra Alta e Teresina, a presença de espécies guias, tais como *Lueckisporites virkkiae*, *Weylandites lucifer*, *Striatopodocarpites fusus* encontradas na Formação Rio do Rasto, possibilitaram que Souza e Marques-Toigo (2005) e Souza (2006) estendessem a amplitude da Zona *Lueckisporites virkkiae* até o Membro Serrinha, porção basal da Formação Rio do Rasto (Neregato *et al.*, 2008).

Portanto, atualmente quatro zonas de intervalo são reconhecidas no Pelsilvaniano-Permiano da Bacia do Paraná, em ordem estratigráfica ascendente: Zona *Ahrensisporites cristatus*, Zona *Crucisaccites monoletus*, Zona *Vittatina costabilis* e Zona *Lueckisporites virkkiae* (Souza e Marques Toigo, 2005; Souza, 2006).

Geocronologia			Litoestratigrafia			Palinoestratigrafia						
Período	Época	Estágio				Daemon & Quadros (1970)	Souza & Marques Toigo (2006)	Principais características palinológicas				
Permiano	Guadalupiano	Capitaniano	Grupo passa Dois	Formação Rio do Rasto	Morro Pelado	L	Zona <i>Lueckisporites virkkiae</i>	Aparecimento de <i>Lueckisporites</i> . Domínio de grãos de pólen teniados e poliplicados ( <i>Lueckisporites</i> , <i>Lunatisporites</i> , <i>Weylandites</i> ). Raros esporos ( <i>Laevigatosporites</i> , <i>Thymospora</i> , <i>Convolutispora</i> ) e grãos de pólen monossacado.				
		Wordiano			Membro Serrinha				L <sub>3</sub>			
		Roadiano			Formação Teresina				L <sub>2</sub>			
	Cisuraliano	Kunguriano		Formação Serra Alta	Membro Assistência		L <sub>1</sub>		K	Zona <i>Vitattina costabilis</i>	Aparecimento de <i>Vittatina</i> e <i>Illinites</i> . Baixa a alta frequência de grãos de pólen teniados e poliplicados. Domínio local de esporos triletes (camadas de carvão no RS e SC)	
		Artinskiano		Formação Irati								Membro Taquaral
				Sakmariano	Formação Palermo		Formação Rio Bonito					I <sub>2</sub> + I <sub>3</sub> + I <sub>4</sub>
		Asseliano			Grupo Guatá							I <sub>1</sub>
Carbonífero superior	Pennsylvaniano	Gzheliano	Grupo Itararé		H <sub>3</sub>	Zona <i>Ahrensiporites cristatus</i>	Raros grãos de pólen teniados ( <i>Protohaploxypinus Meristocarpus</i> )					
		Kasimoviano			H <sub>2</sub>							
		Moscoviano			H <sub>1</sub>							
		Bashkiriano			G							

Quadro 1 – Revisão dos dados palinoestratigráficos do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná modificado de Souza (2006).

### 2.2.3 Estudos paleoclimáticos do Permo-Carbonífero na Bacia do Paraná

A migração do continente Pangea para o norte causou mudanças climáticas a nível global, provocando a extinção de 90% das espécies marinhas e 65% das espécies terrestres (Gradstein *et al.*, 2004). Significativa evolução florística é notada nos depósitos Permo-Carboníferos no Gondwana Ocidental (Rösler, 1976; Archangelsky, 1986, 1990; Rohn e Rösler, 1987; Ziegler, 1990). O posicionamento do Gondwana mais a norte possibilitou o aquecimento climático e promoveu enriquecimento da flora e a consequente geração de carvão (Formação Rio Bonito). Posteriormente, durante a deposição do Grupo Passa Dois, ocorreram novas modificações climáticas e florísticas (Rösler, 1976). A Formação Irati apresenta evidências geológicas das condições mais áridas e segundo Rösler (1976), o registro paleobotânico das outras unidades do Grupo Passa Dois também sugere aumento gradual das condições de aridez, as quais culminaram no Mesozoico durante a sedimentação das formações Piramboia e Botucatu.

Interpretações paleoecológicas e paleoclimáticas são possíveis a partir de estudos de macrofitofósseis das formações Teresina e Corumbataí.

As licófitas provavelmente eram hidro-higrófilas e toleravam águas ligeiramente salinas (Retallack, 1975; Gastaldo, 1986). As esfenófitas, que provavelmente também eram hidro-higrófilas a higrófilas, são muito mais escassas na Formação Teresina. Uma possível explicação para tal fato poderia ser a menor tolerância das esfenófitas às condições salinas (Rohn, 1994);

As filicíneas modernas preferem os ambientes úmidos. Por outro lado, as pecopterídeas estudadas por Tavares (2007), provavelmente atribuíveis a Psaroniales, apresentam lâmina foliar grossa e encurvada para a face abaxial, evidências de pêlos e outras feições que foram interpretadas como características xeromórficas.

As folhas glossopterídeas, que são raras nas formações Teresina e Corumbataí, apresentam dimensões pequenas se comparadas com as espécies dos depósitos mais antigos que o Grupo Passa Dois. Pequenas áreas de limbos foliareas normalmente estão relacionadas à escassez de água (Bernardes-de Oliveira, 1978; Rohn e Rösler, 1989). As glossopterídeas provavelmente foram mais mesófilas em comparação às licófitas e às filicíneas, o que deve explicar sua menor abundância.

As coníferas do gênero *Krauselcladus*, seguramente encontradas apenas numa única localidade, apresentam feições que podem estar relacionadas ao xeromorfismo (Fanton *et al.*, 2006). Em vista da raridade das coníferas, interpreta-se que elas viveram mais distantes do ambiente deposicional do que as licófitas, filicíneas e glossopterídeas. Em relação à Formação Rio do Rasto, no Membro Serrinha as licófitas desaparecem abruptamente a partir da base. Considerando-se que estes vegetais hidro-higrófilos provavelmente habitavam margens de corpos d'água salinos durante a deposição da Formação Teresina, seu desaparecimento poderia estar relacionado com a dulcificação da água. O aparecimento de conchostráceos (crustáceos de água doce) no Membro Serrinha indica a modificação da salinidade da água no ambiente deposicional. A dulcificação da água a partir da deposição do Membro Serrinha deve ter contribuído para substituição das licófitas pelas esfenófitas na vegetação hidro-higrófila (Rohn, 1994; Rohn e Rosler, 2000). As filicíneas e psaroniales devem valer as observações apresentadas para a Formação Corumbataí. Embora todas estejam preservadas como impressões (e não como permineralizações), as pínulas também mostram encurvamento das lâminas para o lado abaxial e outras feições atribuíveis a xeromorfismo (Rohn e Rösler, 1986).

Em Rohn e Rösler (1989) discutiu-se a possível utilização das glossopterídeas da Formação Rio do Rasto para interpretações paleoclimáticas. Esses elementos mesófilos deveriam refletir melhor as condições climáticas regionais que os fósseis hidro-higrófilos (Spicer e Wolfe, 1987).

#### **2.2.4 Cronoestratigrafia e paleoambiente do Grupo Passa Dois**

Há escassos estudos palinológicos do Grupo Passa Dois, o que suscita dúvidas a respeito de sua idade. Daemon e Quadros (1970) atribuem a todo o Grupo Passa Dois os andares "Kazaniano" e "Tatariano", equivalendo aproximadamente ao Permiano médio (Guadalupiano) e parte do Permiano superior (Lopingiano) das cartas cronoestratigráficas mais modernas (Gradstein *et al.*, 2004). No entanto, existem propostas que posicionam a parte superior do grupo no Triássico (Milani *et al.*, 1994; França *et al.*, 1995). Por outro lado, correlações com bivalves da Bacia do Paraná e datações radiométricas de cinzas vulcânicas na África ( $265,5 \pm 2,2$  Ma)

corroboram para o inteiro posicionamento do Grupo Passa Dois no Permiano (Rohn e Lavina, 1993; Rohn e Stollhofen, 2000).

Uma datação radiométrica de cinzas vulcânicas da Formação Irati resultou na idade  $278,4 \pm 2,2$  Ma (Santos *et al.*, 2006), equivalendo ao Kunguriano, de modo que a deposição do Grupo Passa Dois teve início muito antes do que se suspeitava.

Ainda há muitas dúvidas sobre as idades das formações Serra Alta e Teresina, onde ainda não foram realizadas datações radiométricas. Polêmica maior refere-se aos ambientes deposicionais do Grupo Passa Dois, especialmente das formações Serra Alta e Teresina. Lages (2004) registrou raros acritarcos na Formação Irati, possivelmente evidenciando alguma conexão entre as águas da Bacia do Paraná e o oceano, ainda que muito restrita. Faltam informações sobre a possível ocorrência de acritarcos nas unidades sobrejacentes. Os principais fósseis destas unidades, como moluscos bivalves e restos de peixes, são endêmicos ou pouco diagnósticos em termos de salinidade da água (Neregato *et al.*, 2008). Provavelmente ocorreram oscilações da salinidade ao longo do tempo de acordo com as condições climáticas de umidade (Rohn, 1994, 2001; Lourenço, 2002; Meglhoratti, 2005, 2006). Somente na Formação Rio do Rasto há fósseis continentais, como conchostráceos e macrofitofósseis mais abundantes.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia do trabalho está dividida em cinco etapas, que consistem na revisão bibliográfica de trabalhos em estratigrafia e palinologia publicados para a Bacia do Paraná, trabalho de campo para a seleção de amostras, processamento palinológico das amostras, análise e interpretação dos dados obtidos.

#### 3.1 Pesquisa e revisão bibliográfica

Constitui-se na reunião e análise das publicações relevantes sobre os temas estratigrafia e palinologia, tarefas indispensáveis para a atualização dos conhecimentos e integração dos dados. Trata-se de atividade a ser realizada de forma contínua.

#### 3.2 Etapa de Campo

Duas saídas de campo foram realizadas, sendo a primeira (10 a 12 de outubro de 2014) para a verificação de áreas de afloramentos de interesse para realização das coletas e a segunda (16 de maio de 2015) para realização de perfil estratigráfico detalhado e registro fotográfico. A amostragem selecionada para estudo é proveniente de um afloramento localizado às margens da SC-110, a 18 km norte da BR-282, no município de Petrolândia-SC, porção central do Estado de Santa Catarina. Trata-se de um afloramento tipo corte de estrada de dimensões aproximadas de 50 m de altura por 70 m de extensão. A área pertence à mineradora Klabin S.A e o nome do empreendimento é “Casalheira Perimbó”. Uma vista panorâmica do afloramento é apresentada na figura 5.

Para que o processamento palinológico resulte em lâminas ricas em matéria orgânica, a primeira etapa consiste em uma boa seleção do intervalo amostrado e seleção das melhores amostras. Quando da coleta de amostras, toma-se como base a sua coloração e a litologia para fazer a seleção prévia. Assim rochas de coloração verde, vermelha e branca, a princípio são estéreis e evita-se a sua coleta, já as rochas de cor cinza-escuro mostram-se mais férteis em palinomorfos. Quanto à

litologia, rochas pelíticas e sílticas, apresentam-se muito mais férteis que as areníticas. Deve-se, também, procurar camadas com menor grau de alteração, sendo muitas vezes necessário escavar a rocha alterada e coletar fragmentos não expostos. Quando esses fragmentos apresentar materiais alterados, a remoção dessa fina camada de alteração faz se necessária.

Cada amostra foi acondicionada individualmente em saco plástico devidamente identificado e toda informação referente à coleta foi anotada na caderneta e perfil estratigráfico. Para o processamento palinológico, utilizou-se 20 g de material amostrado. O perfil estratigráfico levantado na segunda saída de campo está representado na figura 6.



Figura 5 - Vista panorâmica do afloramento em Petrolândia-SC.

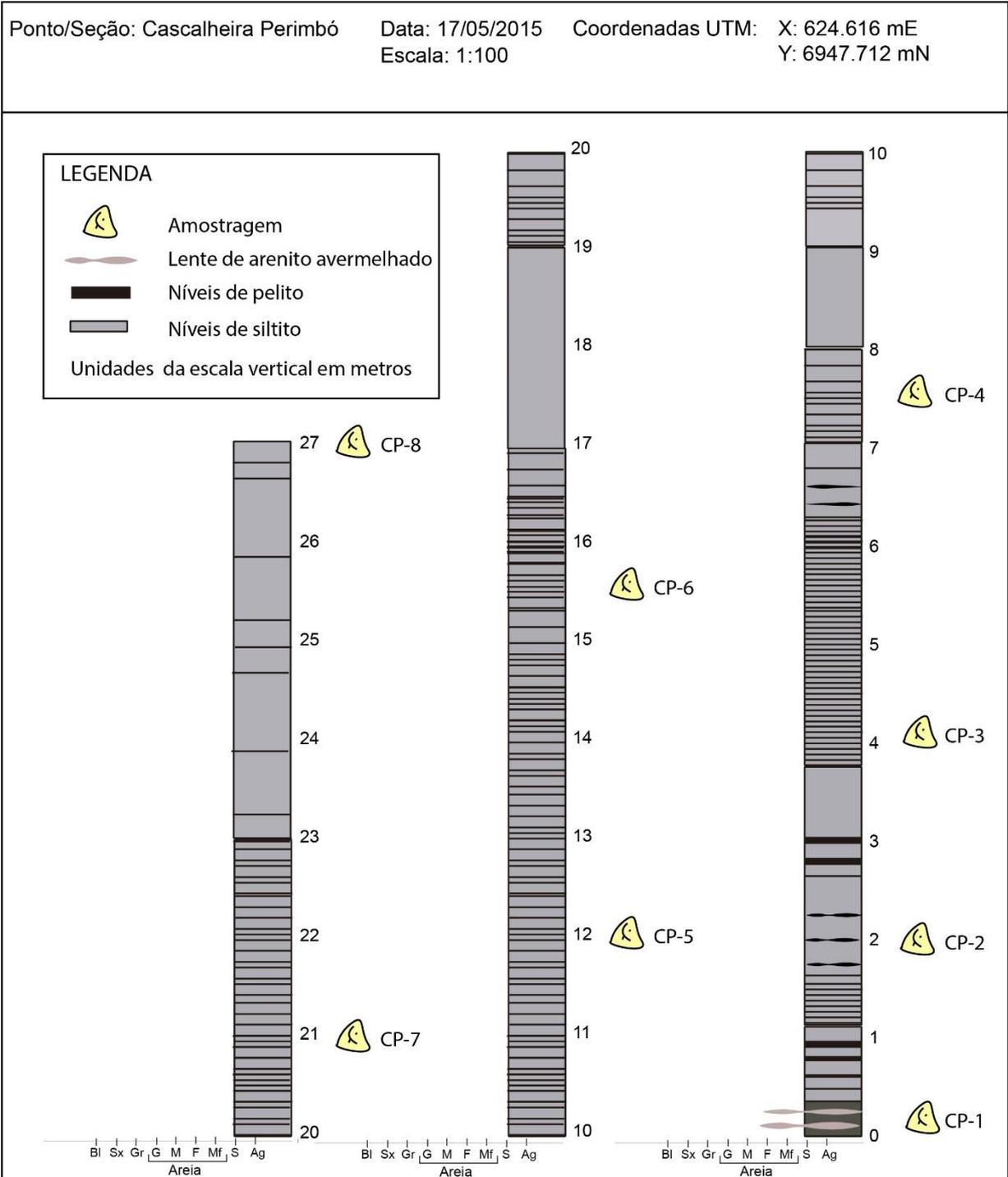


Figura 6 - Perfil levantado em campo com as litologias e pontos amostrados.

### 3.3 Preparação das lâminas

O método de preparação de amostras para recuperação de microfósseis de parede orgânica, objetos de estudo da palinologia, e confecção de lâminas, exigiu a aplicação de uma série de reagentes químicos, equipamentos adequados e cuidados durante o manuseio dos ácidos (Quadros e Melo, 1987; Wood *et al.*, 1996). Detalhes do processamento são apresentados na figura 7 (A-G).

Para o estudo em questão foi utilizada técnica padrão que envolve o emprego de ácidos (ácido clorídrico 48% e ácido fluorídrico 37%) para eliminar os constituintes minerais da rocha a fim de obter um resíduo final rico em palinomorfos (microfósseis de origem continental, marinha, animal ou vegetal), fitoclastos e matéria orgânica amorfa. Para concentração do material remanescente foi usada uma peneira de 10 µm para eliminar material de tamanho inferior, indesejável para a confecção das lâminas palinológicas e análise do material.

Todos os procedimentos laboratoriais de processamento das amostras foram realizados no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da UFRGS. A utilização de EPI's (equipamentos de proteção individual) e todas as precauções necessárias para a manutenção da segurança foram tomadas.

#### 3.3.1 Desagregação física

Inicialmente foram selecionadas partes integras das amostras e que apresentavam menor grau de alteração ou oxidação, após a seleção as amostras foram enxaguadas em água para evitar contaminação por material provido dos níveis superiores. As amostras foram secadas e depois trituradas em almofariz com ajuda de um pilão de porcelana até atingirem a homogeneização das partículas em tamanho aproximado de 3 a 5 mm, o material pulverizado e inferior a 1,4 mm foi descartado através do peneiramento, esse material tornou-se indesejável no processamento, pois poderia conter palinomorfos demasiadamente fragmentados e desarticulados.

### 3.3.2 Desagregação química

A etapa de desagregação química exigiu alguns cuidados para evitar acidentes. A utilização de todos os equipamentos de proteção individual (EPI's), jaleco de algodão, luvas de borracha, óculos de proteção, máscara facial com filtro para vapores orgânicos e gases, bem como atenção especial a todos os procedimentos padrão minimizam os riscos envolvidos no trabalho.

Nessa etapa, foram realizados testes, para averiguar a presença de minerais carbonáticos, onde pequenos pedaços das amostras foram colocados em uma placa de Petri e em seguida foi vertida uma pequena quantidade de ácido clorídrico até que as mesmas estivessem completamente cobertas, em seguida verificou-se havia formação de bolhas na superfície do líquido. Todas as amostras apresentaram certo grau de reação ao ácido clorídrico e passaram por processo de dissolução. Após a dissolução em ácido clorídrico o processamento prossegue com a utilização de ácido fluorídrico para a dissolução dos minerais silicáticos. Para evitar a dispersão dos gases produzidos dentro do laboratório, todos os testes e ataques químicos são realizados em capelas devidamente equipadas com exaustores e filtros que possibilitam a sucção e filtragem do ar antes que ele seja jogado na atmosfera. Para o ataque químico descrito abaixo são utilizados pelo menos 15 g de amostra já triturada e peneirada.

#### 3.3.2.1 Ácido clorídrico

O ácido clorídrico é utilizado para a dissolução de minerais carbonáticos, como no material estudado algumas amostras apresentaram reação no teste anterior, elas precisaram ser submetidas à dissolução. Para eficaz dissolução de todos os minerais, faz-se necessário a utilização de 100 ml de ácido clorídrico por amostra e tempo de reação de 2 h, depois de transcorrido o tempo o recipiente contendo a solução é neutralizado com água.

### 3.3.2.2 Ácido fluorídrico

O ácido fluorídrico foi utilizado para a dissolução dos minerais silicáticos, todas as amostras passaram por essa etapa e para uma total dissolução dos minerais, é necessária a utilização de 100 ml de ácido com tempo de reação de 24 h, após esse período a solução foi neutralizada com água.



Figura 7 - Etapas para o processamento palinológico das amostras. (A) Capelas do laboratório Marleni Marques Toigo; (B) Moagem das amostras; (C) Peneiramento; (D) Teste com ácido clorídrico; (E) Dissolução das amostras em ácido (F) Diluição em água (G) Dissolução em ácido clorídrico aquecido.

### 3.3.3 Peneiramento

Essa etapa consiste na seleção de material particulado na fração de interesse para o estudo palinológico. Para a concentração do resíduo orgânico processado, foi utilizada uma peneira granulométrica com malha de 10  $\mu\text{m}$ . Todas as amostras foram peneiradas separadamente em uma pia, tomando-se precaução de lavar devidamente a peneira para evitar possíveis contaminações com materiais de outros níveis amostrados.

### 3.4 Confeção de lâminas

Para a preparação das lâminas palinológicas, foram utilizadas lamínulas e lâminas de vidro. As lâminas foram devidamente identificadas e nomeadas e posteriormente depositadas na Palinoteca do Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo da UFRGS.

Para a confecção das lâminas palinológicas utilizou-se uma chapa aquecedora regulada com temperatura aproximada de 60°C, que serve de estrutura de base para as lamínulas. Cada lamínula foi coberta por uma película de água, tomando cuidado para que esta não extravase as suas bordas. Em seguida, três gotas de resíduo orgânico proveniente do processamento e duas gotas de *cellosize* (solução que permite a adesão do resíduo e impede a proliferação de fungos) foram gotejadas. Com auxílio de um palito, misturou-se o resíduo e o *cellosize* até a completa homogeneização. A chapa aquecedora é utilizada para evaporação do líquido sobre a lamínula. Após a secagem, as lamínulas devem ser retiradas da chapa aquecedora e colocadas em uma bancada na capela, onde a colagem da lamínula à lâmina foi feita com a adição de duas gotas de cola *Entellan* (figura 8 - 1 a 5). A utilização da capela com exaustores ligados é necessária, pois os gases liberados pelo *Entellan* são extremamente tóxicos.

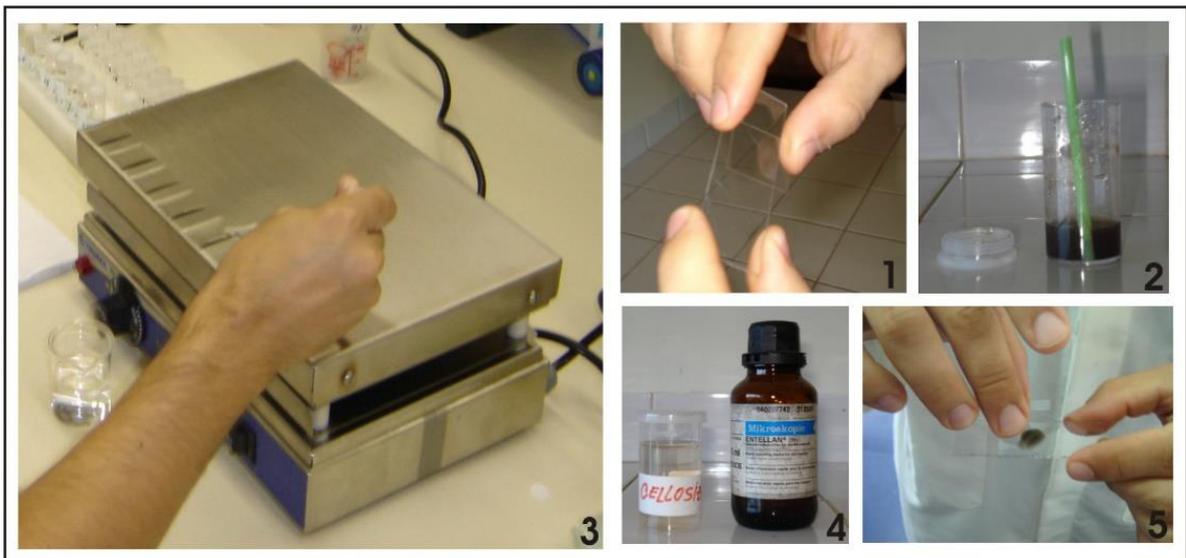


Figura 8 - Confeção de lâminas; 1-lâmina e lamínula; 2-resíduo concentrado; 3-gotejamento do resíduo nas lâminas; 4-*Cellosize* e *Entellan*; 5-posicionamento da lamínula sobre a lâmina.

### 3.5 Análise das lâminas palinológicas

A análise palinológica apresenta-se como uma das principais ferramentas para a interpretação da evolução geológica dos diversos depósitos sedimentares da Bacia do Paraná. Os dados palinológicos permitem a datação relativa dos seus estratos, correlação entre depósitos em escala local ou regional sejam em ambientes marinhos ou continentais, além de fornecer interpretações paleoclimáticas e paleoambientais.

As lâminas palinológicas são analisadas com a utilização de microscópio óptico com aumento de 200x e 1000x. Com a utilização da lâmina *England Finder* é anotada as coordenadas dos palinomorfos de interesse para posterior registro fotomicrográfico. Todas as lâminas são depositadas na palinoteca do Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo no Departamento de Paleontologia e Estratigrafia UFRGS.

#### 3.5.1 Análise Quantitativa

A análise quantitativa é feita sob leitura das lâminas ao microscópio BX61 com aumento de até 1000x em seções transversais e verticais (figura 9 – 1 e 2). O tratamento dos dados baseia-se na contagem de todos os esporos e grãos de pólen por nível amostrado, onde são separados em quatro grupos morfológicos sendo eles: esporos ornamentados, esporos lisos, grãos de pólen bissacados e grãos de pólen poliplicados. Após a contagem, os valores absolutos são recalculados para valores percentuais e normalizados a 100%. A frequência relativa dos diferentes gêneros será apresentada sob a forma de gráficos e tabelas.

#### 3.5.2 Análise Qualitativa

A análise qualitativa dos componentes da matéria orgânica particulada é realizada em microscopia óptica de luz branca transmitida e fluorescência (figura 9). Primeiramente os componentes são reunidos em grupos com afinidades morfológicas e, posteriormente é realizada a identificação taxonômica através da comparação dos táxons presentes nas lâminas com descrições e registros em

trabalhos anteriores. Nessa etapa os palinórfos foram classificados segundo as classes: Esporos monoletes, esporos triletes, grãos de pólen bissacados não teniados e teniados e grãos de pólen poliplicados. A partir disso foram realizadas fotomicrografias dos palinórfos obtidas através de câmera acoplada ao microscópio e todos foram referenciados com a ajuda da lâmina *England Finder*.

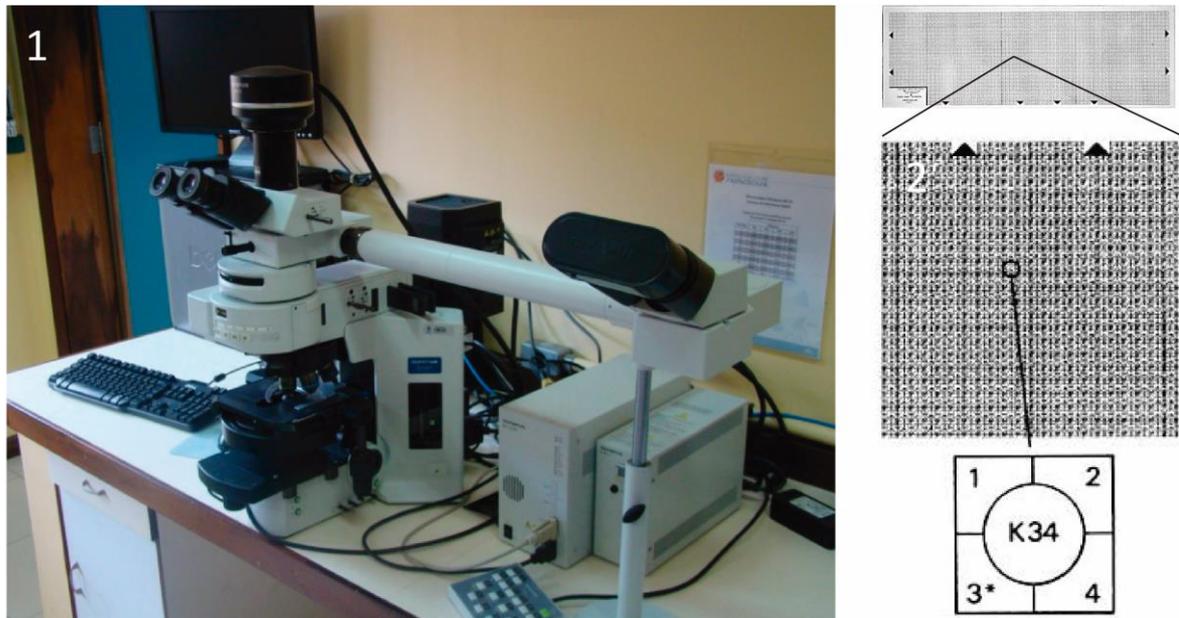


Figura 9: (1)-microscópio óptico BX-61; (2)-lâmina *England Finder*.

### 3.5.3 Posicionamento bioestratigráfico e interpretação paleoambiental

Segundo Petri *et al.* (1986), biozonas de intervalo podem ser definidas de diversos modos, principalmente pela amplitude, associação, abundância ou pelo aparecimento-desaparecimento de táxons importantes. As biozonas são tridimensionais, pois abrangem um intervalo estratigráfico numa determinada área conforme seu conteúdo paleontológico. A determinação da extensão espacial das biozonas depende de correlações estratigráficas, que são realizadas com o auxílio de fósseis-guias.

A operacionalização dos esquemas bioestratigráficos baseados em zonas de intervalo está vinculada a níveis bem delimitados de aparecimento e desaparecimento de espécies e a amplitude dos táxons que as definem (Mori, 2010).

O posicionamento bioestratigráfico levou em consideração os esquemas mais modernos de zoneamentos proposto para a Bacia do Paraná, onde as atuais quatro zonas de intervalo possibilitam correlações intra ou extra baciais, uma vez que são definidas e caracterizadas por limites bem marcados de aparecimento e desaparecimento de espécies, apresentando maior confiabilidade em sua aplicação.

Para o posicionamento bioestratigráfico foram feitas comparações com os modelos de zoneamento propostos por Daemon e Quadros (1970), Marques-Toigo (1991), Souza e Marques Toigo (2003, 2005) Souza (2006), Neregato *et al.* (2008), e da identificação dos palinomorfos índices encontrados em cada nível estudado

A interpretação paleoambiental foi possível a partir da análise quantitativa e qualitativa da assembleia palinológica presente nas lâminas e da interpretação de suas afinidades botânicas segundo os trabalhos de Azcuy (1978) e Balme (1995).

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Análise preliminar do material coletado**

Todas as oito amostras foram processadas e analisadas ao microscópio óptico e destas apenas duas resultaram em lâminas inférteis para avaliação palinológica. A análise prévia constitui em uma descrição das características litológicas e texturais das amostras e dos resultados tanto do processamento destas amostras quanto da confecção de lâminas a partir do resíduo do processamento. O resultado dessa etapa pode ser acompanhado nos quadros 2, 3 e 4.

Descrição da amostra	Amostragem	
<p>CP-1. Folhelho de cor cinza escuro, fragmentado. Os fragmentos não apresentam laminação interna visível, mas é possível notar a presença de pontos brancos e sinais de oxidação em algumas partes da amostra. O material processado apresentou boa recuperação de matéria orgânica, o líquido resultando do processamento tem cor escura e bastante material precipitado. As lâminas se mostraram férteis e não possui minerais visíveis.</p>		
<p>CP-2. Folhelho de cor cinza escuro, maciça, não fragmentada e com poucos pontos oxidados. A recuperação de matéria orgânica dessa amostra resultou em um resíduo mais claro que a CP1, mas com pouco precipitados minerais no fundo do frasco. A lâmina se mostrou fértil, mas a matéria orgânica se aglomerou, o que pode dificultar o reconhecimento na análise microscópica.</p>		
<p>CP-3. Folhelho com laminação incipiente e alguns fragmentos de matéria orgânica e grãos finos de quartzo. A recuperação de matéria orgânica foi média (&lt;CP2) com maior quantidade de precipitados densos, após agitar o material instantaneamente decanta. A lâmina apresentou pouca matéria orgânica e possui minerais.</p>		
<p>CP-4. Folhelho cinza escuro, com laminação marcada por intercalação de cores cinza claro e cinza escuro, com pontos esbranquiçados disseminados pela rocha. As laminações claras apresentam pontos brilhantes, provavelmente provocados por quartzo e argilas muito finas. As laminações escuras possuem espessura de até 3 mm e, em algumas apresentam-se totalmente oxidadas. A recuperação desse material foi fraca e há muita presença de minerais.</p>		

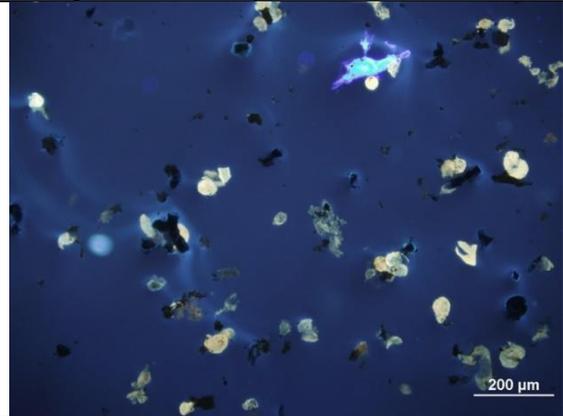
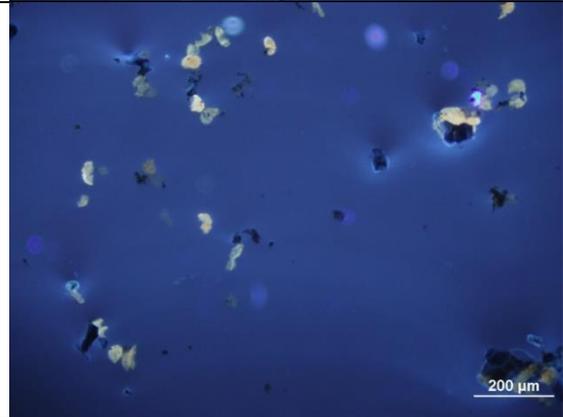
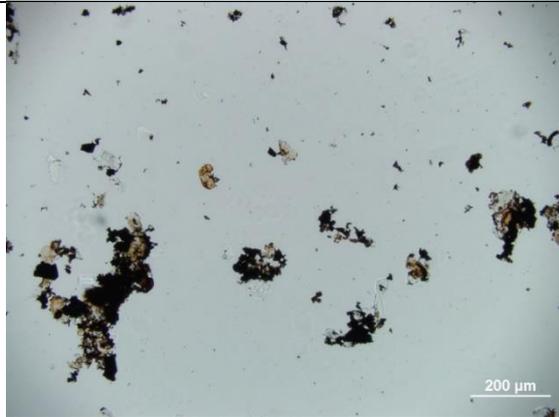
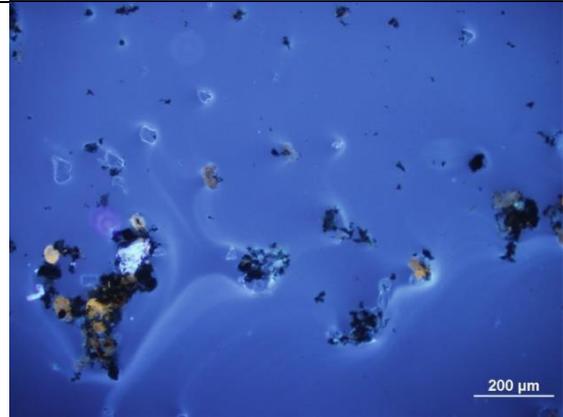
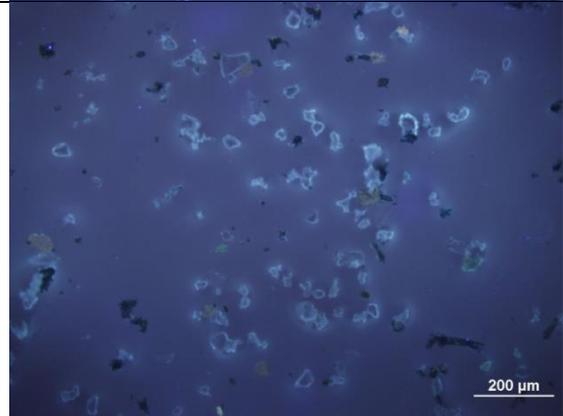
<p>CP-5. Folhelho cinza escuro finamente laminado e com presença de fragmentos de matéria orgânica de cor castanha e presença de carbonatos e quartzo. A recuperação foi média, similar a CP2. A lâmina apresenta-se fértil para análise e com poucos minerais.</p>		
<p>CP-6. Folhelho cinza esverdeado, com laminações finas, retas e contínuas. A laminação predominante é de cor clara apresentando fragmentos escuros, pontos oxidados e carbonatos. A recuperação foi boa, com poucos minerais pesados precipitados. A lâmina se mostrou fértil com bastante matéria orgânica aglomerada e poucos minerais visíveis.</p>		
<p>CP-7. Folhelho cinza escuro laminado com pequenas lâminas de areia fina e material oxidado e presença de carbonatos. A recuperação foi média com bastante aglomerado de matéria orgânica, após agitar o frasco, a matéria orgânica sobrenadante demora bastante a precipitar e pouquíssimos minerais precipitam.</p>		
<p>CP-8. Folhelho cinza escuro com laminação incipiente de areia fina com 1 mm de espessura e com marcas de ondulação, presença de oxidação e carbonatos. A recuperação foi fraca, com pouca matéria orgânica, sendo o material sobrenadante e precipitado nas cores cinza claro. A lâmina apresentou pouco fértil e com muito mineral.</p>		

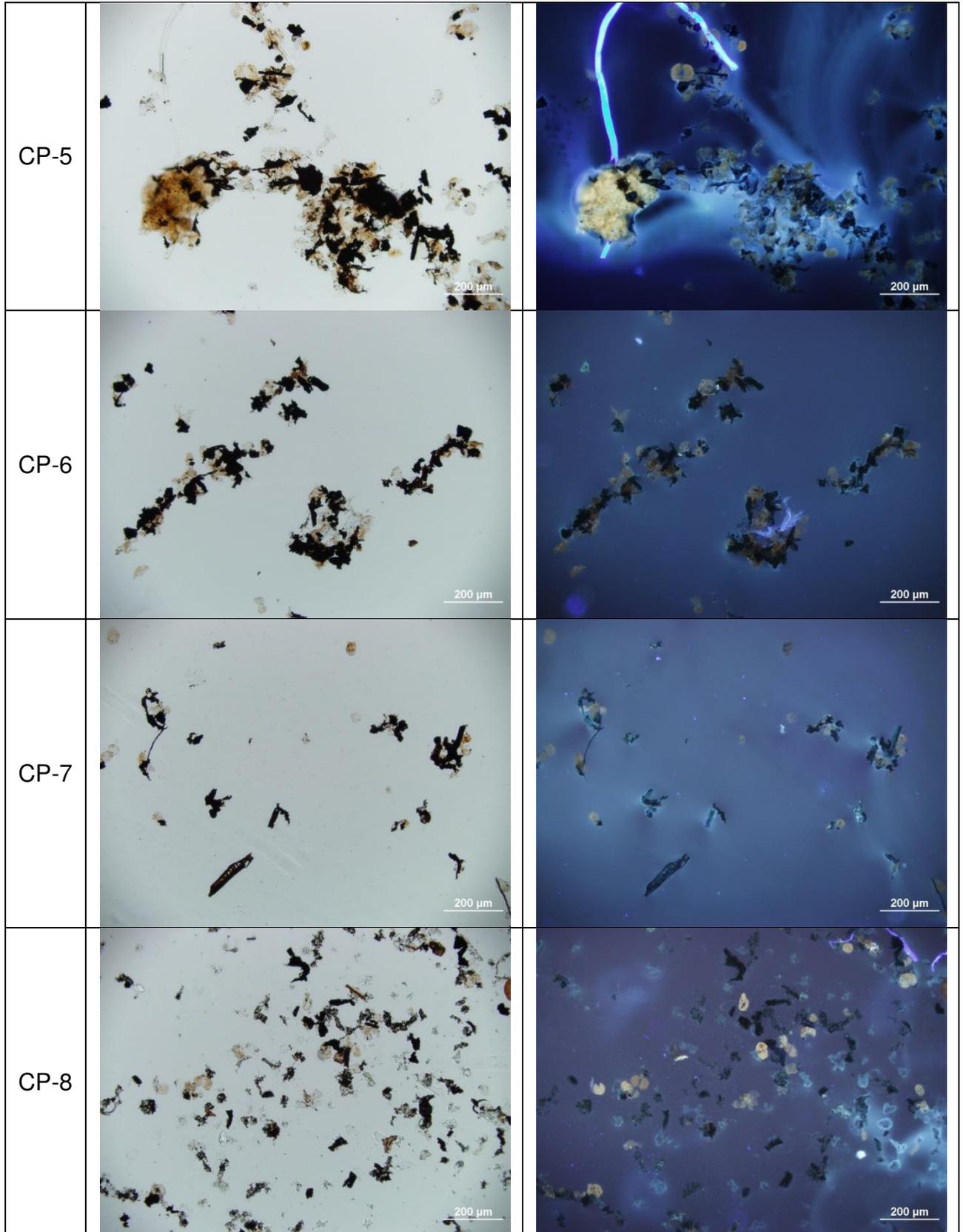
Quadro 2 – Descrição das amostras processadas, dos resultados do processamento e recuperação de matéria orgânica em lâmina.

Código	Resíduos	Lamínulas (26 x 76 mm)
CP-1		
CP-2		
CP-3		
CP-4		
CP-5		

CP-6		
CP-7		
CP-8		

Quadro 3 – Resultado das lâminas confeccionadas a partir dos resíduos do processamento das rochas.

cod	Imagem de campo a luz natural	Imagens de campo com fluorescência
CP-1		
CP-2		
CP-3		
CP-4		



Quadro 4 – Imagens de campo das lâminas em aumento de 100x sem e com fluorescência.

## 4.2 Palinologia

O estudo taxonômico possibilitou o reconhecimento de 17 gêneros de palinórfos. A maioria dos palinórfos encontra-se mal preservada, o que por muitas vezes dificultou a análise e classificação das espécies e muitos foram classificados em nível genérico, necessitando de um estudo taxonômico mais detalhado.

Os palinórfos foram separados em seis grupos para a análise quantitativa e classificação inicial, sendo eles os esporos ornamentados e lisos, grãos de pólen bissacados e poliplicados.

Na análise quantitativa, de modo geral, predominam grãos de pólen bissacados estriados (principalmente *Lueckisporites virkkiae*) e esporos ornamentados (principalmente *Thymospora*), excetuando nos dois níveis mais inferiores, onde grãos de pólen bissacados estriados são menos expressivos. Nos níveis superiores foram identificados grãos de pólen poliplicados (*Vittatina* e *Weylandites*). (quadro 5).

Embora para este trabalho não tenham sido contabilizados os fitoclastos presentes em lâmina, foi registrada a presença de 6 tipos de componentes fitoclastos: opaco equidimensional, opaco alongado, cutículas, não-opaco bioestruturado, não-opaco não estruturado, membranas, além de matéria orgânica amorfa (MOA).

Na análise qualitativa os esporos e grãos de pólen que apresentaram boa preservação foram separados em esporos monoletes, esporos triletes, grãos de pólen bissacados não teniados, teniados e poliplicados e posteriormente classificados em nível de gênero (quadro 6).

Grupos Morfológicos	Amostras							
	CP-1	CP-2	CP-3	CP-4	CP-5	CP-6	CP-7	CP-8
Grãos de Pólen Bissacados	48	13	49	0	63	7	46	82
Grãos de Pólen Poliplicados	8	4	4	0	2	0	0	3
Esporo Liso	1	0	20	0	3	0	2	5
Esporo Ornamentado	53	88	36	0	33	10	25	21
Total	110	105	109	0	101	17	73	111

Quadro 5 - Distribuição quantitativa dos grupos morfológicos por nível estratigráfico.

#### 4.2.1 Distribuição estratigráfica dos palinomorfos

As formas identificadas foram agrupadas por nível estratigráfico onde ocorrem. A distribuição dos palinomorfos é apresentada na figura 10.

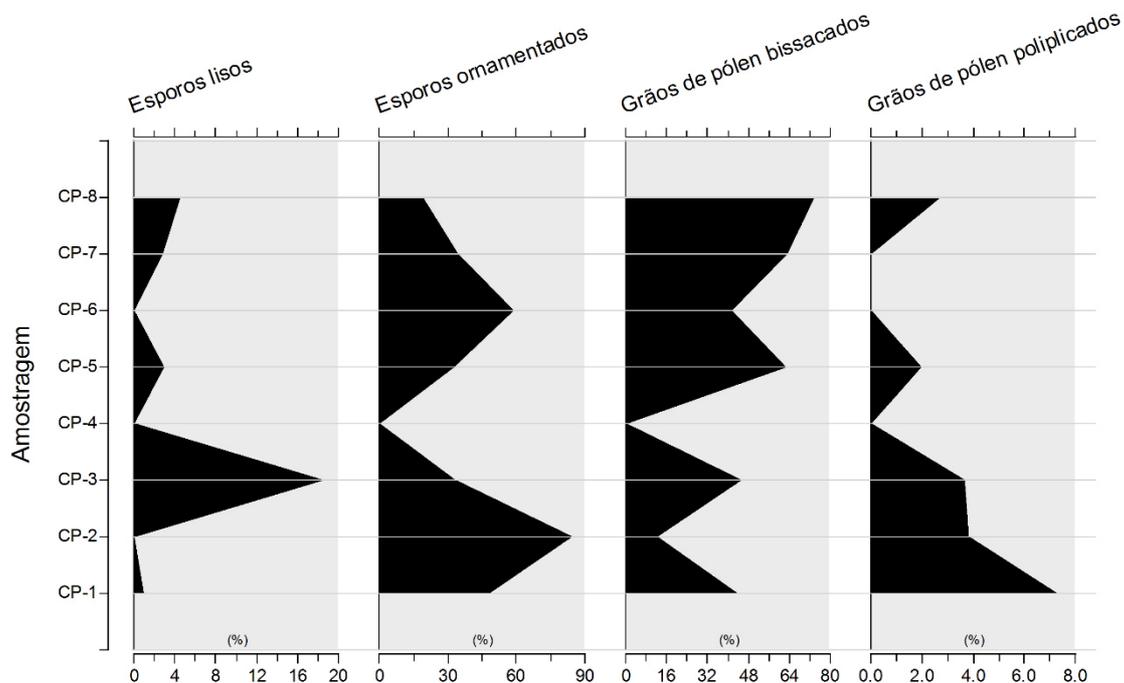


Figura 10 - Distribuição relativa dos grupos morfológicos por nível estratigráfico.

Grupos	Esporos monoletes				Esporos triletes				Grãos de pólen bissacados teniados					Grãos de pólen Bissacados não teniados		Grãos de pólen poliplicados	
	<i>Kendosporites</i>	<i>Thymospora</i>	<i>Laevigatosporites</i>	<i>Lechikisporis</i>	<i>Calamospora</i>	<i>Convolutispora</i>	<i>Leiotriletes</i>	<i>Verrucosisporites</i>	<i>Lueckisporites</i>	<i>Lunatisporites</i>	<i>Protohaploxypinus</i>	<i>Striatoabieites</i>	<i>Striatopodocarpites</i>	<i>Alisporites</i>	<i>Limitisporites</i>	<i>Vittatina</i>	<i>Weylandites</i>
8			X		X				X							X	X
7	X								X								X
6		X															
5		X							X	X	X					X	
4																	
3		X					X		X			X	X		X	X	
2		X		X	X			X	X				X		X	X	
1		X				X		X				X	X	X			X

Quadro 6 - Amplitude dos gêneros identificados por nível estratigráfico.

#### 4.2.2 Estado de preservação dos palinomorfos

Poucas foram as lâminas com boa recuperação e preservação. As que apresentaram melhores resultado ao processamento foram as lâminas CP-1, CP-2, CP-3.

De maneira geral todas as lâminas apresentaram abundância de fitoclastos opacos, sendo que nos níveis inferiores (CP-1, CP-2 e CP-3) há predomínio dos fitoclastos opacos equidimensionais e nos superiores (CP-7 e CP-8) os fitoclastos estão comumente mais alongados. Estes elementos podem ajudar em interpretações ambientais, pois de acordo com Tyson (1995) fitoclastos opacos alongados, por serem mais flutuantes, podem ser transportados a longas distâncias e depositados em fácies mais distais.

A presença de pirita como constituinte das estruturas e cavidades dos palinomorfos é notável nos níveis inferiores (CP-1, CP-2). A representatividade desses elementos pode ser acompanhada na figura 11. No quadro 7 são apresentados os elementos preenchidos por pirita.

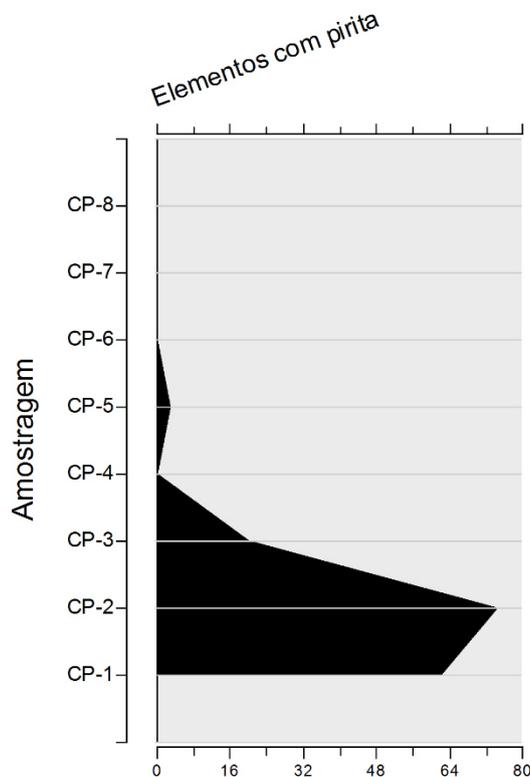
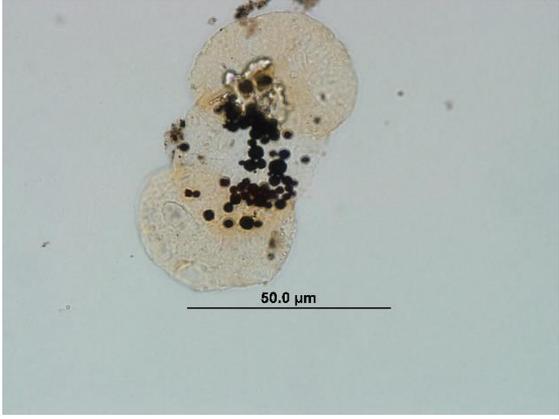
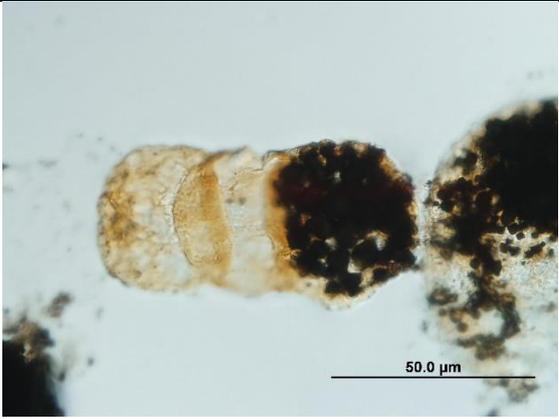
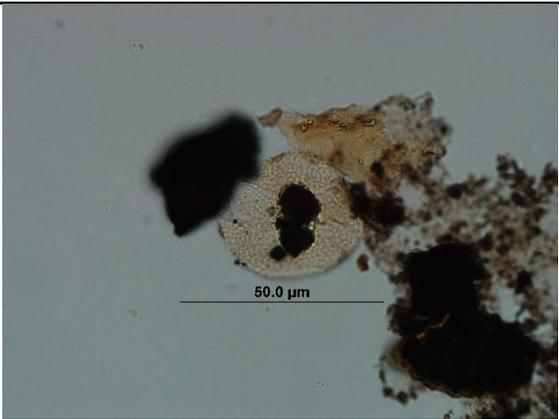


Figura 11. – Gráfico da distribuição estratigráfica dos elementos preenchidos por pirita.

Descrição	Palinomorfos preenchidos por pirita
<p>CP-1. Grão de pólen trissacado com pirita preenchendo cavidades.</p>	
<p>CP-1. Grão de pólen bissacado estriado preenchido com pirita</p>	
<p>CP-2. Grão de polén bissacado com saco direito totalmente preenchido por pirita</p>	
<p>CP-2. Esporo coberto por pirita</p>	

Quadro 7. – Palinomorfos com preenchimento por pirita. Todos os elementos são dos níveis CP-1 e CP-2, níveis com melhor preservação dos palinomorfos e abundância de elementos preenchidos por pirita.

### 4.3 Estratigrafia

A análise detalhada do afloramento possibilitou o reconhecimento de diferentes fácies baseado na composição mineralógica, granulação, estruturas sedimentares primárias e secundárias. Através desse estudo das características físicas do depósito, foram reconhecidas quatro fácies distintas e os processos deposicionais foram interpretados. Um resumo das fácies e suas respectivas litologias pode ser observada no quadro 8.

A primeira fácies reconhecida é heterolítica (H), que apresenta laminações centimétricas a decimétricas de areia fina de cor amarela a creme intercalada por pelitos cinza. Apresenta estrutura *wavy* e pontualmente algumas oxidações. O depósito foi interpretado como representativo de alternância nas condições de decantação e recorrência de correntes com transporte por suspensão/tração

A segunda fácies reconhecida é a siltito laminado (SL) que corresponde a intercalações centimétricas a decimétricas de pelitos maciços por pelito laminado, representativas de deposição por decantação em condições de águas calmas.

A terceira fácies reconhecida é a de arenito maciço muito fino (Am), correspondente a camadas centimétricas tabulares ou lenticulares de arenitos muito finos, bem selecionados. Interpretada como fluxos de fundo originados por correntes associadas a ondas anormais ou de tempestades. Essa fácies é caracterizada principalmente por apresentar estruturas de liquefação e injeções de arenitos

A quarta fácies reconhecida é folhelhos (F) composta por folhelhos de cor cinza escuro a preto, em camadas com continuidade lateral e espessura decamétrica. Gerada por decantação de argilas em águas calmas. A coloração escura sugere condições redutoras no local da deposição. Todas as fácies foram posicionadas na poção basal do afloramento (figura 12).

Cod	Fácies	Descrição	Interpretação	Imagem
H	Fácies heterolítica	Laminações centimétricas a decimétricas de areia fina de cor amarela a creme intercalada por pelitos cinza. Apresenta estrutura wavy e pontualmente algumas oxidações.	Depósitos formados por alternância nas condições de decantação e recorrência de correntes com transporte por suspensão/tração	
SL	Siltito laminado	Intercalações centimétricas a decimétricas de pelitos maciços por pelito laminado	Deposição por decantação em condições de águas calmas.	
F	Folhelhos	Folhelhos cinza escuros a pretos, em camadas com continuidade lateral e espessura decamétrica.	Decantação de argilas em águas calmas. A coloração escura sugere condições redutoras no local da deposição	
Am	Arenito maciço	Camadas centimétricas tabulares ou lenticulares de arenitos muito finos e bem selecionados. Apresenta estruturas de liquefação e injeções de arenitos	Fluxos de fundo originados por correntes associadas a ondas anormais ou de tempestades	

Quadro 8 - Reconhecimento das fácies em campo.

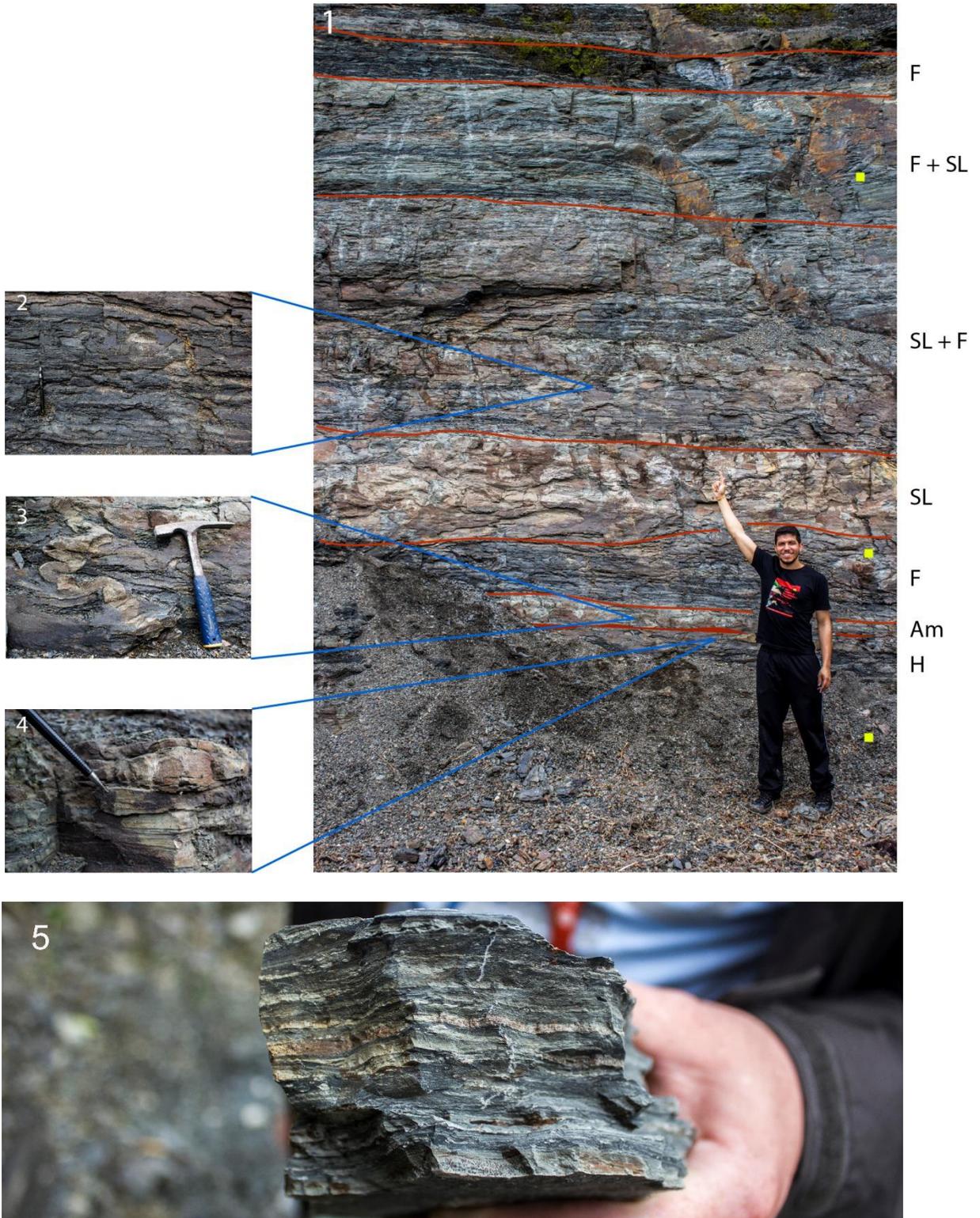


Figura 12 – (1) Imagem da parte basal do perfil levantado separado por fácies conforme o código a direita da foto, quadrados amarelos indicam pontos de coleta de amostras; (2) fotos de detalhe da fácies folhelhos; (3) detalhe da injeção de arenito (4) detalhe das interlaminações de arenito fino, siltito e folhelho. (5) Interlaminações milimétricas entre folhelhos e siltito.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise palinológica realizada nas oito amostras revelou conjuntos palinológicos pouco abundantes e com grau de preservação variável. Embora o processamento não tenha resultado em uma boa recuperação, eles são bastante significativos, pois para o Estado de Santa Catarina há carência de estudos palinológicos para o Grupo Passa Dois.

A assembleia palinológica estudada contendo abundância de grãos de pólen da espécie *Lueckisporites virkkiae* tem grande importância do ponto de vista bioestratigráfico, pois segundo Marques-Toigo (1988, 1991) o aparecimento e desaparecimento dessa espécie determina a biozona de amplitude homônima Zona *Lueckisporites virkkiae*. O primeiro aparecimento da espécie *Lueckisporites virkkiae* ocorre no nível dois e, a partir desse nível, deixa de aparecer apenas nos níveis quatro e seis, onde a recuperação de palinóforos não foi suficiente para análise.

Em relação às litofácies apresentadas, a presença de folhelhos escuros e arenitos finos interlaminados, com acamamento lenticular, *wavy* são características que podem ajudar a identificar a Formação Teresina. A organização da Formação Teresina ocorre em sucessões cíclicas granocrescentes de alguns metros, começando com folhelhos, passando a rochas heterolíticas e terminando com arenitos com estruturas indicativas de ação de ondas (Rohn, 2001; Lourenço, 2002; Rohn *et al.*, 2003; Meglhioratti, 2005, 2006). Portanto, as litofácies apresentadas para o intervalo (figura. 12) corroboram com o seu posicionamento na Formação Teresina.

Neregato (2006) estudou registros inéditos nas Formações Teresina e Rio do Rasto no norte do Estado do Paraná, dois intervalos informais baseados em abundância de esporos monoletes, principalmente das espécies *Laevigatosporites vulgaris*, *Thymospora obscura*, *Thymospora thiesenii* e *Thymospora pseudothyesenii*, foram propostos.

O intervalo 1 é caracterizado pela abundância de *Laevigatosporites vulgaris*, espécie que não foi encontrada em abundância no presente trabalho.

O intervalo 2 é caracterizado pela grande abundância de espécies do gênero *Thymospora*, correlacionado ao Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto, esse gênero se mostrou bastante abundante nas amostragens, principalmente nos intervalos basais (1, 2 e 3).

O gráfico de distribuição estratigráfica dos morfogrupos (figura 10) mostra um decaimento da representatividade de esporos (lisos e ornamentados) e grãos de pólen poliplicados em direção ao topo e um aumento na representatividade de grãos de pólen bissacados. Apresenta à mesma característica o gráfico com a representativa da porcentagem de elementos orgânicos preenchidos por pirita (figura 11). Esse comportamento pode indicar as condições ambientais em que os elementos orgânicos se depositaram. A presença de pirita indicaria condições redutoras, provavelmente associadas a ambientes marinhos marginais.

A afinidade botânica dos principais elementos palinológicos encontrados no presente estudo é relativa às Filicopsidas (esporos) e as Gymnospermae (grãos de pólen), segundo Azcuy (1978) e Balme (1995) (quadro 9). Esses elementos botânicos possuem afinidades ambientais distintas, sendo as Filicopsidas relacionadas a ambientes próximos ao corpo d'água e as Gymnospermae, que apresentam características xeromórficas, estão relacionadas à ambientes relativamente mais distantes de corpos d'água.

A partir dos dados, pode-se considerar que os níveis mais basais (CP-1, CP-2 e CP-3) possivelmente representam ambientes calmos e com maior proximidade a corpos d'água, onde os fitoclastos equidimensionais foram pouco transportados, as condições redutoras propiciaram a formação de piritas e os palinomorfos representantes da flora circundante, principalmente esporos, se preservaram. Essas observações, juntamente com os dados litológicos, corroboram para a interpretação de ambientes marinhos rasos ou lagunares para os níveis inferiores. No entanto, para os níveis superiores (CP-5, CP-7, CP-8), o desaparecimento de pirita juntamente com a maior ocorrência de grãos de pólen bissacados, que podem ser carregados a longas distâncias, podem indicar um ambiente mais distal em relação ao corpo d'água. As amostras CP-4 e CP-6 não apresentaram recuperação suficiente para análise.

Morfogrupos	Gêneros identificados	Azcuy (1978)	Balme (1995)
Esporos triletes	<i>Leiotriletes</i>	Filicopsida	Filicopsida (Botryopteridales, Zygopteridales)
	<i>Lophotriletes</i>	Filicopsida	Filicopsida (Botryopteridales)
	<i>Spelaeotriletes</i>		
Esporos monoletes	<i>Laevigatosporites</i>	Sphenopsida/Filicopsida	Equisetopsida/Filicopsida (Marattiales, Polypodiaceae)
	<i>Thymospora</i>	Filicopsida	Filicopsida (Marattiales)
Grãos de pólen bissacados não teniados	<i>Alisporites</i>		Ginkgoopsida/ Coniferopsida
	<i>Striatoabieites</i>	Gymnospermae- Coniferales	
Grãos de pólen bissacados teniados	<i>Protohaploxypinus</i>	Gymnospermae- Glossopterales	Ginkgoopsida (Glossopteridales/ Peltaspermales)
	<i>Striatopodocarpites</i>		Ginkgoopsida/ (Glossopteridales)
	<i>Lueckisporites</i>		Coniferopsida
Grãos de pólen poliplicados	<i>Vittatina</i>	Gymnospermae- Gnetales	Ginkgoopsida
	<i>Weylandites</i>		Ginkgoopsida (Glossopteridales)

Quadro 9. - Afinidade botânica dos gêneros identificados.

Os gêneros identificados não permitiram refinar as interpretações cronoestratigráficas, mas permitem posicionar o intervalo na Zona *Lueckisporites virkkiae*, uma análise taxonômica mais precisa é necessária para melhor posicionamento do intervalo na Zona. Embora a Zona *Lueckisporites virkkiae* seja muito abrangente e se estenda desde a Formação Palermo até a base da Formação Rio do Rasto no Estado de Santa Catarina, interpretações de fácies possibilitam restringir o intervalo estudado as formações pós Irati (Serra Alta e Teresina).

Embora o trabalho de Neregato (2008) aponte para recuperação nula na Formação Serra Alta e positiva para a Formação Teresina, ainda não se pode afirmar com certeza que o material estudado aqui pertença à Formação Teresina, pois, tendo em vista localidades distintas de estudos, fatores tafonômicos e paleoecológicos devem ser levados em consideração.

## 6 CONCLUSÕES

As análises palinológicas realizadas em oito amostras de afloramento em Petrolândia no Estado de Santa Catarina forneceram resultado satisfatório. Foram reconhecidos 17 gêneros de palinomorfos: quatro de esporos triletes, três de esporos monoletes, três de grãos de pólen não teniados, cinco de grãos de pólen teniados, dois de grãos de pólen poliplicados.

A abundância dos gêneros *Thymospora* e *Lueckisporites*, juntamente com a presença de *Alisporites*, *Striatoabietes* possibilitaram o reconhecimento da Zona *Lueckisporites virkkiae*.

Nas amostras basais (1, 2 e 3) há predomínio de esporos ornamentados (Filicopsida), nas amostras superiores (5, 7 e 8) há predomínio de grãos de pólen bissacados (Gymnospermae) e aparecimento de grãos de pólen poliplicados, o que possibilita interpretação paleoambiental, pois as Filicopsidas possuem maior afinidade de adaptação ao desenvolvimento próximo a corpos aquáticos enquanto as Gymnospermae possuem adaptações xeromórficas e, portanto, estão mais adaptadas a ambientes distantes dos corpos aquáticos. A sedimentação de elementos bissacados é favorecida nos ambientes distais, pois esses elementos são carregados pelo vento, enquanto que os esporomorfos são pouco transportados, pois dependem do meio aquoso.

As variações amostrais dos elementos palinológicos nos níveis estudados podem ser interpretadas como uma possível mudança nas condições de disponibilidade de água, uma transição de um ambiente mais proximal em relação ao corpo d'água para um ambiente mais distal pode ter ocorrido. Essa interpretação é corroborada pela presença de piritas nos níveis basais e ausência da mesma nos níveis superiores.

Devido as semelhanças litológicas das formações Serra Alta e Teresina, não foi possível o posicionamento litoestratigráfico das amostras. No entanto, uma análise dos estudos em unidades correlacionadas (formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto) no setor mais ao norte da Bacia, apresenta indícios para a Formação Teresina.

Uma datação radiométrica de cinzas vulcânicas da Formação Irati resultou na idade  $278,4 \pm 2,2$  Ma, equivalendo ao Kunguriano. Portanto as formações pós Irati teriam iniciado a sua deposição na época Guadalupiana (pelo menos Roadiano).

Apesar das características litológicas estarem relacionadas a ambiente marinho, palinórfos representantes desse ambiente não foram encontrados, o que reforça ainda mais a necessidade de estudos para as Formações do Grupo Passa Dois.

## 7 ANEXOS

### ESPOROS TRILETES

*Calamospora* – Estampa 1, figura 1.

*Convolutispora* – Estampa 1, figura 2.

*Leiotriletes* – Estampa 1, figura 3 e 4

*Verrucosisporites* – Estampa 1, figura 5

### ESPOROS MONOLETES

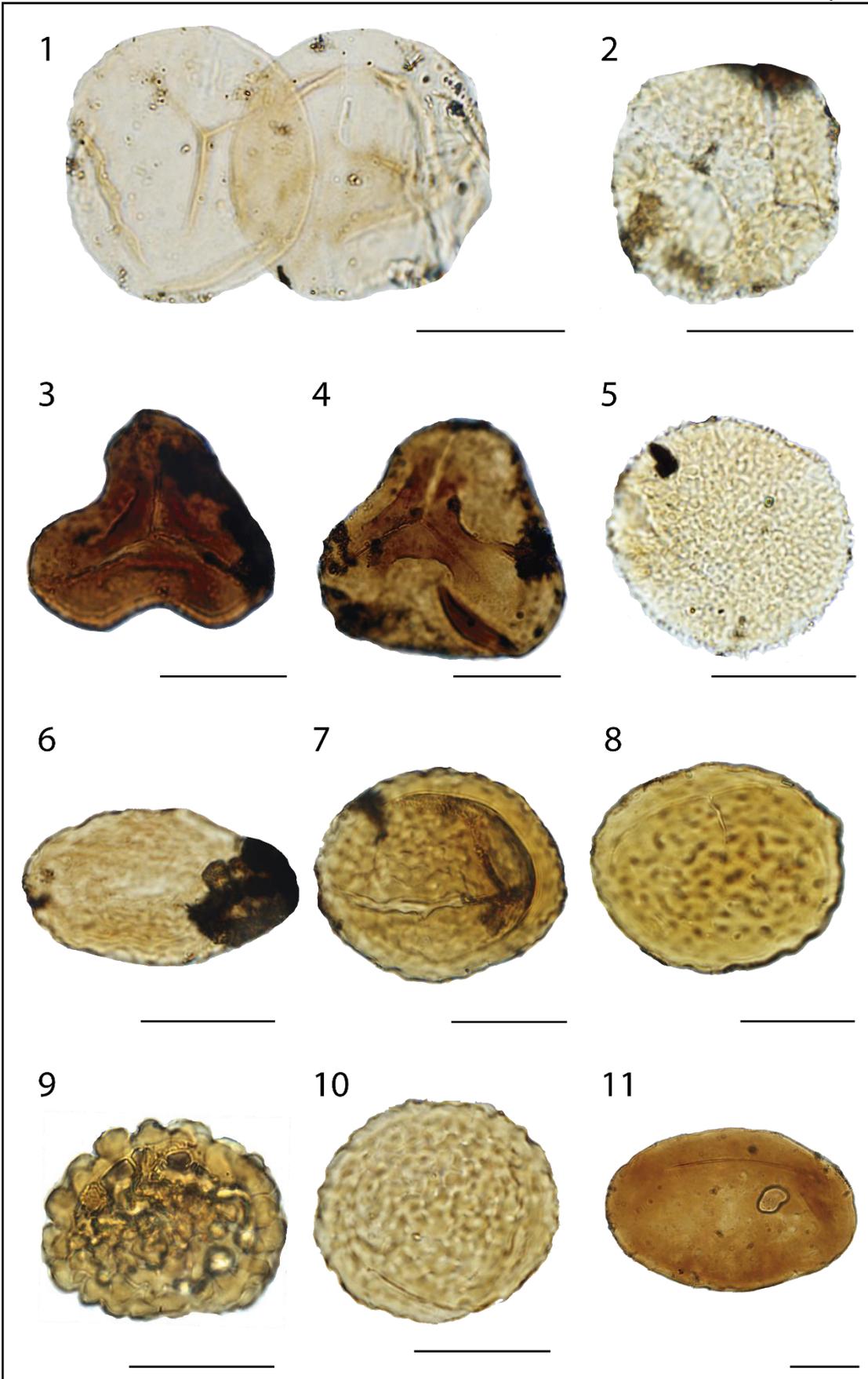
*Kendosporites* – Estampa 1, figura 6

*Lechikisporis* – Estampa 1, figura 7

*Thymospora* – Estampa 1, figura 8, 9 e 10

*Laevigatosporites* – Estampa 1, figura 11

Estampa 1



Escala gráfica = 20  $\mu$ m

## GRÃOS DE PÓLEN BISSACADOS NÃO TENIADOS

*Alisporites* – Estampa 2, figura 1

*Limitisporites* – Estampa 2, figura 2

## GRÃOS DE PÓLEN BISSACADOS TENIADOS

*Lueckisporites* – Estampa 2, figura 3 e 4

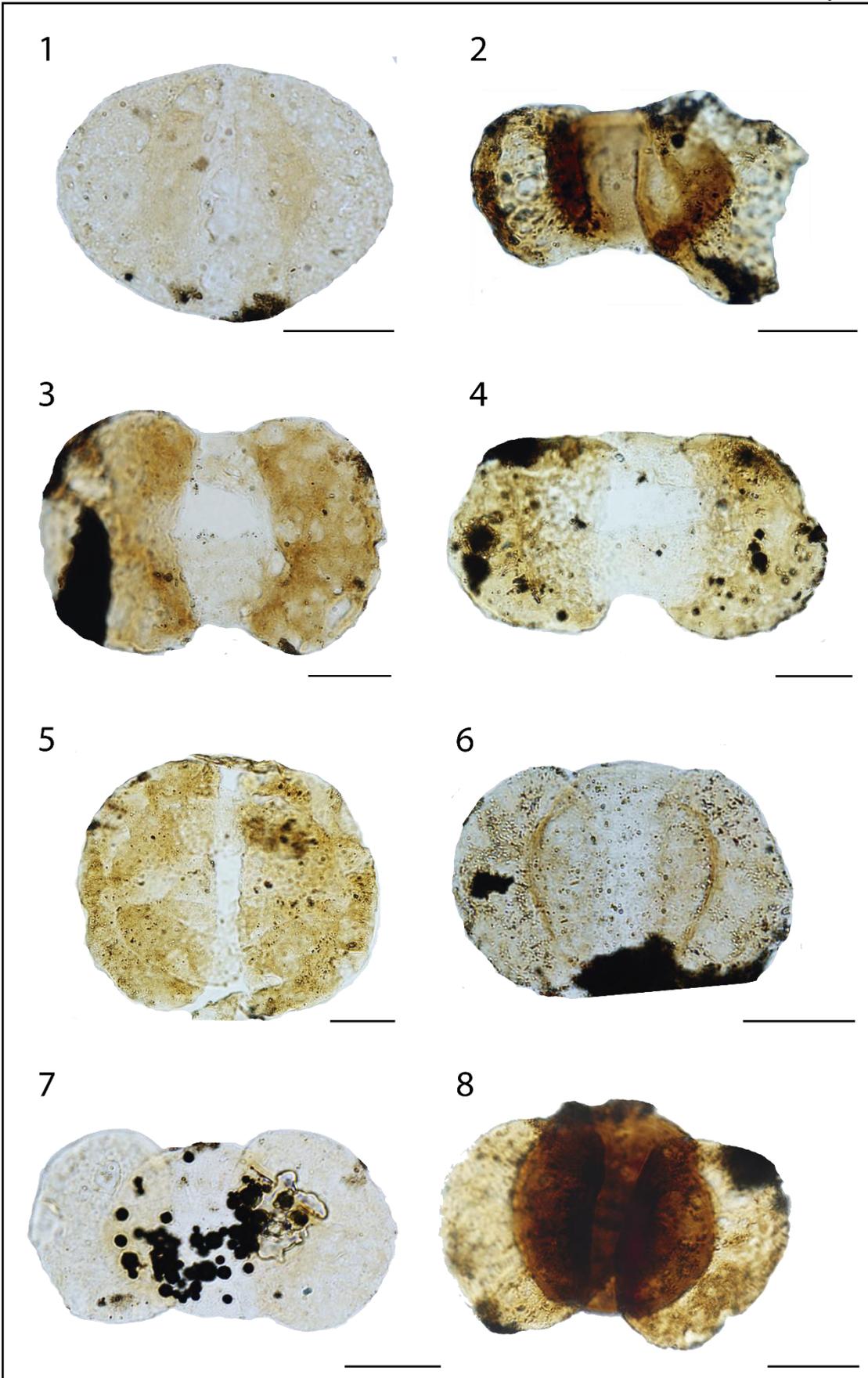
*Lunatisporites* – Estampa 2, figura 5

*Protohaploxypinus* – Estampa 2, figura 6

*Striatoabieites* – Estampa 2, figura 7

*Striatopodocarpites* – Estampa 2, figura 8

Estampa 2



Escala gráfica = 20  $\mu$ m

## GRÃOS DE PÓLEN POLIPLICADOS

*Vittatina costabilis* – Estampa 3, figura 1,

*Vittatina* - 2 e 3

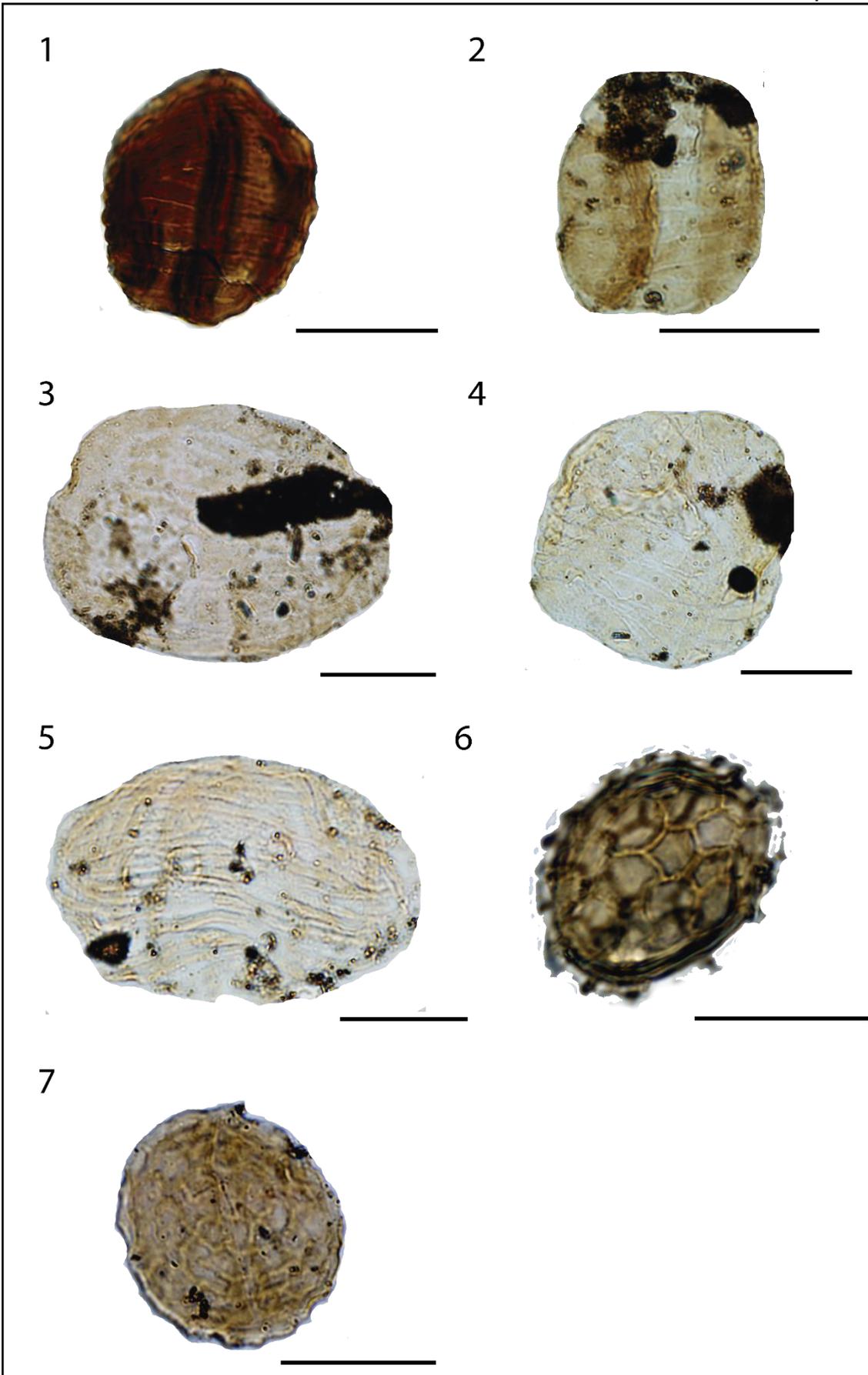
*Weylandites* – Estampa 3, figura 4 e 5

## GÊNEROS NÃO IDENTIFICADOS

Estampa 3, figura 6

Estampa 3, figura 7

Estampa 3



Escala gráfica = 20  $\mu$ m

## REFERÊNCIAS

- Arai, M. (1980). Contribuição dos pólenes estriados na bioestratigrafia Neopaleozóica da Parte NE da Bacia do Paraná. *Boletim IG-USP*, 11: 53-64.
- Araújo, L.M. (2001). *Análise da expressão estratigráfica dos parâmetros de geoquímica orgânica e inorgânica nas seqüências Irati*. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2v., 301p.
- Archangelsky, S. (1986). Late Paleozoic Floras of the Southern Hemisphere: distribution, composition, paleoecology. In: Gastaldo, R.A. (org.). *Land Plants: notes for a short course*. Tennessee: Universidade do Tennessee, p.128-142.
- Archangelsky, S. (1990). Plant distribution in Gondwana during the Late Paleozoic. In: Taylor, T.N. e Taylor, E.L. (orgs.). *Antarctic paleobiology, its role in the reconstruction of Gondwana*. Nova York: Springer-Verlag, p. 102-117.
- Armstrong, H.A. e Brasier, M.D. (2005). *Microfossils*. 2ª ed. Balckwell Publishing, Oxford, 296 p.
- Azcuy, C.L. 1978. Posible significado paleoecologico de microfloras gondwanicas del Paleozoico Superior, especialmente argentinas. *Ameghiniana*, XV(1-2): 85-95.
- Balme, B.E. (1995). Fóssil in situ spores and pollen grains: an annotated catalogue. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 87: 81-323.
- Barbosa, O. e Almeida, F.F.M. (1948). A Série Tubarão na Bacia do Rio Tietê, Estado de São Paulo. Div. Geol. Mineral., DNPM, nota prel. n. 48, 16 p., 1 mapa. Rio de Janeiro.
- Bharadwaj, D.C.; Kar, R.K. e Navale, G.K.B. (1976). Palynostratigraphy of Lower Gondwana deposits in Parana and Maranhão Basins, Brazil. *Biological Memoirs*, 1(1-2): 56-103.
- Brasier, M.D. (1980). *Microfossils*. Londres: George Allen e Unwin Ltd, 193 p.
- Brito, I.M. e Bertini, R.J. (1982). Estratigrafia da Bacia do Paraná. II - O Grupo Tubarão. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 54 (2): 399-412.
- Daemon, R.F. (1966). Ensaio sobre a distribuição e zoneamento dos esporomorfos do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná. *Boletim Técnico da Petrobrás*, 9(2): 211-218.
- Daemon, R.F. e Quadros, L.P. (1970). Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24., 1970, Brasília. *Anais...Brasília*, p. 359-412.
- Fanton, J.C.M.; Ricardi-Branco, F., Ricardi, M.T. e Rohn, R. (2006). Reinvestigação da conífera permiana *Krauselcladus* (Formação Teresina, Bacia do Paraná, Brasil): novas interpretações morfológicas e anatômicas. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 9: 221-234.
- Gama Jr., E. (1979). Sedimentação do Grupo Passa Dois (Exclusive Formação Irati) : Um Modelo Geomórfico. *Revista Brasileira de Geociências*, 9 (1): 1-16.
- Gastaldo, R.A. (1986). Implications on the paleoecology of autochthonous lycopods in clastic sedimentary environments of the Early Pennsylvanian of Alabama. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 53:191-212.

- Gordon Jr., M. (1947). Classificação das Formações Gonduânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Div. Geol. Mineral., DNPM, nota prel. 38, 20 p., Rio de Janeiro.
- Gradstein, F.M.; Ogg, J.G. e Smith, A.G. (2004). A geologic time scale 2004. Cambridge, Cambridge University Press, 589p.
- Holz m., França A.B., Souza P.A., Iannuzzi R. e 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.
- Lavina E.L. (1991). Geologia sedimentar e paleogeografia do Neopermiano e Eotriássico (intervalo Kazaniano - Citiano) da Bacia do Paraná. PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 332 p.
- Marques-Toigo, M. (1988). Palinologia, bioestratigrafia e paleoecologia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Brasil. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 259p.
- Marques-Toigo, M. (1991). Palynobiostratigraphy of the Southern Brazilian Neopaleozoic Gondwana sequence. In: *INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM 7*, 1988, São Paulo. Proceedings... São Paulo, IG-USP. p. 503-515.
- Meghioratti, T. (2006). Estratigrafia de seqüências das formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto (Permiano, Bacia do Paraná) na porção nordeste do Paraná e centro-sul de São Paulo. Dissertação de Mestrado em Geologia Regional, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 132p.
- Mendes, J.C. (1949). Novos lamelibrânquios fósseis da Série Passa Dois do Brasil. *Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM*, 153, p. 1-40.
- Milani, (1997). Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-oriental. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 255 p.
- Milani, E.J., Melo, J.H.G, Souza, P.A., Fernandes, L.A. e França, A.B. (2007). Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15(2): 265-287.
- Milani, E.J. e Zalán, P.V. (1999). An outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior basins of South America. *Episodes*, 22: 199-205.
- Moraes Rego, L.F. (1930) - A Geologia do Petróleo no Estado de São Paulo. *Serv. Geol. Mineral. Brasil.*, Bol. 46, 110 p.
- Mori, A.L.O. (2010). Análise palinoestratigráfica de depósitos permianos da Bacia do Paraná no sul do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: uma nova proposta bioestratigráfica. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 289 p.
- Neregato, R., Souza, P.A. e Rohn, R. (2008). Registros Palinológicos Inéditos nas Formações teresinae Rio do Rasto (Permiano, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná). Implicações biocronoestratigráficas e paleoambientais. *Pesquisas em Geociências*, 35(2): 9-21.
- Quadros, L.P. e Mello, J.H.G. (1987). Método prático de preparação palinológica em sedimentos pré-mesozóicos. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 1(2):205-214.
- Retallack, G.J. (1975). The life and times of a Triassic lycopod. *Alcheringa*, 1: p.3-29.

- Rodrigues, R. e Quadros, L.P. (1976). Mineralogia das argilas e teor de boro das formações paleozóicas da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 29, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto, Sociedade Brasileira de Geologia. v.2, p. 351-379.
- Rohn, R. (1994). Evolução Ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná. São Paulo. 2v., Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 386p.
- Rohn, R. (2001). A estratigrafia da Formação Teresina (Permiano, Bacia do Paraná) de acordo com furos de sondagem entre Anhembi (SP) e Ortigueira (PR). Ciência-Técnica-Petróleo, Petrobras, Seção Exploração de Petróleo, 20: 209-218.
- Rohn, R. e Lavina, E.L. (1993). Cronoestratigrafia do Grupo Passa Dois. In: SIMPÓSIO SOBRE CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 1., 1993, Rio Claro. Resumos... Rio Claro, IGCE-UNESP. p. 77-80.
- Rohn, R.; Lourenço, A.T.A. e Meglhoratti, T. (2003). As formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto no furo de sondagem SP-23-PR (Permiano, Grupo Passa Dois, Borda Leste da Bacia do Paraná). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P e D EM PETRÓLEO E GÁS, 2., 2003, Rio de Janeiro. Resumos... Rio de Janeiro, UFRJ. p. 40.
- Rohn, R.; Rösler, O. Relações entre a flora permiana do Gondwana e as floras das províncias setentrionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, 1987, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1987. v.2, p.885-899.
- Rohn, R. e Rösler, O. (1989b). Folhas denteadas da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Superior) e seu possível significado paleoclimático. Bol. IG-USP, Publ. Esp., 7, p.101-125.
- Rohn, R. e Stollhofen, H. (2000). The Permian age of the Passa Dois Group (Paraná Basin, Southern Brazil) re-affirmed. In: INTERNATIONAL GEOLOGIC CONGRESS, 31., 2000, Rio de Janeiro. Abstracts.
- Rösler, O. – (1976) - Novas ideias sobre a evolução paleoflorística e Paleoclimática no Eogondwana brasileiro. Actas Primer Cong. Geol. Chileno, 3: 83-94.
- Sanford, R.M. e Lange, F.W. (1960). Basin. Study approach to oil evaluation of Paraná Miogeosyncline of South Brazil. Bull. Amer. Assoc. Petr. Geol., 44 (8): 1316-1370.
- Saad, A.R. (1977). Estratigrafia do Subgrupo Itararé no centro sul do Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 107p.
- Santos, R.V.; Souza, P.A.; Alvarenga, C.J.S.; Dantas, E.L.; Pimentel, M.M.; Oliveira, C.G. e Araújo, L.M. (2006). Shrimp U-Pb zircon dating and palynology of bentonitic layers from the Permian Irati Formation, Paraná Basin, Brazil. Gondwana Research, 9(4):456-463.
- Schneider, R.L.; Mulhmann, H.; Tommasi, E.; Medeiros, R.A.; Daemon, R.F. e Nogueira, A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia. v.1, p. 41-65.
- Shiraiwa, S. (1994). Flexura da litosfera continental sob os Andes centrais e a origem da Bacia do Pantanal. Tese Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 85 p.
- Souza, P.A. (2006). Late Carboniferous palynostratigraphy of the Itararé Subgroup, northeastern Paraná Basin, Brazil. Review of Palaeobotany and Palynology, 138: 9-29.

- Souza, P.A. e 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.
- Spicer, R.A.; Wolfe, J.A. (1987). Plant taphonomy of Late Holocene deposits in Trinity (Clair Engle) Lake, northern California. *Paleobiology*, Nova York, 13: 227-245.
- Tavares, T.M.V. (2007). Filicíneas permianas permineralizadas da Formação Corumbataí, nordeste da Bacia do Paraná. Rio Claro. Dissertação de Mestrado em Geologia Regional, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 135p.
- Traverse, A. (2008). *Paleopalynology*. Dordrecht: Springer, U.S.A. 813p.
- Warren L.V. (2005). Evolução sedimentar da Formação Rio do Rasto (Permo-Triássico da Bacia do Paraná) na porção centro sul do Estado de Santa Catarina, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 174.
- White, I.C. (1908). Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. DNPM, Rio de Janeiro, Parte I, p.1-300; Parte II, p. 301-617. (Ed. Fac-similar de 1988).
- Zanotto, O. A. Erosão pós-Cretáceo na Bacia do Paraná, com base em dados de reflectância da vitrinita. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 5., 1993, Curitiba. Resumos.... Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993. p. 58.
- Ziegler, A.M. (1990). Phytogeographic patterns and continental configurations during the Permian Period. In: MCKERROW, W.S.; SCOTSESE, C.R. (orgs.). *Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography*. Londres, Geological Society Memoir Series 12: 363-379.