

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**

**DINÂMICA DA VEGETAÇÃO DOS ÚLTIMOS MILÊNIOS NO  
EXTREMO SUL DA PLANÍCIE COSTEIRA DO BRASIL**

**EBRÁILON MASETTO**

Porto Alegre

2018

**EBRÁILON MASETTO**

**DINÂMICA DA VEGETAÇÃO DOS ÚLTIMOS MILÊNIOS NO  
EXTREMO SUL DA PLANÍCIE COSTEIRA DO BRASIL**

**Orientadora: Maria Luisa Lorscheitter**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Botânica.

Porto Alegre

2018

CIP - Catalogação na Publicação

Masetto, Ebráilon

DINÂMICA DA VEGETAÇÃO DOS ÚLTIMOS MILÊNIOS NO  
EXTREMO SUL DA PLANÍCIE COSTEIRA DO BRASIL /  
Ebráilon Masetto. -- 2018.

106 f.

Orientadora: Maria Luisa Lorscheitter.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências,  
Programa de Pós-Graduação em Botânica, Porto Alegre, BR-  
RS, 2018.

1. Holoceno. 2. Palinologia. 3. Planície Costeira.  
4. Reconstituição paleoambiental. 5. Rio Grande do  
Sul. I. Lorscheitter, Maria Luisa, orient. II.  
Título.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à minha orientadora, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Luisa Lorscheitter, por, no início de tudo, ter me recebido como aluno de Iniciação Científica, pelos ensinamentos sobre Palinologia e Pesquisa, pela orientação, pelas oportunidades e pelo desenvolvimento de pesquisas e trabalhos conjuntos ao longo dos últimos sete anos, principalmente durante o período de Mestrado.

Às escolas de Educação Básica onde estudei, que, como seu nome já diz, são a base para quaisquer sejam os caminhos que sigamos.

Às Universidades com as quais tive contato, principalmente a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde completei duas graduações em Ciências Biológicas e agora concluo o Mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da UFRGS, aos professores e professoras, e aos colegas da pós-graduação, em especial Ana Boeira Porto, Edilvane Inês Zonta, Guilherme de Krahl Vargas e Luíz Fernando Esser.

Aos colegas de laboratório Daniel Nunes Viana e Lionel Roth, pelo companheirismo e pelas conversas sobre morfologia polínica.

Ao CNPq e à PROPESQ-UFRGS pelo apoio financeiro a esta pesquisa, ao Laboratório de Palinologia e à participação em eventos científicos.

A todos os familiares e amigos que há anos, querendo ou não, me ouvem falar de pólen e outras plantas.

Às famílias Gerhardt, Masetto e Quinot.

Aos meus pais, Eliete Masetto e Juscemar Masetto, que construíram comigo os alicerces sem os quais nada além teria sido possível.

E finalmente àqueles que de perto acompanharam, apoiaram e tornaram possível esta conquista desde antes do seu início, em especial: Diego Alberto dos Santos, Fabíola Barcelos, Daniela Tremea Casali, Helena Mello, Larissa Liss Andrade, Patricia Dalcin Martins, Aline Maciel, Patricia Foletto, Renan Lazzarin, Taylor Gonchoroski, Amanda Angélica Andrade, Marcia Fernandes, Larissa G. Furini, Lúcia de Oliveira, Priscila Garcia e Cláudio Sérgio Garcia, Maria Tereza Sant'Ana Bento e Juliane Bento (pelo “pulinho ali no Hermena”).

## RESUMO

Foi desenvolvido um estudo palinológico num perfil sedimentar de um afloramento no extremo sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, sul do Brasil. Esta pesquisa, inédita para o extremo sul da Planície Costeira do Estado, teve como objetivo obter informações sobre a dinâmica da vegetação local e regional, as mudanças no clima e as oscilações no nível do mar durante os últimos milênios. O local estudado situa-se em uma praia de Hermenegildo, município de Santa Vitória do Palmar, 2 km ao norte da Barra do Chuí. Foram coletadas 26 amostras de um perfil de 140 cm, mais cinco amostras para datação radiométrica, ao longo de um afloramento argiloso. As amostras para análise palinológica foram processadas seguindo metodologia padrão em palinologia, envolvendo HCl, HF, KOH e acetólise. Pastilhas de *Lycopodium clavatum* L. foram introduzidas no início do processamento químico para cálculo da taxa de acumulação polínica. As lâminas foram montadas em gelatina-glicerina e analisadas em microscópio óptico. Para cada amostra, foi contado um número mínimo de 300 grãos de pólen regional e 100 esporos de *L. clavatum*, além da contagem paralela de todos os demais palinóforos. O material foi identificado com caracterização da morfologia, incluindo fotomicrografias, em geral em aumento de 1000× e, sempre que possível, dados ecológicos dos organismos relacionados. Os palinóforos foram separados por ambiente de origem ou por grupo taxonômico. Para montar os diagramas polínicos foram utilizados os programas Tilia e Tilia Graph e, para a análise de agrupamentos, o programa CONISS. Foram encontrados e identificados 117 palinóforos correspondentes a 25 fungos, oito algas, três acritarcas, três briófitos, 12 pteridófitos, três gimnospermas, 54 angiospermas e nove palinóforos outros. As idades obtidas com cinco datações radiométricas foram: 5470±30 AP (6290 cal. AP); 2590±60 AP (2780 cal. AP); 2310±30 AP (2345 cal. AP); 1790±30 AP (1725 cal. AP); 1760±50 AP (1820 cal. AP). Os resultados indicam a sucessão vegetal em um corpo d'água costeiro no intervalo entre cerca de 7500–1760 AP, dividido em três fases principais: 1) 7500–4000 AP: fase marinha transgressiva, também com registros de organismos aquáticos de água doce, apontando um corpo d'água no local de estudo, e um pântano herbáceo se desenvolvendo nas zonas marginais. A ingressão do mar é indicada pela presença de organismos marinhos, especialmente entre 6000–5000 AP, máximo transgressivo. Regionalmente, tudo indica que a vegetação é dominada por campos secos e pequenos capões de mata dispersos; 2) 4000–2000 AP: fase marinha regressiva, com aumento do registro de organismos de água doce devido à elevação da pluviosidade. Dados apontam grande aumento de indicadores de pântano herbáceo nesta fase, evidenciando colmatação gradativa do corpo d'água, paralela à dessalinização dos terrenos e ao desenvolvimento da vegetação regional; 3) 2000–1760 AP: com a retirada do mar no local de estudo, há cerca de 2000 AP, e dessalinização progressiva, o pântano herbáceo se desenvolve. Novo registro marinho aparece próximo ao final desta fase. Regionalmente, campo e mata também se desenvolvem, indicando melhoria climática. A sucessão vegetal local cessa na fase de pântano herbáceo, há cerca de 1760 AP, pelo recobrimento do pacote sedimentar por areias praias. Este estudo evidenciou, portanto, etapas da hidrossere em um corpo d'água costeiro, influenciadas por oscilações eustáticas, com dessalinização e colmatação gradativa que culminam em um pântano herbáceo. Os resultados podem ser estendidos a vários outros pacotes sedimentares semelhantes, espalhados pela Planície Costeira do extremo sul do Brasil. Também corroboram e complementam aqueles obtidos em latitudes menores da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: Holoceno; Palinologia; Planície Costeira; Reconstituição paleoambiental; Rio Grande do Sul

## ABSTRACT

A palynological study was performed in a sedimentary profile from an outcrop in the extreme southern Coastal Plain of Rio Grande do Sul. This research, original for this southern portion of the Coastal Plain of the State, aimed to obtain information about local and regional vegetation dynamics, climate changes, and sea level oscillations during the last millennia. The study site is located in a beach of Hermenegildo, Santa Vitória do Palmar municipality, 2 km to the north of Barra do Chuí. A total of 26 samples were collected from a 140-cm-profile, as well as five further samples for radiocarbon dating, along a clayey outcrop. Samples for palynological analysis were treated according to standard methodology in palynology, which involves HCl, HF, KOH, and acetolysis. Tablets of *Lycopodium clavatum* L. were introduced at the beginning of the chemical processing to enable the calculation of accumulation rate. Slides were mounted in glycerol-jelly and analyzed under optical microscope. For each sample, a minimum number of 300 regional pollen grains and 100 *L. clavatum* L. spores were counted, along with parallel counting of all the other palynomorphs. The material was identified, with morphological characterization, including photomicrographs, in general with 1000× magnification, and, whenever possible, ecological data from the related organisms. The palynomorphs were separated according to their original habitat or taxonomical group. For the pollen diagrams, the Tilia and Tilia Graph software were used and, for the cluster analysis, the CONISS software. In total, 117 palynomorphs were found and identified, corresponding to 25 fungi, eight algae, three acritarchs, three bryophytes, 12 pteridophytes, three gymnosperms, 54 angiosperms, and nine other palynomorphs. The ages obtained with radiocarbon dating were: 5470±30 BP (6290 cal. BP); 2590±60 BP (2780 cal. BP); 2310±30 BP (2345 cal. BP); 1790±30 BP (1725 cal. BP); 1760±50 BP (1820 cal. BP). The results indicate the vegetation succession in a coastal water reservoir within the 7500–1760 BP interval, divided in three main phases: 1) 7500–4000 BP: transgressive marine phase, in addition of records of fresh water organisms, indicating the presence of a water reservoir on the study site, and an herbaceous marsh developing in its margins. The ingress of the sea is indicated by the presence of marine organisms, especially between 6000–5000 BP, maximum transgression. Regionally, it seems that the vegetation is dominated by grasslands and sparse small forest groupings; 2) 4000–2000 BP: regressive marine phase, with increasing record of fresh water organisms due to the elevation of the pluviosity. Data point a large increase in herbaceous marsh elements in this phase, evidencing a gradual filling up process of the water reservoir, concomitant with the desalinization of the area and the development of the regional vegetation; 3) 2000–1760 BP: with the sea retreat on the study site, about 2000 BP, and the progressive desalinization, the herbaceous marsh develops. A new marine record appears near the end of this phase. Regionally, grassland and forest also develop, indicating a climate amelioration. The local vegetation succession ceases in the phase of herbaceous marsh, about 1760 BP, as beach sands cover the sedimentary package. This study has therefore indicated the phases of the hydrosere in a coastal water reservoir, which were influenced by eustatic oscillations, with gradual desalinization and colmatation that culminated in an herbaceous marsh. The results can be extended to the many other similar sedimentary packages spread throughout the Coastal Plain in the extreme southern Brazil. The results also corroborate and complement those obtained in lower latitudes of the Rio Grande do Sul Coastal Plain.

Keywords: Holocene; Palynology; Coastal Plain; Paleoenvironmental reconstruction; Rio Grande do Sul

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	8
OBJETIVOS.....	12
A REGIÃO DE ESTUDO.....	13
MATERIAL E MÉTODOS.....	16
1. Trabalho em campo.....	16
1.1. Escolha do afloramento.....	16
1.2. Coleta das amostras do perfil sedimentar e análise litológica.....	16
1.3. Coleta das amostras para datações radiométricas.....	17
2. Trabalho em laboratório.....	19
2.1. Preparo das amostras para datações radiométricas.....	19
2.2. Processamento químico das amostras para análise palinológica.....	19
2.3. Filtragem e tratamento final das amostras.....	21
2.4. Montagem das lâminas permanentes.....	22
2.5. Análise palinológica qualitativa.....	23
2.6. Análises palinológicas quantitativas.....	24
2.7. Diagramas palinológicos.....	26
2.8. Descrição dos diagramas.....	27
RESULTADOS.....	28
1. Ordenação taxonômica e caracterização morfológica dos palinomorfos analisados.....	28
FUNGOS.....	28
ALGAS.....	32
BRIÓFITOS.....	34
PTERIDÓFITOS.....	34
GIMNOSPERMAS.....	37
ANGIOSPERMAS.....	38
PALINOMORFOS OUTROS.....	46
2. Descrição dos diagramas.....	58
DISCUSSÃO.....	64
CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS.....	74

## LISTA DE ESTAMPAS, FIGURAS, TABELAS E APÊNDICES

Figura 1. Local da pesquisa.....	15
Figura 2. Detalhe do afloramento estudado. ....	18
Figura 3. Hermenegildo – Diagramas de porcentagem.....	71
Figura 4. Hermenegildo – Diagrama de taxa de acumulação polínica. ....	72
Figura 5. Síntese da dinâmica da vegetação e do clima durante os últimos 7500 anos AP no extremo sul da planície costeira do Rio Grande do Sul.....	73
Estampa I.....	47
Estampa II.....	48
Estampa III.....	49
Estampa IV.....	50
Estampa V.....	51
Estampa VI.....	52
Estampa VII.....	53
Estampa VIII.....	54
Estampa IX.....	55
Tabela 1. Separação dos palinomorfos contados .....	56
Tabela 2. Datações radiométricas .....	57
APÊNDICE A – .....	82
APÊNDICE B – .....	94

## INTRODUÇÃO

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul se estende ao longo de 620 km, do município de Torres (29°S 18'W), ao norte, até o Chuí (33°S 45'W), ao sul, sendo formada por um pacote sedimentar depositado sobre a Bacia de Pelotas, e assentada sobre duas unidades geológicas: o embasamento, caracterizado pelo escudo cristalino sul-rio-grandense (Pré-Cambriano), e a Bacia do Paraná, composta por rochas sedimentares e vulcânicas, paleozoicas e mesozoicas. Na Planície Costeira predominam sedimentos de tamanho areia, argila ou silte e conglomerados, depositados sobre porções continentais e sobre o assoalho oceânico, na zona distal (Villwock et al., 1986; Villwock & Tomazelli, 2007). O total de cerca de 33000 km<sup>2</sup>, em porções superficiais expostas, constitui-se de um complexo de barreiras arenosas, campos de dunas e um expressivo sistema de corpos d'água costeiros, notadamente a Lagoa dos Patos e a Lagoa Mirim, com orientação geral no sentido Nordeste-Sudoeste (Rambo, 1954; Waechter, 1985; Calliari, 1998; Villwock & Tomazelli, 2007). Sua largura varia de 15 km, na porção norte, aumentando em direção ao centro, com seu máximo de 100 km no município de Camaquã, voltando a diminuir no sul de Santa Vitória do Palmar, onde atinge 50 km. A altitude na zona puramente arenosa da Planície Costeira não ultrapassa 40 metros, sendo somente interrompida por formações rochosas no extremo norte (Torres), e por três cursos d'água: o Rio Tramandaí, ao norte, a desembocadura da Lagoa dos Patos, em Rio Grande, e o Arroio Chuí, na fronteira com o Uruguai (Rambo, 1954; Calliari et al., 2006). O oeste da Planície Costeira é delimitado pela base da Serra Geral, na porção norte, e pelo Escudo Sul-rio-grandense, na porção sul.

A história geológica da Planície Costeira teve seu início durante o Pleistoceno, e desde então vem sendo fortemente influenciada e desenhada pela tectônica de placas, pelo clima, pelo regime de aporte de sedimentos e pelas mudanças ocorridas no nível do mar. Esses fatores permitiram a formação de uma ampla planície na costa, que acumulou sedimentos por meio do Sistema de Leques Aluviais e dos Sistemas do tipo Laguna-Barreira, e registrou a ocorrência de fases cíclicas no nível do mar em consequência de mudanças no clima (Villwock et al., 1986). Os sistemas deposicionais do tipo Laguna-Barreira contribuíram substancialmente para o desenvolvimento da Planície Costeira em direção a leste, por meio da coalescência lateral de quatro desses conjuntos, cada um relacionado a um evento de transgressão da linha de costa, seguido de uma fase regressiva: Sistema Laguna-Barreira I, Sistema Laguna-Barreira II, Sistema Laguna-Barreira III (pleistocênicos) e Sistema Laguna-Barreira IV (holocênico) (Villwock et al., 1986; Villwock & Tomazelli, 2007).

O Sistema Laguna-Barreira IV, o último a se formar, está relacionado ao máximo transgressivo marinho pós-glacial, ocorrido entre 6000–5000 anos AP, quando o nível do mar alcançou de 2 a 4 m acima do nível atual na costa (Tomazelli et al., 2000; Dillenburg et al., 2004; Lima et al., 2013), invadindo o sistema lagunar Patos-Mirim (Villwock et al., 1986; Villwock & Tomazelli, 1998).

Tudo indica que, após o episódio de máximo transgressivo, o nível do mar tenha sofrido um lento e contínuo rebaixamento, dando início à formação de pequenas barreiras arenosas e depressões com ambientes propícios à formação de corpos d'água costeiros. Na região sul da Planície Costeira, os diversos depósitos sedimentares argilosos, escuros e ricos em matéria orgânica, amplamente distribuídos entre a Lagoa Mirim e a linha de costa na atualidade, seriam relictos (*relict muds*) de lagunas ou lagoas formadas nesta fase regressiva (Godolphim, 1985; Villwock et al., 1986; Dillenburg et al., 2004; Villwock & Tomazelli, 2007; Lima et al., 2013). Parte desses depósitos tem sido exposta devido à ação do mar em alguns pontos da costa, indicando uma condição erosiva nestas zonas do sul da Planície Costeira. Uma das áreas onde isso ocorre é em Hermenegildo (Dillenburg et al., 2004; Calliari et al., 2006).

Na região sul da Planície Costeira o clima pode ser caracterizado, de acordo com Nimer (1979), como mesotérmico brando superúmido, sem estação seca, com temperatura média anual entre 16 e 20°C. A média do mês mais quente está entre 22 e 26°C, e a do mês mais frio, entre 10 e 15°C. A precipitação pluviométrica anual fica entre 1.000 e 1.500 mm, com chuvas durante todos os meses (Nimer, 1979), e a média de geadas é de 15 dias por ano (Nimer, 1979; Villwock & Tomazelli, 2007).

Além da temperatura e da precipitação, outro elemento climático de grande relevância na dinâmica da Planície Costeira são os ventos, que atuam sobre as correntes litorâneas e sobre a areia seca depositada na praia, deslocando-a para o interior do continente, onde se formam vastos campos de dunas. O vento dominante é de sentido nordeste, sendo mais ativo nos meses de primavera e verão, apesar de ocorrer ao longo de todo o ano. Nos meses de inverno, o vento de oeste-sudoeste, secundário, é mais intenso. Em resposta à ação como transportador de areia deste último, há o deslocamento de dunas no sentido sudoeste, transgredindo terrenos mais antigos e avançando sobre os corpos lacustres e lagunares adjacentes (Waechter, 1985; Villwock & Tomazelli, 2007).

Em consequência das condições ambientais da Planície Costeira, a vegetação que ali se desenvolve é típica das *Áreas das Formações Pioneiras* sob influência marinha (restingas), própria das fases iniciais de ocupação de solos recentes, em constante rejuvenescimento e sujeitos à intensa radiação solar e ação eólica (IBGE, 1986; 2012). Conforme as condições edáficas de cada local, ocorrem espécies herbáceas, arbustivas e/ou arbóreas (Waechter, 1985; IBGE, 2012). No Rio Grande do Sul, os exemplos de vegetação mais complexa ou em fase avançada de sucessão em restingas são matas arenosas (solos bem drenados) e as matas turfosas (solos mal drenados), que ocorrem no Litoral Norte do Estado. Em direção ao sul, os capões de mata tendem a diminuir, não sendo observadas formações florestais avantajadas como as do norte, por não haver condições climáticas favoráveis ao seu estabelecimento nessas zonas de maior latitude. Assim, a porção centro-sul da costa rio-grandense como um todo é caracterizada por vegetação tipicamente campestre (campos litorâneos) (Waechter, 1985).

Como a fisionomia da paisagem atual é reflexo não apenas das condições climáticas e ambientais correntes, mas também das mudanças do clima e da vegetação nos últimos milênios, o estudo da dinâmica das formações vegetais e reconstituições paleoambientais são um importante subsídio neste campo de pesquisa. Esses estudos também permitem inferências sobre as tendências naturais da vegetação e do clima para determinada região, podendo auxiliar em planos de monitoramento, conservação e preservação ambiental (Birks, 1993). Com a paleopalinologia é possível desenvolver estudos deste tipo, combinando-se as ferramentas de análise palinológica e datações radiométricas, que permitem estimar a cronologia dos eventos pretéritos (Berglund, 1986; Davis, 1999; Punt et al., 2007).

Estudos palinológicos de perfis sedimentares da Planície Costeira, com objetivo de estudar sucessão vegetal, forneceram importantes fontes de informação, permitindo também detectar oscilações de nível do mar ao longo dos últimos milênios, processos influenciados pelas mudanças no clima (Lorscheitter, 2003). Os resultados desses estudos, especialmente para o Holoceno, em diferentes zonas da Planície Costeira, puderam ser confrontados entre si, fornecendo uma visão mais ampla e acurada sobre a dinâmica vegetacional. Os principais trabalhos palinológicos de reconstituição paleoambiental para a Planície Costeira e áreas adjacentes do Estado abrangem principalmente suas porções norte e média: Cordeiro & Lorscheitter (1994), Neves & Lorscheitter (1995a), Lorscheitter (2003), Lorscheitter & Dillenburg (1998), Neves (1998), Medeanic, Dillenburg & Toldo Junior (2001), Leal & Lorscheitter (2007), Macedo et al. (2010) e Roth (2014).

Para a porção sul da Planície Costeira foram desenvolvidos diversos trabalhos de cunho geológico, que ajudaram a entender os processos holocênicos ocorridos na região. Apenas um desses incluiu também palinologia de fácies sedimentares para algumas interpretações paleoambientais, não compondo um perfil palinológico contínuo e completo (Lima et al., 2013). Portanto, a ausência de trabalhos envolvendo análise palinológica de perfis sedimentares nesta região sul da Planície Costeira objetivou a presente pesquisa.

## OBJETIVOS

A pesquisa tem como objetivo desenvolver, pela primeira vez, um estudo palinológico, associado à cronologia, em um dos pacotes sedimentares (*relict muds*) da região do extremo sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, procurando entender a gênese e os processos associados à sua formação.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Desenvolver um estudo detalhado da sucessão vegetal e dinâmica da vegetação durante os últimos milênios, com amarrações cronológicas detalhadas;
- Detectar possíveis oscilações de nível de mar e sua influência no processo de sucessão vegetal;
- Discutir os resultados obtidos, comparando com estudos realizados nas demais regiões da Planície Costeira e zonas baixas adjacentes.

## A REGIÃO DE ESTUDO

A região de estudo localiza-se no extremo sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Fig. 1) e é formada por terrenos baixos e planos, pertencentes à Bacia Mirim-São Gonçalo. É caracterizada por um conjunto de corpos d'água, dentre os quais se destacam a Lagoa Mangueira e a Lagoa Mirim, incluindo diversos outros de menor tamanho, isolados ou interligados por canais (SEMA, 2017). Espalhados por toda essa área até junto ao mar ocorrem também diversos pacotes sedimentares escuros (*relict muds*), com origem atribuída a lagoas e lagunas pretéritas, formadas durante o Quaternário (Dillenburg et al., 2004).

Junto à linha de praia esses pacotes iniciam entre 1 e 2 km ao norte dos molhes da Barra do Chuí, distribuindo-se por cerca de 15 km em direção ao norte, até o Balneário de Hermenegildo, concentrando-se na praia de Maravilhas. Ao longo da ampla faixa de praia observam-se muitos desses afloramentos escuros. Alguns dos pacotes estão relativamente distantes da linha de costa, sendo completamente soterrados por dunas arenosas de 2 a 6 metros de altura ou parcialmente expostos pela erosão. Outros estão na parte plana da praia, por vezes à altura do solo. Vários fragmentos, desprendidos dos pacotes sedimentares, são observados em áreas da praia. Alguns, por estarem ao alcance da ação de ondas, sofrem intenso processo erosivo. Os córregos que serpenteiam a praia em direção ao mar, drenando áreas úmidas atrás das dunas, também contribuem para o processo destrutivo, segmentando alguns afloramentos em porções menores (Dillenburg et al., 2004; Calliari et al., 2006).

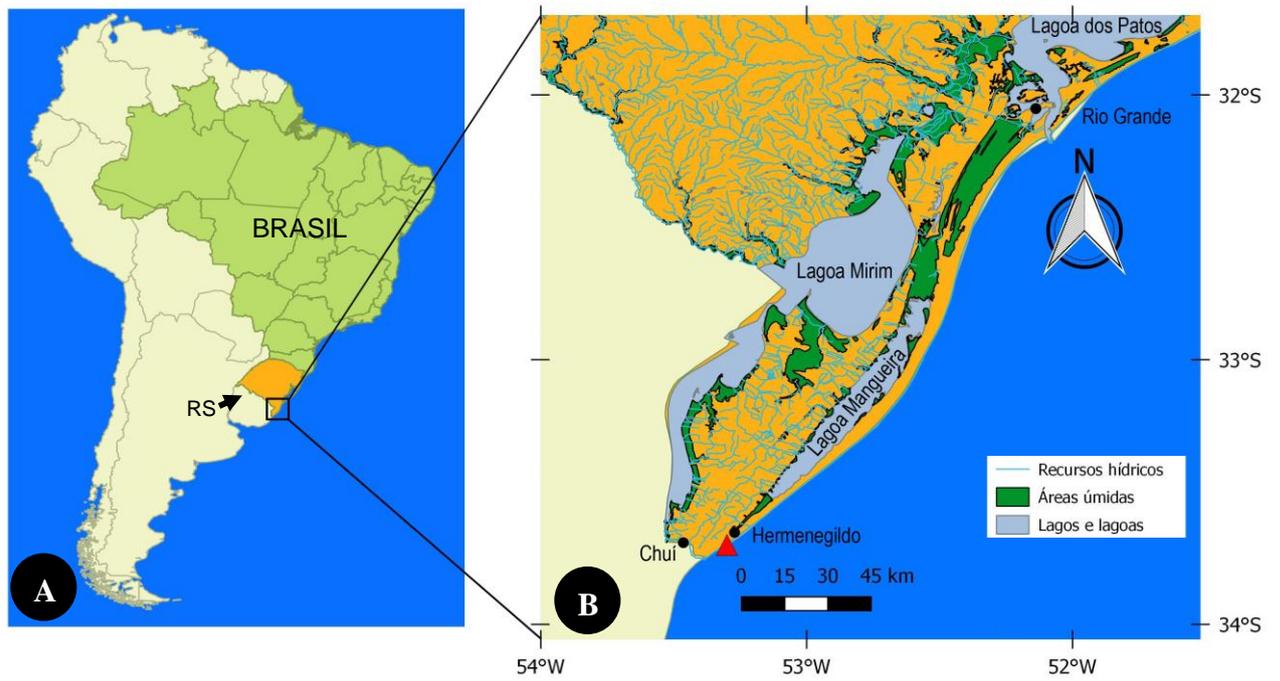
Da linha de costa em direção ao interior do continente observam-se variações na fitofisionomia da paisagem, com destaque para espécies herbáceas halófilas, psamófilas e limnófilas, além de pequenos capões com espécies arbustivas e arbóreas xeromórficas ou higrófilas, dependendo do local (IBGE, 1986).

As espécies de hábito herbáceo e arbustivo, características da região, são adaptadas às condições extremas do ambiente, como salinidade, ventos, mobilidade das dunas, alta luminosidade, calor e déficit nutricional e hídrico. Destacam-se Poaceae, como *Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv., *Paspalum notatum* Flügge e *Stenotaphrum secundatum* (Walter) Kuntze, além de Fabaceae, como *Adesmia bicolor* (Poir.) DC., *Desmodium incanum* DC., *Macroptilium prostratum* (Benth.) Urb. e *Trifolium polymorphum* Poir. Sobre as dunas primárias, com influência constante da água do mar, destacam-se na vegetação halófila *Blutaparon portulacoides* (A. St.-Hil) Mears, *Cotula coronopifolia* L., *Heliotropium curassavicum* L., *Paspalum vaginatum* Sw., *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J. Scott e *Sesuvium portulacastrum* (L.) L., além de espécies de *Alternanthera*, *Amaranthus* e *Spartina*

(Pfadenhauer, 1978; Pfadenhauer et al., 1979; Waechter, 1985; Rambo, 1994). Em locais mais internos e protegidos, como as barras de lagoas e lagunas ainda influenciadas pelas águas oceânicas, ocorrem espécies herbáceas como *Heliotropium curassavicum* L., *Limonium brasiliense* (Boiss.) Kuntze, *Salicornia virginica* L., *Sesuvium portulacastrum* (L.) L., *Spartina alterniflora* Loisel., *Spartina densiflora* Brongn., dentre outras. Podem ocorrer ainda *Ruppia maritima* L. e *Schoenoplectus americanus* (Pers.) Volkart. (Waechter, 1985).

Nas dunas mais interiorizadas, secundárias e terciárias, desenvolve-se a vegetação psamófila, composta principalmente por *Hydrocotyle bonariensis* Lam., diversas espécies de Poaceae, como *Andropogon arenarius* Hack., *Cenchrus incertus* M.A. Curtis, *Panicum racemosum* (P. Beauv.) Spreng., *Panicum sabulorum* Lam., *Spartina ciliata* Brongn.; Asteraceae, como *Baccharis leucopappa* DC., *Conyza blakei* (Cabrera) Cabrera, *Gamochoaeta simplicicaulis* (Willd. ex Spreng.) Cabrera, *Senecio crassiflorus* (Poir.) DC.; Fabaceae, como *Desmodium barbatum* (L.) Benth., *Indigofera sabulicola* Benth., *Stylosanthes leiocarpa* Vogel e *Vigna luteola* (Jacq.) Benth. (Pfadenhauer, 1978; Pfadenhauer et al., 1979; Waechter, 1985). A zona de dunas vegetadas abriga também a matinha litorânea, composta principalmente por espécies arbustivas de Myrtaceae (Rambo, 1994).

Os corpos d'água em geral abrigam vegetação característica. Na porção central das lagoas maiores são comuns algas verdes filamentosas. As zonas marginais abrigam plantas aquáticas (limnófilas), como *Azolla filiculoides* Lam., *Echinodorus grandiflorus*, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *E. azurea* (Sw.) Kunth, *Pontederia cordata* L., *Regnellidium diphyllum* Lindm., *Salvinia auriculata* Aubl., e espécies de *Cabomba*, *Lemna*, *Myriophyllum* e *Wolffiella* (Rambo, 1994; Irgang & Gastal Jr, 1996). Espécies palustres, das margens das lagoas, são formadas por *Eryngium*, *Heteranthera*, *Ludwigia* e *Utricularia*, e por Poaceae, Cyperaceae e Juncaceae. Em áreas mais firmes são comuns *Lycopodium inundatum* L. e espécies de *Ranunculus*, Verbenaceae e Fabaceae (Waechter, 1985; Rambo, 1994). As encostas secas das lagoas têm vegetação similar à das dunas, do campo seco ou das matinhas litorâneas, dependendo das condições locais. Nas baixadas úmidas destacam-se Cyperaceae, como *Androtrichum trigynum* (Spreng.) H. Pfeiff., *Eleocharis maculosa* (Vahl) Roem. & Schult., *Kyllinga vaginata* Lam. e *Scleria hirtella* Sw., e Poaceae, como *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhl., *Ischaemum minus* J. Presl, *Imperata brasiliensis* Trin. e *Paspalum pumilum* Nees. No mesmo ambiente ocorrem *Bacopa monnieri* (L.) Wettst., *Drosera brevifolia* Pursh, *Equisetum giganteum* L., *Eriocaulon modestum* Kunth, *Hedyotis salzmännii* (DC.) Steud., *Lilaeopsis macloviana* (Gand.) A.W. Hill, *Lycopodiella alopecuroides* (L.) Cranfill e *Triglochin striata* Ruiz & Pav. (Pfadenhauer, 1978; Pfadenhauer et al., 1979; Waechter, 1985; Rambo, 1994).



**Figura 1.** Local da pesquisa. **A.** Rio Grande do Sul (RS), sul do Brasil; **B.** Detalhe da Planície Costeira sul (RS) com o local de amostragem, praia de Maravilhas (▲), Hermenegildo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 1. Trabalho em campo

#### 1.1. Escolha do afloramento

Nos critérios para a escolha do local de estudo levou-se em consideração:

- maior proximidade com a linha de costa;
- distância de construções e habitações;
- ausência de ação antrópica evidente;
- homogeneidade litológica dos sedimentos argilosos, indicando sedimentação contínua;
- maior espessura do pacote sedimentar.

As amostras foram coletadas ao longo de um perfil vertical em um pacote sedimentar na praia de Maravilhas, Hermenegildo, município de Santa Vitória do Palmar, 2 km ao norte da Barra do Chuí (33°42'12"S–53°18'57"O). O afloramento encontra-se depositado sobre sedimentos arenosos, a alguns metros da linha de costa, e está recoberto por dunas arenosas (Fig. 2.A).

#### 1.2. Coleta das amostras do perfil sedimentar e análise litológica

O manuseio do material durante a coleta das amostras do afloramento foi realizado com muito cuidado, evitando contaminação polínica.

Selecionou-se uma área do afloramento livre de raízes, da qual foi removida uma fina porção da superfície frontal, a fim de evitar possíveis contaminações. Coletou-se um total de 26 amostras, diretamente da parede do afloramento, em intervalos regulares de cinco centímetros, ao longo de um perfil sedimentar de 140 cm de espessura, acima do nível relativo do mar (Fig. 2.B).

Para cada coleta utilizou-se uma caixa plástica transparente de 8 cm<sup>3</sup>, que era introduzida horizontalmente no perfil sedimentar. A transparência do plástico permitia verificar quando a caixa estava completamente preenchida de sedimento ainda úmido, sendo então tampada e etiquetada, com indicação da profundidade.

Durante a coleta das amostras também foi realizada a análise litológica do perfil, por observação direta e exame manual, levando-se em consideração a cor, a plasticidade, o tipo de sedimento e a homogeneidade nas distintas profundidades.

### **1.3. Coleta das amostras para datações radiométricas**

Para análise cronológica dos eventos foram coletadas cinco amostras ao longo do perfil sedimentar, em distintas profundidades: 120,5 cm (próxima à base do perfil), 90,5 cm, 55,5 cm, 20,5 cm, e 2,5 cm (junto ao topo).

Cada amostra para datação foi coletada com o auxílio de uma espátula de aço, retirando-se uma porção horizontal com cerca de 2 cm de espessura (Fig. 2.B). A espátula era lavada antes da coleta de cada amostra para evitar contaminação. A amostra era acondicionada em papel alumínio.



**Figura 2.** Detalhe do afloramento estudado. **A.** Vista do afloramento na praia de Maravilhas, Hermenegildo (RS) ( $33^{\circ}42'12''\text{S}$ – $53^{\circ}18'57''\text{O}$ ), recoberto por dunas arenosas, a poucos metros da linha de costa; **B.** Detalhe do afloramento. Níveis de parte das amostras coletadas ao longo do perfil sedimentar (esquerda) e níveis de duas das amostras coletadas para datação radiométrica (setas).

## 2. Trabalho em laboratório

Esta etapa foi desenvolvida no Laboratório de Palinologia do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Para preparação e processamento das amostras utilizou-se o laboratório de processamento químico, com diversas adaptações para evitar contaminação por pólen atual, seguindo Faegri & Iversen (1989). As análises microscópicas foram realizadas em outra sala do mesmo laboratório.

### 2.1. Preparo das amostras para datações radiométricas

Todas as etapas foram realizadas com extremo cuidado, evitando contaminação das amostras por material orgânico.

As cinco amostras chegadas do campo foram colocadas em estufa a 40°C por alguns dias. Quando secas, foram raspadas com bisturis cirúrgicos descartáveis para evitar contaminação na superfície, sendo aproveitada apenas a porção central de cada uma. Durante o procedimento utilizaram-se luvas plásticas descartáveis e papel alumínio no manuseio.

Um mínimo de 20g de sedimento seco para cada amostra foi cuidadosamente embalado em papel alumínio e enviado ao Laboratório *Beta Analytic Inc.* (Miami, Flórida - EUA) para datação radiométrica por AMS (*Accelerator Mass Spectrometry*).

### 2.2. Processamento químico das amostras para análise palinológica

Na chegada ao laboratório as caixas plásticas, contendo as amostras, eram colocadas em congelador, e mantidas assim até o processamento químico.

As amostras foram submetidas ao processamento químico padrão em palinologia de sedimentos, adaptado de Faegri & Iversen (1989). Todo o trabalho foi realizado no interior de capela com exaustor, sempre utilizando água destilada na lavagem das amostras e no enxágue da vidraria. Centrifugações foram realizadas a 1500 RPM, durante seis minutos, sempre precedidas por revolvimento da amostra com um bastão de vidro.

No início do processamento, cada amostra congelada era transferida de sua caixa para um copo plástico com tampa, ao qual se adicionava um número estabelecido de pastilhas com esporos de *Lycopodium clavatum* L. exótico (Stockmarr, 1971), adquiridas do *Department of Quaternary Geology*, Lund, Suécia. Em cada pastilha há um número total de esporos estimado pelo fabricante que, multiplicado pelo número de pastilhas adicionadas à amostra,

permite calcular o número total desses esporos adicionados, para o cálculo da taxa de acumulação polínica (grãos/cm<sup>2</sup>/ano), (Birks & Gordon, 1985).

### **2.2.1. Retirada de carbonatos – ácido clorídrico (HCl)**

Para remoção de carbonatos, a seguir adicionava-se HCl a 10% até a metade de cada copo, recobrando assim todo o sedimento. O copo era tampado após o revolvimento da amostra, deixando-se em decantação por uma hora. Em seguida, o copo era preenchido com água e o material deixado em decantação por duas horas, com posterior sifonagem do sobrenadante. Mais duas lavagens com água e sifonagens eram realizadas, para a completa retirada do HCl.

### **2.2.2. Retirada de sílica – ácido fluorídrico (HF) e ácido clorídrico (HCl)**

A seguir, a remoção de sílica era feita por adição de HF a 47% até a metade de cada copo que, após tampado, era mantido em aparelho agitador por seis horas. Terminado esse tempo, o copo era preenchido com água, tampado, mantendo-se em decantação por duas horas. O sobrenadante era então descartado por sifonagem. Após, mais três lavagens com água eram realizadas, com descarte do sobrenadante por sifonagens.

O conteúdo de cada copo era então transferido, por centrifugações repetidas e descarte do sobrenadante, para um tubo de centrífuga (Pirex) de 50 ml, com tampa. Após o último descarte do sobrenadante, era adicionado HCl a 10% até a metade do tubo, mantendo-se em banho-maria a 60°C por quatro minutos, durante os quais o material era continuamente revolvido com bastão de vidro, com posterior centrifugação e descarte do sobrenadante. O objetivo desse procedimento foi remover compostos silicosos persistentes, após o tratamento com HF. Seguiam-se duas lavagens, com centrifugações.

### **2.2.3. Retirada de ácidos húmicos – hidróxido de potássio (KOH)**

Dando prosseguimento, acrescentava-se KOH a 10% até a metade de cada tubo de centrífuga, que era então submetido a uma fervura em banho-maria por quatro minutos (revolvendo com bastão de vidro durante todo o tempo do processamento). A seguir preenchia-se o tubo com água, revolvendo-se o conteúdo com bastão de vidro, levando-se à centrifugação. O sobrenadante, muito escuro devido à dissolução da matéria orgânica, era

então descartado. Repetiam-se várias lavagens, com centrifugação e descarte do sobrenadante, até a água do tubo de centrífuga se tornar clara e transparente.

#### **2.2.4. Acetólise**

As amostras eram a seguir acetolisadas para tratamento dos palinomorfos, tornando a parede celular limpa e transparente para adequada análise em microscopia óptica.

O líquido de acetólise era obtido por solução formada de uma parte de ácido sulfúrico concentrado para cada nove partes de anidrido acético. O procedimento de mistura era feito devagar em um béquer (o ácido sulfúrico adicionado ao anidrido acético), revolvendo cuidadosamente a mistura. Esse procedimento era realizado pouco antes da acetólise de um determinado conjunto de amostras.

Como o líquido de acetólise é explosivo em água, as amostras eram previamente desidratadas por uma lavagem com ácido acético glacial, centrifugadas, e o sobrenadante descartado. Este procedimento evita a ocorrência de microexplosões, que poderiam danificar o conteúdo polínico. Só então o líquido de acetólise era adicionado até a metade de cada tubo de centrífuga.

A acetólise era realizada fervendo em banho-maria cada conjunto de quatro tubos de centrífuga por três minutos, revolvendo continuamente com bastão de vidro. Em seguida, os tubos eram retirados da fervura, centrifugados, com descarte do sobrenadante. Seguia-se um novo banho com ácido acético glacial em cada tubo, com centrifugação e descarte do sobrenadante. Esse procedimento possibilitou segurança para a subsequente lavagem com água, centrifugação e descarte do sobrenadante, encerrando o processo.

### **2.3. Filtragem e tratamento final das amostras**

Após o processamento químico, as amostras eram filtradas, passando de um tubo de centrífuga para outro através de uma malha metálica de 250  $\mu\text{m}$ .

O material retido na malha ( $>250 \mu\text{m}$ ) era armazenado em recipientes de vidro com álcool, e identificados com o número da amostra, ficando disponíveis para possíveis análises complementares.

O conteúdo filtrado ( $<250 \mu\text{m}$ ) era então centrifugado, com descarte do sobrenadante. Em seguida, adicionava-se a cada amostra uma mistura de glicerol + água (em partes iguais), revolvendo-se com bastão de vidro e deixando em repouso por, no mínimo, 30 minutos. Após,

o conteúdo era centrifugado, o sobrenadante descartado, mantendo-se o tubo emborcado sobre um papel filtro para escoamento do líquido. Esse último procedimento preparava cada amostra para a montagem das lâminas permanentes, utilizadas na microscopia.

#### **2.4. Montagem das lâminas permanentes**

Utilizou-se gelatina-glicerinada (Salgado-Labouriau, 1973; Faegri & Iversen, 1989) como meio de montagem de cada amostra em lâminas permanentes, usando lamínulas (24x32mm). Foram confeccionadas de três a cinco lâminas por amostra, dependendo da quantidade de resíduo após o tratamento químico.

Lâminas e lamínulas foram lavadas previamente com álcool e flambadas, evitando contaminação. As lâminas eram depositadas sobre uma placa aquecedora a 60°C. Com a ajuda de uma alça de platina, também flambada, uma pequena porção de gelatina-glicerinada era retirada de seu frasco e levada ao fundo do tubo de centrífuga para a coleta, por aderência, de uma pequena porção do resíduo da amostra. O conjunto, preso na ponta da alça de platina, era então colocado sobre uma das lâminas pré-aquecidas. Por movimentos circulares da alça de platina, a amostra coletada era homogeneizada, a gelatina-glicerinada derretendo por completo. A seguir recobria-se com lamínula, aplicando leve pressão para espalhar a mistura, e girava-se a lâmina em 180°, depositando-a sobre uma superfície lisa e firme, fora da placa aquecedora, pressionando lâmina com lamínula até o esfriamento. Dessa forma, os palinomorfos se depositam, por gravidade, sobre a superfície inferior da lamínula antes do esfriamento, favorecendo a posterior observação ao microscópio.

Após a confecção das lâminas, o resíduo excedente de cada amostra era guardado em álcool, dentro de frasco de vidro com tampa, e etiquetado com os dados de identificação. Esses resíduos foram preservados para uma possível reutilização.

As lâminas montadas eram limpas e lutadas com esmalte de unhas incolor, etiquetadas, com anotação do local e da profundidade da amostra. Foram depositadas na palinoteca do laboratório (Lorscheitter et al., 2014).

## 2.5. Análise palinológica qualitativa

### 2.5.1. Determinação do material

A determinação taxonômica dos palinomorfos ocorreu simultaneamente às contagens do material das lâminas permanentes. Foi realizada em microscópio óptico Diaplan Leitz, em aumentos de 400× e 1000×, para maiores detalhes.

Na identificação dos palinomorfos utilizou-se a palinoteca de referência do Laboratório de Palinologia, que conta com material da flora atual do Estado (Lorscheitter et al., 2014), além de alguns livros-texto e catálogos palinológicos: Erdtman (1952); Heusser (1971); Markgraf & D'Antoni (1978); Van Geel (1978); Hooghiemstra (1984); Barnett & Hunter (1987); Lorscheitter (1988, 1989); Cordeiro (1991); Tryon & Lugardon (1991); Neves & Lorscheitter (1992, 1995a); Lorscheitter et al. (1998; 1999, 2005); Neves (1998); Leal & Lorscheitter (2006); Leonhardt & Lorscheitter (2007, 2008); Roth & Lorscheitter (2008, 2013, 2016, 2017); Scherer & Lorscheitter (2008, 2009); Spalding & Lorscheitter (2009, 2010).

O material foi determinado no nível taxonômico mais baixo possível. Materiais de mesmo táxon, mas com morfologia distinta, foram separados por números (ex: *Alternanthera* 1, *Alternanthera* 2). O termo “Tipo” foi utilizado antes do nome científico em casos onde não foi possível assegurar a determinação, devido à semelhança morfológica com táxons afins (ex: Tipo *Amaranthus*), seguindo Berglund (1986).

No caso de materiais com morfologia definida, porém indeterminados, optou-se por uma separação morfológica (ex: Monoletes outros, Tricolporados outros). Parte do material pôde ser identificado apenas como pertencente a um grande grupo (ex: Fungos outros, Pteridófitos outros).

As medições dos palinomorfos, para auxiliar na identificação, foram realizadas com ocular de fio móvel, convertidas para micrômetros com o uso de uma lâmina micrometrada.

### 2.5.2. Ordenação taxonômica, caracterização morfológica e fotomicrografias

A ordenação taxonômica seguiu as seguintes referências: fungos (*Index Fungorum*, 2016); algas (*Algaebase*, 2016); briófitos, pteridófitos e gimnospermas (Chase & Reveal, 2009; Pirani & Prado, 2012); angiospermas (APG III, 2009; Pirani & Prado, 2012). A atualização nomenclatural para briófitos, pteridófitos, gimnospermas e angiospermas está de

acordo com MOBOT (2016). Uma breve caracterização morfológica dos palinomorfos ao longo da listagem taxonômica seguiu Punt et al. (2007) e Tryon & Lugardon (1991).

As fotomicrografias dos palinomorfos foram obtidas com uma câmera digital Leica (DFC 295; *Leica Microsystems*), acoplada a um microscópio óptico Diaplan Leitz (*Leica Microsystems*, Wetzlar, Alemanha), com auxílio do programa de captura de imagens LAS Leica V 3.7.0, em computador equipado com Windows 7. O aumento utilizado foi de 1000×, à exceção de materiais com tamanho avantajado, que foram fotografados em 400×. As imagens foram tratadas no programa Photoshop CS5, que permitiu também a confecção das estampas, que seguiram a mesma sequência da ordenação taxonômica. As respectivas fotomicrografias ilustram a identificação do material.

Fungos, algas, briófitos, pteridófitos, gimnospermas e parte das angiospermas analisadas no presente estudo já foram objetos de dois catálogos palinológicos publicados (Masetto & Lorscheitter, 2014, 2016), onde são descritos e fotomicrografados palinomorfos, incluindo informações sobre habitat.

### **2.5.3. Separação dos palinomorfos contados**

Para viabilizar as análises paleoambientais, os palinomorfos contados foram reunidos de acordo com o ambiente de origem ou, quando não identificado, pelo seu grande grupo taxonômico. A seguinte ordenação ficou assim estabelecida: aquáticos (local), pântano herbáceo (local), marinhos, campo (regional), mata (regional), ambiente indeterminado (regional), fungos, palinomorfos outros e estranhos à flora regional.

## **2.6. Análises palinológicas quantitativas**

### **2.6.1. Contagem dos palinomorfos**

A contagem dos palinomorfos nas lâminas permanentes foi realizada em microscópio óptico com aumento de 400×, em transecções horizontais.

Em cada amostra foi contado um número mínimo de 300 grãos de pólen de origem regional (campo, mata e ambiente indeterminado), obtido com o auxílio de curva de saturação (curva de suficiência amostral). Paralelamente, contava-se um número mínimo de 100 esporos de *Lycopodium clavatum* L. adicionado anteriormente à amostra. Nessa contagem paralela iam sendo incluídos também os demais palinomorfos encontrados, independente de sua

quantidade. A contagem em cada amostra só terminava quando os números mínimos de 300 grãos de pólen e de 100 grãos de *L. clavatum* eram alcançados.

### 2.6.2. Cálculo de porcentagem e de taxa de acumulação polínica

Todos os cálculos foram realizados pelo programa Tilia versão 1.12 (Grimm, 1987).

### 2.6.3. Cálculo de porcentagem

A frequência dos palinomorfos ficou assim estabelecida:

- **Componentes de origem local:** frequência de cada táxon calculada sobre o total de indicadores aquáticos (incluindo algas e excluindo fragmentos de *Cabomba*) + total de indicadores de pântano herbáceo. Frequência de fragmentos de *Cabomba* foi calculada sobre o total de indicadores aquáticos (incluindo algas) + total de indicadores de pântano herbáceo;
- **Componentes de origem marinha:** frequência de cada táxon calculada sobre o total de indicadores marinhos + total de indicadores aquáticos locais (incluindo algas e excluindo fragmentos de *Cabomba*) + total de indicadores de pântano herbáceo;
- **Componentes de origem regional:** frequência de cada táxon calculada sobre o total de indicadores de campo, mata e de ambiente indeterminado;
- **Fungos:** frequência de cada táxon calculada sobre o total de fungos + total de indicadores aquáticos (incluindo algas e excluindo fragmentos de *Cabomba*) + total de indicadores de pântano, campo, mata e de ambiente indeterminado;
- **Palinomorfos outros:** frequência de cada táxon calculada sobre o total de palinomorfos outros + total de indicadores aquáticos (incluindo algas e excluindo fragmentos de *Cabomba*) + total de indicadores de pântano;
- **Estranhos à flora regional:** frequência de cada táxon calculada sobre o total de indicadores estranhos à flora regional + total de indicadores de campo, mata e de ambiente indeterminado.

### 2.6.4. Cálculo da taxa de acumulação polínica

A adição dos tabletes de *Lycopodium clavatum* L. no início do processamento químico, com um número estimado de esporos, permitiu o cálculo da taxa de acumulação polínica (grãos/cm<sup>2</sup>/ano).

Para este cálculo (programa Tilia) foi necessário obter, em cada amostra, o número total estimado de esporos *L. clavatum* adicionados, seu respectivo número de grãos contados e o número total de grãos contados de cada tipo polínico a ser analisado.

## **2.7. Diagramas palinológicos**

As porcentagens e as taxas de acumulação polínica foram expressas em diagramas palinológicos, elaborados pelo programa Tilia Graph versão 1.13 (Grimm, 1987). No início da sequência dos diagramas (de porcentagem e de taxa de acumulação polínica) são apresentadas as idades absolutas e as estimadas, as profundidades em centímetros e a litologia do perfil sedimentar. Os diagramas formam conjuntos de acordo com o ambiente de origem ou grupo taxonômico: aquáticos, pântano herbáceo, marinhos, campo, mata, ambiente indeterminado, fungos, palinomorfos outros e estranhos à flora regional. Cada conjunto de diagramas é apresentado em ordem decrescente de frequências, facilitando a análise paleoambiental.

### **2.7.1. Diagramas de porcentagem**

Os diagramas desdobrados de porcentagem apresentam todos os tipos polínicos contados. Um exagero de 10× nos diagramas de palinomorfos com frequências muito baixas permitiu sua visualização ao longo do perfil sedimentar. Ao final de cada conjunto de diagramas foi incluído um diagrama com o somatório dos seus componentes. Diagramas compostos de indicadores aquáticos *versus* indicadores de pântano herbáceo auxiliaram a análise da sucessão dos táxons no local de estudo.

Para análise de agrupamentos utilizou-se o programa CONISS (Grimm, 1987), que agrupa as amostras por similaridade de espectro polínico, auxiliando também no estabelecimento das distintas zonas.

### **2.7.1. Diagramas de taxa de acumulação**

Os diagramas de taxa de acumulação polínica (grãos/cm<sup>2</sup>/ano) são apresentados de modo sucinto, incluindo apenas os táxons principais de cada ambiente a ser analisado e/ou os somatórios dos componentes de um determinado ambiente.

## **2.8. Descrição dos diagramas**

Os diagramas foram descritos de forma concisa, da base ao topo do perfil, zona por zona. Em cada zona foi inicialmente indicado o intervalo de profundidade (cm), o intervalo de idades e a descrição litológica. O conteúdo polínico foi descrito, comparando os resultados relativos à porcentagem e taxa de acumulação dos táxons ao longo de cada zona. Todas essas informações serviram de base para reconstituições paleoambientais dos últimos milênios na Planície Costeira do sul do Rio Grande do Sul.

## RESULTADOS

Os 125 palinomorfos incluídos na análise qualitativa foram reunidos por ambiente de origem ou grupo taxonômico (Tabela 1). Os resultados das datações radiométricas estão organizados em tabela (Tabela 2). Os diagramas de porcentagem e a análise de agrupamentos (Figura 3), e os diagramas das taxas de acumulação (Figura 4) serviram como base para as interpretações paleoambientais.

### 1. Ordenação taxonômica e caracterização morfológica dos palinomorfos analisados

Foram encontrados e identificados táxons correspondentes a 25 fungos, oito algas, três acritarcas, três briófitos, 12 pteridófitos, três gimnospermas, 54 angiospermas e nove palinomorfos outros.

## FUNGOS

Ordenação taxonômica baseada em Masetto & Lorscheitter (2014), APÊNDICE A, atualizada de acordo com *Index Fungorum* (2016)

Filo Glomeromycota

Classe Glomeromycetes

Ordem Glomerales

Família Glomeraceae

1. Tipo *Glomus* Tul. & C. Tul.

(clamidósporo esferoidal, levigado. Estampa I: 1)

Filo Ascomycota

Classe Dothideomycetes

Ordem Pleosporales

Família Tetraplosphaeriaceae

2. *Tetraploa scheueri* Kaz. Tanaka & K. Hirayama

(conídio multicelular alongado, verrucado, com quatro apêndices.

Estampa I: 2). Nome atualizado de *Tetraplosphaeria tetraploa* (Scheuer) Kaz. Tanaka & K. Hiray. (Masetto & Lorscheitter, 2014)

Ordem Microthyriales

Família Microthyriaceae

3. Microthyriaceae Sacc.

(estrutura circular em vista frontal, levigado, com margens lobadas.

Estampa I: 3)

Classe Sordariomycetes

Ordem Sordariales

Família Sordariaceae

4. Tipo *Gelasinospora calospora* (Mouton) C. Moreau & M. Moreau

(ascósporo elipsoidal, com pequenas perfurações por toda a superfície.

Estampa I: 4-5)

Ordem Magnaporthales

Família Magnaporthaceae

5. Tipo *Gaeumannomyces* cf. *caricis* J. Walker

(hifopódio circular em vista frontal, levigado, com margens lobadas e poro central. Estampa I: 6)

Filo Basidiomycota

Classe Agaricomycetes

Ordem Atheliales

Família Atheliaceae

6. Tipo *Athelia* Pers.

(unidade de dispersão elipsoidal em vista frontal, com grande número de células. Estampa I: 7)

Indeterminados: esporos e hifas

7. Tipo 1

(unidade de dispersão fusiforme, curva, monosseptada, epispório ondulado. Estampa I: 8)

8. Tipo 2

(unidade de dispersão fusiforme, curva, trisseptada, episório ondulado.  
Estampa I: 9)

9. Tipo 3

(unidade de dispersão fusiforme monosseptada, levigada.  
Estampa I: 10)

10. Tipo 4

(esporo esférico, microverrucado. Estampa I: 11-12)

11. Tipo 5

(esporo fusiforme, levigado, com poro nas extremidades.  
Estampa I: 13)

12. Tipo 6

(unidade de dispersão fusiforme, monosseptada, microverrucada.  
Estampa I: 14)

13. Tipo 7

(unidade de dispersão alongada, curva, monosseptada, levigada, com  
extremidades truncadas. Estampa I: 15)

14. Tipo 8

(esporo robusto, elipsoidal, levigado. Estampa I: 16)

15. Tipo 9

(esporo pequeno, esférico, estriado. Estampa I: 17)

16. Tipo 10

(esporo pequeno, fusiforme, estriado. Estampa I: 18-19)

17. Tipo 11

(esporo pequeno, caracteristicamente curvo, levigado. Estampa I: 20)

18. Tipo 12  
(unidade de dispersão alongada, multicelular, levigada. Estampa I: 21)
19. Tipo 13  
(esporo pequeno, elipsoidal, estriado. Estampa I: 22)
20. Tipo 14  
(esporo alongado, levigado, com extremidade truncada. Estampa I: 23)
21. Tipo 15  
(unidade de dispersão alongada e fusiforme, bisseptada, episório com dobras. Estampa I: 24)
22. Tipo 16  
(unidade de dispersão monosseptada, episório ondulado. Estampa I: 25)
23. Tipo 17  
(esporo pequeno, fusiforme, levigado. Estampa I: 26)
24. Tipo 18  
(esporo alongado e fusiforme, episório estriado. Estampa I: 27)
25. Tipo 19  
(unidade de dispersão pequena, alongada e fusiforme, monosseptada, estriada. Estampa I: 28)
26. Esporos outros
27. Hifas

## ALGAS

Ordenação taxonômica baseada em Masetto & Lorscheitter (2014), APÊNDICE A, atualizada de acordo com *Algaebase* (2016)

### Divisão Dinophyta

#### Classe Dinophyceae

##### Ordem (*incertae sedis*)

28. *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre & Cookson)

Wall

(cisto esferoidal com processos finos e alongados. Estampa I: 29)

29. Dinoflagelados outros

### Divisão Chlorophyta

#### Classe Trebouxiophyceae

##### Ordem Trebouxiales

##### Família Botryococcaceae

30. *Botryococcus* Kützing

(colônia irregularmente lobada. Estampa I: 30)

#### Classe Chlorophyceae

##### Ordem Sphaeropleales

##### Família Hydrodictyaceae

31. *Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini

(cenóbio plano, com células periféricas bifurcadas. Estampa I: 31-32)

32. *Pediastrum duplex* Meyen

(cenóbio plano, com células periféricas bifurcadas e nítidos pequenos espaços intercelulares internos (Rosa & Miranda-Kiesslich, 1988). Estampa I: 33-34)

Classe Conjugatophyceae (=Zygnematophyceae)

Ordem Zygnematales

Família Zygnemataceae

33. *Transeauina* Guiry

(zigósporo circular a lenticular em vista polar, dividido em duas valvas com margens estriadas. Estampa I: 35). Nome atualizado de *Debarya* (De Bary) Wittrock (Masetto & Lorscheitter, 2014)

34. *Mougeotia* C. A. Agardh

(zigósporo quadrangular a subtriangular em vista polar, levigado. Estampa I: 36-37 e Estampa II: 1-2)

35. *Spirogyra* Link

(zigósporo elipsoidal, levigado a reticulado. Estampa II: 3, 4-5)

36. *Zygnema* C. A. Agardh

(zigósporo elipsoidal a esferoidal, levigado, com perfurações. Estampa II: 6)

**Acritarcas**

37. *Pseudoschizaea rubina* Rossignol ex Christopher

(vesícula hialina achatada, circular em vista frontal, com marcas concêntricas em ambos os hemisférios. Estampa II: 7-8)

38. *Cymatiosphaera* O. Wetzel

(vesícula hialina, globosa, pequena, reticulada. Retículo de muros altos. Estampa II: 9-11)

39. *Micrhystridium* Deflandre

(vesícula globosa, pequena, com densas projeções curtas e acuminadas. Estampa II: 12-14)

## BRIÓFITOS

Ordenação taxonômica baseada em Masetto & Lorscheitter (2014), APÊNDICE A

Classe Embryopsida Engler ex Pirani & J. Prado

Subclasse Bryidae

Ordem Sphagnales

Família Sphagnaceae

40. *Sphagnum* L.

(trilete levigado, trilobado no polo distal. Estampa II: 15-16)

Subclasse Marchantiidae

Ordem Anthocerotales

Família Anthocerotaceae

41. *Aspiromitus punctatus* (L.) Schljakov

(trilete, raios bifurcados, levigado no polo proximal e reticulado-equinado no polo distal. Estampa II: 17-18)

42. *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk.

(trilete, raios bifurcados, levigado no polo proximal, levigado a microequinado no polo distal. Estampa II: 19-20 e Estampa III: 1-2)

## PTERIDÓFITOS

Ordenação taxonômica baseada em Masetto & Lorscheitter (2014), APÊNDICE A

Classe Embryopsida Engler ex Pirani & J. Prado

Subclasse Lycopodiidae

Ordem Lycopodiales

Família Lycopodiaceae

43. *Lycopodiella alopecuroides* (L.) Cranfill

(trilete com margo, tuberculado no polo proximal entre os raios, rugulado no polo distal. Estampa III: 3-4)

## Ordem Selaginellales

## Família Selaginellaceae

44. *Selaginella marginata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Spring  
(micrósporo, trilete, baculado. Estampa III: 5-6)

## Ordem Isoetales

## Família Isoetaceae

45. *Isoetes* L.  
(micrósporo, monolete, paraexosporio levigado. Estampa III: 7)

## Subclasse Marattiidae

## Ordem Marattiales

## Família Marattiaceae

46. *Marattia laevis* Sm.  
(monolete equinado. Estampa III: 8-9)

## Subclasse Polypodiidae

## Ordem Osmundales

## Família Osmundaceae

47. *Osmunda* L.  
(trilete com margo, tuberculado. Estampa III: 10 e 11)

## Ordem Cyatheaes

## Família Cyatheaceae

48. Cyatheaceae Kaulf  
(trilete com margo, papilado. Estampa III: 12)

## Ordem Polypodiales

### Família Blechnaceae

49. *Blechnum imperiale* (Fée & Glaz) H. Chr.

(monolete com margo, levigado. Estampa III: 13)

50. Tipo *Blechnum* L.

(monolete com margo, levigado. Tamanho distintamente inferior a *B. imperiale*. Estampa III: 14)

### Família Polypodiaceae

51. Tipo *Polypodium* L. 1

(monolete verrucado. Estampa III: 15)

52. Tipo *Polypodium* L. 2

(monolete granulado. Estampa III: 16)

## Ordem Salviniales

### Família Salviniaceae

53. *Salvinia* Ség.

(micrósporos, triletes, levigados a escabradados, suspensos em matriz vacuolada do epispório – mássula. Estampa III: 17)

54. *Azolla filiculoides* Lam.

(micrósporos, triletes, levigados a escabradados, suspensos em matriz vacuolada do epispório – mássula, com gloquídeos. Estampa III: 18)

55. Monoletes outros

56. Triletes outros

57. Pteridófitos outros

## GIMNOSPERMAS

Ordenação taxonômica baseada em Masetto & Lorscheitter (2016), APÊNDICE B

Classe Embryopsida Engler ex Pirani & J. Prado

Subclasse Pinidae

Ordem Araucariales

Família Araucariaceae

58. *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze

(esférico, inaperturado, escabrado, robusto. Estampa IV: 1-2)

Ordem Podocarpaceae

Família Podocarpaceae

59. *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl.

(oblato, bissacado, com leptoma, escabrado. Estampa IV: 3)

Subclasse Gnetidae

Ordem Ephedrales

Família Ephedraceae

60. *Ephedra tweediana* Fisch. & C.A. Mey.

(oblato, inaperturado, psilado. Finas dobras, paralelas ao eixo equatorial. Estampa IV: 4)

## ANGIOSPERMAS

Ordenação taxonômica parcialmente baseada em Masetto & Lorscheitter (2016),  
 APÊNDICE B

Classe Embryopsida Engler ex Pirani & J. Prado

Subclasse Magnoliidae

Superordem Nymphaeanae

Ordem Nymphaeales

Família Cabombaceae

61. *Cabomba* Aubl.

(oblato, monossulcado, estriado. Estrias paralelas ao eixo equatorial.

Estampa IV: 5-6)

Superordem Lilianae

Ordem Alismatales

Família Alismataceae

62. Alismataceae Vent.

(esférico, pantoporado, microequinado. Estampa IV: 7-8)

Ordem Liliales

63. Tipo Liliaceae Juss.

(oblato, monossulcado, per-reticulado. Estampa IV: 9-11)

Ordem Poales

Família Cyperaceae

64. Cyperaceae Juss.

(prolato, inaperturado ou anaulcerado, escabrado. Estampa IV: 12-13)

## Família Eriocaulaceae

## 65. Eriocaulaceae Martinov

(prolato, espiraperturado, microequinado. Estampa IV: 14-15)

## Família Poaceae

## 66. Poaceae Barnhart

(esférico, anaporado, psilado a escabrado. Estampa IV: 16 e 17-18)

## Família Typhaceae

67. *Typha* L.

(esférico, anaulcerado, per-reticulado-rugulado. Estampa IV: 19-20)

## Ordem Commelinales

## Família Pontederiaceae

68. *Eichhornia* Kunth

(oblato, dissulcado, psilado. Estampa V: 1-2)

## Superordem Proteanae

## Ordem Proteales

## Família Proteaceae

69. *Roupala* Aubl.

(triangular em vista polar, triporado, microrreticulado. Estampa V: 3-4)

## Superordem Myrothamnanae

## Ordem Gunnerales

## Família Gunneraceae

70. Tipo *Gunnera* L.

(subtriangular em vista polar, tricolporado microrreticulado, Estampa V: 5-7)

## Ordem Saxifragales

## Família Haloragaceae

71. *Myriophyllum* L.

(oblato, triporado a tetraporado, psilado a microverrucado.  
Estampa V: 8-9 e 10)

## Superordem Rosanae

## Ordem Malpighiales

## Família Euphorbiaceae

72. *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg.

(esférico, tricolporado operculado, psilado. Estampa V: 11-12)

## Ordem Fabales

## Família Fabaceae

73. *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze

(tétrade tetraédrica. Grãos oblatos, sem abertura evidente, psilados,  
pequenos. Estampa V: 13-15)

74. *Mimosa* L.

(tétrade tetragonal. Grãos oblatos, sem abertura evidente, psilados,  
parede celular espessa, pequenos. Estampa V: 16-17)

75. Tipo *Inga* Mill.

(políade elíptica em vista frontal. Grãos esféricos, sem abertura  
evidente, psilados a verrucados. Estampa V: 18-20)

76. Tipo *Vicia* L.

(prolato, tricolporado, mesocólpio reticulado. Estampa V: 21-22)

## Família Polygalaceae

77. *Polygala* L.

(prolato, estefanocolporado, psilado. Estampa V: 23-24)

## Ordem Rosales

### Família Cannabaceae

#### 78. *Celtis* L.

(circular em vista polar, triporado, psilado a escabrado.  
Estampa V: 25-26)

### Família Urticaceae

#### 79. *Trema micrantha* (L.) Blume

(oblato, biporado, psilado a escabrado, pequeno. Estampa V: 27-28)

#### 80. *Cecropia* Loefl.

(prolato, biporado, escabrado, pequeno. Estampa V: 29)

#### 81. Tipo Urticaceae Juss. 1

(esférico, triporado, escabrado. Estampa V: 30-32)

#### 82. Tipo Urticaceae Juss. 2

(oblato, triporado, psilado, pequeno. Estampa V: 33-34)

## Ordem Cucurbitales

### Família Cucurbitaceae

#### 83. Cucurbitaceae

(esférico, pantoporado, equinado, robusto. Estampa V: 35-36)

## Ordem Fagales

### Família Betulaceae

#### 84. *Alnus* Mill.

(pentagonal em vista polar, estefanoporado, psilado a levemente  
escabrado. Espessamentos em arcos entre os poros. Estampa VI: 1-2)

## Família Nothofagaceae

85. *Nothofagus* Blume

(circular em vista polar, estefanocolpado, colpos curtos, microequinado.

Estampa VI: 3-4)

## Ordem Myrtales

## Família Melastomataceae

## 86. Melastomataceae Juss.

(prolato, tricolporado com três pseudocolpos, psilado, pequeno.

Estampa VI: 5-6)

## Família Myrtaceae

## 87. Myrtaceae Juss.

(triangular em vista polar, tricolporado, parassincolporado em um ou dois polos, psilado a levemente escabrado. Estampa VI: 7-8)

## Família Onagraceae

88. *Ludwigia* L.

(oblato, triporado átrio evidente, verrucado, robusto.

Estampa VI: 9-10)

## Ordem Sapindales

## Família Anacardiaceae

## 89. Anacardiaceae R. Br.

(prolato, tricolporado, per-reticulado-estriado. Estampa VI: 11-13)

## Família Meliaceae

## 90. Meliaceae Juss.

(prolato, tetracolporado, psilado. Estampa VI: 14-15)

## Ordem Malvales

## Família Malvaceae Juss.

## 91. Malvaceae Juss.

(esférico, triporado, equinado. Estampa VI: 16-18)

## Ordem Caryophyllales

## Família Amaranthaceae

92. *Alternanthera* Forssk. 1

(esférico, pantoporado, per-reticulado. Estampa VII: 1-2)

93. *Alternanthera* Forssk. 2

(esférico, pantoporado, per-reticulado. Estampa VII: 3-4)

94. *Gomphrena* L.

(esférico, pantoporado, per-reticulado. Estampa VII: 5-7)

95. Tipo *Amaranthus* L.

(esférico, pantoporado, psilado. Estampa VII: 8-10)

## Família Polygonaceae

96. *Polygonum* L.

(esférico, pantoporado, per-reticulado, robusto. Estampa VII: 11-12)

## Ordem Ericales

## Família Sapotaceae

97. *Chrysophyllum* L.

(prolato, tricolporado, microrreticulado. Estampa VII: 13-15)

## Família Primulaceae

98. *Myrsine* L.(quadrangular em vista polar, tetracolpado, psilado.  
Estampa VII: 16-17)

## Ordem Gentianales

## Família Rubiaceae

99. *Relbunium* (Endl.) Benth. & Hook. f.

(circular em vista polar, pantocolpado, psilado. Estampa VII: 18-19)

100. Tipo *Cephalanthus* L.

(prolato, tricolporado, microrreticulado. Estampa VII: 20-22)

## 101. Rubiaceae Juss.

(esférico, estafanocolporado, per-reticulado, robusto.

Estampa VII: 23-24)

## Ordem Lamiales

## 102. Tipo Bignoniaceae Juss.

(prolato, tricolporado, per-reticulado. Estampa VII: 25-27)

## Família Lamiaceae

## 103. Lamiaceae Martinov

(prolato, estefanocolpado, per-reticulado. Estampa VII: 28-30)

## Família Lentibulariaceae

104. *Utricularia* L.

(circular em vista polar, estefanocolpado, psilado. Estampa VII: 31-32)

## Família Plantaginaceae

105. *Plantago* L.

(esférico, pantoporado, verrucado. Estampa VII: 33-35)

## 106. Tipo Scrophulariaceae Juss.

(prolato, tricolporado, psilado, pequeno. Estampa VII: 36-37)

## Ordem Solanales

## Família Convolvulaceae

107. Tipo *Evolvulus* L.

(esférico, rugado, sincolpado, equinado. Robusto. Estampa VIII: 1-3)

## Ordem Aquifoliales

## Família Aquifoliaceae

108. *Ilex* L.

(subtriangular, tricolporado, baculado. Estampa VIII: 4-6)

## Ordem Asterales

## Família Asteraceae

109. Tipo *Baccharis* L.

(esférico, tricolporado, equinado, pequeno. Estampa VIII: 7-8)

110. *Gnaphalium* L.

(prolato, tricolporado, microequinado. Estampa VIII: 9-10)

111. Tipo *Mutisia* L. f.

(prolato, tricolporado, microequinado. Estampa VIII: 11-13)

112. Tipo *Vernonia* Schreb.

(esférico, pantoporado, per-reticulado, lofado, equinado.  
Estampa VIII: 14-16)

## Ordem Apiales

## Família Apiaceae

113. *Eryngium* L.

(prolato, tricolporado, psilado. Estampa VIII: 17-18)

## Ordem Dipsacales

## Família Caprifoliaceae

114. Tipo *Valeriana* L.

(subtriangular em vista polar, tricolpado, microequinado.  
Estampa VIII: 19)

115. Tricolporados outros

116. Indeterminados

### **PALINOMORFOS OUTROS**

117. Fragmentos de *Cabomba* Aubl.

(fragmentos anelados, suberificados, correspondendo à base de tricomas foliares, de um a alguns anéis lenticulares, concêntricos, com poro central. Estampa VIII: 20)

118. Carapaça de Tecameba

(estrutura aproximadamente circular em vista polar, com uma abertura central. Estampa VIII: 21)

119. Mandíbulas (escolecodontes)

(fragmentos de aparelho bucal de anelídeos, com tamanho e formas variáveis. Estampa VIII: 22)

120. Microforaminíferos

(organismo planispiral, formado por câmaras crescentes do centro para a margem. Geralmente fragmentado. Estampa VIII: 23)

121. Ovo de Platelmino

(estrutura em forma de cúpula, com uma extremidade arredondada e outra truncada e aberta. Estampa IX: 1)

122. Palinomorfo 1

(esférico, inaperturado, reticulado. Estampa IX: 2-3)

123. Palinomorfo 2

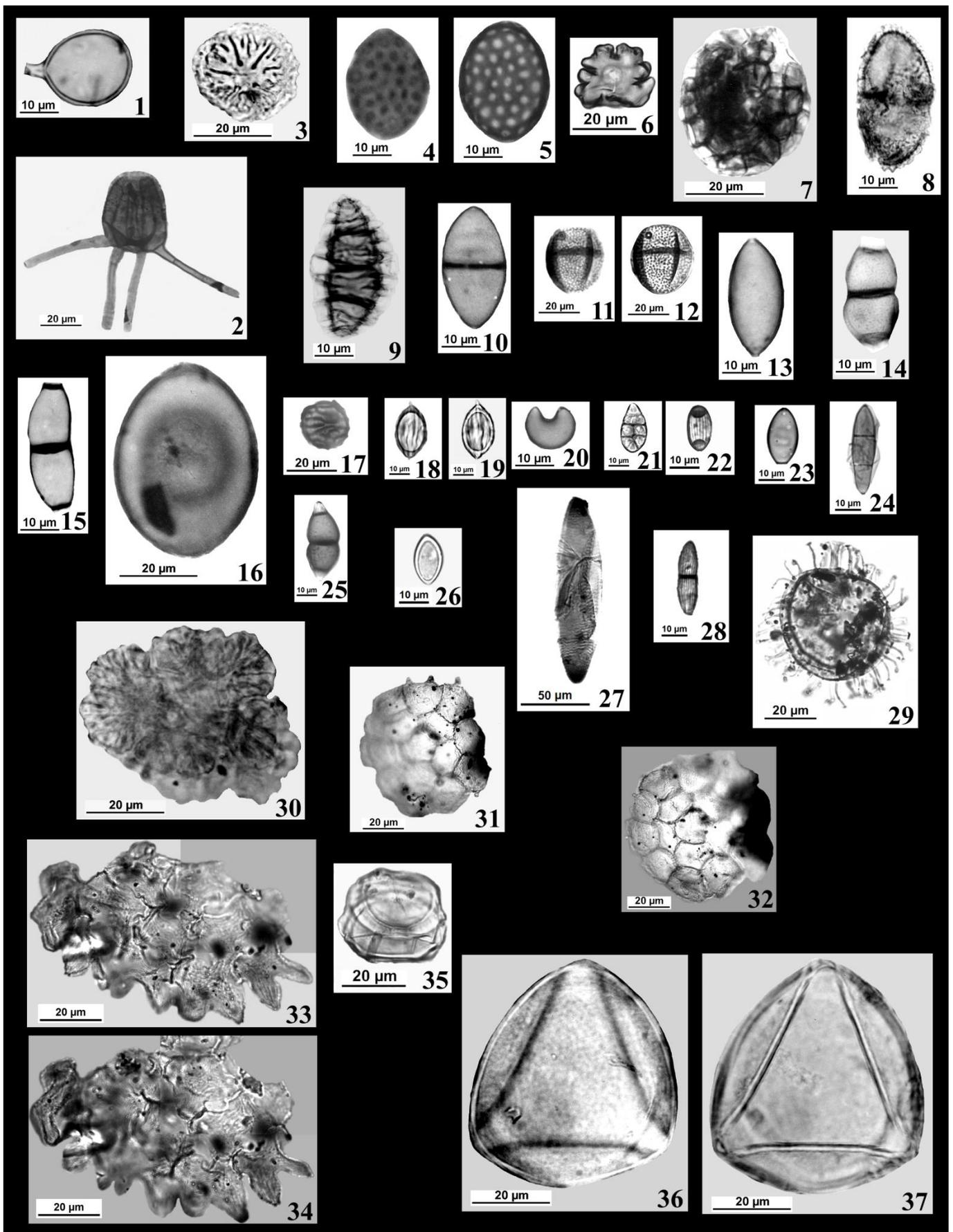
(hialino, elipsoidal, inaperturado, microtuberculado. Estampa IX: 4-5)

124. Palinomorfo 3

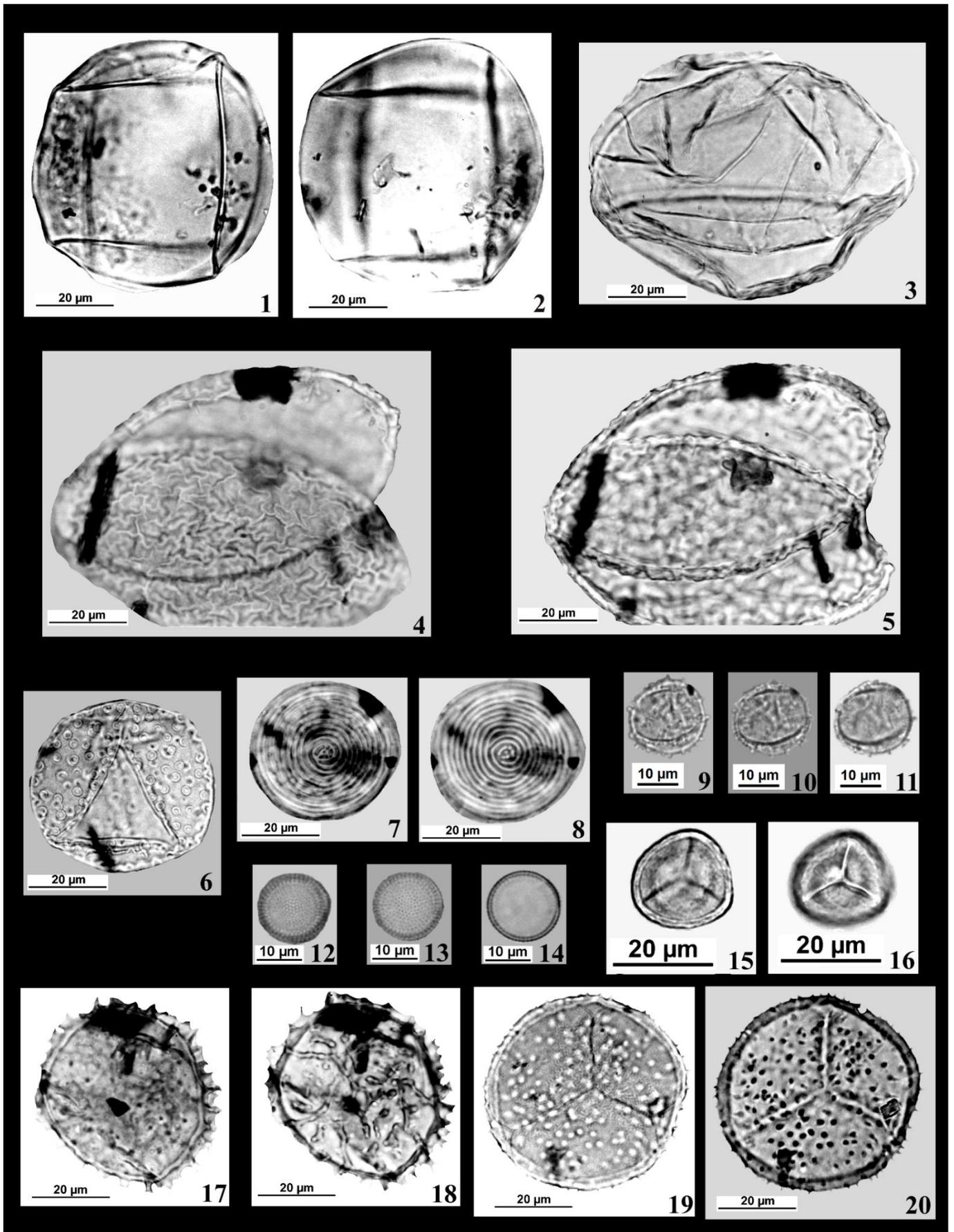
(escuro, esférico, inaperturado, baculado. Estampa IX: 6)

125. Palinomorfo 4

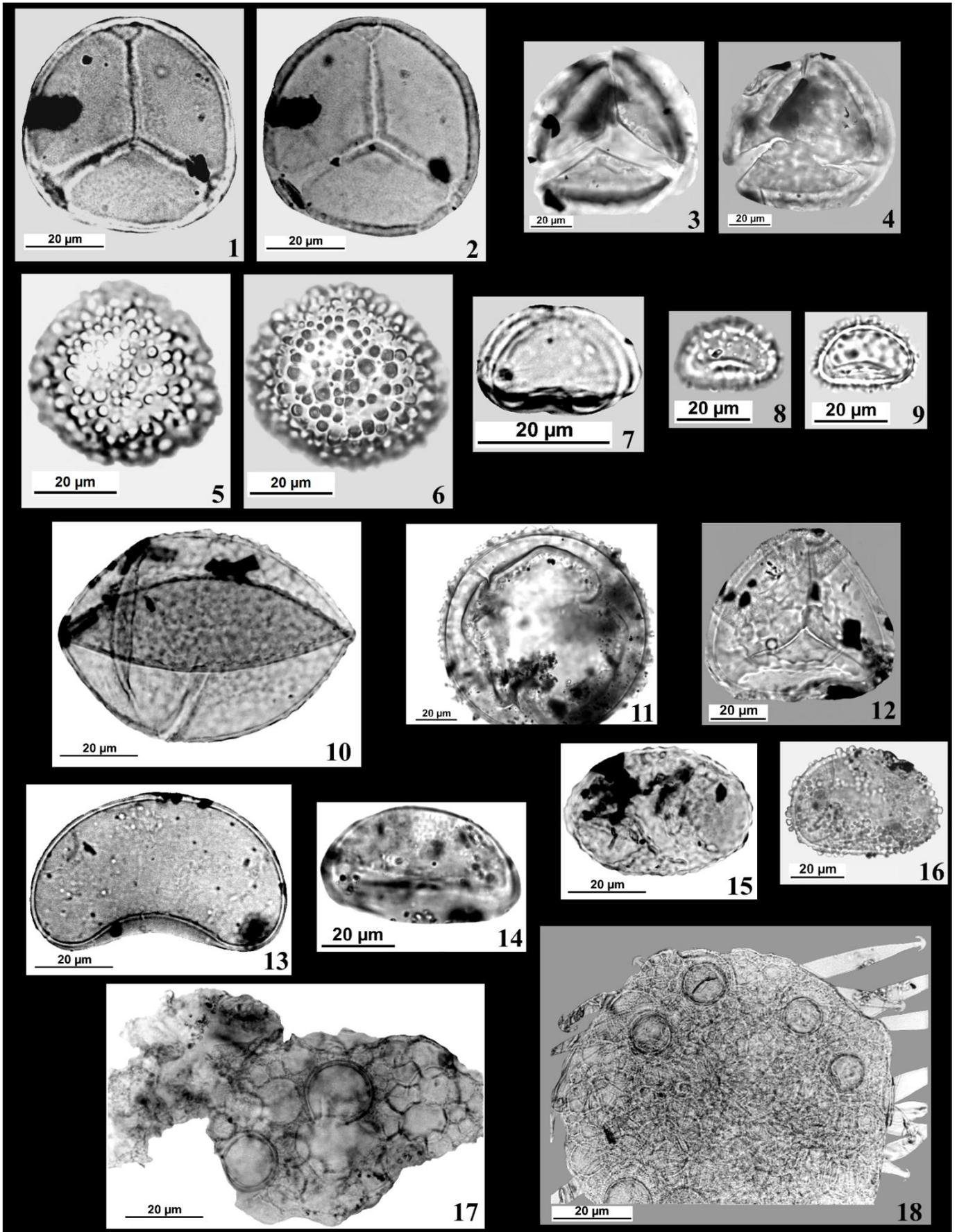
(escuro, pantoporado, psilado. Estampa IX: 7)



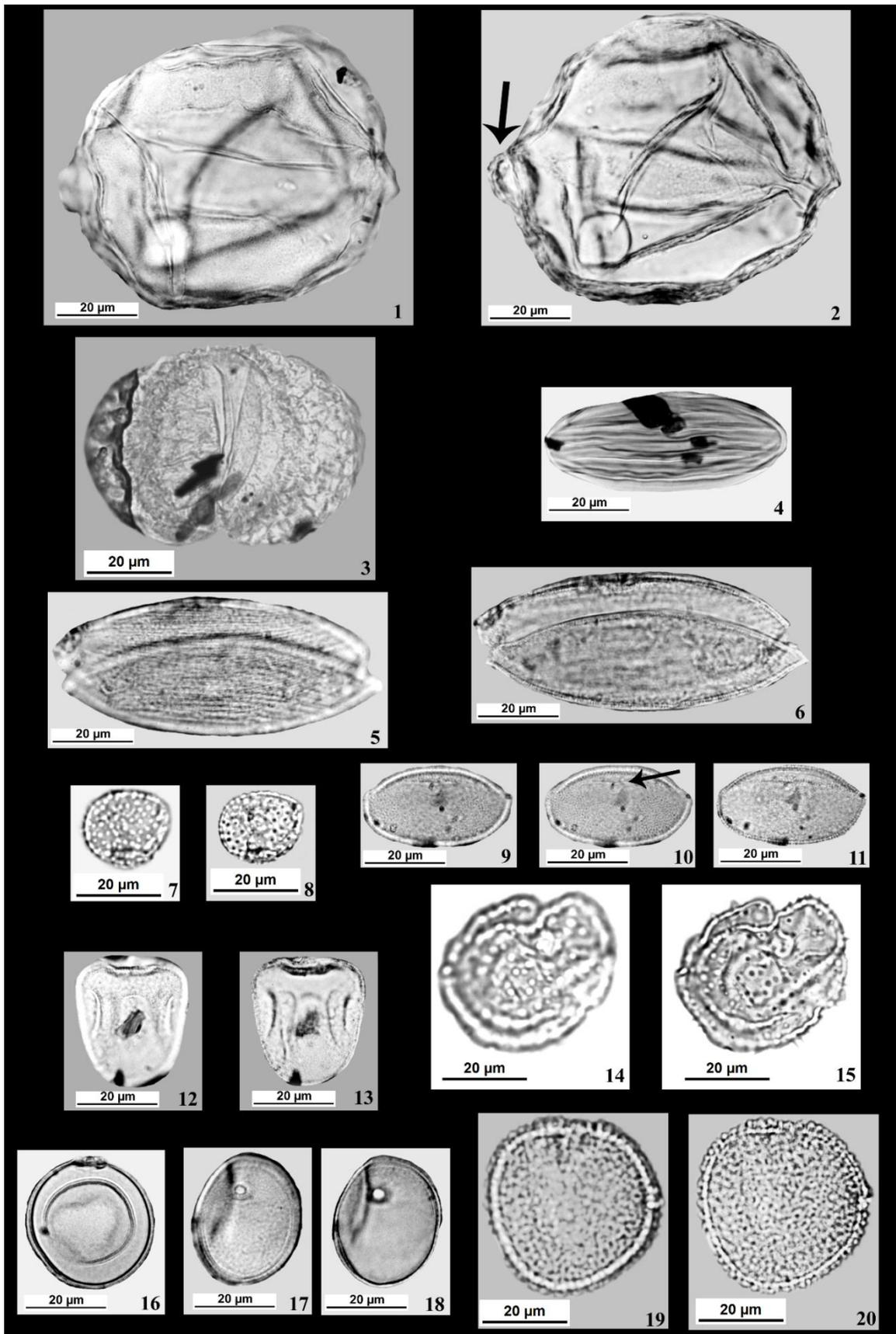
**Estampa I. Figs. 1–28. Fungos.** 1. Tipo *Glomus* Tul. & C. Tul.; 2. *Tetraploa scheuerei* Kaz. Tanaka & K. Hirayama; 3. Microthryiaceae; 4–5. Tipo *Gelasinospora calospora* (Mouton) C. Moreau & M. Moreau: 1°–2° pl; 6. Tipo *Gaeumannomyces* cf. *caricis* J. Walker; 7. Tipo *Athelia* Pers.; 8. Esporo 1; 9. Esporo 2; 10. Esporo 3; 11–12. Esporo 4: 1°–2° pl; 13. Esporo 5; 14. Esporo 6; 15. Esporo 7; 16. Esporo 8; 17. Esporo 9; 18–19. Esporo 10: 1°–2° pl; 20. Esporo 11; 21. Esporo 12; 22. Esporo 13; 23. Esporo 14; 24. Esporo 15; 25. Esporo 16; 26. Esporo 17; 27. Esporo 18; 28. Esporo 19. **Figs. 29–37. Algas.** 29. *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre & Cookson) Wall; 30. *Botryococcus* Kützling; 31–32. *Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini; 33–34. *Pediastrum duplex* Meyen; 35. *Transeauina* Guiry (obl); 36–37. *Mougeotia* C. A. Agardh: 1°–2° pl. (pl = planos; obl = vista oblíqua).



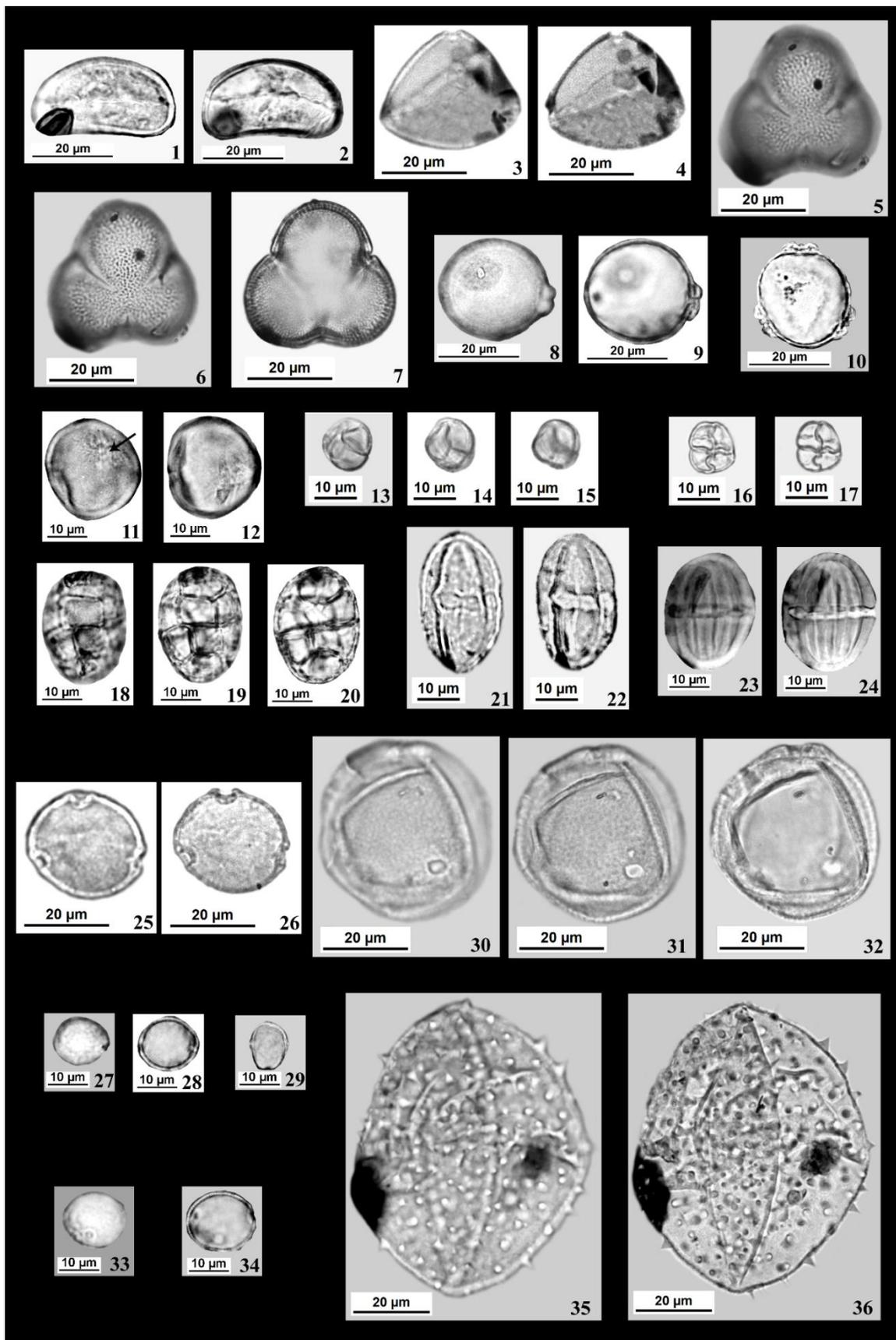
Estampa II. Figs. 1–6. Algas. 1–2. *Mougeotia* C. A. Agardh: 1°–2° pl; 3–5. *Spirogyra* Link (obl): 3. Zigósporo psilado, 4–5. Zigósporo reticulado: 1°–2° pl; 6. *Zygnema* C. A. Agardh. Figs. 7–14. Acritarcas. 7–8. *Pseudoschizaea rubina* Rossignol ex Christopher (P): 1°–2° pl; 9–11. *Cymatiosphaera* O. Wetzel: 1°–3° pl; 12–14. *Micrhystridium* Deflandre emend. Sarjeant: 1°–3° pl. Figs. 15–20. Briófitos. 15–16. *Sphagnum* L. (PP): 1°–2° pl; 17–18. *Aspiromitus punctatus* (L.) Schljakov (PD): 1°–2° pl; 19–20. *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk., equinado (PD): 1°–2° pl (raios vistos por transparência). (pl = planos; P = vista polar; PP polo proximal; PD = polo distal; obl = vista oblíqua).



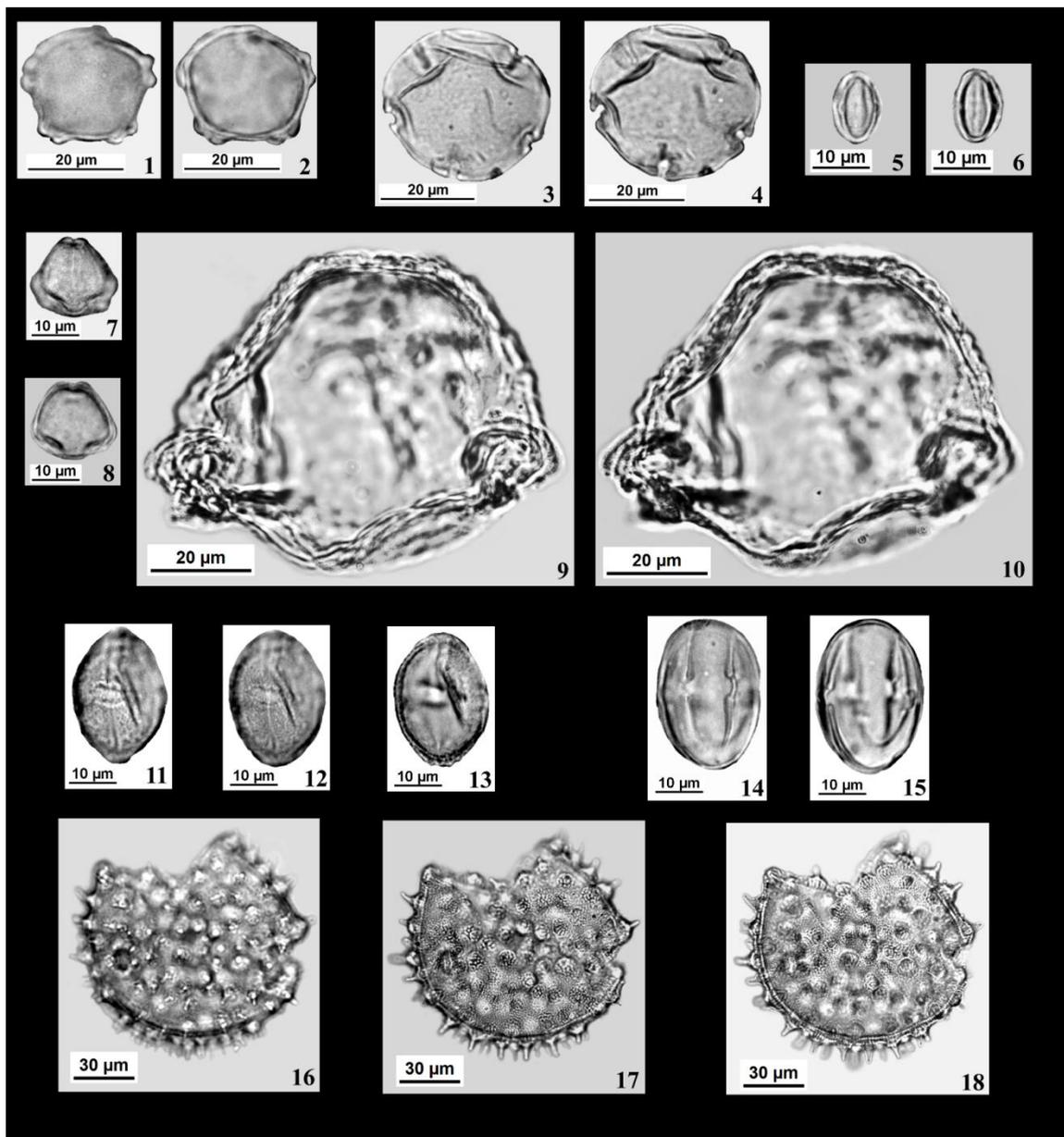
**Estampa III. Figs. 1–2. Briófitos. 1–2. *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk., levigado (PP): 1°–2° pl. Figs. 3–18. Pteridófitos. 3–4. *Lycopodiella alopecuroides* (L.) Cranfill (PP): 1°–2° pl; 5–6. *Selaginella marginata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Spring (PD): 1°–2° pl; 7. *Isoetes* L., micrósporo (EQ), paraexosporio destacado do exosporio; 8–9. *Marattia laevis* Sm. (EQ): 1°–2° pl; 10–11. *Osmunda* L.: 10. (EQ), 11. (PD); 12. Cyatheaceae (PP); 13. *Blechnum imperiale* (Fée & Glaz) H. Chr. (EQ); 14. Tipo *Blechnum* L. (PP); 15. Tipo *Polypodium* L. 1 (PP); 16. Tipo *Polypodium* L. 2 (EQ); 17. *Salvinia* Ség., fragmento de mássula com micrósporos; 18. *Azolla filiculoides* Lam., mássula com micrósporos e gloquídeos. (pl = planos; EQ = vista equatorial; PP = polo proximal; PD = polo distal).**



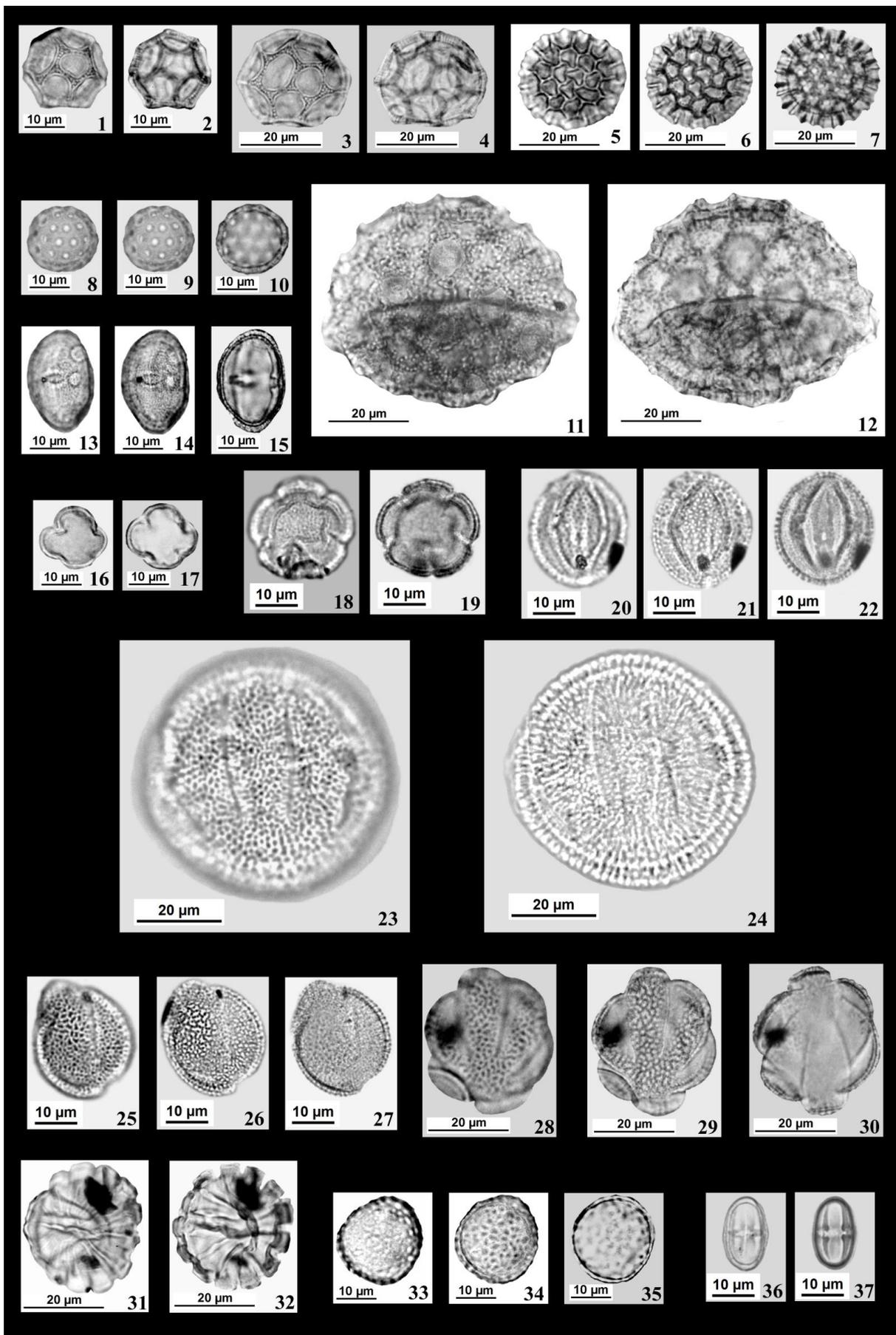
**Estampa IV. Figs. 1–4. Gimnospermas.** 1–2. *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (EQ): 1°–2° pl. (descolamento da exina – seta); 3. *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. (PD); 4. *Ephedra tweediana* Fisch. & C.A. Mey. **Figs. 5–20. Angiospermas.** 5–6. *Cabomba* Aubl.: 1°–2° pl (obl), (grão fraturado); 7–8. Alismataceae Vent.: 1°–2° pl; 9–11. Tipo Liliaceae Juss. (obl): 1°–3° pl (sulco – seta); 12–13. Cyperaceae Juss. (EQ): 1°–2° pl; 14–15. Eriocaulaceae Martinov (P), (fraturado): 1°–2° pl; 16–18. Poaceae Barnhart: 16. (EQ), 17–18. (obl): 1°–2° pl; 19–20. *Typha* L. (EQ): 1°–2° pl. (pl = planos; EQ = vista equatorial; P = vista polar; PD = polo distal; obl = vista oblíqua).



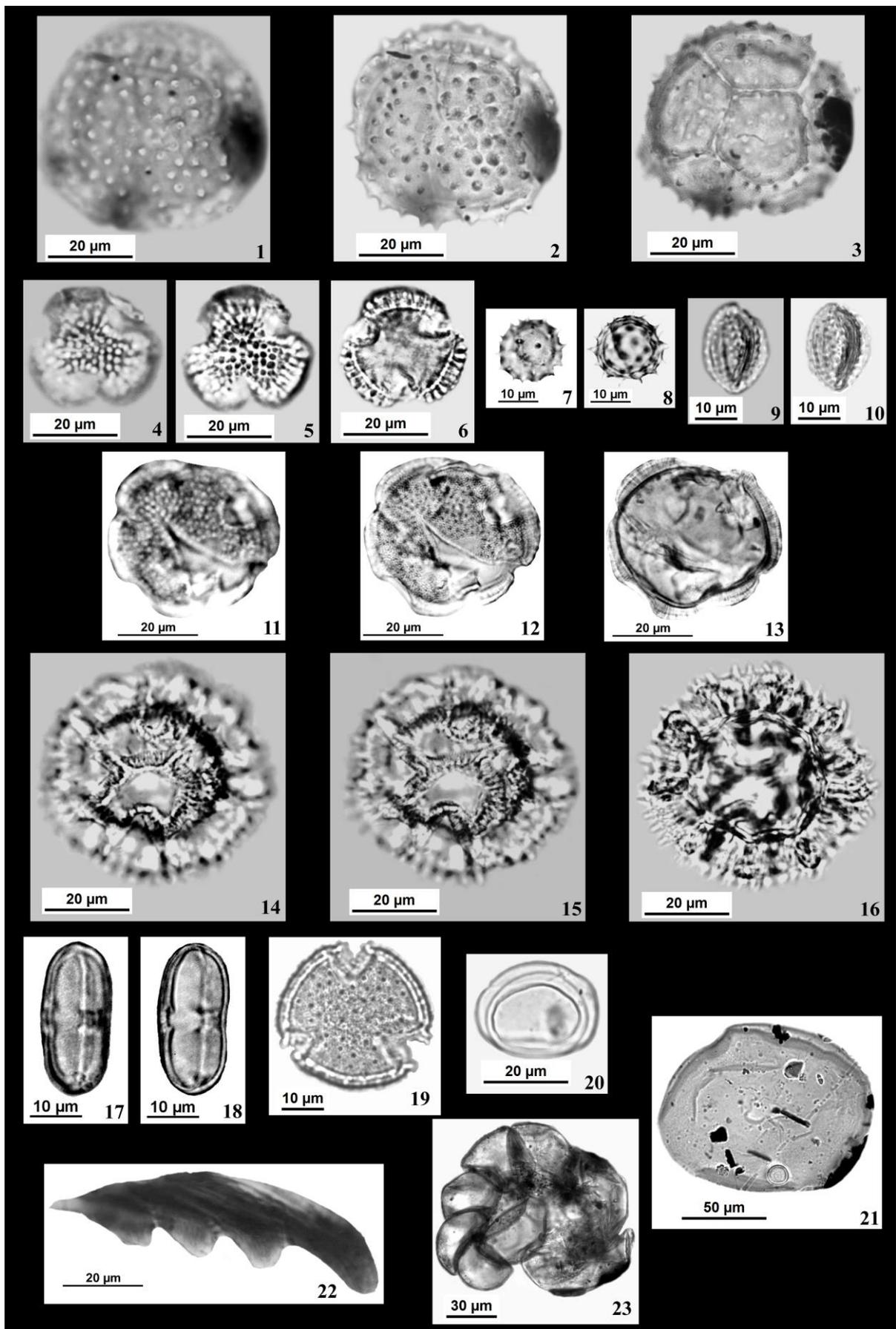
**Estampa V. Figs. 1–36. Angiospermas.** 1–2. *Eicchornia* Kunth (EQ): 1°–2° pl; 3–4. *Roupala* Aubl. (P): 1°–2° pl; 5–7. Tipo *Gunnera* L. (P): 1°–3° pl; 8–10. *Myriophyllum* L. 8–9 (obl): 1°–2° pl, 10. (P); 11–12. *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg. (EQ): 1°–2° pl (opérculo – seta); 13–15. *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze (tétrade tetraédrica): 1°–3° pl; 16–17. *Mimosa* L. (tétrade tetragonal): 1°–2° pl; 18–20. Tipo *Inga* Mill. (políade): 1°–3° pl; 21–22. Tipo *Vicia* L. (EQ): 1°–2° pl; 23–24. *Polygala* L. (EQ): 1°–2° pl; 25–26. *Celtis* L. (P): 1°–2° pl; 27–28. *Trema micrantha* (L.) Blume: 1°–2° pl; 29. *Cecropia* Loefl. (EQ); 30–32. Tipo Urticaceae 1 (obl): 1°–3° pl; 33–34. Tipo Urticaceae 2 (obl): 1°–2° pl; 35–36. Cucurbitaceae: 1°–2° pl.  
(pl = planos; EQ = vista equatorial; P = vista polar; obl = vista oblíqua).



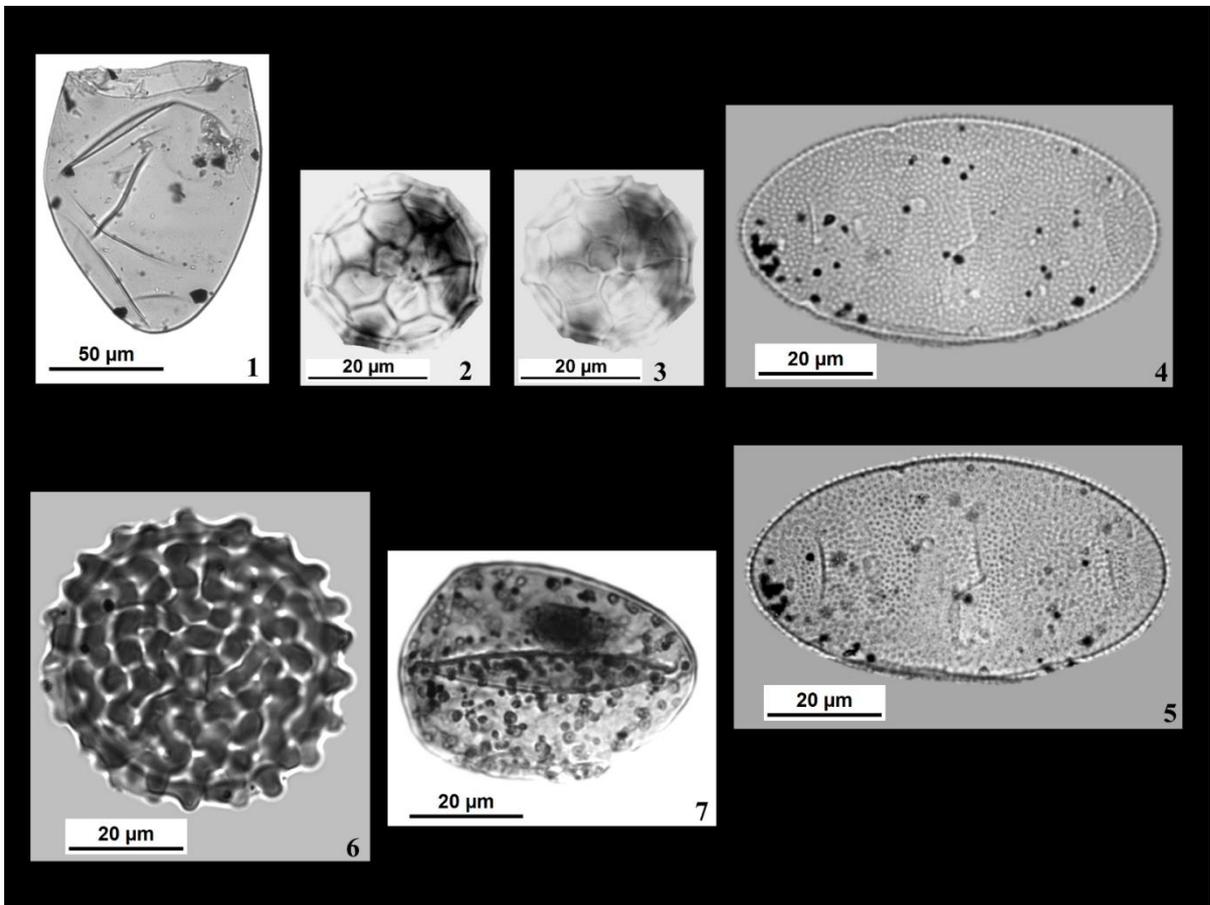
**Estampa VI. Figs. 1–18. Angiospermas.** 1–2. *Alnus* Mill. (P): 1°–2° pl; 3–4. *Nothofagus* Blume (P) 1°–2° pl; 5–6. Melastomataceae Juss. (EQ): 1°–2° pl; 7–8. Myrtaceae Juss. (obl): 1°–2° pl; 9–10. *Ludwigia* L. (EQ): 1°–2° pl; 11–13. Anacardiaceae R. Br. (EQ): 1°–3° pl; 14–15. Meliaceae Juss. (EQ): 1°–2° pl; 16–18. Malvaceae Juss. (grão fraturado): 1°–3° pl.  
(pl = planos; EQ = vista equatorial; P = vista polar; obl = vista oblíqua).



**Estampa VII. Figs. 1–39. Angiospermas.** 1–2. *Alternanthera* Forssk. 1: 1°–2° pl; 3–4. *Alternanthera* Forssk. 2: 1°–2° pl; 5–7. *Gomphrena* L.: 1°–3° pl; 8–10. Tipo *Amaranthus* L.: 1°–3° pl; 11–12. *Polygonum* L. (grão dobrado): 1°–2° pl; 13–15. *Chrysophyllum* L. (EQ): 1°–3° pl; 16–17. *Myrsine* L. (P): 1°–2° pl; 18–19. *Relbunium* (Endl.) Benth. & Hook. f. (P): 1°–2° pl; 20–22. Tipo *Cephalanthus* L. (EQ): 1°–3° pl; 23–24. *Rubiaceae* (EQ): 1°–2° pl; 25–27. Tipo *Bignoniaceae* (obl): 1°–3° pl; 28–30. *Lamiaceae* (obl): 1°–3° pl; 31–32. *Utricularia* L. (P): 1°–2° pl; 33–35. *Plantago* L.: 1°–3° pl; 36–37. Tipo *Scrophulariaceae* (EQ): 1°–2° pl. (pl = planos; EQ = vista equatorial; P = vista polar; obl = vista oblíqua).



**Estampa VIII. Figs. 1–19. Angiospermas.** 1–3. Tipo *Evolvulus* L.: 1°–3° pl; 4–6. *Ilex* L. (P): 1°–3° pl; 7–8. Tipo *Baccharis* L. (EQ): 1°–2° pl; 9–10. *Gnaphalium* L. (EQ): 1°–2° pl; 11–13. Tipo *Mutisia* L. f. (obl): 1°–3° pl; 14–16. Tipo *Vernonia* Schreb. (P): 1°–3° pl; 17–18. *Eryngium* L. (EQ): 1°–2° pl; 19. Tipo *Valeriana* L. (P). **Figs. 20–23. Palinomorfos outros.** 20. Fragmentos de tricomas foliares epidérmicos de *Cabomba* Aubl.; 21. Carapaça de Tecameba; 22. Mandíbula; 23. Microforaminífero. (pl = planos; EQ = vista equatorial; P = vista polar; obl = vista oblíqua).



**Estampa IX. Figs. 1–7. Palinomorfos outros.** 1. Ovo de Platelmino; 2–3. Palinomorfo 1: 1°–2° pl; 4–5. Palinomorfo 2: 1°–2° pl; 6. Palinomorfo 3; 7. Palinomorfo 4. (pl = planos).

**Tabela 1.** Separação dos palinórfos contados visando reconstituições paleoambientais, Hermenegildo, sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (RS), sul do Brasil.

Grupos	Táxons
<b>Marinhos</b>	<i>Cymatiosphaera</i> O. Wetzel, <i>Micrhystridium</i> Deflandre emend. Sarjeant, Microforamníferos, <i>Operculodinium centrocarpum</i> (Deflandre & Cookson), Dinoflagelados outros
<b>Pântano herbáceo (local)</b>	<i>Aspiromitus punctatus</i> (L.) Schljakov, <i>Blechnum imperiale</i> (Fée & Glaz) H. Chr., Cyperaceae Juss., Eriocaulaceae Martinov, <i>Ludwigia</i> L., <i>Lycopodiella alopecuroides</i> (L.) Cranfill, <i>Osmunda</i> L., <i>Phaeoceros laevis</i> (L.) Prosk., <i>Polygala</i> L., <i>Selaginella marginata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Spring, <i>Sphagnum</i> L., Tipo <i>Blechnum</i> L., <i>Typha</i> L.
<b>Aquáticos (local)</b>	Alismataceae Vent., Fragmentos de <i>Cabomba</i> Aubl., <i>Azolla filiculoides</i> Lam., <i>Cabomba</i> Aubl., <i>Eichhornia</i> Kunth, <i>Isoetes</i> L., <i>Myriophyllum</i> L., <i>Salvinia</i> Ség., <i>Utricularia</i> L. <b>Algas:</b> <i>Botryococcus</i> Kützing, <i>Mougeotia</i> C. Agardh, <i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini, <i>Pediastrum duplex</i> Meyen, <i>Pseudoschizaea rubina</i> Rossignol ex Christopher, <i>Spirogyra</i> Link, <i>Transeauina</i> Guiry, Tipo <i>Zygnema</i> C. Agardh
<b>Campo (regional)</b>	<i>Alternanthera</i> Forssk. 1, <i>Alternanthera</i> Forssk. 2, Cucurbitaceae Juss., <i>Ephedra tweediana</i> Fisch. & C.A. Mey., <i>Gnaphalium</i> L., <i>Gomphrena</i> L., <i>Plantago</i> L., Poaceae Barnhart, <i>Polygonum</i> L., Tipo <i>Amaranthus</i> L., Tipo <i>Baccharis</i> L., Tipo <i>Evolvulus</i> L., Tipo <i>Gunnera</i> L., Tipo <i>Mutisia</i> L. f., Tipo Scrophulariaceae Juss., Tipo <i>Vicia</i> L., <i>Vernonia</i> Schreb.
<b>Mata (regional)</b>	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg., Anacardiaceae R. Br., <i>Cecropia</i> Loefl., <i>Celtis</i> L., <i>Chrysophyllum</i> L., Cyatheaceae Kaulf, <i>Ilex</i> L., <i>Marattia laevis</i> Sm., Meliaceae Juss., <i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze, <i>Myrsine</i> L., Myrtaceae Juss., <i>Roupala</i> Aubl., Tipo Bignoniaceae Juss., Tipo <i>Inga</i> Mill., Tipo <i>Polypodium</i> L. 1, Tipo <i>Polypodium</i> L. 2, Tipo Urticaceae Juss. 1, Tipo Urticaceae Juss. 2, <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume
<b>Ambiente indeterminado (regional)</b>	<i>Eryngium</i> L., Lamiaceae Martinov, Malvaceae Juss., Melastomataceae Juss., <i>Mimosa</i> L., <i>Relbunium</i> (Endl.) Benth. & Hook. f., Rubiaceae Juss., Tipo <i>Cephalanthus</i> L., Tipo Liliaceae Juss., Tipo <i>Valeriana</i> L., Indeterminados, Monoletes outros, Pteridófitos outros, Tricolpados outros, Tricolporados outros, Triletes outros
<b>Fungos</b>	<i>Glomus</i> Tul. & C. Tul., Microthyriaceae Sacc., <i>Tetraploa scheueri</i> Kaz. Tanaka & K. Hirayama, Tipo <i>Athelia</i> Pers., Tipo <i>Gaeumannomyces</i> cf. <i>caricis</i> J. Walker, Tipo <i>Gelasinospora calospora</i> (Mouton) C. Moreau & M. Moreau, Esporo 1, Esporo 2, Esporo 3, Esporo 4, Esporo 5, Esporo 6, Esporo 7, Esporo 8, Esporo 9, Esporo 10, Esporo 11, Esporo 12, Esporo 13, Esporo 14, Esporo 15, Esporo 16, Esporo 17, Esporo 18, Esporo 19, Esporos outros, Hifas
<b>Palinórfos outros</b>	Carapaça de Tecameba, Mandíbulas, Ovo de Platelmino, Palinomorfo 1, Palinomorfo 2, Palinomorfo 3, Palinomorfo 4
<b>Estranhos à flora regional</b>	<i>Alnus</i> Mill., <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze, <i>Nothofagus</i> Blume, <i>Podocarpus lambertii</i> Klotzsch ex Endl.

**Tabela 2.** Datações radiométricas ( $^{14}\text{C}$ , AMS) do perfil sedimentar de Hermenegildo, Rio Grande do Sul (RS), (Beta Analytic Inc.).

<b>Profundidade da amostra (cm)</b>	<b>Idades convencionais (<math>^{14}\text{C}</math> anos AP, AMS)</b>	<b>Idades calibradas (Cal AP)</b>	<b>Número de registro Beta Analytic Inc.</b>
2,5	1760±50	1820 a 1550	194785
20,5*	1790±30	1725 a 1585	442335
55,5	2310±30	2345 a 2300 e 2240 a 2180	442336
90,5	2590±60	2780 a 2700 e 2650 a 2490	189288
120,5	5470±30	6290 a 6190	442337

\* Para esta amostra a datação foi baseada em sementes inteiras (*Plant material*) presentes na amostra.

## 2. Descrição dos diagramas

### ZONA I (140-105 cm, 7500–4000 anos AP, 6 amostras)

Sedimento argiloso homogêneo, plástico, cinza-esverdeado, tornando-se argilo-arenoso, friável e mais claro junto ao final da zona.

Indicadores de algas de água doce são os principais componentes do intervalo ( $\Sigma$  64-100%), destacando-se *Botryococcus* (0-69%), *Spirogyra* (8-50%) e *Pediastrum boryanum* (3-50%), os dois últimos com maior frequência no centro do intervalo, além de outros com porcentagens mais baixas, como Tipo *Zygnema*, *Mougeotia* e *Pediastrum duplex* (Fig. 3). Fragmentos de *Cabomba* ( $\Sigma$  0-60%) são também mais frequentes no centro da zona. Com exceção desses fragmentos, os demais indicadores aquáticos, relacionados a plantas vasculares, têm porcentagens muito baixas ao longo de toda a zona ( $\Sigma$  0-1,3%). Estão representados por *Azolla filiculoides* (0-0,8%), *Isoetes* e *Salvinia* (ambos entre 0-0,7%), (Fig. 3). Os diagramas de taxa de acumulação evidenciam grande escassez de algas e dos demais componentes aquáticos (Fig. 4).

Elementos de pântano herbáceo têm porcentagens com índices bem mais baixos no intervalo ( $\Sigma$  0-34%), quando comparados aos dos aquáticos como um todo, aumentando ao final do intervalo. Cyperaceae é o principal componente (0-32%), incluindo também *Typha*, *Blechnum imperiale* e *Osmunda* (todos com menos de 2%), além do Tipo *Blechnum* e *Selaginella marginata*, com frequências mais baixas. No diagrama composto (aquáticos x pântano herbáceo), os elementos aquáticos dominam a zona (66-100%), tendo o pântano herbáceo frequências muito inferiores (0-34%), (Fig. 3). Os diagramas de taxa de acumulação evidenciam grande escassez de indicadores de pântano herbáceo (Fig. 4).

Palinomorfos marinhos destacam-se no intervalo em porcentagem ( $\Sigma$  1-33%), diminuindo acentuadamente ao final da zona. Incluem microforaminíferos (0-33%), *Micrhystridium* (0-23%) e *Operculodinium centrocarpum* (0-1%), (Fig. 3). Ao contrário dos diagramas de porcentagem, os de taxa de acumulação evidenciam grande escassez de indicadores marinhos, com um leve destaque apenas na porção superior da zona (Fig. 4).

Indicadores de campo ( $\Sigma$  0-74%) mostram porcentagens elevadas no início da zona, com grande queda no centro, e nova elevação na sua metade superior. As Poaceae são os componentes principais (0-40%), acompanhadas por Tipo *Amaranthus* (0-39%), Tipo *Baccharis* (0-17%), *Ephedra tweediana* (4%) e outros táxons como Tipo *Gunnera*, *Plantago* e

*Gomphrena* e Tipo Scrophulariaceae, com frequências inferiores (Fig. 3). Ao contrário dos diagramas de porcentagem, os de taxa de acumulação evidenciam índices inexpressivos dos componentes de campo (Fig. 4).

Componentes de mata se apresentam com porcentagens baixas ao longo do intervalo ( $\Sigma$  0-11%). Os principais indicadores são as Anacardiaceae (0-6%), *Alchornea triplinervia* (0-6%) e Tipo Urticaceae 2 (0-5%), seguidos de Myrtaceae, *Ilex* e *Trema micrantha* (todos com 2%), além de *Celtis* e Tipo *Polypodium* 1, com frequências inferiores (Fig. 3). A taxa de acumulação dos componentes de mata é inexpressiva ao longo da zona (Fig. 4).

Entre o grupo relacionado a ambiente indeterminado incluem-se indicadores com porcentagens muito variáveis ao longo do intervalo (Fig. 3).

As porcentagens dos indicadores de fungos destacam-se na zona ( $\Sigma$  14-50%), (Fig. 3). Como ocorre com os demais táxons, a taxa de acumulação desse grupo é inexpressiva ao longo da zona (Fig. 4).

Acompanhando a grande escassez da taxa de acumulação dos diversos indicadores ao longo da zona, a taxa de acumulação total também é inexpressiva. Essa escassez torna imperceptível a visualização do registro dos palinomorfos em quase todos os diagramas do intervalo (Fig. 4). Um reduzido número de táxons também é observado nesta zona (Fig. 3).

## **ZONA II** (105-35 cm, 4000–2000 anos AP, 14 amostras)

Sedimento argilo-arenoso no início do intervalo, claro, tornando-se amarronzado até a profundidade de 90 cm. A partir daí, sedimento argiloso orgânico e homogêneo, plástico a um tanto friável, alternando de preto a marron escuro, com pequenos fragmentos vegetais dispersos, até o final da zona.

O total de indicadores de algas de água doce ( $\Sigma$  0,5-71%) tem porcentagens muito altas no início da zona, diminuindo acentuadamente ao longo do intervalo, uma tendência já observada desde a metade superior da Zona I. *Botryococcus* (0-67%) é o principal componente, com destaque na metade inferior da zona, seguido de táxons com distribuição mais uniforme, como *Spirogyra* e Tipo *Zygnema* (ambos entre 0-10%) e *Mougeotia* (0-8%), além de outros com frequências inferiores, relacionados a *Pediastrum boryanum*, *Pseudoschizaea rubina* e *Transeauina* (Fig. 3). Ao contrário da Zona I, a Zona II apresenta uma elevada taxa de acumulação no somatório de algas, com redução acentuada ao seu final (Fig. 4). Fragmentos de *Cabomba* ( $\Sigma$  0,3-85%) têm porcentagens muito altas já no início do intervalo em comparação à Zona I, diminuindo consideravelmente em direção ao seu final,

sendo os principais componentes aquáticos. Com exceção de fragmentos de *Cabomba*, os demais indicadores de plantas vasculares aquáticas têm porcentagens claramente bem mais elevadas e são mais numerosos que na zona anterior, porém diminuem acentuadamente ao final do intervalo. Seus principais indicadores são *Myriophyllum* (0-26%), *Salvinia* (0,1-21%), *Cabomba* (pólen), *Eichhornia* e Alismataceae (todos entre 0-4%), além de *Azolla filiculoides*, *Isoetes* e *Utricularia*, com frequências inferiores (Fig. 3). Corroborando os diagramas de porcentagem, os de taxa de acumulação mostram índices muito elevados no somatório desses táxons vasculares, quando comparados aos da Zona I, com grande diminuição ao final da zona. Fragmentos e pólen de *Cabomba*, *Myriophyllum* e *Salvinia* são os principais componentes (Fig. 4). A taxa de acumulação de todos os componentes aquáticos começa a aumentar pouco acima do início do intervalo (Fig. 4).

Indicadores de pântano herbáceo ( $\Sigma$  23-99%) têm porcentagens relativamente baixas no início da zona, aumentando acentuadamente em direção ao final do intervalo. Cyperaceae (23-94%) é o componente principal, com frequências muito superiores aos demais táxons de pântano herbáceo. Destacam-se também *Typha* (0-11%), *Blechnum imperiale* (0-1,6%), *Phaeoceros laevis* (0-1,4%) e *Osmunda* (0-1,3%), com outros muito escassos, como Tipo *Blechnum* e *Selaginella marginata*. E novos, também escassos, como *Lycopodiella alopecuroides*, *Ludwigia*, *Polygala*, *Aspiromitus punctatus*, *Eriocaulaceae* e *Sphagnum*. O diagrama composto (aquáticos x pântano herbáceo) evidencia que a frequência dos elementos aquáticos diminui acentuadamente ao longo do intervalo ( $\Sigma$  1-77%) ao contrário dos indicadores de pântano herbáceo ( $\Sigma$  23-99%), (Fig. 3). A taxa de acumulação dos elementos de pântano herbáceo, que começa a aumentar pouco depois do início do intervalo, mostra destacado aumento em comparação à Zona I, mantendo-se assim até o seu final (Fig. 4).

Palinomorfos marinhos ( $\Sigma$  0,2-5%) têm acentuada diminuição das porcentagens na comparação com a Zona I. *Micrhystridium* (0-5%), Microforaminíferos (0-1%) e dinoflagelados outros (0-0,3%) são os principais componentes, seguidos de raros cistos de *Operculodinium centrocarpum* (Fig. 3). Ao contrário das porcentagens, o somatório da taxa de acumulação dos indicadores marinhos tem índices elevados ao longo do intervalo, quando comparados aos da Zona I, com grande redução no final da zona (Fig. 4).

Indicadores de campo mostram porcentagens muito elevadas no intervalo ( $\Sigma$  48-90%), e com maior número de táxons que na Zona I. As Poaceae são os componentes principais (30-74%) seguidas do Tipo *Baccharis* (4-17%), Tipo *Amaranthus* (0,4-8%), *Alternanthera* 1 (0,2-6%) e *Plantago* (0,7-6%). Entre os indicadores com frequências muito baixas estão *Gomphrena*, *Ephedra tweediana*, Tipo Scrophulariaceae, além de novas ocorrências, também

escassas na sequência, como *Polygonum*, *Alternanthera* 2, Tipo *Mutisia*, *Gnaphalium*, Cucurbitaceae e *Vernonia* (Fig. 3). O somatório da taxa de acumulação dos táxons de campo começa a aumentar pouco depois do início do intervalo, sendo destacadamente superior ao da Zona I. Diminui muito ao final da zona. Os principais componentes são Poaceae e Tipo *Baccharis* (Fig. 4).

Componentes de mata têm porcentagens mais elevadas ( $\Sigma$  4-22%) e um maior número de táxons na comparação com a Zona I, sendo mais abundantes ao final do intervalo. As Myrtaceae (0-13%) são o principal componente, seguidas do Tipo Urticaceae 2 (1,3-8%) e Anacardiaceae (0-3%). Em frequências escassas estão *Alchornea triplinervia*, *Celtis*, Tipo *Polypodium* 1, além de novas e raras ocorrências, como *Trema micrantha*, *Mimosa bimucronata*, Tipo *Inga*, *Myrsine*, *Chrysophyllum*, Tipo Urticaceae 1, Meliaceae, *Marattia laevis*, Cyatheaceae, *Cecropia* e Tipo Bignoniaceae (Fig. 3). O somatório da taxa de acumulação dos indicadores de mata começa a aumentar pouco depois do início do intervalo, sendo destacadamente superior ao da Zona I, reduzindo-se muito ao seu final. As Myrtaceae são o principal componente (Fig. 4).

Elementos relacionados a táxons de ambiente indeterminado ocorrem em maior número que na Zona I, tendo porcentagens variáveis ao longo do intervalo (Fig. 3).

Indicadores de fungos ( $\Sigma$  38-92%) atingem porcentagens bem mais elevadas que na Zona I, aumentando muito em direção do final do intervalo (Fig. 3). Também a taxa de acumulação de fungos é acentuadamente maior que na Zona I, com frequência mais elevada na metade superior da zona (Fig. 4).

A taxa de acumulação total é inicialmente baixa, aumentando muito logo a seguir, em contraste com a escassez na Zona I. Os índices se elevam até a metade superior da zona, diminuindo em direção ao final do intervalo (Fig. 4).

### **ZONA III** (35-2,5cm, 2000–1760 anos AP, 6 amostras)

Sedimento argiloso orgânico e homogêneo, plástico a um tanto friável, escuro, com pequenos fragmentos vegetais dispersos.

Indicadores de algas têm porcentagens muito baixas no intervalo, quando comparadas às das demais zonas ( $\Sigma$  0,3-16%), reduzindo-se muito no topo do perfil. *Botryococcus* (0-13%) é o principal componente, seguido de *Spirogyra* e *Pseudoschizaea rubina* (ambas entre 0-2%), além do Tipo *Zygnema* e *Mougeotia*, com frequências inferiores (Fig. 3). O somatório da taxa de acumulação mostra também uma grande escassez desses táxons ao longo do

intervalo, com aumento considerável na sua porção superior e queda muito acentuada no topo do perfil (Fig. 4). As porcentagens dos indicadores aquáticos de plantas vasculares ( $\Sigma$  0,1-3,5%) têm queda brusca quando comparadas às da Zona II, mantendo frequências muito baixas no intervalo. *Isoetes* (0-3%) é o principal componente, seguido de *Salvinia* (0-1%), *Myriophyllum* e *Azolla filiculoides* (ambos entre 0-0,6%) e de indicadores muito escassos, como *Utricularia* e Alismataceae (Fig. 3). Assim como em algas, o somatório da taxa de acumulação desses elementos aquáticos evidencia grande escassez na metade inferior do intervalo, com aumento considerável na porção superior e queda muito acentuada no topo, sendo *Salvinia* e *Myriophyllum* os elementos principais (Fig. 4).

Componentes de pântano herbáceo têm expressivas porcentagens na zona ( $\Sigma$  80-100%), superando os demais intervalos da sequência. As Cyperaceae são o principal componente (45-85%), seguidas por *Osmunda* (0-19%), *Phaeoceros laevis* (0,4-17%) e *Blechnum imperiale* (0,8-12%), e por indicadores com escassas frequências, como *Typha*, Tipo *Blechnum*, *Selaginella marginata*, *Lycopodiella alopecuroides*, *Polygala*, *Aspiromitus punctatus*, Eriocaulaceae e *Sphagnum* (Fig. 3). O somatório da taxa de acumulação é baixo no início da zona, elevando-se muito na porção superior, onde atinge os maiores índices do perfil, diminuindo um pouco no topo. Os principais componentes são Cyperaceae e *Typha*, que também estão bem destacados na metade superior da zona (Fig. 4).

Indicadores marinhos apresentam as mais baixas porcentagens do perfil ao longo da zona, sendo muito escassos ( $\Sigma$  0-0,8%), representados apenas por microforaminíferos (0-0,8%) e *Micrhystridium* (0-0,4%), (Fig. 3). O somatório da taxa de acumulação desses indicadores é baixo na porção inferior da zona, tendo um pico pontual na parte superior, voltando a cair no topo do perfil (Fig. 4).

Indicadores de campo continuam com altas porcentagens ( $\Sigma$  55-93%), como na zona anterior. São mais baixas no início da zona, aumentando ao longo do intervalo e atingindo o topo da sequência com os maiores índices do perfil. As Poaceae (35-75%) são o principal componente, seguidas por Tipo *Baccharis* (8-29%), *Gomphrena* (0,4-16%) e Tipo *Amaranthus* (0,6-4%), além de indicadores com frequências menores, como Tipo *Gunnera*, *Plantago*, *Ephedra tweediana*, Tipo Scrophulariaceae, *Polygonum*, *Alternanthera* 1, Tipo *Mutisia*, *Gnaphalium*, e de dois novos integrantes, Tipo *Evolvulus* e Tipo *Vicia* (Fig. 3). O somatório da taxa de acumulação de elementos de campo é baixo no início da zona, aumentando consideravelmente até o topo do perfil, sendo Poaceae e Tipo *Baccharis* os principais componentes (Fig. 4).

Indicadores de mata ( $\Sigma$  1,4-14%) mostram porcentagens mais altas na porção inferior da zona, diminuindo acentuadamente depois, mantendo-se com níveis baixos até o topo do perfil. Apresentam elementos de vários táxons, em número levemente inferior à Zona II. Tipo *Inga* (0-7%) é o principal componente, seguido do Tipo *Myrsine* (0-3%), Tipo *Urticaceae* 2 (0-2%), *Celtis* e *Myrtaceae* (ambos entre 0-1%), além de outros com frequências inferiores, como *Anacardiaceae*, *Alchornea triplinervia*, *Trema micrantha*, *Mimosa bimucronata*, *Cyatheaceae*, *Cecropia*, Tipo *Polypodium* 1, Tipo *Polypodium* 2 e *Roupala* (Fig. 3). Ao contrário das porcentagens, a taxa de acumulação de componentes de mata é maior na porção superior da zona, com redução acentuada no topo do perfil (Fig. 4). As *Myrtaceae* são os componentes principais, com destaque no final da sequência (Fig. 4).

Os táxons relacionados a ambiente indeterminado ocorrem em número aproximado ao da Zona II, tendo porcentagens variáveis ao longo do intervalo (Fig. 3).

Indicadores de fungos ( $\Sigma$  69-96%) mantêm-se com porcentagens altas, como na zona II, diminuindo levemente próximo ao topo do perfil (Fig. 3). Sua taxa de acumulação é baixa na porção inferior da zona, elevando-se na superior, onde atinge os índices máximos de todo o perfil (Fig. 4).

A taxa de acumulação total eleva-se muito na porção superior da zona, atingindo os mais altos índices do perfil.

## DISCUSSÃO

### Análise de paleoambientes

#### 7500–4000 anos AP (Zona I)

Os resultados obtidos para esta fase do Holoceno, entre 7500–4000 anos AP, apontam um corpo d'água no local de estudo, habitado por algas de água doce (*Botryococcus*, *Spirogyra*, *Pediastrum boryanum*, *P. duplex*, Tipo *Zygnema*, *Mougeotia*) e plantas vasculares (*Cabomba*, *Azolla filiculoides*, *Isoetes*, *Salvinia*, Fig. 3). A influência da fase de mar transgressivo, tornando a água salobra, é evidenciada por indicadores de origem marinha (microforaminíferos, *Micrhystridium* e *Operculodinium centrocarpum*, Figs. 3, 4). Muito provavelmente a formação deste corpo d'água esteja relacionada ao aumento da precipitação e do nível do lençol freático durante a ingressão do mar (Lima et al., 2013), que também deve ter influenciado os terrenos circunvizinhos.

A taxa de acumulação de elementos de água doce mostra índices muito baixos, não perceptíveis nos respectivos diagramas (Fig. 4), provavelmente resultado da escassez da vegetação devido à salinidade da água e dificuldade de preservação dos grãos num ambiente de deposição de alta energia durante a transgressão, formando sedimentos com maior teor de areia, em especial junto ao topo do intervalo (Zona I). A mesma dificuldade de preservação deve ter ocorrido com palinomorfos de origem marinha.

Os terrenos marginais ao corpo d'água, mais elevados, parecem ter sido moderadamente ocupados por um pântano herbáceo, composto principalmente por Cyperaceae, com pouca influência de outros táxons (*Typha*, *Blechnum imperiale*, *Osmunda*, Tipo *Blechnum* e *Selaginella marginata*, Fig. 3). Apesar de também apresentarem taxa de acumulação muito baixa, tudo indica terem se desenvolvido melhor que os aquáticos (diagrama composto, Fig. 3).

Os dados apontam que os campos secos arenosos tenham sido os elementos principais da paisagem regional nesta fase (espectro polínico com destaque para componentes como Poaceae, Tipo *Amaranthus*, Tipo *Baccharis*, *Ephedra tweediana*, *Plantago* e *Gomphrena*, Fig. 3). Capões dispersos provavelmente continham também plantas pioneiras de florestas e outras espécies arbóreas (Anacardiaceae, *Alchornea triplinervia*, Tipo Urticaceae 2, Myrtaceae, *Ilex*, *Trema micrantha*, *Celtis* e Tipo *Polypodium*, Fig. 3). A grande escassez na taxa de acumulação de componentes da flora regional deve ter tido as mesmas causas dos demais, isto

é, a influência negativa da salinidade do mar transgressivo sobre a vegetação, neste caso restringindo sua área de ocorrência a zonas mais elevadas e interiorizadas da linha de costa, e a dificuldade de preservação dos grãos nos sedimentos (Fig. 5). Entre os elementos arbóreos, a escassez polínica deve estar associada também às condições climáticas regionais desta latitude, que não favorecem o desenvolvimento florestal.

O máximo transgressivo sobre a Planície Costeira foi evidenciado entre 6000–5000 anos AP (final da Zona I), correspondendo a um leve aumento da taxa de acumulação de elementos marinhos nos diagramas (Fig. 4), o que coincide com idades aproximadas para o mesmo evento, descritas em trabalhos geológicos para o sudeste e sul do Brasil (Suguio et al., 1985; Villwock et al., 1986; Villwock & Tomazelli, 1995; 2007; Angulo et al., 2006; Suguio, 2010). Estudos palinológicos de reconstituição paleoambiental, realizados em latitudes mais inferiores na Planície Costeira, também mostram cronologia com idades aproximadas às aqui detectadas para o máximo transgressivo, corroborando os resultados obtidos (Cordeiro & Lorscheitter, 1994; Lorscheitter & Dillenburg, 1998; Neves, 1998; Lorscheitter, 2003; Macedo et al., 2007; Roth, 2014). A posição do perfil sedimentar estudado, 145 cm acima do nível do mar atual, corrobora informações que indicam uma elevação marinha de 2 a 4 metros na região durante o máximo transgressivo (Tomazelli et al., 2000; Dillenburg et al., 2004; Lima et al., 2013).

#### **4000–2000 anos AP (Zona II)**

A fase entre 4000–2000 anos AP é marcada pelas mais altas taxas de acumulação de palinomorfos marinhos do perfil sedimentar (Fig. 4), dentro de uma fase de mar francamente regressivo do Holoceno sobre a Planície Costeira (Villwock et al., 1986, Villwock & Tomazelli, 1995; Corrêa, 1996; Lorscheitter, 2003). Essa discrepância pode ser explicada pela posição geográfica do corpo d'água estudado, atualmente junto à praia, devendo ter sido assim um dos últimos locais sob influência marinha durante o processo de mar regressivo. Dados acerca da geologia da região sul indicam que o nível relativo do mar parece ter sofrido processos lentos de estabilizações e rebaixamentos nos últimos 5000 anos, corroborando essas interpretações (Godolphim, 1985; Dillenburg et al., 2004; 2017; Lima et al., 2013). Sedimentos argilosos orgânicos, que dominam este intervalo do perfil, podem também ter contribuído para uma maior taxa de acumulação dos indicadores marinhos (Fig. 4). Nos diagramas de porcentagem a relativa redução desses indicadores, quando comparados à fase transgressiva, deve-se, ao que tudo indica, à influência paralela da vegetação aquática como um todo (Fig. 3).

No início da fase, entre 4000–3000 anos AP, a elevação da temperatura e pluviosidade, esta possivelmente em consequência de fenômenos como os do tipo El Niño repetidos (Martin et al., 1993; Prado et al., 2013), deve ter permitido melhores condições para o desenvolvimento da vegetação aquática, num ambiente de menor salinidade (Fig. 5). Isto é evidenciado pelo aumento das frequências dos palinomorfos de águas continentais no corpo d'água [*Botryococcus*, Tipo *Zygnema*, *Cabomba* (fragmentos e pólen), *Myriophyllum* e *Salvinia*, Figs. 3, 4], apesar do teor de areia fina ainda persistir nos sedimentos argilosos nesse início da Zona II.

Em consequência do desenvolvimento da vegetação aquática, por volta de 2600 anos AP dados apontam o começo de um processo de colmatção no corpo d'água local, acumulando sedimentos argilosos orgânicos, num ambiente de baixa energia (Fig. 5). O processo de colmatção, paralelo a essa fase de mar regressivo, deve ter alterado inicialmente as porções mais rasas marginais, gerando pântanos herbáceos, ainda salinizados, que foram se formando de modo centrípeto, até o preenchimento total do corpo d'água, há cerca de 2000 anos AP, encerrando a fase aquática (redução das frequências de indicadores aquáticos continentais até o desaparecimento de *Cabomba*, e grande queda nas frequências de *Botryococcus*, *Spirogyra*, *Pseudoschizaea rubina*, Tipo *Zygnema*, *Mougeotia*, *Salvinia*, *Myriophyllum* e *Azolla filiculoides*; aumento das frequências de pântano herbáceo, como *Cyperaceae* e *Typha*, com surgimento de novos indicadores como *Lycopodiella alopecuroides*, *Ludwigia*, *Polygala*, *Aspiromitus punctatus*, *Eriocaulaceae* e *Sphagnum*, Figs. 3, 4). Esta sucessão vegetal também é evidente no diagrama composto, onde há acentuado declínio de componentes aquáticos continentais em relação aos de pântano herbáceo durante toda a Zona II (Fig. 3).

O aumento de temperatura e umidade também deve ter favorecido o desenvolvimento da vegetação regional nesta fase entre 4000–2000 anos AP, com acréscimos nas taxas de acumulação e no número de novos táxons, além da acentuada elevação nas frequências de esporos de fungos (Figs. 3, 4). A paisagem regional continua dominada por campos (*Poaceae*, Tipo *Baccharis*, Tipo *Amaranthus*, *Alternanthera* 1 e *Plantago*, com ocorrências novas, como *Polygonum*, *Alternanthera* 2, Tipo *Mutisia*, *Gnaphalium*, *Cucurbitaceae* e *Vernonia*, Figs. 3, 4). A vegetação arbórea parece ter se beneficiado também da elevação da temperatura e umidade, expandindo capões (maiores frequências de *Myrtaceae*, Tipo *Urticaceae* 2 e *Anacardiaceae*, e surgimento dos novos táxons, como *Trema micrantha*, *Mimosa bimucronata*, Tipo *Inga*, *Myrsine*, *Chrysophyllum*, Tipo *Urticaceae* 1, *Meliaceae*, *Marattia laevis*, *Cyatheaceae*, *Cecropia* e Tipo *Bignoniaceae*, Figs. 3, 4). Esta influência florestal fica

mais acentuada há aproximadamente 2000 anos AP, tanto nos diagramas de porcentagem quanto nos de taxa de acumulação polínica (Figs. 3, 4).

Os sedimentos argilosos orgânicos, que dominam este intervalo, certamente permitiram a melhor preservação dos palinomorfos em geral, contribuindo também para o aumento de suas taxas de acumulação em relação à fase anterior (Fig. 4).

### **2000–1760 anos AP (Zona III)**

Os resultados sugerem que, há cerca de 2000 anos AP, final do processo de colmatação do corpo d'água, o mar regressivo retira-se da área de estudo, como também registrado para outros terrenos da Planície Costeira (Villwock & Tomazelli, 1998, García-Rodríguez et al., 2010). Assim, uma drástica redução dos indicadores marinhos no perfil sedimentar fica evidente para esta idade (*Operculodinium centrocarpum* e outros cistos de dinoflagelados desaparecem e ocorre redução drástica de microforaminíferos e *Micrhystridium*, Figs. 3, 4).

A taxa de acumulação de elementos de água doce, muito baixa na maior parte do intervalo, registra um pico entre 1790 e 1760 anos AP, provavelmente associado a episódios de grande aporte de água, com alagamentos no pântano herbáceo. Também para este intervalo, igual padrão é observado nos componentes marinhos, cujo pico pontual na taxa de acumulação poderia indicar uma nova recente ingressão do mar (Fig. 4). Nos trabalhos de palinologia de perfis sedimentares em outras latitudes da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, somente o da Lagoa de Tramandaí (Lorscheitter & Dillenburg, 1998; Lorscheitter, 2003) registrou um aumento nos indicadores marinhos para esta mesma fase, há cerca de 1800 anos AP. Segundo esses autores, o aumento poderia estar relacionado a um evento transgressivo.

Contrariamente à interpretação inicial defendida por Tomazelli & Villwock (1989), de que o nível relativo do mar na Planície Costeira do Rio Grande do Sul teria sido inferior ao atual há cerca de 2000 anos AP e poderia estar passando por uma tendência contemporânea de elevação, estudos posteriores defendem que não há evidências de subida do nível do mar após 5000 anos AP e tampouco de que níveis inferiores aos atuais teriam sido atingidos. Ao contrário, teria ocorrido uma queda lenta e contínua (2 a 4 metros) a partir de 5000 anos AP, inclusive nos últimos 2000 anos AP (Angulo et al., 1999; Dillenburg et al., 2004). A mesma tendência é assinalada para outras regiões da costa do Brasil (Martin & Suguio, 1992; Angulo et al., 1999; 2006) e do Uruguai (García-Rodríguez et al., 2010; Prieto et al., 2017). Portanto, o acentuado aumento na taxa de acumulação de elementos marinhos entre 1790–1760, aqui registrado, pode estar relacionado a elevações ocasionais do nível do mar, como as marés de

tempestade, que podem provocar elevação da altura da água do mar acima da maré prevista, carreando elementos de origem marinha para terrenos adjacentes à linha de costa e, potencialmente, intensificando processos locais de rebaixamento da praia, gerados pelo baixo aporte de sedimentos e pela condição erosiva da costa na região (Calliari et al., 1998; Dillenburg et al., 2004; Lima et al., 2013). Também não se descarta a existência de paleocanais, mesmo que temporários, que conectariam o corpo d'água com o mar, como registrado para outros locais da costa (Barboza et al., 2005).

Com terrenos úmidos e gradualmente dessalinizados, o pântano herbáceo desenvolve-se muito após 2000 anos AP (principalmente Cyperaceae, *Osmunda*, *Phaeoceros laevis* e *Blechnum imperiale*), com amplo domínio sobre os componentes aquáticos (diagrama composto, Fig. 3). Parece atingir seu pleno desenvolvimento entre 1790 e 1760 anos AP (máximos índices do perfil no somatório das taxas de acumulação de pântano herbáceo, Fig. 4).

Regionalmente a paisagem campestre segue dominante nesta fase, com maior desenvolvimento entre 1790 e 1760 anos AP (Poaceae, Tipo *Baccharis*, *Gomphrena* e Tipo *Amaranthus* como componentes principais, Figs. 3, 4). Ao contrário, a influência florestal diminui logo após 2000 anos AP (Tipo *Inga*, Tipo *Myrsine*, Tipo Urticaceae 2, *Celtis* e Myrtaceae), com nova expansão e declínio, como em fungos, entre 1790–1760 anos AP (Figs. 3, 4). Portanto, o desenvolvimento maior da vegetação local (pântano herbáceo) e regional (em especial campo), após 2000 anos AP, parece indicar maior pluviosidade na região, possivelmente em decorrência de novos eventos do tipo El Niño (Woodroffe et al., 2003; Gyllencreutz et al., 2010). Os sedimentos argilosos orgânicos, que também prevalecem após 2000 anos AP, permitiram a boa preservação dos palinomorfos em geral.

Há cerca de 1760 anos AP, o pântano herbáceo passa a ser recoberto por um pacote sedimentar arenoso, resultante da invasão de depósitos eólicos na região sul da Planície Costeira (Lima et al., 2013), interrompendo assim a sucessão vegetal no local estudado (Fig.5). Mesmo que as areias não tivessem soterrado esse pacote sedimentar, tudo indica que o processo de sucessão vegetal no corpo d'água não continuaria até a formação de uma mata tropical, ao contrário do registrado nas sequências palinológicas estudadas na porção norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Neves & Lorscheitter, 1995b; Roth, 2014), que culminaram em matas tropicais paludosas na atualidade. Isso certamente deve-se ao local de estudo, situado em uma maior latitude que as do norte da Planície Costeira, com temperatura e umidade inferiores, e à sua grande proximidade com a linha de costa, fatores limitantes na formação da mata pluvial tropical (Hueck, 1972; Lorscheitter, 2003).

## CONCLUSÕES

Análises palinológicas do perfil sedimentar de um afloramento argiloso (*relict muds*) em Hermenegildo, Santa Vitória do Palmar, permitiram reconstituir os paleoambientes para os últimos 7500 anos no extremo sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, sul do Brasil, num estudo pioneiro para a região. Os 117 táxons encontrados no perfil forneceram indicadores de distintos ambientes, tanto locais (aquáticos, pântano herbáceo) e regionais (campo, mata), quanto de ambiente com influência marinha, que permitiram reconstituir a sucessão vegetal e inferir a dinâmica da vegetação para os últimos milênios. A localização do afloramento, junto à linha de costa atual, permitiu também detectar oscilações do nível do mar sobre o terreno e sua influência na vegetação. A análise litológica dos sedimentos e as cinco datações radiométricas obtidas foram essenciais para as interpretações das fases identificadas.

Entre 7500–4000 anos AP (Holoceno Médio), fase de transgressão marinha holocênica, evidências apontam um corpo d'água no local de estudo, habitado por algas de água doce e plantas vasculares, e um pântano herbáceo se desenvolvendo nas zonas marginais. A invasão marinha no local confere salinidade ao corpo d'água, especialmente entre 6000–5000 anos AP. A vegetação regional, dominada por campos secos e capões de mata dispersos, também é afetada pela salinidade, restringindo-se a áreas mais elevadas e protegidas. A escassez generalizada de palinórfos nesta fase parece estar relacionada ao sedimento com maior teor de areia, depositado pela ingressão marinha, à salinidade local e ao maior distanciamento da vegetação regional.

Após o máximo transgressivo, entre 4000–2000 anos AP (Holoceno Tardio), o mar começa a regredir de forma gradativa, desde as porções mais interiorizadas da Planície Costeira. Os efeitos diretos desta regressão certamente não são sentidos nesta fase no local de estudo devido à sua posição geográfica junto à linha de costa. Não obstante, é evidente um processo de dessalinização gradativa, como resultado de uma provável elevação da pluviosidade já no início desta fase. O consequente aumento do número de táxons, com grande expansão da vegetação aquática, intensifica o acúmulo de matéria orgânica no corpo d'água, propiciando melhores condições de preservação do material polínico em geral, e também dando início ao processo de colmatação gradativa. Em consequência, a sucessão vegetal começa o desenvolvimento do pântano herbáceo, que se expande de modo centrípeto a partir das áreas mais rasas marginais do corpo d'água local, culminando no seu total preenchimento, e encerrando a fase aquática, com o solo ainda um tanto salinizado, há cerca de 2000 anos AP. O término da regressão marinha retira o mar do local em torno desta data,

permitindo a dessalinização gradual do pântano herbáceo já formado. O clima quente e úmido também parece favorecer o desenvolvimento da vegetação regional entre 4000–2000 anos AP, agora com um maior número de táxons, tanto arbóreos quanto herbáceos. Apesar dos indícios de uma expansão dos capões de mata, principalmente há aproximadamente 2000 anos AP, o campo continua predominante na paisagem regional.

Entre 2000–1760 anos AP, já com a regressão do mar concluída e pântano herbáceo bem desenvolvido, escassos registros marinhos ocorrem no local de estudo, provavelmente por salinização residual do solo devido à proximidade com a nova linha de costa. A vegetação aquática de água doce desenvolve-se mais para o final desta fase, compatível com aumento de pluviosidade. O registro de um destacado aumento pontual de elementos marinhos nesta fase provavelmente se deve ao rebaixamento de nível do terreno, com remoção natural de sedimentos praias. Após retração no início desta fase, a vegetação regional desenvolve-se entre 2000–1760 anos AP, indicando melhoria das condições ambientais. O domínio do campo sobre a mata acentua-se ainda mais.

Com exceção do campo, a vegetação local e regional torna-se menos expressiva há cerca de 1760 anos AP. Em seguida, dunas arenosas recobrem o pacote sedimentar em estudo, interrompendo a sucessão vegetal. Tudo indica que, mesmo sem esse recobrimento, a sequência estudada não levaria à formação de mata tropical, como no norte da Planície Costeira do Estado, devido à maior latitude. A grande proximidade com a linha de costa poderia ser outro fator limitante à formação de mata no local de estudo.

A presente pesquisa integra o conjunto de trabalhos sobre palinologia de perfis sedimentares da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Ao analisar sequencialmente uma hidrossere que culmina num pântano herbáceo, soterrado por dunas arenosas, evidencia a dinâmica da vegetação ao longo dos últimos milênios, condicionada pela influência das oscilações eustáticas e das mudanças climáticas regionais. Os resultados inéditos obtidos podem ser, em grande parte, estendidos aos vários pacotes sedimentares semelhantes (*relict muds*) espalhados pela Planície Costeira sul do Estado. Sugere-se o estudo de outros desses pacotes sedimentares, mais interiorizados, para ampliar o entendimento dos fatores históricos responsáveis por sua formação.

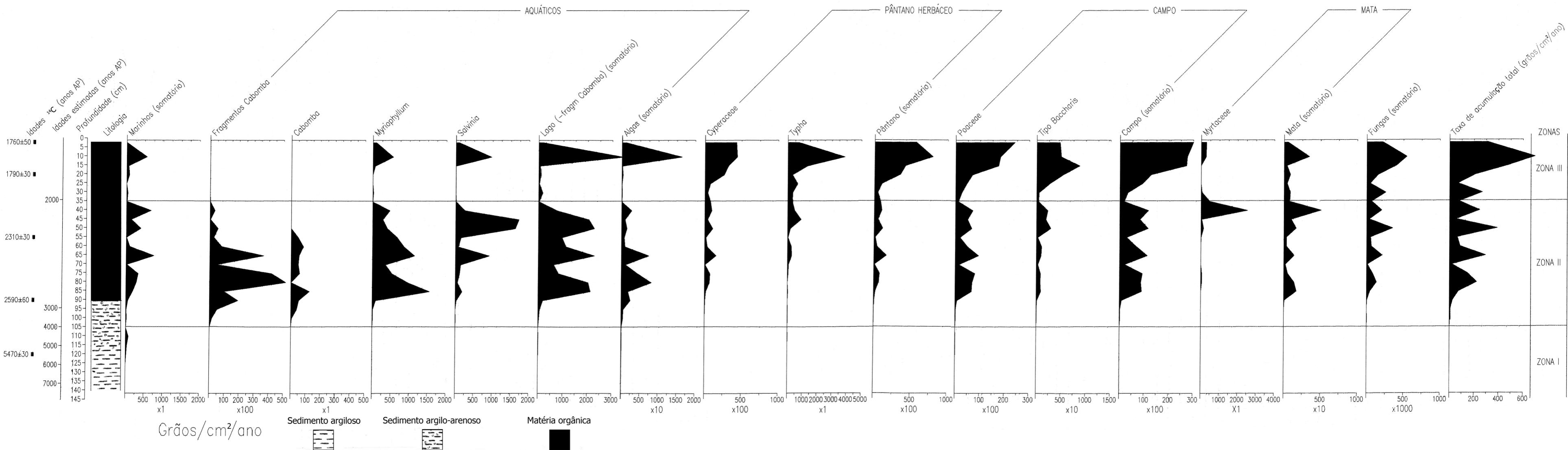
DIAGRAMAS DE PORCENTAGEM



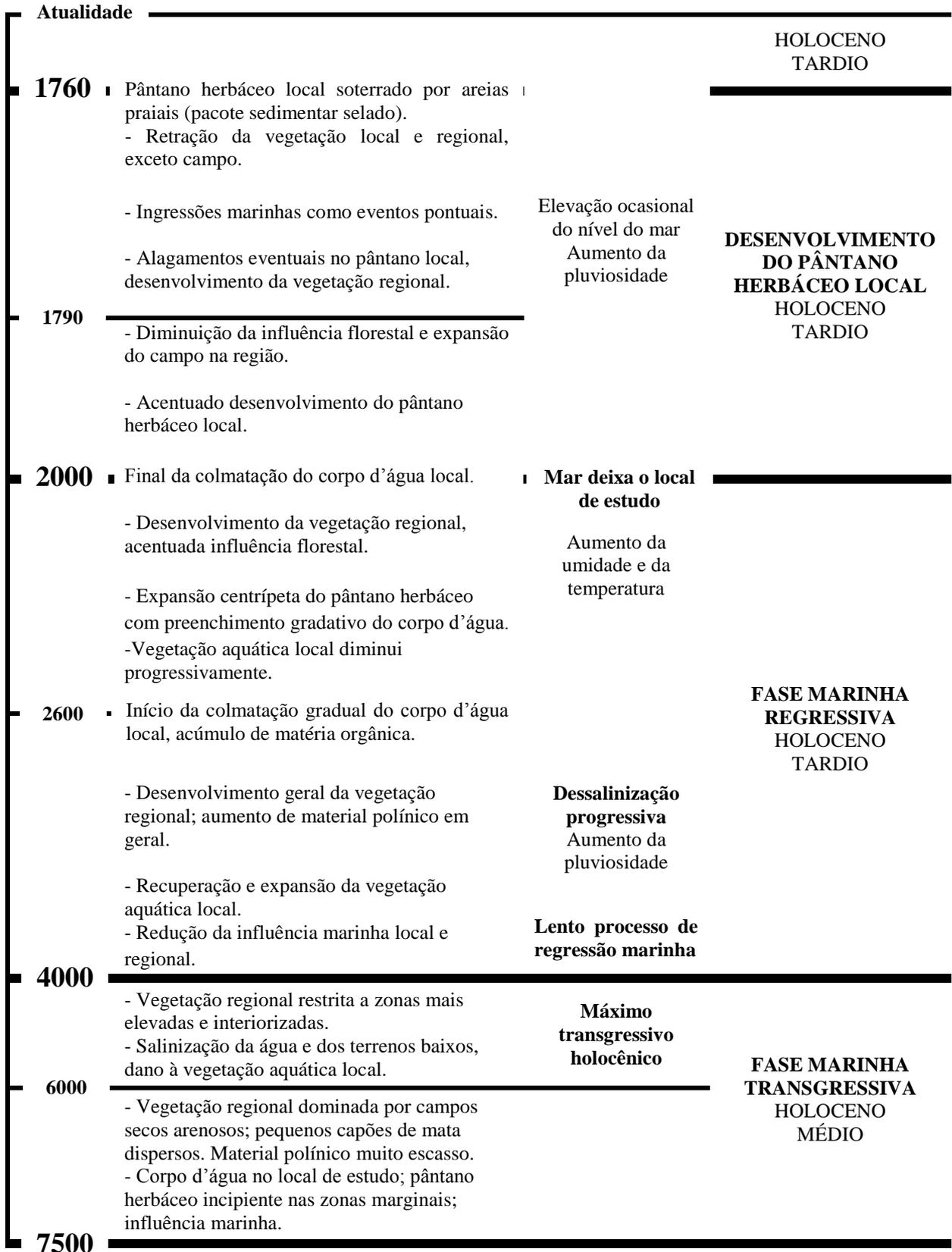
DIAGRAMAS DE TAXA DE ACUMULAÇÃO

**Fig. 4. Hermenegildo - Diagramas de taxa de acumulação polínica**

Conteúdo polínico principal



## Anos AP



**Figura 5.** Síntese da dinâmica da vegetação e do clima durante os últimos 7500 anos AP no extremo sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, de acordo com a reconstituição paleoambiental do perfil sedimentar de um afloramento em Hermenegildo, município de Santa Vitória do Palmar, RS (escala de tempo não proporcional).

## REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

- Algaebase, 2016. Algaebase URL <http://www.algaebase.org/> (accessed 04.10.16).
- Angulo, R.J., Giannini, P.C.F., Suguio, K., Pessenda, L.C.R., 1999. Relative sea-level changes in the last 5500 years in southern Brazil (Laguna-Imbituba region, Santa Catarina State) based on vermetid <sup>14</sup>C ages. *Marine Geology* 159, 323–339.
- Angulo, R.J., Lessa, G.C., Souza, M.C., 2006. A critical review of mid- to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews* 25, 486–506.
- APG III, 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161, 105–121.
- Barboza, E.G., Ayup-Zouain, R.N., Tomazelli, L.J., Rosa, M.L.C.C., Ferreira, H.P.L., 2005. PALEOCANAL PLEISTOCÊNICO NA BARREIRA III ENTRE O CHUÍ E O BALNEÁRIO HERMENEGILDO - RIO GRANDE DO SUL. In: X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2005, Guarapari-ES. Resumos. v. CD-ROM. ABEQUA, Guarapari - ES, pp. 1–6.
- Barnett, H.L., Hunter, B.B., 1987. *Illustrated genera of imperfect fungi.*, 4<sup>th</sup> ed. Macmillan Publishing Company, New York.
- Berglund, B.E., 1986. *Handbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology.* John Wiley & Sons, Chichester.
- Birks, H.J.B., 1993. Quaternary palaeoecology and vegetation science—current contributions and possible future developments. *Review of Palaeobotany and Palynology* 79, 153–177.
- Birks, H.J.B., Gordon, A.D., 1985. *Numerical Methods in Quaternary Pollen Analysis.* Academic Press, Inc., Orlando, Florida.
- Calliari, L.J., 1998. Ambientes Costeiros e Marinheiros e sua Biota. In: Seeliger, U., Odebrecht, C., Castello, J.P. (Eds.), *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil.* Editora Ecoscintia, Rio Grande, pp. 101–177.
- Calliari, L.J., Tozzi, H.A.M., Klein, A.H.F., 1998. Beach Morphology and Coastline Erosion Associated with Storm Surges in Southern Brazil - Rio Grande to Chuí, RS. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 70, 231–247.
- Calliari, L.J., Toldo Jr., E.E., Nicolodi, J.L., Speranski, N., Almeida, L.E.S.B., Lima, S.F.,

---

<sup>1</sup> Referências padronizadas conforme recomendações do periódico *Quaternary International*.

- Esteves, L.S., Martins, L.R., 2006. Rio Grande do Sul: classificação geomorfológica. In: *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília/DF, pp. 437–446.
- Chase, M.W., Reveal, J.L., 2009. A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161, 122–127.
- Cordeiro, S.H., 1991. *Palinologia de Sedimentos da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil*. 213 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Cordeiro, S.H., Lorscheitter, M.L., 1994. Palynology of Lagoa dos Patos sediments, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Paleolimnology* 10, 35–42.
- Corrêa, I.C.S., 1996. Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: l'exemple de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul-Brésil. *Marine Geology* 130, 163–178.
- Davis, O., 1999. PALYNOLOGY, The University of Arizona website. URL <http://www.geo.arizona.edu/palynology/ppalydef.html#palynolo> (accessed 5.10.16).
- Dillenburg, S.R., Esteves, L.S., Tomazelli, L.J., 2004. A critical evaluation of coastal erosion in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 76, 611–623.
- Dillenburg, S.R., Barboza, E.G., Rosa, M.L.C.C., Caron, F., Sawakuchi, A.O., 2017. The complex prograded Cassino barrier in southern Brazil: Geological and morphological evolution and records of climatic, oceanographic and sea-level changes in the last 7–6 ka. *Marine Geology* 390, 106–119.
- Erdtman, G., 1952. *Pollen Morphology and Plant Taxonomy - Angiosperms*. The Chronica Botanica, Waltham, Mass.
- Fægri, K., Iversen, J., 1989. *Textbook of pollen analysis*, 4th ed. John Wiley & Sons, Chichester.
- García-Rodríguez, F., Stutz, S., Inda, H., Puerto, L., Bracco, R., Panario, D., 2010. A multiproxy approach to inferring Holocene paleobotanical changes linked to sea-level variation, paleosalinity levels, and shallow lake alternative states in Negra Lagoon, SE Uruguay. *Hydrobiologia* 646, 5–20.
- Godolphim, M.F., 1985. Paleogeografia da Região do Cassino no Município de Rio Grande, BR. *Pesquisas em Geociências* 17, 233–254.
- Grimm, E.C., 1987. CONISS: A Fortran 77 Program for Stratigraphically Constrained Cluster Analysis by the Method of Incremental Sum of Squares. *Computers and*

- Geosciences 13, 13–35.
- Gyllencreutz, R., Mahiques, M.M., Alves, D.V.P., Wainer, I.K.C., 2010. Mid- to late-Holocene paleoceanographic changes on the southeastern Brazilian shelf based on grain size records. *The Holocene* 20, 863–875.
- Heusser, C.J., 1971. *Pollen and Spores of Chile: Modern Types of the Pteridophyta, Gymnospermae, and Angiospermae*. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- Hooghiemstra, H., 1984. *Vegetational and Climatic History of the High Plain of Bogotá, Colombia: A Continuous Record of the Last 3.5 Million Years*. Strauss & Cramer, Vaduz.
- Hueck, K., 1972. *As Florestas da América do Sul*. Polígono, São Paulo.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1986. *Vegetação. As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. Estudo fitogeográfico*. In: IBGE (Ed.), *Folha SH. 22 Porto Alegre E Parte Das Folhas SH. 21 Uruguaiana E SI. 22 Lagoa Mirim: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso Potencial da Terra (Levantamento de Recursos Naturais Volume 33)*. Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Rio de Janeiro, p. 794.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*, 2ª ed. Rio de Janeiro.
- Index Fungorum, 2016. Index Fungorum. URL <http://www.indexfungorum.org/Names/Names> (accessed 04.10.16).
- Irgang, B.E., Gastal Jr, C.V.S., 1996. *Macrófitas Aquáticas da Planície Costeira do RS*, 1ª ed. UFRGS, Porto Alegre.
- Leal, M.G., Lorscheitter, M.L., 2006. Pólen, esporos e demais palinórfos de sedimentos holocênicos de uma floresta paludosa, Encosta Inferior do Nordeste, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia - Série Botânica* 61, 13–47.
- Leal, M.G., Lorscheitter, M.L., 2007. Plant Succession in a Forest on the Lower Northeast Slope of Serra Geral, Rio Grande do Sul, and Holocene Palaeoenvironments, Southern Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 21, 1–10.
- Leonhardt, A., Lorscheitter, M.L., 2007. Palinórfos do perfil sedimentar de uma turfeira em São Francisco de Paula, Planalto Leste do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 30, 47–59.
- Leonhardt, A., Lorscheitter, M.L., 2008. Pólen de gimnospermas e angiospermas do perfil sedimentar de uma turfeira em São Francisco de Paula, Planalto Leste do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 31, 645–658.

- Lima, L.G., Dillenburg, S.R., Medeanic, S., Barboza, E.G., Rosa, M.L.C.C., Tomazelli, L.J., Dehnhardt, B.A., Caron, F., 2013. Sea-level rise and sediment budget controlling the evolution of a transgressive barrier in southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 42, 27–38.
- Lorscheitter, M.L., 1988. Palinologia de sedimentos quaternários do testemunho T15, Cone do Rio Grande, Atlântico Sul, Brasil. *Descrições taxonômicas. Pesquisas* 21, 61–117.
- Lorscheitter, M.L., 1989. Palinologia de sedimentos quaternários do testemunho T15, Cone de Rio Grande, Atlântico Sul, Brasil. *Descrições taxonômicas. Parte II. Pesquisas* 22, 89–127.
- Lorscheitter, M.L., 2003. Contribution to the Holocene history of Atlantic rain forest in the Rio Grande do Sul state, southern Brazil. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 5, 261–271.
- Lorscheitter, M.L., Dillenburg, S.R., 1998. Holocene paleoenvironments of the Northern Coastal Plain of Rio Grande do Sul, Brazil, reconstructed from palynology of Tramandaí Lagoon sediments. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 11, 75–99.
- Lorscheitter, M.L., Ashraf, A.R., Bueno, R.M., Mosbrugger, V., 1998. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil Part I. *Palaeontographica* 246, 1–113.
- Lorscheitter, M.L., Ashraf, A.R., Windisch, P.G., Mosbrugger, V., 1999. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil Part II. *Palaeontographica* 251, 71–235.
- Lorscheitter, M.L., Ashraf, A.R., Windisch, P.G., Mosbrugger, V., 2005. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil Part V. *Palaeontographica* 270, 1–180.
- Lorscheitter, M.L., Roth, L., Masetto, E., Menoncin, M., Baum, G., 2014. Palinotecas do Laboratório de Palinologia, Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Brasil. *Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología* 14, 125–138.
- Macedo, R.B., Cancelli, R.R., Bauermann, S.G., Bordignon, S.A.L.B., Neves, P.C.P., 2007. Palinologia de níveis do Holoceno da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (localidade de Passinhos), Brasil. *Gaea* 3, 68–74.
- Macedo, R.B., Souza, P.A., Bauermann, S.G., Bordignon, S.A.L.B., 2010. Palynological analysis of a late holocene core from Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 82, 731–745.
- Markgraf, V., D'Antoni, H., 1978. *Pollen Flora of Argentina: Modern Spore and Pollen Types of Pteridophyta, Gymnospermae, and Angiospermae*. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona.

- Martin, L., Suguio, K., 1992. Variation of coastal dynamics during the last 7000 years recorded in beach-ridge plains associated with river mouths: example from the central Brazilian coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 99, 119–140.
- Martin, L., Fournier, M., Mourguiart, P., Sifeddine, A., Turcq, B., Absy, M.L., Flexor, J.-M., 1993. Southern Oscillation Signal in South American Palaeoclimatic Data of the Last 7000 Years. *Quaternary Research* 39, 338–346.
- Masetto, E., Lorscheitter, M.L., 2014. Palynomorphs in Holocene sediments from a paleolagoon in the coastal plain of extreme southern Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 28, 165–175.
- Masetto, E., Lorscheitter, M.L., 2016. Gymnosperm and angiosperm pollen grains in Holocene sediments from a paleolagoon in the coastal plain of extreme southern Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 39, 709–720.
- Medeanic, S., Dillenburg, S.R., Toldo Junior, E.E., 2001. Novos Dados Palinológicos da Transgressão Marinha Pós-Glacial em Sedimentos da Laguna dos Patos, RS, Brasil. *Revista Geociências* 6, 64–76.
- MOBOT, 2016. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. URL <http://www.tropicos.org> (accessed 5.10.16).
- Neves, P.C.P., 1998. Palinologia de sedimentos quaternários no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Guaíba e Capão do Leão. 319 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Neves, P.C.P., Lorscheitter, M.L., 1992. Palinologia de sedimentos de uma mata tropical paludosa em Terra de Areia, Planície Costeira Norte, Rio Grande do Sul, Brasil. Descrições taxonômicas, parte I: fungos, algas, briófitos, pteridófitos, palinomorfos outros e fragmentos de invertebrados. *Acta Geologica Leopoldensia* 15, 83–114.
- Neves, P.C.P., Lorscheitter, M.L., 1995a. Palinologia de sedimentos de uma mata tropical paludosa (Terra de Areia, Planície Costeira Norte, Rio Grande do Sul, Brasil). Descrições Taxonômicas – Parte II: Gimnospermas e Angiospermas. *Acta Geologica Leopoldensia* 41, 45–82.
- Neves, P.C.P., Lorscheitter, M.L., 1995b. Upper Quaternary palaeoenvironments in the Northern Coastal Plain of Rio Grande do Sul, Brazil. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 9, 39–67.
- Nimer, E., 1979. Climatologia da região sul: Introdução à Climatologia Dinâmica - Subsídios à Geografia Regional do Brasil. In: *Climatologia do Brasil*. SUPREN, Rio de Janeiro, pp. 3–65.

- Pfadenhauer, J., 1978. Contribuição ao Conhecimento da Vegetação e de suas Condições de Crescimento nas Dunas Costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 38, 827–836.
- Pfadenhauer, J., Mariath, J.E. de A., Ramos, R.F., Oliveira, P.L. de, Miotto, S.T.S., Porto, M.L., 1979. Seqüência da Vegetação da Praia na Margem Oriental da Lagoa Mirim, Banhado do TAIM, RGS. NIDECO, sér. Taim 1–21.
- Pirani, J.R., Prado, J., 2012. Embryopsida, a new name for the class of land plants. *Taxon* 61, 1096–1098.
- Prado, L.F., Wainer, I., Chiessi, C.M., Ledru, M.P., Turcq, B., 2013. A mid-Holocene climate reconstruction for eastern South America. *Climate of the Past* 9, 2117–2133.
- Prieto, A.R., Mourelle, D., Peltier, W.R., Drummond, R., Vilanova, I., Ricci, L., 2017. Relative sea-level changes during the Holocene in the Río de la Plata, Argentina and Uruguay: A review. *Quaternary International* 442, 35-49.
- Punt, W., Hoen, P.P., Blackmore, S., Nilsson, S., Thomas, A. Le, 2007. Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology* 143, 1–81.
- Rambo, B.S.J., 1954. História da Flora do Litoral Riograndense. *Sellowia, Anais Botânicos do HBR* 6, 113–172.
- Rambo, P.B.S.J., 1994. A Fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural, 3ª ed. Editora UNISINOS, São Leopoldo.
- Rosa, Z.M., Miranda-Kiesslich, A.L., 1988. O gênero *Pediastrum* Meyen (CHLOROCOCCALES-HYDRODICTYACEAE) do Sistema Lagunas da Região Litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia - Série Botânica* 38, 149–169.
- Roth, L., 2014. Sucessão Vegetal e Reconstituição de Paleoambientes dos últimos 24000 Anos em Torres, Extremo Norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Roth, L., Lorscheitter, M.L., 2008. Palinomorfos de um perfil sedimentar em uma turfeira do Parque Nacional dos Aparados da Serra, leste do Planalto do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia - Série Botânica* 63, 69–100.
- Roth, L., Lorscheitter, M.L., 2013. Bryophyte and pteridophyte spores and gymnosperm pollen grains of sedimentary profiles from two forest areas of the Southern Brazilian Coastal Plain. *Revista Brasileira de Botânica* 36, 99–110.
- Roth, L., Lorscheitter, M.L., 2016. Fungi, algae, and other palynomorphs in sedimentary profiles collected from two forests in the northernmost coastal plain from Rio Grande do

- Sul, southern Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 39 (4), 1135-1143.
- Roth, L., Lorscheitter, M.L., 2017. Angiosperm pollen grains in sedimentary profiles from two forest areas in the northernmost coastal plain from Rio Grande do Sul, southern Brazil. *Brazilian Journal of Botany* 40, 539–549.
- Salgado-Labouriau, M.L., 1973. Contribuição à palinologia dos cerrados. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro.
- Scherer, C., Lorscheitter, M.L., 2008. Palinomorfos de fungos e criptógamas em sedimentos quaternários de duas matas com Araucária, Planalto leste do Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22, 131–144.
- Scherer, C., Lorscheitter, M.L., 2009. Pólen de gimnospermas e angiospermas em sedimentos quaternários de duas matas com Araucária, planalto leste do Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 23, 681–696.
- SEMA, Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2017. Bacia Hidrográfica dos Rios Mirim-São Gonçalo. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. URL <http://www.sema.rs.gov.br/bacia-hidrografica-mirim-sao-goncalo> (accessed 9.18.17).
- Spalding, B.B.C., Lorscheitter, M.L., 2009. Palinologia de sedimentos da turfeira do Banhado Amarelo, São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. Fungos e criptógamas. *Hoehnea* 36, 219–232.
- Spalding, B.B. da C., Lorscheitter, M.L., 2010. Palinologia de sedimentos da turfeira do Banhado Amarelo, São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. Gimnospermas e angiospermas. *Hoehnea* 37, 419–434.
- Stockmarr, J., 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen and Spores* 13, 615–621.
- Suguio, K., 2010. Geologia do Quaternário e mudanças ambientais. Oficina de Textos, São Paulo.
- Suguio, K., Martin, L., Bittencourt, A.C.S.P., Dominguez, J.M.L., Flexor, J.M., Azevedo, A.E.G., 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do Litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências* 15, 273–286.
- Tomazelli, L.J., Villwock, J.A., 1989. Processos erosivos atuais na costa do Rio Grande do Sul, Brasil: evidências de uma provável tendência contemporânea de elevação do nível relativo do mar. In: 2º Congresso Da ABEQUA, Rio de Janeiro, Brasil, Boletim de Resumos. p. 16.

- Tomazelli, L.J., Dillenburg, S.R., Villwock, J.A., 2000. Late Quaternary Geological History of Rio Grande do Sul Coastal Plain, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências* 30, 474–476.
- Tryon, A.F., Lugardon, B., 1991. *Spores of the Pteridophyta*. Springer-Verlag, New York.
- Van Geel, B., 1978. A palaeoecological study of holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology* 25, 1–120.
- Villwock, J.A., Tomazelli, L.J., 1995. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. *Notas Técnicas, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, UFRGS* 8, 1–45.
- Villwock, J.A., Tomazelli, L.J., 1998. Holocene coastal evolution in Rio Grande do Sul, Brazil. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula Antarctic Peninsula* 11, 283–296.
- Villwock, J.A., Tomazelli, L.J., 2007. Planície costeira do Rio Grande do Sul: gênese e paisagem atual. In: Becker, F.G., Ramos, R.A., Moura, L.A. (Eds.), *Biodiversidade: Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. I Ed., Brasília: Ministério do Meio Ambiente. MMA/SBF, Brasília/DF, pp. 20–33.
- Villwock, J.A., Tomazelli, L.J., Loss, E.L., Dehnhardt, E.A., Horn Filho, N.O., Bachi, F.A., Dehnhardt, B.A., 1986. Geology of Rio Grande do Sul Coastal Province. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 4, 78–97.
- Waechter, J.L., 1985. Aspectos Ecológicos da Vegetação de Restinga no Rio Grande do Sul, Brasil. *Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS. Série Botânica* 33, 49–68.
- Woodroffe, C.D., Beech, M.R., Gagan, M.K., 2003. Mid-late Holocene El Niño variability in the equatorial Pacific from coral microatolls. *Geophysical Research Letters* 30, 1358–1361.

**APÊNDICE A –**

# Palynomorphs in Holocene sediments from a paleolagoon in the coastal plain of extreme southern Brazil

Ebráilon Masetto<sup>1</sup> and Maria Luisa Lorscheitter<sup>1,2</sup>

Received: 7 July, 2013. Accepted: 10 October, 2013

## ABSTRACT

This paper presents the results of a qualitative palynological analysis of a 140 cm-thick section of Holocene sediments from a paleolagoon, representing the last 2600 years, taken from an outcrop at Hermenegildo Beach (33°42'S; 53°18'W), located in the municipality of Santa Vitória do Palmar, in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. Samples were treated with hydrochloric acid, hydrofluoric acid and potassium hydroxide, after which they were subjected to acetolysis and mounted on glycerin-coated slides for light microscopy analysis. Among the 48 palynomorphs identified were 25 fungi, eight algae, three bryophytes, and 12 pteridophytes. Brief descriptions and illustrations of each palynomorph are presented, together with ecological data from the organism of origin when possible. Our findings will serve as reference material for paleoenvironmental studies in the coastal plain of southern Brazil.

**Key words:** palynomorph descriptions, paleolagoon, Holocene, southern coastal plain, Rio Grande do Sul

## Introduction

Little is known about sea-level oscillations and their effects on climate and vegetation dynamics in the southern coastal plain in the state of Rio Grande do Sul, Brazil, despite the contribution that such oscillations have made to shaping the current landscape of the region. Studies of plant succession can expand the understanding of the historic climate and vegetation dynamics responsible for the existing phytogeographic patterns. Palynological analysis of Quaternary sediment profiles with the associated chronological context is of great importance to plant succession studies because it elucidates vegetation changes over time. Archived catalogs are fundamental to the correct identification of palynomorphs in sediments. Few palynomorph descriptions exist for use in paleoenvironmental studies of the > 600 km-long coastal plain of Rio Grande do Sul, the southernmost Brazilian state (Lorscheitter 1988, 1989; Neves & Lorscheitter 1992, 1995a; Neves & Bauermann 2003, 2004; Roth & Lorscheitter 2013), and there are no palynological references for the extreme southern portion of the region.

The purpose of the present study was to document the palynology of coastal plain sediments from the extreme south of Rio Grande do Sul, representing the last 2600 years, as reference material for paleoenvironmental research. We provide taxonomic descriptions and photomicrographs, as well as ecological information about the organism of origin when possible.

## Materials and methods

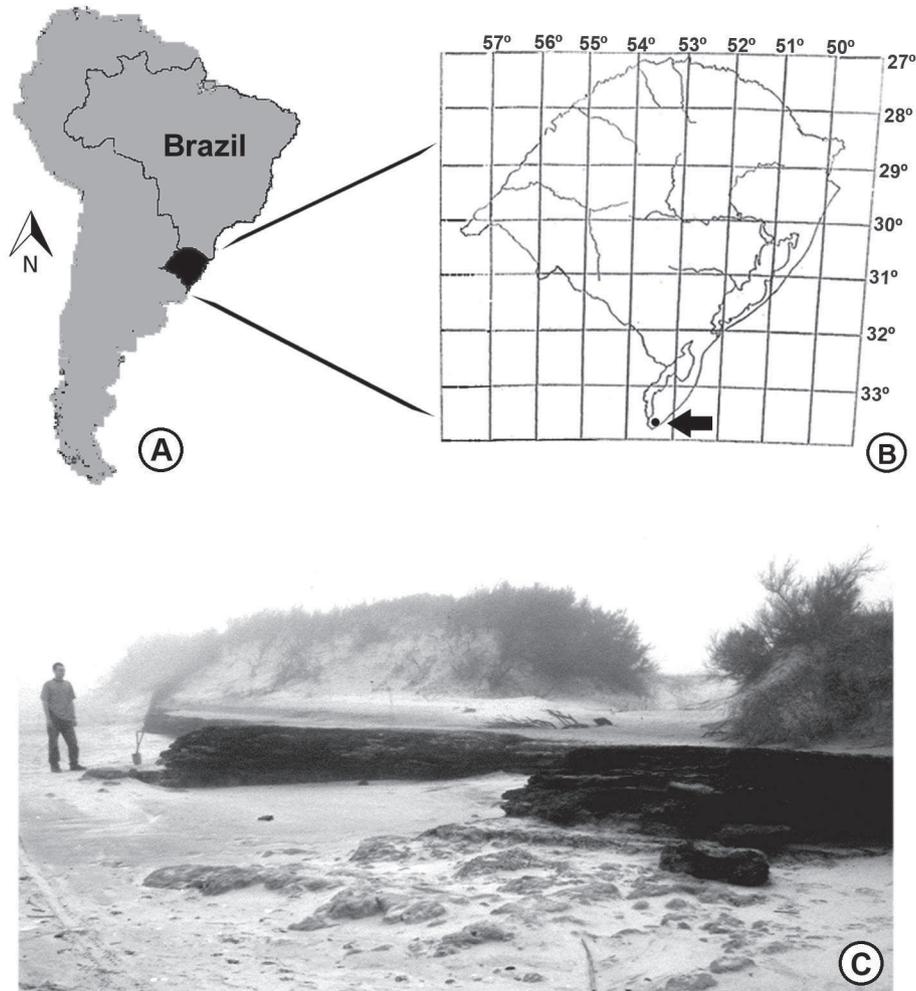
A 140 cm-thick sediment profile of a paleolagoon was obtained from a Holocene outcrop at Hermenegildo Beach (33°42'S; 53°18'W), located in the municipality of Santa Vitória do Palmar, in the state of Rio Grande do Sul, in the coastal plain in the extreme south of Brazil (Fig. 1). Twenty-eight samples were taken at 5-cm intervals. Each was collected in an 8-cm<sup>3</sup> box, directly from the vertical slope. The radiocarbon date at the base of the profile was determined by Beta Analytic Inc. (Miami, FL, USA).

The samples were treated by hydrochloric acid, hydrofluoric acid and potassium hydroxide, after which they were subjected to acetolysis and filtered through a net with a 250- $\mu$ m mesh (Faegri & Iversen 1989). The samples were mounted on glycerin-coated slides (Salgado-Labouriau 1973; Faegri & Iversen 1989) and examined under light microscopy (DIAPAN; Leica Microsystems, Wetzlar, Germany). We counted a minimum of 300 pollen grains per sample. In parallel counts, we identified spores and other palynomorphs, which were monitored by saturation curves. Photomicrographs were taken using a digital camera (DFC295; Leica Microsystems) connected to the microscope.

Botanical identification was based on the reference collection of the Palynology Laboratory of the Department of Botany at the Federal University of Rio Grande do Sul, located in the city of Porto Alegre, and on descriptions in the literature (Van Geel 1978; Hooghiemstra 1984; Barnett

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Departamento de Botânica. Porto Alegre, RS, Brazil

<sup>2</sup> Author for correspondence: mlorsch@uol.com.br



**Figure 1.** A. State of Rio Grande do Sul, in southern Brazil; B. Location of Hermenegildo Beach; C. Hermenegildo Beach and the Holocene paleolagoon outcrop studied, composed of dark-clay organic sediments covered by transgressive sands.

& Hunter 1987; Lorscheitter 1989; Tryon & Lugardon 1990; Neves & Lorscheitter 1992; Lorscheitter *et al.* 1998, 1999, 2005; Leal & Lorscheitter 2006; Leonhardt & Lorscheitter 2007; Roth & Lorscheitter 2008; Scherer & Lorscheitter 2008; Spalding & Lorscheitter 2009). Taxonomic treatment was based on Chase & Reveal (2009), Pirani & Prado (2012) and electronic databases: Index Fungorum (2013), Algaebase (2013) and MOBOT (2013). The word “type” was used when precise identification was not possible, following Berglund (1986). When identification was not possible, the material was separated by number to permit future identification.

The palynological description of each taxon is briefly presented, with nomenclature based on Punt *et al.* (2007) and Tryon & Lugardon (1990). In some cases, it was not possible to measure the polar axis of the grains due to their fixed position. Where possible, ecological data for the organisms of origin are included in order to facilitate future paleoenvironmental studies.

## Results and discussion

The radiocarbon date at the base of the Hermenegildo Beach sediment profile was  $2590 \pm 60$  years BP, indicating that the study sequence represented the last 2600 years. A total of 48 taxa were identified in the sequence: 25 fungi, eight algae, three bryophytes and 12 pteridophytes.

### Fungi

Phylum: Glomeromycota  
 Class: Glomeromycetes  
 Order: Glomerales  
 Family: Glomeraceae

#### 1. *Glomus* Tul. & C. Tul.

Fig. 2

Spheroidal, yellow and smooth-walled chlamydospore, always connected to coenocytic hyphae. Diameter: ca. 22  $\mu\text{m}$ .

**Note:** The genus was reported for the Quaternary in Rio Grande do Sul under the former names *Rhizophagites* Rosendahl (Lorscheitter 1989) and *Rhizophagus* Dang (Neves & Lorscheitter 1992; Neves & Bauermann 2003).

**Ecological data:** *Glomus* is the most common genus of arbuscular fungi in mycorrhizal associations with the roots of many vascular plants (Schübler *et al.* 2001).

Phylum: Ascomycota

Class: Dothideomycetes

Order: Pleosporales

Family: Tetraplosphaeriaceae

2. *Tetraplosphaeria tetraploa* (Scheuer) Kaz. Tanaka & K. Hiray.

Fig. 3

Conidia multicellular, elongated, dark brown, verrucate, with four divergent septate appendages. Long axis (without appendages): 37-43  $\mu\text{m}$ . Short axis: 26-30  $\mu\text{m}$ .

**Note:** The species has been cited as *Tetraploa aristata* Berk. & Brome (Van Geel 1978). The genus was reported for the Quaternary as *Tetraploa* (Barnett & Hunter 1987), and the species was reported as *Tetraploa aristata* Berk. & Brome for the Quaternary in Rio Grande do Sul (Neves & Lorscheitter 1992; Neves & Bauermann 2003; Leal & Lorscheitter 2006).

**Ecological data:** widespread fungi, generally found on leaf bases and stems just above the soil (Van Geel 1978).

Order: Microthyriales

Family: Microthyriaceae

### 3. Microthyriaceae

Fig. 4

Hyaline and smooth walled structure, approximately circular in frontal view, with irregular lobate margins. Diameter: 26-30  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** generally epiphyllous fungi with broad distribution in tropical regions (Dilcher 1965).

Class: Sordariomycetes

Order: Sordariales

Family: Sordariaceae

44. *Gelasinospora calospora* (Mouton) C. Moreau & Moreau type

Fig. 5 and 6

Ascospore ellipsoidal, dark. Small pits distributed on all the surface. Long axis: 34-35  $\mu\text{m}$ . Short axis: 24-27  $\mu\text{m}$ .

**Note:** Species cited for the Quaternary in Rio Grande do Sul under its former name, *Gelasinospora adjuncta* Cain. (Neves & Bauermann 2003; Leal & Lorscheitter 2006; Leonhardt & Lorscheitter 2007; Scherer & Lorscheitter 2008).

**Ecological data:** *Gelasinospora* species are mainly fimicolous but can also carbonicolous or lignicolous (Van Geel 1978).

Order: Magnaporthales

Family: Magnaporthaceae

55. *Gaeumannomyces cf. caricis* J. Walker type

Fig. 7

Hyphopodia smooth-walled, dark brown, approximately circular in frontal view, with irregular lobate margins. Prominent clear spot in central area, showing the point of host penetration. Long axis: 25-59  $\mu\text{m}$ . Short axis: 21-40  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** parasite or saprophyte on Poaceae stems and roots (Von Arx 1974).

Phylum: Basidiomycota

Class: Agaricomycetes

Order: Atheliales

Family: Atheliaceae

6. *Athelia* Pers. type

Fig. 8

Bulbils more or less ellipsoidal in frontal view, dark brown, with a large number of densely distributed cells. Long axis: 24-39  $\mu\text{m}$ . Short axis: 18-39  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** cosmopolitan distribution, including pathogenic species in lichens and algae (Kirk *et al.* 2008).

Other spores

7. Type 1

Fig. 9

Group of spores, fusiform, dark brown, 1-septate, slightly curved, with small constriction at the septum. Surface covered by a fine hyaline undulating episporium. Long axis: 33-35  $\mu\text{m}$ . Short axis: 17-18  $\mu\text{m}$ .

8. Type 2

Fig. 10

Group of spores, elongate and slightly curved, dark brown, 3-septate, surface covered by a conspicuous hyaline undulating episporium. Middle septum constricted. Long axis: 34-35  $\mu\text{m}$ . Short axis: 15-18  $\mu\text{m}$ .

9. Type 3

Fig. 11

Group of spores, fusiform, dark brown, 1-septate, smooth-walled. Long axis: 28-34  $\mu\text{m}$ . Short axis: 12-21  $\mu\text{m}$ .

10. Type 4

Fig. 12-13

Spore spherical, dark brown, microverrucate, verrucae dense and regularly distributed. Diameter: 19-35  $\mu\text{m}$ .

11. Type 5

Fig. 14

Spore fusiform, dark brown, smooth-walled, with a small pore at both end. Long axis: 30-35  $\mu\text{m}$ . Short axis: 14-19  $\mu\text{m}$ .

## 12. Type 6

Fig. 15

Group of spores globose, dark brown, 1-septate, truncate extremities. Surface microverrucate. Long axis: ca. 32  $\mu\text{m}$ . Short axis: ca. 17  $\mu\text{m}$ .

## 13. Type 7

Fig. 16

Group of spores elongate and slightly curved, dark brown, 1-septate, truncate extremities, smooth-walled. Long axis: ca. 32  $\mu\text{m}$ . Short axis: ca. 15  $\mu\text{m}$ .

## 14. Type 8

Fig. 17

Large spore, ellipsoidal, dark brown, smooth-walled. Long axis: 43-52  $\mu\text{m}$ . Short axis: 34-38  $\mu\text{m}$ .

## 15. Type 9

Fig. 18

Small spore, spherical, dark brown, with striate surface. Irregular parallel ridges cover the surface. Diameter: ca. 22  $\mu\text{m}$ .

## 16. Type 10

Fig. 19 and 20

Small spore, fusiform, hyaline, with thick protruding extremities. Striate surface, striae parallel to the long axis. Long axis: ca. 24  $\mu\text{m}$ . Short axis: ca. 12  $\mu\text{m}$ .

## 17. Type 11

Fig. 21

Small spore, characteristically curved, dark brown, smooth-walled. Long axis: 13-15  $\mu\text{m}$ . Short axis: 11-13  $\mu\text{m}$ .

## 18. Type 12

Fig. 22

Group of spores, elongate, hyaline, multicellular (regular distribution of cells), cells larger at one extremity (two-celled), with one-celled at the opposite tip, smooth-walled. Long axis: ca. 24  $\mu\text{m}$ . Short axis: ca. 13  $\mu\text{m}$ .

## 19. Type 13

Fig. 23

Small spore, ellipsoidal, dark brown. Extremities with conspicuously dark thicker areas. Striate, with fine parallel longitudinal projections. Long axis: ca. 15  $\mu\text{m}$ . Short axis: ca. 8  $\mu\text{m}$ .

## 20. Type 14

Fig. 24

Spore elongate, dark brown, truncate at one extremity, smooth-walled. Long axis: 23-25  $\mu\text{m}$ . Short axis: ca. 13  $\mu\text{m}$ .

## 21. Type 15

Fig. 25

Group of spores, elongate and fusiform, brown, 2-septate, covered by a fine hyaline episporium with irregular folds,

largely detached from the surface. Long axis: 32-35  $\mu\text{m}$ . Short axis: 7-9  $\mu\text{m}$ .

## 22. Type 16

Fig. 26

Group of spores, globose, brown, 1-septate, constricted at the septum. Hyaline protruding extremities. Fine, delicate hyaline cover, almost invisible, with small folds irregularly distributed on the surface. Long axis: 36-40  $\mu\text{m}$ . Short axis: 15-16  $\mu\text{m}$ .

## 23. Type 17

Fig. 27

Small spore, fusiform, thin extremities, hyaline. Coarse, smooth wall. Long axis: 16-17  $\mu\text{m}$ . Short axis: 7-9  $\mu\text{m}$ .

## 24. Type 18

Fig. 28

Spore elongate and fusiform, brown, darker at both ends, covered by a fine episporium close to the surface. Episporium transversally striate, with dense and fine striae. Long axis: ca. 141  $\mu\text{m}$ . Short axis: ca. 36  $\mu\text{m}$ .

## 25. Type 19

Fig. 29

Group of spores, small, elongate and fusiform, dark brown, 1-septate, striate wall. Very fine parallel projections along the long axis. Long axis: ca. 31  $\mu\text{m}$ . Short axis: ca. 8  $\mu\text{m}$ .

## Algae

Division: Chlorophyta

Class: Chlorophyceae

Order: Chlorococcales

Family: Dictyosphaeriaceae

26. *Botryococcus* Kützling

Fig. 30

Colony irregularly lobate, of varying size, composed of many concentrically arranged smooth-walled cells. Colony diameter: 26-98  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** shallow freshwater environments (Erdtman 1969).

Family: Hydrodictyaceae

27. *Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini

Fig. 31-32

Coenobial colony with a flattened star-like shape. Peripheral cells arranged in two hornlike projections, internal cells with distinct morphology. Laevigate to microverrucate cell walls. Colony diameter: 36-79  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** phytoplankton in lakes and in marshes (Rosa & Miranda-Kiesslich 1988).

Class: Zygnematophyceae  
 Order: Zygnematales  
 Family: Zygnemataceae

Romero 1985; Cordeiro & Lorscheitter 1994; Neves & Lorscheitter 1995b; Lorscheitter & Dillenburg 1998; Lorscheitter 2003).

28. *Debarya* (De Bary) Wittrock

Fig. 33

Zygospore circular to lenticular in polar view, splitting along a sharp defined equatorial line of weakness into two symmetrical halves; each hemisphere divided into a polar and an equatorial zone by a low circumpolar (orbicular to oblong) ridge encircling the spore between the pole and the equator; irregular additional structure in the center of the polar zone; equatorial zone of the spores radially striate, with polar zones vaguely striate-reticulate. Diameter: 22-31  $\mu\text{m}$ .

**Note:** zygospore generally found with only one half.

**Ecological data:** in water deposits with temporal stagnation (Van Geel & Van der Hammen 1978).

29. *Mougeotia* C. Agardh

Fig. 34-37

Zygospore quadrate to subtriangular in polar view, sides more or less straight, retuse angles, laevigate thin wall. Diameter: 19-67  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** in water deposits and humid soils (July 2002).

30. *Spirogyra* Link

Fig. 38-40

Zygospore generally ellipsoidal, flattened, hyaline or clear yellow. Laevigate to reticulate thin wall with irregular coarse reticulum. Long axis: 53-94  $\mu\text{m}$ . Short axis: 52-64  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** as in *Mougeotia*.

31. *Zygnema* C. Agardh type

Fig. 41

Zygospore ellipsoidal to spheroidal, flattened, hyaline, laevigate. Cell wall pitted. Long axis: 33-47  $\mu\text{m}$ . Short axis: 31-45  $\mu\text{m}$ .

**Note:** This zygospore type occurs in different genera of the Zygnemataceae and also in Oedogoniaceae (Van Geel & Van Der Hammen 1978).

**Ecological data:** as in *Mougeotia*.

Division: Dinophyta  
 Class: Dinophyceae

32. *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre & Cookson) Wall

Fig. 42

Dinoflagellate cyst spheroidal, with delicate wall. Fine and elongate processes densely distributed over the entire surface. Capitate processes at the extremity. Diameter: ca. 35  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** marine dinocyst whose distribution is used as an index to ancient shoreline positions in the coastal plain of southern Brazil (Lorscheitter &

*Incertae sedis*

33. *Pseudoschizaea rubina* Rossignol ex Christopher

Fig. 43-44

Vesicle flattened and hyaline, circular in frontal view. Distinctive fine concentric marks on both hemispheres. Long axis: 37-44  $\mu\text{m}$ .

**Note:** *Concentricystes rubinus* Rossignol is the former name of the species (Rossignol 1962).

**Ecological data:** acritarch, probably of algal origin, found in fresh water deposits (Rossignol 1962).

Bryophytes

Class: Embryopsida

Subclass: Bryidae

Order: Sphagnales

Family: Sphagnaceae

34. *Sphagnum* L.

Fig. 45-46

Radial, equatorial limb subtriangular-convex. Trilete, arms > 75% of the radius. Exospore laevigate on prominent proximal face, trilobate central thickness on distal face, lobes irregularly arranged. Equatorial axis: ca. 75  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** hygrophilous, cosmopolitan distribution in areas with high rainfall, forming small groups or extensive colonies on acid soils of bogs, marshes, or lake margins (July 2002; Baptista *et al.* 2012).

Subclass: Marchantiidae

Order: Anthocerotales

Family: Anthocerotaceae

35. *Aspiromitus punctatus* (L.) Schljakov

Fig. 47-48

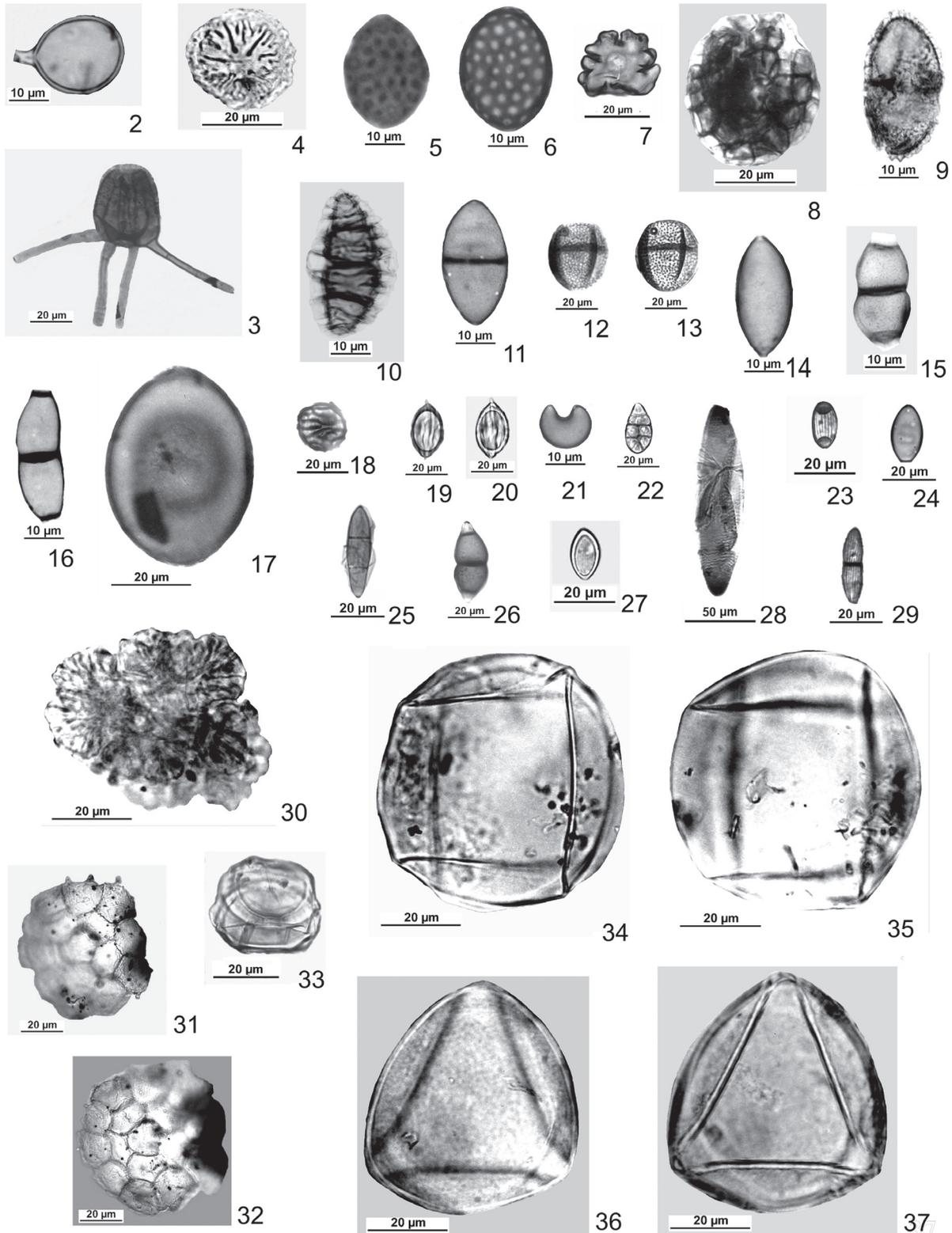
Radial, equatorial limb circular to subtriangular-convex. Trilete, fine arms > 75% of the radius. Arms bifurcate at the extremity. Exospore laevigate on proximal face, reticulate on distal face. Coarse irregular reticulum, with developed echinate muri. Simple, bifurcate or trifurcate echinae. Equatorial axis: 52-54  $\mu\text{m}$ .

**Note:** reported for the Quaternary in Rio Grande do Sul as *Anthoceros punctatus* L. (Lorscheitter 1989; Neves & Bauermann 2004; Leonhardt & Lorscheitter 2007), *Anthoceros* L. emend. Prosk. (Leal & Lorscheitter 2006).

**Ecological data:** humid environments in grassland and marshes, cosmopolitan distribution (Schultz 1980).

36. *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk.

Fig. 49-52



**Figures 2-37.** Fungi (2-29): 2. *Glomus* Tul. & C. Tul.; 3. *Tetraplophaeria tetraploa* (Scheuer) Kaz. Tanaka & K. Hiray.; 4. Microthyriaceae; 5 and 6. *Gelasinopora calospora* (Mouton) C. Moreau & Moreau type: 1st-2nd pl.; 7. *Gaeumannomyces* cf. *caricis* J. Walker type; 8. *Athelia* Pers. type; 9. Type 1; 10. Type 2; 11. Type 3; 12 and 13. Type 4: 1st-2nd pl.; 14. Type 5; 15. Type 6; 16. Type 7; 17. Type 8; 18. Type 9; 19 and 20. Type 10: 1st-2nd pl.; 21. Type 11; 22. Type 12; 23. Type 13; 24. Type 14; 25. Type 15; 26. Type 16; 27. Type 17; 28. Type 18; 29. Type 19. Algae (30-37): 30. *Botryococcus* Kützling; 31 and 32. *Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini: 1st-2nd pl.; 33. *Debarya* (De Bary) Wittrock; 34-37. *Mougeotia* C. Agardh: 34 and 35. 1st-2nd pl, zygospore quadrangular; 36 and 37. 1st-2nd pl., zygospore subtriangular. pl – plane.

Radial, equatorial limb circular to subtriangular-convex. Trilete, fine arms > 75% of the radius. Arms bifurcate at the extremities. Exospore laevigate on proximal face, laevigate to microechinate on distal face. Equatorial axis: ca. 49  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** humid soils of protected areas, common on the banks of streams and in grasslands (Menéndez 1962).

Pteridophytes

Class: Embryopsida

Subclass: Lycopodiidae

Order: Lycopodiales

Family: Lycopodiaceae

37. *Lycopodiella alopecuroides* (L.) Cranfill

Fig. 53-54

Radial, equatorial limb subtriangular-convex, with hyaline prominent cingulum. Trilete, the arms > 75% of the radius, with margo. Exospore tuberculate on proximal face between the arms. Rugulate on distal face, with coarse exospore ridges. Equatorial axis: 46-84  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** terrestrial, in flooded fields and bogs (Lorscheitter *et al.* 1998)

Order: Selaginellales

Family: Selaginellaceae

38. *Selaginella marginata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.)

Spring

Fig. 55-56

Microspore radial, equatorial limb subtriangular-convex to circular, proximal face depressed. Trilete, the arms > 75% of the radius. Exospore baculate, baculae smaller between and along arms. Equatorial axis: ca. 62  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** terricolous, in humid environments (Lorscheitter *et al.* 1998).

Order: Isoetales

Family: Isoetaceae

39. *Isoetes* L.

Fig. 57

Microspore oblate, reniform, bilateral. Monolete, linear, generally a little shorter than the spore length. Paraexospore largely detached from exospore, connecting only on the proximal face. Paraexospore projected on laesura to form a thickening. Paraexospore wall laevigate, slightly thicker than the exospore. Size (including paraexospore): polar axis 16-27  $\mu\text{m}$ ; equatorial axis 25-31  $\mu\text{m}$ . Size (without paraexospore): polar axis 12-16  $\mu\text{m}$ ; equatorial axis 20-28  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** generally aquatic, submersed or amphibious plants, in varied environments (Tryon & Tryon 1982).

Subclass: Marattiidae

Order: Marattiales

Family: Marattiaceae

40. *Marattia laevis* Sm.

Fig. 58-59

Oblate, reniform, bilateral. Monolete, linear, 50-75% of the spore length, fine laesura. Exospore echinate. Echinae on all the surface. Polar axis: ca. 24  $\mu\text{m}$ . Equatorial axis: ca. 26  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** somewhat rare, in forests (Lorscheitter *et al.* 1998).

Subclass: Polypodiidae

Order: Osmundales

Family: Osmundaceae

41. *Osmunda* L.

Fig. 60-61

Globose, generally creased, radial. Equatorial limb circular. Trilete, long and fine arms, 75% of the radius or more, fine margo. Fine exospore wall, tuberculate. Small tubercles isolated or fused over the entire surface. Equatorial axis: ca. 105  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** terricolous, generally in marshes, bogs and humid slopes (Lorscheitter *et al.* 1998).

Order: Cyatheaales

Family: Cyatheaceae

42. *Cyathea* L.

Fig. 62

Radial, equatorial limb triangular with prominent rounded angles and slightly convex sides. Trilete, long arms > 75% of the radius, with margo. Coarse exospore, papillate. Equatorial axis: 40-69  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** wide distribution, open or moderately shaded humid or swampy environments, common in forests (Lorscheitter *et al.* 1999).

Order: Polypodiales

Family: Blechnaceae

43. *Blechnum imperiale* H. Chr.

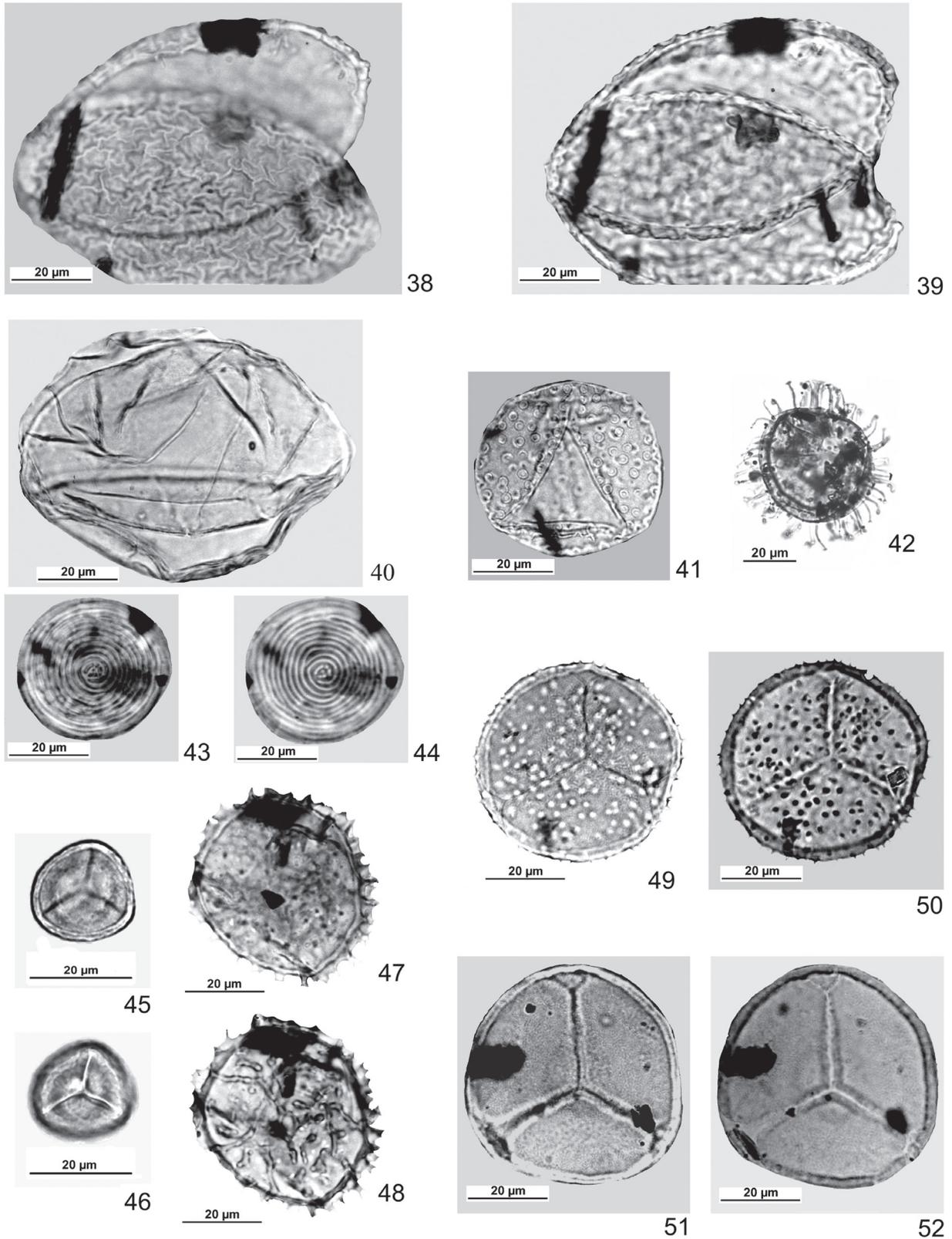
Fig. 63

Oblate, reniform, bilateral. Monolete, linear, > 75% of the spore length, with margo. Coarse and laevigate exospore. Polar axis: 47-49  $\mu\text{m}$ . Equatorial axis: 63-75  $\mu\text{m}$ .

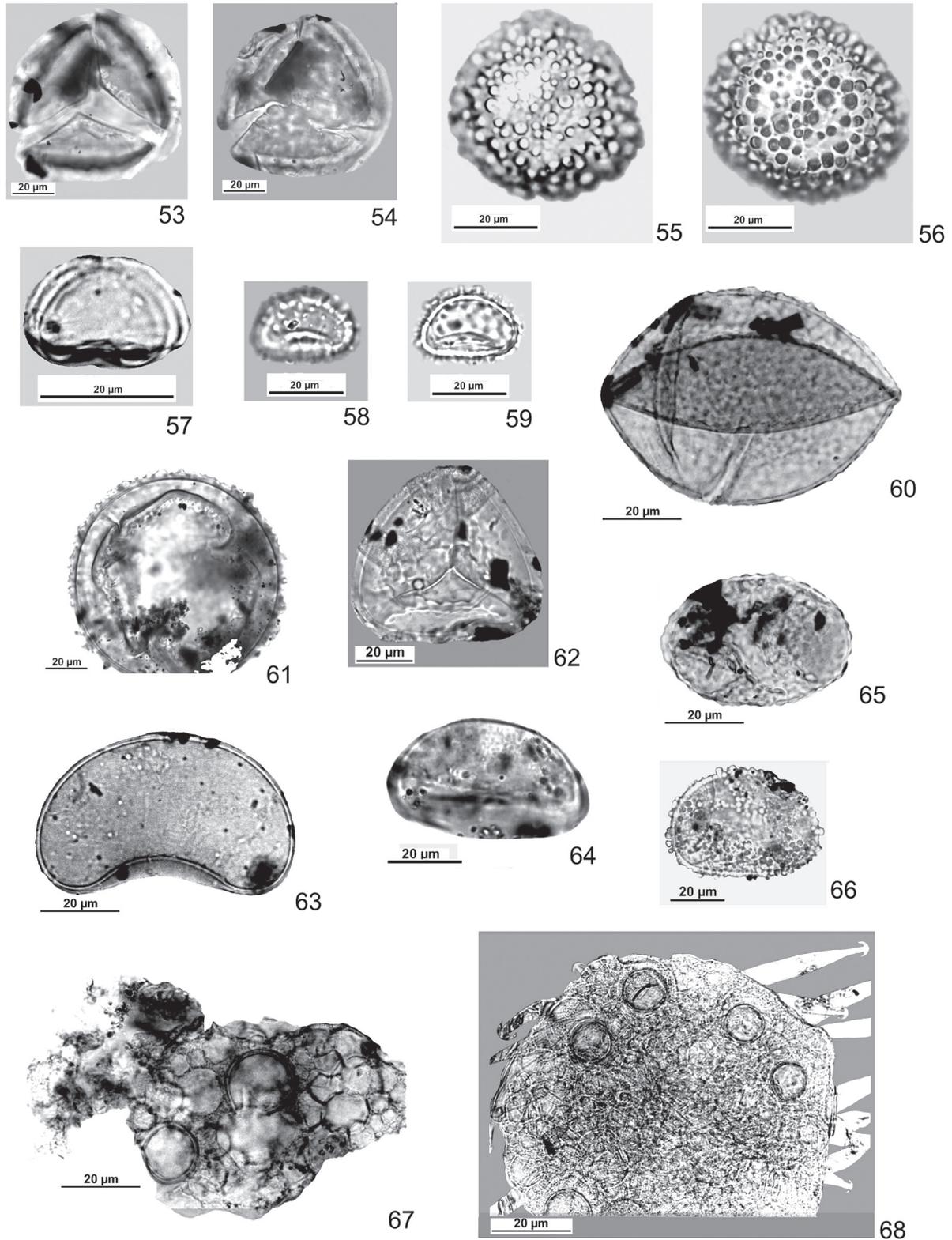
**Ecological data:** generally subarborescent, dispersed in marshes or humid soils, close to streams in grasslands, but on drier soil of forested areas. Common in bogs (Sehnem 1968).

44. *Blechnum* L. type

Fig. 64



**Figures 38-52.** Algae (8-44): 38-40. *Spirogyra* Link: 38 and 39. 1st-2nd pl, zygospore reticulate; 40. Zygospore psilate; 41. *Zygnema* C. Agardh type; 42. *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre & Cookson) Wall; 43 and 44. *Pseudoschizaea rubina* Rossignol ex Christopher: 1st-2nd pl. Bryophytes (45-52): 45 and 46. *Sphagnum* L. (PF): 1st-2nd pl; 47 and 48. *Aspiromitus punctatus* (L.) Schljakov (DF): 1st-2nd pl; 49-52. *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk.: 49 and 50. Echinata (DF): 1st-2nd pl (laesura seen due to transparency); 51 and 52. Psilate (PF): 1st-2nd pl. pl – plane; DF – distal face; PF – proximal face.



**Figures 53-68.** Pteridophytes: 53 and 54. *Lycopodiella alopecuroides* (L.) Cranfill (PF): 1st-2nd pl; 55 and 56. *Selaginella marginata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Spring (microspore, DF): 1st-2nd pl; 57. *Isoetes* L. (microspore, EQ), paraexospore detached from exospore; 58 and 59. *Marattia laevis* Sm. (EQ): 1st-2nd pl; 60 and 61. *Osmunda* L. (EQ and PF, respectively); 62. Cyatheaceae (PF); 63. *Blechnum imperiale* H. Chr. (EQ); 64. *Blechnum* L. type (PF); 65. *Polypodium* L. type 1 (PF); 66. *Polypodium* L. type 2 (EQ); 67. *Salvinia* Ség. Fragment of massulae, with microspores; 68. *Azolla filiculoides* Lam. Fragment of massulae, with microspores and glochidia.  
pl – plane; DF – distal face; PF – proximal face; EQ – equatorial view.

Oblate, reniform, bilateral. Monolete, linear, > 75% of the spore length, with margo. Laevigate exospore. Polar axis: ca. 31  $\mu\text{m}$ . Equatorial axis: ca. 53  $\mu\text{m}$ .

**Note:** differs from *Blechnum imperiale* by its smaller size and clear appearance

**Ecological data:** terricolous or lithophytic, sometimes epiphytic. Common in tropical mountains and nebular forests, along streams, marshes, and bogs, as well as in grasslands (Sehnm 1968).

Family: Polypodiaceae

45. *Polypodium* L. 1 type

Fig. 65

Oblate, reniform, bilateral. Monolete, linear, > 75% of the spore length. Verrucate exospore. Small verrucae on all the surface. Polar axis: 32-38  $\mu\text{m}$ . Equatorial axis: 51-55  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** genus of varied environments. Terricolous, lithophytic or epiphytic, in tropical mountains, nebular forests or grasslands areas with taller vegetation (Lorscheitter *et al.* 2005).

46. *Polypodium* L. 2 type

Fig. 66

Oblate, reniform, bilateral. Monolete, linear, > 75% of the spore length. Small globules scattered over the entire surface. Polar axis: ca. 39  $\mu\text{m}$ . Equatorial axis: ca. 55  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data:** as in *Polypodium* 1 type.

Order: Salviniiales

Family: Salviniaceae

47. *Salvinia* Ség.

Fig. 67

Microspore globose, radial. Equatorial limb circular. Trilete, fine arms smaller than the radius. Laevigate to scabrate exospore. Spores suspended in an epispore matrix (massulae) irregularly vacuolate. Long axis of massulae: 108  $\mu\text{m}$ . Short axis of massulae: 53  $\mu\text{m}$ . Equatorial axis of microspore: 16-29  $\mu\text{m}$ .

**Note:** generally fragmented massulae.

**Ecological data:** floating on lakes and other water bodies, in marshes, generally at elevations lower than 100 m (Tryon & Tryon 1982).

48. *Azolla filiculoides* Lam.

Fig. 68

Microspore globose, radial. Equatorial limb circular. Trilete, fine arms smaller than the radius. Laevigate to scabrate exospore. Spores suspended in an epispore matrix (massulae) irregularly vacuolated, with many glochidia radiating from the surface. Glochidia single-celled, anchor-shaped. Long axis of massulae: 112-263  $\mu\text{m}$ . Short axis of massulae: 69-224  $\mu\text{m}$ . Equatorial axis of microspore: 20-63  $\mu\text{m}$ .

**Note:** generally fragmented massulae.

**Ecological data:** as in *Salvinia*.

## Conclusions

In this study, we identified 48 taxa, including 25 fungi, eight algae, three bryophytes and 12 pteridophytes. The morphological study of these distinct palynomorphs showed a diversity of taxa, corresponding to a variety of habitats. As the first palynological sedimentary study of the extreme southern of Brazilian coastal plain, this work provides reference materials for paleoenvironmental research in this region focusing on the last millennia in this region.

## Acknowledgments

This study received financial support from the Brazilian *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq, National Council for Scientific and Technological Development) and from the *Universidade Federal do Rio Grande do Sul* (UFRGS, Federal University of Rio Grande do Sul).

## References

- Algaebase 2013. <<http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist>> (Access at 01/20/2013)
- Baptista, L.R.M.; Lorscheitter, M.L. & Scherer, C. 2012. Floristic composition of a Subtropical bog, Eastern Plateau from southern Brazil. **Check List** 8(2): 224-236.
- Barnett, H.L. & Hunter, B.B. 1987. **Illustrated genera of imperfect fungi**. 4<sup>th</sup> ed. New York, Macmillan Publ.
- Berglund, B.B. 1986. **Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology**. New York, John Wiley & Sons.
- Chase, M.W. & Reveal, J.L. 2009. A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society** 161: 122-127.
- Cordeiro, S.L. & Lorscheitter, M.L. 1994. Palynology of Lagoa dos Patos sediments, Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Paleolimnology** 10(1): 35-42.
- Dilcher, D.L. 1965. Epiphyllous fungi from Eocene deposits in western Tennessee, USA. **Palaeontographica** 116(1-4): 1-54.
- Erdtman, G. 1969. **Handbook of Palynology**. New York, Hafner Publishing Co.
- Faegri, K. & Iversen, J. 1989. **Textbook of Pollen Analysis**. 4<sup>th</sup> ed. New York, John Wiley & Sons.
- Hooghiemstra, H. 1984. **Vegetational and Climatic History of the High Plain of Bogotá, Colombia: A Continuous Record of the Last 3.5 Million Years**. J. Vaduz, Cramer.
- Index Fungorum. 2013. <<http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>> (Access at 01/14/ 2013).
- Joly, A.B. 2002. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 13<sup>a</sup> ed. São Paulo, Editora Nacional.
- Kirk, P.M.; Cannon, P.F.; Minter, D.W. & Stalpers, J.A. 2008. **Dictionary of the fungi**. 10<sup>th</sup> ed. CABI Europe – UK, Wallingford.
- Leal, M.G. & Lorscheitter, M.L. 2006. Polen, esporos e demais palinómorfos de sedimentos holocênicos de uma floresta paludosa, Encosta Inferior do Nordeste, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica** 61(1-2): 13-47.
- Leonhardt, A. & Lorscheitter, M.L. 2007. Palinómorfos do perfil sedimentar de uma turfeira em São Francisco de Paula, Planalto Leste do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**. 30(1): 47-59.
- Lorscheitter, M.L. 1988. Palinologia de sedimentos quaternários do testemunho T15, Cone do Rio Grande, Atlântico Sul, Brasil. **Descrições taxômicas. Pesquisas** 21: 61-117.

- Lorscheitter, M.L. 1989. Palinologia de sedimentos quaternários do teste-munho T15, Cone do Rio Grande, Atlântico Sul, Brasil. Descrições taxonômicas, parte II. **Pesquisas, Botânica** 22: 89-127.
- Lorscheitter, M.L. 2003. Contribution to the Holocene history of Atlantic rain forest in the Rio Grande do Sul state, southern Brazil. **Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales** 5 (2): 261-271.
- Lorscheitter, M.L.; Ashraf, A.R.; Bueno, R.M. & Mosbrugger, V. 1998. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part I. **Paleontographica** 246: 1-113.
- Lorscheitter, M.L.; Ashraf, A.R.; Windisch, P.G. & Mosbrugger, V. 1999. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part II. **Paleontographica** 251: 71-235.
- Lorscheitter, M.L.; Ashraf, A.R.; Windisch, P.G. & Mosbrugger, V. 2005. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part V. **Paleontographica** 270: 1-180.
- Lorscheitter, M.L. & Dillenburg, S.R. 1998. Holocene Paleoenvironments of the Northern Coastal Plain of Rio Grande do Sul, Brazil, reconstructed from palynology of Tramandaí Lagoon sediments. **Quaternary or South America and Antarctic Peninsula** 11(1): 75-99.
- Lorscheitter, M.L. & Romero, E.J. 1985. Palynology of Quaternary Sediments of the Core T15, Rio Grande Cone, South Atlantic, Brazil. **Quaternary or South America and Antarctic Peninsula** 3(1): 55-92.
- Menéndez, G.G.H. 1962. **Estudio de las Anthocerotales y Marchantiales de la Argentina**. Tucuman, Instituto Miguel Lillo.
- MOBOT 2013. <<http://www.tropicos.org>> (Access at 01/30/2013).
- Neves, P.C.P. & Bauermann, S.G. 2003. Catálogo palinológico de coberturas quaternárias no estado Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. Descrições taxonômicas – Parte I: fungos, algas, palinómorfos outros e fragmentos de invertebrados. **Pesquisas, Botânica** 53: 121-149.
- Neves, P.C.P. & Bauermann, G.B. 2004. Catálogo palinológico de coberturas quaternárias no estado Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. Descrições taxonômicas – Parte II: Bryophyta e Pteridophyta. **Pesquisas, Botânica** 55: 227-251.
- Neves, P.C.P. & Lorscheitter, M.L. 1992. Palinologia de sedimentos de uma mata tropical paludosa em Terra de Areia, Planície Costeira Norte, Rio Grande do Sul, Brasil. Descrições taxonômicas, parte I: fungos, algas, briófitos, pteridófitos, palinómorfos outros e fragmentos de invertebrados. **Acta Geologica Leopoldensia** 15: 83-114.
- Neves, P.C.P. & Lorscheitter, M.L. 1995a. Palinologia de sedimentos de uma mata tropical paludosa (Terra de Areia, Planície Costeira Norte, Rio Grande do Sul, Brasil). Descrições Taxonômicas – Parte II: Gimnospermas e Angiospermas. **Acta Geologica Leopoldensia** 41: 45-82.
- Neves, P.C.P. & Lorscheitter, M.L. 1995b. Upper Quaternary Palaeoenvironments in the Northern Coastal Plain of Rio Grande do Sul, Brazil. **Quaternary or South America and Antarctic Peninsula** 9(1): 43-72. Rotterdam.
- Pirani, J.R. & Prado, J. 2012. Embryopsida, a new name for the class of land plants. **Taxon** 61: 1096-1098.
- Punt, W.; Blackmore, S.; Nilsson, S. & Thomas, A.L.E. 2007. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Paleobotany and Palynology** 143: 1-81.
- Rosa, Z.M. & Miranda-Kiesslich, A.L. 1988. O gênero *Pediastrum* Meyen (Chlorococcales-Hydrodictyryaceae) do sistema lagunar da região Litoral do Rio Grande do Sul. **Iheringia, Série Botânica** 38: 149-169.
- Rosignol, M. 1962. Analyse pollinique de sédiments marins Quaternaries en Israel. II, Sédiments Pleistocenes. **Pollen et Spores** 4: 121-148.
- Roth, L. & Lorscheitter, M.L. 2008. Palinómorfos de um perfil sedimentar em uma turfeira do Parque Nacional dos Aparados da Serra, leste do Planalto do Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia Série Botânica** 63: 69-100.
- Roth, L. & Lorscheitter, M.L. 2013. Bryophyte and pteridophyte spores and gymnosperm pollen grains of sedimentary profiles from two forest areas of the Southern Brazilian Coastal Plain. **Brazilian Journal of Botany** 36(2): 99-110.
- Salgado-Labouriau, M.L. 1973. **Contribuição à Palinologia dos Cerrados**. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências.
- Scherer, C. & Lorscheitter, M.L. 2008. Palinómorfos de fungos e criptógamas em sedimentos quaternários de duas matas com Araucária, Planalto leste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** 22 (1): 131-144.
- Schubler, A.; Schwarzott, D. & Walker, C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research** 105: 1413-1421.
- Schultz, A. 1980. **Introdução à botânica sistemática**. 5 ed. v.1, Porto Alegre, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Sehnm, A. 1968. Blechnáceas. In: R. Reitz (Ed.). **Flora Ilustrada Catarinense. Herbário Barbosa Rodrigues**, Itajaí.
- Spalding, B.B. & Lorscheitter, M.L. 2009. Palinologia de sedimentos da turfeira do Banhado Amarelo, São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. Fungos e criptógamas. **Hoehnea** 36(2): 219-232.
- Tryon, A.F. & Lugardon, B. 1990. **Spores of the Pteridophyta**. New York, Springer-Verlag.
- Tryon, R.M. & Tryon, A.F. 1982. **Ferns and allied plants**. New York, Springer-Verlag.
- Van Geel, B. 1978. A paleoecological study of Holocene peat bog in Germany and the Netherlands. **Review of Paleobotany and Palynology** 25: 1-120.
- Van Geel, B. & Van der Hammen, T. 1978. Zygnemataceae in Quaternary Colombian sediments. **Review of Palaeobotany and Palynology** 25: 377-392.
- Von Arx, J.A. 1974. **The genera of fungi sporulating in pure culture**. Vaduz: A. R. Gantner Verlag K. G.

**APÊNDICE B –**

# Gymnosperm and angiosperm pollen grains in Holocene sediments from a paleolagoon in the coastal plain of extreme southern Brazil

Ebráilon Masetto<sup>1</sup> · Maria Luisa Lorscheitter<sup>1</sup>

Received: 9 October 2015 / Accepted: 3 December 2015 / Published online: 30 December 2015  
© Botanical Society of Sao Paulo 2015

**Abstract** This paper describes pollen grains of three gymnosperms and 31 angiosperms preserved in one Quaternary sedimentary profile of a paleolagoon, Hermenegildo Beach (33°42'S–53°18'W), in the extreme southern coastal plain of Rio Grande do Sul, southern Brazil. We present these data as taxonomic references for paleoenvironmental studies in this region. The profile was collected directly from the vertical slope over an interval covering the last conventional 2600 years, as determined by radiocarbon dating. Chemical processing of the samples was performed according to standard methodology, using HCl, HF, KOH, and acetolysis, and analyses were performed on light microscopy. The pollen material was found during the counts of 300 pollen grains in each sample, controlled by saturation curves. Descriptions and illustrations are included, along with ecological data from the original organisms. The high taxonomic diversity found in this study will enhance subsequent plant successional studies, which are essential to paleoenvironmental reconstructions of the coastal plain of southern Brazil.

**Keywords** Palynology · Quaternary · South America · Taxonomy

## Introduction

The palynological analyses of Quaternary sediments from coastal plains, along with radiocarbon data, allow detection of marine oscillations and facilitate understanding of the dynamics of vegetation and climate through plant succession studies. Environmental changes over the last millennia are responsible for the current landscape physiognomy (Berglund 1986). Thus, pollen analysis of sediments also allows inferences to be made regarding the natural tendencies of the vegetation and climate, which are important for preservation and environmental monitoring (Birks and Birks 1980).

Little is known about sea-level oscillations and their effects on climate and vegetation dynamics in the southern coastal plain in the state of Rio Grande do Sul, Brazil, despite the contribution that such oscillations make to shaping the current landscape in this region.

Sedimentary palynology is only possible due to certain characteristics of palynomorphs: (1) the morphology of cell wall (the exine) is related to the source of plant, which makes taxonomic identification and inferences about the habitat possible; (2) the cell wall is composed of sporopollenin, allowing of their preservation; and (3) the production of grains in large quantities allows statistical analysis for paleoenvironmental reconstructions. Therefore, palynological catalogs of reference, based on actual or extracted material from sediments are essential for the proper identification of palynomorphs in paleoenvironmental reconstructions.

There are very few descriptions for angiosperm pollen from sedimentary profiles being used as references in paleoenvironmental studies of the >600-km coastal plain of Rio Grande do Sul, the southernmost Brazilian state: marine (Lorscheitter 1988) and continental sites such as

✉ Maria Luisa Lorscheitter  
mlorsch@uol.com.br

<sup>1</sup> Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves 9500, 91540-000 Porto Alegre, RS, Brazil

Terra de Areia (Neves and Lorscheitter 1995), and Santo Antônio da Patrulha (Macedo et al. 2009).

This is the first such study for the extreme southern region of the coastal plain of Rio Grande do Sul state; it was performed to provide basic reference material for paleoenvironmental reconstructions of the last millennia in this area. As a continuation of our previous publication covering fungi, algae, bryophyte, and pteridophyte palynomorphs (Masetto and Lorscheitter 2014), this report presents the results of qualitative pollen analysis in an outcrop sedimentary profile of a paleolagoon in Hermenegildo Beach, in the extreme southern region of the Rio Grande do Sul coastal plain, corresponding to the last millennia. Here, we present the taxonomy of gymnosperm and angiosperm pollen grains, with short morphological descriptions, measurements and photomicrographs. Ecological data regarding the corresponding plant accompany the descriptions.

## Materials and methods

A 140-cm-thick sedimentary profile of a paleolagoon was obtained in a Holocene outcrop at Hermenegildo Beach (33°42'S–53°18'W), municipality of Santa Vitoria do Palmar, in the extreme southern region of the Rio Grande do Sul coastal plain (Fig. 1). Twenty-eight samples were taken at 5 cm intervals directly from the outcrop, composed of dark-clay organic sediments and covered by transgressive sands. Each sample was collected directly from the vertical slope into a box measuring 8-cm<sup>3</sup>. The radiocarbon date at the base of the profile was determined by Beta Analytic Inc. (Miami, FL, USA).

The samples were treated by hydrochloric acid, hydrofluoric acid, and potassium hydroxide, after which they were subjected to acetolysis and filtered through a net with a 250- $\mu$ m mesh (Faegri and Iversen 1989). The samples were mounted on glycerin-coated slides (Salgado-Labouriau 1973; Faegri and Iversen 1989) and examined by light microscopy (DIAPAN; Leica Microsystems, Wetzlar, Germany). A minimum of 300 pollen grains were counted per sample, according to saturation curves. Spores and other palynomorphs were identified in parallel counts. Photomicrographs were taken using a digital camera (DFC295; Leica Microsystems) connected to the microscope. Botanical identification was based on the reference collection of the Palynology Laboratory of the Department of Botany at the Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, and on descriptions in the literature (Hooghiemstra 1984; Lorscheitter 1988; Neves and Lorscheitter 1995; Leal and Lorscheitter 2006; Roth and Lorscheitter 2008; Leonhardt and Lorscheitter 2008, 2010; Scherer and Lorscheitter 2009; Spalding and Lorscheitter 2010). Taxonomic treatment for

Orders was based on APG III (Stevens 2015). The taxa names follow Missouri Botanical Garden (MOBOT) (2015), in the lowest possible category, according to the morphology and level of pollen preservation. The word “type” was used when precise identification was not possible, following Berglund (1986). When identification was not possible, the material was separated by number to permit future identification. The palynological description of each taxon is briefly presented, with nomenclature based on Punt et al. (2007). In some cases, it was not possible to measure the polar axis of the grains due to their fixed position. Ecological data for the organisms of origin, extracted from literature, are included to facilitate future paleoenvironmental studies.

## Results and discussion

The base of sedimentary profile of Hermenegildo Beach was dated in  $2590 \pm 60$  BP (Cal BP 2650–2490, 95 % probability) Beta—189288. The second part of the study is presented here with pollen grains of three gymnosperms and 31 angiosperms.

### Gymnosperms

*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze Figs. 2, 3

Oblate spheroidal to spheroidal, globose. Robust, radially symmetric, isopolar. Inaperturate, scabrate (Figs. 2, 3). Tenuous exine, generally with irregular folds. Slight exine detachment at equatorial zone (Fig. 3). Polar axis: 66–92  $\mu$ m; equatorial axis: 66–100  $\mu$ m.

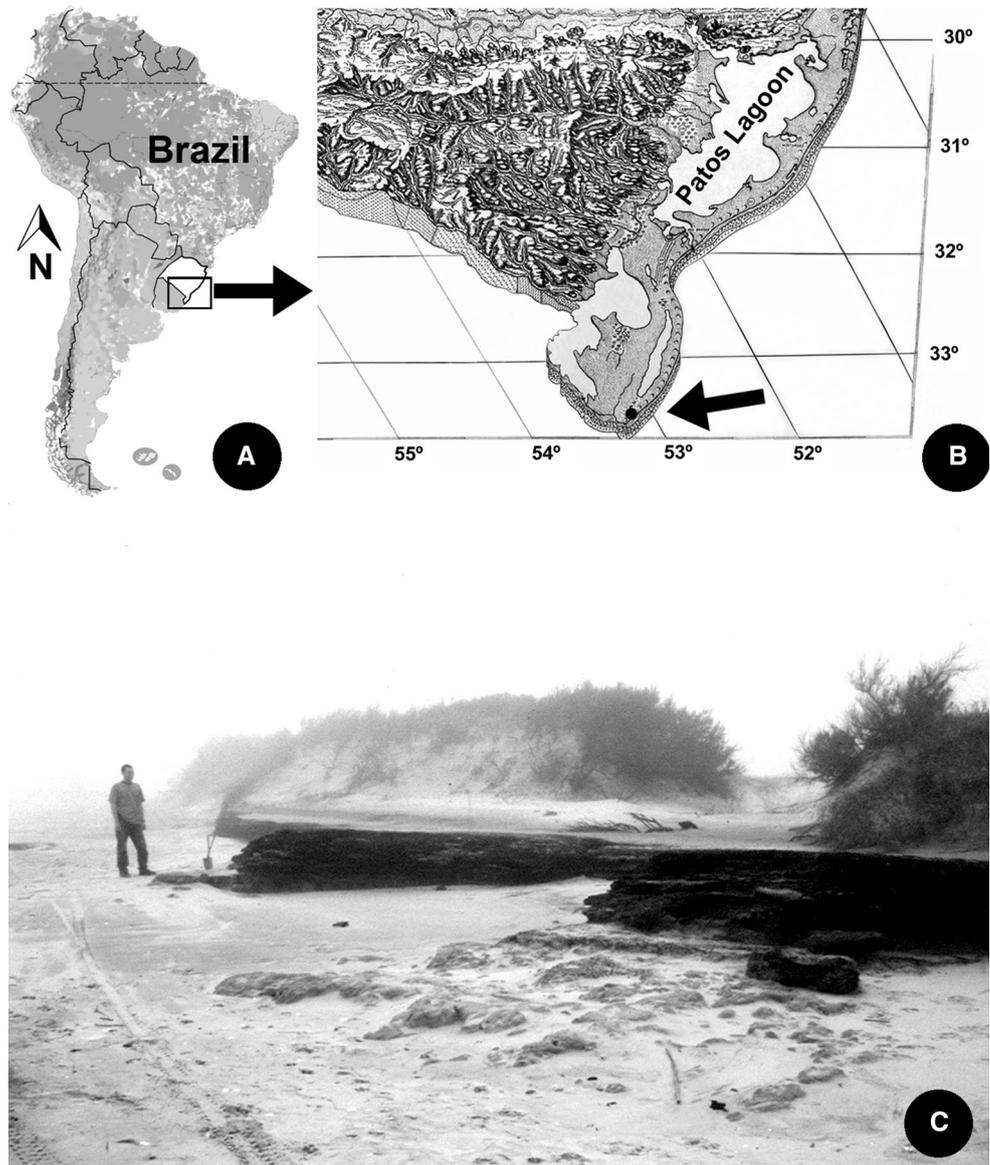
*Ecological data* Pioneer heliophyte, large trees in a humid and cold environment. Form forest with other arboreal taxa in Rio Grande do Sul oriental plateau. Also occur in small clusters in Serra do Sudeste region, but not characteristic of the coastal plain (Rambo 1956a; Reitz and Klein 1966; Reitz et al. 1983; Backes 1988; Backes and Irgang 2002; Souza and Lorenzi 2012).

*Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. Fig. 4

Peroblate, robust, bilateral, heteropolar. Elliptical in polar and equatorial view outline, with leptoma. Scabrate. Bisaccate, sacci with fine and irregular lines (Fig. 4). Total height (including saccus): ca. 57  $\mu$ m. Polar axis: ca. 32  $\mu$ m; equatorial greater axis: ca. 73  $\mu$ m; equatorial smaller axis: ca. 46  $\mu$ m; sacci height: ca. 33  $\mu$ m; sacci width: ca. 52  $\mu$ m.

*Ecological data* Pioneer trees in humid areas. With extensive geographic distribution in Rio Grande do Sul, mainly in *Araucaria* forest margin in oriental plateau, and Serra do Sudeste region, but not characteristic of the

**Fig. 1** **a** State of Rio Grande do Sul (*white*), in southern Brazil; **b** location of Hermenegildo beach; **c** Hermenegildo beach and the Holocene paleolagoon outcrop studied, composed of dark-clay organic sediments and covered by transgressive sands



coastal plain (Reitz et al. 1983; Marchiori 1996, Backes and Irgang 2002; Marchant et al. 2002; Souza and Lorenzi 2012; Sobral and Jarenkow 2013).

*Ephedra tweediana* Fisch. & C.A. Mey. Fig. 5

Peroblate, bilateral, apolar. Ellipsoidal. Inaperturate, psilate, with many fine folds parallel to equatorial greater axis (Fig. 5). Smaller axis: 22–27  $\mu\text{m}$ ; equatorial greater axis: 45–75  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data** Small climbing woody shrubs, from Serra do Sudeste and southern coastal plain of Rio Grande do Sul, until ca. 30°S (Rambo 1954; Waechter 1990; Marchiori 1996; Souza and Lorenzi 2012). In sandy dry

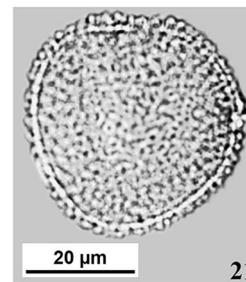
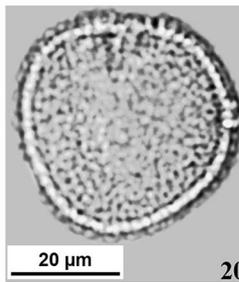
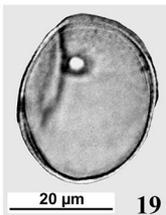
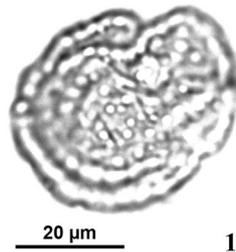
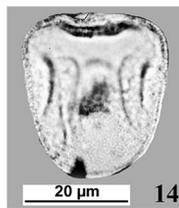
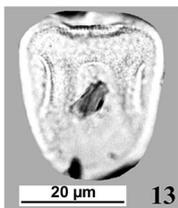
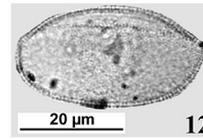
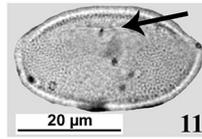
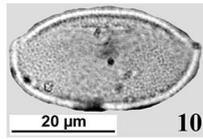
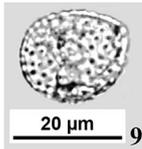
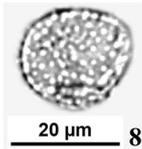
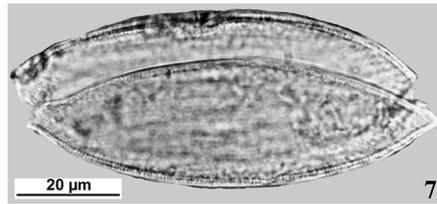
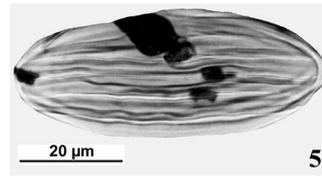
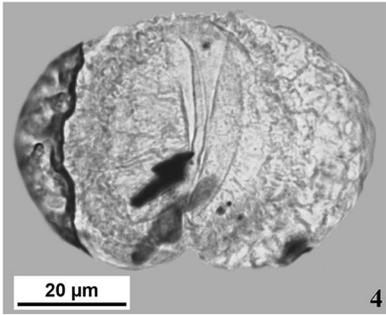
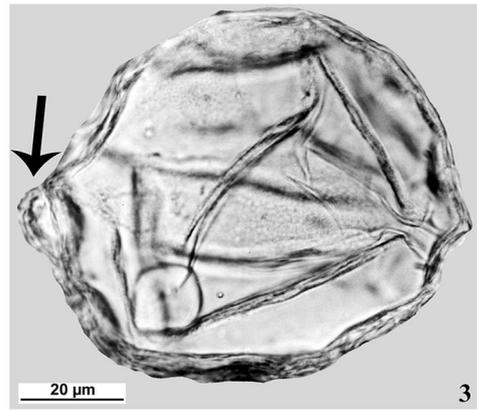
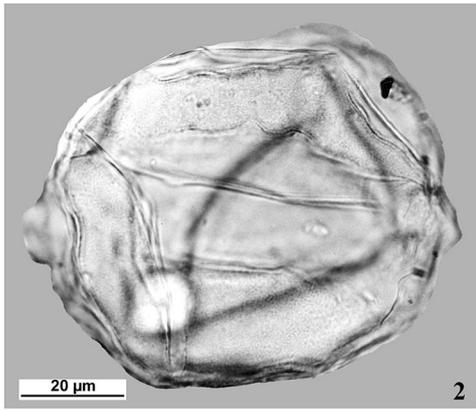
soils on dunes or margin of swamp forests (Baptista et al. 1979).

### Angiosperms

*Cabomba* Aubl. Figs. 6, 7

Oblate, bilateral, heteropolar. Robust. Elliptic in polar and in major equatorial view outline. Anaperturate, monosulcate, striate. Striae parallel to the equatorial greater axis (Figs. 6, 7). Evident columellae. Polar axis: ca. 40  $\mu\text{m}$ ; equatorial greater axis: 82–112  $\mu\text{m}$ .

**Ecological data** Herbs with short rhizomes, common in Rio Grande do Sul, submerged in water reservoirs and



◀ **Figs. 2–21** Gymnosperms. 2–3 *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (EV): 1°–2° pl. Exine detachment (arrow); 4 *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. (PV); 5 *Ephedra tweediana* Fisch. & C.A. Mey. Angiosperms. 6–7 *Cabomba* Aubl. (EV obl, fractured): 1°–2° pl; 8–9 Alismataceae: 1°–2° pl; 10–12 Liliaceae type (EV obl): 1°–3° pl. Sulcus (arrow); 13–14 Cyperaceae (EV): 1°–2° pl; 15–16 Eriocaulaceae (PV obl, fractured): 1°–2° pl; 17–19 Poaceae. 17 (EV), 18–19 (obl): 1°–2° pl; 20–21 *Typha* L. (EV): 1°–2° pl. PV polar view, EV equatorial view, obl oblique, pl planes

swamps (Barroso 1978; Irgang and Gastal Junior 1996; Souza and Lorenzi 2012).

#### Alismataceae Figs. 8, 9

Spheroidal, radially symmetric, apolar. Pantoporate, microechinate (Figs. 8, 9). Tenuous distanced pores. Very fine echinae, regularly distributed over the exine surface. Diameter: ca. 20 µm.

*Ecological data* Totally or partially submerged or floating herbs, in swamps, sandy soils of humid grassland and margin of lakes and rivers of many world plates (Irgang and Gastal Junior 1996; Souza and Lorenzi 2012). Common in Rio Grande do Sul (Irgang and Gastal Junior 1996).

#### Liliaceae type Figs. 10, 11, 12

Bilateral, heteropolar. Amb elliptical. Monosulcate, per-reticulate (Fig. 10). Elongated sulcus (Fig. 11, 12). Fine reticulum, with lumina of short to large variable size. Evident columellae. Equatorial smaller axis: 16–25 µm; equatorial greater axis: 27–37 µm.

*Ecological data* Family usually consists of bulbous herbs, with ample world distribution, warm to temperate climate (Souza and Lorenzi 2012). Occur in Rio Grande do Sul and in its Coastal Plain (Rambo 1954).

#### Cyperaceae Figs. 13, 14

Prolate spheroidal to subprolate, radially symmetric, heteropolar. Generally distal pole wider than proximal pole (Figs. 13, 14). Inaperturate or ana-ulcerate, with distinct ulcus, and/or tenue-elongated parallel equatorial apertures, in variable number and irregular in outline (Fig. 13). Scabrate, greater projections on the apertures (Fig. 13). Polar axis: 32–50 µm; equatorial axis: 27–43 µm.

*Ecological data* Small to tall herbs generally with rhizomes in grassland, humid areas, or swamps, but there are species in dry and sandy soils or forest and bog margins (Rambo 1956a; Souza and Lorenzi 2012). Common in Rio Grande do Sul in general (Rambo 1954, 1956a, b, 1961).

#### Eriocaulaceae Figs. 15, 16

Subprolate, radially symmetric, isopolar. Elliptical in equatorial view outline. Spiraperturate, microechinate (Figs. 15, 16). Fine echinae regularly distributed over the exine surface (Fig. 16). Evident columellae. Polar axis: ca. 45 µm; equatorial axis: ca. 35 µm. Obs.: it is difficult to find entire grains due to the long aperture and fragile exine.

*Ecological data* Generally herbs with rhizomes in marsh wet soils, occasionally aquatic submerged, at tropical and subtropical regions, common in Rio Grande do Sul (Rambo 1956b; Moldenke and Smith 1976; Souza and Lorenzi 2012).

#### Poaceae Figs. 17, 18, 19

Spheroidal, radially symmetric, heteropolar. Amb circular and circular in equatorial view outline (Fig. 17). Anaportate, psilate to scabrate. Pore with distinct annulus (Fig. 17, 18, 19). Evident columellae. Polar axis: ca 28 µm; equatorial axis: 27–35 µm.

*Ecological data* Common small herbs with rhizomes, in dry, humid or flooded soil. Ample distribution, in almost all climates, soils, and altitudes. Common in open environments, forming typical associations in grassland areas (Boldrini et al. 2008; Souza and Lorenzi 2012). Abundant in Rio Grande do Sul and in its coastal plain (Rambo 1954, 1961).

#### *Typha* L. Figs. 20, 21

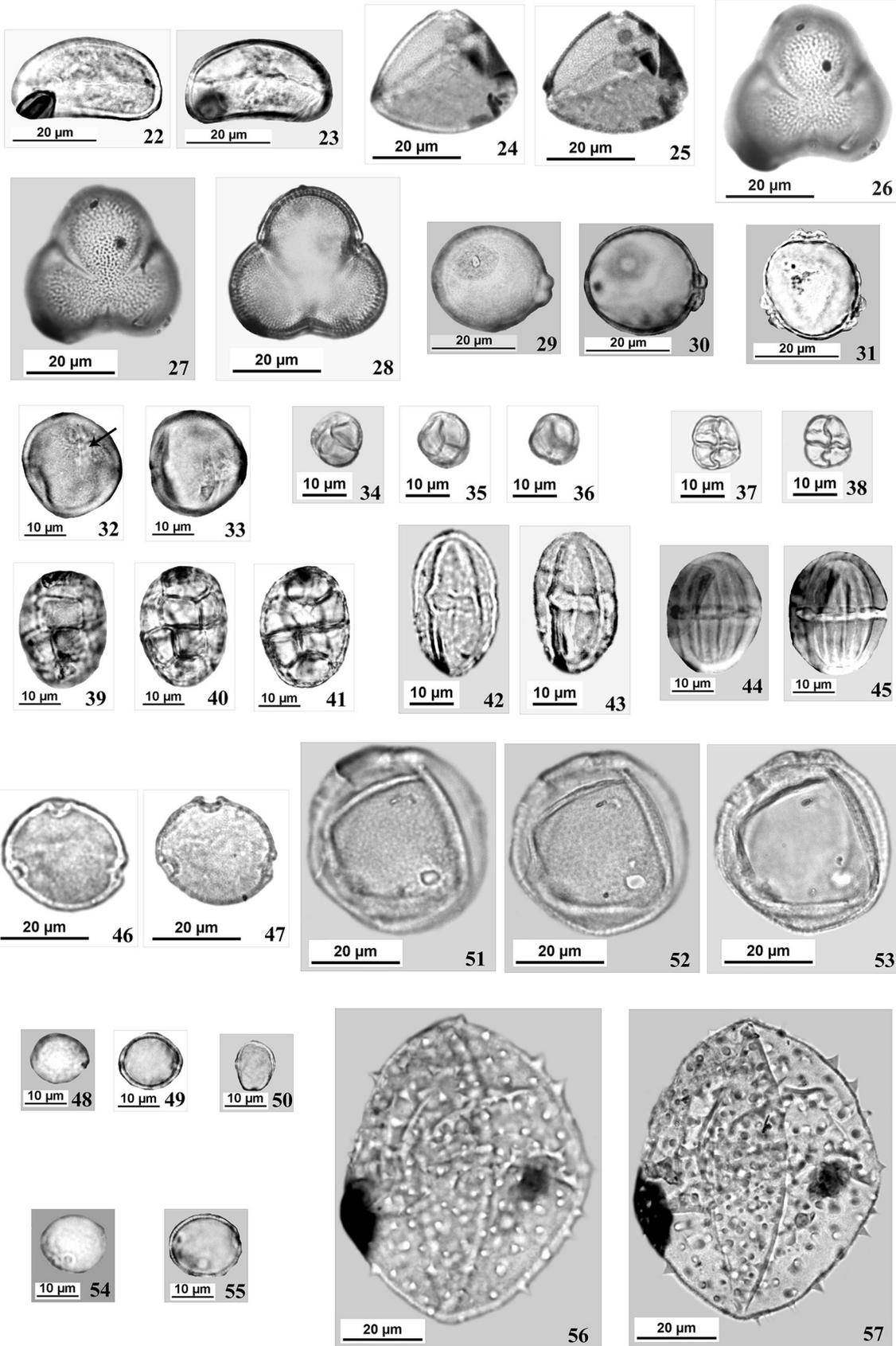
Oblate spheroidal to spheroidal, radially symmetric, heteropolar. Amb approximately circular and approximately circular in equatorial view outline (Figs. 20, 21). Anaulcerate, per-reticulate-rugulate (Fig. 21). Evident columellae. Polar axis: 29–38 µm, equatorial axis: 18–38 µm.

*Ecological data* Aquatic herbs with rhizomes in shallow water, waterlogged marsh or in stream margins where groupings can form (Reitz 1984; Marchant et al. 2002; Souza and Lorenzi 2012). Common in Rio Grande do Sul and in its coastal plain (Rambo 1954).

#### *Eichhornia* Kunth Figs. 22, 23

Oblate, bilateral, heteropolar. Light concavo-convex in equatorial view outline (Fig. 22, 23). Disulculate, psilate (Figs. 22). Polar axis: 22–28 µm; equatorial greater axis: 35–43 µm.

*Ecological data* Aquatic herbs, floating or attached roots in the bottom of water reservoirs. Generally in tropical places. Occur on the surface of rivers, streams, lakes, and flooded soils (Castellanos and Klein 1967; Marchant et al. 2002; Souza and Lorenzi 2012). Common in communities on the lake surface in the coastal plain from Rio Grande do Sul (Waechter 1990).



◀ **Figs. 22–57** Angiosperms. 22–23 *Eichhornia* Kunth (EV): 1°–2° pl; 24–25 *Roupala* Aubl. (PV): 1°–2° pl; 26–28 *Gunnera* L. type (PV): 1°–3° pl; 29–31 *Myriophyllum* L. 29–30 (EV obl.): 1°–2° pl, 31 (PV): 1°–2° pl. Operculum (arrow); 34–36 *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze: 1°–3° pl; 37–38 *Mimosa* L.: 1°–2° pl; 39–41 *Inga* Mill. type: 1°–3° pl; 42–43 *Vicia* L. type (EV): 1°–2° pl; 44–45 *Polygala* L. (EV): 1°–2° pl; 46–47 *Celtis* L. (PV): 1°–2° pl; 48–49 *Trema micrantha* (L.) Blume: 1°–2° pl; 50 *Cecropia* Loeff. (EV); 51–53 Urticaceae 1 (obl): 1°–3° pl; 54–55 Urticaceae 2 (obl): 1°–2° pl; 56–57 Cucurbitaceae: 1°–2° pl. PV polar view, EV equatorial view, obl oblique, pl planes

#### *Roupala* Aubl. Figs. 24, 25

Radially symmetric, isopolar. Amb subtriangular with slightly convex sides (Fig. 24, 25). Triporate, microreticulate. Distinct pores (Fig. 25). Evident columellae. Equatorial axis: ca. 29 µm.

*Ecological data* Arboreal plants in southern Brazilian region, mainly in *Araucaria* forest mountain zones and adjacent lower and humid areas. Occur in Rio Grande do Sul (Rambo 1956b; Backes and Irgang 2002, 2004; Sobral and Jarenkow 2013).

#### *Gunnera* L. type Figs. 26, 27, 28

Radially symmetric, isopolar. Amb inter-semi-lobate (Figs. 26, 27, 28). Tricolporate, reticulate. Lengthy colpi (Fig. 27). Evident columellae. Equatorial axis: ca. 32 µm.

*Ecological data* Genus of large or small herbs with rhizomes or stolon. Occur in humid mountain areas and in sandy humid soil of the coastal plain southern Brazil (Rambo 1954; Feveireiro and Barbosa 1976; Marchant et al. 2002; Souza and Lorenzi 2012).

#### *Myriophyllum* L. Figs. 29, 30, 31

Oblate to oblate spheroidal, radially symmetric, isopolar. Amb circular, equatorial view slightly elliptic in outline (Figs. 29, 30, 31). Triporate to tetraporate, psilate or microverrucate. Highly protruding pores, with distinct annulus (Fig. 31). Tenuous verrucae. Evident columellae. Polar axis: 27–34 µm; equatorial axis: 31–41 µm.

*Ecological data* Herbs or small shrubs, aquatic submerged in streams or in swamps, common in southern Brazil (Feveireiro 1975; Souza and Lorenzi 2012).

#### *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg. Figs. 32, 33

Subprolate to prolate spheroidal, radially symmetric, isopolar. Amb circular, equatorial view slightly elliptic in outline. Tricolporate operculate, psilate (Figs. 32, 33). Evident columellae. Polar axis: ca. 29 µm; equatorial axis: 26–28 µm.

*Ecological data* Very common heliophyte pioneer trees in almost all environments in southern Brazil. Important in the formation of distinct forest and soils. Frequent in the Rio Grande do Sul coastal plain (Rambo 1954; Klein 1961; Reitz et al. 1983; Backes and Irgang 2002; Lorenzi 2008; Souza and Lorenzi 2012; Sobral and Jarenkow 2013).

#### *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze Figs. 34, 35, 36

Tetrad tetrahedral (Figs. 34, 35, 36), frontal view circular in outline. Grain small, oblate to suboblate, radially symmetric, heteropolar. Amb more or less circular. Distal pole slightly wider than the proximal pole (Fig. 35). No evident aperture, psilate. Tetrad diameter: 11–12 µm. Grain: Polar axis: ca. 6 µm; equatorial axis: 7–10 µm.

*Ecological data* Heliophyte pioneer trees, common in southern Brazil, present in varied humid soils of grassland, swamps, or forests near the rivers, sometimes in dense extensive groupings. Well developed in degraded flooding environments. Frequent in Rio Grande do Sul coastal plain (Rambo 1953; Reitz et al. 1983; Waechter 1990; Marchiori 1997; Backes and Irgang 2002; Lorenzi 2009; Sobral and Jarenkow 2013).

#### *Mimosa* L. Figs. 37, 38

Tetrad tetragonal (Figs. 37, 38), frontal view subquadrangular in outline. Grain small, oblate spheroidal to spheroidal, radially symmetric, heteropolar. Amb more or less circular. Distal pole wider than the proximal pole (Fig. 38). Thick exine. No evident aperture, psilate. Tetrad diameter: 12–14 µm. Grain: polar axis: 4–8 µm; equatorial axis: 6–8 µm.

*Ecological data* Trees, shrubs, bindweeds, or herbs in many varied forest and grassland environments. Very common in Rio Grande do Sul, occurring in the coastal plain (Rambo 1954; Marchiori 1997).

#### *Inga* Mill. type Figs. 39, 40, 41

Polyad elliptical in frontal view outline, small to large (Figs. 39, 40, 41). Grain small, oblate spheroidal to spheroidal, radially symmetric, heteropolar. Distal pole wider than the proximal pole, amb more or less quadrangular (Fig. 40). No evident aperture, psilate to verrucate (Fig. 40). Evident columellae or obscure stratification. Polyad greater diameter: 17–56 µm; polyad smaller diameter: 13–40 µm. Grain: polar axis: 4–18 µm; equatorial axis: 5–19 µm.

*Ecological data* The genus includes pioneer shrubs or small trees limited to the tropical and subtropical Americas, close to rivers or lakes. Common in Rio Grande do Sul. Along with other trees, such *Celtis* and *Trema*, forms

arboreal groups in the coastal plain, preparing the soil for expansion of the Atlantic rain forest (Rambo 1951, 1954, 1961; Marchiori 1997; Souza and Lorenzi 2012).

*Vicia* L. type Figs. 42, 43

Prolate, radially symmetric, isopolar. Equatorial view elliptic in outline (Figs. 42, 43). Tricolporate, mesocolpium reticulate. Colpori with developed endoaperture (Fig. 42). Evident columellae. Polar axis: ca. 33  $\mu\text{m}$ ; equatorial axis: ca. 19  $\mu\text{m}$ .

*Ecological data* The genus includes herbs sometimes climbing by tendrils, in southern and southwestern Brazilian regions. Frequently found in modified grassland, with other herbaceous and shrubs species, or in wayside, common in Rio Grande do Sul (Bastos and Miotto 1996).

*Polygala* L. Figs. 44, 45

Prolate, radially symmetric, isopolar. Equatorial view elliptic in outline. Stephanocolporate psilate. Long and fine ectoapertures (Figs. 44, 45). Wide endoapertures, sideways united forming a continuous band (Fig. 44). Columellae slightly evident. Polar axis: ca. 38  $\mu\text{m}$ ; equatorial axis: ca. 27  $\mu\text{m}$ .

*Ecological data* Generally herbs and shrubs, more abundant in neotropical regions. Abundant in southern Brazil, in grassland, in varied types of soils, dry to humid, such as dunes, waysides, marshes, along river margins, shading soils close to forests, and in original or ruderal areas (Wurdack and Smith 1971; Souza and Lorenzi 2012, Lüdtke et al. 2013). Common in Rio Grande do Sul (Rambo 1954).

*Celtis* L. Figs. 46, 47

Radially symmetric, isopolar. Amb approximately circular (Figs. 46, 47). Triporate, psilate to scabrate. Pores with distinct annulus (Fig. 46). Evident columellae. Equatorial axis: ca. 26  $\mu\text{m}$ .

*Ecological data* Pioneer trees in forest formation, with wide distribution, on the shores or inland forests (Marchiori 1997; Marchant et al. 2002). Common in Rio Grande do Sul and present in its coastal plain (Rambo 1951, 1954, 1956a, 1961; Marchioretto 1988).

*Trema micrantha* (L.) Blume Figs. 48, 49

Suboblate to oblate spheroidal, bilateral, apolar. Small. Slightly elliptic in outline (Figs. 48, 49). Biporate, psilate to scabrate (Fig. 48). Columellae slightly evident. Smaller axis: 15–19  $\mu\text{m}$ ; equatorial greater axis: 16–23  $\mu\text{m}$ .

*Ecological data* Pioneer trees, with wide distribution, on the shore or in developing inland forests. Common in Rio

Grande do Sul and in its coastal plain. Together with *Inga* and *Celtis*, *T. micrantha* forms arboreal groupings, preferring shores in the more advanced succession forest stages, disappearing in the forest climax. Component of Atlantic rain forest formation (Rambo 1951, 1954, 1956a; Reitz et al. 1983; Marchioretto 1988; Marchiori 1997; Marchant et al. 2002; Backes and Irgang 2002; Lorenzi 2008; Souza and Lorenzi 2012).

*Cecropia* Loeffl. Fig. 50

Prolate, bilateral, isopolar. Small. Equatorial view elliptic in outline. Biporate, scabrate (Fig. 50). Very small pores. Polar axis: ca. 13  $\mu\text{m}$ ; equatorial axis: ca. 10  $\mu\text{m}$ .

*Ecological data* pioneer trees in forest formation, restricted to the American continent, in fertile soils, especially in plains, with rapid growth. Common in various types of forests throughout Brazil, including Rio Grande do Sul coastal plain (Rambo 1956a, Marchiori 1997; Backes and Irgang 2002; Marchant et al. 2002; Souza and Lorenzi 2012).

*Urticaceae 1* Figs. 51, 52, 53

Amb circular. Radially symmetric, isopolar. Triporate, scabrate (Figs. 51, 52, 53). Pores with annulus (Fig. 53). Equatorial axis: ca. 38  $\mu\text{m}$ .

*Ecological data* The family is composed of herbs or occasionally half-shrubs or rarely small, soft-wooded trees and, very rarely, lianas (Cronquist 1981). Wide distribution worldwide, mainly in temperate and tropical zones of America, with a few species reaching high altitudes. There are pioneer species of forest in the southern Brazilian vegetation. Small shrubs and trees forming the margins of forests in the Rio Grande do Sul coastal plain (Rambo 1954, 1956a, 1961; Barroso 1978; Marchiori 1997; Souza and Lorenzi 2012).

*Urticaceae 2* Figs. 54, 55

Oblate spheroidal, radially symmetric, isopolar. Small. Amb circular, equatorial view elliptic in outline. Triporate, psilate (Figs. 54, 55). Pores with distinct annulus (Fig. 54). Columellae slightly evident. Polar axis: ca. 19  $\mu\text{m}$ ; equatorial axis: 17–19  $\mu\text{m}$ .

*Ecological data* The same as for Urticaceae 1.

*Cucurbitaceae* Figs. 56, 57

Spheroidal, radially symmetric, apolar. Robust. Pantoporate, echinate, with tenuous pores. Echinae regularly distributed over the exine surface (Figs. 56, 57). Evident columellae. Diameter: ca. 66  $\mu\text{m}$ . Obs.: generally with irregular folds due to robust size and fine exine (Fig. 57).

*Ecological data* Herbs climbing or trailing, commonly with tendrils, less often shrubs or trees, widespread in tropical and subtropical areas, with few species in temperate and cool climates (Barroso 1978; Cronquist 1981; Souza and Lorenzi 2012). Common in Rio Grande do Sul, in dry soils of grassland to very humid forests (Rambo 1954, 1961; Porto 1974).

*Alnus* Mill. Figs. 58, 59

Amb approximately pentagonal (Figs. 58, 59). Radially symmetric, isopolar. Stephanoporate, psilate to slightly scabrate. Five protruding pores, with distinct annulus (Fig. 58). Distinctive arcus that extends in a sweeping curve from one pore to another (Fig. 59). Exine stratification somewhat obscure. Equatorial axis: 25–30  $\mu\text{m}$ .

*Ecological data* Trees in certain Andean tropical and subtropical highland humid forests of Argentine and Chile northernwards, not occurring in Brazil (Markgraf and D'Antoni 1978; Marchant et al. 2002; Souza and Lorenzi 2012). Obs.: the pollen of *Alnus* was found in many Quaternary sedimentary profiles from Rio Grande do Sul, due to exceptional long distance air dispersion from the Andean highland (Lorscheitter 1988; Cordeiro and Lorscheitter 1994; Neves and Lorscheitter 1995; Lorscheitter and Dillenburg 1998; Leal and Lorscheitter 2006; Roth and Lorscheitter 2008; Leonhardt and Lorscheitter 2008; Scherer and Lorscheitter 2009; Macedo et al. 2009; Spalding and Lorscheitter 2015).

*Nothofagus* Blume Figs. 60, 61

Amb circular. Radially symmetric, isopolar. Stephanocolpate, microechinate (Figs. 60, 61). Colpi short, with distinct marginal thickening (Fig. 61). Exine stratification obscure. Equatorial axis: ca. 33  $\mu\text{m}$ .

*Ecological data* Trees widespread in the southern Hemisphere (Cronquist 1981; Marchant et al. 2002), in Subantarctic Andean forests from Chile and Argentine in South America (Markgraf and D'Antoni 1978; Marchiori 1997). Not occurring in Brazil. Obs.: Along with *Alnus*, the pollen of *Nothofagus* was found in many Quaternary sedimentary profiles from southern Brazil, due to the exceptional air dispersion from the Andean Southern highland (Lorscheitter 1988; Cordeiro and Lorscheitter 1994; Neves and Lorscheitter 1995; Lorscheitter and Dillenburg 1998; Roth and Lorscheitter 2008; Leonhardt and Lorscheitter 2008).

*Melastomataceae* Figs. 62, 63

Prolate, radially symmetric, isopolar. Small. Amb circular. Equatorial view elliptic in outline (Fig. 62, 63). Tricolporate, psilate. Three colpi alternating with three

pseudocolpi (Fig. 62). Exine stratification obscure. Polar axis: ca. 16  $\mu\text{m}$ ; equatorial axis: ca. 11  $\mu\text{m}$ .

*Ecological data* Herbs, shrubs, or trees, less often epiphytes or lianas. In grasslands, marshes or margin of forests, mainly in tropical and subtropical regions of Southern America; abundant in Brazil. More concentrated in Rio Grande do Sul highlands, but spread in the south and southwest regions, and in its coastal plain (Rambo 1954, 1956b, Souza and Lorenzi 2012).

*Myrtaceae* Figs. 64, 65

Limb angular (Figs. 64, 65). Radially symmetric, isopolar or heteropolar. Small. Tricolporate, psilate to slightly scabrate (Fig. 64). Parasyncolporate in one or both poles, forming a triangular apocolpial field. Exine stratification somewhat obscure. Equatorial axis: 20–22  $\mu\text{m}$ .

*Ecological data* Trees or shrubs, mainly in tropical and subtropical regions. Well distributed in Brazilian forests, being one of the most common families of the country. In Rio Grande do Sul, the family includes the major number of forest species. In the coastal plain, occurring in tropical rain forests, low forests of dunes, grasslands, dry slopes of lakes and marsh ground (Rambo 1954, 1956a, 1956b, 1961; Marchant et al. 2002; Sobral 2003; Souza and Lorenzi 2012).

*Ludwigia* L. Figs. 66, 67

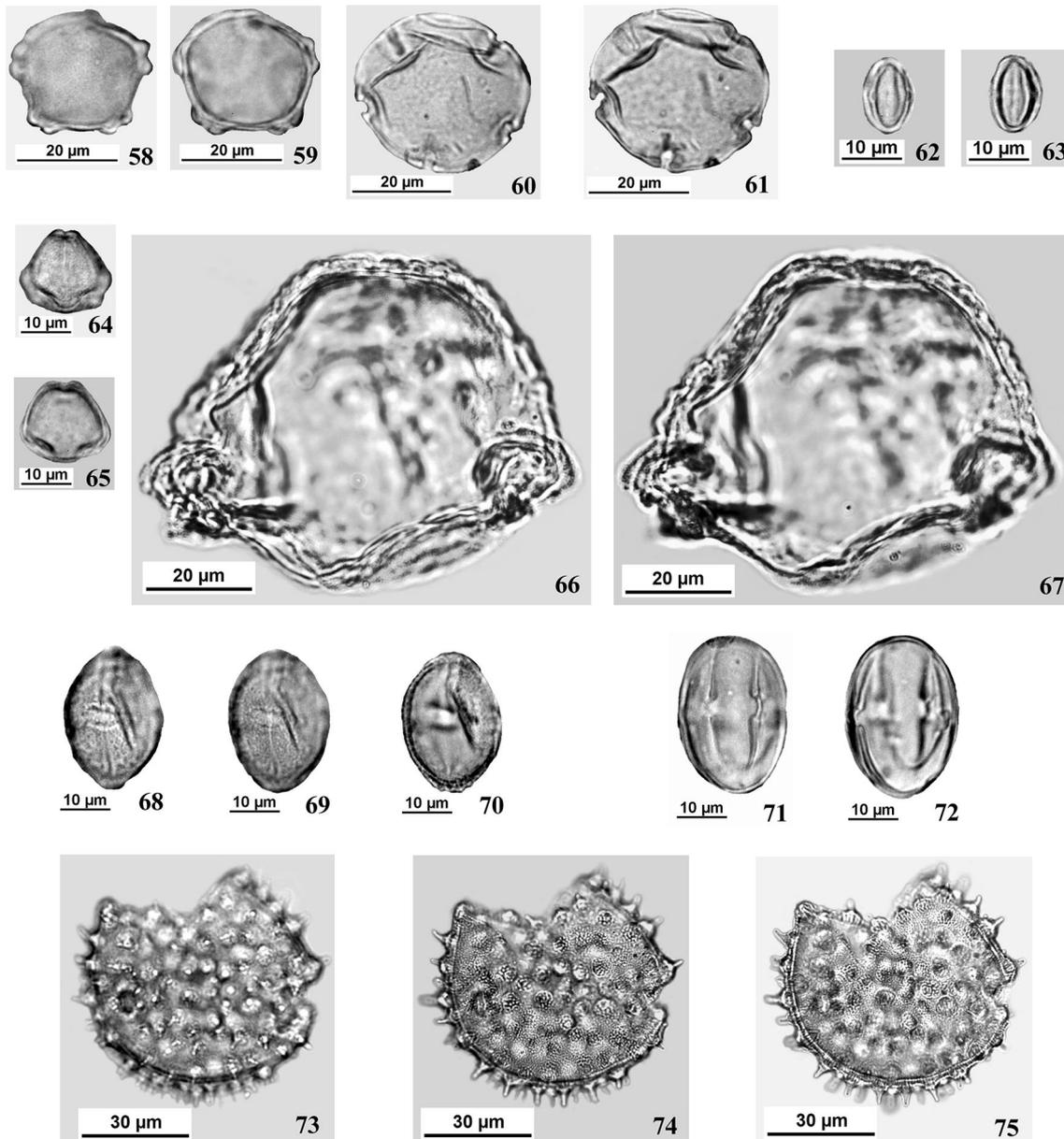
Oblate. Radially symmetric, heteropolar. Robust. Equatorial view showing a marked convex distal pole and a less convex proximal pole (Figs. 66, 67). Triporate with distinct atrium, verrucate. Highly protruding subequatorial developed apertures, with annulus (Fig. 66). Small irregular verrucae. Exine stratification somewhat obscure. Polar axis: ca. 53  $\mu\text{m}$ ; equatorial axis: ca. 70  $\mu\text{m}$ .

*Ecological data* Herbs and shrubs with wide distribution in South America, from low to high latitudes. Very common in margins of lakes in Brazil, in marshes, and in flooded land, including bogs. Common in the coastal plain of Rio Grande do Sul (Rambo 1954, 1956a, 1956b; Marchant et al. 2002).

*Anacardiaceae* Figs. 68, 69, 70

Subprolate to prolate. Radially symmetric, isopolar. Equatorial view elliptic in outline (Figs. 68, 69, 70). Tricolporate, per-reticulate-striate. Rectangular endoapertures, crosswise elongated (Fig. 68). Evident columellae. Polar axis: 29–44  $\mu\text{m}$ ; equatorial axis: 23–32  $\mu\text{m}$ .

*Ecological data* Trees, shrubs, or woody vines, rarely only half-shrubs (Cronquist 1981). In tropical and subtropical regions from all over the world. They can inhabit



**Figs. 58–75** Angiosperms: 58–59 *Alnus* Mill. (PV): 1°–2° pl; 60–61 *Nothofagus* Blume (PV) 1°–2° pl; 62–63 Melastomataceae (EV): 1°–2° pl; 64–65 Myrtaceae (PV obl): 1°–2° pl; 66–67 *Ludwigia* L. (EV obl): 1°–2° pl; 68–70 Anacardiaceae (EV): 1°–3° pl; 71–72 Meliaceae (EV): 1°–2° pl; 73–75 Malvaceae (fractured): 1°–3° pl. *PV* polar view, *EV* equatorial view, *obl* oblique, *pl* planes

different environments, usually low-lying, in small dense forests, border forests, or grassland, in stream margins, flat land or hillsides, also eroded soils, common in Rio Grande do Sul (Barroso 1984; Fleig 1987; Souza and Lorenzi 2012).

#### *Meliaceae* Figs. 71, 72

Subprolate, radially symmetric, isopolar. Equatorial view compressed elliptic in outline (Figs. 71, 72).

Tetracolporate, psilate (Fig. 71). Exine stratification somewhat obscure. Polar axis: ca. 34  $\mu\text{m}$ ; equatorial axis: ca. 27  $\mu\text{m}$ .

*Ecological data* Generally large trees or shrubs, widespread in tropical and subtropical regions, few species in temperate climates (Cronquist 1981). Common in plain environments of Brazilian forests (Girardi 1975; Marchant et al. 2002). Well represented in tropical forest from Rio Grande do Sul (Girardi 1975), including its coastal plain (Rambo 1954, 1961).

*Malvaceae* Figs. 73, 74, 75

Spheroidal, radially symmetric, isopolar (Figs. 73, 74, 75). Robust. Triporate equinate. Pores with annulus. Echinae regularly distributed (Fig. 74). Evident columellae. Diameter: ca. 62  $\mu\text{m}$ . Obs: rare grains, fractured.

**Ecological data** Herbs, lianas, shrubs, or trees, with ample distribution in tropical, subtropical, and temperate regions (Barroso 1978; Marchant et al. 2002; Souza and Lorenzi 2012). Found in tropical and *Araucaria* forests, mangroves, margin of rivers, grasslands, and bogs. Occur in Rio Grande do Sul and in its coastal plain (Rambo 1954, 1956b; 1961).

Here we identify pollen of 34 taxa, including three gymnosperms and 31 angiosperms. The pollen in the distinct taxa showed a high degree of morphological diversity and indicated varied habitats. This study extended the results of our first palynological catalog for the extreme southern region of the coastal plain from Rio Grande do Sul, providing reference material for paleoenvironmental research of the last millennia in this region.

**Acknowledgments** The authors thank Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and the Universidade Federal do Rio Grande do Sul for their financial support.

## References

- Backes P (1988) Condicionamento climático e distribuição geográfica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no Brasil. *Pesqui Bot* 39:5–39
- Backes P, Irgang B (2002) Árvores do sul: guia de identificação & interesse ecológico. Instituto Souza Cruz, Porto Alegre
- Backes P, Irgang B (2004) Mata Atlântica: as árvores e a paisagem. Instituto Souza Cruz, Porto Alegre
- Baptista LRM, Ceroni ZSV, Irgang BE, Longhi HM, Waechter JL, Miotto STS, Mariath JEA, Rosito JM, Prado JF, Zanim D (1979) Levantamento florístico preliminar da Reserva Biológica do Lami—Porto Alegre, Rio Grande do Sul. *NIDECO, Série Urbana* 1:1–59
- Barroso GM (1978) Sistemática de angiospermas do Brasil, vol 1. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo
- Barroso GM (1984) Sistemática de angiospermas do Brasil, vol 2. Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa
- Bastos NR, Miotto STS (1996) O gênero *Vicia* (Leguminosae—Faboideae) no Brasil. *Pesqui Bot* 46:85–180
- Berglund BE (1986) Handbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology. John Wiley & Sons, New York
- Birks HJB, Birks HH (1980) Quaternary palaeoecology. Edward Arnold, London
- Boldrini II, Longhi-Wagner HM, Boechat SC (2008) Morfologia e taxonomia de gramíneas sul-rio-grandenses, 2ª edn. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre
- Castellanos A, Klein RM (1967) Pontederiaceae. In: Reitz R (ed) Flora ilustrada catarinense. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, p 2
- Cordeiro SH, Lorscheitter ML (1994) Palynology of Lagoa dos Patos sediments, Rio Grande do Sul, Brazil. *J Paleolimnol* 10:35–42
- Cronquist A (1981) An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York
- Faegri K, Iversen J (1989) Textbook of pollen analysis, 4th edn. Wiley, New York
- Fevereiro PCA (1975) Haloragáceas. In: Reitz R (ed) Flora ilustrada catarinense. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, pp 1–17
- Fevereiro PCA, Barbosa VP (1976) Guneráceas. In: Reitz R (ed) Flora ilustrada catarinense. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, pp 1–18
- Fleig M (1987) Anacardiaceae. In: Schultz AR (ed) Flora Ilustrada do Rio Grande do Sul. B Inst Bioc, Porto Alegre, no. 42, pp 1–72
- Girardi AMM (1975) Meliaceae. In: Schultz AR (ed) Flora Ilustrada do Rio Grande do Sul. Bol I C B, Porto Alegre, vol 33, fas X, pp 1–64
- Hooghiemstra H (1984) Vegetational and climatic history of the high plain of Bogotá, Colombia: a continuous record of the last 3,5 million years. J. Cramer, Vaduz
- Irgang BE, Gastal CVS Jr (1996) Macrófitas aquáticas da Planície Costeira do RS. UFRGS, Porto Alegre
- Klein RM (1961) Aspectos fitofisionômicos da Mata Pluvial da Costa Atlântica do sul do Brasil. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 9:121–140
- Leal MG, Lorscheitter ML (2006) Pólen, esporos e demais palinómorfos de sedimentos holocênicos de uma floresta paludosa, Encosta Inferior do Nordeste, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia Sér Bot* 61:13–47
- Leonhardt A, Lorscheitter ML (2008) Pólen de gimnospermas e angiospermas do perfil sedimentar de uma turfeira em São Francisco de Paula, Planalto Leste do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. *Rev Bras Bot* 31:645–658
- Leonhardt A, Lorscheitter ML (2010) Pólen de Magnoliopsida (Asteridae) e Liliopsida do perfil sedimentar de uma turfeira em São Francisco de Paula, Planalto Leste do Rio Grande do Sul, Sul do Brazil. *Rev Bras Bot* 33:381–392
- Lorenzi H (2008) Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil, vol 1, 5ª edn. Editora Plantarum, Nova Odessa
- Lorenzi H (2009) Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil, vol 2, 3ª edn. Editora Plantarum, Nova Odessa
- Lorscheitter ML (1988) Palinologia de sedimentos quaternários do testemunho T15, Cone do Rio Grande, Atlântico Sul, Brasil. *Descrições taxonômicas. Pesquisas Porto Alegre* 21:61–117
- Lorscheitter ML, Dillenburg SR (1998) Holocen palaeoenvironments of the northern coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil, reconstructed from palynology of Tramandaí lagoon sediments. *Quat South Am Antarct Penins* 11:73–97
- Lüdtke R, Souza-Chies TT, Miotto STS (2013) O gênero *Polygala* L. (Polygalaceae) na região Sul do Brasil. *Hoehnea* 40(1):1–50
- Macedo RB, Souza PA, Bauermann SG (2009) Catálogo de pólenes, esporos e demais palinómorfos em sedimentos holocênicos de Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia Sér Bot* 64(2):43–78
- Marchant R, Almeida L, Behling H, Berrio JC, Bush M, Cleef A, Duivenvoorden J, Kappelle M, De Oliveira P, Oliveira-Filho AT, Lozano-Garcia S, Hooghiemstra H, Ledru MP, Ludlow Wiechers B, Markgraf V, Mancini V, Paez M, Prieto A, Rangel O, Salgado-Labouriau ML (2002) Distribution and ecology of parent taxa of pollen lodged within the Latin American Pollen Database. *Rev Palaeobot Palynol* 121:1–75
- Marchioretto MS (1988) Estudo taxonômico das espécies dos gêneros *Celtis* e *Trema* (Ulmaceae) no Rio Grande do Sul. *Pesqui Bot* 39:49–80
- Marchiori JNC (1996) Dendrologia das gimnospermas. Editora da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria

- Marchiori JNC (1997) Dendrologia das angiospermas: das magnoliáceas às flacurtiáceas. Editora da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria
- Markgraf V, D'Antoni HL (1978) Pollen Flora of Argentina: modern spore and pollen types of Pteridophyta, Gymnospermae, and Angiospermae. The University of Arizona Press, Tucson
- Masetto E, Lorscheitter ML (2014) Palynomorphs in Holocene sediments from a paleolagoon in the coastal plain of extreme southern Brazil. *Acta Bot Bras* 28(2):165–175
- Missouri Botanical Garden (MOBOT) (2015). <http://www.tropicos.org>. Accessed 11 Feb 2015
- Moldenke HN, Smith LB (1976) Eriocauláceas. In: Reitz R (ed) Flora ilustrada catarinense. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, pp 1–103
- Neves PCP, Lorscheitter ML (1995) Palinologia de sedimentos de uma mata tropical paludosa (Terra de Areia, Planície Costeira Norte, Rio Grande do Sul, Brasil). *Descrições Taxonômicas—Parte II: Gimnospermas e Angiospermas*. *Acta Geol Leopold* 41:45–82
- Porto ML (1974) Cucurbitaceae. In: Schultz AR (coord) Flora Ilustrada do Rio Grande do Sul VIII. *Bol I C B*, Porto Alegre, vol 31, fas VIII, pp 1–64
- Punt W, Blackmore S, Nilsson S, Thomas ALE (2007) Glossary of pollen and spore terminology. *Rev Paleobot Palynol* 143:1–81
- Rambo B (1951) A migração da selva higrófila no Rio Grande do Sul. *Sellowia* 3, *Anais Botânicos do HBR*, pp 55–91
- Rambo B (1953) Estudo comparativo das Leguminosas riograndenses. *Sellowia* 5, *Anais botânicos do HBR*, pp 107–184
- Rambo B (1954) História da flora do litoral riograndense. *Sellowia* 6, *Anais Botânicos do H B R*, pp 113–172
- Rambo B (1956a) A fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural, 3ª edn. Editora da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo
- Rambo B (1956b) A flora fanerogâmica dos Aparados riograndenses. *Sellowia* 7, *Anais Botânicos do HBR*, pp 235–298
- Rambo B (1961) Migration routes of the south Brazilian rain forest. *Pesqui Bot* 12:5–54
- Reitz R (1984) Tifáceas. In: Reitz R (ed) Flora ilustrada catarinense. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, pp 1–14
- Reitz R, Klein RM (1966) Araucariáceas. In: Reitz R (ed) Flora ilustrada catarinense. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, pp 1–62
- Reitz R, Klein RM, Reis A (1983) Projeto madeira do Rio Grande do Sul. *Sellowia* 34–35:1–525
- Roth L, Lorscheitter ML (2008) Palinomorfos de um perfil sedimentar em uma turfeira do Parque Nacional dos Aparados da Serra, leste do Planalto do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia Sér Bot* 63(1):69–100
- Salgado-Labouriau ML (1973) Contribuição à palinologia dos cerrados. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro
- Scherer C, Lorscheitter ML (2009) Pólen de gimnospermas e angiospermas em sedimentos quaternários de duas matas com Araucária, planalto leste do Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Bot Bras* 23(3):681–969
- Sobral M (2003) A família das Myrtaceae no Rio Grande do Sul. Editora da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo
- Sobral M, Jarenkow JA (2013) Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil, 2ª edn. RiMa Editora, São Carlos
- Souza VC, Lorenzi H (2012) Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III, 3ª edn. Editora Plantarum, Nova Odessa
- Spalding BBC, Lorscheitter ML (2010) Palinologia de sedimentos da turfeira do Banhado Amarelo, São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. *Gimnospermas e angiospermas*. *Hoehnea* 37(3):419–434
- Spalding BBC, Lorscheitter ML (2015) Dry and humid phases in the highlands of southern Brazil during the last 34,000 years, and their influence on the paleoenvironments of the region. *Quat Int* 377:102–111
- Stevens PF (2015) Angiosperm phylogeny website. Version 12, July 2012. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>. Accessed 03 Jun 2015
- Waechter JL (1990) Comunidades vegetais das restingas do Rio Grande do Sul. In: Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira Estrutura, função e manejo. *Aciesp*, São Paulo, vol 3, pp 1–21
- Wurdack JJ, Smith LB (1971) Poligaláceas. In: Reitz R (ed) Flora ilustrada catarinense. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, pp 1–70