

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

**EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL DA PLANÍCIE COSTEIRA SUL-CATARINENSE
(LAGOA DO SOMBRIO) DURANTE O HOLOCENO, COM BASE EM DADOS
PALINOLÓGICOS**

RODRIGO RODRIGUES CANCELLI

ORIENTADOR – Prof. Dr. Paulo Alves de Souza

Porto Alegre, 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

**EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL DA PLANÍCIE COSTEIRA SUL-CATARINENSE
(LAGOA DO SOMBRIO) DURANTE O HOLOCENO, COM BASE EM DADOS
PALINOLÓGICOS**

RODRIGO RODRIGUES CANCELLI

ORIENTADOR – Prof. Dr. Paulo Alves de Souza

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Judite Garcia
Universidade Guarulhos

Prof. Dr. Marcelo de Araujo Carvalho
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Eduardo Guimarães Barboza
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Tese de Doutorado apresentada como
requisito parcial para a obtenção do
Título de Doutor em Ciências.

Porto Alegre, 2012

CIP - Catalogação na Publicação

Rodrigues Cancelli, Rodrigo

Evolução paleoambiental da Planície Costeira sul-catarinense (Lagoa do Sombrio) durante o Holoceno, com base em dados palinológicos / Rodrigo Rodrigues Cancelli. -- 2012.

159 f.

Orientador: Paulo Alves de Souza.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, BR-RS, 2012.

1. Holoceno. 2. Planície Costeira. 3. Palinologia. 4. Lagoa do Sombrio. I. Alves de Souza, Paulo, orient. II. Título.

“Está quente aqui na sombra, por que será?”

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Geociências do IG/UFRGS, pela oportunidade e infraestrutura para a realização deste trabalho.

A FAPERGS pelo apoio financeiro através do projeto 1012119.

Ao CNPQ pelo apoio financeiro através da concessão de bolsa de Doutorado.

Ao CECO pela logística na obtenção de dados altimétricos, granulométricos e na identificação de outras evidências paleontológicas.

À grande família do Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo do Instituto de Geociências da UFRGS, ao qual me refiro com carinho.

Em especial:

Ao meu amigo e colega Renato Backes Macedo.

Ao bolsista de iniciação científica Ivan Cabral Menezes, pela ajuda na obtenção dos dados.

Ao amigo Prof. Dr. Sérgio Augusto de Loretto Bordignon, que nos beneficia com sua visita e nos enriquece de informações Botânicas.

A todos os professores e a convivência com os colegas do curso de Pós-graduação em Geociências do IG/UFRGS, no qual esta Tese foi desenvolvida.

Ao meu amigo e orientador, Paulo Alves de Souza, pela orientação, pelo aprendizado, pela oportunidade e por fazer parte dessa jornada.

Ao amigo Prof. Dr. Paulo Pereira das Neves, por compartilhar seu conhecimento palinológico inúmeras vezes.

Ao amigo Prof. Dr. Eduardo Guimarães Barbosa, assim como os colegas e amigos do CECO, com especial agradecimento a Beatriz Appel Dehnhardt pelo auxílio nas identificações dos fósseis calcários e ao Anderson Bianchi, amigo e colega.

Aos examinadores desta Tese, pelo trabalho de revisão e avaliação: Profa. Dra. Maria Judite Garcia; Prof. Dr. Marcelo de Araujo Carvalho; Prof. Dr. Eduardo Guimarães Barbosa.

A todos os amigos e amigas, que de alguma forma compartilharam esta caminhada.

Ao meu amigo e padrinho Wenceslau dos Santos (*in memoriam*), meu incentivador e orientador eterno.

A Raquel Tacques, por escutar esta história inúmeras vezes por onde *perambulamos*; que este sonho seja verdadeiro e eterno.

A minha irmã Roberta Cancelli, pela paciência e amor incondicional.

Aos queridos meus pais, Olmar Cancelli e Leila Rodrigues Cancelli, por tudo, mas principalmente pelo amor recíproco de todos os dias, por me ensinar valores a respeito do caminho a ser percorrido...

Resumo

As análises palinológicas constituem uma das ferramentas mais importantes para o estudo de depósitos quaternários, como resultado do excepcional grau de preservação e da relativa abundância dos palinomorfos registrados nos sedimentos e rochas sedimentares, documentando informações regionais e locais a respeito das floras e das condições climáticas passadas. Este trabalho apresenta interpretações dos paleoambientes relacionados à evolução da Lagoa do Sombrio, Planície Costeira Sul do Estado de Santa Catarina, bem a sucessão da vegetacional associada, como reflexos das oscilações do nível do mar. Os dados palinológicos são oriundos de dois testemunhos de sondagem perfurados nas localidades de Santa Rosa do Sul (PCSC-01, 570 cm de profundidade) e São João do Sul (PCSC-02, 260 cm). Análises complementares foram realizadas, incluindo determinação granulométrica, altimetria, datações radiocarbônicas, reconhecimento de associações fossilíferas calcárias e estudo palinológico de amostras superficiais. Um total de 116 palinomorfos foi reconhecido nos poços, relacionados a esporos e hifas de fungos (21), algas zigmatáceas (5), acritarcos (1), *insertae sedis* (1), briófitos (2), pteridófitos (15), gimnospermas (2), angiospermas (62), palinoforaminíferos (2), além de outros palinomorfos e fragmentos de invertebrados (5). A análise dos dados apontam três fases paleoambientais distintas. A **Fase I - lagunar** (7.900 anos AP a 4.200 - 3.800, idades estimadas) representa a influência marinha sob o continente, com posterior rebaixamento do nível do marinho. A **Fase II - pântano** (3.800 - 2.500 anos AP, idades estimadas) é interpretada como transicional, passando de um ambiente tipicamente lagunar para um pântano salobro, com posterior expansão da floresta. A **Fase III- consolidação da floresta** (2.500 - presente) representa o desenvolvimento e diversificação da floresta.

Palavras-chave: Holoceno, Planície Costeira, Palinologia, Lagoa do Sombrio.

Abstract

Pollen analysis constitutes one of the most important tool for the study of Quaternary deposits, as a result of the exceptional preservation and relative abundance of palynomorphs recorded in sediments and sedimentary rocks, documenting local and regional information about the flora and climatic changes. This paper presents interpretations of paleoenvironments related to the evolution of the Sombrio Lake, southern Coastal Plain of the Santa Catarina state, as well as the associated vegetation succession, as consequence of fluctuations in sea level. Palynological data are derived from two cores drilled in Santa Rosa do Sul (PCSC-01, 570 cm of depth) and São João do Sul (PCSC-02, 260 cm). Complementary analyzes include granulometry determination, altimetry, radiocarbonic datings, recognition of calcareous fossil associations, and study of palynomorphs from surface samples. A total of 116 palynomorphs was recognized, related to spores and hyphae of fungi (21), zignematacean algae (5), acritarchs (1), *insertae sedis* elements (1), bryophytes (2) and pteridophytes (15) spores, gymnosperms (2) and angiosperms (62) pollen grains, palinoforaminifer linings (2), and other palynomorphs and invertebrate fragments (5). Analysis of the data showed three distinct palaeoenvironmental phases. **Phase I- lagoonal** (7,900 yrs BP to 4,200-3,800, estimated ages) represents the marine influence on the continent, with subsequent decrease of the sea level. **Phase II- swamp** (3,800-2,500 yrs BP, estimated ages) is interpreted as transitional, from an environment typically brackish lagoon to a swamp, with subsequent expansion of the forest. **Phase III- consolidation of the forest** (2,500 - present) represents the evolution and diversification of the forest.

Key-words: Holocene, Coastal Plain, Palynology, Sombrio Lake.

Lista de figuras

- Figura I.1:** A-C. Mapa de localização da Lagoa do Sombrio, Planície Costeira, setor sul do estado de Santa Catarina.....4
- Figura I.2:** A-C. Geologia da região de estudo. A. Mapa de localização; B. Mapa geológico da região modificado de Martin *et al.* (1988) composto pela identificação dos terraços I e II (Silva, 2011) e C. Transecto A-A' com as principais feições litológicas modificado de Mudat *et al.* (2006).....7
- Figura I.3:** A. Mapa da vegetação da região sul de Santa Catarina, segundo Klein (1978) evidenciando alguns dos tipos fitosiográficos que ocorrem na região, sendo B. Floresta Tropical das planícies quaternárias do sul, com destaque para *Arecastrum romanzoffianum* (Arecaceae), ao fundo; C. Vegetação de banhado com grande população de *Thypha domingensis* circundada por área de plantio de *Pinus* sp. e D. Vegetação litorânea do pós-dunas, mostrado pequena população de pteridófitos circundada por vegetação herbácea (Poaceae, Asteraceae e Cyperaceae).....9
- Figura I.4:** A. Mapa de localização dos pontos de amostragem; B. Mata paludosa Localizada na fazenda Adão Trajano, município de Santa Rosa do Sul (PCSC-01); C. Mata paludosa localizada no município de São João do Sul (PCSC-02).....12
- Figura I.5:** Método de coleta dos testemunhos mostrando a sequência de coleta, sendo A. Coleta do testemunho; B. Visualização do intervalo coletado e anotações pertinentes; C-D. Armazenamento para o transporte.....13
- Figura I.6:** Mapa de localização dos diferentes ambientes selecionados para as coletas de sedimentos superficiais, correspondendo a nove amostras conforme coordenadas (quadro 1).....15
- Figura I.7:** Amostragem referente aos níveis calcários identificados na área; A. Base do poço de Santa Rosa do Sul (PCSC-01) e B. Horizonte com fósseis calcários identificado na localidade da Barrinha.....17
- Figura I.8:** A. esquema dos perfis estudados com posicionamento em profundidade das unidades amostrais extraídas para análises palinológicas; B-D. Detalhe do método de retirada das amostras.....19
- Figura I.9:** Ilustração das etapas do processamento químico das amostras; A. Unidade amostral; B. Remoção dos silicatos; C. Centrifugação para a remoção dos carbonatos e ácidos húmicos; D. Processamento químico e equipamentos de segurança utilizados neste tipo de metodologia; E. Pastilhas de *Lycopodium clavatum* para a realização de futuras análises estatísticas.....22
- Figura II.4.1:** Mapa com as localizações dos pontos amostrados para análise polínica de sedimentos superficiais alocados nas principais feições geológicas da área (modificado de Mudat *et al.*, 2006), e imagens dos locais amostrados evidenciando a distribuição dos diferentes tipos de fitofisionomia identificados na região no transecto B-B'.....103

Figura II.4.2 (1 a 27). Angiospermas: 1. *Amaranthus*; 2. tipo *Baccharis*; 3-4. tipo *Senecio*; 5-6. tipo *Vernonia*; 7. Boraginaceae; 8. Cyperaceae; 9-10. *Eryngium*; 11 *Hydrocotyle*; 12-13. *Gomphrena*; 14-15. *Typha domingensis*; 16. *Juncus*; 17-18 Malvaceae; 19. Scrophulariaceae; 20. Poaceae; 21. Rubiaceae; 22 *Acacia*; 23-24. *Alchornea*; 25. *Agarista*; 26-27. Anacardiaceae. Escala gráfica de 50 µm.....104

Figura II.4.3 (28 a 49). Angiospermas: 28. Arecaceae 1; 29. Arecaceae 2; 30. Bignoniaceae; 31. *Celtis*; 32. Sapindaceae; 33-34. *Daphnopsis racemosa*; 35. *Drymis brasiliensis*; 36. Caesalpinioideae; 37-38. Apocynaceae; 39. *Ilex*; 40. Melastomataceae; 41. *Mimosa*; 42-43. Myrtaceae 1; 44. Myrtaceae 2; 45. Myrtaceae 3; 46-47. *Myrsine*; 48-49. **Gimnospermas:** 48. *Pinus*; 49. *Podocarpus*. Escala gráfica de 50 µm.....105

Figura II.4.4 (50 a 71). Angiospermas: 50. tipo *Roupala*; 51-52. *Sebastiania*; 53. *Trema micrantha*; 54. *Weinmannia*; 55. Ind. 1; 56-57. Ind. 2; 58. Ind. 3; 59. Ind. 4; 60-61. Ind. 5; 62. Ind. 6; 63. Ind. 7; 64. Ind. 8; 65. Ind. 9; 66. Ind. 10; 67. Ind. 11; 68-69. Ind. 12; 70. Ind. 13; 71. Ind. 14. Escala gráfica de 50 µm.....106

Figura II.4.5 (72 a 89). Angiospermas: 72. Ind. 15; 73. Ind. 16; 74. Ind. 17; 75-76. Ind. 18; 77. Ind. 19; 78. Ind. 20; 79. Ind. 21; 80. Loranthaceae; 81. Opérculo Passifloraceae; 82. *Alnus*; 83. *Nothofagus*; 84. *Ludwigia*; 85-89. **Pteridófitos:** 85. tipo *Blechnum*; 86. Cyatheaceae 1; 87. Cyatheaceae 2; 88. *Dicksonia sellowiana*; 89. tipo *Microgramma*. Escala gráfica de 50 µm.....107

Figura II.4.6 (90 a 105). Pteridófitos: 90. tipo *Microgramma*; 91. *Polypodium*; 92. tipo *Dryopteris*; 93. tipo *Huperzia*; 94-95. Briófitos: 94. *Phaeoceros*; 95. *Sphagnum*; 96-99. **Algas:** 96. *Mougeotia*; 97. *Spirogyra*; 98. *Zygnema*; 99. *Botryococcus*; 100-105. **Fungos:** 100. tipo *Athelia*; 101. tipo *Gauemannomyces cf. carices*; 102. *Gelasinospora calospora*; 103-104. *Gelasinospora cf. reticulospora*; 105. *Glomus*. Escala gráfica de 50 µm.....108

Figura II.4.7 (106 a 142). Fungos: 106. tipo *Helicoon pluriseptatum*; 107. tipo *Microthyrium*; 108. *Neurospora*; 109-110. tipo *Nigrospora*; 111. *Tetraploa aristata*; 112-113. *Tilletia*; 114. Esporo indeterminado 1; 115. Esporo ind. 2; 116. Esporo ind. 3; 117. Esporo ind. 4; 118. Esporo ind. 5; 119. Esporo ind. 6; 120. Esporo ind. 7; 121. Esporo ind. 8; 122-123. Esporo ind. 9; 124. Esporo ind. 10; 125. Ind. 11; 126-127. Ind. 12; 128. Ind. 13; 129. Ind. 14; 130. Ind. 15; 131. Ind. 16; 132. Ind. 17; 133. Ind. 18; 134. Ind. 19; 135. Ind. 20; 136. Ind. 21; 137. Ind. 22; 138. Ind. 23; 139. Ind. 24; 140. Ind. 25; 141. Ind. 26; 142. Ind. 27. Escala gráfica de 50 µm.....109

Figura II.4.8 (143 a 163). Fungos: 143. Ind. 28; 144. Ind. 29; 145. Ind. 30; 146. Esporo ind. 31; 147. Esporo ind. 32; 148. Esporo ind. 33; 149. Esporo ind. 34; 150. Esporo ind. 35; 151. Esporo ind. 36; 152. Esporo ind. 37; 153-160. Outros indeterminados: 153. Forma ind. 1; 154. Forma ind. 2; 155. Forma ind. 3; 156. Forma ind. 4; 157. Forma ind. 5; 158. Forma ind. 6; 159. Forma ind. 7; 160. Forma ind. 8; 161-163. Fragmentos de animais: 161. Ovo de Platielmintes; 162. Pêlo de Artrópode; 163. Mandíbula de inseto. Escala gráfica de 50 µm.....110

Figura II.4.9: Diagrama polínico de porcentagem contemplando os diferentes tipos vegetacionais.....111

Figura II.4.10: Diagrama de soma polínica dos diferentes tipos vegetacionais.....112

Figura II.5.1: Mapa com a localização da área onde foram identificados outros indicadores paleontológicos, mostrando em detalhe o ponto onde foram coletados e o nível sedimentar do qual foram recuperados os bioclastos; a. Imagem da base da perfuração do poço PCSC-01; b-e. Imagens evidenciando o local de coleta do bloco sedimentar contendo os fósseis calcários; d. Detalhe mostrando três espécimes de *Tagelus plebeius* em posição de vida.....116

Figura II.5.2: Imagens das espécies identificadas compreendendo moluscos gastrópodes: 1-2. *Cadulus* sp.; 3-4. *Diodora caynensis*; 5-6. *Bittium varium*; 7-8. *Bulla striata*; 9-10. *Cylichna bidentata*; 11-12. *Olivella tehuelchana*; 13-14. *Heleobia australis australis* (Escala gráfica em cm e mm)117

Figura II.5.3: Imagens das espécies identificadas compreendendo moluscos gastrópodes: 15-16. *Parodizia uruguayensis*; 17-18. *Odostomia seminuda*; 19-20. *Solariella* sp; 21-22. *Solarioorbis shumoi*; 23-24. *Solarioorbis shimeri*; 25-26. *Turbolina* sp.; 27-28. *Ithyocythara* sp. (Escala gráfica em cm e mm)118

Figura II.5.4: Imagens das espécies identificadas compreendendo moluscos bivalves: 29-30. *Crepidula aculeata*; 31. *Ostrea equestris*; 32. *Ostrea puelchana*; 33-34. *Mactra patagonica*; 35. *Anomalocardia brasiliensis* (valvas articuladas); 36-37. *Tagelus plebeius* (valvas articuladas); 38-39. *Nucudula semiornata*; 40-41. *Pitar rostratus* (Escala gráfica em cm e mm)119

Figura II.5.5: Imagens das espécies identificadas compreendendo moluscos bivalves: 42-43. *Lucina pectinata* (valvas articuladas); 44-45. *Divaricella quadrisulcata* (valvas articuladas); 46-47. *Chione cancellata*; 48. *Brachiodantes* sp.; Foraminíferos: 49. *Ammonia beccarii*; 50. *Elphidium discoidale*; Ostracodes: 52. *Cyprideis salebrosa* (valvas articuladas); 53. *Loxoconcha* sp. (valvas articuladas); Espinho de equinodermo indeterminado (Escala gráfica em cm e mm)120

Figura III.1: Curva do nível do mar interpretadas para a costa brasileira (modificado de Angulo *et al.*, 2006).....130

Figura III.2: Diagrama palinológico de porcentagem de Santa Rosa do Sul, PCSC-01 (modificado de Cancelli *et al.*, 2012, submetido).....139

Figura III.3: Diagrama palinológico de porcentagem de São João do Sul, PCSC-02 (modificado de Cancelli *et al.*, 2012, submetido)140

Figura III.4: Diagrama palinológico de concentração polínica e análise cluster (CONISS); A. Santa Rosa do Sul e B. São João do Sul (modificado de Cancelli *et al.*, 2012, submetido).....141

Figura III.5: Interpretação das informações obtidas para os poços estudados: A. Posicionamento plano altimétrico dos três locais estudados a a partir de dados levantados em campo, com indicação das idades radiocarbônicas. B. Correlação dos dados dos poços com a curva do nível do mar interpretada por Angulo *et al.* (2006) para o sul de Santa Catarina, indicando as fases (I, II, III) aqui propostas.....142

Figura III.5: Modelo hipotético das fases paleoambientais (I, II, III) identificadas na região sul da Planície Costeira de Santa Catarina através de informações palinológicas.....143

Quadro I.1: Coordenadas geográficas dos pontos amostrados com a definição dos ambientes de coleta.....15

Quadro II.5.2: Listas das espécies identificadas compreendendo outros indicadores fósseis recuperados na região (PCSC-01 e PCSC-03).....115

Sumário

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
APRESENTAÇÃO DA ESTRUTURA DA TESE	xi
Capítulo I. Aspectos Introdutórios	1
1. Introdução	1
2. Objetivos	2
3. Hipótese	3
4. Síntese do conhecimento	3
4.1 Geologia da área	4
4.2 Contexto vegetacional	8
4.3 Clima e hidrografia	10
5. Material e métodos	11
5.1 Etapas de campo	11
5.1.1 Coleta dos testemunhos	11
5.1.2 Inventário florístico	13
5.1.3 Coleta de sedimentos superficiais para análise palinológica	14
5.1.4 Aquisição de informação altimétricas	16
5.1.5 Outros fósseis calcários coletados	16
5.2 Etapas de laboratório	18
5.2.1 Descrição prévia dos testemunhos	18
5.2.2 Granulometria	18
5.2.3 Datações radiocarbônicas	18
5.2.4 Preparação do material de referência	19
5.2.5 Preparação dos sedimentos para análises palinológicas	19
5.3 Etapas analíticas	23
5.3.1 Análise qualitativa	23
5.3.2 Descrições dos palinomorfos	23
5.3.3 Fotomicrografias	24
5.3.4 Análises quantitativas	24

5.3.5 Apresentação dos dados palinológicos	26
--	----

Capítulo II. Resultados

II.1 - Artigo 1: FUNGOS, CRIPTÓGAMAS E OUTROS PALINOMORFOS HOLOCÊNICOS (7908±30 ANOS AP-ATUAL) DA PLANÍCIE COSTEIRA SUL-CATARINENSE, BRASIL, 18f	27
---	----

II.2 - Artigo 2: GRÃOS DE PÓLEN DE ANGIOSPERMAS HOLOCÊNICOS (7908±30 ANOS AP-ATUAL) DA PLANÍCIE COSTEIRA SUL-CATARINENSE, BRASIL, 20f.....	44
---	----

II.3 - Artigo 3: HOLOCENE PALYNOLOGICAL SUCCESSION AND PALEOENVIRONMENTAL EVOLUTION OF THE SOUTHERN COASTAL PLAIN SANTA CATARINA, BRAZIL, 31f	64
--	----

II.4 - Resultados complementares I:	95
--	----

1. Análise palinológica de sedimentos superficiais da região	95
--	----

1.1 Fitofisionomia e considerações sobre a deposição palinológica por ambiente.....	95
---	----

2. Restinga herbáceo/subarbustiva	97
---	----

2.1. Vegetação de praias e dunas frontais [Ponto 1]	97
---	----

2.2 Vegetação de dunas internas e planícies [Ponto 2 e 3].....	98
--	----

2.3 Vegetação de lagunas, banhados e baixadas [Ponto 5 e 6].....	99
--	----

3. Vegetação arbórea	100
----------------------------	-----

3.1 Restinga arbórea ou mata de restinga [Ponto 4, 7 e 8]	100
---	-----

4. Vegetação antropizada [Ponto 9]	102
--	-----

II.5 - Resultados complementares II:	113
---	-----

1. Poços PCSC-01 (Santa Rosa do Sul)	113
--	-----

1.1 Caracterização da assembléia	113
--	-----

1.2 Dados altimétricos do poço	113
--------------------------------------	-----

2. Poços PCSC-03 (Barrinha).....	114
----------------------------------	-----

2.1 Caracterização da assembléia	114
--	-----

2.2 Dados altimétricos	115
------------------------------	-----

Capítulo III. Integração dos resultados	121
1. Fase lagunar com influência marinha [Fase I].....	121
2. Fase transicional-pântano [Fase II]	132
3. Consolidação da floresta [Fase III]	135
4. Principais conclusões	137
Referências bibliográficas	144

Apresentação

Esta Tese de Doutorado, intitulada “**EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL DA PLANÍCIE COSTEIRA SUL-CATARINENSE DURANTE O HOLOCENO, COM BASE EM DADOS PALINOLÓGICOS**”, foi desenvolvida entre março de 2008 e setembro de 2012 no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LPMMT/IG/UFRGS), em colaboração com o Centro de Estudos Costeiros (CECO/IG/UFRGS).

A Tese é composta das seguintes partes:

- **Capítulo I. Aspectos introdutórios**

Abordam sinteticamente aspectos fundamentais para a construção da tese, sua importância e representatividade para o registro evolutivo durante o Holoceno na Planície Costeira sul-catarinense, além dos objetivos gerais, justificativas e metodologia aplicada.

- **Capítulo II. Resultados publicados, aceitos para publicação e submetidos**

II.1, Artigo 1: FUNGOS, CRIPTÓGAMAS E OUTROS PALINOMORFOS HOLOCÊNICOS (7908±30 ANOS AP-ATUAL) DA PLANÍCIE COSTEIRA SUL-CATARINENSE, BRASIL: apresenta a identificação, descrição, e documentação fotomicrográfica, bem como dados ecológicos, de 54 palinomorfos recuperados em sedimentos holocênicos em dois furos de sondagem (PCSC-1 e PCSC-2).

Acta Botanica Brasilica, 2012, v. 26, n. 1, p. 27-44.

II.2, Artigo 2: GRÃOS DE PÓLEN DE ANGIOSPERMAS HOLOCÊNICOS (7908±30 ANOS AP-ATUAL) DA PLANÍCIE COSTEIRA SUL-CATARINENSE, BRASIL: apresenta a identificação, descrições; documentação fotomicrográfica, e seus respectivos dados ecológicos, de 63

palinomorfos de angiospermas recuperados em sedimentos holocênicos em dois furos de sondagem (PCSC-1 e PCSC-2).

Acta Botanica Brasílica, 2012, v. 26, n. 4, no prelo

II.3, Artigo 3: HOLOCENE PALYNOLOGICAL SUCCESSION AND PALEOENVIRONMENTAL EVOLUTION OF THE SOUTHERN COASTAL PLAIN SANTA CATARINA, BRAZIL: este trabalho trata da evolução paleoambiental durante o Holoceno da Planície Costeira Sul-catarinense através de dados palinológicos, bem como a dinâmica do clima.

Quaternary Research.

- **II.4 e II.5 Resultados complementares**

Nestas partes são apresentados adicionais resultados relevantes ao tema principal desta Tese. Trata do estudo palinológico de sedimentos superficiais e da descrição de dois níveis calcários verificados na área estudada; recebem o nome consecutivamente de resultados complementares I e II.

- **Capítulo III. Integração dos resultados**

Apresenta a integração dos resultados, principais conclusões e considerações finais.

Capítulo I- Aspectos introductorios

Capítulo I- Aspectos introdutórios

1. Introdução

Entre os vários métodos aplicáveis aos estudos paleoclimáticos do Quaternário, as análises palinológicas constituem uma das ferramentas mais importantes. Isto só é possível devido ao excepcional grau de preservação e abundância dos palinomorfos recuperados nos sedimentos, deixando informações regionais e locais a respeito das floras e condições climáticas passadas (Salgado-Labouriau, 2007).

Os dados palinológicos sugerem que as condições do clima no passado eram diferentes das atuais, principalmente se compararmos os resultados obtidos para o Pleistoceno e Holoceno, com reflexos diretos na vegetação.

Para o sul do Brasil o final Pleistoceno foi marcado por um regime climático de condições mais frias e secas, favorecendo a manutenção de vegetação herbácea. Entretanto, para o Holoceno é detectado um aumento na temperatura, juntamente com a verificação de maiores índices de umidade (e.g. Neves, 1991; Behling & Lichte, 1997; Werneck & Lorscheitter, 2001; Behling *et al.*, 2004; De Oliveira *et al.*, 2005; Leal & Lorscheitter, 2007; Leonhardt, 2007; Macedo *et al.*, 2007 e Scherer, 2008).

Para a região costeira do sul do Brasil, os trabalhos de palinologia ainda identificam a ingressão marinha do Holoceno médio, através de indicadores biológicos, tais como palinoforaminíferos, acritarcos, cistos de dinoflagelados e/ou através de reflexos indiretos e diretos na vegetação (e.g. Neves, 1998; Cordeiro & Lorscheitter, 1994; Neves & Lorscheitter, 1995; Lorscheitter & Dillenburg, 1998; Medeanic *et al.*, 2001; Werneck & Lorscheitter, 2001; Medeanic, 2010).

O aumento nas frequências dos indicadores mencionados anteriormente é sincrônico com o sugerido para o último máximo transgressivo por volta de 5.100 anos AP documentado para a costa brasileira por vários autores (e.g. Suguio *et al.*, 1985; Villwock & Tomazelli, L.J. 1995; Angulo *et al.*, 2006; Giannini *et al.*, 2007). Características semelhantes são compartilhadas para a costa de Santa Catarina, onde o nível do mar poderia ter alcançado em sua máxima elevação entre 2 a 5 m acima do nível de mar atual (Angulo *et al.*, 2006).

Este panorama foi verificado através de dados palinológicos por vários autores na planície costeira do Rio Grande do Sul (e.g. Bauermann, 2003; Neves,

1991; Loscheitter, 2003) e Santa Catarina (Behling & Negrelle, 2001; Amaral *et al.*, 2012), regiões adjacentes da mesma unidade geomorfológica onde situa-se a área de estudo. Estes trabalhos documentam o estabelecimento de elementos característicos de uma floresta paludial com táxons pioneiros da Mata Atlântica através do processo gradual de dessalinização e preenchimento de antigas lagunas e pântanos salobros, áreas que provavelmente estiveram sob influência direta ou indireta do oceano.

Os dados sugerem que o domínio dos elementos florestais é muito recente para o sul do Brasil, com expansão a partir do Holoceno médio, sob condições climáticas e edáficas comparáveis às atuais (Lorscheitter, 2003; De Oliveira *et al.*, 2005).

Para a Planície Costeira de Santa Catarina, nas localidades de Santa Rosa do Sul e São João do Sul, porção emersa quaternária dos sedimentos que compõe a Bacia de Pelotas, nenhum trabalho de palinologia foi realizado até o momento. As dinâmicas paleoambientais e paleoclimáticas para estes locais são desconhecidas sob este aspecto. Este trabalho constitui a primeira tentativa dessa natureza.

2. Objetivos

O principal objetivo desta tese consiste na interpretação paleoambiental e sucessão vegetacional dos paleoambientes relacionados à evolução da Lagoa do Sombrio, durante o Holoceno, com base em dados palinológicos reconhecidos ao longo de dois furos de sondagem.

Objetivos gerais

- (i)** Compreender a evolução paleoambiental com inferências sobre as dinâmicas paleovegetacionais regionais e paleoclimáticas;
- (ii)** Detectar a influência da ingressão marinha na Lagoa do Sombrio durante o Holoceno;

Objetivos específicos

- (i) Análise dos componentes palinológicos buscando identificar e contemplar a biodiversidade polínica, através da elaboração de catálogos dos palinomorfos ocorrentes nos poços estudados;
- (ii) Detectar mudanças nos paleoambientes através da interpretação dos digramas palinológicos, assim como o comportamento da florística local e regional;

3. Hipótese

As oscilações climáticas ocorridas durante o Quaternário tardio devem ter modificado a paisagem na Planície Costeira sul-catarinense. As mesmas foram promovidas por eventos de oscilações do nível do mar, com reflexos na distribuição dos depósitos sedimentares e vegetação atual. Possivelmente pela proximidade do Planalto, em tempos de transgressão marinha, as regiões litorâneas de Santa Catarina tomavam configurações de ilhas ou grandes istmos, favorecendo a gênese de baías restritas.

Pela ausência de trabalhos em palinologia de Quaternário na Planície Costeira de Santa Catarina, a presente tese se preocupará em elucidar a sucessão paleoambiental do Quaternário tardio para o setor sul da Planície Costeira catarinense, relacionados a evolução da Lagoa do Sombrio, assim como identificar e interpretar outros registros biológicos quando pertinentes (macro/microfósseis calcários). Com a recuperação, identificação e análise dos conjuntos de palinomorfos encerrados nos pacotes sedimentares, bem como outros indicadores, se possibilitará a elucidação de questões como: (i) estabelecimento de diferentes paleoambientes durante o Holoceno; (ii) mudanças na florística; (iii) evidências da oscilação do nível marinho e (iv) dinâmicas paleoclimáticas.

4. Síntese do conhecimento

A área de estudo situa-se na porção emersa da Bacia de Pelotas, que é uma bacia marginal rasa tipo V (Klemme, 1971). A espessura máxima de seu pacote sedimentar é de 10.000 m (Villwock & Tomazelli, 1995), sendo composta por

sedimentação clástica terrígena transicional e marinha, acumulada entre o Cretáceo e o Quaternário. Localiza-se entre os paralelos 26°S e 29°S, limitada ao norte pelo Alto de Florianópolis e ao sul pela fronteira com o Uruguai onde é denominada *Cuenca del Este*, estendendo-se até o alto do embasamento *La Coronilla* (Dias *et al.*, 1994). Sua origem está vinculada a Reativação Wealdeniana (Almeida, 1967), processo responsável pela constituição da Formação Serra Geral e fragmentação do Gondwana, quando as massas continentais sul-americanas e africana começaram a se afastar dando início à formação do pro-oceano Atlântico Sul.

A Planície Costeira do estado de Santa Catarina está situada na costa sul do Brasil e, apresenta 538 km de extensão, entre os estados do Paraná e Rio Grande do Sul, ocupando cerca de 7% do litoral brasileiro. Sua extensão representa a porção emersa das bacias marginais marinhas de Santos, Plataforma de Florianópolis e Pelotas, que juntamente com plataforma continental e o embasamento, constituem a província costeira do estado de Santa Catarina (Diehl & Horn Filho, 1996) (Fig. I.1).

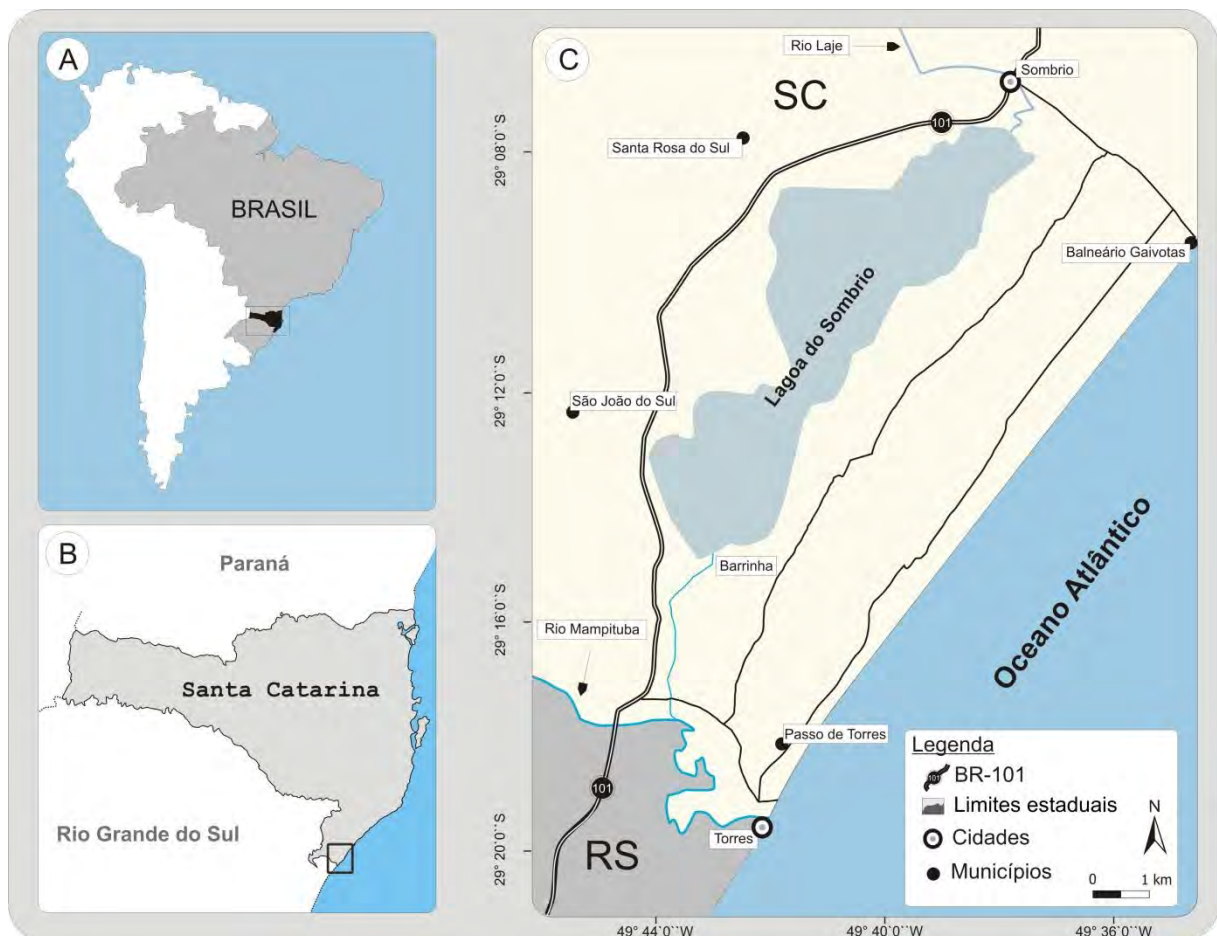


Figura I. 1: A-C. Mapa de localização da Lagoa do Sombrio, Planície Costeira, setor sul do estado de Santa Catarina.

Nesta latitude a costa apresenta um regime de micromarés inferiores a 2 m. Os ventos são predominantemente de nordeste, sudoeste e sudeste, responsáveis pela configuração das dunas litorâneas pretéritas e atuais. A formação da Planície Costeira de Santa Catarina é resultado de episódios tectono-magmáticos associados a processos intempéricos derivados de flutuações paleoclimáticas e oscilações do nível do mar. Estes processos originaram diferentes depósitos sedimentares, preservando somente os mais recentes do Quaternário indiferenciado (Pleistoceno Superior e Holoceno). Em sua extensão identificam-se, praias, barreiras arenosas, dunas, lagoas, lagunas e manguezais, entremeados a afloramentos rochosos de litologias variáveis.

4.1 Geologia da área

A história sedimentar registrada na porção sul do litoral catarinense (Sombrio, São João do Sul e Santa Rosa do Sul) está intimamente relacionada à evolução geológica do litoral norte do Rio Grande do Sul (Horn Filho *et al.*, 2008), como resultado de um sistema formado por quatro barreiras. As barreiras I, II e III são de idade pleistocênica, enquanto a barreira IV é datada no Holoceno (Villwock & Tomazelli, 1995).

Para a região de estudo, Horn Filho *et al.* (2006) descrevem sete estágios geoevolutivos, identificados como: estágio geoevolutivo I (máximo transgressivo do Pleistoceno médio); estágio geoevolutivo II (máximo regressivo do Pleistoceno médio); estágio geoevolutivo III (máximo transgressivo do Pleistoceno superior); estágio geoevolutivo IV (máximo regressivo do Pleistoceno superior); estágio geoevolutivo V (máximo transgressivo do Holoceno); estágio geoevolutivo VI (máximo regressivo do Holoceno) e estágio geoevolutivo VII (Quinário).

Durante o estágio I o nível do mar teria alcançado altitudes ocupadas pelas rochas do embasamento a oeste, formando ilhas e baías na planície, cujas litologias pré-existentes foram erodidas pela ação marinha. No estágio II, o nível do mar recuou e, após erodir o embasamento indiferenciado, formou um conjunto de depósitos eluviais, coluviais e aluviais de encosta. O estágio III é caracterizado pela formação de corpos aquosos que originaram depósitos lagunares nas proximidades do embasamento, assim como dos depósitos de encosta. No estágio IV, o nível do mar novamente recuou, e ao longo dessa progradação criaram-se praias e depósitos

eólicos de grandes extensões. O estágio V constituiu o evento máximo da transgressão marinha do Holoceno, retrabalhando os sedimentos eólicos e marinhos pleistocênicos. No estágio VI, o nível do mar recuou, favorecendo a deposição dos litofácies do sistema laguna/barreira IV. Este sistema deposicional desenvolveu-se apoiado, em parte, nos depósitos da barreira III. Os depósitos deste sistema estão correlacionados à transgressão Santos, proposta por Suguio & Martin (1978) para o litoral paulista, à Última Transgressão (Bittencourt *et al.*, 1978) para a costa nordestina, ou à transgressão da barreira IV, para a costa do Rio Grande do Sul (Villwock *et al.*, 1986). O último estágio (geoevolutivo VII) foi responsável pela construção dos depósitos tecnogênicos e áreas urbanas, bem como os depósitos marinhos praias e eólico junto à linha de costa atual.

Em Silva (2009) foram identificadas feições de dois terraceamentos lagunares na região. O primeiro é atribuído ao nível de mar mais alto no Holoceno com proporções que poderiam ter alcançado as cotas de 1,6 a 4,1 m acima do nível do mar atual (Fig. 2b). O segundo terraço estaria vinculado a uma crista que circunda a Lagoa do Sombrio com cotas abaixo de 2 m. O mesmo autor apresentou um mapeamento partindo de feições do entorno da Lagoa do Sombrio até os campos de dunas próximos à linha de praia. Ocorre, a leste, um campo de dunas de forma retilínea em toda a extensão da lagoa recobrando os depósitos adjacentes que compreendem os cordões regressivos litorâneos. Esta unidade representa a paleotopografia de cordões de dunas frontais (*foredune ridges*) limitados a leste por dunas de precipitação (*precipitation ridges*) que recobre, por vezes, a vegetação presente. Adjacente a esta unidade ocorre um amplo campo de dunas transgressivo (*transgressive dunefields*). Por fim, são identificados extensos paleocanais, e canais do rio Mampituba que truncam os terrenos já descritos. Dessa forma Silva (2011) caracteriza esta unidade como um sistema progradacional, formado por um campo de dunas que recobre os cordões regressivos, e por um campo de dunas transgressivo junto à linha de costa.

Na figura I.2 com base na bibliografia são apresentados de forma sintética os resultados que caracterizam os sedimentos e os ambientes deposicionais do local estudado.

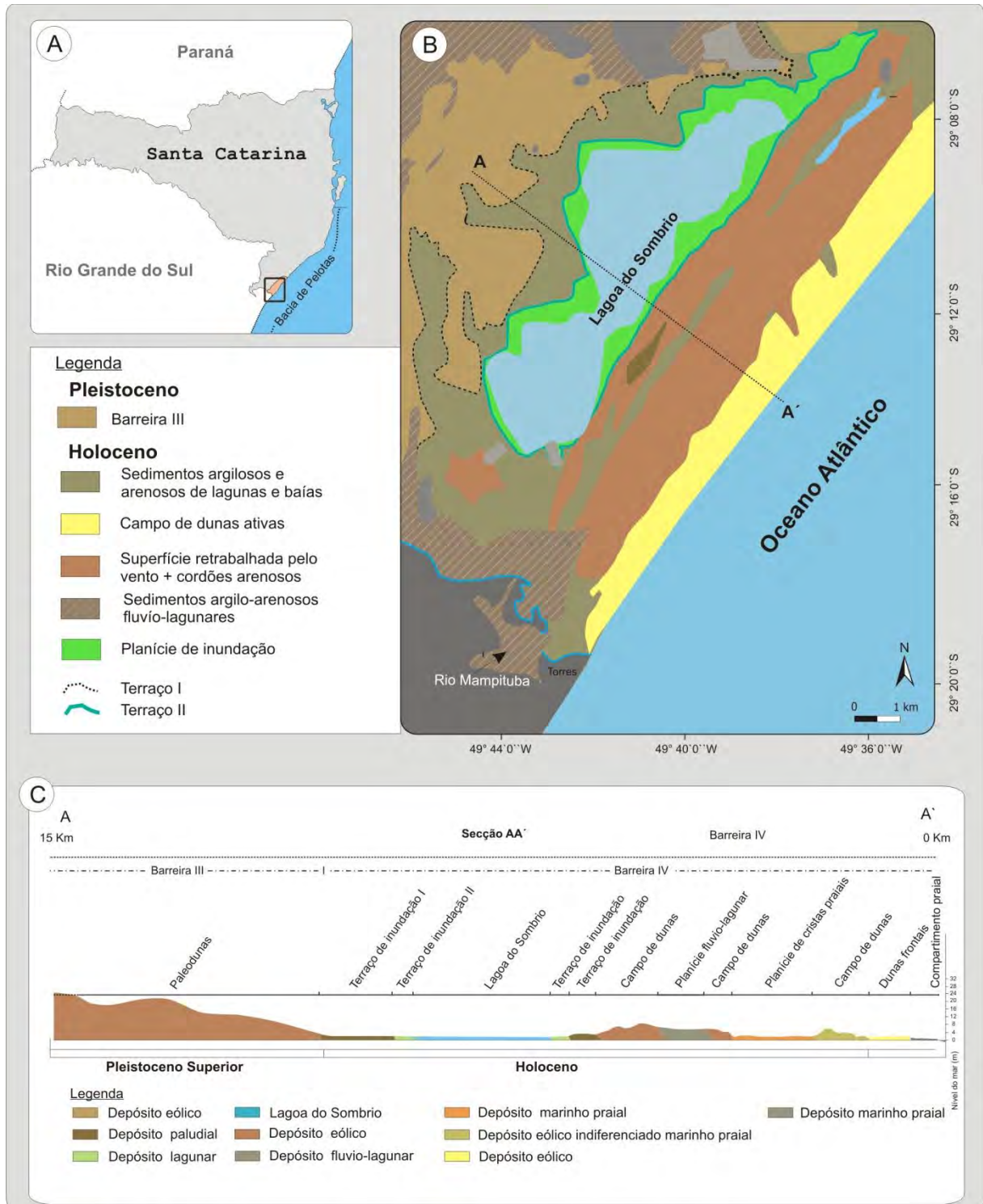


Figura I.2: A-C. Geologia da região de estudo. A. Mapa de localização; B. Mapa geológico da região modificado de Martin *et al.* (1988) composto pela identificação dos terraços I e II (Silva, 2011) e C. Transecto A-A' com as principais feições litológicas modificado de Mudat *et al.* (2006).

4.2 Contexto vegetacional

O Estado de Santa Catarina está inserido no Bioma Mata Atlântica, que é exclusivamente brasileiro, sendo suplantado, em termos de biodiversidade, pelo Bioma da Floresta Amazônica, em ocorrência e importância na América do Sul apesar de estar reduzido e bastante fragmentado. Neste bioma ocorrem vários ecossistemas, denominados Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, além de campos de altitude, brejos interioranos, manguezais, restingas herbáceo/arbustivas e ilhas oceânicas litorâneas (CONAMA, 2010). Tamanha variedade de ecossistemas pode ser explicado por uma série de processos naturais que compreendem regimes climáticos provenientes de diversas latitudes, sendo comum, também, a exposição aos ventos úmidos advindos do Oceano Atlântico.

Até meados do século XIX, a Mata Atlântica apresentava-se distribuída ao longo da costa brasileira, desde o Rio Grande do Sul até o Rio Grande do Norte (Latitudes 3°; 33°S), com uma área superficial de aproximadamente 10⁶ Km². A partir do século XX, principalmente nas últimas duas décadas, houve um acelerado processo de alteração antrópica pela intensificação das atividades agrícolas, industriais e urbanas, ficando reduzida a apenas 8% de sua extensão original. Estas áreas relictuais apresentam-se bastante fragmentadas e se concentram no litoral das regiões sul e sudeste do Brasil. Tal fato se deve às características geológicas/geomorfológicas locais, impostas pela topografia acidentada da Planície Costeira dessas regiões (Backes & Irgang, 2004; Mamede *et al.*, 2004).

A vegetação da Mata Atlântica é caracterizada pela presença maciça de Magnoliopsida (principalmente Myrtaceae, Leguminosae, Rubiaceae, Melastomataceae, Lauraceae e Annonaceae) e Liliopsida. No dossel da Floresta destacam-se *Protium*, *Eriotheca*, *Hirtella*, *Tachigallia* e *Ficus*, além de uma infinidade de lianas e epífitas (*e.g.* Bromeliaceae, Loranthaceae, Orchidaceae, Cactaceae).

A vegetação da área de estudo é classificada como Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Tropical Fluvial (IBGE, 1992). Na região são reconhecidos ecossistemas como os da restinga litorânea herbácea, herbácea/arbustiva e arbórea ocupando áreas extensas paralelas à linha de costa e principalmente nas margens oeste e leste do Lagoa do Sombrio (Falkenberg, 1999) (Fig. I. 3).

Segundo Klein (1978), a região de estudo ainda compreende fitogeograficamente à Floresta Tropical das Planícies Quaternárias do Sul, que se

estende entre Jaguaruna-Tubarão e o extremo sul (Sombrio e Praia Grande). Nesta região dois tipos principais de floresta, além da vegetação litorânea, são observados florestas situadas nas planícies de solos muito úmidos, caracterizadas por apresentar um aspecto fitofisionômico bastante uniforme, fato que se deve a um seletivo grupo de árvores que caracterizam estas planícies úmidas. Sobressaem-se pela sua importância o Ipê amarelo (*Tabebuia umbellata*), a figueira de folha miuda (*Ficus organensis*), o coqueiro ou Jerivá (*Arecastrum romanzoffianum*), o araçazeiro (*Marlierea parviflora*) e os guamirins (*Myrcia dichhrophylla* e *M. Glabra*), espécies responsáveis pela caracterização da mata.

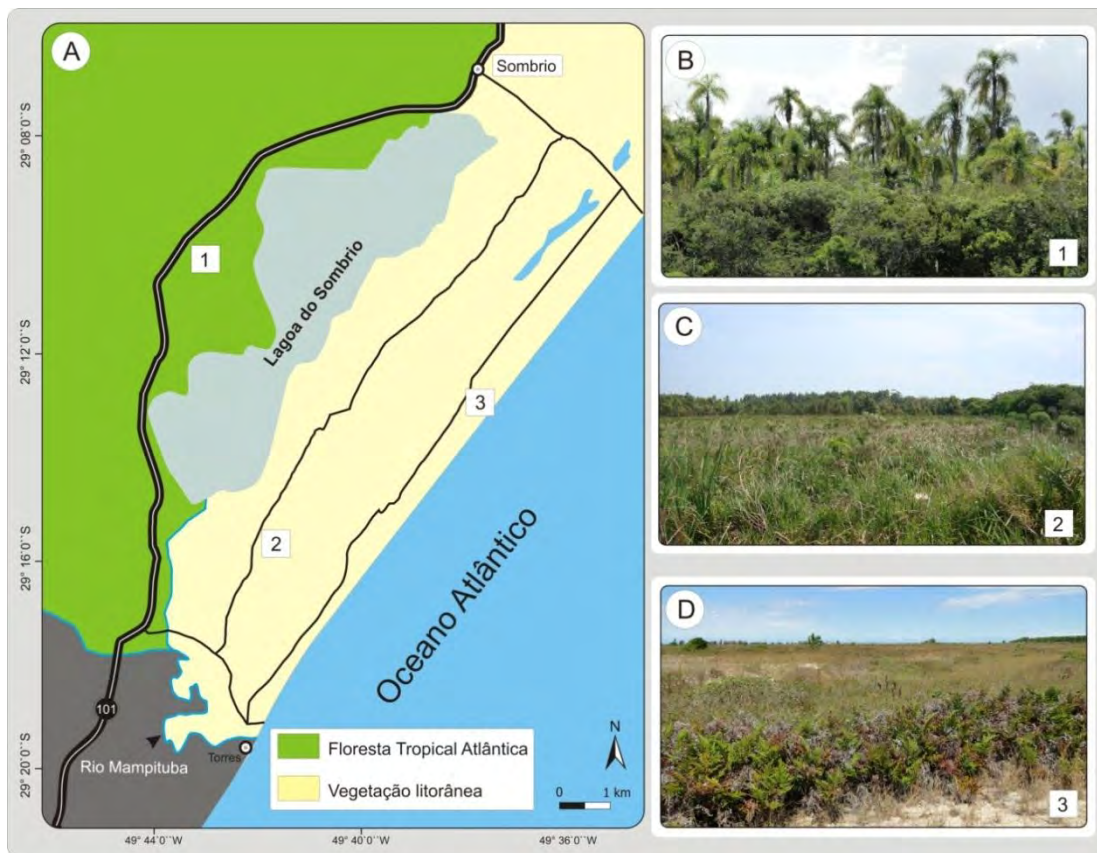


Figura I. 3: A. Mapa da vegetação da região sul de Santa Catarina, segundo Klein (1978) evidenciando alguns dos tipos fitofisiográficos que ocorrem na região, sendo B. Floresta Tropical das planícies quaternárias do sul, com destaque para *Arecastrum romanzoffianum* (Arecaceae), ao fundo; C. Vegetação de banhado com grande população de *Thypha domingensis* circundada por área de plantio de *Pinus* sp. e D. Vegetação litorânea do pós-dunas, mostrado pequena população de pteridófitos circundada por vegetação herbácea (Poaceae, Asteraceae e Cyperaceae).

A oeste da vegetação supracitada as florestas situadas nas planícies de solos enxutos caracterizam o segundo tipo fitofisionômico e ocorrem poucos metros acima

das planícies úmidas, identificadas principalmente por apresentar árvores mais altas, dentre as quais se destacam pela sua importância: o baguaçu (*Talauma ovata*) e a peroba vermelha (*Aspidosperma olivaceum*). A submata é formada principalmente pelo palmiteiro (*Euterpe edulis*), laranjeira do mato ou pau ralinha (*Actinostemom concolor*) e o bacopari (*Rhedia garneriana*).

4.3 Clima e hidrografia

Segundo Nimer (1979), o clima da região sul de Santa Catarina caracteriza-se como mesotérmico úmido, com umidade relativa média do ar em torno de 82,1%, temperatura média anual de 19,1°C. Köppen (1948) classifica a região como tipo Cfa (Subtropical úmido). O clima Cfa apresenta as seguintes características: temperatura média do mês mais frio entre 18° e -3° C; temperatura do mês mais quente acima dos 10° C, estações bem definidas e chuvas bem distribuídas ao longo do ano (sem a ocorrência de uma estação seca).

O litoral catarinense tem influência climática do Anticiclone do Atlântico e do Anticiclone Migratório Polar Atlântico. O primeiro constitui-se na fonte geradora da Massa Tropical Atlântica, e o segundo, da Massa Polar Atlântica. A Frente Polar Atlântica, resultado do contato entre as duas massas, é a responsável por parte da precipitação do litoral, controlada pela presença da Serra do Mar, das serras do Leste Catarinense e da Serra Geral (Diehl & Horn, 1996). As precipitações totais anuais são maiores no litoral norte, alcançando 1.800 mm, e menores a sul (1.400 mm).

A área de estudo está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Mampituba, onde deságua a Lagoa do Sombrio através de um canal. Os principais rios desta bacia são o Rio Mampituba, que limita os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, além dos rios Sertão, Canoas e Laje mais a norte. Localizada no limite entre os estados do RS e SC, a Bacia Hidrográfica do Rio Mampituba abrange duas províncias geomorfológicas distintas: Planalto Meridional e Planície Costeira. Diversas lagoas costeiras ocorrem nesta bacia, como a Lagoa do Sombrio, Caverá, Piritú, Lagoa de Fora e do Rodrigues.

5. Materiais e métodos

Para o desenvolvimento desta tese foram realizadas atividades de campo (etapas preliminares e de coleta) e de laboratório (etapas laboratoriais). Os procedimentos de campo, bem como a preparação química dos materiais foram realizados utilizando-se a infraestrutura do Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LPMMT/IG/UFRGS), assim como as demais análises palinológicas, qualitativas e quantitativas (etapas analíticas). A aquisição de dados altimétricos, bem como análise granulométrica dos poços foram realizados com o auxílio da infraestrutura do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO/IG/UFRGS) por especialistas colaboradores.

5.1 Etapas de campo

5.1.1 Coleta dos testemunhos

Para a escolha da área a ser estudada, primeiramente observou-se a preservação dos ecossistemas. A escolha baseou-se em locais com características deposicionais redutoras e anaeróbicas, garantindo boa preservação dos palinomorfos.

Na coleta foi utilizado o aparelho coletor "*Russian Peat Borer*", conforme descrito em Moore *et al.* (1998). Este aparelho coletor é composto por uma cápsula tubular de 50 cm de comprimento por 5 cm de diâmetro, acoplado a hastes móveis que, por movimentos rotacionais, retira e incorpora seções sedimentares nas profundidades desejadas. O fator que torna o aparelho "*Russian Peat Borer*" importante em trabalhos de palinologia do Quaternário é sua praticidade de uso e o fato de ser leve e fácil de ser transportado em terrenos paludiais. O coletor não compacta os sedimentos quando da perfuração, permitindo assim uma fiel reprodução da sequência estratigráfica original do depósito.

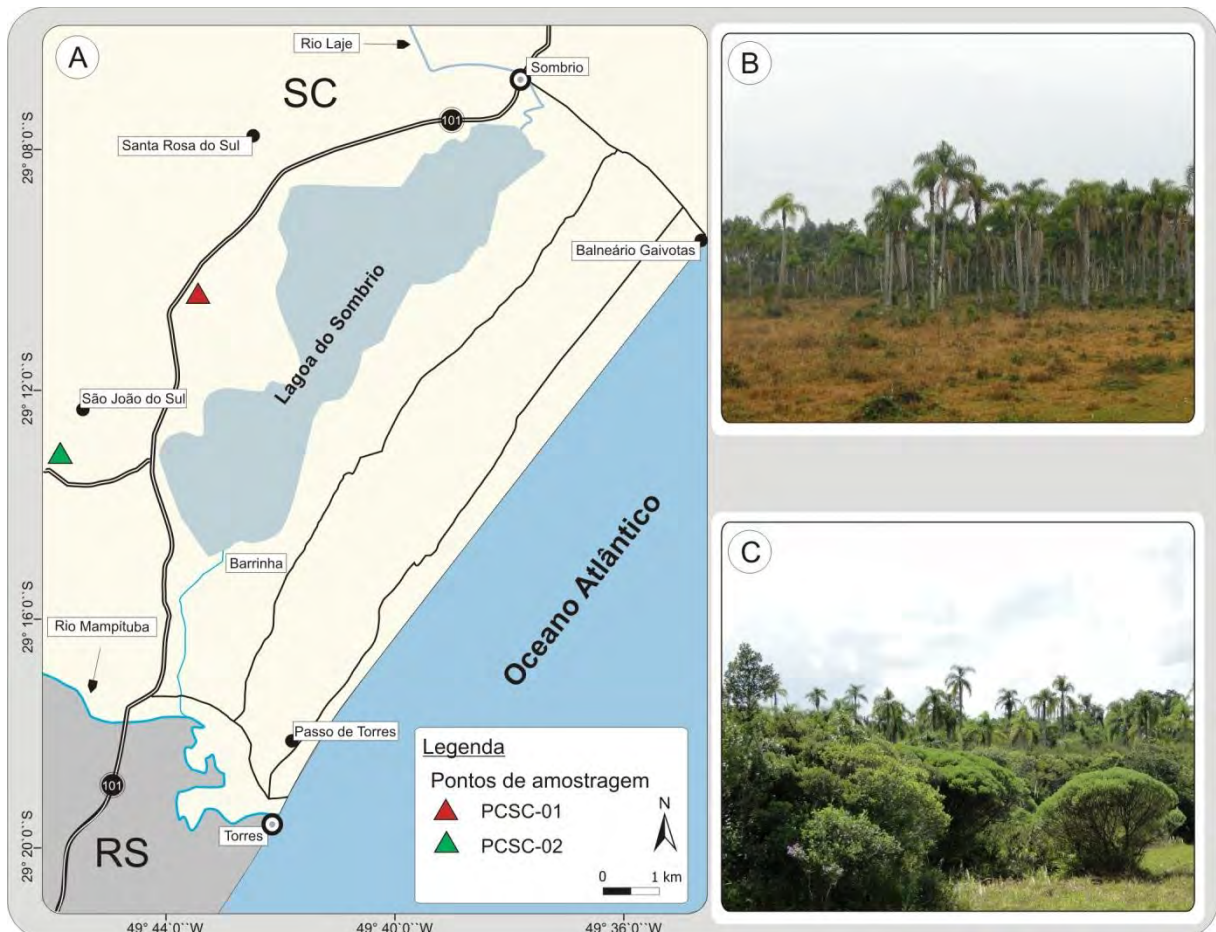


Figura 1.4: A. Mapa de localização dos pontos de amostragem; B. Mata paludosa localizada na fazenda Adão Trajano, município de Santa Rosa do Sul (PCSC-01); C. Mata paludosa localizada no município de São João do Sul (PCSC-02).

As seções foram amostradas de forma sequencial, do topo para a base do depósito sedimentar. A cada seção, o coletor foi cuidadosamente limpo, evitando a contaminação de palinórfos oriundos de níveis anteriores. Além disso, as seções foram retiradas lado a lado, evitando o uso do mesmo ponto de perfuração de forma a minimizar problemas de mistura de material. As porções sedimentares referentes a cada seção foram transferidas para tubos de policloreto de vinila (PVC) previamente cortados longitudinalmente com mesmas dimensões da cápsula do aparelho coletor com etiquetas com a marcação de topo e base. Os tubos foram embalados com filme plástico e papel alumínio para transporte ao laboratório onde foram acondicionados em temperaturas de $+4^{\circ}\text{C}$ até a retirada das unidades amostrais para análises palinológicas (Fig. 1.5).



Figura 1.5: Método de coleta dos testemunhos mostrando a sequência de coleta, sendo A. Coleta do testemunho; B. Visualização do intervalo coletado e anotações pertinentes; C-D. Armazenamento para o transporte.

Os testemunhos de sondagem posteriormente receberam as siglas **PCSC**, referentes à: **P**.lanície **C**.osteira de **S**.anta **C**.atarina, numerações 1 e 2 sucessivamente, segundo a ordem de coleta, ficando então para Santa Rosa do Sul: PCSC-01 (coordenadas 29°10'43,68``S - 49°44'57,09``W); São João do Sul: PCSC-02 (29°13'30,38``S - 49°48'07,62``W). Recebeu a sigla PCSC-03 a localidade da Barrinha, onde foram recuperados os fósseis calcários, na tese, apresentados como resultados complementares II (Fig. 1.7).

5.1.2 Inventário florístico

Foi realizado um inventário florístico preliminar para o reconhecimento das principais famílias ocorrentes na região principalmente no entorno das áreas de amostragem. Este levantamento permitiu melhor correlação dos táxons atuais com os que compõem a paleoflora a ser registrada, permitindo uma melhor segurança

nas interpretações dos paleoambientes. As saídas em campo foram efetuadas entre janeiro de 2011 e março de 2012 em diferentes épocas do ano, quando se procurou também coletar material fértil para o processamento palinológico atual.

A literatura utilizada para identificação do material botânico foram, entre outras: Reitz (1961), Reitz *et al.* (1988), Irgang & Gastal Jr. (1996), Lorenzi (2000, 2002a,b), Lorenzi & Souza (2001), Backes & Irgang (2002, 2004a,b), Lorenzi *et al.* (2004), Sobral *et al.* (2006), Carvalho (2003, 2006, 2008), Souza & Lorenzi (2005). A nomenclatura botânica e os respectivos autores estão de acordo com as bases de dados internacionais (Missouri Botanical Garden, 2010; The Index Plant Names, 2010).

5.1.3 Coleta de sedimentos superficiais para análise palinológica

Este procedimento viabiliza que diferentes fisionomias sejam analisadas do ponto de vista palinológico, o que proporciona, a identificação de elementos índices (táxons que representem a flora local). Este tipo de amostragem serve de base para melhor contextualizar os processos de dispersão e deposição palinológica na região, bem como melhor calibrar os resultados paleoflorísticos.

Com esse intuito, foram selecionadas e coletadas amostras em nove pontos ao longo da Planície Costeira sul de Santa Catarina, em áreas adjacentes à Lagoa do Sombrio e aos poços PCSC-01 e 02. A coleta de sedimentos superficiais contemplou diferentes contextos ambientais da vegetação de restinga.

Para a escolha dos pontos amostrados se levou em conta a proposta de restinga litorânea de Falkenberg (1999) conforme as atribuições de Coulivax *et al.* (1999), que consiste na coleta aleatória de sedimentos superficiais em uma área de aproximadamente 100 Km². Preferencialmente as amostras foram coletadas em ambientes redutores, evitando os solos mais arenosos, com exceção da amostra 1, referente ao compartimento praiado (dunas frontais).

O material foi coletado através de um cilindro padronizado de PVC com 10 cm de comprimento e 6 de diâmetro, dos quais foram retiradas subamostras *in situ* de 1 cm³ para cada ponto amostrado conforme orienta Salgado-Laboriau (2007).

As amostras foram mantidas em condições térmicas adequadas e transportadas para o Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, onde foram processadas conforme as técnicas em palinologia do Quaternário, abordados no

item 5.2.5. Os pontos de coleta e os diferentes ambientes são apresentados na figura I.6.



Figura I.6: Mapa de localização dos diferentes ambientes selecionados para as coletas de sedimentos superficiais, correspondendo a nove amostras conforme coordenadas (quadro 1).

Amostras	Coordenadas	Tipo de Ambiente	Imagens na Fig. 6
Ponto 1	29°12'09.20"S 49°36'49.80"W	Praial	1
Ponto 2	29°14'29.20"S 49°38'56.90"W	Pós-dunas	2
Ponto 3	29°12'08.00"S 49°37'41.20"W	Pós-dunas	3
Ponto 4	29°13'28.40"S 49°40'54.50"W	Mata paludosa	4
Ponto 5	29°17'43.20"S 49°43'33.60"W	Banhado	5
Ponto 6	29°15'08.10"S 49°43'43.50"W	Borda da lagoa	6
Ponto 7	29°10'42.00"S 49°44'58.00"W	Mata paludosa	7
Ponto 8	29°10'42.00"S 49°44'58.00"W	Campo antropisado	8
Ponto 9	29°13'30.80"S 49°48'08.10"W	Mata paludosa	9

Quadro 1: Coordenadas geográficas dos pontos amostrados com a definição dos ambientes de coleta.

5.1.4 Aquisição de informação altimétricas

Esta metodologia objetivou o reconhecimento das cotas altimétricas e dos valores médios da topografia local, em relação ao atual nível do marinho. Os dados de altimetria foram obtidos por um aparelho de GPS marca Trimble, com um receptor modelo Pro-XRS, que possui combinação de um receptor de GPS e um receptor diferencial Beacon MSK (radiofarol) em um único instrumento.

Com o emprego desse sistema de posicionamento foi possível realizar uma correção diferencial a partir da estação de referência do IBGE/Imbituba (*datum*). Esta estação serve para calcular a correção diferencial a partir dos sinais que recebe das satélites de posicionamento, estimando assim a probabilidade e a margem de erro (%), já que suas coordenadas são conhecidas com precisão. Foram levantados resultados altimétricos do topo dos poços (PCSC-01 e PCSC-02) e do nível calcário identificado na Barrinha (PCSC-03).

5.1.5 Outros fósseis calcários coletados

Embora não seja o tema principal deste estudo, cabe aqui registrar que foram verificados fósseis calcários ocorrendo em duas diferentes áreas e em diferentes contextos.

A primeira ocorrência registrada foi verificada no nível mais basal do poço PCSC-01, perfurado na porção oeste da Lagoa do Sombrio, no interior de uma mata paludosa. Esta amostra compreende o intervalo das amostras 56 - 57 do perfil sedimentar, perfazendo um pacote de 10 cm de espessura (560 – 570 cm de profundidade) com aproximadamente 80 g de sedimentos inconsolidados (Fig. I. 7a).

A segunda ocorrência foi identificada em sedimentos expostos em uma trincheira mecanicamente aberta para retirada de material calcário para exploração, localidade da Barrinha (29°14'58,69``S - 49°44'55,88``W) (Fig. I. 7b). Esta camada se estendia horizontalmente no sentido Leste-Oeste na trincheira, onde foi realizada a amostragem. Como instrumentos foram utilizados apenas “*pá de corte*” e material para transportar o sedimento contendo os bioclastos coletados.

Foi retirado um “*bloco sedimentar*” com dimensões de 30 cm de altura por 10 cm de largura e 20 cm de profundidade, compreendendo aproximadamente 2 kg de sedimentos inconsolidados contendo os bioclastos a serem analisados.

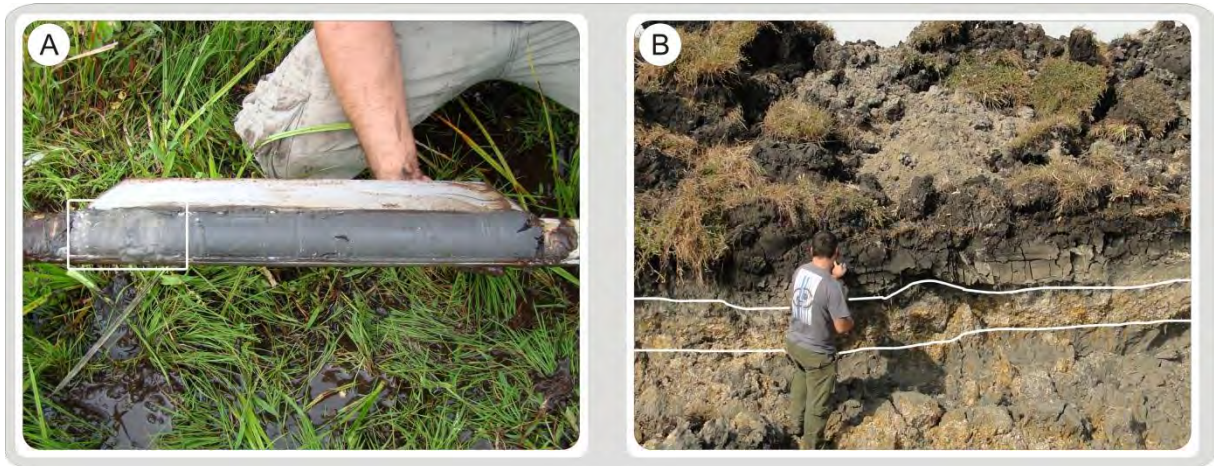


Figura I.7: Amostragem referente aos níveis calcários identificados na área; A. Base do poço de Santa Rosa do Sul (PCSC-01) e B. Horizonte com fósseis calcários identificado na localidade da Barrinha.

Após transporte, a triagem e a separação inicial foram realizadas no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LPMMT/IG/UFRGS). O material foi seco em estufa (25°C) e desagregado cuidadosamente após secagem. Os bioclastos foram triados manualmente e/ou com auxílio de peneiras sobrepostas de 4,76 a 0,5 mm de abertura de malha. Os espécimes menores que 0,5 mm foram examinados com o auxílio de lupa binocular para seleção, identificação taxonômica e contagem.

A identificação do material foi realizada por comparação com formas fósseis e equivalentes modernos, através da consulta a coleções de referência, atlas, catálogos e literatura especializada, tais como: Closs & Forti (1971), Forti (1971), Forti-Esteves (1974), Madeira-Falcetta *et al.* (1980), Kotzian & Eilert (1985), Rios (1994), Forti-Esteves (1986a, 1986b), Mendes (1993) e Pitoni (1993).

As espécies milimétricas foram fotografadas com o auxílio de uma lupa binocular modelo Olympus SZ 40, em aumento de 10x, com máquina digital acoplada (Sony modelo Cyber-shot 12.1).

A lista dos táxons reconhecidos e o registro fotográfico dos mesmos são verificados nos resultados complementares do capítulo II.5, bem como breve informações ecológicas.

5.2. Etapas de laboratório

5.2.1 Descrição prévia dos testemunhos

Em laboratório os testemunhos foram dispostos em bancada para elaboração do perfil litológico, considerando-se diferenças granulométricas, cor e níveis de alteração intempérica. Após a descrição prévia e a retirada das amostras para o processamento palinológico, intervalos foram selecionados de ambos os poços, submetidos a análise granulométrica para descrição do perfil sedimentar.

5.2.2 Análise granulométrica

Na análise de granulométrica, os processos de secagem, desagregação, quarteamento, separação de finos, peneiramento, ensaios de decantação, cálculo dos parâmetros estatísticos, necessários para a definição das litologias dos testemunhos (PCSC-01 e 02), foram realizados no Laboratório de Sedimentologia do CECO-UFRGS. Os parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957) e a classificação textural segundo Shepard (1954) foram determinados a partir do programa PANICON. As análises granulométricas irão auxiliar as interpretações paleoambientais, quando serão consideradas junto a outras características, tais como, estrutura sedimentar, presença de clastos e fragmentos orgânicos (conchas e raízes).

5.2.3 Datações radiocarbônicas

De cada testemunho, foram selecionadas amostras contendo aproximadamente 20 g de sedimento seco para datações radiocarbônicas, totalizando sete níveis estratigráficos selecionados. Deste total, seis amostras foram enviadas ao “CENTER FOR APPLIED ISOTOPE STUDIES - THE UNIVERSITY OF GEORGIA” para datações radiocarbônicas através do método de “Accelerator Mass Spectrometry - AMS” e uma referente a um bivalve em posição de vida (*Tagelus plebeius*) ao Laboratório BETA ANALYTIC (USA, Flórida) para datação pela mesma técnica. As idades obtidas foram calibradas em anos até 1950 A.P. com base em CALIB 6.0.1, IntCal09 (Reimer *et al.*, 2009). Neste trabalho ainda serão calculadas as idades interpoladas para cada unidade amostral utilizando software *TILIA*.

5.2.4 Preparação do material de referência

Através do referencial bibliográfico primeiramente foram selecionadas espécies que ocorrem na região para compor os táxons de referência palinológica. O material fértil destas espécies foi extraído de exsicatas provenientes do Herbário da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ICN). Outra parcela foi coletada diretamente de espécies identificadas na região. Os materiais foram preparados quimicamente utilizando-se a técnica de acetólise conforme as determinações de Erdtman (1960). Um total de 60 espécies foram preparadas e incorporadas à Palinoteca de referência do Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo sob as iniciais MP-Pr (Souza *et al.*, 2009). Todas as espécies processadas, e que serviram de material de referência palinológica ocorrem na região estudada.

5.2.5 Preparação dos sedimentos quaternários para análises palinológicas

De posse dos perfis PCSC-01 e 02, foram retiradas 83 unidades amostrais ao longo dos testemunhos de sondagem com volume de 1 cm³ cada, em intervalos regulares de 10 cm, utilizando-se um êmbolo plástico de 5 ml, que era sempre lavado e esterilizado, a cada novo procedimento (Fig. 1.8).

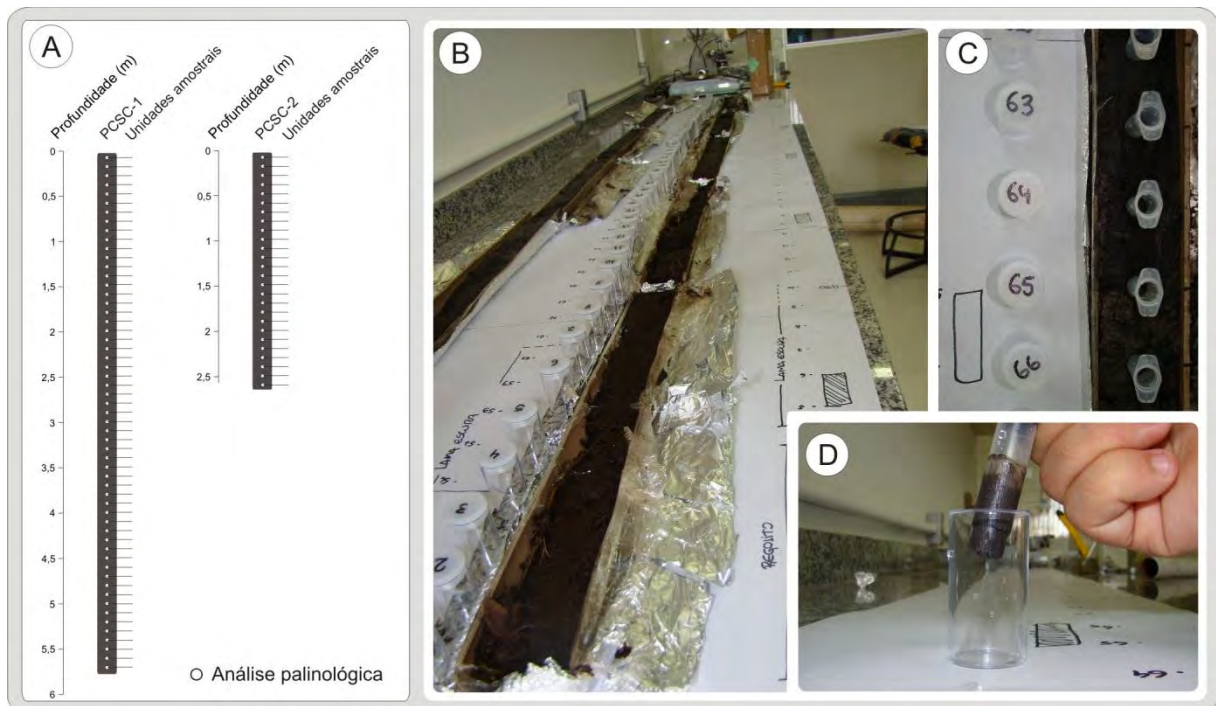


Figura 1.8: A. esquema dos perfis estudados com posicionamento em profundidade das unidades amostrais extraídas para análises palinológicas; B-D. Detalhe do método de retirada das amostras.

Foram extraídas 57 unidades amostrais do poço PCSC-01 e 26 para o poço PCSC-02, onde cada unidade amostral foi armazenada em um recipiente plástico vedado de 50 ml, devidamente identificado (número da amostra e respectiva profundidade). O testemunho de sondagem foi novamente embalado com filme plástico e papel alumínio para o acondicionamento a temperaturas de +4°C.

Amostragens mais superiores (regolito) foram descartadas tendo em vista tratar-se de níveis com intensa alteração intempérica e deformidade. O tratamento químico dos sedimentos para recuperação dos palinomorfos segue a técnica descrita por Faegri & Iversen (1989). Antes da utilização de reagentes químicos foi adicionado, em cada unidade amostral, um comprimido de carbonato de cálcio contendo esporos exóticos de *Lycopodium clavatum* L. (número de partida 18.584 ± 371) os quais deverão servir para posteriores análises de concentração polínica (Stockmarr, 1971). Abaixo são listadas as etapas do processamento químico, ilustradas na figura I.9:

a) Remoção de silicatos: O reagente mais efetivo para a remoção dos silicatos do sedimento turfáceo é o ácido fluorídrico (HF). Para as preparações palinológicas utiliza-se o HF nas concentrações de 40% a 48%. Em cada unidade amostral foram adicionados 15 ml deste reagente, agitadas com auxílio de um agitador mecânico modelo Kline NT-151, de forma constante por no mínimo oito horas. Posteriormente os materiais foram transferidos para tubos de centrífuga de 50 ml e aquecidos em banho-maria à temperaturas de 100° C durante quatro minutos. A separação do reagente ácido de cada unidade amostral foi realizada por sucessivas lavagens com centrifugações (centrífuga modelo CELM LS-3) e descarte adequado.

b) Remoção de carbonatos: Para a remoção dos carbonatos nos níveis que contenham conchas visíveis a olho nu ou em lupa (microscópio estereoscópico), as amostras foram peneiradas antes de serem processadas. Posteriormente, foram adicionados 10 ml de ácido clorídrico (HCl) concentrado a 10%. Os materiais foram agitados mecanicamente e de forma constante durante quatro minutos. Em seguida, aquecidos em banho-maria a temperatura de 60°C por mais quatro minutos. Também visando a remoção mais completa possível deste ácido, os materiais foram lavados diversas vezes com centrifugação e descarte.

c) Remoção dos ácidos húmicos: Para eliminar os ácidos húmicos, lignina e os restos orgânicos foram adicionados nas unidades amostrais 20 ml de hidróxido de potássio (KOH) concentrado a 10%. Os materiais foram agitados por quatro minutos mecanicamente e de forma constante e, após, aquecidos em banho-maria a temperatura de 100°C por mais quatro minutos. Após esta etapa as amostras foram lavadas e centrifugadas para remoção total dos reagentes e dos compostos solúveis.

d) Desidratação das amostras: Com objetivo de desidratar as amostras, impedindo uma reação química muito forte, explosiva, a qual é provocada pela mistura de água (etapa anterior) e acetólise (etapa seguinte) foram adicionados nas unidades amostrais 10 ml ácido acético glacial (CH_3COOH), utilizando-se frascos agitados mecanicamente e de forma constante por quatro minutos. Logo após, os materiais foram centrifugados e o sobrenadante descartado.

e) Remoção da celulose e do conteúdo citoplasmático: Para eliminação da celulose e do conteúdo citoplasmático dos grãos de pólen e esporos, os materiais foram submetidos a uma reação química chamada “acetólise” que consiste na mistura de nove partes de anidrido acético (CH_3CO)₂O, e uma parte de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Em cada unidade amostral foram adicionados 10 ml da mistura. Os preparados foram aquecidos em banho-maria à temperatura de 100°C por quatro minutos, sendo em seguida lavados, centrifugados e os resíduos sobrenadantes descartados.

f) Filtragem e tratamento final das amostras: Após tratamento por acetólise, os materiais foram peneirados sob uma malha metálica de 200 μm . Nos resíduos menores que 200 μm (materiais para análise palinológica) foram adicionados 10 ml de Glicerol concentrado a 50%, deixando os mesmos emersos durante 30 minutos. Após, foram centrifugados para posterior montagem das lâminas palinológicas. Nos resíduos maiores que 200 μm (materiais para eventuais análises) foram adicionados Glicerol concentrado a 100%, sendo estes armazenados em frascos de vidro vedados e etiquetados (local, número da amostra (n), profundidade (m) e fração de peneiramento (>200 μm)).

g) Montagem das lâminas palinológicas: tanto dos preparados fósseis quanto dos modernos, foi utilizada a técnica descrita por Salgado-Labouriau (1973). Foram confeccionadas três lâminas de cada unidade amostral para análises paleopalinológicas e três lâminas de cada espécie moderna, que foram incorporadas na Palinoteca do Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, sob a codificação do prefixo “MP-Pr” (Coleção de referência); “MP-P” (coleção estratigráfica), e “MP-Pd” (coleção didática) quando pertinente.



Figura 1.9: Ilustração das etapas do processamento químico das amostras; A. Unidade amostral; B. Remoção dos silicatos; C. Centrifugação para a remoção dos carbonatos e ácidos húmicos; D. Processamento químico e equipamentos de segurança utilizados neste tipo de metodologia; E. Pastilhas de *Lycopodium clavatum* para a realização de futuras análises estatísticas.

6. Etapas analíticas

6.1 Análise qualitativa

Estas análises tiveram por objetivo a determinação taxonômica de grãos de pólen, esporos e demais palinomorfos registrados nas unidades amostrais ao longo da seqüência sedimentar. Foram utilizados os microscópios ópticos *Olympus* modelos *BX-61* e *CX-31* em aumentos de 400 e 1000 x. As identificações foram feitas por comparações do material fóssil com seus equivalentes modernos (Palinoteca de referência). Nas comparações, foram realizadas consultas às lâminas de referência contendo grãos de pólen e esporos da região, além de bibliografias especializadas como atlas e catálogos polínicos.

Os grupos taxonômicos que apresentam semelhanças morfológicas, não sendo possíveis distingui-los, foram previamente denominados “tipo” precedido dos nomes científicos, conforme discutido em Erdtman (1952), Salgado-Labouriau (1973), Traverse (1988) e Punt *et al.* (2007). Esse nível de classificação permite que dentro de um “tipo polínico” possam estar incluídos mais de um gênero, não sendo possível um detalhamento taxonômico mais aprofundado, como é o caso p. ex.: “tipo *Acacia*”, “tipo *Baccharis*”. Ainda, podem ocorrer tamanha semelhança entre gêneros p. ex.: tipo *Amaranthus-Chenopodium*. Em casos onde os palinomorfos pertencentes a uma mesma categoria taxonômica, apresentando morfologias distintas, foram acrescentados números após a nomenclatura, p. ex.: “Esporo 1, Esporo 2, Esporo 3”. Organismos de afinidade biológica incerta foram tratados como “*Incertae Sedis*”. Os palinomorfos foram descritos em ordenação evolutiva, utilizando-se Alexopoulos *et al.* (1996) e Index Fungorum (2009) para fungos, Bold *et al.* (1987) e Guiry & Dornoch (2004) para algas, briófitos e gimnospermas, Tryon & Tryon (1982) para pteridófitos, Cronquist (1981) com atualização dos táxons e APG-II (2003) para angiospermas e Ruppert & Barnes (1996) para os táxons animais.

6.2 Descrições dos palinomorfos

As análises polínicas descritivas foram realizadas sob microscopia óptica em aumentos de 400 e 1000 x. A identificação dos palinomorfos foi realizada por comparação com outros materiais e seus equivalentes modernos, através depositados na coleção de referência do mesmo laboratório (MP-Pr), atlas, catálogos e bibliografia especializada, tais como: Heusser (1971), Markgraf & D’

Antoni (1978), Hooghiemstra (1984), Lorscheitter (1988, 1989), Roubik & Moreno (1991), Behling (1993), Neves & Lorscheitter (1992, 1995), Colinvaux *et al.* (1999), Neves & Bauermann (2003, 2004), Leal & Lorscheitter (2006), Medeanic (2006), Neves & Cancelli (2006), Leonhardt & Lorscheitter (2007), Roth & Lorscheitter (2008), Scherer & Lorscheitter (2008) e Macedo *et al.* (2009).

Após identificação os táxons foram descritos utilizando-se as terminologias descritivas de Barth & Melhem (1988) e Punt *et al.* (2007). Para cada táxon foram abordados os seguintes caracteres morfológicos: unidade polínica, dimensões, polaridade, simetria, forma, âmbito, aberturas, estrutura da exina e ornamentação, assim como dados sobre a ecologia.

6.3 Fotomicrografias

As fotomicrografias foram realizadas em microscopia óptica em aumentos de até 1000 x através de câmara digital *Olympus E330* acoplada ao microscópio CX-31 da mesma marca. As imagens digitais foram processadas e melhoradas nos softwares *Corel DRAW* e *Corel PHOTO-PAINT* versões 13.0. A montagem das estampas seguiu a ordenação sistemática. Esta etapa realizada no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, do Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

6.4 Análises quantitativas

Concomitantemente com as determinações taxonômicas, os palinomorfos foram quantificados para realização de análises estatísticas as quais fundamentam as inferências paleoambientais. Em cada unidade amostral foram contados no mínimo 300 grãos de pólen (Mosimann, 1965), enquanto os demais palinomorfos (partículas de vegetais carbonizadas) foram contados a parte. Após a contagem, os táxons foram agrupados conforme suas afinidades ecológicas em hábito e/ou habitat. As contagens foram feitas em microscopia óptica sob aumento de 400 x, sendo analisadas no mínimo três lâminas. As leituras foram realizadas por transecções verticais de cima para baixo e da esquerda para direita com espaçamento entre as linhas de aproximadamente de um campo visual, evitando a recontagem dos palinomorfos conforme (Salgado-Labouriau, 2007). O processo analítico é apresentado em:

a) Representação por porcentagem: As análises de porcentagem, valor relativo de cada palinomorfo, foram calculadas pela soma polínica total e ao qual foi atribuído valor 100 (Faegri & Iversen, 1989). Foram incluídos na soma táxons representativos da flora regional (árvores e arbustos, ervas e angiospermas indeterminados), enquanto os representantes da flora local (macrófitos aquáticos, epífitos, pteridófitos, briófitos, algas e fungo) e demais palinomorfos não foram considerados na soma. Os táxons que apresentaram baixas frequências foram representados com um exagero de 5x nas escalas permitindo uma melhor visualização de suas ocorrências ao longo do tempo. Para obtenção destes dados utilizou-se o software *TILIA* versão 2.0.2. a partir da fórmula:

$$f = \frac{B \times 100}{\sum P}$$

onde: f = porcentagem de táxon

β = táxon

Σ = soma total de pólen

b) Representação por concentração: Os cálculos de concentração que indicam o valor absoluto expressam o número de palinomorfos por cm^3 de sedimento fresco. Estes cálculos são possíveis através da adição de comprimidos contendo esporos exóticos de *L. clavatum* nas unidades amostrais ao início do processamento químico (Stockmarr, 1971). Assim, sabendo-se o número total de esporos introduzidos em cada unidade amostral, sua contagem nestas e o valor bruto de cada palinomorfo encontrado, pode-se estimar a concentração absoluta de cada táxon. Em cada comprimido é informado pelo fabricante o número total de esporos (18.584 ± 371). Para realização dos cálculos será utilizado o software *TILIA* versão 2.0.2 a partir da fórmula:

$$y = \frac{NY \times NLCa}{Nlcc \times \text{cm}^3}$$

onde: y = concentração absoluta de determinado palinomorfo

NY = contagem do palinomorfo y em uma determinada amostra

NLCa = total de esporos *L. clavatum* introduzidos em cada amostra

NLcc = número de *L. clavatum* contados em cada amostra

c) Análise de agrupamento: As análises de agrupamento auxiliaram as interpretações das fases, ou seja, permitiram caracterizar as principais mudanças ocorridas nos conjuntos polínicos ao longo do tempo. Para obter tais resultados, foi utilizado o software *CONISS*, Grimm (1987), levando-se em conta a frequência e abundância dos palinomorfos entre as unidades amostrais.

6.5 Apresentação dos dados palinológicos

Os resultados obtidos das análises estatísticas foram apresentados através de diagramas polínicos de porcentagem e concentração, os quais permitiram evidenciar de forma mais clara, as mudanças a respeito das sucessões vegetacionais. Para sintetizar a dinâmica da vegetação, é apresentado dendrograma (análises de agrupamento *CONISS*). Além disso, para melhor controle cronológico, foram realizados cálculos das idades interpoladas, utilizando-se do software *TILIA*.

Os táxons registrados para o setor estudado são apresentados no capítulo II (artigos 1 e 2). As interpretação do resultados quantitativos das análises palinológicas, datações radiocarbônicas, bem como as interpretações dos diagramas polínicos de porcentagem e concentração dos poços PCSC-01 e PCSC-02, são verificados no capítulo II.3 (artigo 3).

Capítulo II.1

Artigo 1: **FUNGOS, CRIPTÓGAMAS E OUTROS PALINOMORFOS HOLOCÊNICOS (7908±30 ANOS AP-ATUAL) DA PLANÍCIE COSTEIRA SUL-CATARINENSE, BRASIL**

Fungos, criptógamas e outros palinomorfos holocênicos (7908±30 anos AP-atual) da Planície Costeira sul-catarinense, Brasil¹

Rodrigo Rodrigues Cancelli^{2,4}, Paulo Alves de Souza² e Paulo César Pereira das Neves³

Recebido em 20/06/2011. Aceito em 31/10/2011

RESUMO

(Fungos, criptógamas e outros palinomorfos holocênicos (7908±30 anos AP-atual) da Planície Costeira sul-catarinense, Brasil). Neste estudo são apresentados os resultados palinológicos qualitativos equivalentes às análises paleoambientais realizadas em duas seções turfáceas na Planície Costeira sul do estado de Santa Catarina, nos municípios de Santa Rosa do Sul e São João do Sul. Uma amostra da base do testemunho de Santa Rosa do Sul foi datada (¹⁴C) em 7908±33 anos AP, referente ao Holoceno inferior. A análise palinológica permitiu identificações taxonômicas, com descrições e ilustrações de 54 palinomorfos, relativos a fungos (21), algas (5), acritarcas (1), *incertae sedis* (1), briófitos (2), pteridófitos (15), pólen de gimnospermas (2), e outros palinomorfos (1 cápsula de briófitos, 4 fragmentos de invertebrados e 2 palinoforaminíferos indeterminados), cujos registros modernos expressam diferentes hábitos de vida. O trabalho tem como objetivos contribuir para o conhecimento dos vestígios da vegetação e táxons relacionados depositados na Planície Costeira sul-catarinense durante o Holoceno. As análises palinológicas consequentes auxiliarão na interpretação dos paleoambientes e paleoclimas relacionados neste setor da costa brasileira.

Palavras-chave: Holoceno; Palinologia, Planície Costeira; Quaternário, Santa Catarina

ABSTRACT

(Fungi, cryptogams and other palynomorphs in the Holocene sediments of the South Coastal Plain of Santa Catarina, Brazil). This paper presents the results of a palynological analysis carried out on two cores taken from the south Coastal Plain of the Santa Rosa do Sul and São João do Sul municipalities, in the state of Santa Catarina. A basal sample from the Santa Rosa do Sul core furnished a ¹⁴C age of 7908±33 yr BP, from the Lower Holocene. Palynological analysis of the material allowed for taxonomic identifications, and resulted in descriptions and illustrations of 54 palynomorphs related to fungi (21), algae (5), acritarchs (1), *incertae sedis* (1), bryophytes (2), ferns (15), gymnosperm pollen (2) and other palynomorphs (1 bryophyte capsule, 4 invertebrate fragments, and 2 indeterminate palynoforaminifers), which express different ecological patterns. This work aimed to contribute to the knowledge of the plant and fungal fossils remains, and related taxa, recorded from the Coastal Plain of Santa Catarina for the Holocene. Additional palynological analyses will contribute to paleoclimate and paleoenvironmental interpretations of this portion of the Brazilian coast.

Key words: Holocene, Palynology, Coastal Plain, Quaternary, Santa Catarina

Introdução

A identificação dos palinomorfos preservados em sedimentos quaternários é uma ferramenta importante que permite o melhor conhecimento das floras pretéritas. As interpretações posteriores, através dos parâmetros da ecologia moderna representados pelos mesmos, contribuem para o entendimento das dinâmicas e dos processos envolvidos na gênese das formações vegetacionais ao longo do tempo,

bem como dos paleoambientes deposicionais. Estes conhecimentos constituem recurso fundamental nas análises paleoclimáticas do Quaternário.

Para o sul do Brasil, nas últimas décadas, estes regimes climáticos têm sido discutidos em diversos trabalhos de palinologia do Quaternário, tais como: Behling (1993, 1995, 1998, 2002); Neves (1991, 1998); Neves & Lorscheiter (1992, 1995a, 1995b, 1996); Behling *et al.* (2001, 2004,

¹ Parte da tese de Doutorado do primeiro Autor

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, Porto Alegre, RS, Brasil

³ Universidade Luterana do Brasil, Laboratório de Geologia e Mineralogia, Canoas, RS, Brasil

⁴ Autor para correspondência: rodrigocancelli@hotmail.com

2007); De Oliveira *et al.* (2005); Leal & Lorscheitter (2007) e Macedo *et al.* (2010), dentre outros.

Os dados palinológicos, mostram para a planície costeira do sul do país alternância e/ou sucessão de palinóforos relacionados aos ambientes marinho, transicional e continental (e.g. Burjack & Marques-Toigo 1980; Lorscheitter 1983, 1984, 2003; Lorscheitter & Romero 1985; Neves & Lorscheitter 1992, 1995b, 1996; Neves 1991, 1998; Behling & Negrelle 2001; Bauermann *et al.* 2005; Macedo *et al.* 2007). Oscilações significativas da frequência relativa dos elementos marinhos atribuídos à última transgressão holocênica e, posteriormente, o desenvolvimento de ecossistemas importantes como as matas de restinga e paludosa, caracterizam os conjuntos palinológicos recuperados nessas áreas.

O estado de Santa Catarina está inserido no bioma Mata Atlântica, que apresenta uma das maiores biodiversidades do planeta, apesar de estar hoje reduzido e bastante fragmentado. A excepcional pujança deste bioma pode ser explicada por uma série de processos naturais que compreendem regimes climáticos provenientes de diversas latitudes (Backes & Irgang 2004; Mamede *et al.* 2004).

Para Santa Catarina a contribuição de Behling & Negrelle (2001) na localidade de Volta Velha, constitui até o momento o único trabalho publicado em palinologia do Quaternário para região costeira.

Nesta região predominam grandes planícies quaternárias de sedimentação marinha, lagunar e terrestre, onde atualmente ocorre uma floresta muito característica e adaptada às condições edáficas especiais de planícies úmidas (Klein 1978).

Este trabalho consiste na primeira documentação dos palinóforos holocênicos, para o setor sul da Planície Costeira catarinense, como parte de um estudo maior em desenvolvimento na região. Dessa forma são apresentadas descrições dos palinóforos recuperados ao longo de dois perfis estratigráficos coletados em Santa Rosa do Sul e São João do Sul, objetivando contribuir para o conhecimento dos constituintes de parede orgânica com análogos modernos.

Área de estudo

A Planície Costeira do estado de Santa Catarina encontra-se na costa sul do Brasil, apresenta cerca de 538 km de extensão, correspondendo a cerca de 7% do litoral brasileiro.

Os depósitos paludais identificados nesta região situam-se na porção emersa da Baía de Pelotas, a mais meridional da margem continental brasileira. A seção quaternária desta baía engloba depósitos de leques aluviais e de quatro sistemas laguna-barreira, depositados nos últimos 400.000 anos AP em decorrência de eventos transgressivos de cunho glacio-eustático (Villwock & Tomazelli 1995).

A área de estudo compreende fitogeograficamente a Floresta Tropical das Planícies Quaternárias do Sul (Klein 1978), que se estende entre Jaguaruna-Tubarão e o extremo

sul (Sombrio e Praia Grande). A vegetação atual é classificada como Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Tropical Fluvial (IBGE 1992).

Segundo Nimer (1979), o clima da região sul catarinense caracteriza-se como mesotérmico úmido, com umidade relativa média do ar em torno de 82,1%. A temperatura média anual é de 19,1°C, permanecendo a temperatura média das máximas de 24,6°C e das mínimas de 14°C. As maiores temperaturas ocorrem próximo ao litoral, diminuindo gradativamente em direção a oeste.

O litoral catarinense tem influência do Anticiclone do Atlântico e do Anticiclone Migratório Polar Atlântico (Diehl & Horn 1996). O primeiro constitui-se na fonte geradora da Massa Tropical Atlântica e o segundo da Massa Polar Atlântica. A Frente Polar Atlântica, resultado do contato entre as duas massas é a responsável por parte da precipitação do litoral, controlada pela presença da Serra do Mar, das serras do Leste Catarinense e da Serra Geral. As precipitações totais anuais são maiores no litoral norte alcançando 1.800 mm e menores a sul 1.400 mm (área de estudo).

Material e métodos

Os perfis sedimentares estudados foram coletados nos municípios de Santa Rosa do Sul (29°10'42''S-49°44'58''W) e São João do Sul (29°10'42''S-49°44'58''W), sendo o acesso local das perfurações, feitos pela rodovia BR 101 e, posteriormente, através de estradas vicinais (Fig. 1).

A coleta do material foi realizada no interior de matas paludiais próximas à Lagoa do Sombrio, a mais extensa do estado de Santa Catarina, situando-se entre cinco municípios do extremo sul catarinense (Sombrio, Santa Rosa do Sul, Balneário Gaivota, São João do Sul e Passo de Torres), com aproximadamente 16,368 km de comprimento e cerca de 5 km de largura. A área da lagoa tem cerca de 54 km², com profundidade máxima de 4 m.

Os testemunhos foram coletados com aparelho *Russian Peat Borer* (Moore *et al.* 1991) atingindo a profundidade de 570 cm para Santa Rosa do Sul e 260 cm o de São João do Sul. Em laboratório foram retiradas 57 unidades amostrais do testemunho de Santa Rosa do Sul e, 26 de São João do Sul, respectivamente, com intervalos de 10 cm e com volumes de 1 cm³ cada. A datação radiocarbônica do nível basal de Santa Rosa do Sul foi obtida através do método *Accelerator Mass Spectrometry (AMS)*, realizada no *Center for Applied Isotope Studies (CAIS)*, *University of Georgia, USA*, e acusou idade de calibração de 7.908±33 anos AP. A recuperação dos palinóforos a partir do processamento químico dos sedimentos foi realizada conforme as técnicas usuais em palinologia do Quaternário, seguindo as orientações de Erdtman (1952), com adaptações de Faegri & Iversen (1989). Para montagem das lâminas foi utilizada a metodologia de Quadros & Melo (1987).

As análises qualitativas foram realizadas sob microscopia óptica em aumentos de 400 e 1.000x, utilizando-se

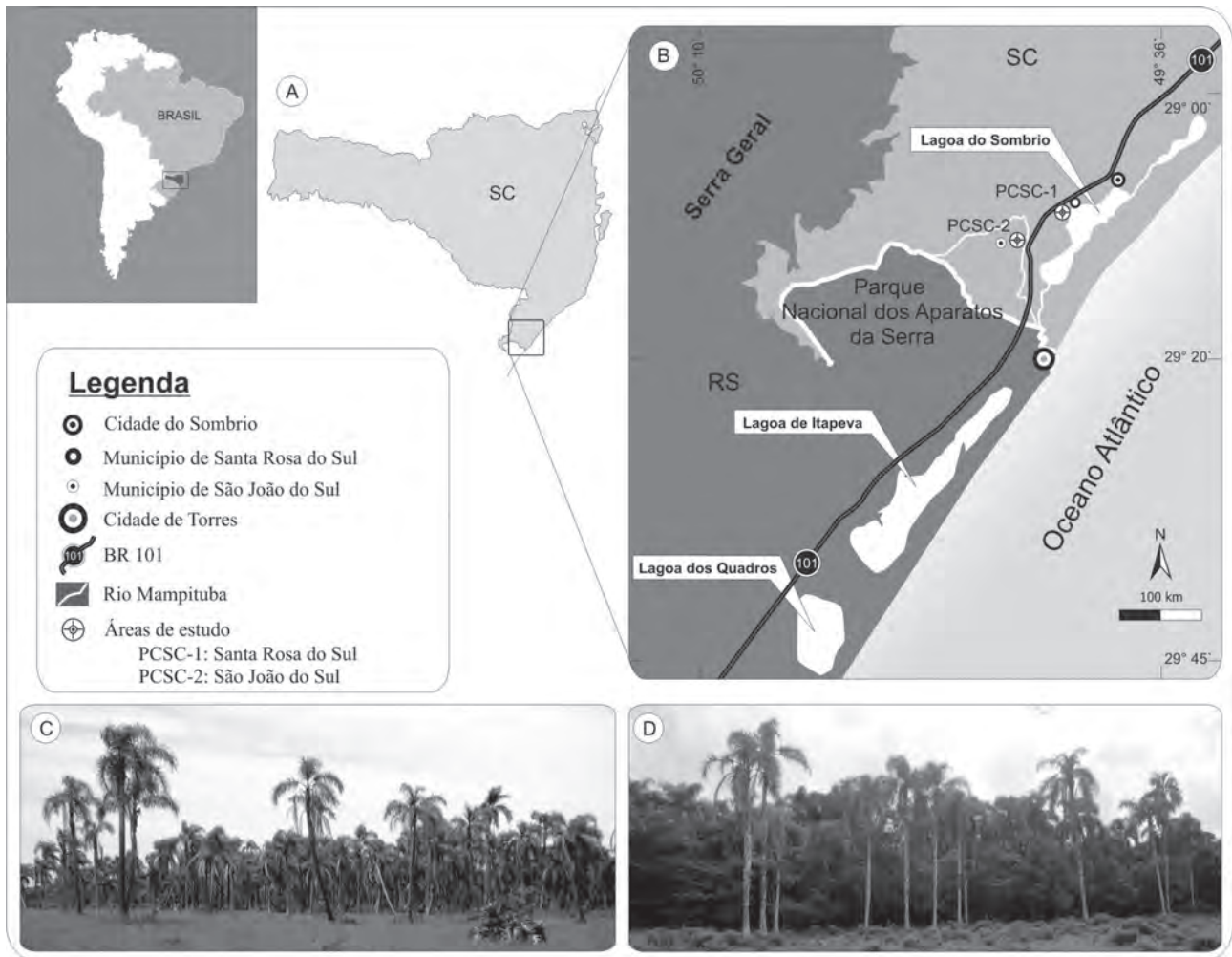


Figura 1. Localização da área de estudo (A-B), com destaque às perfurações de Santa Rosa do Sul (PCSC-1) e São João do Sul (PCSC-2); imagens locais da área de coleta das duas perfurações, respectivamente (C-D).

microscópios Olympus CX-31 do Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A identificação dos palinomorfos foi realizada por comparação com outros materiais de consulta e consequentemente com seus equivalentes modernos, através de consulta à coleção de referência, atlas, catálogos e bibliografia especializada, tais como: Heusser (1971), Markgraf & D' Antoni (1978), van Geel (1978), van Geel & van der Hammen (1977), Hooghiemstra (1984), Lorscheitter (1988, 1989), Roubik & Moreno (1991), Behling (1993), Neves & Lorscheitter (1992, 1995a), Lorscheitter *et al.* (1998, 1999, 2001, 2002, 2005), Colinvaux *et al.* (1999), Kalgutkar & Jansonius 2000, Neves & Bauermann (2003, 2004), Leal & Lorscheitter (2006), Medeanic (2006), Neves & Cancelli (2006), Leonhardt & Lorscheitter (2007), Roth & Lorscheitter (2008), Scherer & Lorscheitter (2008) e Macedo *et al.* (2009).

Na identificação sistemática procurou-se alcançar a categoria taxonômica de menor nível hierárquico. Em alguns casos, foi utilizada uma identificação categórica (ex: esporo

indeterminado 1 ou palinoforaminífero 1). Para as espécies que apresentaram morfologia relacionada a mais de um grupo taxonômico ou sistematicamente aparentada não sendo possível distingui-los, optou-se por utilizar a denominação "tipo" precedida de nomes consagrados na literatura. A terminologia descritiva seguem Barth & Melhem (1988) e Punt *et al.* (2007). As descrições morfológicas foram realizadas de forma sucinta caracterizando o mais objetivamente o material identificado, com medidas de tamanho, ornamentação e as aberturas.

Os palinomorfos são apresentados em ordenação evolutiva, utilizando-se Alexopoulos *et al.* (1996) e Index Fungorum (2009), para fungos; Bold *et al.* (1987) e Guiry & Dhonncha (2004), para algas, briófitos e gimnospermas; Tryon & Tryon (1982), para pteridófitos; van Geel (1978) e Ruppert & Barnes (1996), para os táxons de animais. As fotomicrografias foram realizadas em microscopia sob aumento de 1.000x, com máquina digital acoplada (Olympus modelo Evolt € 330). As informações sobre as respectivas numerações das lâminas e coordenadas "England Finder" são informadas no Quadro 1. As

Quadro 1. Lista dos táxons ilustrados, com identificação das lâminas e coordenadas *England Finder*.

Palinomorfos	Ocorrências		Coordenadas	Figuras
	PCSC-1	PCSC-2	MP-P/ <i>England Finder</i>	
1. <i>Glomus</i>	X	X	6523/K-26.3	Fig. 1
2. <i>Gelanispora calospora</i>	X	X	6422/O-51.1	Fig. 2
3. <i>Gelanispora reticulisporea</i>	X	X	6524/G-65.4	Fig. 3
4. <i>Neurospora</i>	X	X	6476/Y-67.4	Fig. 4
5. <i>Helicoon pluriseptatum</i>	X	X	6445/J-46.3	Fig. 5
6. <i>Microthyrium</i>	X	X	6435/B-27.4	Fig. 6
7. <i>Bryophytopmyces sphagni</i>	X	X	6422/O-42.3	Fig. 7
8. tipo <i>Gaeumannomyces</i>	X	X	6492/U-53.4	Fig. 8
9. tipo <i>Athelia</i>	X	X	6466/W-58.0	Fig. 9
10. tipo <i>Nigrospora</i>	X	X	6440/M-48.3	Fig. 10
11. Esporo indeterminado 1	X	X	6524/P-63.4	Fig. 11
12. Esporo indeterminado 2	X	X	5425/B-37.2	Fig. 12
13. Esporo indeterminado 3	X	X	6473/W-60.2	Fig. 13
14. Esporo indeterminado 4	X	X	5488/F-41.3	Fig. 14
15. Esporo indeterminado 5	X	X	5421/D-41.1	Fig. 15
16. Esporo indeterminado 6	X		5425/S-33.3	Fig. 16
17. Esporo indeterminado 7	X		5421/S-27.3	Fig. 17
18. Esporo indeterminado 8	X		5421/V-49.4	Fig. 18
19. Esporo indeterminado 9	X		6423/V-41.2	Fig. 19
20. Esporo indeterminado 10	X		6523/K-26.4	Fig. 20
21. Hifas	X	X	6430/P-53.4	Fig. 21
22. <i>Botryococcus</i>	X	X	6478/S-38.4	Fig. 22
23. <i>Debarya</i>	X	X	6528/V-45.3	Fig. 23
24. tipo <i>Mougeotia laetevires</i>	X	X	6531/G-53.3	Fig. 24
25. <i>Spirogyra</i>	X	X	6455/H-46.1	Fig. 25
26. <i>Zygnema</i>	X	X	5422/T-48.3	Fig. 26
27. tipo <i>Micrhystridium</i>	X	X	6531/K-36.0	Fig. 27-28
28. <i>Pseudoschizaea rubina</i>	X	X	6422/O-54.3	Fig. 29
29. <i>Phaeoceros laevis</i>	X	X	6469/X-46.3	Fig. 30
30. <i>Sphagnum</i>	X	X	6435/G-46.4	Fig. 31
31. <i>Dicksonia sellowiana</i>	X	X	6443/X-63.0	Fig. 32
32. Cyatheaceae 1	X	X	6475/S-47.0	Fig. 33
33. Cyatheaceae 2	X	X	6463/B-46.3	Fig. 34
34. Cyatheaceae 3	X		6435/N-43.1	Fig. 35
35. Cyatheaceae 4	X		6473/H-45.3	Fig. 36
36. tipo <i>Anograma</i>	X		6466/C-59.4	Fig. 37
37. tipo <i>Blechnum</i>	X	X	6435/U-47.3	Fig. 38
38. <i>Polypodium</i>	X	X	5421/W-47.1	Fig. 39
39. tipo <i>Pecluma pectinatiformi</i>	X	X	6440/O-48.2	Fig. 40-41
40. tipo <i>Microgramma vacciniifolia</i>	X	X	6440/G-41.2	Fig. 42-43
41. tipo <i>Dryopteris</i>	X	X	6420/F-28.0	Fig. 44-45
42. tipo <i>Onychium</i>	X		6443/O-55.4	Fig. 46-47
43. tipo <i>Huperzia</i>	X	X	6440/G-41.2	Fig. 48
44. <i>Lycopodium clavatum</i>	X		6525/H-65.4	Fig. 49
45. <i>Selaginella</i>	X	X	6462/G-64.0	Fig. 50
46. <i>Araucaria angustifolia</i>	X	X	6421/C-40.4	Fig. 51
47. <i>Podocarpus</i>	X	X	6443/X-63.0	Fig. 52-53
48. Cápsula de Briófito	X	X	6435/N-48.2	Fig. 54
49. Mandíbulas	X	X	5421/Y-43.4	Fig. 55-58
50. Garras	X	X	5425/S-50.0	Fig. 59-60
51. Pêlos	X	X	5425/S-44.2	Fig. 61-62
52. Ovos de Platielmites	X	X	5428/K-45.3	Fig. 63
53. Palinoforaminífero indeterminado 1	X	X	6491/M-49.1	Fig. 64-65
54. Palinoforaminífero indeterminado 2	X		6491/M-49	Fig. 66

imagens foram processadas nos softwares *Corel DRAW* e *Corel PHOTO-PAINT* versões 12.0. Todas as lâminas de estudo estão depositadas na Palinoteca do citado laboratório, sediado em Porto Alegre, RS, sob codificação MP-P (Coleção Estratigráfica).

Resultados

Para os níveis amostrados dos testemunhos de São João do Sul e Santa Rosa do Sul, foram identificados um total de 114 diferentes táxons, que mostram evidências de mudanças paleovegetacionais ao longo do perfil, ocorridas ao longo do Holoceno na região.

Os resultados preliminarmente obtidos apontam para um número relevante de elementos palinológicos. Nesta contribuição são descritos 54 táxons: 21 fungos (incluindo aqueles indeterminados), cinco algas, um acritarco, um “*incertae sedis*”, dois briófitos, 15 pteridófitos, duas gimnospermas. Outros palinomorfos também são registrados: cápsula de briófito; fragmentos de invertebrados (artrópodes, mandíbulas, pêlos, garras) e dois palinoforaminíferos indeterminados.

Fungos

Reino: Fungi

Filo Glomeromycota

Classe Glomeromycetes

Ordem Glomerales

Família Glomeraceae

1. *Glomus* Tus. & C. Tus.

Fig. 1

Descrição: clamidósporos elipsoidais a esferoidais, médios a grandes, coloração podendo variar de amarelo-claro a amarelo-escuro, superfície psilada, filamento de hifas cenocíticas formando um micélio ramificado.

Dimensões: diâmetro das vesículas: 15 µm, eixo maior: 70 µm, eixo menor: 40 µm.

Observações: segundo Neves & Bauermann (2003), o gênero é citado para o Quaternário como tipo *Rhizophagus* Dang. (gênero atual) ou *Rhizophagites* (gênero fóssil, encontrado comumente em sedimentos pleistocênicos).

Dados ecológicos: fungos micorrízicos associados às raízes das plantas terrestres (Koske *et al.* 2004).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Filo Ascomycota

Classe Ascomycetes

Ordem Sordariales

Família Sordariaceae

2. *Gelanispora calospora* (Mouton) C. Moreau & M. Moreau

Fig. 2

Descrição: ascósporos elipsoidais, médios, asseptados, castanho-escuro, superfície psilada, poros circulares de pequena dimensão e densamente distribuídos.

Dimensões: eixo maior do ascósporo: 30 µm, eixo menor: 20 µm, dimensão dos poros: 2 µm.

Observação: espécie citada para o Quaternário como *Gelasinospora adjuncta* Cain.

Dados ecológicos: são decompositores de excrementos de animais, madeiras carbonizadas e lignina (van Geel 1978).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

3. *Gelanispora reticulispota* (Cain & Greiss-Dengler) C. & M. Moreau

Fig. 3

Descrição: ascósporos elipsoidais, médios, asseptados, castanho-escuro, superfície psilada, com poros circulares densamente distribuídos.

Dimensões: eixo maior do ascósporo: 30 µm, eixo menor: 20 µm, dimensão dos poros: 4 µm.

Observação: espécie citada para o Quaternário com a sinonímia de *Gelasinospora retispota* Cain. (Neves & Bauermann 2003). Diferencia-se de *Gelanispora calospora* por apresentar menor número de poros e consequentemente poros com maior dimensão (Hooghiemstra 1984).

Dados ecológicos: idem ao anterior.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

4. *Neurospora*

Fig. 4

Descrição: esporos monosseptados, médios, com duas células afiladas nas extremidades, castanho-escuro e superfície com estrias longitudinalmente dispostas.

Dimensões: eixo maior: 25-30 µm, eixo menor: 10-20 µm.

Observação: a identificação deste táxon baseou-se no trabalho de Hooghiemstra (1984), que descreve esta forma para o Quaternário da Colômbia como “tipo 361”.

Dados ecológicos: não foi possível atribuir hábitat a esse esporo, sabe-se que está associado com outros fungos saprofitos e é relacionado como sendo de sedimentação continental ocorrendo em ambientes úmidos (van Geel 1978).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

5. *Helicoon pluriseptatum* Beverw

Fig. 5

Descrição: conídio de disposição helicoidal, médios, mutiseptados, castanho-escuro e superfície psilada.

Dimensões: eixo maior: 35 µm.

Observação: a identificação deste táxon baseou-se no trabalho de van Geel (1978), que descreve esta forma como “tipo 30”.

Dados ecológicos: o gênero *Helicoon* compreende espécies aero-aquáticas, que geralmente crescem sobre folhas submergidas, em condições de baixa oxigenação (van Geel 1978).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Filo Ascomycota
Classe Ascomycetes
Ordem Dothideales
Família Microthyriaceae
6. *Microthyrium* Desm.

Fig. 6

Descrição: ascósporos discóides, grandes, castanho-escuro, margens estriadas de tonalidade clara na porção externa, ostíolo de contorno irregular e tonalidade escura na zona central.

Dimensões: diâmetro da estrutura: 55-85 µm, diâmetro do ostíolo: 2 µm.

Dados ecológicos: constituem representantes da família *Microthyriaceae*, ocorrendo como epífitos, com ampla distribuição nas regiões tropicais (van Geel 1978; Dilcher 1965).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Ordem Helotiales
Família Helotiaceae

7. *Bryophytomyces sphagni* (Navashin) Cif.

Fig. 7

Descrição: esporos esféricos, médios, hialinos, superfície psilada providas de muros que formam desenhos poligonais.

Dimensões: diâmetro do esporo: 25 µm, diâmetro das placas: 5 µm.

Observações: espécie comumente citada para o Quaternário como *Tilletia sphagnii* Navashin (Roth & Lorscheitter 2008).

Dados ecológicos: conforme van Geel (1978) ocorre como parasitas de várias espécies do gênero *Sphagnum* (Dill.) Hedw.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Ordem Magnaporthales
Família Magnaporthaceae

8. tipo *Gaeumannomyces* cf. *caricis* J. Walker

Fig. 8

Descrição: esporângios, pequenos, castanho-escuro, superfície psilada, margens lobadas e poro central pouco visível.

Medidas: diâmetro do esporângio: 17-25 µm.

Observações: espécie muito semelhante à descrita como tipo *Entophlystis lobata* Willoughby & Townley (van Geel 1978).

Dados ecológicos: conforme Von Arx (1974), estes fungos ocorrem como parasitas ou saprófitas de caules e raízes de Poaceae.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Filo Basidiomycota
Classe Basidiomycetes
Ordem Aphyllophorales
Família Corticiaceae

9. tipo *Athelia* Pers.

Fig. 9

Descrição: estruturas com aspecto circular-elipsoidais, médios, constituída por agrupamento de células pequenas, superfície psilada e de coloração castanho escuro.

Dimensões: diâmetro das estruturas: 30-50 µm, diâmetro das células: 5-10 µm.

Observações: esta forma foi descrita por Hooghiemstra (1984) como “tipo cf. *Athelia*”.

Dados ecológicos: Kirk *et al.* (2001) relaciona espécies deste gênero como patógenos de líquens e algas.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Classe Deuteromycetes
Ordem Moniliales

Família Dematiaceae

10. tipo *Nigrospora* Zimm.

Fig. 10

Descrição: conídios elípticos, pequenos, castanho-escuro, superfície psilada e espessa com um poro característico.

Dimensões: eixo maior dos conídios: 15-20 µm.

Dados ecológicos: representantes do gênero *Nigrospora* são relacionados a regiões quentes, onde ocorrem como fungos de solos de florestas, pastagens, manguezais, solos arenosos, além de serem decompositores de excrementos de Chiroptera (Domsch *et al.* 1980).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Esporos indeterminados

11. Esporo indeterminado 1

Fig. 11

Descrição: ascósporos, grandes, castanho-claro, margens estriadas e tonalidade clara.

Dimensões: diâmetro maior da estrutura: 60 µm, diâmetro menor: 30 µm.

Observações: esta estrutura lembra morfológicamente o tipo *Microthyrium*, entretanto se diferencia pelas dimensões e sua forma.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

12. Esporo indeterminado 2

Fig. 12

Descrição: esporos fusiformes, médios, castanho-escuro, apresentando números variáveis de septos e com envoltório hialino formando dobras irregulares por toda a superfície.

Dimensões: eixo maior dos ascósporos: 30-40 µm, eixo menor: 10-15 µm.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

13. Esporo indeterminado 3

Fig. 13

Descrição: esporos monosseptados, tamanho variado (médios a grandes) com duas células afiladas nas extremidades, castanho-escuro e superfície psilada.

Dimensões: eixo maior: 35-55 µm, eixo menor: 12-20 µm.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

14. Esporo indeterminado 4

Fig. 14

Descrição: esporos polisseptados, tamanho variado (médios a grandes), castanho-escuro, superfície psilada, podendo ou não ser encontrado em forma plano-espiral.

Dimensões: eixo maior: 45-55 µm, eixo menor: 15-25 µm.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

15. Esporo indeterminado 5

Fig. 15

Descrição: esporos fusiformes, médios, castanho-escuro, superfície com estrias irregulares longitudinalmente dispostas e com pequenas perfurações.

Dimensões: eixo maior dos ascósporos: 30 µm, eixo menor: 15 µm.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

16. Esporo indeterminado 6

Fig. 16

Descrição: ascósporo polisseptados (oito células), tamanho variado (médios a grandes), castanho-escuro, terminações claras, superfície psilada com pequenas perfurações mais visíveis na região mediana.

Dimensões: eixo maior dos ascósporos: 30-60 µm, eixo menor: 15-25 µm.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul.

17. Esporo indeterminado 7

Fig. 17

Descrição: ascósporo polisseptados (cinco células), tamanho variado (médios a grandes), castanho-escuro, superfície psilada e com células diminuindo de tamanho em direção as extremidades (apresentando uma das extremidades com uma projeção).

Dimensões: eixo maior dos ascósporos: 30-50 µm, eixo menor: 15-20 µm.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul.

18. Esporo indeterminado 8

Fig. 18

Descrição: esporos esferoidais, médios, amarelo-escuro, com protuberâncias de tamanho uniforme e ápice truncado e ramificado.

Dimensões: diâmetro do esporo: 40-50 µm, diâmetro das projeções: 4-6 µm.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul.

19. Esporo indeterminado 9

Fig. 19

Descrição: esporos esferoidais, médios, castanho-escuro, com inúmeras protuberâncias tuberculadas de tamanho uniforme e ápice arredondado.

Dimensões: diâmetro maior: entre 20-30 µm.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul.

20. Esporo indeterminado 10

Fig. 20

Descrição: corpos de frutificações, médios, castanho, com uma membrana composta por arranjos radiais não septados e ostíolo com cerca de oito projeções.

Dimensões: diâmetro maior: 40-50 µm.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul.

21. Hifas

Fig. 21

Descrição: filamentos simples ou irregularmente ramificados, tamanho variado, castanho-escuro a castanho-claro.

Dimensões: variáveis.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Algas

Reino: Protista

Divisão Chlorophyta

Classe Chlorophyceae

Ordem Chlorococcales

Família Dycyosphaeriaceae

22. *Botryococcus* Kützing

Fig. 22

Descrição: colônias de células lobadas de aspecto irregular, tamanho variado, amarelo a castanho-escuro, superfície psilada formada por diversos indivíduos unicelulares.

Dimensões: colônias de dimensões variáveis entre 5 e 15 µm.

Dados ecológicos: o gênero ocorre em ambientes dulciaquícolas como águas de turfeiras parálicas, poças e lagoas de água doce (Medeanic 2006).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Classe Zygnemaphyceae

Ordem Zygnemales

Família Zygnemataceae

23. *Debarya* (de Bary) Witt.

Fig. 23

Descrição: zigósporos, médios, formados por duas valvas radialmente simétricas. Cada hemisfério dividido em uma zona central plana e uma zona periférica levemente estriada radialmente.

Dimensões: diâmetro da região central: 25-30 µm, diâmetro da zona periférica: 35-40 µm.

Dados ecológicos: estas algas foram caracterizadas como de ambientes dulciaquícolas de condições mesotróficas (van Geel & van der Hammen 1977).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

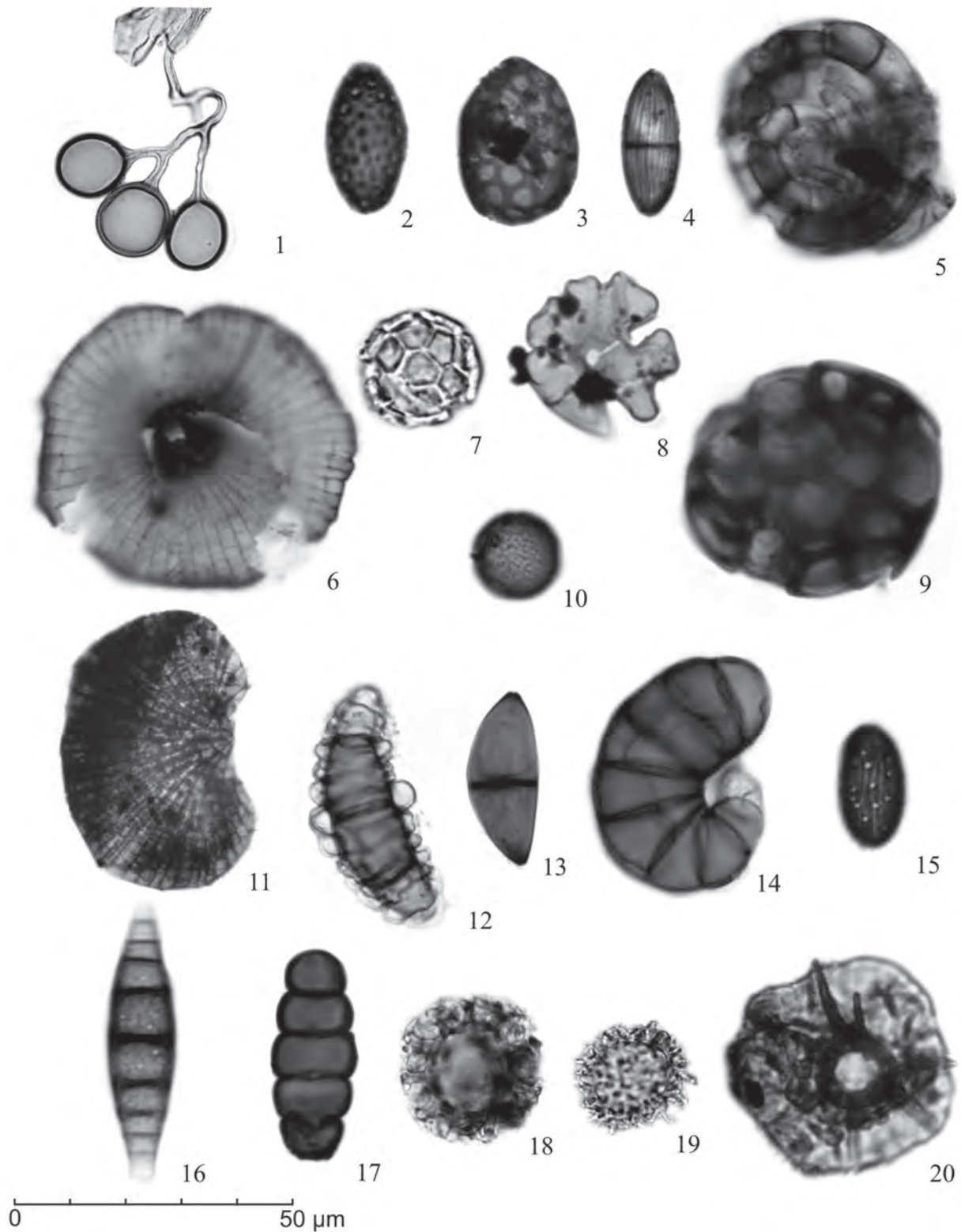


Figura 2. Fotomicrografias de palinomorfos selecionados. Esporos: 1. *Glomus*; 2. *Gelanispora calospora*; 3. *Gelanispora reticulispora*; 4. *Neurospora* cf.; 5. *Helicoon pluriseptatum*; 6. *Microthyrium*; 7. *Bryophytopomyces sphagni*; 8. tipo *Gaeumannomyces*; 9. tipo *Athelia*; 10. tipo *Nigrospora*; 11. Esporo indeterminado 1; 12. Esporo indeterminado 2; 13. Esporo indeterminado 3; 14. Esporo indeterminado 4; 15. Esporo indeterminado 5; 16. Esporo indeterminado 6; 17. Esporo indeterminado 7; 18. Esporo indeterminado 8; 19. Esporo indeterminado 9; 20. Esporo 10. Escala gráfica = 50 µm.

24. tipo *Mougeotia laetevires* C. A. Agardh

Fig. 24

Descrição: zigósporos, médios, hialinos, cilíndricos e cônicos, abrindo-se em duas valvas cilíndricas. **Dimensões:** eixo equatorial da valva maior: 25 µm; eixo menor: 15 µm.

Observação: a identificação baseou-se no trabalho de Hooghiemstra (1984), que descreve esta forma para o Quaternário como tipo 400.

Dados ecológicos: o gênero *Mougeotia* C. A. Agardh é característico de ambientes de água doce (Joly 2002).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

25. *Spirogyra* Link

Fig. 25

Descrição: zigósporos elípticos ou de forma alongada, médios a grandes, variando de hialinos a escurecidos, alguns apresentam membrana hialina.

Dimensões: diâmetro maior: 90 µm, diâmetro menor: 30 µm.

Dados ecológicos: segundo Bourrely (1966), trata-se de um gênero típico de água doce.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

26. *Zygnema* C. A. Agardh

Fig. 26

Descrição: zigósporos esferoidais a elipsoidais, médios, hialinos, superfície psilada com uma série de reentrâncias circulares regularmente distribuídas por toda a superfície.

Dimensões: eixo maior dos zigósporos: 35-50 µm, diâmetro das cavidades: 5 µm.

Dados ecológicos: gênero atribuído a ambientes de água doce e solos úmidos com pouca profundidade (van Geel & van der Hammen 1977; Joly 2002).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Grupo Acritarchas Evitt 1963

27. tipo *Micrhystridium*

Fig. 27-28

Descrição: cistos globosos, pequenos, hialino com diminutas espinescências.

Dimensões: diâmetro: 18 µm, espinescências: 1 µm.

Dados ecológicos: Staplin (1961) registrou este gênero desde o Devoniano, fazendo parte do micróplâncton marinho.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

“*Incertae sedis*”

28. *Pseudoschizaea rubina* Rossignol ex Christop.

Fig. 29

Descrição: estruturas circulares em vista polar e elípticas em vista equatorial, médios, hialinas, inaperturadas, apresentando estrias finas e concêntricas dispostas paralelamente em vista equatorial. **Dimensões:** diâmetro das estruturas em vista polar: entre 30-50 µm.

Dados ecológicos: Rossignol (1962) descreve esta espécie como sendo essencialmente de águas dulciaquícolas.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Briófitos

Divisão Anthocerotophyta

Classe Anthocerotopsida

Ordem Anthocerotales

Família Anthocerotaceae

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

Fig. 30

Descrição: esporos triletes, grandes, bifurcados nas extremidades (padrão triqueto), heteropolares, radioassimétricos, circulares a subtriangulares e exospório microequinado. Espinhos muito finos e pequenos, quando presentes.

Dimensões: diâmetro equatorial dos esporos: 55-65 µm.

Dados ecológicos: esta espécie ocorre sobre solos úmidos e abrigados, sendo comuns em margens de arroios, rios, vertentes e campos úmidos (Menéndez 1962). Segundo Lorscheitter (1989), ocorrem como pequenos tufos sobre solos úmidos.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

30. *Sphagnum* (Dill.) Hedw

Fig. 31

Descrição: esporos triletes bifurcados, médios a grandes, heteropolares, radioassimétricos, subtriangulares em vista polar, hialinos e com superfície psilada. Exospório com característico espessamento.

Dimensões: diâmetro equatorial dos esporos: 45-55 µm.

Dados ecológicos: segundo Irgang & Gastal Jr. (1996) as espécies de *Sphagnum* ocorrem em ambientes ácidos vivendo como plantas emergentes e flutuantes, sendo o principal vegetal formador de turfeiras.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Pteridófitos

Divisão Pteridophyta

Classe Filicopsida

Ordem Polypodiales

Família Dicksoniaceae

31. *Dicksonia sellowiana* Hook

Fig. 32

Descrição: esporos triletes, grandes, heteropolares, radioassimétricos, subtriangulares a triangulares em vista polar, zonas interangulares quase retas onde o exospório sofre um espessamento nas regiões angulares.

Dimensões: diâmetro equatorial dos esporos: aproximadamente 75 µm.

Dados ecológicos: espécie de hábito arborescente, típica de interior de matas úmidas (Lorscheitter *et al.* 1999). Segundo Sehnem (1978), trata-se de plantas de porte arborescente podendo chegar a 5 m de altura. Crescem preferencialmente em lugares pantanosos nas serras da região, mas

também em encostas serranas e excepcionalmente também em banhados das baixadas.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Família Cyatheaceae

32. **Cyatheaceae 1**

Fig. 33

Descrição: esporos triletes, médios a grandes, heteropolares, radioassimétricos, subtriangulares, psilados. Exospório apresentando espessamento maior nas regiões não anguladas.

Dimensões: diâmetro equatorial dos esporos: 45-55 µm.

Dados ecológicos: são fetos arborescentes das zonas tropicais e subtropicais (Tryon & Tryon 1982). Conforme Lorscheitter *et al.* (1999), ocorrem em florestas tropicais de montanhas, florestas úmidas de montanha ou florestas nebulares. Muitas espécies são características da Mata Atlântica.

Ocorrências: São João do Sul e Santa Rosa do Sul.

33. **Cyatheaceae 2**

Fig. 34

Descrição: esporos triletes, médios a grandes, heteropolares, radioassimétricos, subtriangular a triangular em vista polar, psilados. Exospório apresentando espessamentos menor nas regiões anguladas.

Dimensões: diâmetro equatorial dos esporos: 45-55 µm.

Dados ecológicos: idem a Cyatheaceae 1.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul.

34. **Cyatheaceae 3**

Fig. 35

Descrição: esporos triletes, médios a grandes, heteropolares, radioassimétricos, subtriangular a triangular em vista polar, psilados com corpo central apresentando com castanho escuro. Exospório apresentando espessamentos uniformes.

Dimensões: diâmetro equatorial dos esporos: 45-65 µm.

Dados ecológicos: idem a Cyatheaceae 1.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul.

35. **Cyatheaceae 4**

Fig. 36

Descrição: esporos triletes, médios, heteropolares, radioassimétricos, triangular em vista polar. Zonas interangulares quase retas onde o exospório sofre um pequeno espessamento nas regiões angulares. **Dimensões:** diâmetro equatorial dos esporos: 35-45 µm.

Dados ecológicos: idem a Cyatheaceae 1.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul.

Família Pteridaceae

36. **tipo Anogramma**

Fig. 37

Descrição: esporos triletes, médios a grandes, heteropolares, radioassimétricos, triangular em vista polar. Zonas interangulares arredondadas, exospório com espessamento evidente e uniforme.

Dimensões: diâmetro equatorial dos esporos: 65-75 µm.

Observações: a identificação deste táxon se baseou no trabalho de Spalding & Lorscheitter (2009).

Dados ecológicos: este gênero ocorre como terrícola em áreas úmidas e em variados ambientes (Tryon & Tryon 1982).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul.

Família Blechnaceae

37. **tipo Blechnum L.**

Fig. 38

Descrição: esporos monoletes, grandes, heteropolares, bilaterais, elípticos em vista polar e plano-convexo em vista equatorial, amarelo-claro a escuro e apresentando exospório psilado.

Dimensões: diâmetro polar dos esporos: 35-45 µm, diâmetro equatorial: 60-70 µm.

Dados ecológicos: conforme Tryon & Tryon (1982), representam plantas terrestres, rupestres, raramente epífitas, amplamente distribuídas na América tropical, ocorrendo em pântanos, interior de matas paludosas, bordas florestais e áreas antropizadas.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Família Polypodiaceae

38. **Polypodium L.**

Fig. 39

Descrição: esporos monoletes, médios a grandes, heteropolares, bilaterais, e forma elíptica em vista polar e plano-convexa em vista equatorial. Exospório verrucado com distribuição regular das verrugas por toda superfície.

Dimensões: diâmetro polar dos esporos: 35-55 µm, diâmetro equatorial: 60 - 70 µm.

Observações: diferencia-se do tipo *Microgramma vaciniifolia* por apresentar verrugas uniformes por toda a superfície.

Dados ecológicos: epífitos sobre árvores ou rochas, mais raramente terrestres. Gênero muito numeroso em espécies, espalhado por toda a terra, mas sobretudo nos trópicos do antigo e novo mundo (Sehnm 1970).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

39. **tipo Pecluma pectinatiformis (Lindm.) M.G. Price**

Fig. 40-41

Descrição: esporos monoletes, médios a grandes, heteropolares, bilaterais, e forma elíptica em vista polar e plano-convexa em vista equatorial. Exospório com verrugas robustas distribuídas de forma irregular por toda superfície.

Dimensões: diâmetro polar dos esporos: 45-55 µm, diâmetro equatorial: 60-70 µm.

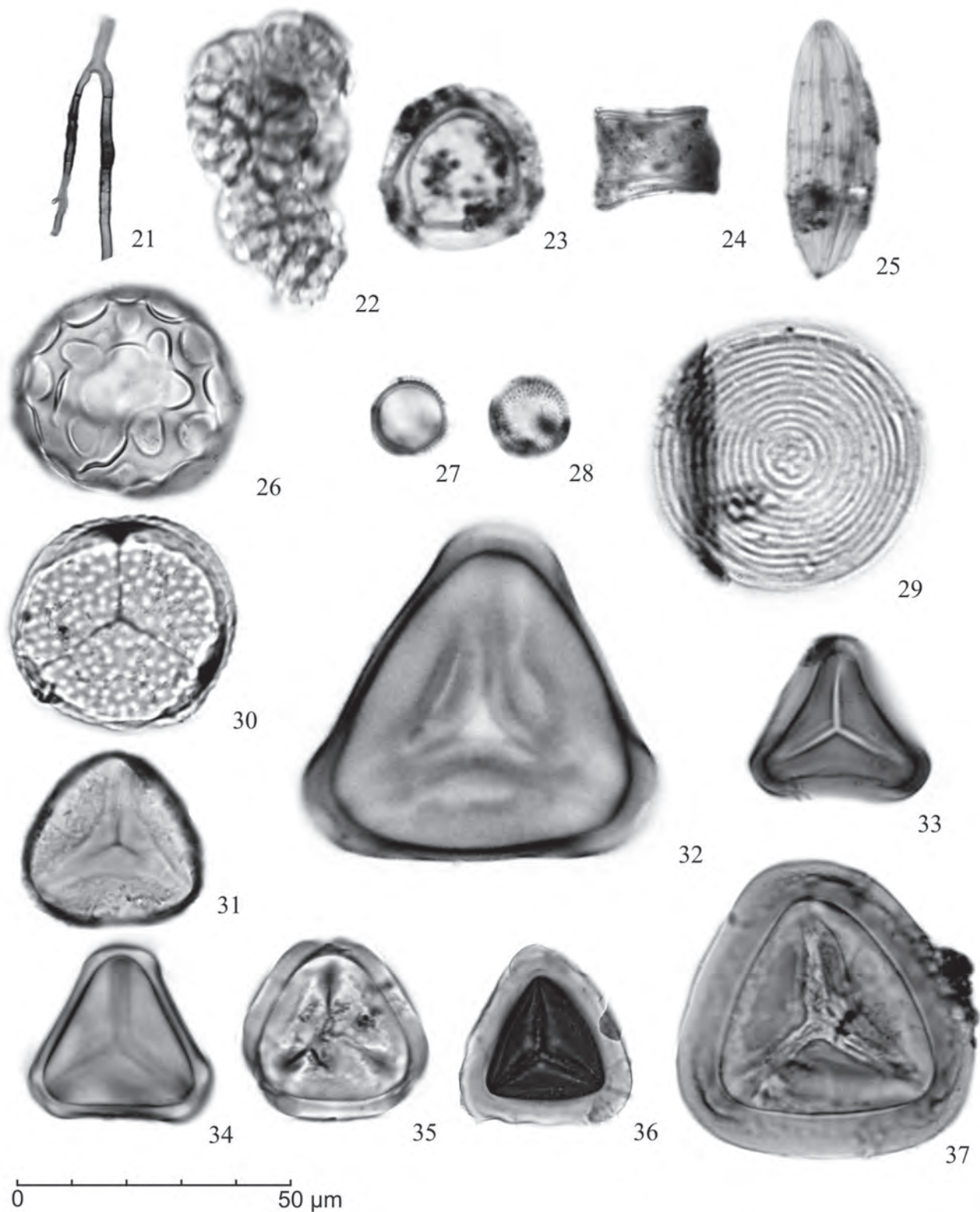


Figura 3. Fotomicrografias de palinómorfos selecionados. Hifas: 21. Hifas. Algas: 22. Botryococcus; 23. *Debarya*; 24. tipo *Mougeotia laetevires*; 25. *Spirogyra*; 26. *Zygnema*. Acritarcha: 27-28. tipo *Michrystidium*; "Insertae sedis". 29. *Pseudoschizaea rubina*. Briófitos: 30. *Phaeoceros laevis* 31. *Sphagnum*. Pteridófitos: 32. *Dicksonia sellowiana*; 33. Cyatheaceae 1; 34. Cyatheaceae 2; 35. Cyatheaceae 3; 36. Cyatheaceae 4; 37. tipo *Anograma*. Escala gráfica = 50 µm.

Dados ecológicos: segundo Lorscheitter *et al.* (2005), trata-se de plantas epifíticas ocasionalmente epipétricas ou terrícolas, em florestas.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

40. **tipo** *Microgramma vacciniifolia* (Langst & Fisch.) Copel.

Fig. 42-43

Descrição: esporos monoletes, grandes, heteropolares, bilaterais, e forma elíptica em vista polar e plano-convexa em vista equatorial. Exospório verrucado irregularmente por toda superfície.

Dimensões: diâmetro polar dos esporos: 35-45 µm, diâmetro equatorial: 60-70 µm.

Dados ecológicos: segundo Lorscheitter *et al.* (2005) as espécies são relacionadas a ambientes sombreados e abertos.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Família Aspidiaceae

41. **tipo** *Dryopteris* Adanson

Fig. 44-45

Descrição: esporos monoletes, médios a grandes, heteropolares, bilaterais, e forma elíptica em vista polar e plano-convexa em vista equatorial. Superfície apresentando exospório com projeções distribuídas de forma muito irregular.

Observação: Hooghiemstra (1984) descreve esta forma para o Quaternário da Colômbia como “tipo 343”. A identificação baseou-se no trabalho de Lorscheitter (1984) e Neves (1991).

Dimensões: diâmetro polar dos esporos: 35 - 45 µm, diâmetro equatorial: 45 - 55 µm.

Dados ecológicos: segundo Sehnem (1974), ocorrem diversas espécies do gênero *Dryopteris* no interior da Mata Fluvial Atlântica. Também são passíveis de ocorrer nas demais matas, sempre em locais úmidos.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Família Adiantaceae

42. **tipo** *Onychium*

Fig. 46-47

Descrição: esporos, grandes, heteropolares, radiais, superfície ornamentada por estrias grosseiras intercaladas por saliências (báculas).

Dimensões: eixo equatorial: 55 µm, eixo polar: 35 µm.

Observação: a identificação baseou-se no trabalho de Hooghiemstra (1984), que descreve esta forma para o Quaternário como “tipo 421”.

Dados ecológicos: não foi possível identificar a determinação ecológica para este táxon.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul.

Classe Lycopodiopsida

Ordem Lycopodiales

Família Lycopodiaceae

43. **tipo** *Huperzia* cf.

Fig. 48

Descrição: esporos triletes, médios, heteropolares, radio-simétricos, subtriangulares, superfície psilada e com pequenas perfurações.

Dimensões: diâmetro equatorial dos esporos: aproximadamente 40 µm.

Observações: esta forma foi descrita por Hooghiemstra (1984), como tipo *Lycopodium faveolate*, “tipo 299”.

Dados ecológicos: segundo Scherer & Lorscheitter (2008), este gênero ocorre como epífito ou rupestre, no interior ou nas bordas das matas e em locais úmidos.

Ocorrências: São João do Sul e Santa Rosa do Sul.

44. *Lycopodium clavatum* L.

Fig. 49

Descrição: esporos triletes, médios, heteropolares, radio-simétricos, subtriangulares em vista polar com exospório reticulado.

Dimensões: diâmetro equatorial dos esporos: 35-45 µm.

Observações: diferencia-se dos esporos de *L. clavatum* adicionados nas amostras para cálculos de concentração polínica por apresentarem coloração mais clara.

Dados ecológicos: são plantas terrícolas atribuídas a ambientes semi-abertos (Tryon & Tryon 1982).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul.

Ordem Selaginellales

Família Selaginellaceae

45. *Selaginella* P. Beauv

Fig. 50

Descrição: esporos triletes, médios, heteropolares, radio-simétricos, subtriangulares a circulares em vista polar e apresentando exospório baculado.

Dimensões: diâmetro equatorial dos esporos: 30 µm, comprimento das báculas: 3 µm.

Dados ecológicos: de acordo com Lorscheitter *et al.* (1998), são plantas terrícolas encontradas em ambientes úmidos.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Gimnospermas

Divisão Coniferophyta

Classe Coniferopsida

Ordem Coniferales

Família Araucariaceae

46. *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze

Fig. 51

Descrição: grãos de pólen mônades, grandes, isopolares, aproximadamente esféricos, circulares, inaperturados e ornamentação levemente escabrada. Exina fina e delicada podendo ser observado como um grão irregularmente dobrado.

Dimensões: diâmetro dos grãos: em torno de 65 µm.

Observações: esta espécie não ocorre na região de estudo. A presença de grãos de pólen de *Araucaria angustifolia* deve-se ao transporte anemófilo de espécies advindas do Planalto, onde a espécie ocorre como elemento da Floresta Ombrófila Mista (Mata com Araucária). A determinação taxonômica baseou-se nos trabalhos de Roth & Lorscheitter (2008) e Macedo *et al.* (2009).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Família Podocarpaceae

47. *Podocarpus* L' Hér. ex Pers.

Fig. 52-53

Descrição: grãos de pólen mônades, grandes, vesiculados (bissacados), heteropolares, bilaterais. Corpo central aproximadamente elipsoidal com leptoma no pólo distal e apresentam sacos aéreos com retículo de malhas irregulares.

Dimensões: comprimento total (incluindo sacos): 50-65 µm, diâmetro polar do corpo central: cerca de 20 µm, diâmetro equatorial do corpo central: 35 µm, altura dos sacos aéreos: 25 µm.

Dados ecológicos: no estado de Santa Catarina ocorrem duas espécies deste gênero, *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl., com distribuição na Floresta Ombrófila Mista (Mata com Araucária), (Backes & Irgang 2004) e *P. sellowii* Klotzsch ex Endl., com distribuição na Floresta Ombrófila Densa (Reitz *et al.* 1988). *P. lambertii* é considerada uma espécie pioneira, precursora em campos e orlas de bosques com excelente regeneração natural em vegetação secundária (Carvalho 2003), em todas as áreas de ocorrência prefere encostas de morros, ravinas e outros sítios úmidos (Marchiori 2005). *P. sellowii* é associada a uma espécie secundária tardia não tolerando baixas temperaturas (Carvalho 2006). Segundo Barth (1962) não é possível distinguir palinologicamente as duas espécies.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Outros palinómorfos

48. Cápsula de Briófito

Fig. 54

Descrição: estruturas reticuladas com abertura apical (geralmente encontrados na posição de feto).

Dimensões: podem variar de 100-300 µm.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Fragmentos de invertebrados

49. Mandíbulas

Fig. 55-58

Descrição: são representadas por estruturas dentiformes que podem variar de robustas a frágeis. **Dimensões:** podem entre 20-50 µm.

Observações: estruturas mandibulares morfologicamente comparáveis a mandíbulas de anelídeos poliquetas onde são comumente chamados de Escolecodontes, entretanto não se descarta a possibilidade de alguns deles serem

rádulas de gastrópodes, conforme sugerido pelas ilustrações do trabalho de Calvo (1987).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

50. Pêlos

Fig. 59-60

Descrição: são formas filamentosas, alongadas, apresentando aspecto de estruturas pilosas que podem variar de tamanho e espessura.

Dimensões: podem variar entre 10-50 µm.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

51. Garras

Fig. 61-62

Descrição: são representadas por formas alongadas e pontiagudas e podem variar de tamanho e espessura.

Dimensões: podem entre 5-25 µm.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

52. Ovos de Platielmites

Fig. 63

Descrição: são estruturas alongadas, hialinas, com abertura em uma das extremidades e muitas vezes com pedúnculo na extremidade oposta.

Dimensões: cerca de 100 µm.

Dados ecológicos: segundo Ruppert & Barnes (1996), são formas dulciaquícolas que vivem em fundos de lagos, lagoas, córregos e nascentes, sendo algumas espécies ocorrendo na serrapilheira de porções muito úmidas.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

Reino Protista

Filo Foraminifera

53. Palinoforaminífero indeterminado 1

Fig. 64-65

Descrição: testas internas quitinosa de microforaminíferos de formato trocoespirais, com câmaras hialinas com reentrâncias. Corpo composto por câmaras lisas em número variável.

Dimensões: podem variar entre 50-150 µm.

Dados ecológicos: inúmeros trabalhos palinologia apontam estes elementos como sendo de ambiente marinho (Pedrão & Carvalho 2002).

Ocorrências: Santa Rosa do Sul e São João do Sul.

54. Palinoforaminífero indeterminado 2

Fig. 66

Descrição: testas internas quitinosa de microforaminíferos em forma planoespirais, com câmaras hialinas com reentrâncias. Corpo composto por câmaras ornamentadas em número variável.

Dimensões: podem variar de 100-150 µm.

Dados ecológicos: idem a Palinoforaminífero 1.

Ocorrências: Santa Rosa do Sul.

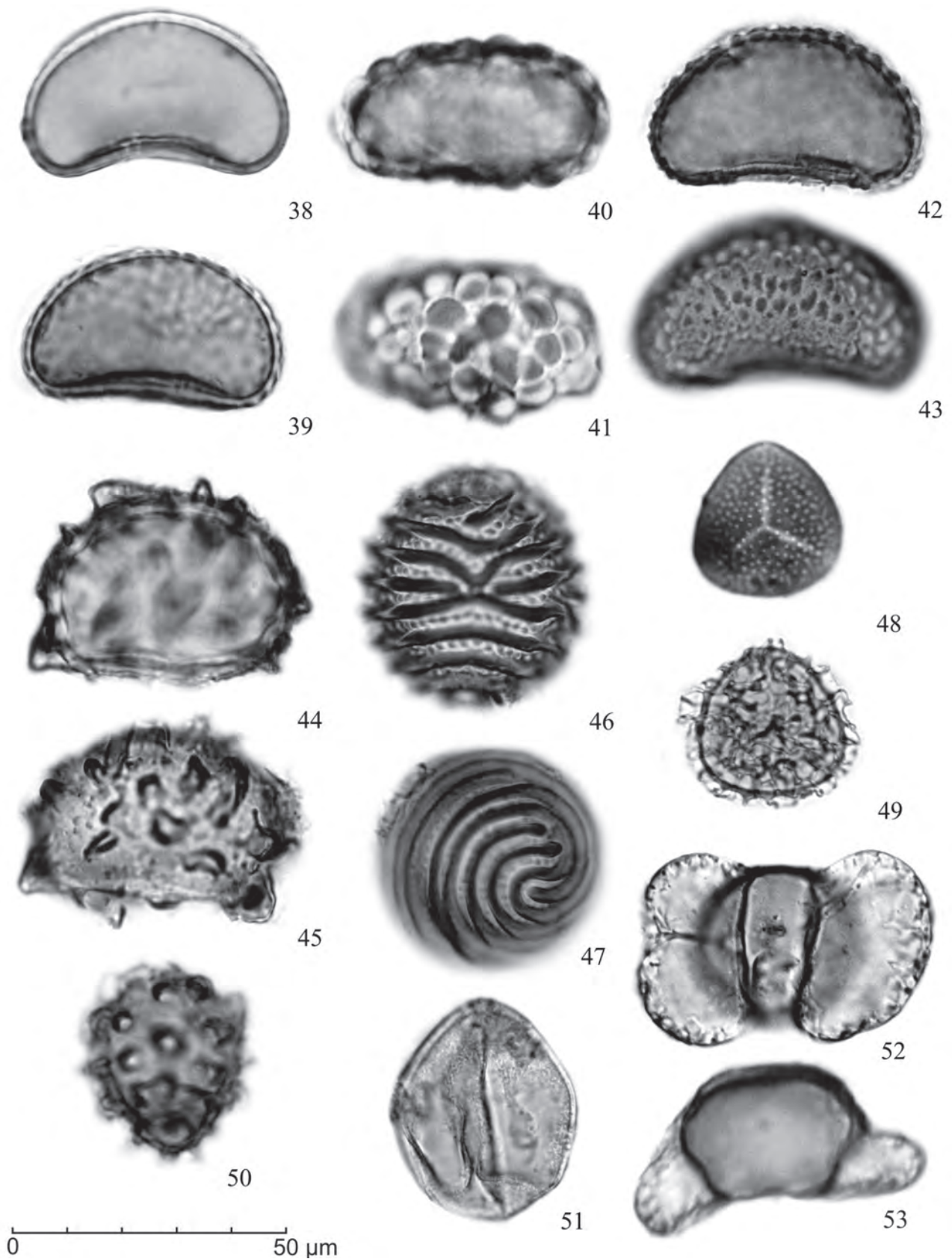


Figura 4. Fotomicrografias de palinórfos selecionados. 38. tipo *Blechnum*; 39. *Polypodium*; 40-41. tipo *Pecluma pectinatiformi*; 42-43. tipo *Microgramma vaciniifolia*; 44-45. tipo *Dryopteris*; 46-47. tipo *Onychium*; 48. tipo *Huperzia*; 49. *Lycopodium clavatum*; 50. *Selaginella*. Gimnospermas: 51. *Araucaria angustifolia*; 52-53. *Podocarpus*. Escala gráfica = 50 µm.

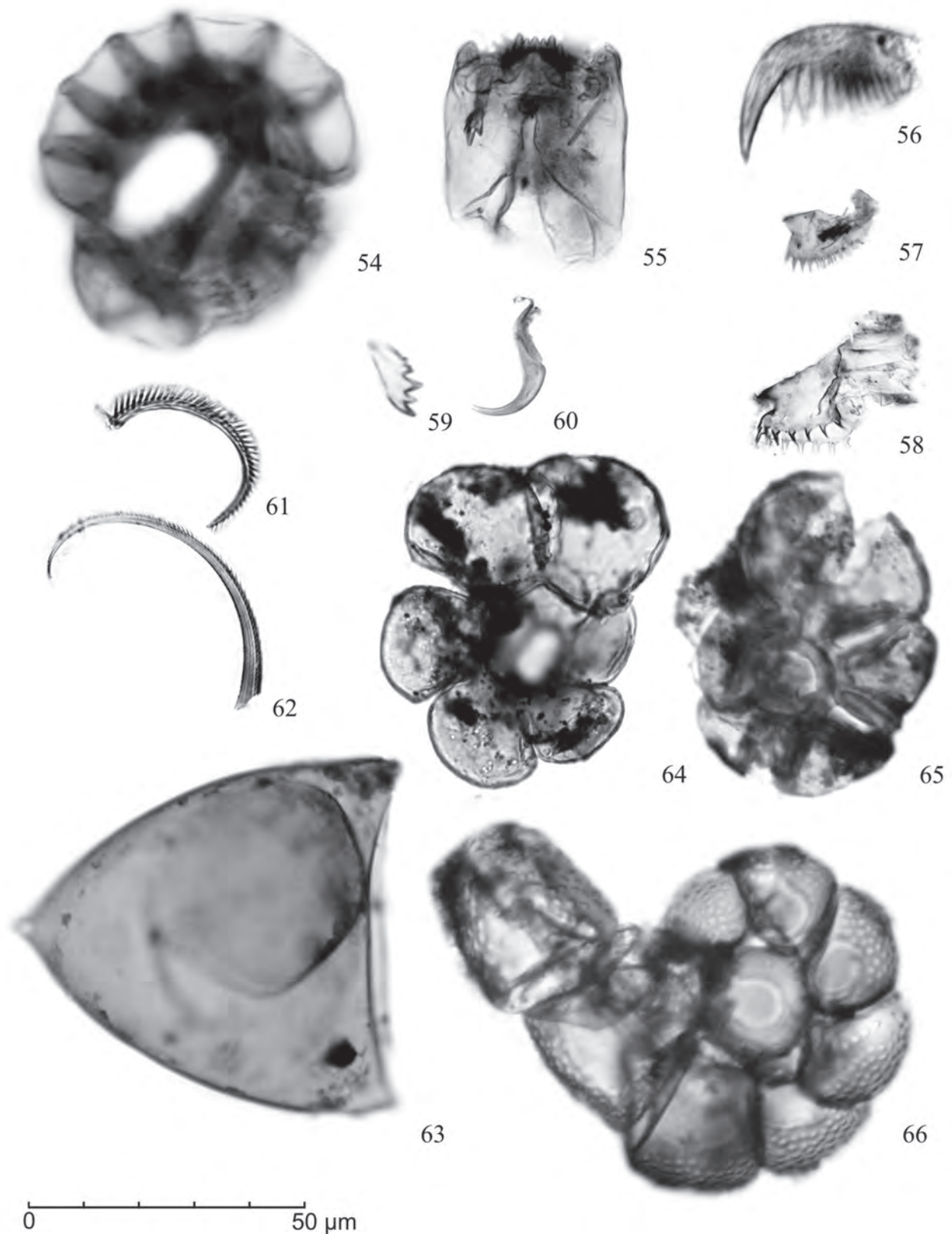


Figura 5. Fotomicrografias de palinómorfos selecionados: Outros palinómorfos: 54. Cápsula de Briófito; 55-58. Mandíbulas; 59-60. Garras; 61-62. Pêlos; 63. Ovos de Platielmites; Palinoforaminíferos: 64-65. Palinoforaminífero indeterminado 1; 66. Palinoforaminífero indeterminado 2. Escala gráfica = 50 µm.

Considerações finais

Este trabalho documenta os palinómorfs registrados em duas perfurações holocênicas (7908±30 anos AP-actual), na Planície Costeira Sul de Santa Catarina, com a descrição e ilustração de 54 táxons, constituindo o primeiro trabalho dessa natureza para o Holoceno da região. Dentre os dois poços analisados, verifica-se uma maior diversidade para o perfil de Santa Rosa do Sul, que soma 54 táxons, em detrimento àqueles oriundos dos sedimentos de São João do Sul (43 táxons). Os táxons ausentes neste último perfil são relativos a esporos de fungos (esporos indeterminados 6-10), representantes das Cyatheaceae (Cyatheaceae 3-5), tipo *Onychium*, *Lycopodium clavatum* e palinoforaminífero indeterminado 2. As descrições dos grãos de pólen angiospérmicos, bem como as informações quantitativas e as respectivas interpretações paleoecológicas constituem parte das próximas contribuições em finalização pelos autores.

Agradecimentos

Este trabalho é parte de um estudo maior que vem sendo realizado na Planície Costeira do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, sob os auspícios da FAPERGS (processo 1012119). O primeiro autor agradece ao CNPq pela concessão da bolsa de Doutorado (processo 140924/2008-6).

Referências Bibliográficas

- Alexopoulos, C.J.; Mims, C.W. & Blackwell, M. 1996. **Introductory Mycology**. 4 ed. New York, John Wiley & Sons.
- Backes, P. & Irgang, B. 2004. **Mata Atlântica: as árvores e a paisagem**. Porto Alegre, Paisagens do Sul.
- Barth, O.M. 1962. Catálogo sistemático dos pólenes das plantas arbóreas do Brasil Meridional – Parte Complementar: Coniferales. **Memorial do Instituto Oswaldo Cruz** 60: 199-208.
- Barth, O.M. & Melhem, T.S. 1988. **Glossário ilustrado de palinologia**. Campinas, Unicamp.
- Bauermann, S.G.; Neves, P.C.P.; Marques Toigo, M. & Ashraf, A.R. 2005. Evidences of Holocene transgression on Domingos Petrolí Swamp, southern coastal plain, Rio Grande do Sul, Brazil. **Journal of Geoscientific Research in Northeast Asia** 8(1): 98-103.
- Behling, H. 1993. **Untersuchungen zur spätpleistozänen und holozänen vegetations und klimageschichte der tropischen küstenwälder in Santa Catarina (südbrasilien)**. Dissertationes Botanicae - Band 206, Berlin, Cramer.
- Behling, H. 1995. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brasil: vegetation and fire history. **Journal of Paleontology** 14: 253-268.
- Behling, H. 1998. Late vegetation and climatic changes in Brazil. **Review of Paleobotany and Palynology** 99:143-156.
- Behling, H. 2002. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 117: 9-27.
- Behling, H.; Bauermann, S.G. & Neves, P.C.P. 2001. Holocene environmental changes from the São Francisco de Paula region, southern Brazil. **Journal South American Earth Science** 14: 631-639.
- Behling, H.; & Negrelle, R.R.B. 2001. Tropical rain forest and climate dynamics of the Atlantic lowland, southern Brazil, during the Late Quaternary. **Quaternary Research** 56: 383-389.
- Behling, H.; Pillar, V. & Bauermann, S.G. 2004. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, inferred from a high-resolution pollen record of Camará do Sul in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 203: 277-297.
- Behling, H.; Pillar, V.; Müller, S.C. & Overbeck, G. 2007. Late-Holocene fire history in a forest-grassland mosaic in southern Brazil: Implications for conservation. **Applied Vegetation Science** 10: 81-90.
- Bold, H.C.; Alexopoulos, C.J. & Delevoryas, T. 1987. **Morphology of Plants and Fungi**. 5. ed. New York, Harper & Row.
- Bourrelly, P. 1966. **Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique**. I- Les algues vertes. Paris, N. Boulce & Cie de Paris.
- Burjack & Marques-Toigo, 1980. Burjack, M.L., Marques-Toigo, M., 1980. Caracterização palinológica da Turfeira da região de águas Claras, Município de Viamão- RS, Brasil. **Boletim do Instituto de Geociências** 11: 31-189.
- Calvo, I.S. 1987. **Rádulas de gastrópodes marinhos brasileiros**. Rio Grande, Editora da Fundação Universidade do Rio Grande.
- Carvalho, P.E.R. 2003. **Espécies arbóreas brasileiras**. v. 1. Brasília, Embrapa.
- Carvalho, P.E.R. 2006. **Espécies arbóreas brasileiras**. v. 2. Brasília, Embrapa.
- Colinvaux, P.A.; de Oliveira, P.E.; Patiño, J.E.M. 1999. **Amazon Pollen Manual and Atlas**. Singapore, Harwood Academic Publishers.
- De Oliveira, P.E.; Behling, H.; Ledru, M.P.; Barberi, M.; Bush, M.; Salgado-Labouriau, M.L.; Garcia, M.J.; Medeanic, S.; Barth, O.M.; Barros, M.A. & Schell-Ybert, R. 2005. Paleovegetação e paleoclimas do Quaternário do Brasil. In: Souza, C.R.G.; Suguio, K.; Oliveira, A.M.S. & De-Oliveira, P.E. (Eds.). **Quaternário do Brasil**, Ribeirão Preto, Holos.
- Diehl, F.L. & Horn filho, N.O. 1996. Compartimentação geológica-geomorfológica da zona litorânea e planície costeira do estado de Santa Catarina. **Notas Técnicas** 9: 90-93.
- Dilcher, D.L. 1965. Epiphyllous fungi from Eocene deposits in western Tennessee, U.S.A. **Palaeontographica** 116: 1-54.
- Domsch, K.H.; Gams, W. & Anderson, T.H. 1980. **Compendium of soil fungi**. London, academic press.
- Erdtman, G. 1952. **Pollen morphology and plant taxonomy - angiosperms**. Stockholm, Almqvist & Wiksell.
- Faegri, K. & Iversen, L. 1989. **Textbook of pollen analysis**. 4th ed. New York, John Wiley & Sons.
- Guiry, M.D. & Dhooncha, E. 2004. **Algae database**. World electronic publication. <http://www.algaebase.com> (Acesso em 16/01/2010).
- Heusser, C.J. 1971. **Pollen and Spores of Chile**. Arizona, The University Arizona Press.
- Hooghiemstra, H. 1984. **Vegetational and climatic history of the high plain of bogotá, colombia: a continuous record of the last 3,5 million years**. Amsterdam, Strauss & Cramer.
- IBGE. 1992. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- International Index Fungorum, 2009. <http://www.speciesfungorum.org> (Acesso em 16/01/2010).
- Irgang, B.E. & Gastal Jr. C.V. de S. 1996. **Macrófitas aquáticas da Planície Costeira do RS**. Porto Alegre, Produção independente.
- Joly, A.B. 2002. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 13 ed. São Paulo, Editora Nacional.
- Kirk, P.M.; Cannon, P.F.; David, J.C. & Stalpers, J.A. 2001. **Dictionary of the fungi**. 9 ed. Cambridge, CAB International.
- Klein, R.M. 1978. **Flora ilustrada catarinense: mapa fitogeográfico do Estado de Santa Catarina**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues, V parte - mapa fitogeográfico.
- Koske, R.E.; Gemma, J.N.; Corkidi, L.; Sigüenza, C. & Rincón, E. 2004. Arbuscular Mycorrhizas in Coastal Dunes. In: Martinez, M.L. & Psuty, N.P. (Eds.) **Coastal Dunes Ecology and Conservation**, Springer-Verlag 173-88.
- Leal, M.G. & Lorscheitter, M. L. 2006. Pólenes, esporos e demais palinómorfs de sedimentos holocênicos de uma floresta paludosa, Encosta Inferior do Nordeste, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica** 61(2): 13-47.
- Leal, M.G. & Lorscheitter, M.L. 2007. Plant succession in a forest on the Lower Northeast Slopes of Serra Geral, Rio Grande do Sul, and Holocene palaeoenvironments, Southern Brazil. **Acta Botanica Brasílica** 21(1): 1-10.

- 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: 47-59.
- Lorscheitter, M.L. & Romero, E.J. 1985. Palynology of Quaternary sediments of the core T15, Rio Grande Cone, South Atlantic, Brazil. **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula** 3: 55-91.
- Lorscheitter, M.L. 1983. Evidences of sea oscillations of the Late Quaternary in Rio Grande do Sul, Brazil, provide by palynological studies. **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula** 1: 53-60.
- Lorscheitter, M.L. 1984. **Palinologia de sedimentos quaternários do Cone de Rio Grande**. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Lorscheitter, M.L. 1988. Palinologia de sedimentos quaternários do testemunho T15, Cone do Rio Grande, Atlântico Sul, Brasil. **Pesquisas** 21: 61-117.
- Lorscheitter, M.L. 1989. Palinologia de sedimentos quaternários do testemunho T15, Cone do 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(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. **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. 2001. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part III. **Palaeontographica** 263:1-159.
- Lorscheitter, M.L.; Ashraf, A.R.; Windisch, P.G. & Mosbrugger, V. 2002. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part IV. **Palaeontographica** 270: 1-180.
- 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.
- Lowe, J.J. & Walker, M.J.C. 1987. **Reconstructing quaternary environments**. New York, John Wilwy.
- Macedo, R.B.; Cancelli, R.R.; Bauermann, S.G.; Bordignon, S. A. de L. & Neves, P.C.P. das 2007. Palinologia de níveis do Holoceno da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (localidade de Passinhos), Brasil. **Gaea** 7: 68-74.
- Macedo, R.B.; Souza, P.A. & Bauermann, S.G. 2009. Catálogo de pólenes, esporos e demais palinómorfos em sedimentos holocênicos de Santo Antonio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica** 62(2): 43-78.
- Macedo, R.B.; Souza, P.A.; Bauermann, S.G. & Bordignon, S.A.L. 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.
- Mamede, M.C.H.; Cordeiro, I.; Rose, L.; Fiuza De Mello, M.M.da R. & Oliveira, R.D.J. 2004. Mata Atlântica. In: MARQUES, O.A.V.& DULEBA, W. (Eds.) 2004. **Estação Ecológica Jureia-Itatins-ambiente físico, flora e fauna** 115-151.
- Marchiori, J.N.C. 2005. **Dendrologia das Gimnospermas**. 2ª ed. Santa Maria: Ed. Universidade/UFSM.
- Markgraf, V. & D' Antoni, H.L. 1978. **Pollen Flora of Argentina**. Arizona, The University Arizona Press.
- Medeanic, S. 2006. Freshwater algal palynomorph records from Holocene deposits in the Coastal Plain of the Rio Grande do Sul, Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology** 141: 83-101.
- Menéndez, G.G.H. 1962. **Estudio de las Anthocerotales y Marchantiales de la Argentina**. Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán, Instituto Miguel Lillo.
- Moore, P.D.; Webb, J.A. & Collinson, M.E. 1991. Pollen analysis. **Blackwell Scientific Publications**.
- Neves, P.C.P. & Bauermann, S.G. 2003. Catálogo palinológico de coberturas quaternárias do Estado do Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. **Descrições Taxonômicas Parte - I: fungos, algas, palinómorfos outros e fragmentos de invertebrados. Pesquisas, Série Botânica** 53: 121-149.
- Neves, P.C.P. & Bauermann, S.G. 2004. Catálogo palinológico de coberturas quaternárias do Estado do Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. **Descrições Taxonômicas Parte - II: Bryophyta e Pteridophyta. Pesquisas, Série Botânica** 55: 227-251.
- Neves, P.C.P. & Cancelli, R.R. 2006. Catálogo palinológico em sedimentos do final do Neógeno no Estado do Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. **Taxonomia Parte - IV: Magnoliophyta I (Magnoliopsida). Gaea** 2(2): 75-89.
- Neves, P.C.P. & Lorscheitter, M.L. 1992. Palinologia de sedimentos de uma Mara tropical paludosa em Terra de Areia, Rio Grande do Sul, Brasil. **Descrições taxonômicas, Parte I: Fungos, algas, briófitos, pteridófitos, palinómorfos outros e fragmentos de invertebrados. Acta Geológica Leopoldensia** 15(36): 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 Geológica Leopoldensia** 18(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.
- Neves, P.C.P. & Lorscheitter, M. L. 1996. Feições de uma Mata Tropical Paludosa em Terra de Areia, Planície Costeira Norte, Rio Grande do Sul, Brasil. **Notas técnicas II** 9(1): 28-38.
- Neves, P.C.P. 1991. **Palinologia de sedimentos de uma Mara tropical paludosa em Terra de Areia, Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Neves, P.C.P. 1998. Palinologia de sedimentos quaternários no estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Guíba e Capão do Leão. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Nimer, E. 1979. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
- Pedraza, E. & Carvalho, M.A. 2002. Os fósseis da Bacia de Sergipe/Alagoas. Os palinómorfos: palinoforaminíferos. **Phoenix** 34: 1-5.
- Punt, W.; Blackmore, S.; Nilsson, S. & Thomas, A. 2007. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Palaeobotany and Palynology** 143: 1-81.
- Quadros, L.P. & Melo, J.H.G. 1987. Método prático de preparação palinológica em sedimentos do Pré-Mesozóico. **Boletim de Geociências da PETROBRAS** 1: 205-214.
- Reitz, R.; Klein, R.M. & Reis, A. 1988. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Corag.
- Rosignol, M. 1962. Analyse pollinique de sediments marins quaternaires en Israel. II. Sédiments pleistocenes. **Pollen et Spores** 4: 122-148.
- 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(1): 69-100.
- Roubik, D.W. & Moreno, J.E. 1991. **Pollen and Spores of Barro Colorado**. St. Louis, Missouri Botanical Garden.
- Ruppert, E.E. & Barnes, R.D. 1996. **Zoologia dos invertebrados**. ("invertebrate Zoology"). 6 ed. São Paulo, Roca.
- Staplin, F.L. 1961. Reef-controlled distribution of Devonian microplankton in Alberta. **Palaeontology** 4(3): 392-424.
- 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: 131-144.
- Sehnm, A. 1970. **Flora Ilustrada Catarinense. Polipodiáceas**, Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues.
- Sehnm, A. 1974. **Flora Ilustrada Catarinense. Esquiséáceas**, Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues.
- Sehnm, A. 1978. **Flora Ilustrada Catarinense. Ciatéáceas**, Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues.

- 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.
- Tryon, R.M. & Tryon, A.F. 1982. **Ferns and Allied Plants**. New York, Springer-Verlag.
- van Geel, B. & van der Hammen, T. 1977. Zygnemataceae in Quaternary Colombian sediments. **Review of Palaeobotany and Palynology** 25(5): 377-392.
- van Geel, 1978. A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and the Netherland, based on the analysis of pollen, spores and macro and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals. **Review of Palaeobotany and Palynology** 25: 1-120.
- Villwock, J.A. & Tomazelli, L.J. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas** 8: 1-45.
- Von Arx, J.A. 1974. **The genera of fungi sporulating in pure cultura**. Vaduz, A. R. Gantner-Verlag K.G.

Capítulo II.2

Artigo 2: GRÃOS DE PÓLEN DE ANGIOSPERMAS HOLOCÊNICOS (7908±30 ANOS AP-ATUAL) DA PLANÍCIE COSTEIRA SUL-CATARINENSE, BRASIL

(Este artigo está no prelo do volume 26, n.4, da *Revista Acta Botanica Brasilica*; a numeração apreciada a seguir não é definitiva, podendo ser alterada até sua publicação)



Grãos de pólen de angiospermas do Holoceno (7908±30 anos AP-atual) da Planície Costeira sul-catarinense, Brasil

Rodrigo Rodrigues Cancelli^{2,4}, Paulo Alves de Souza² e Paulo César Pereira das Neves³

Recebido em 11/01/2012. Aceito em 9/07/2012

RESUMO

(Grãos de pólen de angiospermas do Holoceno (7908±30 anos AP-atual) da Planície Costeira sul-catarinense, Brasil). Este trabalho apresenta as descrições palinotaxonômicas, a partir da análise palinológica de sedimentos duas seções turfáceas na Planície Costeira sul do estado de Santa Catarina, nos municípios de Santa Rosa do Sul e São João do Sul. Uma amostra da porção basal dos testemunhos foi datada em (¹⁴C) em 7908±33 anos AP para Santa Rosa do Sul e 7817±41 anos AP para São João do Sul, ambos referente ao Holoceno inferior. Foram descritos 62 tipos de grãos de pólen relacionados a 49 famílias de angiospermas atuais, que expressam diferentes habitats e hábitos ecológicos. O presente trabalho juntamente com a primeira parte, que trata das descrições palinotaxonômicas de fungos, criptógamas e outros palinomorfos recuperados de sedimentos, contribui com o reconhecimento da vegetação que abrigava a Planície Costeira Sul-catarinense, durante o Holoceno. As análises palinotaxonômicas constituem a base das interpretações paleoambientais e paleoclimáticas neste setor da costa brasileira.

Palavras-chave: Descrições polínicas, Quaternário, Holoceno, Planície Costeira, Santa Catarina

ABSTRACT

(Catalogue of angiosperm pollen from Holocene sediments of the Coastal Plain, Santa Catarina, Brazil). This paper presents palinotaxonomic descriptions, from a pollen analysis of sediments from two cores taken from the southern Coastal Plain of Santa Catarina State (in the municipalities of Santa Rosa do Sul and São João do Sul). A basal sample from the Santa Rosa do Sul and São João do Sul had a ¹⁴C age of 7908±33 and 7817±41 yr BP for the Lower Holocene, respectively. Sixty-two types of pollen grains were described from 49 angiosperm families, which are associated with different habitats and ecological habits. This work is published in association with Part I, which comprises palinotaxonomic descriptions of fungi, cryptogams and other palynomorphs recovered from the sediments, and contributes to the identification of vegetation that occurred on the Coastal Plain of southern Santa Catarina during the Holocene. Palinotaxonomic analyses form the basis of paleoclimatic and paleoenvironmental interpretations in this region of the Brazilian coast.

Keywords: Pollen descriptions, Quaternary, Holocene, Coastal Plain, Santa Catarina

¹ Parte da tese de Doutorado do primeiro Autor

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, Porto Alegre, RS, Brasil

³ Universidade Luterana do Brasil, Laboratório de Geologia e Mineralogia, Canoas, RS, Brasil

⁴ Autor para correspondência: rodrigocancelli@hotmail.com

Introdução

A identificação morfológica de palinóforos quaternários preservados em sedimentos constitui ferramenta para reconstituições paleoflorísticas. As interpretações são calcadas em seus análogos modernos e respectivos parâmetros ecológicos.

Para o sul do Brasil, os regimes climáticos do Quaternário têm sido discutidos em diversos trabalhos de palinologia: Behling (1993, 1995, 1998, 2002); Neves (1991, 1998); Neves & Lorscheitter (1992, 1995a, 1995b, 1996); Behling *et al.* (2001, 2004, 2007); De Oliveira *et al.* (2005); Leal & Lorscheitter (2007) e Macedo *et al.* (2010).

Os resultados obtidos para a planície costeira do Rio Grande do Sul e Santa Catarina mostram alternância e/ou sucessão de palinóforos relacionados aos ambientes marinho, transicional e continental (e.g. Burjack & Marques-Toigo 1980; Lorscheitter 1983, 1984, 2003; Lorscheitter & Romero 1985; Neves & Lorscheitter 1992, 1995b, 1996; Neves 1991, 1998; Behling & Negrelle 2001; Bauermann *et al.* 2005; Macedo *et al.* 2007).

As oscilações nas frequências relativas a palinóforos continentais (grãos de pólen, esporos de briófitas e pteridófitas, algas dulcícolas e fungos) e marinhos (cistos de dinoflagelados, palinoforaminíferos e prasinófitas) depositados em sedimentos de lagunas costeiras estão intimamente relacionados as variações relativas do nível do mar, durante o Holoceno, que configuram espacialmente as fitofisionomias de restinga e mata paludosa na região (Klein 1978).

No estado de Santa Catarina, Behling & Negrelle (2001) estudaram sedimentos holocênicos na localidade de Volta Velha, constituindo o único trabalho publicado até o momento em palinologia do Quaternário para região costeira. Os autores identificaram mudanças paleoambientais significativas, representadas através da descrição de seis zonas palinológicas, com predomínio de táxons de elementos herbáceos durante o Pleistoceno (37.500-14.000 anos cal AP) representadas pelas zonas VV-I, VV-II, VV-III e VV-IV, influência marinha entre 12.330-6.100 anos cal AP; zonas VV-IV, caracterizada pela presença de palinoforaminíferos e, posterior o desenvolvimento da floresta indicada pelas zonas VV-V e VV-VI, atribuída ao aumento da frequência relativa de táxons característicos de Mata Atlântica (6.100 até o recente).

A região que compreende os municípios de Santa Rosa do Sul e São João do Sul está inserida na porção meridional da ocorrência do bioma Mata Atlântica. A excepcional pujança deste bioma pode ser explicada por uma série de processos naturais que compreendem regimes climáticos provenientes de diversas latitudes e pela influência dos ventos úmidos vindos do Oceano Atlântico (Backes & Irgang 2004a; Mamede *et al.* 2004). Na região predominam grandes planícies de sedimentação quaternária, onde atualmente ocorre uma floresta característica e adaptada às condições edáficas especiais de planícies úmidas (Klein 1978). Do ponto de vista estrutural, os depósitos sedimentares qua-

ternários da região apresentam características geológicas semelhantes ao litoral norte do Rio Grande do Sul (Diehl & Horn, 1996), resultantes de sucessivas transgressões marinhas, preservados após a regressão da linha de costa (Villwock & Tomazelli, 1995).

Este trabalho consiste na primeira documentação dos palinóforos holocênicos de angiospermas, para o setor sul da Planície Costeira catarinense. Juntamente com a primeira parte referente a esporos e frutificações de fungos, esporos de briófitas e pteridófitas e outros palinóforos (Cancelli *et al.* 2012), compõe parte de um estudo maior em desenvolvimento na região. Dessa forma são apresentadas descrições morfológicas de grãos de pólen de angiospermas recuperados ao longo de dois perfis estratigráficos, coletados em fragmentos de matas paludais nos municípios de Santa Rosa do Sul e São João do Sul ambos na porção sul de Santa Catarina.

Área de estudo

Os depósitos paludais registrados nesta região situam-se na porção emersa da Bacia de Pelotas, a mais meridional da margem continental brasileira. A seção quaternária desta bacia engloba depósitos de leques aluviais e de quatro sistemas laguna-barreira, depositados nos últimos 400.000 anos AP em decorrência de eventos transgressivos de cunho glacio-eustático (Villwock & Tomazelli 1995).

A área de estudo compreende fitogeograficamente a Floresta Tropical das Planícies Quaternárias do Sul (Klein 1978), que se estende entre Jaguaruna-Tubarão e o extremo sul (Sombrio e Praia Grande) (Fig.1). A vegetação atual é classificada como Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Tropical Fluvial (IBGE 1992). Na região, a vegetação característica de restinga litorânea e mata paludial são observadas ocupando áreas extensas paralelas a linha de costa principalmente na margem oeste do Lagoa do Sombrio.

Segundo Nimer (1979), o clima da região sul catarinense caracteriza-se como mesotérmico úmido, com umidade relativa média do ar em torno de 82,1% com temperatura média anual é de 19,1°C.

O litoral catarinense tem influência climática do Anticiclone do Atlântico e do Anticiclone Migratório Polar Atlântico. O primeiro constitui-se na fonte geradora da Massa Tropical Atlântica e o segundo da Massa Polar Atlântica. A Frente Polar Atlântica, resultado do contato entre as duas massas, é a responsável por parte da precipitação do litoral, controlada pela presença da Serra do Mar, das serras do Leste Catarinense e da Serra Geral (Diehl & Horn 1996). As precipitações totais anuais são maiores no litoral norte, alcançando 1.800 mm, e menores a sul 1.400 mm.

Material e métodos

Os perfis sedimentares estudados foram coletados nos municípios de Santa Rosa do Sul (29°10'42"S-49°44'58"W)

e São João do Sul (29°10'42"S-49°44'58"W), sendo o acesso local das perfurações, feitos pela rodovia BR-101 e, posteriormente, através de estradas vicinais (Fig. 1).

A coleta do material foi realizada no interior de matas paludais, próximas à Lagoa do Sombrio, considerada a lagoa mais extensa do Estado de Santa Catarina, situando-se entre cinco municípios do extremo sul catarinense: Sombrio, Santa Rosa do Sul, Balneário Gaivota, São João do Sul e Passo de Torres, com aproximadamente 16.368 km de comprimento e cerca de 5 km de largura. A área da lagoa tem cerca de 54 km², com profundidade máxima de 4 m.

Os testemunhos foram coletados com aparelho *Russian Peat Borer* (Moore *et al.* 1991) atingindo a profundidade de 570 cm para Santa Rosa do Sul e 260 cm em São João do Sul. Em laboratório foram retiradas 57 unidades amostrais do testemunho de Santa Rosa do Sul e, 26 de São João do Sul, com espaçamento de 10 cm e volumes de 1 cm³ cada.

As datações radiocarbônicas AMS (¹⁴C) obtidas para a base dos testemunhos de Santa Rosa e de São João do Sul foram realizadas no *Center for Applied Isotope Studies (CAIS), University of Georgia, USA*. As idades foram calibradas no programa CALIB 6.0.1, IntCal09 (Reimer *et al.* 2009) apontando respectivamente 7.908±33 anos AP e 7.817±41 anos AP.

A recuperação dos palinomorfos a partir do processamento químico dos sedimentos foi realizada conforme as técnicas usuais em palinologia do Quaternário, seguindo as

orientações de Erdtman (1952), com adaptações de Faegri & Iversen (1989). Para montagem das lâminas palinológicas foi utilizada a metodologia de Quadros & Melo (1987). As descrições morfológicas foram realizadas de forma sucinta caracterizando objetivamente o material identificado, com medidas de tamanho, ornamentação e as aberturas (Barth & Melhem 1988 e Punt *et al.* 2007).

As análises polínicas descritivas foram realizadas sob microscopia óptica em aumentos de 400 e 1000x, utilizando-se microscópios Olympus CX-31 do Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

A identificação dos palinomorfos foi realizada por comparação com outros materiais de consulta e consequentemente com seus equivalentes modernos, através de consulta à coleção de referência do mesmo laboratório (MP-Pr), atlas, catálogos e bibliografia especializada, tais como: Heusser (1971), Markgraf & D' Antoni (1978), Hooghiemstra (1984), Lorscheitter (1988, 1989), Roubik & Moreno (1991), Behling (1993), Neves & Lorscheitter (1992, 1995a), Colinvaux *et al.* (1999), Neves & Bauermann (2003, 2004), Leal & Lorscheitter (2006), Medeanic (2006), Neves & Cancelli (2006), Leonhardt & Lorscheitter (2007), Roth & Lorscheitter (2008), Scherer & Lorscheitter (2008) e Macedo *et al.* (2009).

Na identificação sistemática procurou-se alcançar a categoria taxonômica de menor nível hierárquico. Para as

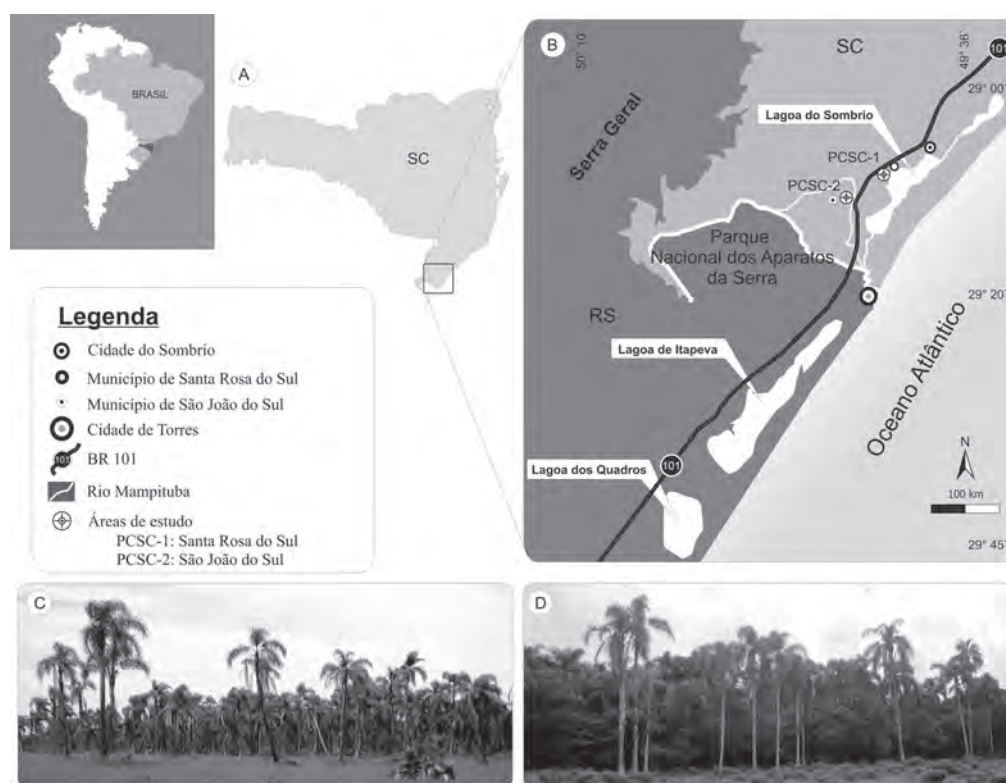


Figura 1. Localização da área de estudo (A-B), com destaque às perfurações de Santa Rosa do Sul (PCSC-1) e São João do Sul (PCSC-2); imagens locais da área de coleta das duas perfurações, respectivamente (C-D).

espécies que apresentaram morfologia relacionada a mais de um grupo taxonômico ou sistematicamente aparentada não sendo possível distingui-los, optou-se por utilizar a denominação “Tipo” precedida de nomes consagrados na literatura.

A terminologia descritiva empregada seguiu as publicações de Barth & Melhem (1988) e Punt *et al.* (2007). A classificação botânica adotada neste trabalho está de acordo com o Angiosperm Phylogeny Group (APGII, 2003).

As fotomicrografias foram realizadas sob aumento de 1.000x, com câmera digital acoplada ao microscópio Olympus modelo Evolt € 330. As informações sobre as respectivas numerações das lâminas e coordenadas “England Finder” são informadas no Quadro 1. As imagens foram processadas nos softwares Corel Draw e Corel Photo-Paint versões 12.0. As lâminas palinológicas analisadas neste estudo foram depositadas na Palinoteca de referência do Laboratório Marleni Marques Toigo, Instituto de Geociências, UFRGS, código MP-P (coleção estratigráfica). Para as identificações e descrições polínicas foi consultada a coleção de referência (MP-Pr) da vegetação atual de espécimes da região e áreas adjacentes.

Resultados

Para os níveis amostrados dos testemunhos de Santa Rosa do Sul e São João do Sul, foram identificados um total de 117 diferentes táxons, que mostram evidências de mudanças paleovegetacionais ao longo do perfil. Em Cancelli *et al.* (2012), foram apresentadas descrições de 54 táxons relativos a fungos (21), algas (5), acritarcas (1), *incertae sedis* (1), briófitos (2), pteridófitos (15), pólen de gimnospermas (2), e outros palinófitos (1 cápsula de briófitos, 4 fragmentos de invertebrados e 2 palinoforaminíferos indeterminados), cujos registros modernos expressam diferentes hábitos de vida. Neste trabalho foram descritos e determinados taxonomicamente 63 grãos de pólen relacionados a angiospermas recuperados em sedimentos holocênicos, onde foram determinadas 49 famílias botânicas (Figs 2-5; Tab. 1).

Angiospermas

Magnoliídeas

Ordem Canellales

Família Winteraceae

Drimys brasiliensis Miers. [Fig. 2]

Descrição: tétrades (tetraédricas), médias a grandes, heteropolares, radioassimétricas, compostas por grãos de pólen subprolados, monoprolados e ornamentação clavada.

Dimensões: diâmetro maior das tétrades: 50-70 µm, diâmetro polar dos grãos: 40 µm, diâmetro equatorial: 35 µm.

Dados ecológicos: espécie característica dos capões e dos subosques dos pinhais (Floresta Ombrófila Mista), ocorrendo também nos topos de morro da região da Floresta Ombrófila Densa de Encosta Atlântica. Ocorre raramente em áreas das Florestas Estacionais Deciduais das bacias Paraná-Uruguaí,

com dispersão significativa, e distribuição descontínua e irregular (Trinta & Santos 1997). No Estado de Santa Catarina são encontradas desde 10 até 1.800 m de altitude em associação com as espécies de *Podocarpus lambertii* Klotzsch, *Weinmannia humilis* Engl., *Siphoneugenia reitzii* Legr., *Myrceugenia euosma* (Berg) Legr., *Lamanonia speciosa* (Camb.) L. B. Smith, *Ilex microdonta* Reissek, *Ilex breviscuspis* Reissek, *Mimosa scabrella* Benth., *Dicksonia sellowiana* (Pr.) Hook. e outras espécies de arvoretas (Trinta & Santos 1997).

Observações: a identificação deste táxon se baseou no material de referência *Drimys brasiliensis* Miers. (MP-Pr 0012).

Monocotiledôneas

Ordem Asparagales

Família Iridaceae

Tipo Iridaceae [Fig. 3]

Descrição: mônades, médios, heteropolares, oblatos, monossulcados com sulcos estreitos e longos com ornamentação variando de psilada a escabrada.

Dimensões: diâmetro polar: 20-30 µm, diâmetro equatorial: 30-45 µm.

Dados ecológicos: hábito herbáceo (Smith *et al.* 2004).

Ordem Liliales

Família Liliaceae

Tipo Liliaceae [Fig. 4]

Descrição: mônades, médios, heteropolares, suboblatos a oblatos, monossulcados e exina reticulada.

Dimensões: diâmetro polar: 35-40 µm, diâmetro equatorial maior: 45-55 µm.

Dados ecológicos: esta família é representada geralmente por ervas perenes e com distribuição cosmopolita ocorrendo em diversos tipos de ambientes (Joly 2002).

Clado Commelinídeas

Ordem Arecales

Família Arecaceae

Arecaceae [Fig. 5]

Descrição: mônades, médios, heteropolares, suboblatos a oblatos, apresentando uma das extremidades mais afilada, monossulcados com sulcos estreitos e tão longo quanto os grãos e ornamentação variando de psilada a escabrada.

Dimensões: diâmetro polar: aproximadamente 20 µm, diâmetro equatorial maior: 50-55 µm.

Dados ecológicos: árvores. A família apresenta distribuição predominantemente pantropical. No Brasil ocorrem cerca de 40 gêneros e aproximadamente 200 espécies (Souza & Lorenzi 2008). Na região ocorrem, *Butia capitata* (Mart.) Becc.; *Euterpe edulis* Mart.; *Geonoma schottiana* Mart.; *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman e, esporadicamente *Trithrinax brasiliensis* Mart. (Lorenzi *et al.* 2004; Sobral *et al.* 2006). Na região *Syagrus romanzoffiana* (observação dos autores) ocorre com abundância.

Observação: material muito semelhante ao “Tipo *Syagrus*” descrito por Leal & Lorscheitter (2006).

Quadro 1. Lista dos grãos de pólen de angiospermas identificados nos testemunhos holocênicos (PCSC-1 e PCSC-2) da Planície Costeira de Santa Catarina.

Palinomorfos	Ocorrências		Coordenadas	Figuras
	PCSC-1	PCSC-2	MP-P/England Finder	
<i>Drimys brasiliensis</i> Miers.	X	X	6461/Y-59.1	Fig. 2
Tipo Iridaceae	X	X	6440/G-41.2	Fig. 3
Tipo Liliaceae	X	X	6473/V-49.0	Fig. 4
Arecaceae	X	X	6422/Q-37.2	Fig. 5
Bromeliaceae	X	X	6435/J-42.3	Fig. 6
Cyperaceae	X	X	6435/M-31.3	Fig. 7
Poaceae 1	X	X	6475/X-41.4	Fig. 8
Poaceae 2	X	X	6475/X-41.4	Fig. 9
Tipo Roupala	X	X	6470/Z-54.2	Fig. 10
Tipo Gunnera herteri	X		6422/Y-38.0	Fig. 11
Gomphrena	X	X	6422/Y-38.0	Fig. 12
Tipo Amaranthus-Chenopodium	X	X	5422/V-49.1	Fig. 13
Caryophyllaceae	X	X	6444/U-42.3	Fig. 14
Tipo Drosera brevifolia	X		6442/D-35.4	Fig. 15
<i>Polygonum</i> L.	X	X	6422/S-52.1	Fig. 16
Tipo Portulacaceae	X	X	6473/X-48.3	Fig. 17
Tipo Tripodanthus acutifolius	X	X	6470/W-56.3	Fig. 18
Tipo Phrygilanthus	X		6421/G-30.0	Fig. 19
Famílias Melastomataceae-Combretaceae	X	X	6421/D-43.0	Fig. 20-21
Myrtaceae 1	X	X	6455/W-30.4	Fig. 22
Myrtaceae 2	X	X	6455/W-30.4	Fig. 23
Ludwigia	X	X	6458/H-44.3	Fig. 24-25
Tipo Fuchsia regia	X		6528/G-36.4	Fig. 26
Onagraceae 1	X		6473/R-36.4	Fig. 27
Onagraceae 2	X		6466/S-44.4	Fig. 28
Onagraceae 3	X		6464/X-60.3	Fig. 29
Tipo Cucurbitaceae	X	X	6422/P-31.3	Fig. 30
Tipo Fabaceae	X	X	6420/L-52.3	Fig. 31-32
Tipo Mimosa	X	X	6420/C-42.0	Fig. 33-34
Tipo Acacia	X	X	5421/C-42.4	Fig. 35
Alnus	X	X	6422/U-37.3	Fig. 36
Acalypha	X	X	6444/L-35.0	Fig. 37
Alchornea	X	X	6473/X-43.2	Fig. 38
Sebastiania	X	X	6425/N-37.4	Fig. 39
Tipo <i>Sapium</i>	X	X	6463/K-66.2	Fig. 40
Passiflora		X	6420/C-42.0	Fig. 41-42
Weinmannia	X	X	6435/K-37.3	Fig. 43
Celtis	X	X	6440/G-41.2	Fig. 44
Trema micrantha	X	X	6422/V-33.4	Fig. 45
Cecropia	X	X	6428/N-50.3	Fig. 46
Tipo Bombacaceae	X	X	6722/C-40.4	Fig. 47
Malvaceae	X	X	6440/G-41.2	Fig. 48
Daphnopsis racemosa	X	X	6422/S-52.3	Fig. 49-50

Continua.

Quadro 1. Continuação.

Palinomorfos	Ocorrências		Coordenadas	Figuras
	PCSC-1	PCSC-2	MP-P/England Finder	
Anacardiaceae	X	X	6464/Y-66.0	Fig. 51
Meliaceae	X	X	6422/J-56.4	Fig. 52
Tipo <i>Trichilia clauseni</i>	X	X	6435/M-30.4	Fig. 53-54
Matayba	X	X	6447/T-47.0	Fig. 55
Tipo <i>Agarista</i>	X	X	5428/T-32.3	Fig. 56
<i>Myrsine</i>	X	X	6421/D-45.1;6421/Y-40.1	Fig. 57-58
Tipo <i>Tounerfortia</i> c.f.	X	X	6425/M-44.4	Fig. 59-60
Apocynaceae	X	X	6463/J-61.4	Fig. 61
Spermacoce	X	X	6463/J-52.1	Fig. 62-63
Tipo Bignoniaceae	X	X	6440/G-41.2	Fig. 64
<i>Utricularia</i>	X	X	6424/P-39.2	Fig. 65-66
Tipo <i>Plantago</i>	X	X	6473/X-42.2	Fig. 67
Tipo <i>Convolvulaceae</i>	X	X	6440/G-41.2	Fig. 68
<i>Eryngium</i>	X	X	6463/U-45.3	Fig. 69-70
<i>Ilex</i>	X	X	6421/Y-50.0; 6423/V-34.0	Fig. 71-72
Tipo <i>Baccharis</i>	X	X	5425/S-50.3	Fig. 73-74
Tipo <i>Ambrosia</i>	X		6425/N-29.2	Fig. 75
Tipo <i>Vernonia</i>	X	X	6455/S-62.1	Fig. 76-77
<i>Valeriana</i>	X	X	6422/Y-62.3	Fig. 78

Ordem Poales

Família Bromeliaceae

Bromeliaceae [Fig. 6]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radio-simétricos, oblatos, 2-porados, exina reticulada, semitectada, heterobrocada com malhas menores junto aos poros.

Dimensões: diâmetro polar: 30-40 µm, diâmetro equatorial: 20-30 µm.

Dados ecológicos: epífitas de Mata Atlântica com muitas espécies endêmicas (Smith *et al.* 2004).

Família Cyperaceae

Cyperaceae [Fig. 7]

Descrição: mônades, médios, heteropolares, radio-simétricos, prolato-esferoidais, monoulcerado (*ulcus* no pólo distal), exina tectada, columelas pouco evidentes e ornamentação fino granulada a escabrada.

Dimensões: diâmetro polar: 25-40 µm, diâmetro equatorial: 30-45 µm.

Dados ecológicos: são ervas que habitam terrenos brejosos e alagadiços. Algumas espécies ocorrem em terrenos secos e arenosos, entretanto, a maior parte prefere locais úmidos (Joly 2002).

Família Poaceae

Poaceae 1 [Fig. 8]

Descrição: mônades, médios, heteropolares, radio-simétricos, esferoidais, monoporados (poro no pólo distal com

ânulo), exina tectada, columelada e ornamentação psilada a levemente escabrada.

Dimensões: diâmetro polar: 30 µm, diâmetro equatorial: 32 µm.

Dados ecológicos: ervas. A família possui distribuição cosmopolita; no Brasil ocorrem cerca de 180 gêneros e aproximadamente 1.500 espécies (Souza & Lorenzi 2008). Plantas características de formações campestres como os Pampas da América do Sul. Representantes desta família apresentam hábito muito variado ocorrendo em campos secos pedregosos, úmidos, dunas e banhados, matos e capões (Irgang & Gastal 1996; Joly 2002; Boldrini *et al.* 2005).

Poaceae 2 [Fig. 9]

Descrição: mônades, grandes, heteropolares, radio-simétricos, prolatos, monoporados (poro no pólo distal com ânulo), exina tectada, psilada a finamente escabrada.

Dimensões: diâmetro polar: 48 µm, diâmetro equatorial: 28 µm.

Eudicotiledôneas

Ordem Proteales

Família Proteaceae

Tipo *Roupala* [Fig. 10]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radio-simétricos, triangulares em vista polar, 3-porados (abertura nos ângulos) e exina psilada a levemente escabrada.

Dimensões: diâmetro equatorial: cerca de 35 µm.

Dados ecológicos: árvores de pequeno a grande porte, registradas para o estado de Santa Catarina duas espécies *Roupala brasiliensis* Klotzsch, com distribuição de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, e *R. pallida* K. Schum., ocorrendo restrita as matas baixas de restingas litorâneas no estado de Santa Catarina (Backes & Irgang 2004b).

Observações: a identificação deste táxon se baseou no material de referência *Roupala brasiliensis* Miers. (MP-Pr 0001).

Clado Eudicotiledôneas

Ordem Gunnerales

Família Gunneraceae

Tipo *Gunnera herteri* [Fig. 11]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radiosimétricos, subtriangulares em vista polar, 3-colporados, exina espessa e com duas camadas de columelas, ornamentação microgranulada.

Dimensões: diâmetro polar: 30 µm, diâmetro equatorial: não foi mensurado nenhum grão de pólen em vista equatorial.

Dados ecológicos: a família Gunneraceae é representada apenas pelo gênero *Gunnera*, que possui cerca de 40 espécies distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. São plantas herbáceas a arbustivas e habitam ambientes úmidos, pobres em nitrogênio; desenvolvem relação simbiótica com cianobactérias do gênero *Nostoc*, que vivem associadas ao rizoma. No Brasil ocorrem duas espécies, *Gunnera manicata* e *G. herteri*, restritas à região sul. A primeira conhecida popularmente como urtigão, é endêmica da Mata Atlântica e característica da borda da Serra Geral, do Paraná até o Rio Grande do Sul, crescendo junto aos córregos e vales em altitudes que variam de 900 a 1800 m, enquanto a última é encontrada apenas na restinga litorânea, distribuindo-se de Santa Catarina (litoral de Sombrio) até o Uruguai (Reitz 1961). Esta espécie é considerada pelo CONAMA (2010) como endêmica e ameaçada de extinção ocorrendo principalmente na vegetação de praia e dunas frontais.

Observação: a determinação deste táxon baseou-se no material de referência *Gunnera herteri* Mattf. (MP-Pr 0222) e *G. manicata* Linden ex. Delchev. (MP-Pr 0223), correspondendo morfológicamente a primeira espécie.

Ordem Caryophyllales

Família Amaranthaceae

Tipo *Gomphrena* L. [Fig. 12]

Descrição: mônades, pequenos, apolares, radiosimétricos, esféricos, pantoporados (os poros são situados ao centro de cada lúmen), fenestrados, exina tectada, columelas evidentes e ornamentação reticulada (retículos formando figuras hexagonais).

Dimensões: diâmetro polar: 12-20 µm.

Dados ecológicos: são ervas ou subarbustos que ocorrem em campos secos, regiões arenosas, clareiras de mato e como ruderais (Vasconcellos 1973).

Tipo *Amaranthus* - *Chenopodium* [Fig. 13]

Descrição: mônades, médios, apolares, radiosimétricos,

esféricos, pantoporados (poros próximos e numerosos), columelas evidentes e ornamentação finamente granulada.

Dimensões: diâmetro do grão: cerca de 45 µm.

Observações: grãos de pólen dos gêneros *Amaranthus* e *Chenopodium* apresentam mesma morfologia diagnóstica, não sendo possível assegurar a determinação taxonômica.

Dados ecológicos: espécies representantes do gênero *Amaranthus* são ervas geralmente anuais habitando terrenos alterados e ruderais (Vasconcellos 1973). A família Chenopodiaceae, em sua maioria, é composta por plantas herbáceas anuais ou subarbustos, podendo ocorrer como ruderais ou halófitas (Schultz 1990; Joly 2002).

Família Caryophyllaceae

Caryophyllaceae [Fig. 14]

Descrição: mônades, médios, apolares, radiosimétricos, esféricos, pantoporados (poros distanciados com espessamento anelar), exina tectada, columelada e ornamentação microrreticulada.

Dimensões: diâmetro dos grãos: cerca de 35 µm.

Dados ecológicos: família cosmopolita de ervas. Família cosmopolita. No Brasil ocorrem 10 gêneros e aproximadamente 20 espécies sendo estas mais comuns em áreas de altitude (Souza & Lorenzi 2008).

Família Droseraceae

Tipo *Drosera brevifolia* [Fig. 15]

Descrição: tétrades (tetraédricas), médias a grandes, compostas por grãos de pólen heteropolares, radiosimétricos, oblatos, poro proximal voltado para dentro, exina tectada e ornamentação composta de diminutas espinescências.

Dimensões: diâmetro da tétrade: 45-55 µm.

Dados ecológicos: espécie seletiva hidrófila, ocorrendo em baixadas úmidas em solo arenoso. Na região foi registrado *Drosera brevifolia* Pursh., na vegetação do pós-dunas, margem leste da Lagoa do Sombrio (observação dos autores).

Família Polygonaceae

Polygonum L. [Fig. 16]

Descrição: mônades, médios, apolares, radiosimétricos, pantoporados, exina reticulada com muros altos formando figuras poliédricas irregulares.

Dimensões: diâmetro dos grãos em torno de 50 µm.

Dados ecológicos: encontrada em turfeiras como ervas e arbustos de até 1 m de altura (Rambo 1956). Na margem oeste da Lagoa do Sombrio em área antropizada ocorre *Polygonum persicaria* L. (observação dos autores).

Família Portulacaceae

Tipo *Portulacaceae* [Fig. 17]

Descrição: mônades, médios, apolares, radiosimétricos, pericarpados (cerca de 12 colpos) e exina reticulada.

Dimensões: diâmetro dos grãos em torno de 50 µm.

Dados ecológicos: a família possui 10 gêneros e aproximadamente 30 espécies na América tropical. São ervas de pequenos porte a arbustos ou subarbustos (Smith *et al.* 2004).

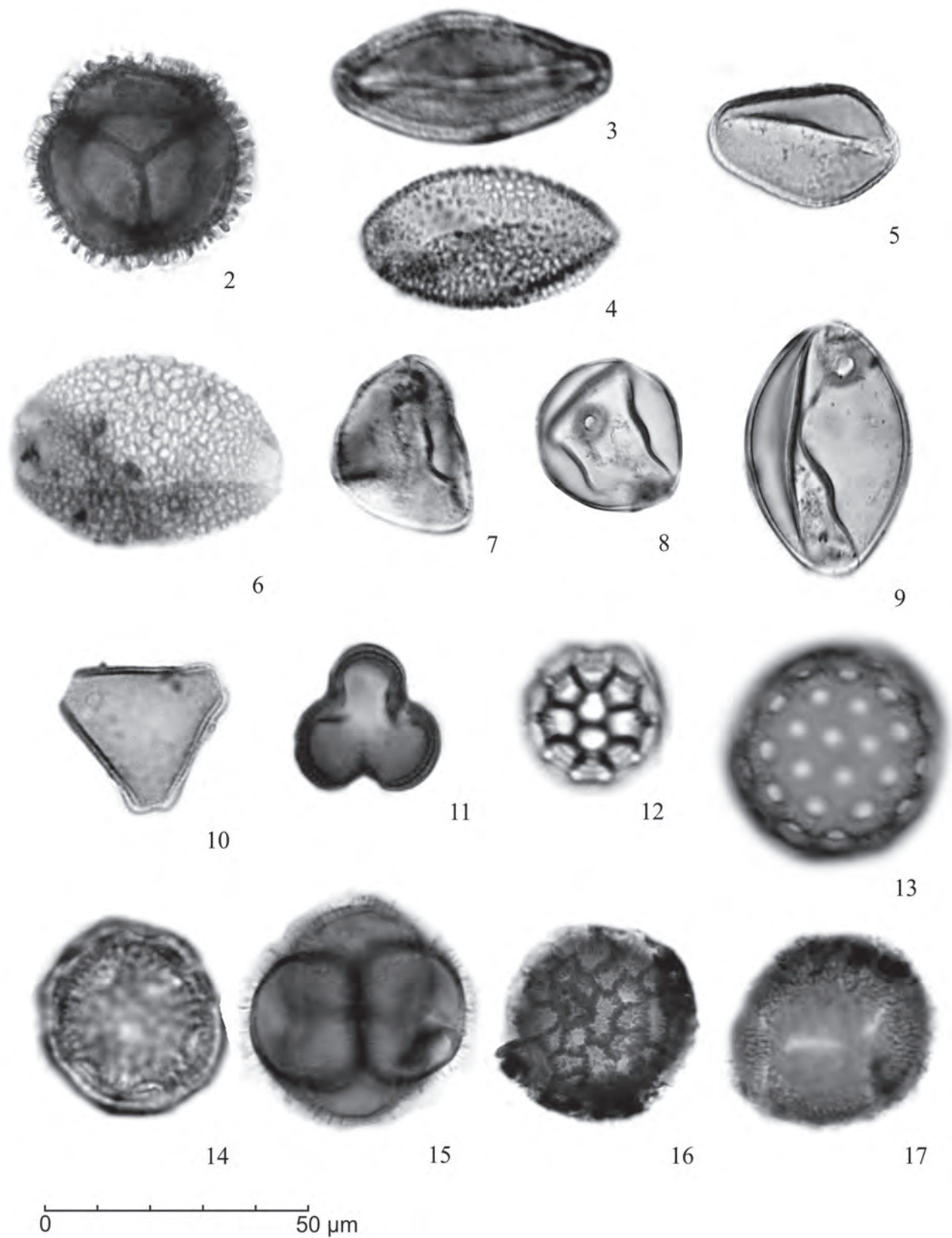


Figura 2. Fotomicrografias grão de pólen de angiospermas: 2. *Drimys brasiliensis*; 3. Tipo Iridaceae; 4. Tipo Liliaceae; 5. *Arecaceae*; 6. Bromeliaceae; 7. Cyperaceae; 8-9. Poaceae 1 e 2; 10. Tipo Roupala; 11. Tipo Gunnera; 12. *Gomphrena*; 13. Tipo Amaranthus-Chenopodium; 14. Caryophyllaceae; 15. Tipo *Drosera brevifolia*; 16. *Polygonum*; 17. Tipo Portulacaceae. A escala gráfica corresponde a 50 μm .

Ordem Santalales

Família Loranthaceae

Tipo *Tripodanthus acutifolius* Thieg. [Fig. 18]

Descrição: mônades, pequenos, isopolares, radioassimétricos, subtriangulares em vista polar, 3-sincolpados, mesocolpo com zonas interangulares côncavas e ângulos truncados, exina com uma camada frouxa e hialina na região equatorial.

Dimensões: diâmetro equatorial: 20 µm.

Dados ecológicos: a família *Loranthaceae* possui cerca de 15 gêneros e 230 espécies na América tropical. Os gêneros mais representativos em números de espécies são *Psittacanthus*, *Struthanthus*, *Cladocoela*, *Phthirusa* e *Dendropemon*. São usualmente arbustos, algumas vezes pequenas árvores, ocasionalmente vinhas, hemiparasita em madeira de dicotiledônea, raramente terrestres e parasitas em raízes vivas (Smith *et al.* 2004). Na região foi observado *Tripodanthus acutifolius* Thieg., sob vegetação arbustiva e arbórea nas bordas dos fragmentos de mata paludosa estudados (observação dos autores).

Tipo *Phrygilanthus* Eichler [Fig. 19]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radioassimétricos, subtriangulares em vista polar, 3-sincolpados, com zonas interangulares côncavas e ângulos truncados, exina com uma camada frouxa e hialina na região equatorial.

Dimensões: diâmetro equatorial: 30-35 µm.

Dados ecológicos: hemiparasitas sobre plantas arbóreas (Schultz 1990).

Observações: a determinação desta espécie baseou-se no trabalho de Scherer & Lorscheitter (2008).

Rosídeas

Ordem Myrtales

Família Melastomataceae – Combretaceae

Tipo Melastomataceae – Combretaceae [Fig. 20-21]

Descrição: mônades, pequenos, isopolares, radioassimétricos, subprolotos, circulares hexa-lobulados, 3-colporados (três pseudocolpos intercalados aos cólporos) e ornamentação psilada.

Dimensões: diâmetro polar: aproximadamente 15 µm, diâmetro equatorial: 10-13 µm.

Dados ecológicos: árvores e arbustos. Espécies distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais principalmente na América do Sul (Joly 2002; Souza & Lorenzi 2008).

Família Myrtaceae

Myrtaceae 1 [Fig. 22]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radioassimétricos, triangulares em vista polar, 3-sincolpados, exina com columelas pouco evidentes e ornamentação psilada a levemente escabrada.

Dimensões: diâmetro equatorial: 25 µm.

Dados ecológicos: A família Myrtaceae apresenta cerca de 100 gêneros e 3.000 espécies de árvores e arbustos, de ampla distribuição predominando em regiões tropicais e

subtropicais (Marchiori & Sobral 1997). Frequentemente são listadas como uma das famílias de plantas lenhosas dominantes em diversas formações naturais ocorrendo com grande diversidade na Mata Atlântica (Reitz *et al.* 1978).

Observações: Barth (1972) estudou com 140 espécies da família Myrtaceae ocorrentes no estado de Santa Catarina e classificou com base nas características morfológicas, cinco grupos distintos compostos de três subgrupos. O morfotipo identificado neste trabalho pode ser comparado ao subgrupo 1a, referente aos gêneros *Gomidesia*, *Marlierea*, *Calyptranthes*, *Myrcia*, *Myrceugenia*, *Eugenia*, *Myrciaria*, *Hexaclamus*, *Campomanesia* e *Psidium*.

Myrtaceae 2 [Fig. 23]

Descrição: mônades, pequenos a médios, isopolares, radioassimétricos, triangulares em vista polar, 3-parassincolpados, exina com columelas pouco evidentes e ornamentação psilada a levemente escabrada.

Dimensões: diâmetro equatorial: 25 µm.

Dados ecológicos: idem a *Myrtaceae* 1.

Observações: O morfotipo identificado neste trabalho pode ser comparado ao grupo cinco, referente aos seguintes gêneros *Eugenia* e *Myrcianthes* de Barth (1972).

Família Onagraceae

Ludwigia L. [Fig. 24-25]

Descrição: tétrades ou mônades, grandes, isopolares, radioassimétricos, subtriangulares em vista polar, 3-porados, ânulos aspídotos, exina tectada, columelas evidentes e ornamentação com diminutas estrias irregulares.

Dimensões: diâmetro equatorial: 50-65 µm.

Dados ecológicos: o gênero ocorre em todo o território brasileiro em terrenos brejosos e alagadiços (Joly 2002).

Observação: na região de estudo se registrou a ocorrência de *Ludwigia caparosa* (Cambess.) H. Hara; entretanto palinologicamente não foi possível a determinação em nível específico devido à semelhança que há entre os grãos do gênero. Tanto as tétrades (fig. 24) quando as mônades (fig. 25) foram identificadas como pertencentes ao mesmo táxon.

Tipo *Fuchsia regia* [Fig. 26]

Descrição: mônades, grandes, radioassimétricos, isopolares, triangulares em vista polar, 3-porados, ânulos aspídotos, exina tectada, psilada com estratificação obscura.

Dimensões: diâmetro equatorial: 45 µm.

Dados ecológicos: arbusto escandente ramificado, nativo de regiões de altitude do Brasil (Lorenzi & Souza 2001).

Onagraceae 1 [Fig. 27]

Descrição: mônades, médios a grandes, isopolares, radioassimétricos, 5-porados, ânulos aspídotos, exina tectada, psilada com estratificação obscura.

Dimensões: diâmetro equatorial: 50 µm.

Dados ecológicos: a família abrange cerca de 20 gêneros e 650 espécies, difundidas nas regiões temperadas e subtro-

picais e pouco numerosas nos trópicos. São ervas anuais ou perenes, podendo ser também arbustos e são encontrados em ambientes paludosos ou aquáticos (Barroso 1991).

Observações: os grãos diferem do tipo *Ludwigia* L. pelo menor tamanho e número de aberturas.

Onagraceae 2 [Fig. 28]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radioassimétricos, subtriangulares em vista polar, 3-porados, ânulos aspídotos, exina tectada, psilada com estratificação obscura.

Dimensões: diâmetro equatorial: 45 µm.

Observações: os grãos diferem do tipo *Ludwigia* L. por não apresentar estrias polares.

Onagraceae 3 [Fig. 29]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radioassimétricos, subtriangulares em vista polar, 3-porados, ânulos aspídotos, exina tectada, psilada com estratificação obscura.

Dimensões: diâmetro equatorial: 25 µm.

Observações: os grãos diferem do tipo *Ludwigia* L. pelo menor tamanho e ausência de estrias polares.

Eurosídeas I

Ordem Cucurbitales

Família Cucurbitaceae

Tipo Cucurbitaceae [Fig. 30]

Descrições: mônades, médios, isopolares, radioassimétricos, 3-porados, exina delgada, apresentando dobras irregulares e ornamentação equinada com distribuição irregular.

Dimensões: diâmetro equatorial: 45-50 µm.

Dados ecológicos: a família possui 53 gêneros e 325 espécies na América tropical. São videiras, com caule e folhas pouco suculentas e são encontradas na maioria das vezes em florestas úmidas, mas também em áreas áridas (Smith *et al.* 2004).

Ordem Fabales

Família Fabaceae

Tipo Fabaceae [Fig. 31-32]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radioassimétricos, prolato-esferoidais, 3-colporados, endoabertura evidente, cólporos longos e estreitos, columelas evidentes e exina reticulada.

Dimensões: diâmetro polar dos grãos: aproximadamente 25 µm, diâmetro equatorial: entre 30-35 µm.

Dados ecológicos: podem variar de ervas, arbustos e árvores, ocorrentes nas regiões tropicais, temperadas e frias (Cronquist 1981). Podem ser relacionadas espécies importantes de árvores como *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbr., *Bauhinia forticata* Link, *Centrolobium microchaete* (Mart. ex Benth.) H. C. Lima, *Dalbergia brasiliensis* Vogel, *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, *Erythrina falcata* Benth, *Inga edulis* Mart., *I. sessilis* (Vell.) Mart., *Lochocarpus muehlbergianus* Hassl., *Ormosia arborea* (Vell.) Harms, *Parapiptadelia rigida* (Benth.) Brenan, *Piptadelia gonoacantha*

(Mart.) Macbr., *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake e *Senna macranthera* (DC. ex Collad.) H. S. Irwin & Barneby.

Observação: devido à grande semelhança polínica dos representantes de Fabaceae, não foi possível assegurar uma determinação específica.

Subfamília Mimosoideae

Tipo Mimosa [Fig. 33-34]

Descrição: políades, médias, heteropolares, radioassimétricas, composta por grão de pólen oblatos, circulares em vista polar e ornamentação psilada.

Dimensões: diâmetro maior da políade: 45 µm; tamanho do grãos: aproximadamente 15 µm.

Dados ecológicos: a família Mimosaceae compreende aproximadamente cerca de 2.000 espécies, com prevalência de formas arbóreas e arbustivas. Plantas ocorrentes em locais úmidos a pantanosos, sobretudo em populações mono-específicas (Lins & Baptista 1990).

Tipo Acacia [Fig. 35]

Descrição: tétrades (tetraédricas), pequenas, composta por grãos heteropolares, radioassimétricos, subprolatos, circulares (VP) e ornamentação do tipo psilada.

Dimensões: diâmetro maior da tétrade: 15 µm, diâmetro polar dos grãos: aproximadamente 5 µm, diâmetro equatorial: cerca de 8 µm.

Dados ecológicos: o gênero *Acacia* apresenta mais de 1.200 espécies (Barroso, 1991). Constituem árvores, arbustos ou trepadeiras lenhosas, ocorrentes em regiões tropicais e subtropicais, muito abundantes em savanas e matas, bem como em matas xerófitas, na América tropical, África, Ásia e Austrália (Burkart 1979).

Ordem Fagales

Família Betulaceae

Alnus Mill. [Fig. 36]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radioassimétricos, suboblatos, poligonais em vista polar, estefanoporados (cinco poros com espessamento anelar), exina espessa formando um tipo de arco ao qual conecta os poros, ornamentação psilada a levemente escabrada.

Dimensões: diâmetro polar dos grãos: 25 µm, diâmetro equatorial: 25 e 30 µm.

Dados ecológicos: são espécies de porte arbóreo que não ocorrem de forma natural na região brasileira, tendo sua distribuição citada para as florestas andinas tropicais e subtropicais (Markgraf & D'Antoni 1978). Diversos estudos paleopolinológicos realizados em sedimentos quaternários continentais registraram a presença deste gênero ao qual se atribui dispersão anemófila percorrendo longas distâncias (Neves & Cancelli 2006).

Ordem Malpighiales
Família Euphorbiaceae
Acalypha L. [Fig. 37]

Descrição: mônades, pequenos, isopolares, radioossimétricos, circulares em vista polar, 3-porados, exina tectada, columelada e ornamentação escabrada.

Dimensões: diâmetro equatorial: 20 µm.

Dados ecológicos: são arbustos. Diversas plantas da família Euphorbiaceae são utilizadas como ornamental no sul do Brasil (Marchiori 2000). Na região ocorrem duas espécies nativas *Acalypha brasiliensis* Muell. Arg., *A. variabilis* Klotzsch ex Baill (Backes & Nardino 1998).

Alchornea Sw. [Fig. 38]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radioossimétricos, prolato-esferoidais, subtriangulares em vista polar, 3-colporados (opérculo característico), exina espessa e ornamentação variando de psilada a escabrada.

Dimensões: diâmetro polar: 30 µm, diâmetro equatorial: 27 µm.

Dados ecológicos: são árvores conforme Sobral *et al.* (2006), todas com ocorrência na Floresta Ombrófila Densa. Segundo CONAMA (2010), *Alchornea triplinervia* (Spreng.) M. Arg. e *A. iricurana* Casar. São elementos considerados pertencentes às principais espécies que distribuem-se no estrato arbóreo das matas de restinga no estado de Santa Catarina. Estas espécies são consideradas pioneiras, abrangendo áreas abertas, clareiras ou ambientes alterados (Backes & Irgang 2004a).

Sebastiania Spreng. [Fig. 39]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radioossimétricos, perprolotos, circulares em vista polar, 3-colporados (colpos longos e estreitos) e ornamentação reticulada.

Dimensões: diâmetro polar dos grãos: 65 µm, diâmetro equatorial: 30 µm.

Dados Ecológicos: o gênero *Sebastiania* é principalmente neotropical com poucas espécies no sudeste da Ásia e Austrália. Compreende cerca de 90 a 100 espécies das quais 65 ocorrem no Brasil (Burger & Huft 1995). Compreendem árvores ou arbustos conforme Reitz *et al.* (1988) e Sobral *et al.* (2006) ocorrendo na Floresta Ombrófila Densa e matas de restinga.

Observações: a determinação deste táxon foi realizada por comparação com o material de referência de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & R.J.Downs (MP-Pr: 0002).

Sapium P. Browne [Fig. 40]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radioossimétricos, perprolotos, circulares em vista polar, 3-colporados (colporo grande e característico) e ornamentação reticulada.

Dimensões: diâmetro polar: 65 µm, diâmetro equatorial: 30 µm.

Dados ecológicos: árvores ou arbustos. O gênero distribui-se do México até o Paraguai, incluindo as Antilhas, em florestas úmidas e decíduas (Burger & Huft 1995). Segundo CONAMA (1999) o gênero faz parte dos principais elemen-

tos da flora vascular do estado de Santa Catarina (estrato arbustivo). Para a região foi identificado *Sapium glandulosum* (L.) Morong (observação dos autores).

Observações: a determinação deste táxon foi realizada por comparação com o tipo 192 descrito por Hooghiemstra (1984) e material de referência *Sapium glandulatum* (veel.) Pax (MP-Pr: 0229).

Família Passifloraceae

Passifloraceae [Fig. 41-42]

Descrição: opérculo de tamanho pequeno, reticulado, heterobrocado com báculos evidentes no interior dos lumens.

Dimensões: diâmetro maior do opérculo: 10 µm, diâmetro menor do opérculo: 8 µm.

Dados ecológicos: em grande maioria são lianas, além de árvores e arbustos (Backes & Nardino 1998).

Observações: a família foi determinada através da identificação de um opérculo. Este elemento é identificado como parte apertural dos grãos de pólen de algumas espécies da família Passifloraceae (Evaldt *et al.* 2011).

Ordem Oxalidales

Família Cunoniaceae

Weinmannia L. [Fig. 43]

Descrição: mônades, pequenos, isopolares, radioossimétricos, prolato-esferoidais, subtriangulares em vista polar, 3-colporados e ornamentação psilada.

Dimensões: diâmetro polar: 25 µm, diâmetro equatorial: 20 µm.

Dados ecológicos: árvores de pequeno porte. Para região é citada *Weinmannia paulinifolia* Pohl ex. Ser., que tem sua distribuição de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, podendo ser encontrada na Floresta Atlântica como nas de altitude, como a floresta nebulosa e a floresta com *Araucaria* (Backes & Irgang 2002).

Ordem Rosales

Família Cannabaceae

Celtis L. [Fig. 44]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radioossimétricos, circulares em vista polar, 3-porados (poro circular com espessamento anelar), exina tectada, columelas não evidentes e ornamentação psilada a levemente escabrada.

Dimensões: diâmetro equatorial: 25 - 35 µm.

Dados ecológicos: segundo Hunziker & Dottori (1976), representantes do gênero possuem porte arbóreo arbustivo e crescem geralmente em solos arenosos próximos a cursos d'água. Diversas espécies são citadas como árvores baixas ou arbustos altos para as matas de restinga, em solos arenosos ou paludosos. Distribui-se entre o sul do Brasil, desde o Uruguai e Argentina (Rodrigues 1996).

Trema micrantha (L.) Blume. [Fig. 45]

Descrição: mônades, pequenos, isopolares, bilaterais, oblato-esferoidais, 2-porados, exina tectada, columelas não evidentes e ornamentação psilada a levemente escabrada.

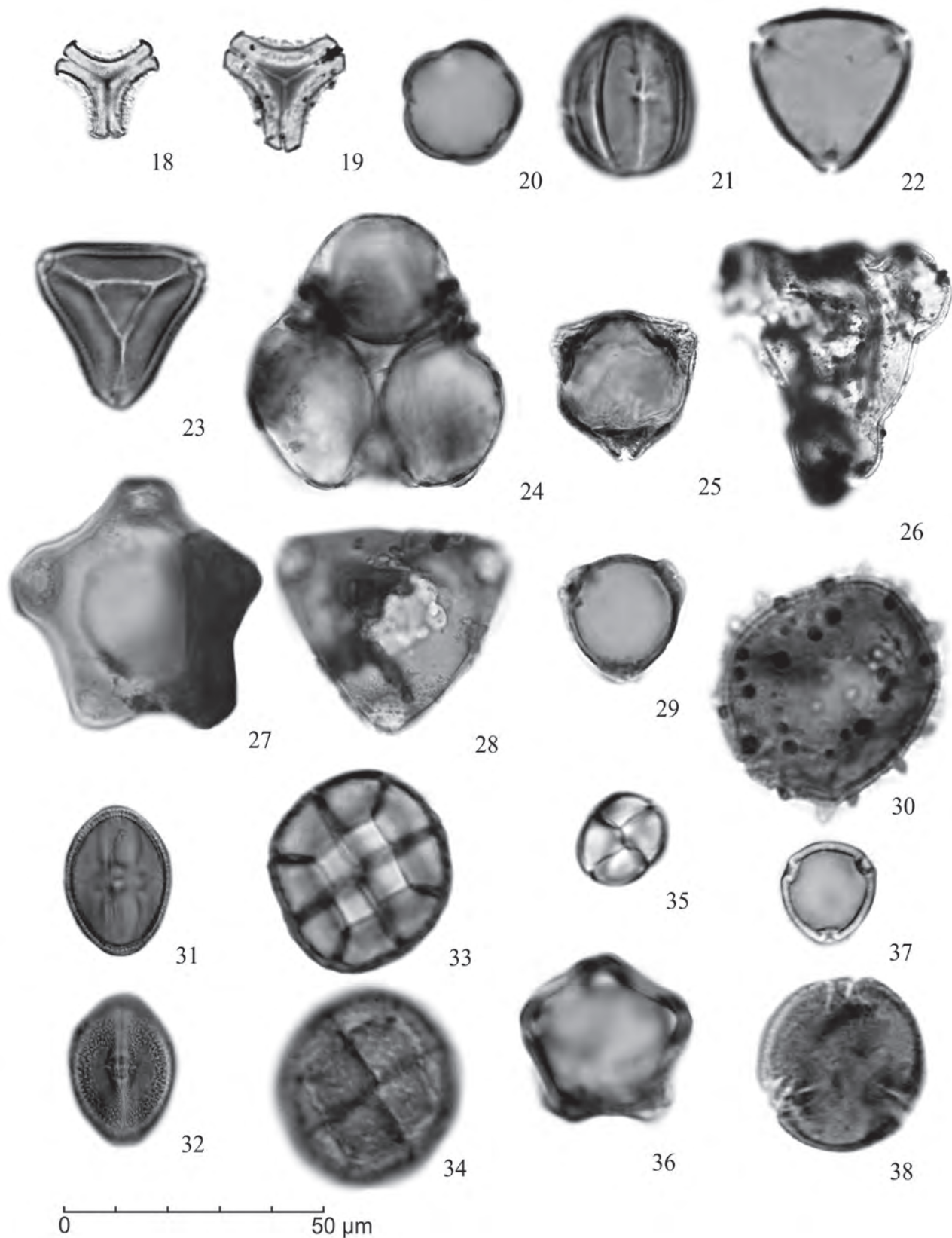


Figura 3. Fotomicrografias grão de pólen de angiospermas: 18. Tipo *Tripodanthus acutifolius*; 19. Tipo *Phrygilanthus*; 20-21. *Melastomataceae-Combretaceae*; 22-23. *Myrtaceae* 1 e 2; 24-25. *Ludwigia*; 26. Tipo *Fuchsia regia*; 27. *Onagraceae* 1; 28. *Onagraceae* 2; 29. *Onagraceae* 3; 30. Tipo *Curcubitaceae*; 31-32. Tipo *Fabaceae*; 33-34. Tipo *Mimosa*; 35. Tipo *Acacia*; 36. *Alnus*; 37. *Acalypha*; 38. *Alchornea*. A escala gráfica corresponde a 50 μm .

Dimensões: diâmetro polar: entre 15 – 20 µm, diâmetro equatorial: entre 15 – 20 µm.

Dados ecológicos: trata-se de espécies de porte arbóreo com ampla distribuição geográfica na região tropical e subtropical do continente americano. No sul do Brasil a espécie é considerada uma das pioneiras mais importantes, característica das formações secundárias da Floresta Estacional Semidecidual e da Floresta Ombrófila Densa (Marchiori 1997).

Família Urticaceae

Cecropia Loeffl. [Fig. 46]

Descrição: mônades, pequenos, isopolares, bilaterais, subprolatos, circulares em vista polar, 2-porados (poros diminutos) e ornamentação psilada a levemente escabrada.

Dimensões: diâmetro polar: 15 µm, diâmetro equatorial: 10 - 12 µm.

Dados ecológicos: são árvores pioneiras de crescimento rápido, em geral presente em vegetação secundária (Backes & Irgang 2002). Ocorre com frequências nas bordas dos fragmentos de mata estudados (observação dos autores).

Eurosídeas II

Ordem Malvales

Família Malvaceae

Tipo Bombacaceae Kunth [Fig. 47]

Descrição: mônades, médios a grandes, isopolares, radiosimétricos, oblato, 3-colporados, exina tectada, columelas não evidentes e ornamentação psilada.

Dimensões: diâmetro polar: 40 µm, diâmetro equatorial: 60 µm.

Dados ecológicos: aproximadamente 135 espécies na América tropical. São encontradas em diversos tipos florestas, sendo mais comuns em baixas ou médias elevações. Usualmente compreendem árvores médias a grandes (Smith *et al.* 2004).

Malvaceae Juss. [Fig. 48]

Descrição: mônades, grandes, apolares, radiosimétricos, pantoporados, exina tectada, columelada e ornamentação com espinhos retos a curvos.

Dimensões: diâmetro equatorial: 60 µm.

Dados ecológicos: família com 61 gêneros e cerca de 1.000 espécies na América tropical. São arbustos ou subarbustos, raramente árvores e algumas ervas, com grande distribuição (Smith *et al.* 2004).

Família Thymelaceae

Daphnopsis racemosa Griseb. [Fig. 49-50]

Descrição: mônades, médios, apolares, radiosimétricos, pantoporados (cerca de 10 poros). Ornamentação seguindo o padrão *Croton*, composta por projeções triangulares concêntricas.

Dimensões: diâmetro equatorial: 40 µm.

Dados ecológicos: arbusto muito comum na região sul (Reitz *et al.* 1988).

Observações: a descrição do padrão *croton* pode ser verificada em Erdtman (1952) e Salgado-Labouriau (1973).

Ordem Sapindales

Família Anacardiaceae

Anacardiaceae Lindl. [Fig. 51]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radiosimétricos, prolato, 3-colporados, colpos longos com endoabertura alongada, exina estriado-reticulada.

Dimensões: diâmetro polar: 40 µm, diâmetro equatorial: 25 µm.

Dados ecológicos: árvores ou arbustos com predomínio nas regiões tropicais (Smith *et al.* 2004).

Família Meliaceae

Meliaceae Juss. [Fig. 52]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radiosimétricos, 4-colpados, exina com superfície psilada.

Dimensões: diâmetro equatorial: 30 µm.

Dados ecológicos: a família *Meliaceae* possui cerca de 8 gêneros e 130 espécies na América tropical, com dois gêneros exóticos (*Melia* e *Azadirachta*). São árvores pequenas ou grandes, e ocasionalmente arbustos. Ocorre em florestas tropicais de planície, em altas altitudes e em florestas decíduas com estações secas bem definidas (Smith *et al.* 2004).

Tipo *Trichilia claussoni* [Fig. 53-54]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radiosimétricos, subprolatos a prolato, 3-5 colporados (colpos estreitos) endoaberturas alongadas com anulos pouco pronunciados, exina tectada e espessa entorno das aberturas e exina psilada com diminutas pontuações.

Dimensões: aproximadamente 45 µm.

Dados ecológicos: arvoreta de pequeno porte. Espécie indicada para adensamento de vegetação secundária ou florestas degradadas, com finalidade de preservação permanente (Backes & Irgang 2004a). Segundo Klein (1978), *Trichilia claussoni* DC. ocorre na região fitogeográfica da Floresta Tropical Meridional nas encostas da Serra Geral adjacente a região de estudo.

Observações: a determinação deste tipo baseou-se na comparação com o gênero *Trichilia* L. descrito por Barth *et al.* (1998).

Família Sapindaceae

Matayba Aubl. [Fig. 55]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radiosimétricos, oblato, 3-sincolpados e exina com microrretículos.

Dimensões: eixo equatorial: 30 µm.

Dados ecológicos: árvores. Cerca de 40 espécies nas regiões quentes da América. Ocorrem duas espécies no estado de Santa Catarina, *Matayba elaeagnoides* Radlk. e *M. guianensis* Aubl. (Reitz 1980).

Asterídeas

Ordem Ericales

Família Ericaceae

Tipo Agarista [Fig. 56]

Descrição: tétrades (tetraédricas), médias, compostas por grãos de pólen heteropolares, radiosimétricos, oblato a suboblato, 3-colporados, exina tectada e ornamentação psilada.

Dimensões: diâmetro da tetrade: 45 µm.

Dados ecológicos: no Brasil, ocorrem 12 gêneros e aproximadamente 90 espécies, restritas aos brejos, terrenos alagadiços e às terras ácidas das montanhas, sendo que dos gêneros os mais representativos em termos numéricos são *Agarista*, *Gaylussacia* e *Gaultheria* (Sobral *et al.* 2006).

Família Myrsinaceae

Tipo Myrsine I [Fig. 57-58]

Descrição: mônades, pequenos, isopolares, radioassimétricos, circulares em vista polar, 4-colpados, exina tectada, columelas evidentes e superfície psilada.

Dimensões: diâmetro equatorial: 25 µm.

Dados ecológicos: árvores de pequeno a médio porte. Para o estado de Santa Catarina são citadas como importantes espécies na regeneração florestal *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. e *M. umbellata* Mart. Mez (Backes & Irgang 2004a). Na região foi observada a ocorrência *M. ferruginea* (Ruiz & Pav.) Mez (observação dos autores).

Euasterídeas I

Família Boraginaceae

Tipo Tournefortia bicolor c.f. [Fig. 59-60]

Descrição: mônades, médios, apolares, assimétricos, esféricos, aberturas indistintas, exina tectada, columelas não evidentes e superfície com ornamentação contendo gemas de tamanhos variados.

Dimensões: diâmetro equatorial: 45 µm.

Dados ecológicos: são ervas, subarbustos, arbustos ou árvores. A família apresenta cerca de 100 gêneros e, aproximadamente 2.000 espécies difundidas nos trópicos, subtropicais, regiões temperadas e árticas, com centros de dispersão maiores localizados nas regiões mediterrâneas e nos Estados Unidos da América (Barroso 1991).

Observações: a determinação deste tipo baseou-se no trabalho de Scheel *et al.* (1996).

Ordem Gentianales

Família Apocynaceae

Apocynaceae [Fig. 61]

Descrição: mônades, grandes, isopolares, radioassimétricos, esféricos, estefanoporados (3-6 poros), ânulos aspídotos, exina tectada, columelas não evidentes e ornamentação psilada.

Dimensões: diâmetro equatorial: 60 µm; diâmetro dos poros 4 µm.

Dados ecológicos: segundo Lorenzi (1992), as Apocináceas estão presentes principalmente na vegetação de Mata Atlântica, constituindo árvores, arbustos e lianas, raramente ervas.

Família Rubiaceae

Spermacoce L. [Fig. 62-63]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radioassimétricos, esféricos em vista polar, estefanocolporados (cerca de 9 cólporos), exina tectada, columelas evidentes e ornamentação microrreticulada.

Dimensões: diâmetro equatorial: 30 - 45 µm.

Dados Ecológicos: a família *Rubiaceae* compreende cerca de 217 diferentes gêneros e mais de 5.000 espécies na América tropical, são cosmopolitas e predominantemente pantropicais com metade das espécies e 1/3 dos gêneros ocorrendo nos neotrópicos, e são adaptadas a praticamente todos habitats incluindo a Mata Atlântica. São árvores, arbustos, pouco frequentemente lianas, videiras e ervas, plantas terrestres e raramente epífitas ou aquáticas (Smith *et al.* 2004).

Observações: grão de pólen citado em palinologia do Quaternário como *Borreria* G. Mey., antigo nome do gênero.

Ordem Lamiales

Família Bignoniaceae

Tipo Bignoniaceae Juss. [Fig. 64]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radioassimétricos, subtriangulares, 3-colpados, exina tectada, columelas pouco evidentes e ornamentação microrreticulada.

Dimensões: aproximadamente 40 µm.

Dados ecológicos: a família *Bignoniaceae* possui cerca de 80 gêneros e 600 espécies na América tropical. Destes, *Tabebuia*, *Jacaranda*, *Arrabidaea*, *Anemopaegma* e *Adenocalymma*, e juntos acomodam quase metade das espécies da família. São principalmente pantropicais com poucos representantes nas zonas temperadas. Ocorrem como lianas ou árvores, e menos frequentemente arbustos, e raramente herbáceas. São abundantes em diferentes habitats tropicais, predominantes de florestas de planície, ocorrendo também em florestas secas e ambientes abertos, não alcançando elevadas altitudes (Smith *et al.* 2004).

Família Lentibulariaceae

Utricularia L. [Fig. 65-66]

Descrição: mônades, médios, apolares, radioassimétricos, esferoidais, aberturas do tipo espiro-aperturados, exina tectada e ornamentação microequinada (espinhos esparsamente distanciados).

Dimensões: diâmetro em torno de 35 µm.

Dados ecológicos: são ervas anuais ou perenes, desprovidas de raízes verdadeiras. As espécies do gênero *Utricularia* podem ser encontradas fixas ou flutuantes, enquanto as do gênero *Genlisea* são sempre fixas (Barroso 1991). Na margem leste da Lagoa do Sombrio ocorre *Utricularia tricolor* A.St.-Hil. (observação dos autores).

Família Plantaginaceae

Tipo Plantago [Fig. 67]

Descrição: mônades, médios, apolares, radioassimétricos, prolatos, exina com columelas não evidentes e ornamentação psilada a levemente escabrada.

Dimensões: aproximadamente 35 µm.

Dados ecológicos: na América tropical, espécies de *Plantago* ocupam uma ampla variedade de habitats desde o nível do mar até altas altitudes. São frequentemente encontradas como ervas invasoras ao longo de estradas, trilhas e em pastagens, prados e clareiras. Embora geralmente sejam

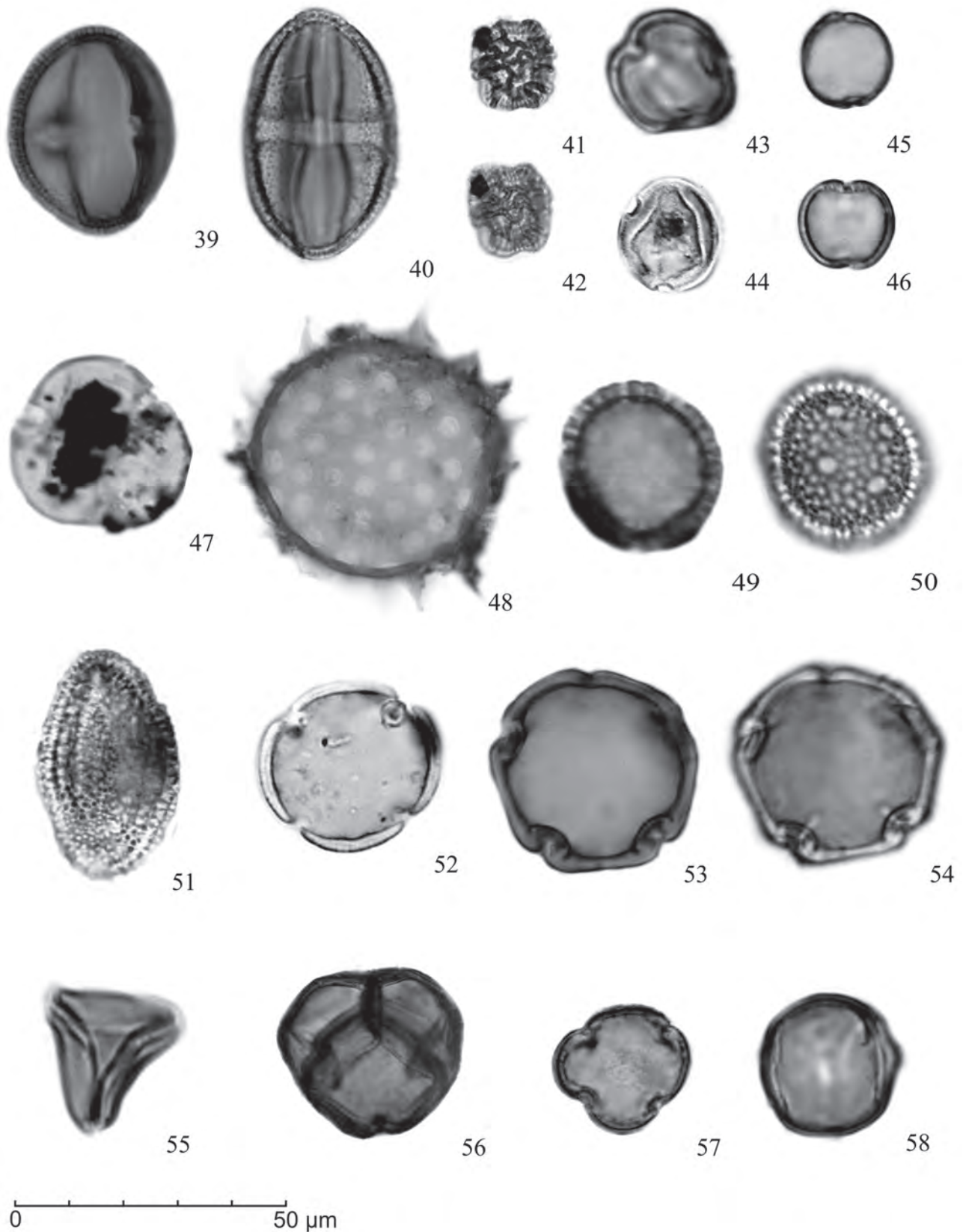


Figura 4. Fotomicrografias grão de pólen de angiospermas: 39. *Sebastiania*; 40. *Sapium*; 41-42. Passifloraceae; 43. *Weinmannia*; 44. *Celtis*; 45. *Trema micrantha*; 46. *Cecropia*; 47. Tipo Bombacaceae; 48. Malvaceae; 49-50 *Daphnopsis racemosa*; 51. Anacardiaceae; 52. Meliaceae; 53-54. Tipo *Trichilia clausenii*; 55. *Matayba*; 56. Tipo Agarista; 57-58. Tipo Myrsine. A escala gráfica corresponde a 50 μm .

de habitats específicos, podem ser encontradas em climas secos e úmidos, em argila, areia, ou substratos rochosos. São geralmente ervas e às vezes pequenos arbustos (Smith *et al.* 2004).

Ordem Solanales

Família Convolvulaceae

Tipo Convolvulaceae Juss. [Fig. 68]

Descrição: mônades, médios, apolares, radio-simétricos, esféricos, pericarpados (12 colpos), exina com columelas não evidentes e ornamentação levemente escabrada.

Dimensões: aproximadamente 40 µm.

Dados ecológicos: a família Convolvulaceae compreende cerca de 20 gêneros e 740 espécies na América tropical. Ocorre principalmente nos trópicos, mas com algumas espécies em zonas temperadas. São ervas, arbustos, lianas e raramente árvores (Smith *et al.* 2004).

Euasterídeas II

Ordem Apiales

Família Apiaceae

Eryngium L. [Fig. 69-70]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radio-simétricos, prolato a perprolato, circulares em vista polar 3-colporados (cólporos longos apresentando endocíngulo), exina tectada, columelas evidentes e ornamentação psilada.

Dimensões: diâmetro polar: aproximadamente 30 µm, diâmetro equatorial: 15 - 20 µm.

Dados ecológicos: a família Apiaceae compreende 48 gêneros e cerca de 500 espécies e estão distribuídas na América tropical e subtropical com significativa presença na vegetação. São em sua maioria ervas, existindo também formas arbustivas, rastejantes, tuberosas e raramente árvores (Smith *et al.* 2004). Na região sul do Brasil a família é amplamente representada pelo gênero *Eryngium*, que ocorre em variados habitats, destes campos secos a úmidos, capoeiras, pântanos, lagoas e turfeiras (Irgang 1974).

Ordem Aquifoliales

Família Aquifoliaceae

Ilex L. [Fig. 71-72]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radio-simétricos, prolato, circulares a subtriangulares em vista polar, 3-colporados, ornamentação clavada de diferentes tamanhos e densamente distribuídas pela superfície dos grãos.

Dimensões: diâmetro polar: aproximadamente 35 µm, diâmetro equatorial: em torno de 22 µm.

Dados ecológicos: árvores deste gênero ocorrem na Floresta Ombrófila Densa e nas matas de restinga do sul do Brasil (Reitz *et al.* 1988; Backes & Irgang 2004b). Algumas espécies são quase exclusivas da vegetação do litoral atlântico catarinense como *Ilex pseudobuxus* Reissek e outras com distribuição mais ampla como *Ilex theezans* Martius (Sobral *et al.* 2006).

Ordem Asterales

Família Asteraceae

Tipo Baccharis L. [Fig. 73-74]

Descrição: mônades, pequenos a médios, isopolares, radio-simétricos, prolato-esferoidais, subtriangulares em vista polar, 3-colporados (endoabertura lalongada), exina caveada, columelas evidentes e ornamentação equinada.

Dimensões: diâmetro polar: 25-35 µm, diâmetro equatorial: 20-25 µm.

Dados ecológicos: ervas. Devido à grande adaptação ambiental do gênero, estas podem ser encontradas nos mais diversos habitats, preferencialmente em ambientes campestres (Cabrera & Klein 1989).

Observações: conforme Cancelli *et al.* (2010), em estudo detalhado a respeito da morfologia polínica de diversos gêneros da família Asteraceae no Rio Grande do Sul, "Tipo Baccharis" inclui, além de diversas espécies do gênero *Baccharis* outros gêneros (*Conyza*, *Eupatorium* e *Mykania*).

Tipo Ambrosia [Fig. 75]

Descrição: mônades, pequenos a médios, isopolares, radio-simétricos, prolato-esferoidais, subtriangulares em vista polar, 3-colporados (endoabertura lalongada), colpos curtos, exina caveada, columelas evidentes e ornamentação equinada, espinhos pequenos e em forma cônica (base e altura equivalentes).

Dimensões: diâmetro polar: 20-35 µm, diâmetro equatorial: 15-25 µm.

Dados ecológicos: arbustos, subarbustos ou ervas anuais e perenes. O gênero é constituído de 43 espécies da América do Norte e do Sul, com muitas espécies disseminadas no mundo como invasoras de culturas e ruderais (Karis & Ryding 1994).

Tipo Vernonia Schreb. [Fig. 76-77]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radio-simétricos, esféricos, subtriangulares em vista polar, 3-colporados (endoaberturas de difícil visualização) e ornamentação equinolofada.

Dimensões: diâmetro equatorial: 45 µm.

Dados ecológicos: ervas, arbustos ou árvores. Ocorrem e diversos ambientes, campos, banhados, capoeiras, borda e interior de matas, margens de estrada e rios (Matzenbacher & Mafioletti 1994).

Ordem Dipsacales

Família Valerianaceae

Valeriana L. [Fig. 78]

Descrição: mônades, médios, isopolares, radio-simétricos, suboblato, subtriangulares em vista polar, 3-colpados e ornamentação microequinada, espinhos finos e pequenos regularmente distribuídos.

Dimensões: diâmetro polar: 25-35 µm, diâmetro equatorial: 30-40 µm.

Dados ecológicos: são ervas anuais ou perenes, subarbustos ou arbustos eretos, decumbentes ou escandentes, com caule pouco ramificado (Barroso 1991).

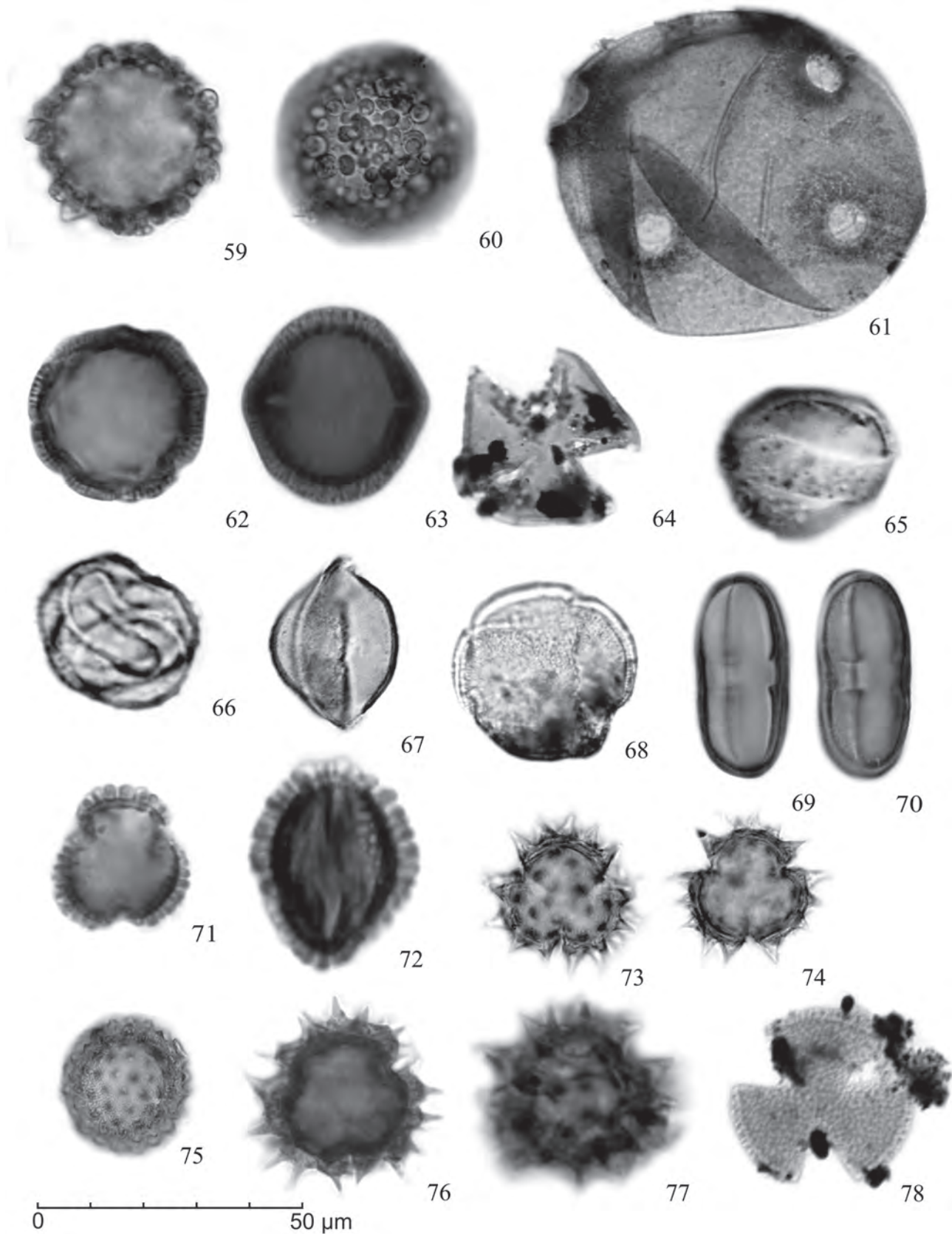


Figura 5. Fotomicrografias grão de pólen de angiospermas: 59-60. Tipo *Tournefortia* c.f.; 61. Apocynaceae; 62-63. *Spermacoce*; 64. Tipo Bignoniaceae; 65-66. *Utricularia*; 67. Tipo *Plantago*; 68. Tipo Convolvulaceae; 69-70. *Eryngium*; 71-72. *Ilex*; 73-74. Tipo Baccharis; 75. Tipo *Ambrosia*; 76-77. Tipo *Vernonia*; 78. *Valeriana*. A escala gráfica corresponde a 50 μ m.

Considerações finais

Este trabalho documenta com descrições e ilustrações 62 tipos polínicos representantes das angiospermas, constituindo o primeiro trabalho dessa natureza para o Holoceno da Planície Costeira Sul-catarinense. Dentre os dois poços analisados, verificou-se uma maior diversidade no perfil de Santa Rosa do Sul (63 táxons de angiospermas), em detrimento aos recuperados nos níveis sedimentares de São João do Sul (55 táxons de angiospermas). Os palinomorfos ausentes neste último perfil são: Tipo *Gunnera herteri*, Tipo *Drosera brevifolia*, Tipo *Phrygilanthus*, Tipo *Fuchsia regia*, Onagraceae 1, Onagraceae 2 e Onagraceae 3 e Tipo *Ambrosia*. Constituem a primeira documentação para o Holoceno da região sul do Brasil (SC), evidenciando importantes indicadores paleoambientais locais como: Tipo *Gunnera herteri* e Tipo *Drosera brevifolia*, relacionados a ambientes úmidos; Tipo *Fuchsia regia* e Tipo *Trichilia clauseni*, como árvores de grande porte e formas morfológicas representadas por Onagraceae 1 e Onagraceae 2.

Alguns tipos morfológicos registrados pelos autores são ocorrentes na região atualmente e foram destacadas nos resultados. As análises palinológicas quantitativas e interpretações paleoecológicas, bem como um levantamento botânico mais detalhado dos táxons ocorrentes no local de estudo, encontram-se em andamento por parte dos autores.

Agradecimentos

Este trabalho é parte de um estudo maior que vem sendo realizado na Planície Costeira do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, sob os auspícios da FAPERGS (processo 1012119). O primeiro autor agradece ao CNPq pela concessão da bolsa de Doutorado (processo 140924/2008-6).

Referências Bibliográficas

APG [Angiosperm Phylogeny Group] II. 2003. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* **141**: 399-436.

Backes, A. & Nardino, M. 1998. *Árvores, arbustos e algumas lianas nativas do Rio Grande do Sul*. São Leopoldo: UNISINOS.

Backes, P. & Irgang, B. 2002. *Árvores do Sul: guia de identificação e interesse ecológico*. Santa Cruz do Sul, Instituto Souza Cruz.

Backes, P. & Irgang, B. 2004a. *Mata Atlântica: as árvores e a paisagem*. Porto Alegre, Paisagens do Sul.

Backes, P. & Irgang, B. 2004b. *Árvores cultivadas no sul do Brasil: guia de identificação e interesse paisagístico das principais espécies exóticas*. Porto Alegre, Paisagem do Sul.

Barroso, G.M. 1991. *Sistemática de angiospermas do Brasil*. Viçosa: UFV vol. 3.

Barth, O.M. & Barbosa, A.F. 1972. Catálogo sistemático dos pólenes das plantas arbóreas do Brasil Meridional. XV. Myrtaceae. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* **70**: 467-495.

Barth, O.M. & Melhem, T.S. 1988. *Glossário ilustrado de palinologia*. Campinas, Unicamp.

Barth, O.M., Justo, R.L., Barros, M.A.D. 1998. Catálogo de sistemática de grãos de pólen de plantas arbóreas do Brasil meridional: XXX. Meliaceae. *Revista Brasileira de Biologia* **58**: 497-509.

Bauermann, S.G.; Neves, P.C.P.; Marques Toigo, M. & Ashraf, A.R. 2005. Evidences of Holocene transgression on Domingos Petrolí Swamp, southern coastal plain, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Geoscientific Research in Northeast Asia* **8**(1): 98-103.

Behling, H. & Negrelle, R.R.B. 2001. Tropical rain forest and climate dynamics of the Atlantic lowland, southern Brazil, during the Late Quaternary. *Quaternary Research* **56**: 383-389.

Behling, H. 1993. *Untersuchungen zur spätpleistozänen und holozänen vegetations und klimageschichte der tropischen küstenwälder in Santa Catarina (südbrasilien)*. Dissertationes Botanicae - Band 206, Berlin, Cramer.

Behling, H. 1995. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brasil: vegetation and fire history. *Journal of Paleontology* **14**: 253-268.

Behling, H. 1998. Late vegetation and climatic changes in Brazil. *Review of Paleobotany and Palynology* **99**: 143-156.

Behling, H. 2002. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **117**: 9-27.

Behling, H.; Bauermann, S.G. & Neves, P.C.P. 2001. Holocene environmental changes from the São Francisco de Paula region, southern Brazil. *Journal South American Earth Science* **14**: 631-639.

Behling, H.; Pillar, V. & Bauermann, S.G. 2004. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, inferred from a high-resolution pollen record of Cambará do Sul in southern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **203**: 277-297.

Behling, H.; Pillar, V.; Müller, S.C. & Overbeck, G. 2007. Late-Holocene fire history in a forest-grassland mosaic in southern Brazil: Implications for conservation. *Applied Vegetation Science*, **10**: 81-90.

Boldrini, I.I.; Longhi-Wagner, H.M. & Boechat, S.C. 2005. *Morfologia e Taxonomia de Gramíneas Sul-rio-grandenses*. Porto Alegre, Ed. da Universidade/UFRGS.

Burguer, W. & Huft, M. 1995. Euphorbiaceae in: Flora Costaricensis. *Fieldiana* **36**: 169.

Burjack, M.I., Marques-Toigo, M., 1980. Caracterização palinológica da Turfeira da região de águas Claras, Município de Viamão- RS, Brasil. *Bol. Instituto de Geociências* **11**: 31-189.

Burkart, A. 1979. Leguminosas - Mimosoideas. *Flora Ilustrada Catarinense*. Itajaí, (LEGU).

Cabrera, L.A. & R.M. Klein. 1975. Plantas Compostas -Tribó: Senecioneae. *Flora Ilustrada Catarinense*, Itajaí, (COMP).

Cabrera, L.A. & R.M. Klein. 1989. Plantas Compostas -Tribó: Eupatorieae. *Flora Ilustrada Catarinense*, Itajaí, (COMP).

Cancelli, R.R.; Evaldt, A.C.P.; Bauermann, S.G.; Souza, P.A.; Bordignon, S.A.L.; Matzenbacher, N. I. 2010. Catálogo palinológico de táxons da família Asteraceae Martinov, no Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* **65**(2): 201-280.

Cancelli, R.R.; Souza, P.A.; & Neves, P.C.P. 2012. Fungos, criptógamas e outros palinomorfos holocênicos (7908±30 anos AP-atual) da Planície Costeira sul-catarinense, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* **26**(1): 27-44.

Colinvaux, P.A.; De Oliveira, P.E.; Patiño, J.E.M. 1999. *Amazon Pollen Manual and Atlas - Manual e Atlas Palinológico da Amazônia*. Amsterdam: Hardwood Academic.

Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA), 1999. disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama/>. (Acesso em 10/11/2010).

Cronquist, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. New York, Columbia University Press.

De Oliveira, P.E.; Behling, H.; Ledru, M.P.; Barberi, M.; Bush, M.; Salgado-Labouriau, M.L.; Garcia, M.J.; Medeanic, S.; Barth, O.M.; Barros, M.A. & Schell-Ybert, R. 2005. Paleovegetação e paleoclimas do Quaternário do Brasil. In: Souza CRG *et al.* (Eds), *Quaternário do Brasil*, Ribeirão Preto, Holos.

Diehl, F.L. & Horn filho, N.O. 1996. Compartimentação geológica-geomorfológica da zona litorânea e planície costeira do estado de Santa Catarina. *Notas Técnicas* **9**: 90-93.

Erdtman, G. 1952. *Pollen morphology and plant taxonomy - angiosperms*. Stockholm, Almqvist & Wiksell.

Evaldt, A.C.P.; Bauermann, S.G.; Cancelli, R.R.; Acioli, M. & Neves, P.C.P. 2011. Morfologia polínica de Passifloraceae Juss. ex Kunth. no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* **9**: 75-87.

- Faegri, K. & Iversen, L. 1989. **Textbook of pollen analysis**. 4 ed. New York, John Wiley & Sons.
- Heusser, C.J. 1971. **Pollen and Spores of Chile**. Arizona, The University Arizona Press.
- Hooghiemstra, H. 1984. **Vegetational and climatic history of the high plain of bogotá, colombia: a continuous record of the last 3,5 million years**. Amsterdam, Strauss & Cramer.
- Hunziker, A.T. & N. M. Dottori. 1976. Contribución al conocimiento sobre los talas (Celtis, Ulmaceae) de Argentina, con especial referencia a La región mediterránea. I. Sobre una especie austrosudamericana y sobre otra de área disyunta. **Kurtziana** 9: 103-140.
- IBGE. 1992. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.
- Irgang, B.E. & Gastal Jr., C.V.S. 1996. **Macrófitas aquáticas da Planície Costeira do RS**. (Produção independente).
- Irgang, B.E. 1974. Flora Ilustrada do Rio Grande do Sul. Fasc IX. Umbelíferae. **Boletim do Instituto de Biociências**. Série Botânica 2: 1-86.
- Joly, A.B. 2002. **Botânica: Introdução à taxonomia vegetal**. 13 ed. São Paulo, Companhia Editora Nacional.
- Karis, P.O.; Ryding, O. 1994. Tribe Heliantheae. In: Bremer, K. (Ed.). **Asteraceae-Cladistics and Classification**. Timber Press, Portland, Oregon.
- Klein, R.M. 1978. **Flora ilustrada catarinense: mapa fitogeográfico do Estado de Santa Catarina**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, V Parte - mapa fitogeográfico.
- Leal, M.G. & Lorscheitter, M. L. 2006. Pólen, esporos e demais palinomorfos de sedimentos holocênicos de uma floresta paludosa, Encosta Inferior do Nordeste, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica 61(2): 13-47.
- Leal, M.G. & Lorscheitter, M.L. 2007. Plant succession in a forest on the Lower Northeast Slopes of Serra Geral, Rio Grande do Sul, and Holocene palaeoenvironments, Southern Brazil. **Acta Botanica Brasilica** 21(1): 1-10.
- Leonhardt, A. & Lorscheitter, M.L. 2007. Palinomorfos 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.
- Lins, D.M.T. & Baptista, L.R.M. 1990. Considerações taxonômicas sobre algumas espécies de Mimosa da série Lepidotae do Rio Grande do Sul. Pp. 196-206. In: **Anais**. Congresso Nacional de Botânica, 35. Manaus.
- Lorenzi, H. & Souza, H.M. de. 2001. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 3 ed., Nova Odessa, Instituto Plantarum.
- Lorenzi, H. 1992. **Árvores brasileiras**. Editora Plantarum, Nova Odessa.
- Lorenzi, H.; Souza, H.M. de; Costa, J.T.M.; Cerqueira, L.S.C. de & Ferreira, E. 2004. **Palmeiras Brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa, Instituto Plantarum.
- Lorscheitter, M.L. & Romero, E.J. 1985. Palynology of Quaternary sediments of the core T15, Rio Grande Cone, South Atlantic, Brazil. **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula** 3: 55-91.
- Lorscheitter, M.L. 1983. Evidences of sea oscillations of the Late Quaternary in Rio Grande do Sul, Brazil, provide by palynological studies. **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula** 1: 53-60.
- Lorscheitter, M.L. 1984. **Palinologia de sedimentos quaternários do Cone de Rio Grande**. Tese de Doutorado em Geociências, Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Lorscheitter, M.L. 1988. Palinologia de sedimentos quaternários do testemunho T15, Cone do Rio Grande, Atlântico Sul, Brasil. **Pesquisas** 21: 61-117.
- Lorscheitter, M.L. 1989. Palinologia de sedimentos quaternários do testemunho T15, Cone do 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(2): 261-271.
- Macedo, R.B.; Cancelli, R.R.; Bauermann, S.G.; Bordignon, S. A. de L. & Neves, P.C.P. das 2007. Palinologia de níveis do Holoceno da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (localidade de Passinhos), Brasil. **Gaea** 7: 68-74.
- Macedo, R.B.; Souza, P.A. & Bauermann, S.G. 2009. Catálogo de pólen, esporos e demais palinomorfos em sedimentos holocênicos de Santo Antonio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica 62(2): 43-78.
- Macedo, R.B.; Souza, P.A.; Bauermann, S.G. & Bordignon, S.A.L. 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.
- Mamede, M.C.H.; Cordeiro, I.; Rose, L.; Fiuza De Mello, M.M.da R. & Oliveira, R.D.J. 2004. Mata Atlântica. In: Marques, O.A.V.& Duleba, W. (Eds.) 2004. **Estação Ecológica Jureia-Itatins-ambiente físico, flora e fauna** 115-151.
- Marchiori, J.N.C. & Sobral, M. 1997. **Dendrologia das angiospermas: Myrtales**. Santa Maria, Ed. Universidade/UFMS.
- Marchiori, J.N.C. 1997. **Dendrologia das Angiospermas: das magnoliáceas às flacourtiáceas**. Santa Maria, Ed. Universidade/UFMS.
- Marchiori, J.N.C. 2000. **Dendrologia das Angiospermas: das bixáceas às rosáceas**. Santa Maria, Ed. Universidade/UFMS.
- Markgraf, V. & D' Antoni, H.L. 1978. **Pollen Flora of Argentina**. Arizona, The University Arizona Press.
- Matzenbacher, N.I.; Mafioletti, S.I. 1994. Estudo taxonômico do gênero *Vernonia* Schreb. (Asteraceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia – PUCRS**, Série Botânica 1(1): 1-133.
- Medeanic, S. 2006. Freshwater algal palynomorph records from Holocene deposits in the Coastal Plain of the Rio Grande do Sul, Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology** 141: 83-101.
- Moore, P.D.; Webb, J.A. & Collinson, M.E. 1991. Pollen analysis. **Blackwell Scientific Publications**.
- Neves, P. C.P. & Lorscheitter, M. L. 1996. Feições de uma Mata Tropical Paludosa em Terra de Areia, Planície Costeira Norte, Rio Grande do Sul, Brasil. **Notas técnicas II** 9(1): 28-38.
- Neves, P.C.P. & Bauermann, S.G. 2003. Catálogo palinológico de coberturas quaternárias do Estado do Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. Descrições Taxonômicas Parte - I: fungos, algas, palinomorfos outros e fragmentos de invertebrados. **Pesquisas**, Série Botânica 53: 121-149.
- Neves, P.C.P. & Bauermann, S.G. 2004. Catálogo palinológico de coberturas quaternárias do Estado do Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. Descrições Taxonômicas Parte - II: Bryophyta e Pteridophyta. **Pesquisas**, Série Botânica 55: 227-251.
- Neves, P.C.P. & Cancelli, R.R. 2006. Catálogo palinológico em sedimentos do final do Neógeno no Estado do Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. Taxonomia Parte - IV: Magnoliophyta I (Magnoliopsida). **Gaea** 2(2): 75-89.
- Neves, P.C.P. & Lorscheitter, M.L. 1992. Palinologia de sedimentos de uma Mata tropical paludosa em Terra de Areia, Rio Grande do Sul, Brasil. Descrições taxonômicas, Parte I: Fungos, algas, briófitos, pteridófitos, palinomorfos outros e fragmentos de invertebrados. **Acta Geológica Leopoldensia** 15(36): 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 Geológica Leopoldensia** 18(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.
- Neves, P.C.P. 1991. **Palinologia de sedimentos de uma Mata tropical paludosa em Terra de Areia, Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado Geociências, Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Neves, P.C.P. 1998. **Palinologia de sedimentos quaternários no estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Guaíba e Capão do Leão**. Programa de Pós-graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tese de doutorado.
- Nimer, E. 1979. **Climatologia do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro.
- Punt, W.; Blackmore, S.; Nilsson, S. & Thomas, A. 2007. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Palaeobotany and Palynology** 143: 1-81.

- Quadros, L.P. & Melo, J.H.G. 1987. Método prático de preparação palinológica em sedimentos do Pré-Mesozóico. **Boletim de Geociências da PETROBRAS** 1: 205-214.
- Rambo, B. 1956. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. Selbach.
- Reimer, P.J.; et al. 2009. "IntCal09 and Marine09 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0–50,000 Years cal BP". **Radiocarbon**, 51(4): 1111-1150.
- Reitz, P. 1980. **Flora Ilustrada Catarinense: Sapindaceae**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues.
- Reitz, R., 1961. Vegetação da zona marítima de Santa Catarina. **Sellowiana** 13(13): 17-115.
- Reitz, R.; Klein, R.M.; & Reis, A. 1978. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura e Abastecimento.
- Reitz, R.; Klein, R.M. & Reis, A. 1988. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Corag.
- Rodrigues, R.S. 1996. **Vegetação, listagem florística e aspectos sobre a conservação do Morro do Osso, Porto Alegre, RS**. Porto Alegre, UFRGS, Monografia de Bacharelado em Botânica.
- 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(1): 69-100.
- Roubik, D.W.; Moreno, J.E. 1991. **Pollen and Spores of Barro Colorado**. St. Louis, Missouri Botanical Garden.
- Salgado-Labouriau, M.L. 1973. **Contribuição à palinologia dos cerrados**. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências.
- Scheel, R., Ybert, J.P. & Barth, O.M. 1996. Pollen morphology of the Boraginaceae from Santa Catarina State (southern Brazil), with comments on the taxonomy of the family. **Grana** 35: 138-153.
- 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 Brasílica** 22: 131-144.
- Schultz, A.R. 1990. **Introdução ao estudo da botânica sistemática**. Porto Alegre, Ed. Globo.
- Smith, N.; Mori, S.; Henderson, A.; Stevenson, D.W. & Heald, S.V. 2004. **Flowering Plants of Neotropics**. Princeton, Princeton University Press.
- Sobral, M. 2003. **A família Myrtaceae no Rio Grande do Sul**. São Leopoldo, Ed. UNISINOS.
- Sobral, M.; Jarenkow, J.A.; Brack, P.; Irgang, B.; Larocca, J. & Rodrigues, R.S. 2006. **Flora arbórea e arborecente do Rio Grande do Sul, Brasil**. São Carlos, Novo Ambiente.
- Souza, V.C. & Lorenzi, H. 2008. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. 2ª Edição, Nova Odessa, Instituto Plantarum.
- Trinta, E.F. & Santos, E. 1997. **Flora Ilustrada Catarinense: Winteráceas**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues.
- Vasconcellos, J.M.O. 1973. Estudos dos gêneros de Amaranthaceae no Rio Grande do Sul. **Iheringia**, Série Botânica 18: 90-97.
- Villwock, J.A. & Tomazelli, L.J. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas** 8: 1-45.

Capítulo II. 3

**Artigo 3: HOLOCENE PALYNOLOGICAL SUCCESSION AND
PALEOENVIRONMENTAL EVOLUTION OF THE SOMBRIO LAGOON,
SOUTHERN, COASTAL PLAIN SANTA CATARINA, BRAZIL**



INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Departamento de Paleontologia e Estratigrafia
Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo

Porto Alegre, November 23, 2012.

Dear editor of *Quaternary Research*

Ref.: Manuscript “**Holocene palynological succession and paleoenvironmental evolution of the Southern Coastal Plain, Santa Catarina, Brazil**”.

We are pleased to send you the manuscript entitled above. Based on palynological data, it documents the paleoenvironment evolution from Holocene deposits placed in the southern Brazilian Coastal Plain. The palynological database of this manuscript was recently published, concerning descriptions and illustrations of Fungi and Cryptogams spores and pollen¹, as well as Angiosperm pollen². Then, this new manuscript represents the integrative and final analysis, dedicated to paleoenvironment and paleoclimate reconstructions, as a contribution for understanding the evolution of the Brazilian southern coast during the Holocene.

The manuscript is part of the PhD Thesis of the first author at the Geosciences Post-Graduate Course (UFRGS), under the coordination of Prof. Dr. Paulo A. Souza (Brazil), including Prof. Dr. Paulo Cesar Pereira das Neves as collaborator. These new data were not published yet; they constitute an original contribution, derived from the present authors.

Certainly **Quaternary Research** constitutes one of the most important journal to divulge our data, besides its tradition, world scientific qualification.

Sincerely,

Rodrigo Rodrigues Cancelli
Programa de Pós Graduação em Geociências

Prof. Dr. Paulo Alves de Souza
Orientador

Instituto de Geociências – Departamento de Paleontologia e Estratigrafia
Av. Bento Gonçalves, nº 9500 - Bloco 1 - Prédio 43127, Sala 209, CEP 91.540-000, Porto Alegre, RS, Brasil.
Tel.: +55.51.3308.7386 - Fax: 3308.7302
Email: rodrigocancelli@hotmail.com

¹ Cancelli *et al.* 2012a. *Acta Botanica Brasilica*, 26(1): 27-44.

² Cancelli *et al.* 2012b. *Acta Botanica Brasilica*, 26(4) in press.

Holocene palynological succession and paleoenvironmental evolution of the southern Coastal Plain, Santa Catarina, Brazil

Rodrigo Rodrigues Cancelli ^{a*}, Paulo Alves de Souza ^a & Paulo Cesar Pereira das Neves ^b

^a Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo. Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, UFRGS. Programa de Pós-graduação em Geociências. Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP: 91.540-000, Porto Alegre, RS, Brasil.

E-mail: rodrigocancelli@hotmail.com; paulo.alves.souza@ufrgs.br

^b Laboratório de Geologia e Mineralogia, Química Industrial, ULBRA, Canoas, RS, Brasil.

E-mail: nevespc@yahoo.com.br

Abstract

This paper presents new data on the paleoenvironmental and paleoclimatic history of southern Brazil based on analysis of palynomorphs recovered from two cores collected within paludal west of Sombrio Lake, Southern Coastal Plain, Santa Catarina state. Seven radiocarbon dates assigned Holocene ages to the sections. Interpretation of the palynological percentages and concentrations suggested three distinct paleoenvironmental phases. Phase I (early Holocene) corresponds to a typically lagoonal environment with a marine influence beginning approximately 7,900 yr BP. The Holocene transgressive maximum was identified in the cores from 5,323 to 4,582 yr BP based on the presence of palynoforaminifera and *Micrhystridium* sp., which are typically marine taxa. Phase II includes the transition interval between a lagoonal environment and a brackish marsh. Pioneering Atlantic-rainforest taxa occurred more frequently during this stage. Phase III (2,500 yr BP to the present) shows the consolidation of paludal-forest features with the addition of several species of trees, epiphytes, ferns and bryophytes characteristic of the Atlantic forest. The continuous presence of water in both cores was indicated by the occurrence of algae at varying frequencies, demonstrating the special edaphic conditions and high humidity of the site.

Keywords: Holocene, Palynology, Santa Catarina, Coastal Plain, Sombrio Lake.

1 **Introduction**

2 Climatic variations during the Late Quaternary have controlled the
3 paleoenvironmental conditions of the Brazilian coastal plain, especially in areas influenced by
4 sea-level oscillations. Palynology has contributed significantly to understanding these
5 fluctuations because palynological assemblages provide rich databases for
6 paleoenvironmental reconstructions, reflecting climate changes across time.

7 The evolutionary history of palynological data from Brazilian Quaternary deposits was
8 summarized by De Oliveira et al. (2005), who focused on the Amazon region; the Cerrado,
9 Caatinga and Pantanal areas; the Atlantic rainforest; and grasslands in the southeastern and
10 southern regions. Most studies in southern Brazil were located in Rio Grande do Sul state, as
11 summarized by Lorscheiter (2003) and Bauermann et al. (2009). Data for Paraná and Santa
12 Catarina states are scarce (Behling and Negrelle, 2001; Amaral et al., 2012; De Oliveira et al.,
13 2012).

14 The study area is located within the Atlantic rainforest, the second-largest rainforest in
15 area and importance in South America. This Brazilian biome was originally distributed across
16 the Atlantic coastal plain but has been reduced to fragments composed of dense tree
17 communities interspersed with multiple tree, shrub and herb strata. Atlantic-rainforest
18 vegetation is dominated by Magnoliopsida (mainly Myrtaceae, Leguminosae, Rubiaceae,
19 Melastomataceae, Lauraceae and Annonaceae) and Liliopsida. The forest contains an
20 extraordinary density of epiphytes, which include representatives of the families
21 Bromeliaceae, Orchidaceae, Araceae, Arecaceae, Piperaceae, Gesneriaceae, Cactaceae and
22 several fern families. Many woody lianas are also present (Klein, 1978).

23 According to several authors, the coastal plain of Rio Grande do Sul and Santa
24 Catarina states in southern Brazil preserves important records of Quaternary climatic changes
25 because it has been directly affected by sea-level oscillations and by the sediment supply
26 (Villwock and Tomazelli, 1995; Angulo et al., 2006; Suguio, 2010). During marine-

27 transgression phases, restricted bays and mangroves developed in the coastal areas of Santa
28 Catarina state, controlling the vegetational distribution.

29 This paper provides data for paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction in
30 the Southern Coastal Plain of Santa Catarina state based on palynological analyses of two
31 Holocene cores collected from Santa Rosa do Sul and São João do Sul municipalities and
32 calibrated by radiocarbon dating.

33

34 **GEOLOGICAL SETTING**

35 The study area is located within the onshore portion of the Pelotas Basin on the
36 southern Brazilian continental margin (Villwock and Tomazelli, 1995). This basin extends
37 over 210,000 km² between 28° and 34° S to a water depth of 2,000 m, with an emergent area
38 of approximately 40,000 km² (Kowsmann *et al.*, 1974; Rosa, 2007). Its northern boundary
39 with the Santos Basin is located at the “Florianópolis High”, while its southern boundary is
40 defined by the border with Uruguay, where this basin is named the Cuenca Punta del Este
41 Basin (Ucha *et al.*, 2003).

42 According to available cartographic maps (IBGE, 1981a, 1981b), 10 lithostratigraphic
43 units are exposed in the area around the Santa Rosa do Sul and Praia Grande municipalities.
44 From oldest to youngest these units are (1) the Serra Geral Formation, (2) the Botucatu
45 Formation, (3) colluvial deposits, (4) alluvial-fan deposits, (5) alluvial deposits, (6) Upper
46 Pleistocene lagoon deposits, (7) Upper Pleistocene eolian deposits, (8) Holocene lagoon
47 deposits, (9) paludal deposits and (10) anthropic deposits.

48 The basement is represented by the Botucatu and Serra Geral formations, which
49 outcrop in the northern and western highland sectors. The continental-system deposits
50 (colluvial, alluvial-fan and alluvial deposits) are associated with the slopes of the basement.
51 The geological evolution of the Southern Coastal Plain of Santa Catarina is similar and
52 correlates with the geological succession documented in the Northern Coastal Plain of Rio

53 Grande do Sul state (Horn Filho et al., 2008). This area comprises four barrier-lagoon systems
54 that developed during the Quaternary; the first three are Pleistocene and the fourth is
55 Holocene in age (Dillenburg et al., 2009). Holocene lagoonal and paludal deposits make up
56 barrier-lagoon system IV, which overlies system III and includes Sombrio Lake, terraces and
57 plains whose origin is related to transgressive and regressive processes (Horn Filho et al.,
58 2008).

59 Horn Filho et al. (2006) described seven stages of geological evolution for the study
60 area. The present study concerns stages V and VI, which comprise transgressive to regressive
61 Holocene deposits. The final stage (VII) encompasses the construction of technogenic and
62 urban deposits as well as marine beach and eolian deposits along the modern coastline.

63

64 **SAMPLES AND METHODS**

65 Cores were drilled in the deepest portion of two peat bogs located in Santa Rosa do
66 Sul (PCSC-01: 29° 10'42" S, 49° 44' 58" W) and São João do Sul (PCSC-02: 29°13'27"S,
67 49°48'06"W) municipalities, southern Santa Catarina state (Fig. 1). A Russian corer sampler
68 was used for drilling, reaching maximum depths of 570 and 270 cm for PCSC-01 and PCSC-
69 02, respectively. Sections of 50 cm in length were extracted *in situ* from both cores. The
70 sections were wrapped in plastic and aluminum foil and transported to the laboratory, where
71 they were stored at 4°C. A total of 56 samples (1 cm³) were extracted from the Santa Rosa do
72 Sul core and 26 from the São João do Sul core. Samples were spaced 10 cm apart. All
73 samples were processed according to standard pollen-analysis techniques for Quaternary
74 samples (Faegri and Iversen, 1989) using HF, HCl, KOH and acetolysis. *Lycopodium*
75 *clavatum* spores (18,584 ± 371) were added as a quantitative marker to determine pollen
76 concentration (grains/cm²) and influx (grains.cm⁻³.yr⁻¹) for each sample (Stockmarr, 1971).
77 After chemical preparation, the < 180-µm fraction was concentrated by sieving, and three
78 permanent slides of each sample were mounted using *Entellan*.

79 The total pollen assemblage included herbs, shrubs and trees. Aquatic taxa, fern and
80 moss spores and other palynomorphs were considered separately. At least 300 pollen grains
81 were counted for each sample. Pollen diagrams, cluster analyses and groupings were
82 constructed using the Tilia/Tilia*Graph and CONISS software programs (Grimm, 1987).

83 After construction of pollen diagrams and interpretation of palynological phases,
84 seven samples were taken (Table 1) and submitted to conventional radiocarbon dating by
85 accelerator mass spectrometry (AMS) at the CAIS Laboratory (Center for Applied Isotope
86 Studies, Georgia, USA).

87

88 **Figure 1.**

89

90 **Results**

91 *Lithology*

92 The PCSC-01 core (Santa Rosa do Sul) is a 570-cm section of unconsolidated
93 sediments, showing four stratigraphic zones from the base to the top. Zone I (560 to 570 cm
94 in depth) is mainly composed of massive fine and medium sands with decomposed organic
95 matter. An assemblage of calcareous fossil shells representing 13 species of mollusks
96 (gastropods and bivalves), foraminifera and ostracods also occurs at the base of the core. Zone
97 II (380 to 560 cm) consists of unstratified fine sands and decomposed organic matter. Zone III
98 (10 to 380 cm) is mainly characterized by dark muds and silts with decomposed organic
99 material, including some root remains. Zone IV (the upper 10 cm) consists of highly
100 weathered sediments, constituting the regolith (Fig. 2).

101 Unconsolidated sediments were also retrieved from the PCSC-02 core (São João do
102 Sul), which shows three stratigraphic zones from the base to the top. Zone I (120 to 260 cm in
103 depth) is mainly characterized by fine sands with decomposed organic matter. Zone II (10 to

104 120 cm) is composed of dark muds and silts with fully decomposed organic material. Zone III
105 (the upper 10 cm) consists of highly weathered sediments, constituting the regolith (Fig. 3).

106

107 *Radiocarbon dating*

108 The AMS radiocarbon-dating results and interpolated ages are presented in Table. 1.
109 The sedimentary succession recorded in both cores is entirely within the Holocene interval.
110 The youngest date, obtained from the sample PCSC-02-01 (10 cm in depth), was within the
111 Modern Age (1,850 AD).

112

113 **Table 1.**

114

115 *Pollen analysis*

116 A total of 116 palynomorph taxa were recovered and identified from the Santa Rosa
117 do Sul and São João do Sul cores, including angiosperm, gymnosperm, algal, bryophyte,
118 pteridophyte, fungal, animal, acritarch and palynoforaminifera representatives. These taxa
119 have been described and illustrated by Cancelli et al. (2012a; 2012b, no prelo). Extant species
120 observed in the region are presented in Table 2 according to growth habit. The pollen
121 diagrams (Figs. 2 and 3) show the palynomorph distributions across both cores, also grouped
122 according to growth habit, while Figs. 4a and 4b show the pollen sums of different botanical
123 groups. CONISS cluster analysis supported the recognition of three palynological phases
124 within each core. Although these three phases represent correlated vegetational events
125 recorded in the two cores, they are described separately below.

126

127 **Table 2.**

128

129 Santa Rosa do Sul core (PCSC-01)

130 *Phase I (7,900 cal yr BP - 4,200 yr BP)*

131 This phase was recognized from 19 subsamples between 380 and 570 cm in depth. It is
132 characterized by abundant herb pollen (70-85%), mainly represented by Poaceae, Cyperaceae,
133 *Baccharis* type, Caryophyllaceae and *Amaranthus*-Chenopodiaceae type. Components of the
134 Atlantic rainforest, such as *Achornea*, Arecaceae, Fabaceae, *Ilex*, *Matayba*, Melastomataceae,
135 Myrtaceae, *Sebastiania* and *Myrsine*, occur in low frequency (2%). The sum of mosses, ferns
136 and fungi does not exceed 5% in this interval. Palynoforaminifera, *Micrhystridium*,
137 *Botryococcus*, *Debarya*, *Zygnema* and *Spirogyra* complement the palynological composition
138 of this phase, with varied representation.

139

140 *Phase II (4,200 yr BP - 2,500 yr BP)*

141 This phase comprised 17 subsamples between 210 and 380 cm in depth. Compared to
142 the subjacent interval, trees and shrubs increase in frequency, especially Arecaceae, *Ilex*,
143 Iridaceae, Melastomataceae-Combretaceae, Myrtaceae and *Myrsine*, followed by *Achornea*,
144 *Agarista*, Anacardiaceae, *Celtis*, *Drimys brasiliensis*, *Matayba*, Meliaceae, *Sebastiania* and
145 *Trema micrantha*. Herbal taxa show minor variations in frequency, except Poaceae, which
146 decreases by 10-65 % in frequency, and *Vernonia* type, which reaches up to 25 % in the
147 higher levels of this phase. Epiphytes, including Bromeliaceae, Cucurbitaceae, and
148 representative species of Loranthaceae (*Tripodanthus acutifolius* and *Phrygilanthus*
149 *acutifolius*), occur for the first time in this core. Aquatic species (*Ludwigia* and *Utricularia*)
150 also occur for the first time. Mosses and ferns are more frequent than in the previous phase,
151 especially *Blechnum* type, Cyatheaceae and *Microgramma* type. Freshwater algae,
152 represented by *Botryococcus*, *Pseudoschizea rubina* and *Spirogyra*, also increase
153 substantially, as do fungal elements (spores and hyphae), which reach up to 10%.
154 Palynoforaminifera are present only in the lower levels of this phase, while acritarchs are
155 absent.

156

157 *Phase III (2,500 yr BP - 958 cal yr BP)*

158 This phase was recognized between 10 and 210 cm in depth and is mainly represented
159 by arboreal taxa: *Acalypha*, *Alchornea*, *Agarista* type, *Arecaceae*, *Cecropia*, *Celtis*, *Drimys*
160 *brasiliensis*, *Ilex*, *Melastomataceae-Combretaceae*, *Meliaceae*, *Myrtaceae*, *Myrsine*,
161 *Sebastiania*, *Trema micrantha* and *Weimania*. Herbal taxa are subordinate, making up a
162 maximum of 8% of the pollen assemblage. Epiphytes, especially *Bromeliaceae* and
163 *Cucurbitaceae*, and the aquatics *Ludwigia* and *Utricularia* progressively increase. Fungal taxa
164 are well represented, reaching up to 30-80 %. Bryophytes and pteridophytes exhibit
165 significant diversity, including *Blechnum* type, *Cyatheaceae*, *Lycopodium*, *Microgramma*
166 type, *Pecluma pectinata* type, *Polypodium*, *Selaginella* and *Sphagnum*. *Dicksonia sellowiana*
167 increases in frequency as a representative of the regional flora. No marine element was found.

168

169 **Figure 2**

170

171 São João do Sul core (PCSC-02)

172 *Phase I (7,796 ± 75 cal yr BP - 3,800 yr BP)*

173 This phase was recognized from 11 subsamples between 160 and 260 cm in depth. It is
174 marked by abundant herb pollen (70-85%), mainly represented by *Poaceae* (70%),
175 *Cyperaceae*, and *Amaranthus-Chenopodiaceae*. Components of the Atlantic rainforest, such as
176 *Alchornea*, *Myrtaceae*, *Arecaceae* and *Myrsine*, occur in low frequency; the latter three taxa
177 are well represented in subsamples 21 and 17. Ferns and mosses occur in low frequency (up to
178 4%), but they increase in frequency between samples 21 and 17, reaching up to 30%.
179 Freshwater algae are significant, occurring in all subsamples. These taxa include
180 *Botryococcus*, *Spirogyra*, *Mougeotia laetevirens* type, *Pseudoschizea rubina* and *Zygnema*.
181 *Botryococcus* is absent or represented by few specimens in the middle portion of this interval.

182 Palynoforaminifera and *Micrhystridium* also occur, especially in samples 20 and 19. Fungal
183 elements (spores and hyphae) are especially prominent in samples 22 and 21.

184

185 *Phase II (3,800 yr BP - 2,500 yr BP)*

186 This phase was recognized from four samples between 120 and 160 cm in depth. An
187 increase in the frequency of herbaceous taxa is followed by a decrease in trees and shrubs
188 (represented by Myrtaceae and *Myrsine*, with a frequency not exceeding 8%). Halophytic
189 elements, such as Poaceae (30-75%), are especially significant during this phase; Poaceae
190 pollen reaches its highest frequency and subsequently declines significantly. *Amaranthus*-
191 Chenopodiaceae pollen disappears at the end of this phase. The frequency of ferns and mosses
192 decreases significantly; these groups are mainly represented by Cyatheaceae, *Microgramma*
193 type, *Phaeoceros* and *Selaginella*. Algae, such as *Mougeotia laetevirens* type and *Spirogyra*,
194 also decrease. Samples 13 and 12 contain no marine elements. Fungi occur in the same
195 proportions in this phase as in the previous phase.

196

197 *Phase III (2,500 yr BP - Modern Age)*

198 This phase was recognized from 12 samples between 10 and 120 cm in depth. It is
199 characterized by a progressive increase in the total pollen frequency, which is mainly
200 composed of arboreal taxa (40-80%): Arecaceae, *Ilex*, *Matayba*, Melastomataceae-
201 Combretaceae, Meliaceae, Myrtaceae, and *Myrsine*. Other major elements of the Atlantic
202 rainforest, such as *Alchornea*, *Celtis*, *Drymis brasiliensis*, Iridaceae, *Mimosa*, *Sebastiania*
203 and *Trema micrantha*, are present in lower frequency. Herb pollen declines from 30 to 5%,
204 especially Poaceae, Cyperaceae and *Plantago*, while *Baccharis* type and *Vernonia* type
205 increase in frequency. Epiphytes progressively increase, especially Cucurbitaceae.
206 *Phaeoceros laevis*, *Blechnum* and *Sphagnum* also increase progressively, especially within the
207 interval from sample 12 to sample 8. Subsequently, fern and moss taxa decline to a

208 maintenance frequency not exceeding 10%, dominated by Cyatheaceae, *Microgramma* type
209 and *Pecluma pectinatifolia*. Freshwater algae decrease significantly; some are present only in
210 the lower levels of this phase (*Botryococcus*, *Pseudoschizea rubina*, *Spirogyra*). Fungal taxa
211 make up more than 10 % of the total assemblage. No marine element was found.

212

213 **Figure 3**

214

215 **Discussion**

216 The palynological diagrams showing the palynomorph percentages and concentrations
217 in cores PCSC-01 (Santa Rosa do Sul) and PCSC-02 (São João do Sul) reveal three distinct
218 paleoecological phases during the early Holocene, designated Phase I (lagoonal), Phase II
219 (transitional-swamp) and Phase III (forest development and consolidation), as described
220 below.

221

222 **Paleoenvironmental evolution**

223 Phase I [*Lagoonal*]

224 The palynological data from the lower portion of each core (PCSC-01 and PCSC-02)
225 indicate lagoonal sedimentation. Spore and pollen species reflect the local vegetation. Pollen
226 grains associated with herb-shrub vegetation predominate, especially Poaceae,
227 Chenopodiaceae-*Amaranthus*, Caryophyllaceae and Cyperaceae. Arboreal taxa are rare;
228 among these taxa, *Alchornea*, *Arecaceae*, *Ilex*, *Myrsine* and *Myrtaceae* are the most frequent.
229 Although low in frequency, these elements constitute pioneering Atlantic-rainforest taxa
230 (Loscheitter, 2003). Bryophytes and pteridophytes characteristic of herbaceous coastal
231 marshes occur at low frequency, especially *Blechnum*, *Cyatheaceae*, *Lycopodium*,
232 *Microgramma* type, *Pecluma pectinatifolia*, *Polypodium*, *Selaginella* and *Sphagnum*. This
233 vegetation most likely occurred along the borders of the lagoon.

234 Several algal species occur in this phase, especially *Botryococcus*, *Spirogyra*,
235 *Mougeotia laetevirens* type, *Pseudoschizea rubina* and *Zygnema*, with higher frequencies in
236 PCSC-02. These algal taxa have been identified in other studies of the Coastal Plain of Rio
237 Grande do Sul, and they are common elements of coastal-lagoon deposits (Medeanic et al.,
238 2010).

239 A marine influence is indicated by the occurrence of foraminiferal linings and
240 acritarchs (*Micrhystridium* sp.). These taxa are most frequent in sample 45 of PCSC-01 (5,323
241 cal yr BP) and sample 19 of PCSC-02 (4,582 cal yr BP). The progressive increase of
242 foraminiferal linings during this stage coincides with the last global sea-level maximum,
243 documented for the Brazilian coast at approximately 5,100 yr BP (Suguio, 2010; Angulo et
244 al., 2006; Giannini et al., 2007).

245 During this phase, it is also possible to detect the effects of the transgressive event on
246 the regional vegetation. These effects are most pronounced in PCSC-01 (samples 57 to 39),
247 with declining frequencies of *Arecaceae*, *Myrtaceae* and *Myrsine*, species often associated
248 with riparian woody vegetation on dunes in southern Brazil. This trend corresponds to higher
249 frequencies of marine elements (foraminifera and *Micrhystridium* sp.). *Poaceae* and
250 *Cyperaceae*, taxa likely to be better adapted to saline conditions, increased in frequency in
251 response to these changes.

252 These patterns are shared with a site in the Coastal Plain north of Santa Catarina state
253 (Volta Velha), where foraminiferal linings occurred from 12,330 ± 70 yr BP until the
254 beginning of zone VV-V, with an inferred age of 4,000 yr BP (Behling and Negrelle, 2001),
255 corresponding to Phase I in this study.

256 A marine influence has also been observed in the Jaguaruna region, which is located in
257 the south-central portion of the Coastal Plain of Santa Catarina, at approximately 5,000 yr BP.
258 This marine influence is indicated by the presence of algae and diatoms characteristic of
259 marine phytoplankton within zone A or the subtidal zone of Amaral *et al.* (2012). In Rio

260 Grande do Sul, several palynological studies have detected the transgressive event at
261 approximately 5,100 yr BP through micropaleontological indicators (dinoflagellate cysts,
262 foraminiferal linings and acritarchs) (Cordeiro, 1991; Neves, 1998; Lorcheitter and Dilleburg,
263 1998; Medeanic, 2001). Angulo et al. (2006) have reported that the maximum sea level may
264 have reached 2-5 m above the present sea level in the region of Santa Catarina.

265 A granulometric analysis of the core segments included in Phase I detected sand with
266 organic matter, deposits typical of the coastal-lagoon environment (Dillenburg et al., 2006).

267 Based on the ¹⁴C results and interpolated ages obtained from the program Tilia, the
268 sedimentation rate of PCSC-01 (0.124 cm/year) was higher than that of PCSC-02 (0.03
269 cm/year). This difference may be related to the paleotopography of the region. The
270 palynological interpretations of this phase, together with data concerning the maximum
271 marine transgression (Angulo et al., 2006), suggest that during this lagoonal phase, Sombrio
272 Lake would have occupied a preexisting depression among Pleistocene eolian dune systems
273 (Barrier III). Samples 57 and 56 of PCSC-01, corresponding to the basal portion, contain 13
274 species of calcareous shells (gastropod mollusks, bivalves, foraminifera and ostracods)
275 associated with brackish-water lagoon environments. In the Barrinha area, adjacent to the
276 sites of PCSC-01 and PCSC-02, 28 species of fossil calcareous shells (gastropod and bivalve
277 mollusks, ostracods, foraminifera and undetermined spiny echinoderms) have been identified.
278 These elements were found at levels above the current sea level. Radiocarbon dating of a
279 *Tagelus plebeius* specimen in life position revealed a calibrated age of 5,530 yr BP, an age
280 similar to that inferred here on the basis of palynomorphs for the maximum marine
281 transgression.

282 During this phase, the Sombrio and Cavera lagoons, which are located in the northern
283 portion of the study area, occupied an extensive area as a single lagoon at maximum sea level
284 (Mudat et al., 2006). From a geological perspective, Phase I corresponds to the

285 geoevolutionary stages V and VI described by Horn Filho et al. (2006), which represent the
286 Holocene maximum transgressive and regressive events.

287 Therefore, the inferred marine influence during this phase explains the occurrence of
288 taxa adapted to local conditions of higher salinity and humidity, which directly affect the
289 selection and type of vegetation. The phase is marked by a constantly changing environment,
290 suggesting the decline of vegetation in response to higher salinity, especially in the samples
291 corresponding to the maximum global sea level (Angulo et al., 2006).

292

293 Phase II [*Transitional-swamp*]

294 This phase is characterized in both cores by a decreasing marine influence and
295 progressive sedimentation of the paleolagoon between 3,800 and 2,500 yr BP. The regional
296 flora progressively increased during this phase, as indicated by the increased frequency of
297 arboreal taxa. The arboreal taxa that occupied higher positions surrounding the paleolagoon
298 remnant would have been favored by new edaphic conditions characterized by the
299 accumulation of organic matter.

300 Rapid colonization and increasing density of vegetation, with higher frequencies of
301 arboreal taxa migrating from west to east, have also been inferred by Lorscheitter (2003) in
302 the northern Coastal Plain of Rio Grande do Sul. The changing edaphic conditions due to the
303 decline in sea level favored the replacement of the predominantly herbaceous vegetation with
304 a mosaic of different successional stages in which herb-shrub vegetation became more
305 prominent.

306 The vegetative physiognomy corresponds to a brackish swamp with herbs and shrubs.
307 Similar vegetation currently occurs in swampy areas in the region, especially in moist, humid
308 depressions in early successional stages. The presence of epiphytic species (Bromeliaceae,
309 Loranthaceae and Cucurbitaceae) in the Santa Rosa do Sul core (PCSC-01) may indicate that
310 arboreal taxa were more advanced in the vegetational-succession process at that site.

311 Pollen analysis of cores PCSC-01 and PCSC-02 reveals that Phase II was an interval
312 of local transition between typical lagoon deposits and a swamp environment.

313 The evolution of this phase is documented in the PCSC-01 core, particularly by the
314 increasing frequency of herbaceous taxa (*Vernonia* and *Baccharis* types and Poaceae),
315 suggesting regression of the lagoon and advancement of vegetation on the newly exposed
316 sediment. Aquatic species, such as *Ludwigia*, also occur in this phase, indicating partial
317 desalination of the soil but ongoing humid conditions. *Alchornea*, *Arecaceae*, *Celtis*, *Drimys*
318 *brasiliensis*, *Ilex*, *Matayba*, *Melastomataceae-Combretaceae*, *Meliaceae*, *Myrtaceae*, *Myrsine*,
319 *Sebastiania* and *Trema micrantha* progressively increase in both cores. The higher
320 frequencies of these arboreal taxa during this phase indicate the beginning of forest
321 development in the area.

322 Radiocarbon dating of the basal portion of the cores taken from the eastern shore of
323 Sombrio Lake revealed an age of $3,550 \pm 30$ cal yr BP. Pollen analysis of selected samples
324 from this area showed no marine influence, indicating continental sedimentary deposition
325 after that time (Schneider, 2012). This result is consistent with the ages obtained here for the
326 cessation of marine influence in cores PCSC-01 and PCSC-02, approximately 3,800 yr BP
327 (interpolated age). A small marine ingression is also documented within this range, after
328 which taxa that indicate marine influence are no longer detected. A modest increase in the
329 frequencies of foraminiferal linings in PCSC-01 (samples 36-34) and PCSC-02 (samples 16-
330 13) indicates this new eustatic influence. A positive change in sea level was detected by
331 Angulo et al. (2006) for Santa Catarina state during the interval corresponding to these ages.

332

333 Phase III [forest consolidation]

334 This phase shows a significant increase in the frequencies of arboreal taxa, pioneering
335 components of the Atlantic rainforest in the area (Falkenberg, 1992). *Agarista* type,
336 *Alchornea*, *Arecaceae*, *Cecropia*, *Celtis*, *Drimys brasiliensis*, *Ilex*, *Melastomataceae-*

337 Combretaceae, Meliaceae, Myrtaceae, *Myrsine*, *Sebastiania*, *Trema micrantha* and
338 *Weinmannia* are the most frequent arboreal taxa during this phase.

339 Accompanying this diversity are numerous representatives of epiphytes, mosses and
340 ferns and associated spore-bearing taxa typical of forest habitats (Cancelli *et al.* 2012a, 2012b,
341 no prelo). The presence of these taxa is related to the soil-maturation process and the
342 accumulation of organic matter.

343 For both cores, the algal assemblage indicates the maintenance of humid conditions
344 like those found in swamp-forest fragments in the Coastal Plain north of Rio Grande do Sul
345 and southern Santa Catarina state.

346 Currently, these forests are arranged parallel to the coast in valleys, lowlands and
347 coastal lagoons, usually associated with rivers of the Plateau. In this case, the accumulation of
348 organic matter favored the development of a forest adapted to humid conditions and to
349 proximity to the ocean, with increasing shrub and tree frequencies. The characteristic arboreal
350 species of these formations are presented in Table 2.

351 Other authors have presented evidence of forest development following shoreline
352 regression on the Coastal Plain north of Rio Grande do Sul, such as in Terra de Areia (Neves,
353 1991), Passinhos (Macedo *et al.*, 2007), and Mata do Faxinal (Werneck and Lorscheitter,
354 2001). Lorscheitter (2003) has synthesized the relevant data for the slope from the Plateau of
355 Rio Grande do Sul and Santa Catarina to the Coastal Plain (Behling and Negrelle, 2001;
356 Amaral *et al.*, 2012).

357 In general, this interpretation is consistent with the data obtained here, which show
358 higher frequencies of arboreal elements from 3,800 yr BP onward, following shoreline
359 regression. The arrival of forest elements in the cores is closely synchronous with the marine-
360 regression event, reflecting Holocene climate changes (Lorscheitter, 2003; Amaral *et al.*,
361 2012; Oliveira *et al.*, 2012).

362 The PCSC-01 and PCSC-02 cores also document taxa that are not found in the local
363 flora, such as *Araucaria angustifolia* and *Dicksonia sellowiana* (associated with the Araucaria
364 forest and valleys of the Plateau), *Alnus* (found in the floras of the Chaco and tropical-
365 subtropical Andes) (Markgraf and D'Antoni, 1978) and *Nothofagus* (found in the Austral-
366 Antarctic region and South America) (Romero, 1977).

367

368 **Paleoclimatic implications**

369 During the Late Pleistocene, palynological data indicate a typical grassland
370 environment for the high Plateau of Rio Grande do Sul, Santa Catarina and Paraná, with
371 vegetation adapted to a drier climate and lower temperatures. This scenario favors the
372 development of taxa adapted to these conditions, thus maintaining grassland areas (Behling et
373 al., 2004). For Serra de Araçatuba, Paraná state, Behling (2007) has suggested that
374 temperatures decreased by ca. 5-7 °C after 12,300 yr BP, triggering vegetational change.

375 During the Holocene, certain periods have been characterized by higher incidence and
376 intensity of rainfall, most likely correlated with climatic and atmospheric changes (Martin et
377 al., 1993).

378 This climatic change is synchronous with the Holocene climatic optimum described by
379 Berglund (1986) and with the last sea-level maximum documented on the Brazilian coast
380 (Suguio, 2010).

381 Only in the middle Holocene, especially after 3,800 yr BP, does the palynological
382 record indicate a transition to more hot and humid conditions, with the development of
383 arboreal flora in the Coastal Plain of southern Santa Catarina state. The observed vegetational
384 development is closely related to this climatic improvement during the middle Holocene, with
385 eustatic fluctuations in sea level and positive sedimentation.

386 While Phase I is associated with marine influence on the continent, with a subsequent
387 lowering of sea level, Phases II and III indicate higher rainfall, possibly contributing to the

388 regional expansion and maintenance of humid conditions and development of arboreal
389 elements, which are favored by desalination and vegetational expansion.

390 The palynological data suggest that the dominance of certain elements of the Atlantic
391 rainforest is recent in southern Brazil, particularly in southern Santa Catarina, with the
392 expansion of these elements occurring only from the middle Holocene onward. These arboreal
393 taxa colonized the study area by migrating from the highlands to the coastal plains left by the
394 paleolagoon.

395 Our results corroborate the current understanding of the evolution of depositional
396 paleoenvironments in the Coastal Plain of southern Santa Catarina state. The relationships
397 between sedimentological and palynological evidence reflect the distribution of vegetative
398 communities by succession and diversification throughout the Holocene in response to
399 climatic improvement and its impact on the regional sea level.

400

401 **FIGURE 4**

402

403 **Concluding remarks**

404 The palynological record obtained from two peat bogs in Santa Rosa do Sul and São
405 João do Sul, Santa Catarina, southern Brazil, reveals three paleoenvironmental phases. Each
406 phase reflects different ecological and environmental conditions related to vegetational
407 succession and paleoclimatic variations. These data and inferences are summarized below.

408

409 (i) A total of 116 palynomorph taxa were identified from 57 subsamples of the Santa
410 Rosa do Sul core (PCSC-01) and 26 subsamples of the São João do Sul core
411 (PCSC-02). Radiocarbon dating revealed a maximum age of 7,900 yr BP (Table
412 2).

- 413 (ii) The predominant patterns in the vegetational record indicate three distinct phases: a
414 lagoonal phase (I), a transitional-swamp phase (II) and a forest-consolidation
415 phase (III).
- 416 (iii) The maximum transgressive sea level event is indicated in both cores by an
417 increase in marine elements within Phase I and early Phase II.
- 418 (iv) The progressive establishment of Atlantic-rainforest elements in the region
419 suggests warm conditions from ca. 3,800 yr BP (interpolated age) to the present,
420 corroborating previous palynological data from the Coastal Plain of Rio Grande do
421 Sul and Santa Catarina states showing evidence of a tropical climate in the region
422 from the late Holocene.
- 423 (v) The evolution of the coastal environment shows a relationship between
424 sedimentation and the distribution of variation in plant communities.

425

426 **Acknowledgements**

427 The authors thank the Fundação de Amparo a Pesquisa do Rio Grande do Sul
428 (Fapergs, 1012119). This paper is part of the doctoral thesis of the first author in the Post-
429 Graduate Program in Geosciences, Universidade federal do Rio Grande do Sul, supported by
430 an award from the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

431

432 **References**

433

434 Amaral, P.G.C., Giannini, P.C.F., Silvestre, F. Passeda, L.C.R. 2012. Paleoenvironmental
435 reconstruction of a Late Quaternary lagoon system in southern Brazil (Jaguaruna region,
436 Santa Catarina state) based on multi-proxy analysis. *Journal of Quaternary Science* 27, 181-
437 191.

438

439 Angulo, R.J, Lessa, G., Souza, M.C. 2006. A critical review of mid- to late-Holocene sea-
440 level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews* 25, 486-
441 506.

442

443 Bauermann, S.G., Behling, H., Macedo, R. B. 2009. Biomas regionais e evolução da
444 paisagem no Rio Grande do Sul com base em paleopalinologia.. In: Ana Maria Ribeiro;
445 Soraia Girardi Bauermann; Carolina Saldanha Scherer. (Org.). *Quaternário do Rio Grande do*
446 *Sul: Integrando Conhecimentos*. 1ed.Porto Alegre: Monografias da Sociedade Brasileira de
447 Paleontologia 1, p. 81-93.

448

449 Behling, H., Negrelle, R.B. 2001. Tropical Rain Forest and Climate Dynamics of the Atlantic
450 Lowland, Southern Brazil, during the Late Quaternary. *Quaternary Research* 56, 383–389.

451

452 Behling, H.; Pillar, V., Bauermann, S.G. 2004. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland
453 (Campos), fire and climate dynamics, inferred from a high-resolution pollen record of
454 Cambará do Sul in southern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 203,
455 277-297.

456

457 Behling, H. 2007. Late Quaternary vegetation, fire and climate dynamics of Serra do
458 Araçatuba in the Atlantic coastal mountains of Parana State, southern Brazil. *Vegetation*
459 *History and Archaeobotany* 16: 77–85.

460

461 Berglund, B.E., Ralska-Jasiewiczow, A.M., 1986. Pollen analysis and pollendiagrams. In:
462 Berglund, B.E. (Eds.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Wiley,
463 New York, pp. 455-484.

464

465 Cancelli, R.R.; Souza, P.A., Neves, P.C.P. 2012a. Fungos, criptógamas e outros palinomorfos
466 holocênicos (7908±30 anos AP-atual) da Planície Costeira sul-catarinense, Brasil. Acta
467 Botanica Brasilica 26, 27-44.
468
469 Cancelli, R.R.; Souza, P.A., Neves, P.C.P. 2012b. Grãos de pólen de angiospermas do
470 Holoceno (7908±30 anos AP-atual) da Planície Costeira sul-catarinense, Brasil. Acta
471 Botanica Brasilica 26, no prelo.
472
473 Cordeiro, S.H. 1991. Palinologia de sedimentos da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul,
474 Brasil. 212f. Dissertaciones, UFRGS, Porto Alegre.
475
476 De Oliveira, P.E., Behling, H., Ledru, M.P., Barberi, M., Bush, M., Salgado-Labouriau, M.L.,
477 Garcia, M.J., Medeanic, S., Barth, O.M., Barros, M.A., Schell-Ybert, R. 2005.
478 Paleovegetação e paleoclimas do Quaternário do Brasil. In: Souza, C.R.G., Suguio, K.,
479 Oliveira, A.M.S., De Oliveira, P.E. (Eds.), Quaternário do Brasil, Ribeirão Preto, Holos, pp.
480 52-74.
481
482 Dillenburg, S.R., Barboza, E.G., Tomazelli, L. J., Hesp, P.A., Clerot, L.C.P., Zouain, R.N.A.
483 2009. The Holocene Coastal Barriers of Rio Grande do Sul. In: Dillenburg, S. R.; Hesp, P.A.
484 (Eds.), Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil.
485 Berlin/Heidelberg: Springer 107, 53-91.
486
487 Dillenburg, S.R., Tomazelli, L.J., Barbosa, E.G., Clerot, L.C.P., Silva, D.B., Hesp, P.A. 2006.
488 Stratigraphy and evolution of a prograded transgressive dunefield barrier in southern Brazil.
489 Journal of Coastal Research 39, 131-134.
490

491 Faegri, K., Iversen, L. 1989. Textbook of pollen analysis. 4 ed., John Wiley, New York.
492

493 Falkenberg, D.B. 1992. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa
494 Catarina, sul do Brasil. *Insula* 28, 1-30.
495

496 Giannini, P.C.F., Sawakuchi, A.O., Martinho, C.T., Tatumi, S.H. 2007. Eolian depositional
497 episodes controlled by Late Quaternary relative sea level changes on the Laguna-Imbituba
498 coast, South Brazil. *Marine Geology* 237, 143-168.
499

500 Grimm, E.C. 1987. CONISS: A Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster
501 analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers & Geosciences*, 13(1):13-
502 35.
503

504 Horn Filho, N.O. 2006. Estágios de desenvolvimento costeiro no litoral da ilha de Santa
505 Catarina, Santa Catarina, Brasil. *Revista Discente Expressões Geográficas, Florianópolis* 2,
506 70-83.
507

508 Horn Filho, N.O.; Melo, A. T. de; Ribeiro, D.; Souza, D.R. de; Neves, J.; Pietro-Filho, J. E.
509 de; Mudat, J. E.; Kitahara, M. V.; Oliveira, U. R. 2008. Geologia da planície costeira da folha
510 Sombrio, Santa Catarina, Brasil. In: Silva, M. G.; Franco-Rocha, W. J. S. (Eds.), *Coletânea de*
511 *trabalhos completos do XLIII, SBG-Congresso Brasileiro de Geologia*, pp. 230-235.
512

513 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1981a. Mapa planialtimétrico da folha
514 Praia Grande – SC. Escala 1:50.000.
515

516 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1981b. Mapa planialtimétrico da folha
517 Sombrio. Escala 1:50.000.
518

519 Klein, R.M. 1978. Flora ilustrada catarinense: mapa fitogeográfico do Estado de Santa
520 Catarina. Itajaí.
521

522 Kowsmann, R.O.; Francisconi, O.; Leyden, R. 1974. Refração sísmica marinha nas bacias de
523 Pelotas, Santos Sul e na Plataforma de Torres. In: SBG-Congresso Brasileiro de Geologia,
524 28, p. 283-295.
525

526 Lorscheitter, M.L., Dillenburg, S. R. 1998. Holocene palaeoenvironments of the northern
527 coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil, reconstructed from palynology of Tramandai
528 lagoon sediments. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula 11, 73–97.
529

530 Lorscheitter, M.L. 2003. Contribution to the Holocene history of Atlantic rain forest in the
531 Rio Grande do Sul state, southern Brazil. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales
532 5, 261-271.
533

534 Macedo, R.B.; Cancelli, R.R., Bauermann, S.G., Neves, P.C.P. Das., Bordignon, S.A.De L.
535 2007. Palinologia de níveis do Holoceno da Planície Costeira do Rio Grande do Sul
536 (localidade de Passinhos), Brasil. Gaea 3, 68-74.
537

538 Markgraft, V., D'Antoni, H. 1978. Pollen Flora of Argentina. Phoenix: The University of
539 Arizona Press.
540

541 Martin, L., Fournier, M., Mourguiart, P., Sifeddine, A., Turcq, B.; Absy, M.L., Flexor, J.M.
542 1993. Southern oscillation signal in South American palaeoclimatic data of the last 7000
543 years. *Quaternary Research* 39, 338-346.
544

545 Medeanic, S., Dillenburg, S.R., Toldo-Junior, E.E. 2001. Novos dados palinológicos da
546 Transgressão Marinha Pós-Glacial em sedimentos da Laguna dos Patos, RS, Brasil. *Revista*
547 *da Universidade Guarulhos, Geociências* 6, 64-76.
548

549 Medeanic, S., Hirata, F., Dillenburg, S.R. 2010. Algal Palynomorphs Response to
550 Environmental Changes in the Tramandai Lagoon, Southern Brazil, and Climatic Oscillations
551 in the 20th Century. *Journal of Coastal Research* 26, 726-735.
552

553 Mudat, J.E.; Melo, A.T.; Ribeiro, D.; Souza, D.R.; Neves, J.; Di Pietro Filho, J.E.; Kitahara,
554 M. V.; Horn Filho, N. O.; Oliveira, U. R. 2006. Geologia e Geomorfologia costeira da Folha
555 Sombrio, SC. In: IV Simpósio Nacional de Geomorfologia, pp.1-13.
556

557 Neves, P.C.P. das. 1991. Palinologia de sedimentos de uma Mara tropical paludosa em Terra
558 de Areia, Rio Grande do Sul. *Dissertaciones, UFRGS, Rio Grande do Sul.*
559

560 Neves, P.C.P. 1998. Palinologia de sedimentos quaternários no estado do Rio Grande do Sul,
561 Brasil: Guíba e Capão do Leão. Thesis, UFRGS, Rio Grande do Sul.
562

563 Oliveira, M.A.O., Porsani, J.L, Lima, G.L., Jeske-Pieruschka, V. Behling, H. 2012. Upper
564 Pleistocene to holocene petland evolution in southern Brazilian higlands as depicted by radar
565 stratigraphy, sedimentation and palynology. *Quaterny research* 77, 397-407.
566

567 Romero, E. J. 1977. Polen de gimnospermas e fagáceas de Le formación Rio Turbio
568 (Eoceno), Santa Cruz, Argentina. Buenos Aires: FECC.
569

570 Rosa, M.L.C.C., Barboza, E.G., Tomazelli, L.J., Ayup-Zouain, R.N., Dillenburg, S.R. 2007.
571 Aplicação de Ferramentas de Visualização Tridimensional na Modelagem Geomorfológica da
572 Região Sul da Província Costeira do Rio Grande do Sul. Gravel 5, 1-10.
573

574 Schneider, P.T.H. 2012. Análise paleopalinológica de sedimentos do Quaternário sul-
575 catarinense. Monograph, Curso de Ciências Biológicas, UFRGS, Porto Alegre.
576

577 Stockmarr, J. 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. Pollen et Spores 13,
578 615-621.
579

580 Suguio, K. 2010. Geologia do quaternário e mudanças ambientais. São Paulo: Oficina de
581 Textos.
582

583 Ucha, N., De Santa Ana, H. Veroslavsky, G. 2003. La cuenca Punta del Este: geología y
584 potencial hidrocarburífero. In: Veroslavsky, G., Ibilla, M., Martínéz, S. (Eds.), Cuenca
585 Sedimentaris de Uruguay: Geología, Paleoantología y Recursos naturales: Mesozoico.
586 División Relaciones y Actividades Culturales de Facultad de Ciencias, pp. 171-190.
587

588 Villwock, J.A., Tomazelli, L.J. 1995. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. Notas
589 Técnicas 8, 1-45.
590

591 Werneck, P.B., Lorscheitter, M.L. 2001. Paleoambientes dos últimos milênios na zona da
592 Mata do Faxinal, Torres, Rio Grande do Sul, Brasil, através de um estudo de sucessão vegetal.
593 In: ABEQUA-Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário 8, p. 405-406.

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617 **Figure 1.** (a) Location map showing the general surroundings of the study area, (b) Positions
618 of the Santa Rosa do Sul (PCSC-1) and São João do Sul (PCSC-2) cores, and (c) General
619 view of a vegetation fragment in the area, dominated by *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae).

620

621 **Figure 2.** Pollen diagram percentages of the Santa Rosa do Sul core.

622

623 **Figure 3.** Pollen diagram percentages of the São João do Sul core.

624

625 **Figure 4.** Pollen diagrama summary showing the AMS radiocarbon dates, calibrate ages,
626 interpolate ages, lithology, ecological groups, sum of pollen, pollen concentration and
627 accumulation records, pollen phases and cluster analysis (CONISS); a. São João core and b.
628 Santa rosa do Sul core.

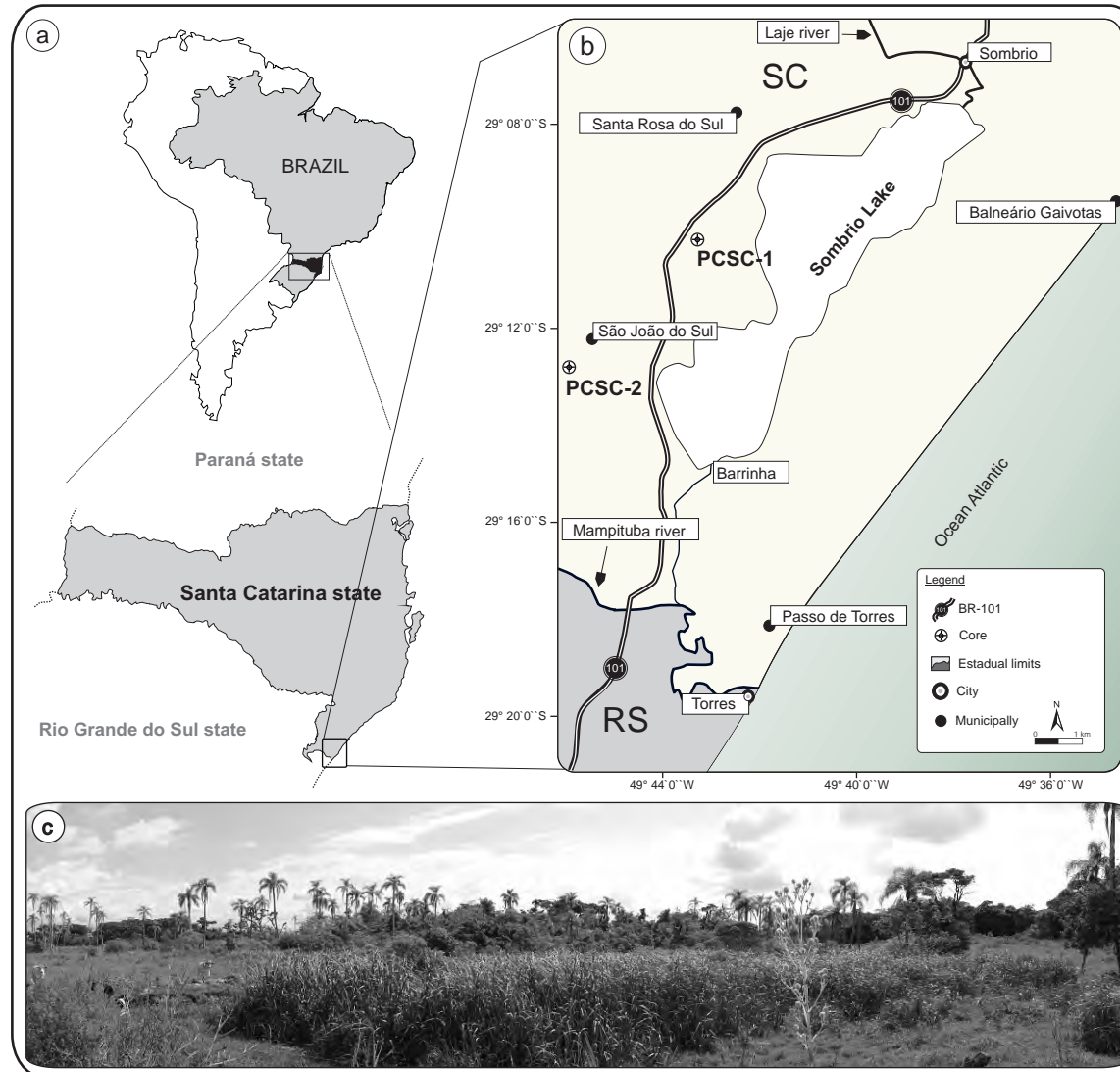
629

630 **Table 1.** Conventional AMS radiocarbon data from the Santa Rosa do Sul (PCSC-01) and
631 São João do Sul (PCSC-02) cores. (* Indicates the Modern Age).

632

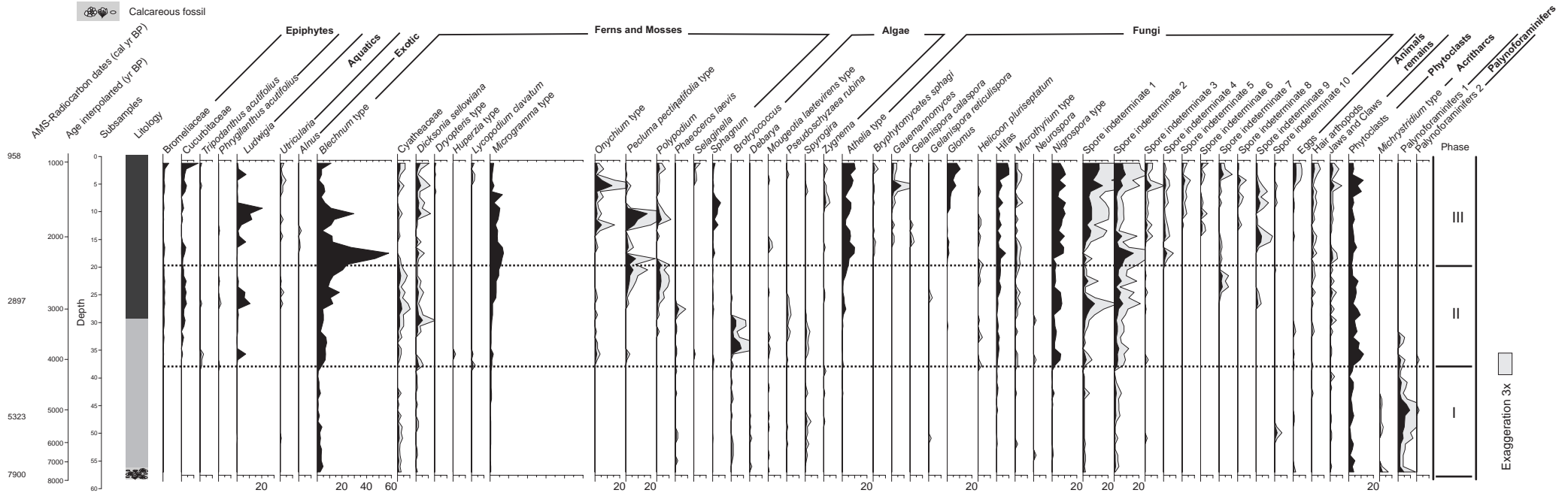
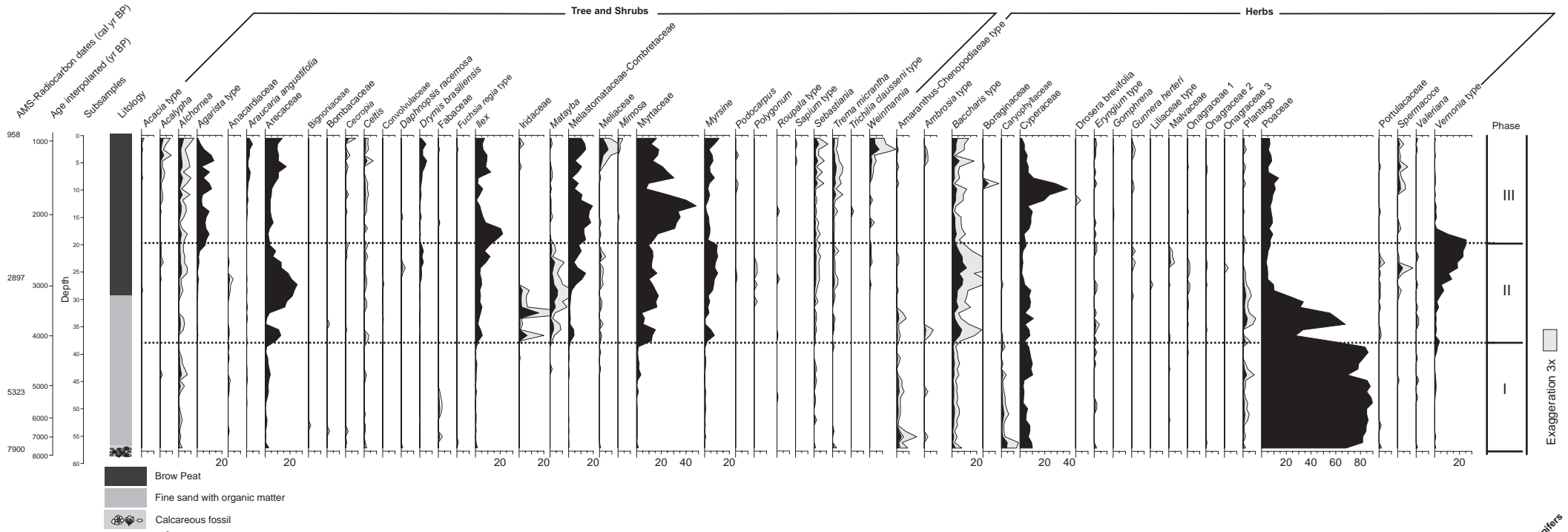
633 **Table 2.** Extant species observed in the region.

634



Lab. number	Depth (cm)	¹⁴ C age yr. BP	¹³ C/ ¹² C	¹⁴ C cal. yr. BP 2 sigma at 95.4% prob.	Med. prob.
PCSC-01-10	10	1060 ± 20	-29.5	929 - 988	958
PCSC-01-26	260	2860 ± 20	-28.6	2889 - 2905	2897
PCSC-01-48	480	4650 ± 30	-17.9	5312 - 5335	5323
PCSC-01-57	570	7070 ± 30	-17.6	7844 - 7959	7900
PCSC-02-01	10	modern age*	-28.7	*	*
PCSC-02-19	190	4150 ± 20	-25.6	4583 - 4600	4582
PCSC-02-26	260	6980 ± 30	-18.1	7720 - 7871	7796

Groups	Important species
Trees	<p>Anacardiaceae: <i>Erythroxylum</i> sp., <i>Lithraea brasiliensis</i> March., <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi; Areaceae: <i>Butia capitata</i> (Mart.) Becc., <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman; Aquifoliaceae: <i>Ilex theezans</i> Mart. Erythroxylaceae: <i>Erythroxylum argentinum</i> O. E. Schulz; Euphorbiaceae: <i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.; Fabaceae: <i>Erythrina crista-gali</i> L.; Lithraceae: <i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez.; Melastomataceae: <i>Tibouchina asperior</i> Cogn.; Myrsinaceae: <i>Myrsine parvifolia</i> A. DC.; Myrtaceae: <i>Campomanesia littoralis</i> D. Legrand, <i>Eugenia uniflora</i> L., <i>Psidium cattleianum</i> Sabine, <i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC., <i>Myrcia palustris</i> DC.; Sapindaceae: <i>Allophylus edulis</i> Radlk. ex Warm.; Thymelaeaceae: <i>Daphnopsis racemosa</i> Griseb.; Ulmaceae: <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume; Urticaceae: <i>Cecropia catharinensis</i> Cuatrec.; Winteraceae: <i>Drimys brasiliensis</i> Miers.</p>
Herbs and shrubs	<p>Apiaceae: <i>Eryngium pandanifolium</i> Cham. & Schldl.; Asteraceae: <i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.; <i>Ambrosia elatior</i> L.; <i>Baccharis trimera</i> (Less.) DC.; <i>Eupatorium</i> sp.; <i>Vernonia</i> sp.; <i>Xanthium</i> sp.; <i>Senecio brasiliensis</i> (Spreng.) Less.; <i>Solidago chilensis</i> Meyen; <i>Tagetes minuta</i> L.; <i>Elephantopus mollis</i> Kunth.; Araliaceae: <i>Hydrocotyle bonariensis</i> Lam.; Bromeliaceae: <i>Tillandsia tenuifolia</i> L.; Cyperaceae: <i>Scirpus maritimus</i> L.; Convolvulaceae: <i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) R. Br.; Fabaceae: <i>Alternanthera rosea</i> (Sw.) DC., <i>Canavalia rosea</i> (Sw.) DC.; Gunneraceae: <i>Gunnera herteri</i> Osten.; Melastomataceae: <i>Tibouchina versicolor</i> (Lindley) Cogn.; Lentibulareaceae: <i>Utricularia tricolor</i> A. St.-Hil.; Onagraceae: <i>Ludwigia</i> sp.; Orchidaceae: <i>Epidendrum fulgens</i> Brongn.; Poaceae: <i>Androtrichum trigynum</i> (Spreng.) Pfeiff.; <i>Panicum racemosum</i> Spreng.; <i>Spartina ciliata</i> Brongn.; Polygaleceae: <i>Polygala cyparissias</i> A. St.-Hill. & Moq.; Solanaceae: <i>Solanum</i> sp. Typhaceae: <i>Typha domingensis</i> Pers.; Verbenaceae: <i>Lantana camara</i> L.;</p>
Epiphytic	<p>Araceae: <i>Philodendron</i> sp.; Cactaceae: <i>Rhipsalis</i> sp.; Orchidaceae: <i>Neoregelia cruenta</i> (R. Graham) L. B. Smith); Bromeliaceae: <i>Tillandsia usneoides</i> L.; Passifloraceae: <i>Passiflora</i> sp.</p>
Ferns and mosses	<p>Blechnaceae: <i>Blechnum serrulatum</i> Rich.; Adiantaceae: <i>Dryopteris</i> sp.; Polypodiaceae: <i>Polypodium</i> sp.; Lycopodiaceae: <i>Lycopodium</i> sp.; <i>Sellaginella</i> sp.</p>



Capítulo II.4 - Análise palinológica de sedimentos superficiais da região

Neste capítulo são apresentados:

- Breve descrição sobre a fitofisionomia dos ambientes amostrados;
- Análise palinológica;
- Fotomicrografias dos palinomorfos recuperados;
- Diagramas palinológicos;

1. Análise palinológica de sedimentos superficiais da região

A identificação taxonômica dos palinomorfos contidos nas áreas amostradas auxilia na melhor compreensão sobre a deposição atual dos táxons em relação aqueles descritos para os níveis sedimentares em subsuperfície previamente estudados (Cancelli *et al.*, 2012a, b).

Com estes resultados, relevantes inferências podem ser realizadas, tais como: reconhecimento da diversidade palinológica da região, relação da fitofisionomia sob o aspecto da deposição palinológica, comparação dos palinomorfos atuais com os reconhecidos nos poços estudados, bem como, a verificação de tendências deposicionais locais e regionais.

Com isso, a interpretação dos resultados do ponto de vista paleoambiental será contemplada no capítulo III (integração dos resultados e considerações finais). Uma breve relação da fitofisionomia atual, assim como, palinomorfos verificados nos sedimentos superficiais, fotomicrografias e diagramas palinológicos dos pontos amostrados são apresentados a seguir.

1.1 Fitofisionomia e considerações sobre a deposição palinológica por ambiente

Um total de nove pontos amostrais foi considerado para a coleta e análise do conteúdo palinológico, compreendendo diferentes contextos ambientais (Fig. II.4.1). Esses ambientes foram previamente descritos por Falkenberg (1999) para o Sul de Santa Catarina, e incluem restinga herbácea, herbácea/arbustiva e arbórea, além de áreas de banhado e ambientes lagunares (Lagoa do Sombrio), bem como, ambientes em fase de regeneração (áreas antropizadas).

Paleoecologicamente, o mesmo autor descreve que todos os terrenos arenosos sul-brasileiros, formados principalmente por dunas e suaves depressões, ambas de dimensões variáveis, tiveram evolução simultânea e paralela, a partir das primeiras instalações de algumas espécies vegetais sobre as areias desnudas. Essas instalações ocorreram após a última regressão marinha holocênica (Angulo *et al.*, 2006), combinadas com a intensa ação dos fatores abióticos e o constante deslocamento de sedimentos. Estes sedimentos são eventualmente fixados pela vegetação, sendo presentemente invadidos nas áreas com vegetação mais desenvolvida por táxons da Mata Atlântica (Floresta Pluvial Tropical Atlântica).

Segundo Waechter (1985), a vegetação de restinga destas áreas se apresenta em mosaico, muitas vezes em função de gradientes locais do tipo "bem drenado - inundável - mal drenado". Pode apresentar-se também numa certa zanação, em geral, no sentido oceano-continente, aumentando a riqueza de espécies, lenhosidade e altura, com o aumento da distância do mar e a diminuição da influência da salinidade. Tais fitofisionomias podem ter-se mantido primárias (originais) ou passado a secundárias, neste último caso como resultado de processos naturais (raramente) ou, quase sempre, de intervenções humanas.

Em função da fragilidade dos ecossistemas da restinga, que podem incluir áreas ainda naturalmente desprovidas de cobertura vegetal, sua vegetação exerce papel fundamental para a estabilização dos sedimentos e manutenção da drenagem natural, bem como para a preservação da sua fauna residente e migratória. Além disso, pode também contribuir para modificar as condições pedológicas e limnológicas, sobretudo através do acúmulo de matéria orgânica em ambientes palustres (Waechter, 1990).

Levantamentos botânicos mais detalhados sobre a flora de áreas de restinga no sul do Brasil podem ser verificados em Porto & Dillenburg (1986), Dillenburg *et al.* (1992), Wacheter & Jarenkow (1998), Falkenberg (1999) e CONAMA (2010) entre outros.

A classificação da fitofisionomia que balizou a escolha das áreas amostradas para análises do ponto de vista palinológico seguiu a proposta sobre os aspectos da vegetação das restingas do sul do Brasil de Falkenberg (1999). Para tanto, são relacionados os seguintes pontos amostrais (1 a 9), pertencentes aos diferentes estágios vegetacionais reconhecidos na área: Ponto 1 (vegetação de praias e dunas frontais); Ponto 2 e 3 (vegetação de dunas internas e planícies); Ponto 5 e 6 (vegetação de lagunas, banhados); Ponto 4,7 e 8 (restinga arbórea ou mata de restinga) e Ponto 9 (vegetação antropizada). A relação taxonômica das principais espécies que caracterizam a fitofisionomia dos pontos amostrados segundo Falkenberg (1999) é apresentada com breves resultados sobre a palinologia. Os locais de amostragem dos nove pontos são ressaltados na figura II.4.1, que destaca também, as unidades geomorfológicas da região conforme Mudat *et al.* (2006). As fotomicrografias dos palinomorfos identificados são indicadas nas figuras II.4.2 a II.4.8, e se apresentam ordenadas conforme diagrama (Fig. II.4.9). O diagrama com a soma dos palinomorfos é apresentado na figura II.4.10.

Na análise palinológica dos Pontos 1-9, um total de 140 palinómorfos foram identificados, organizados e agrupados nos diagramas nas mesmas categorias ambientais descritas para os poços PCSC-01 e PCSC-02 (fungos, algas, briófitos e pteridófitos, ervas, árvores e arbustos, elementos aquáticos, epífitos, fitoclastos e outros palinómorfos). Para tanto as fitofisionomias são descritas a seguir.

2. Restinga herbáceo/subarbustiva

2.1 Vegetação de praias e dunas frontais [Fig. II.4.1, Ponto 1]

A amostra, coletada após a zona de maré, mostrou-se insuficiente para a análise palinológica, uma vez que não há palinómorfos representados para a realização de análises estatísticas, em razão de tratar-se de sedimento arenoso, o que dificulta a preservação.

Atualmente diversas espécies compõem este ambiente, dentre as quais:

- **Espécies herbáceas:** *Ipomoea pes-caprae*, *Ipomoea imperati* (Convolvulaceae); *Canavalia rosea* (Fabaceae); *Cenchrus echinatus*, *C. incertus*, *Paspalum vaginatum*, *Sporobolus virginicus*, *Stenotaphrum secundatum*, *Spartina ciliata* (Poaceae); *Senecio crassiflorus* (Asteraceae); *Hydrocotyle bonariensis* (Araliaceae); *Alternanthera marítima*, *Blutaparon portulacoides* (Amaranthaceae); *Polygala cyparissias* (Polygalaceae); *Acicarpha spathulata* (Calyceraceae); *Centella asiática* (Apiaceae); *Remirea marítima* (Cyperaceae); *Vigna luteola*, *V. longifolia* (Fabaceae); *Oxypetalum banksii*, *O. tomentosum*, *Oxypetalum* sp. (Apocynaceae).
- **Espécies subarbustivas:** *Lantana camara* (Verbenaceae); *Achyrocline* sp., *Eupatorium casarettoi*, *Noticastrum hatschbachii*, *N. psammophilum*, *N. malmei*, *Porophyllum ruderale* (Asteraceae); *Cordia curassavica* (Boraginaceae); *Sophora tomentosa*, *Dalbergia ecastaphylla*, *Desmodium tomentosum* (Fabaceae); *Scaevola plumieri* (Goodeniaceae); *Epidendrum fulgens*, *Cyrtopodium polyphyllum* (Orquidaceae); *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae); *Tibouchina urvilleana* (Melastomataceae); *Oenothera molíssima* (Onagraceae); *Smilax campestris* (Smilacaceae); *Sebastiania*

corniculata (Euphorbiaceae); *Diodia radula*, *D. apiculata* (Rubiaceae); *Vitex megapotamica* (Lamiaceae); *Aechmea* sp., *Vriesea friburgensis* (Bromeliaceae); os cactos *Cereus hildmannianus* e *Opuntia arechavaletae* (Cactaceae); *Rumohra adiantiformis* (Dryopteridaceae); *Polypodium lepidopteris* (Polypodiaceae).

2.2 Vegetação de dunas internas e planícies [Fig. II.4.1, Ponto 2 e 3]

Os pontos 2 e 3 foram coletados nas dunas fixas após a faixa de praia e duna frontal, onde a vegetação recebe menor ou nenhuma influência da salinidade marinha. A altura das plantas geralmente não ultrapassa 1,5 m.

Nos locais mais ricos em matéria orgânica, nas baixadas, os arbustos se transformam em pequenas árvores que agrupadas apresentam um aspecto de vegetação mesófila.

Destacam-se para este tipo de vegetação como flora arbórea:

- **Principais elementos da flora** (além dos citados no ambiente anterior): *Alternanthera brasiliana*, *A. moquinii* (Amaranthaceae); *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae); *Ambrosia elatior*, *Baccharis articulata*, *B. radicans*, *Senecio platensis*, *Conyza* sp., *Gamochoeta* spp., *Pterocaulon* spp. (Asteraceae); *Chenopodium* spp. (Chenopodiaceae); *Davilla rugosa* (Dilleniaceae); *Gaylussacia brasiliensis* (Ericaceae); *Cenirosema virginianum* (Fabaceae); *Plantago catharinaea* (Plantaginaceae); *Androtrichum trigynum*; *Andropogon arenarius*, *A. bicornis*, *Aristida circinalis*, *Briza subaristata*, *B. uniolae*, *B. erecta*, *Imperata brasiliensis*, *Paspalum arenarium*, *Desmodium* spp. (Poaceae); *Tibouchina versicolor* (Melastomataceae); *Cordia monosperma* (Boraginaceae).

Do ponto de vista deposicional são mais representativos nestes ambientes os palinómorfs que representam as ervas 80%, principalmente Poaceae e Cyperaceae; e os representantes das Asteraceae (tipo *Baccharis* e tipo *Senecio*). Em alta frequência ocorre *Pinus* sp., como exótico, mostrando alto grau de deslocamento anemófilo. Ocorre ainda uma gama de fungos, principalmente aqueles não determinados taxonomicamente (esporo ind. 8 e 12) além de tipo

Gauemannomycetes, *Glomus*, tipo *Nigrospora*. Táxons arbóreos não ultrapassam os 30% em sua soma e são representados modestamente por *Alchornea*, *Arecaceae*, *Celtis*, *Ilex* e *Myrtaceae*.

2.3 Vegetação de lagunas, banhados e baixadas [Fig. II.4.1, Ponto 5 e 6]

A vegetação que recobre estas formações são reconhecidas na região principalmente nas depressões, com ou sem água corrente, podendo ou não sofrer influência salina. Em locais com inundação mais permanente, predominam as macrófitos aquáticos (Irgang & Gastal Jr., 1996), emergentes ou anfíbias, mas que também ocorrem flutuantes ou submersas, ambas muitas vezes bem desenvolvidas. O porte é variável, e em regiões menos úmidas ou com inundações pouco frequentes em geral não atingem um metro; todavia algumas espécies podem atingir 1-2 m ou mais de altura. As trepadeiras são pouco frequentes, podendo atingir as mesmas dimensões.

Segundo Falkenberg (1999), os elementos mais importantes dessa flora são:

- *Drosera brevifolia*, *D. capillaris* (Droseraceae); *Utricularia tricolor*, *U. subulata*, *U. obtusa*, *U. laxa*, (Lentibulariaceae); *Paepalanthus polyanthus*, *Syngonanthus chrysanthus*, *Leiothrix flavescens*, *Eriocaulon magnificum*, *E. modestum* (Eriocaulaceae); *Juncus acutus* (Juncaceae); *Cyperus distans*, *Rhynchospora spp.* (Cyperaceae); *Polygonum spp.* (Polygalaceae); *Ludwigia spp.* (Onagraceae); *Typha domingensis* (Typhaceae); *Tibouchina asperior*, *T. trichopoda*, *Acisanthera alsinifolia* (Melastomataceae); *Sphagnum spp.* (Sphagnaceae); *Nymphoides indica* (Menyanthaceae); *Lycopodium spp.* (Lycopodiaceae); *Eichhornia crassipes*, *E. azurea* (Pontederiaceae); *Acrostichum danaeifolium* (Pteridaceae); *Fimbristylis spadicea* (Cyperaceae), *Senecio bonariensis* (Asteraceae); *Briza uniolae*, *Mayaca fluviatilis*, *Spartina alterniflora*, *S. densiflora*, *Ischaemum minus*, *Paspalum spp.*, *Panicum spp.*, *Potamogeton spp.* (Poaceae); *Eryngium pandanifolium*, *E. eburneum* (Apiaceae); *Pistia stratiotes* (Araceae); *Myriophyllum aquaticum* (Haloragaceae); *Echinodorus grandiflorus*, *E. longiscapus* (Alismataceae).

Do ponto de vista palinológico como vegetação local destacam-se tipo *Baccharis*, tipo *Senecio*, tipo *Vernonia*, Cyperaceae e Poaceae, para as ervas que perfazem 60%. Táxons arbóreos importantes e considerados pioneiros da Mata Atlântica (*Alchornea*, *Arecaceae*, *Myrtaceae* e *Ilex*) são depositados e preservados, provavelmente relacionados ao entorno destes locais onde se desenvolve uma floresta adaptada às bordas das áreas inundadas, chegando a alcançar 40% na soma total dos grãos. Ocorrem como representantes dos briófitos e pteridófitos tipo *Blechnum*, tipo *Microgramma* com destaque para *Phaeoceros laevis*. *Botryococcus aprasentam* destaque para algas principalmente no Ponto 6. Para fungos destacam-se tipo *Gauemannmycetes*, tipo *Nigrospora*, além de fungos indeterminado 8 e 24.

3. Restinga arbórea

3.1 Restinga arbórea ou mata de restinga [Fig. II.4.1, Ponto 4, 7e 8]

Três pontos foram amostrados em fragmentos de mata paludosa classificados como restinga arbóreo/arbustiva. Estes fragmentos ocorrem nas depressões, cordões arenosos, planícies e terraços arenosos, ocupando grandes extensões principalmente na borda Oeste da Lagoa do Sombrio.

A vegetação primária, ou original, apresenta fisionomia arbórea, com estratos arbustivos e herbáceo-subarbustivos geralmente bem desenvolvidos e de grande porte, variando entre 5 e 15 m, podendo haver emergentes com até 20 m. Grande biodiversidade de espécies epífitas é constatada (Waechter, 1992).

São classificadas como as principais espécies nestes ambientes:

- **Epífitas:** *Aechmea nudicaulis*, *Aechmea* spp., *Vriesea philippo-coburgii*, *V. vagans*, *V. gigantea*, *V. incurvata*, *V. carinata*, *V. flammea*, *Nidularium innocentii*, *Canistrum lindenii*, *Tillandsia usneoides*, *Tillandsia* spp. (Bromeliaceae); *Anthurium scandens*, *A. gaudichaudianum*, *Anthurium* spp., *Philodendron bipinnatifidum*, *P. imbe*, *Philodendron* spp. (Araceae); *Codonanthe devosiana*, *C. gracilis* (Gesneriaceae); *Cattleya intermedia* *Brassavola* spp., *Pleurothallis* spp. (Orchidaceae); *Rhipsalis* spp. (Cactaceae), *Polypodium* spp., *Microgramma vacciniifolia* (Polypodiaceae).

- **Trepadeiras:** *Strychnos trinervis* (Loganiaceae); *Vanilla chamissonis* (Orchidaceae); *Norantea brasiliensis*, *Marcgravia polyantha*, *Dioscorea* spp. (Marcgraviaceae); *Passiflora suberosa*, *P. capsularis*, *P. edulis*, *P. alata* (Passifloraceae); *Smilax* spp. (Smilacaceae); *Paullinia* spp. (Sapindaceae); *Forsteronia leptocarpa*, *F. rufa* (Apocynaceae); *Mutisia speciosa*, *Mendoncia puberula* (Acanthaceae); *Tetracera oblongata*, *T. sellowiana* (Dileniaceae).
- **Estrato arbóreo:** *Clusia parviflora* (Clusiaceae); *Alchornea triplinervia*, *A. iricurana* (Euphorbiaceae); *Arecastrom romanzoffianum* (Arecaceae); *Ficus organensis*, *Coussapoa microcarpa* (Moraceae); *Inga dulcis*, *I. luschnathiana*, *Pithecellobium langsdorffii* (Fabaceae); *Nectandra oppositifolia*, *N. megapotamica*, *Ocotea pulchella* (Lauraceae); *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae), *Eugenia umbelliflora*, *Psidium cattleyanum*, *Myrcia brasiliensis*, *M. rostrata*, *M. multiflora*, *M. selloi* (Myrtaceae); *Byrsonima ligustrifolia* (Malpighiaceae); *Ilex theezans*, *Ilex* spp. (Aquifoliaceae); *Pera glabrata* (Peraceae), *Gordonia fruticosa* (Theaceae); *Posoqueria latifolia* (Rubiaceae); *Sapium glandulatum* (Euphorbiaceae); *Cecropia glazioui* (Urticaceae); *Myrsine umbellata* (Primulaceae); *Guapira opposita* (Nyctaginaceae); *Tabebuia pulcherrima*, *Jacaranda puberula* (Bignoniaceae); *Ormosia arborea* (Fabaceae); *Citharexylum myrianthum* (Verbenaceae); *Pouteria lasiocarpa* (Sapotaceae); *Cupania vernalis*, *Matayba guianensis* (Sapindaceae); *Ternstroemia brasiliensis* (Pentaphylacaceae). Especialmente em solos úmidos, podem ser comuns: *Tabebuia umbellata* (Bignoniaceae); *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae); *Hibiscus tiliaceus* (Malvaceae); *Annona glabra* (Annonaceae); *Huberia semiserrata* (Melastomataceae); *Myrcia multiflora*, *M. dichrophylla* (Myrtaceae). Sub-bosque: *Geonoma schottiana*, *Bactris setosa* (Arecaceae); *Allophylus edulis* (Sapindaceae); *Esenbeckia grandiflora* (Rutaceae); *Actinostemon concolor* (Euphorbiaceae); *Ilex pseudobuxus* (Aquifoliaceae); *Erythroxylum amplifolium*, *E. argentinum*, (Erythroxylaceae); *Mollinedia* spp. (Monimiaceae); *Amaioua guianensis* (Rubiaceae); *Guarea macrophylla* (Meliaceae); *Cereus hildmannianus* (Cactaceae); *Heliconia velloziana* (Heliconiaceae); *Alsophila setosa* (Cyatheaceae); *Rumohra adiantiformis* (Adiantaceae); *Polypodium robustum*, *Polypodium* spp. (Polypodiaceae) e outras samambaias terrícolas.

Os palinórfos mais representativos nestes ambientes são aqueles identificados como arbóreos (80%), destacam-se: *Alchornea*, *Ilex*, *Myrtaceae*, *Myrsine*, *Trema micranta*, *Melastomataceae*, *Caesalpinoideae* e *Weimmania*; com diversas formas morfológicas de fungos verificados nestes ambientes. Táxons de briófitos e pteridófitos ocorrem com destaque para, *Blechnum*, tipo *Microgramma*, *Polypodium* e *Sphagnum*. Espécies de algas são representadas por *Mongeotia*, *Spirogyra* e *Zygnema*. As ervas não ultrapassam 30% e são principalmente representadas por *Poaceae*.

4. Campo com vegetação antropizada [Fig. II.4.1, Ponto 9]

A amostragem foi realizada em solo ocupado por antiga plantação de arroz abandonada e encontra-se totalmente antropizada. A vegetação que capeia é caracterizada principalmente por espécies relacionadas às famílias *Poaceae*, *Asteraceae*, *Cyperaceae* e *Apiaceae*. Ao redor desta área se desenvolve uma exuberante floresta paludial (Ponto 7).

Do ponto de vista palinológico o ambiente revelou proporções semelhantes aquelas verificadas nos pontos sob domínio da vegetação arbórea. Táxons herbáceos considerados locais perfazem 30% da amostra em contraposição aos 70% dos arbóreos. Estas proporções devem estar relacionadas a manutenção da floresta no entorno do ponto amostrado, ou mesmo, ainda os sedimentos podendo conter preservados parte da flora que ali existia.

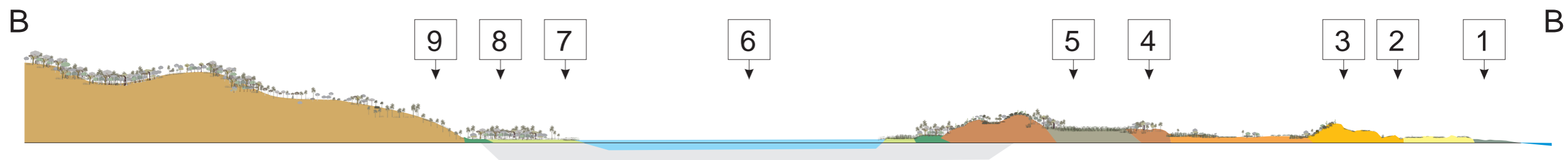
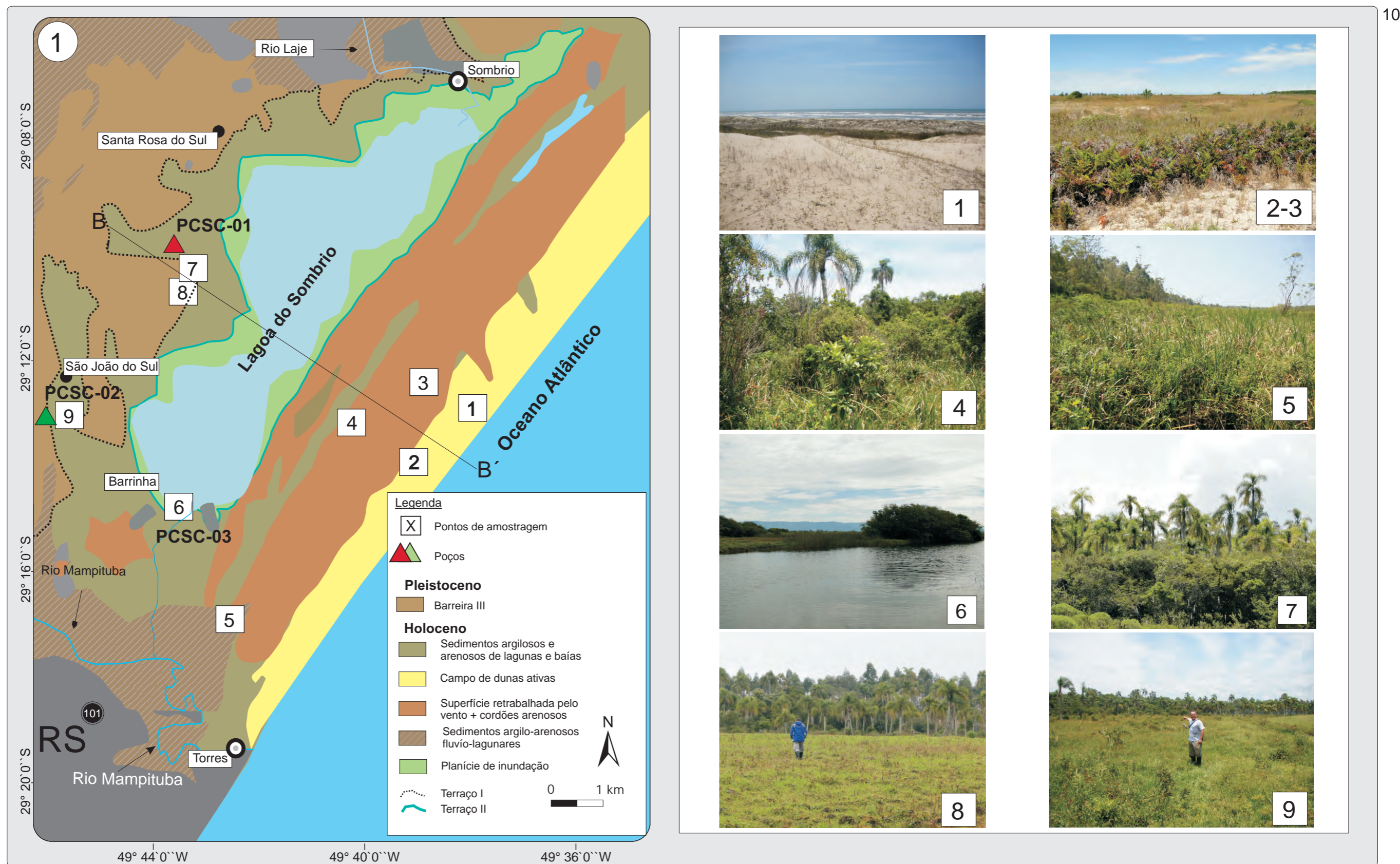


Figura II.4.1: Mapa com as localizações dos pontos amostrados para análise polínica de sedimentos superficiais alocados nas principais feições geológicas da área (modificado de Mudat *et al.*, 2006), e imagens dos locais amostrados evidenciando a distribuição dos diferentes tipos de fitofisionomia identificados na região no transecto B-B'.

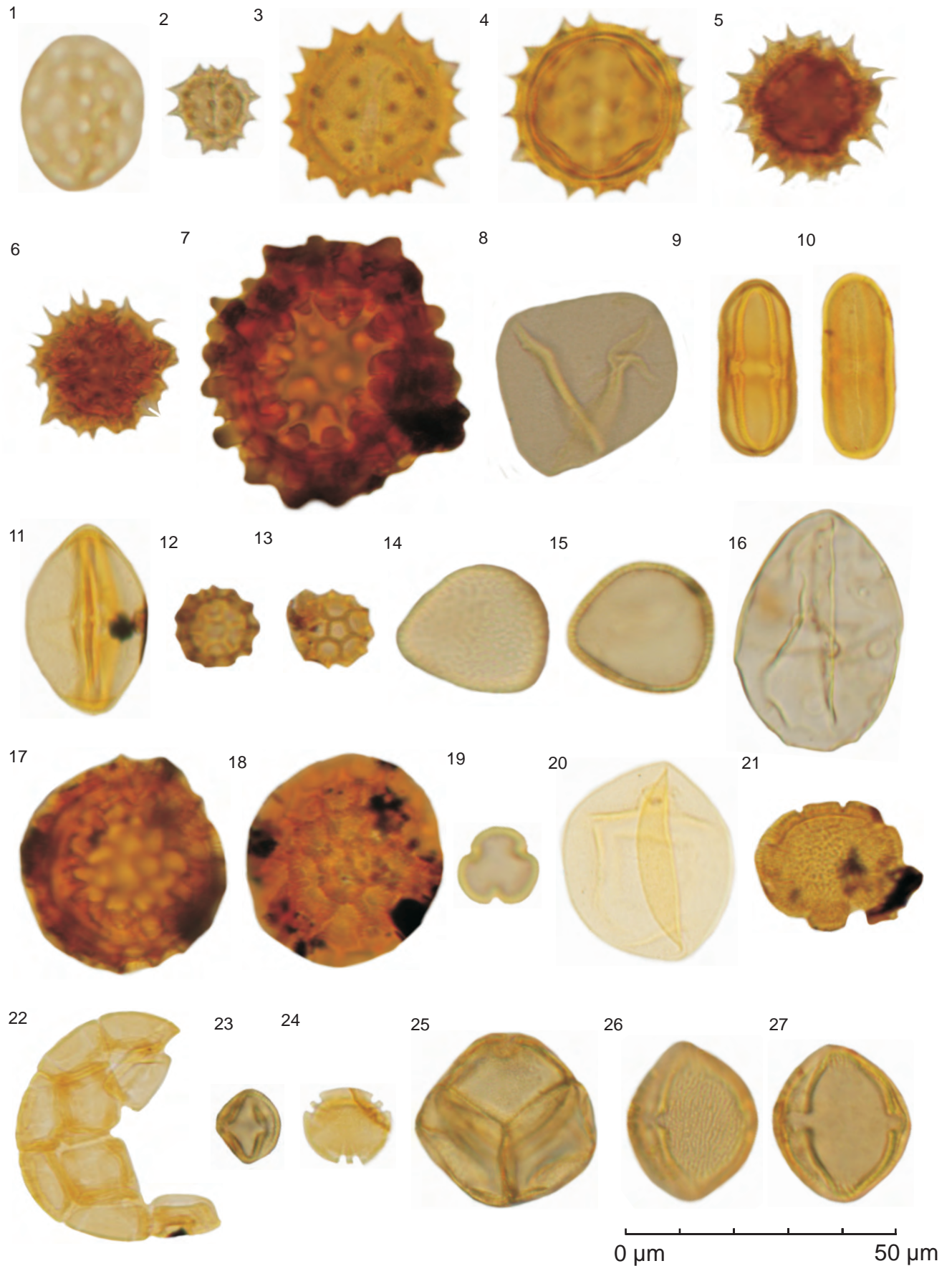


Figura II.4.2 (1 a 27). Angiospermas: 1. *Amaranthus*; 2. tipo *Baccharis*; 3-4. tipo *Senecio*; 6-5. tipo *Vernonia*; 7. Boraginaceae; 8. Cyperaceae; 9-10. *Eryngium*; 11 *Hydrocotyle*; 12-13. *Gomphrena*; 14-15. *Typha domingensis*; 16. *Juncus*; 17-18 Malvaceae; 19. Scrophulariaceae; 20. Poaceae; 21. Rubiaceae; 22 *Acacia*; 23-24. *Alchornea*; 25. *Agarista*; 26-27. Anacardiaceae. Escala gráfica de 50 μm.

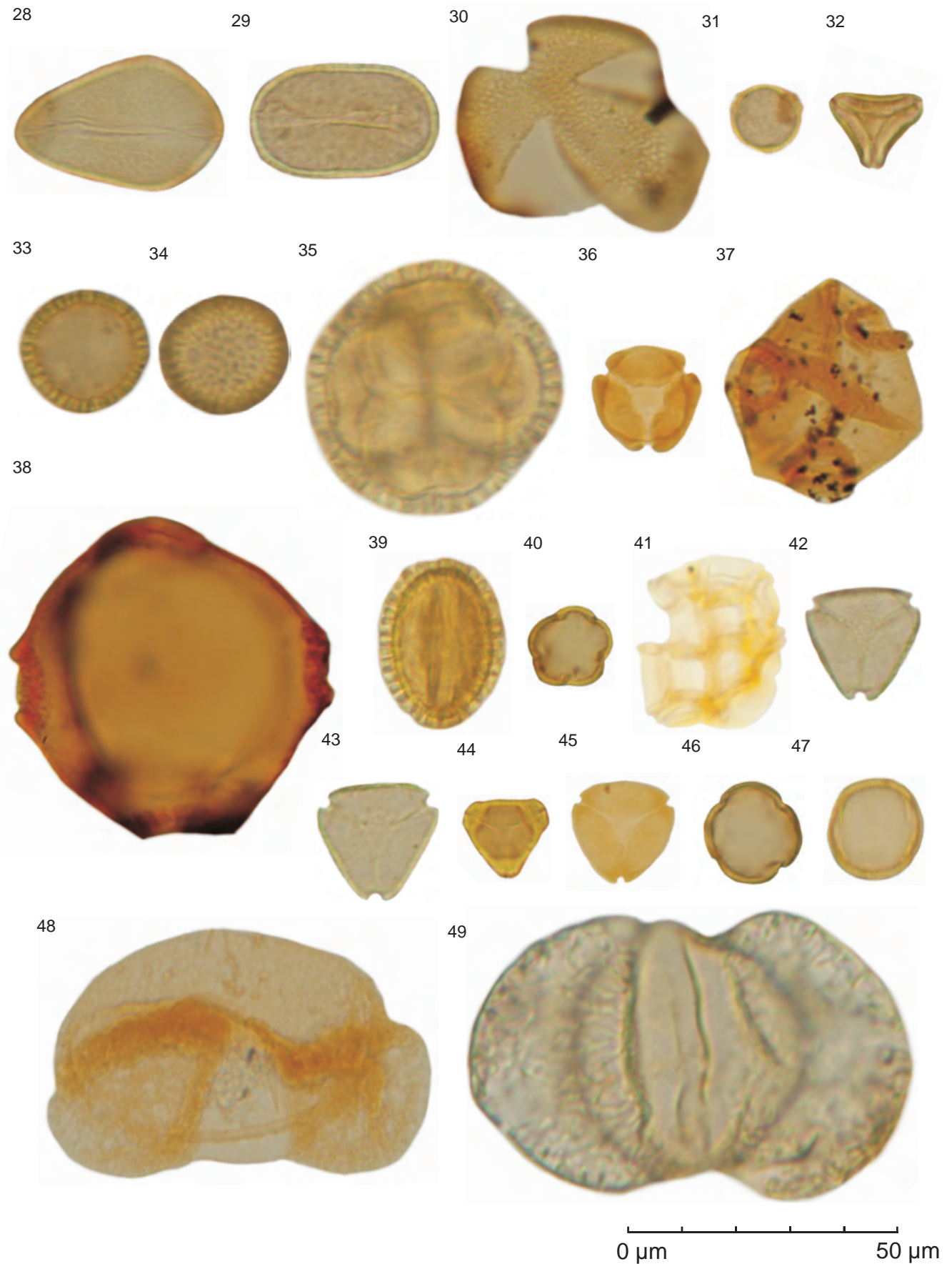


Figura II.4.3 (28 a 49). **Angiospermas:** 28. Arecaceae 1; 29. Arecaceae 2; 30. Bignoniaceae; 31. *Celtis*; 32. Sapindaceae; 33-34. *Daphnopsis racemosa*; 35. *Drymis brasiliensis*; 36. Caesalpinioideae; 37-38. Apocynaceae; 39. *Ilex*; 40. Melastomataceae; 41. *Mimosa*; 42-43. Myrtaceae 1; 44. Myrtaceae 2; 45. Myrtaceae 3; 46-47. *Myrsine*; 48-49. **Gimnospermas:** 48. *Pinus*; 49. *Podocarpus*. Escala gráfica de 50 μm .

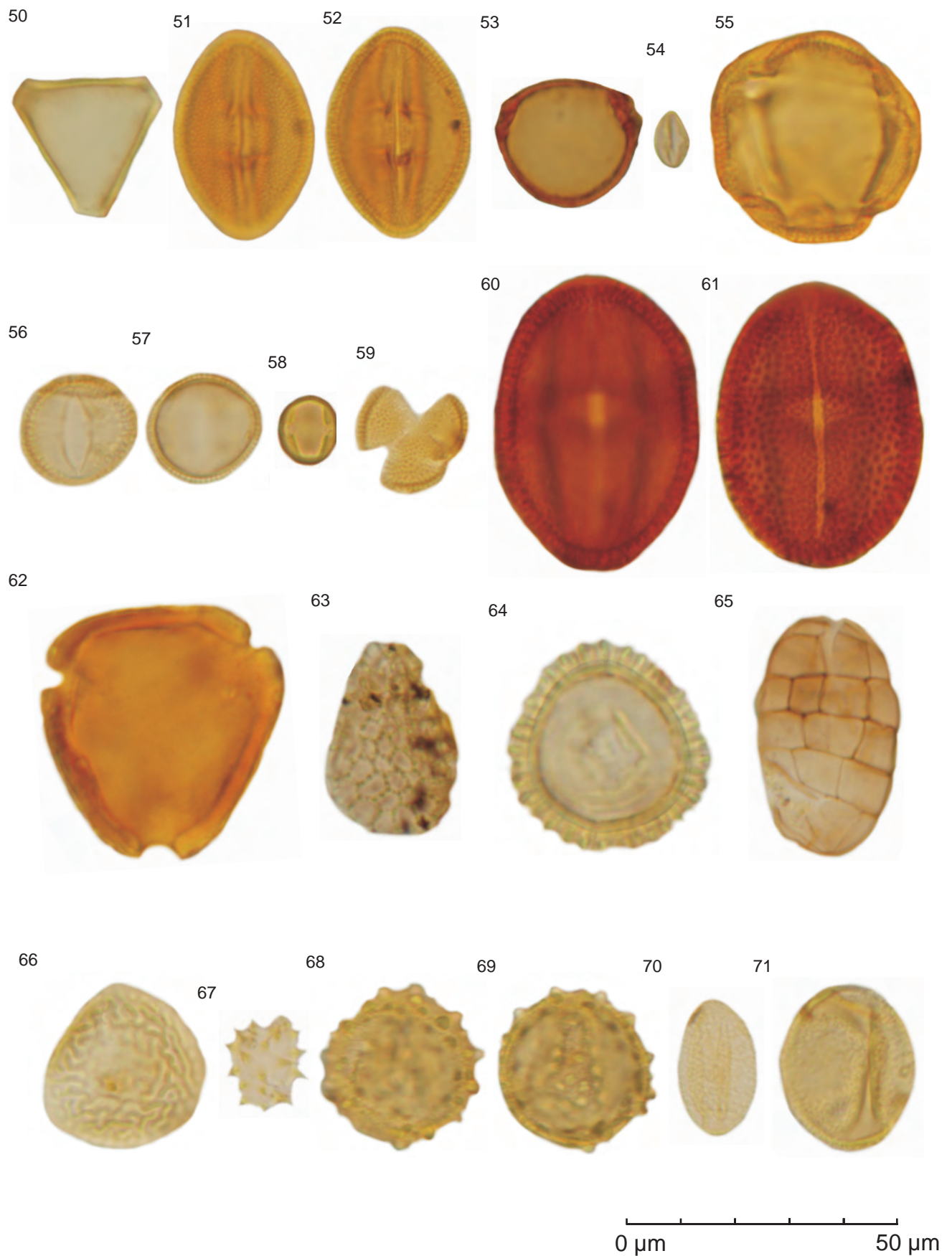


Figura II.4.4 (50 a 71). Angiospermas: 50. tipo *Roupala*; 51-52. *Sebastiania*; 53. *Trema*; 54. *Weinmannia*; 55. Ind. 1; 56-57. Ind. 2; 58. Ind. 3; 59. Ind. 4; 60-61. Ind. 5; 62. Ind. 6; 63. Ind. 7; 64. Ind. 8; 65. Ind. 9; 66. Ind. 10; 67. Ind. 11; 68-69. Ind. 12; 70. Ind. 13; 71. Ind. 14. Escala gráfica de 50 μm .

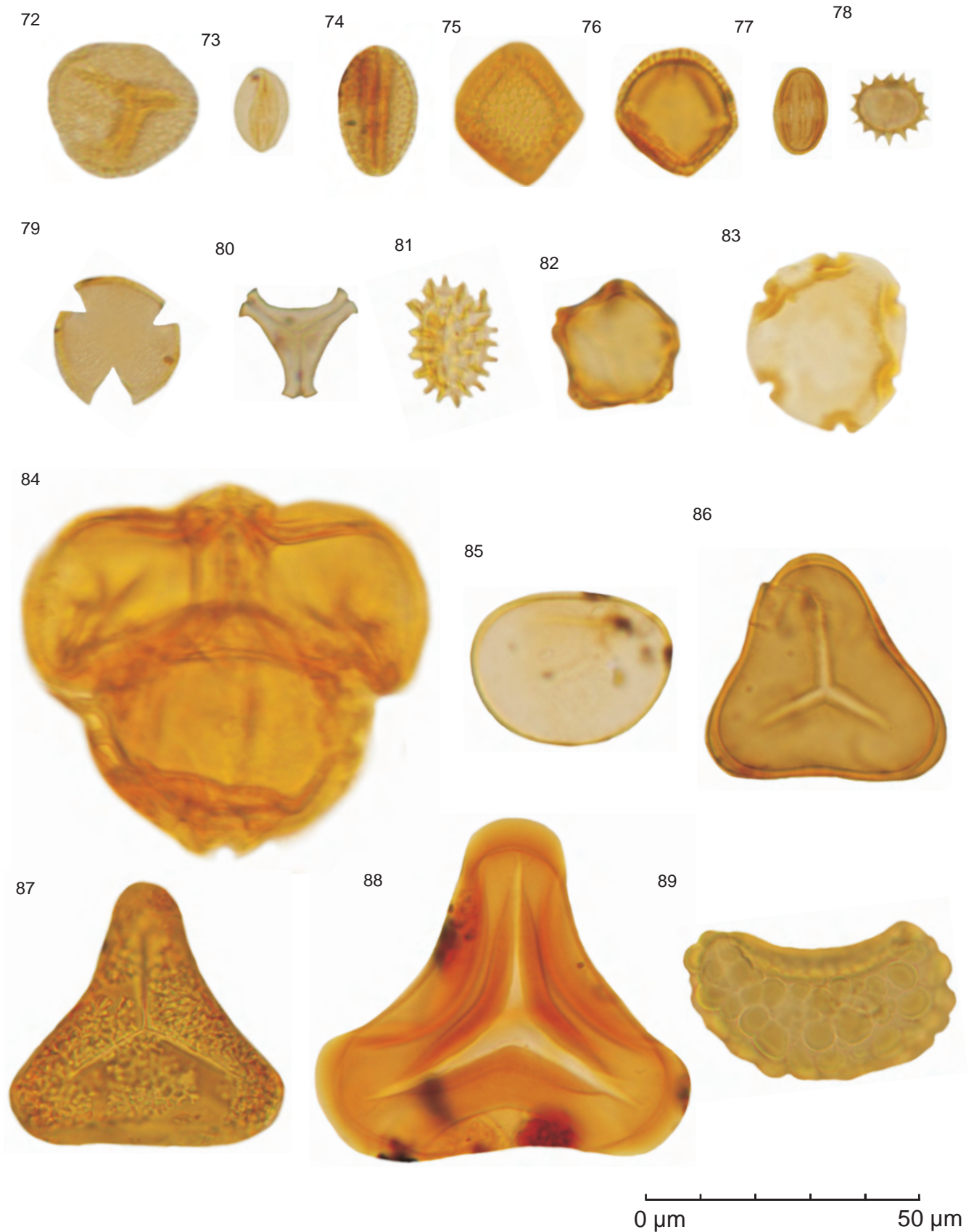


Figura II.4.5 (72 a 89). Angiospermas: 72. Ind. 15; 73. Ind. 16; 74. Ind. 17; 75-76. Ind. 18; 77. Ind. 19; 78. Ind. 20; 79. Ind. 21; 80. Loranthaceae; 81. Opérculo Passifloraceae; 82. *Alnus*; 83. *Nothofagus*; 84. *Ludwigia*; 85-89. **Pteridófitos:** 85. tipo *Blechnum*; 86. Cyatheaceae 1; 87. Cyatheaceae 2; 88. *Dicksonia sellowiana*; 89. tipo *Microgramma*. Escala gráfica de 50 μm .

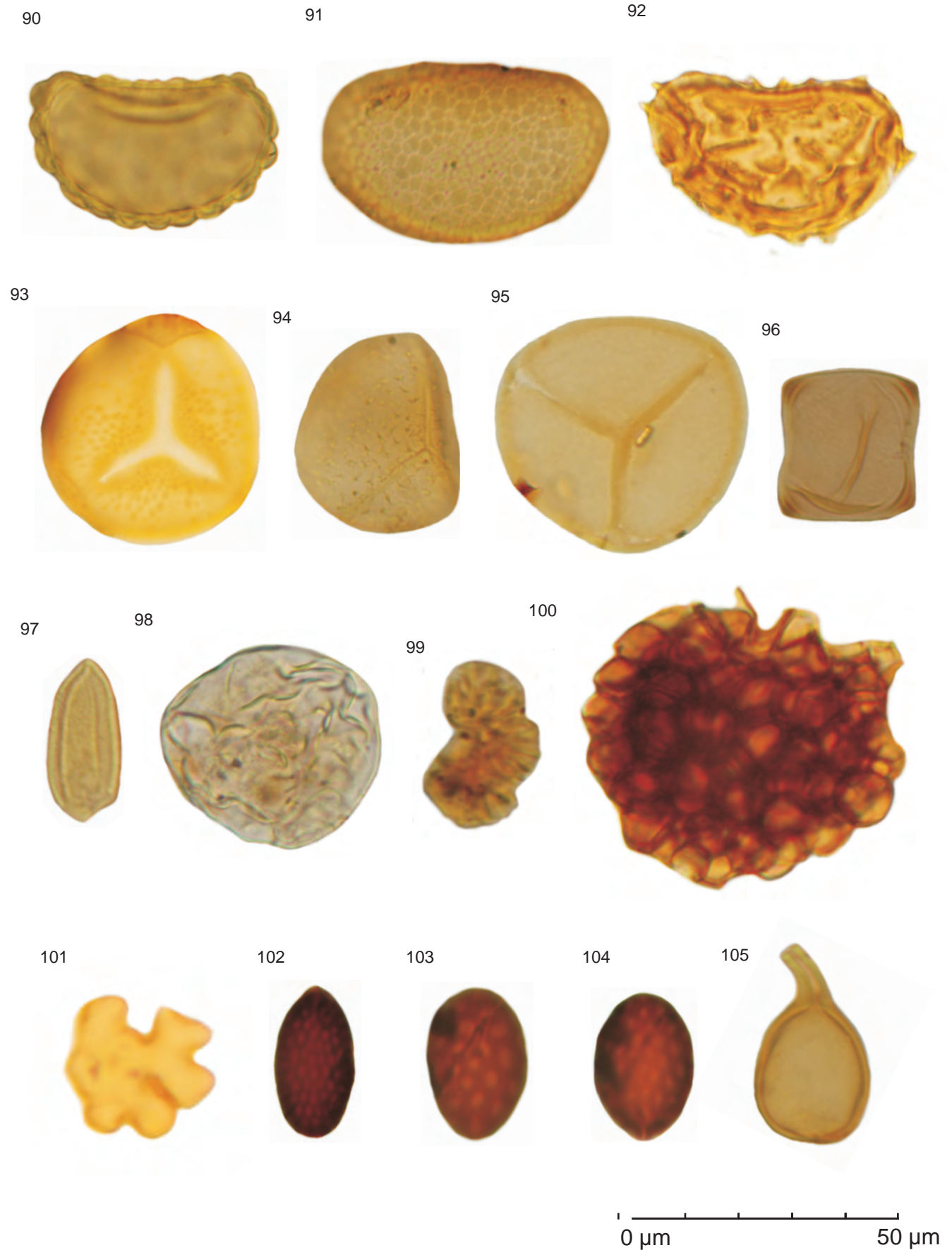


Figura II.4.6 (90 a 105). **Pteridófitos:** 90. tipo *Microgramma*; 91. *Polypodium*; 92. tipo *Dryopteris*; 93. tipo *Huperzia*; 94-95. **Briófitos:** 94. *Phaeoceros*; 95. *Sphagnum*; 96-99. **Algas:** 96. *Mougeotia*; 97. *Spirogyra*; 98. *Zygnema*; 99. *Botryococcus*; 100-105. **Fungos:** 100. tipo *Athelia*; 101. tipo *Gauemannomyces* cf. *carices*; 102. *Gelasinospora calospora*; 103-104. *Gelasinospora* cf. *reticulospora*; 105. *Glomus*. Escala gráfica de 50 μm .

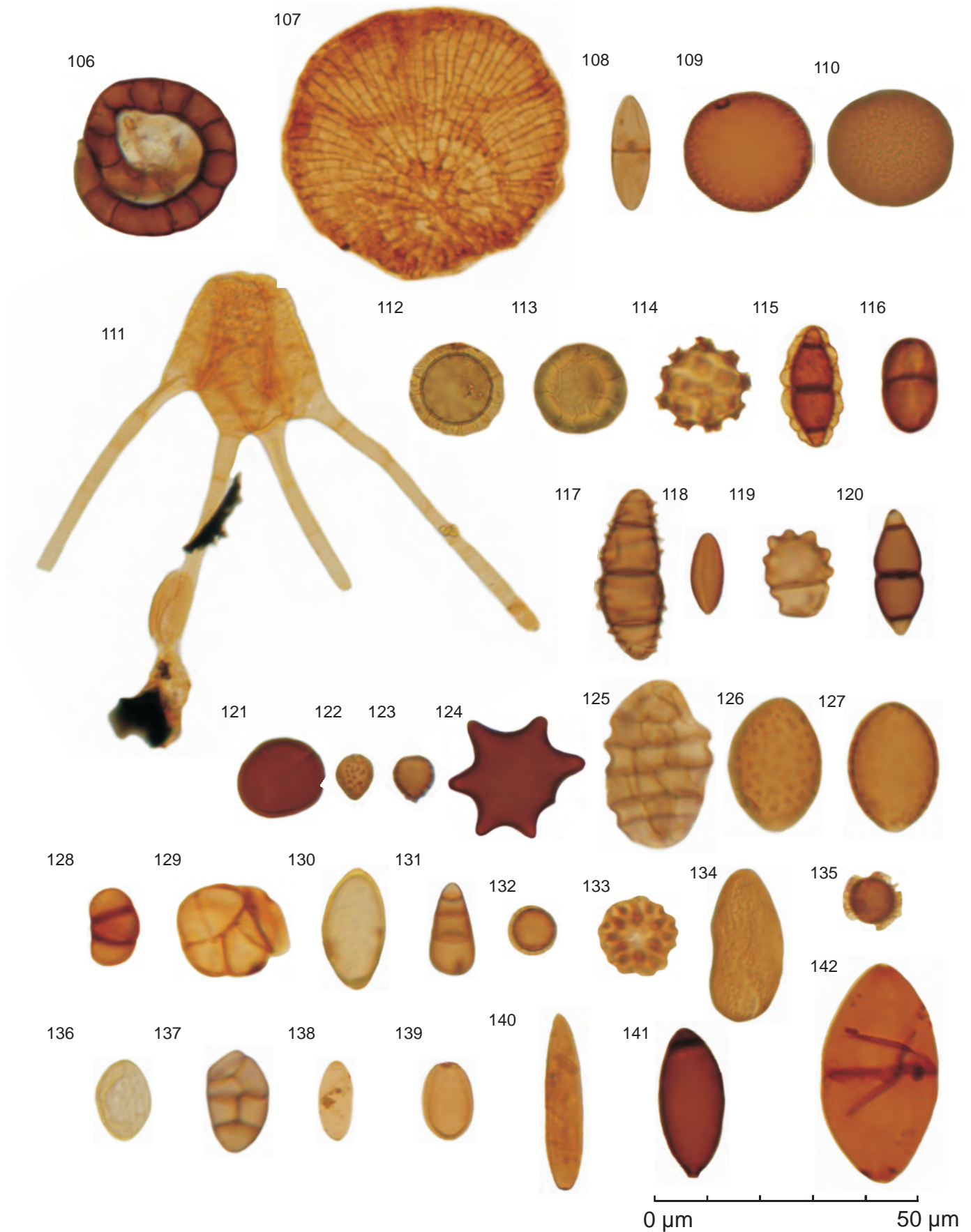


Figura II.4.7 (106 a 142): 106-142. **Fungos:** 106. tipo *Helicoon pluriseptatum*; 107. tipo *Microthyrium*; 108. *Neurospora*; 109-110. tipo *Nigrospora*; 111. *Tetraploa aristata*; 112-113. *Tilletia*; 114. Esporo indeterminado 1; 115. Esporo ind. 2; 116. Esporo ind. 3; 117. Esporo ind. 4; 118. Esporo ind. 5; 119. Esporo ind. 6; 120. Esporo ind. 7; 121. Esporo ind. 8; 122-123. Esporo ind. 9; 124. Esporo ind. 10; 125. Ind. 11; 126-127. Ind. 12; 128. Ind. 13; 129. Ind. 14; 130. Ind. 15; 131. Ind. 16; 132. Ind. 17; 133. Ind. 18; 134. Ind. 19; 135. Ind. 20; 136. Ind. 21; 137. Ind. 22; 138. Ind. 23; 139. Ind. 24; 140. Ind. 25; 141. Ind. 26; 142. Ind. 27. Escala gráfica de 50 μm .

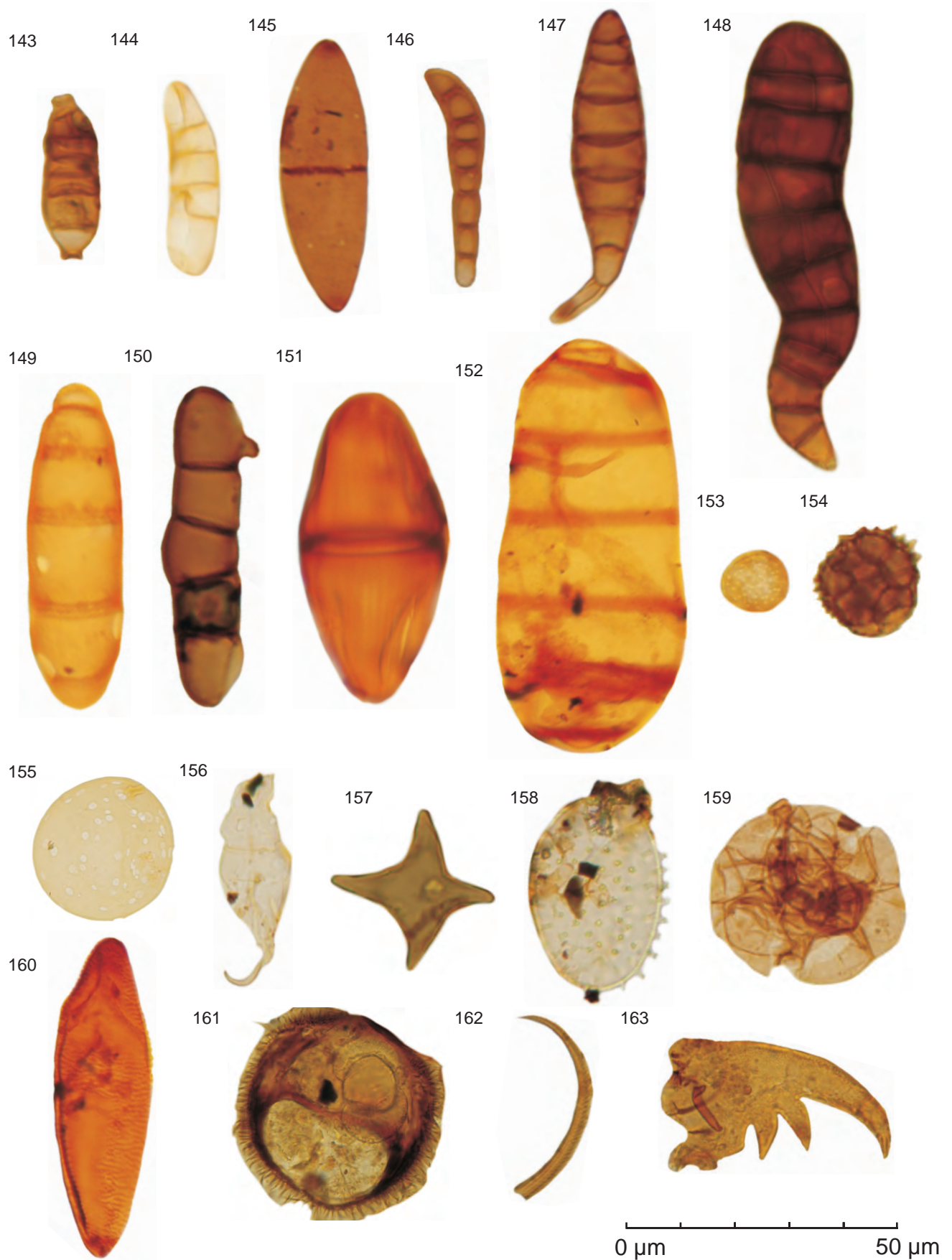


Figura II.4.8 (143 a 163). **Fungos:** 143. Ind. 28; 144. Ind. 29; 145. Ind. 30; 146. Esporo ind. 31; 147. Esporo ind.32; 148. Esporo ind. 33; 149. Esporo ind. 34; 150. Esporo ind. 35; 151. Esporo ind. 36; 152. Esporo ind. 37; 153-160. **Outros indeterminados:** 153. Forma ind. 1; 154. Forma ind. 2; 155. Forma ind. 3; 156. Forma ind. 4; 157. Forma ind. 5; 158. Forma ind. 6; 159. Forma ind. 7; 160. Forma ind. 8; 161-163. **Fragmentos de animais:** 161. Ovo de Platielmintes; 162. Pêlo de Artrópode; 163. Mandíbula de inseto. Escala gráfica de 50 μm .

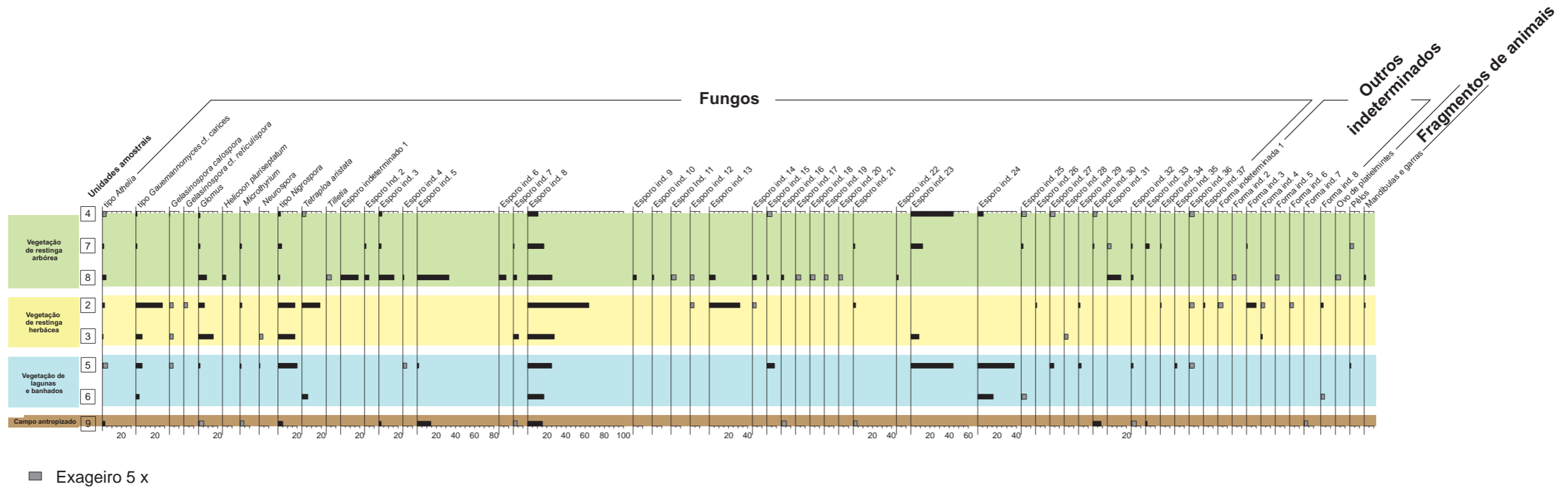
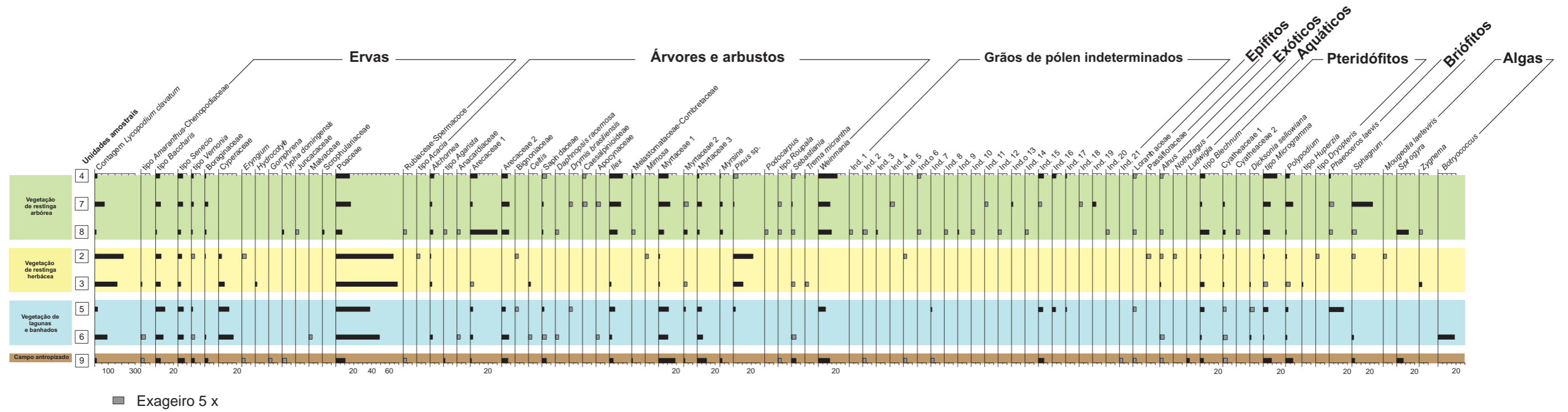


Figura II.4.9: Diagrama polínico de porcentagem contemplando os diferentes tipos vegetacionais.

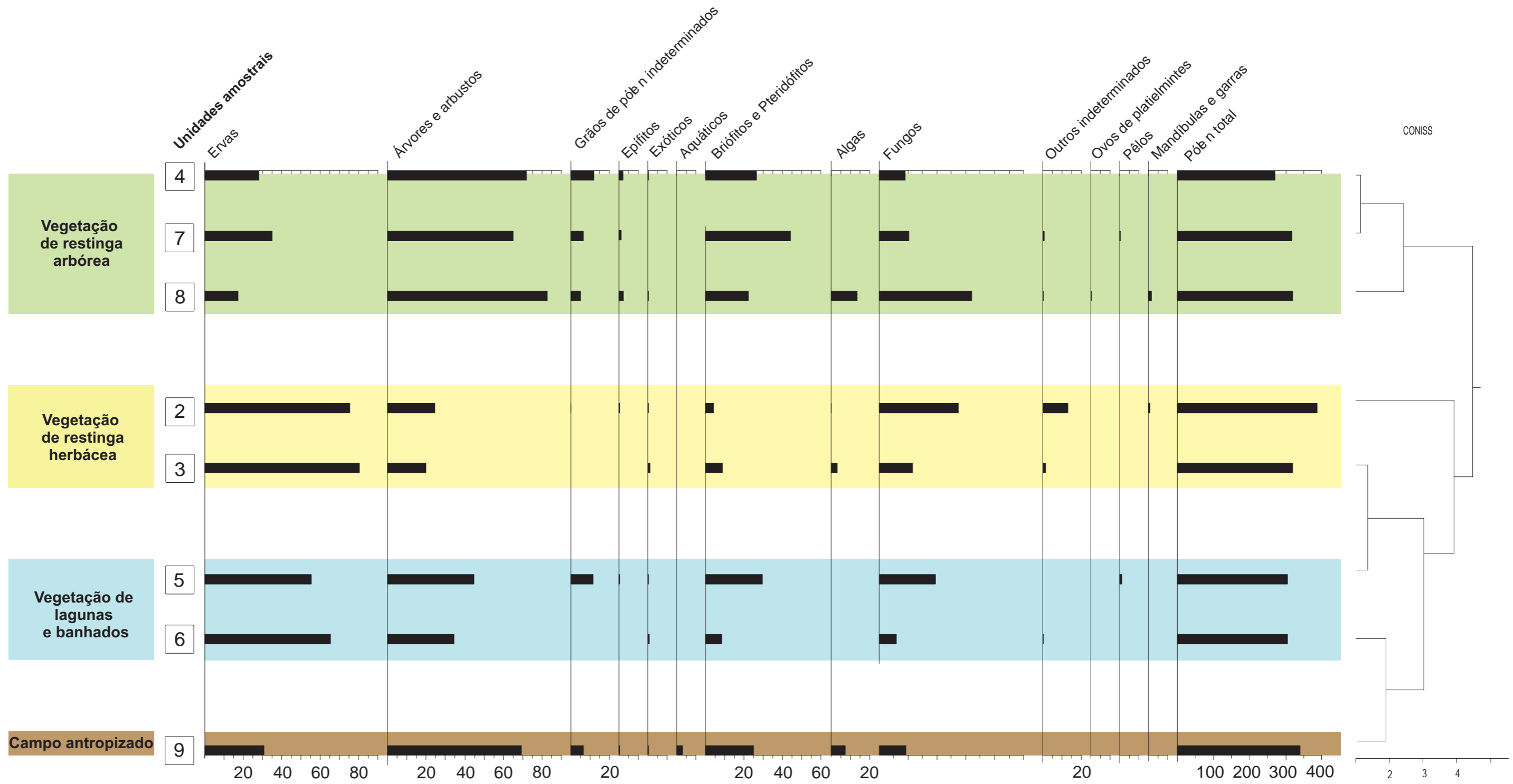


Figura II.4.10: Diagrama de soma polínica dos diferentes tipos vegetacionais.

Capítulo II.5 - Fósseis calcários e informações altimétricas

São apresentados neste capítulo:

- Breve descrição dos níveis analisados (PCSC-01 e PCSC-03);
- Informações altimétricas;
- Imagens dos fósseis identificados contemplando as diferentes formas morfológicas;

São apresentados resultados complementares a respeito da identificação de fósseis calcários em duas localidades, que representam acumulações depositadas em diferentes idades (Fig. II.5.1). Resultados altimétricos também aqui são abordados. A interpretação destas informações irá compor parte integrativa dos resultados finais, onde serão discutidos no capítulo III. Para tanto seguem as descrições dos níveis, informações altimétricas, bem como, a fotodocumentação dos fósseis identificados (Fig. II.5.2- II.5.5).

1. Poço PCSC-01 (Santa Rosa do Sul) (Fig. II.5.1a)

Na associação de fósseis calcários recuperados na porção basal do testemunho PCSC-1 (560-570 cm de profundidade), um total de 150 espécimes de carapaça calcária foi identificado. A associação é composta por 14 diferentes espécies, de três distintos grupos biológicos. Compõem esta associação oito espécies de moluscos gastrópodes, cinco bivalves, uma de ostracode e foraminífero.

O nível de procedência dos bioclastos foi datado em 7.900 anos AP (idade calibrada), relativo ao Holoceno inferior.

1.1 Caracterização da assembléia

Os bioclastos que compõem a associação registrada na base do testemunho perfazem cerca de 65 % do volume no intervalo sedimentar (amostra 57-56). A associação é composta por espécimes calcários, estruturalmente suportados por uma matriz sedimentar areno-lamosa, que ocupa os 35 % de volume restante.

1.2 Dados altimétricos do poço

O levantamento das cotas altimétricas do topo do poço PCSC-01, acusou 3,769 m acima do nível marinho atual em relação aos 5,7 m de profundidade do poço, posicionando o nível estudado (560-570 cm de

profundidade) à aproximadamente 2 m abaixo do nível marinho atual. Para o poço PCSC-02 os dados altimétricos revelaram 3,106 m acima do nível marinho atual, posicionando o poço PCSC-02 em sua totalidade acima do nível do mar.

Estes dados tiveram sua correção diferencial a partir de um *datum* (Imbituba) ficando com 95 % de confiabilidade e podendo variar de seu resultado final entre 30-50 cm.

2. PCSC-03 (Barrinha) (Fig. II.5.1a, b)

No bloco sedimentar amostrado (Fig. II.5.1e) na localidade da Barrinha foram recuperados 7094 espécimes onde foram identificadas 28 espécies de quatro distintos grupos biológicos compreendendo, 12 espécies de moluscos gastrópodes, 10 bivalves, duas de ostracodes, duas de foraminíferos, além de espinhos indeterminados de equinodermas.

A datação radiocarbônica adquirida em um espécime em posição de vida, *Tagelus plebeius* (Fig. II.5.1c), acusou idade de calibração de 5.530 anos AP, posicionando o processo de soterramento e a construção deste nível no Holoceno médio.

2.1 Caracterização da assembléia

A seção ao qual foram recuperados os fósseis calcários compreende aproximadamente 1,5 m de espessura de sedimentos inconsolidados, aberta em uma trincheira (Fig. II.5.1d). Na base ocorre um nível arenoso de cor acinzentada (0,6 cm), sucedido por um horizonte com cerca de 0,3 m de espessura constituída predominantemente por bioclastos em forma de carapaças de moluscos, foraminíferos, ostracodes e espinhos de equinodermas. Estes bioclastos estavam suportados por uma matriz arenolamosa de coloração alaranjada, possível reflexo de oxidação. O topo é constituído por uma camada de lama turfosa de coloração escura perfazendo os 60 cm restantes da seção. A superfície do nível amostrado é capeada por uma vegetação basicamente composta por gramíneas (Poaceae), Cyperaceae e Asteraceae, evidenciando certo grau de alteração antrópica.

O nível calcário amostrado é estruturalmente suportado por uma matriz sedimentar que ocupa 30 % do volume da amostra, frequência estimada após o processo de separação dos bioclastos. Os espécimes que compunham a amostra se encontram densamente acomodados e evidenciaram baixo grau de fragmentação onde perfazem cerca de 70 % do volume do bloco amostrado.

2.2 Dados altimétricos

O levantamento da cota altimétrica do topo desta seção acusou 0,521 m acima do nível marinho atual (95 % de confiança) podendo variar em seu resultado entre 30-50 cm.

	Especíes identificadas	Nº de espécimes		Preferência ambiental		Figuras		
		PCSC-01	PCSC-03	Marinho	Mixohalino			
Moluscos	Gastropodes	<i>Cadulus</i> sp.	-	174	+		1-2	
		<i>Diodora cayennensis</i>	-	01	+			3-4
		<i>Bittium varium</i>	24	-		+		5-6
		<i>Bulla striata</i>	01	15	+	+		7-8
		<i>Cylichna bidentata</i>	-	56	+			9-10
		<i>Olivella tehuelchana</i>	-	06	+			11-12
		<i>Heleobia australis australis</i>	12	2553		+		13-14
		<i>Parodizia uruguayensis</i>	10	785		+		15-16
		<i>Odostomia seminuda</i>	21	75		+		17-18
		<i>Solariella</i> sp.	-	02		+		19-20
		<i>Solariorbis shumoi</i>	03	65	+			21-22
		<i>Solariorbis shimeri</i>	02	-	+			23-24
		<i>Turbonilla</i> sp.	-	05	+			25-26
		<i>Ithythythara</i> sp.	-	03	+			27-28
		Moluscos	Bivalves	<i>Crepidula aculeata</i>	02	10	+	
<i>Ostrea equestris</i>	-			40	+		31	
<i>Ostrea puelchana</i>	03			33	+		32	
<i>Mactra patagonica</i>	04			21	+		33-34	
<i>Anomalocardia brasiliiana</i>	27			1240	+	+	35	
<i>Tagelus plebeius</i>	-			12	+	+	36-37	
<i>Nucula semiornata</i>	-			06	+		38-39	
<i>Pitar rostratus</i>	03			-	+		40-41	
<i>Lucina pectinata</i>	-			10	+		42-43	
<i>Divaricella quadrisulcata</i>	-			07	+		44-45	
Equinodermas	Foraminíferos	<i>Chione cancellata</i>	-	02	+		46-47	
		<i>Brachiodontes</i> sp.	-	-	+		48	
		<i>Ammonia beccarii</i>	08	375		+	49	
		<i>Elphidium discoidale</i>	-	728		+	50-51	
		<i>Cyprideis salebrosa</i>	30	450		+	52	
		<i>Loxococoncha</i> sp.	-	280		+	53	
		Espinhos de equinodermas	-	140	+		54	
Total		150	7094					

Quadro II.5.2: Listas das espécies identificadas compreendendo outros indicadores fósseis recuperados na região (PCSC-01 e PCSC-03), com respectivas contagens e preferência ambiental por espécie.

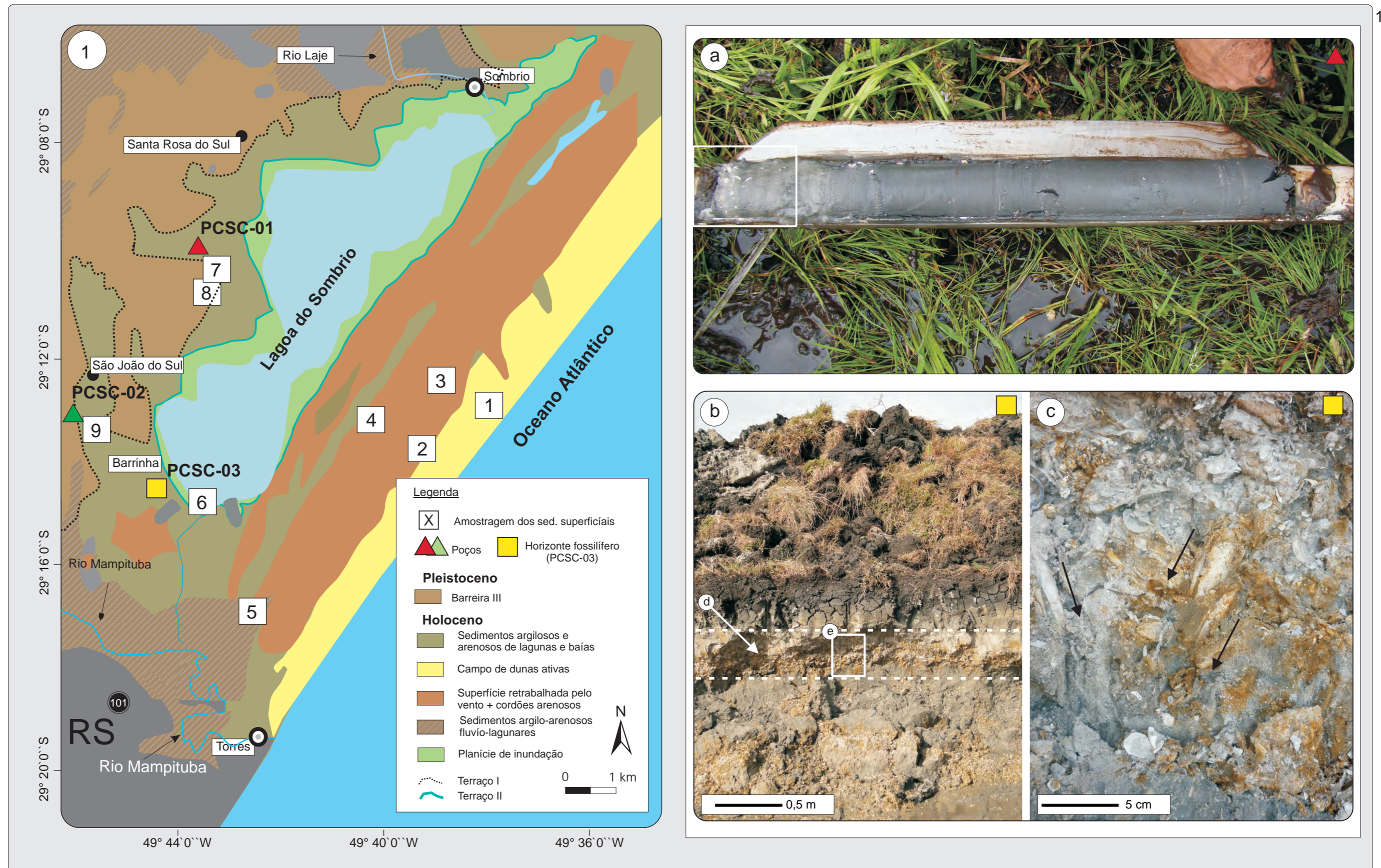


Figura II.5.1: Mapa com a localização da área onde foram identificados outros indicadores paleontológicos, mostrando em detalhe o ponto onde foram coletados e o nível sedimentar do qual foram recuperados os bioclastos; a. Imagem da base da perfuração do poço PCSC-01; b-e. Imagens evidenciando o local de coleta do bloco sedimentar contendo os fósseis calcários; d. Detalhe mostrando três espécimes de *Tagelus plebeius* em posição de vida.

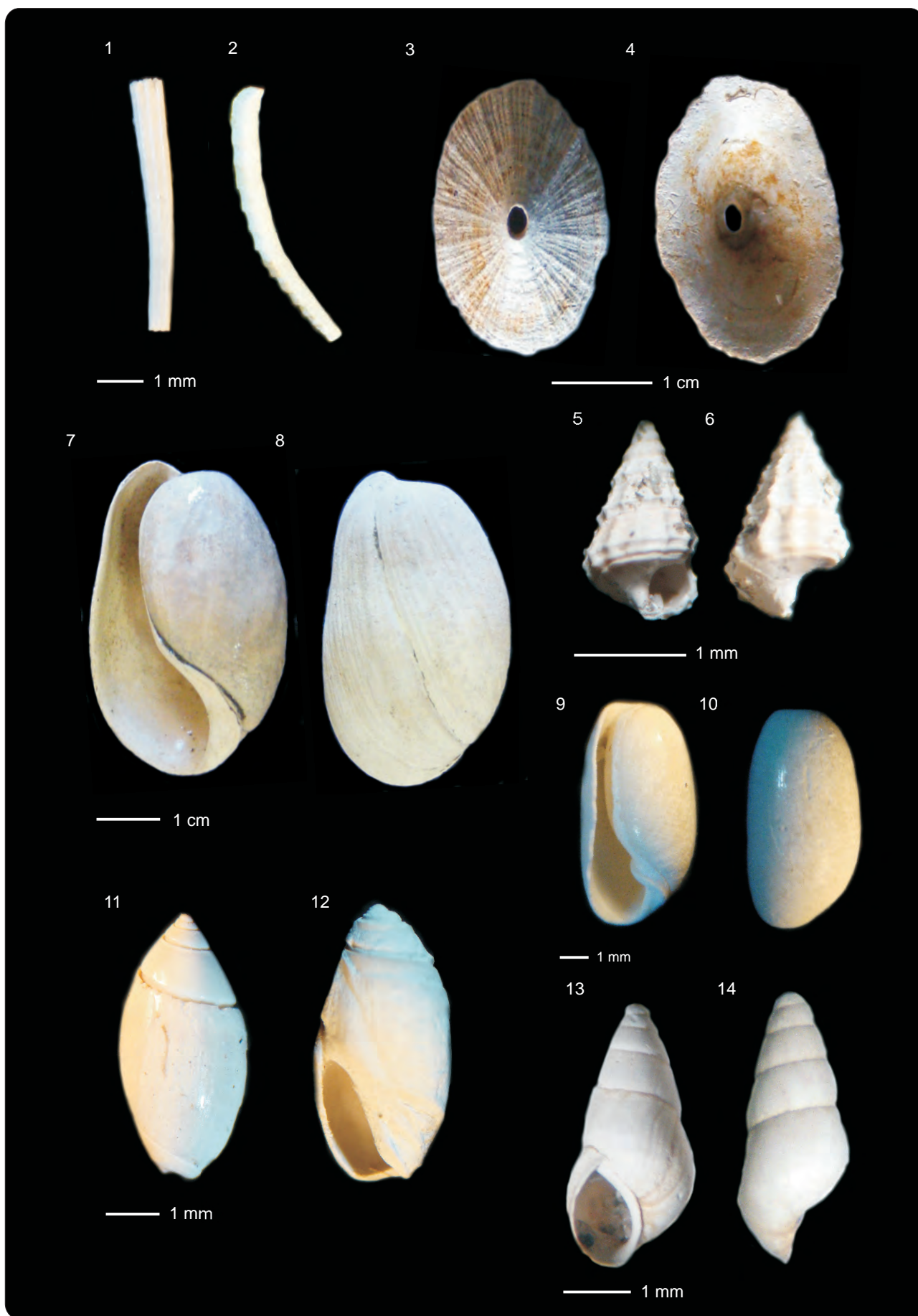


Figura II.5.2: Imagens das espécies identificadas compreendendo moluscos gastrópodes: 1-2. *Cadulus* sp.; 3-4. *Diodora caynensis*; 5-6. *Bittium varium*; 7-8. *Bulla striata*; 9-10. *Cylichna bidentata*; 11-12. *Olivella tehuelchana*; 13-14. *Heleobia australis australis* (Escala gráfica em cm e mm).

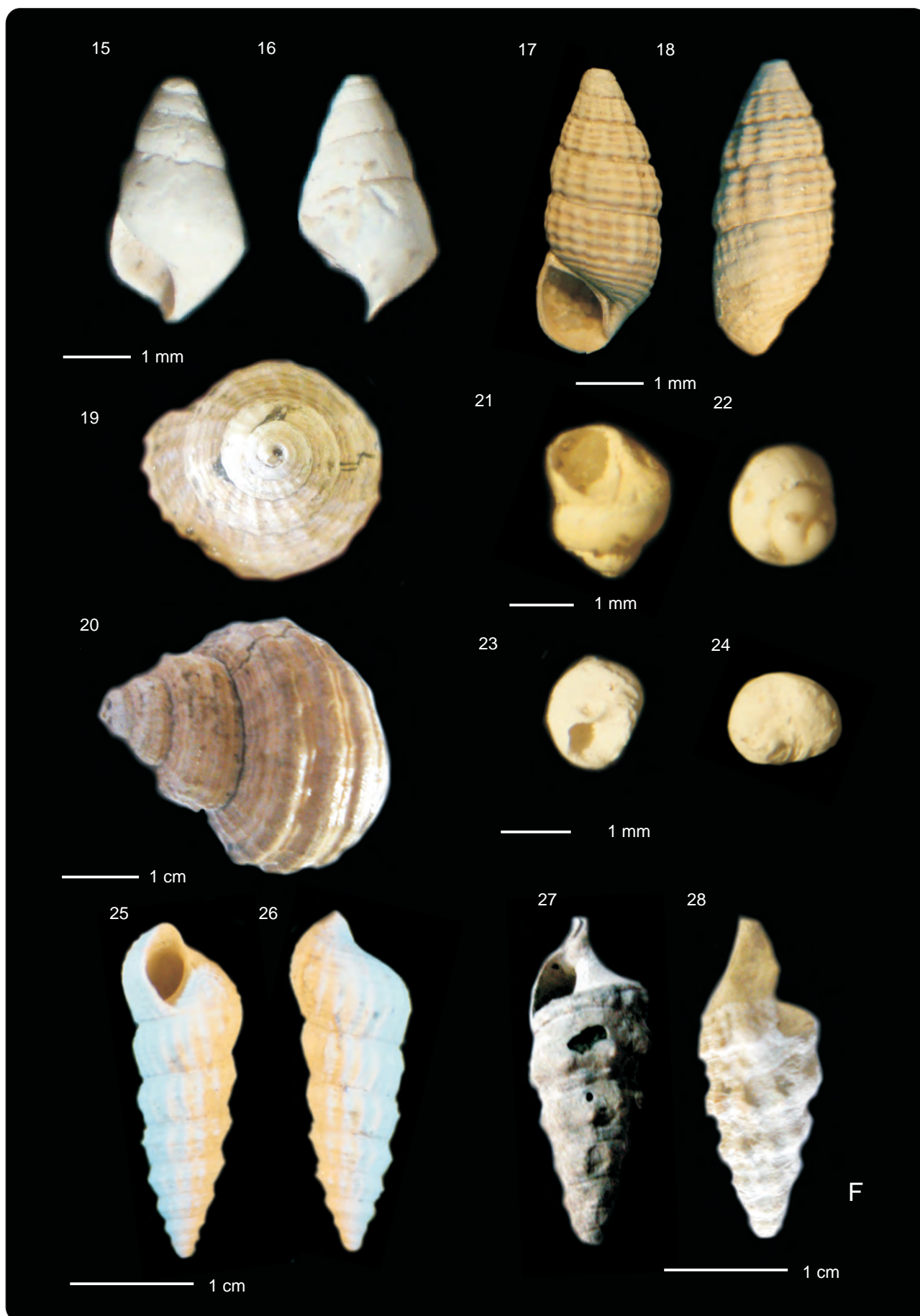


Figura II.5.3: Imagens das espécies identificadas compreendendo moluscos gastrópodes: 15-16. *Parodizia uruguayensis*; 17-18. *Odostomia seminuda*; 19-20. *Solariella* sp.; 21-22. *Solariorbis shumoi*; 23-24. *Solariorbis shimeri*; 25-26. *Turbolina* sp.; 27-28. *Ithycythara* sp. (Escala gráfica em cm e mm).

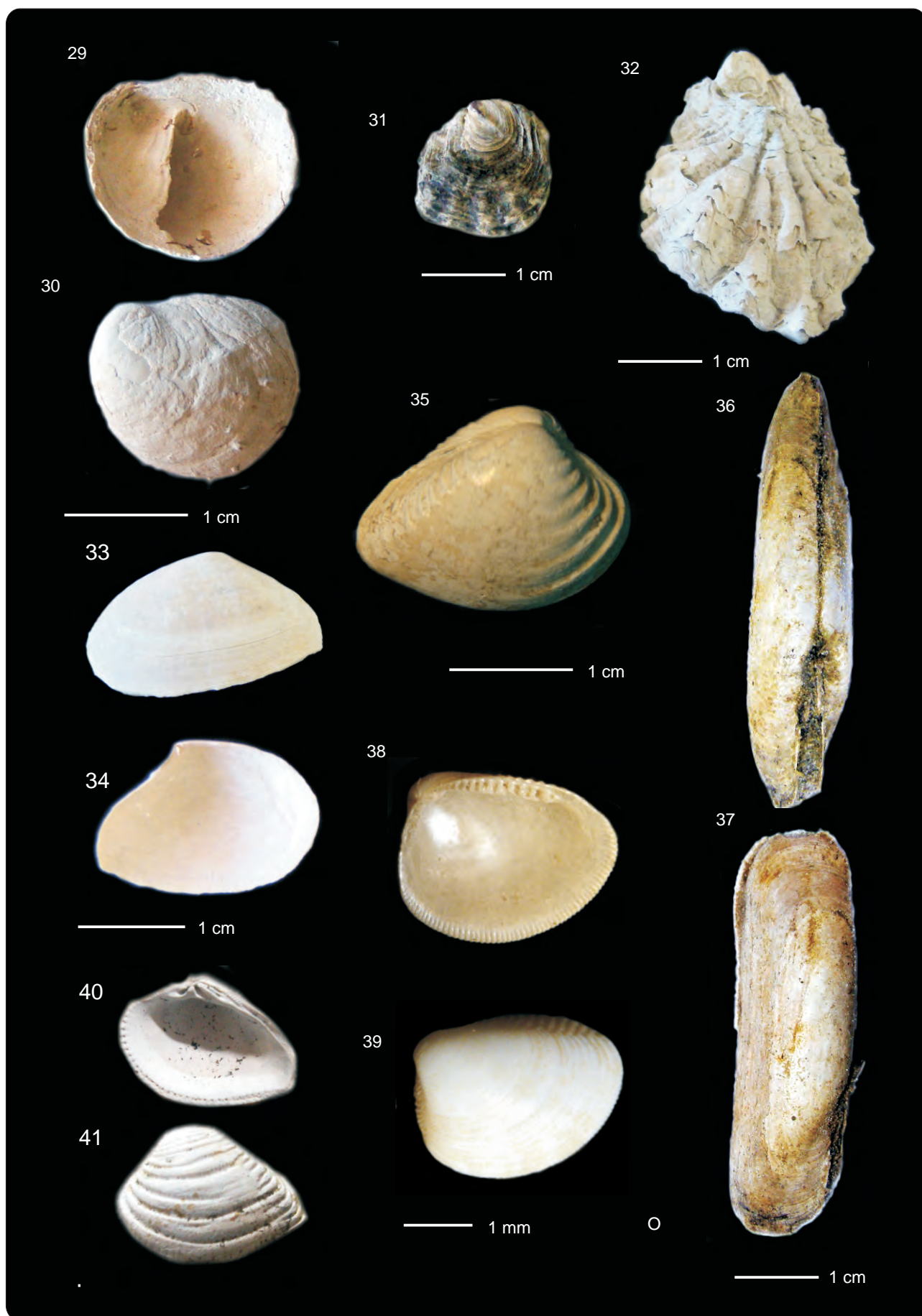


Figura II.5.4: Imagens das espécies identificadas compreendendo moluscos bivalves: 29-30. *Crepidula aculeata*; 31. *Ostrea equestris*; 32. *Ostrea puelchana*; 33-34. *Mactra patagonica*; 35. *Anomalocardia brasiliiana* (valvas articuladas); 36-37. *Tagelus plebeius* (valvas articuladas); 38-39. *Nucudula semiornata*; 40-41. *Pitar rostratus* (Escala gráfica em cm e mm).

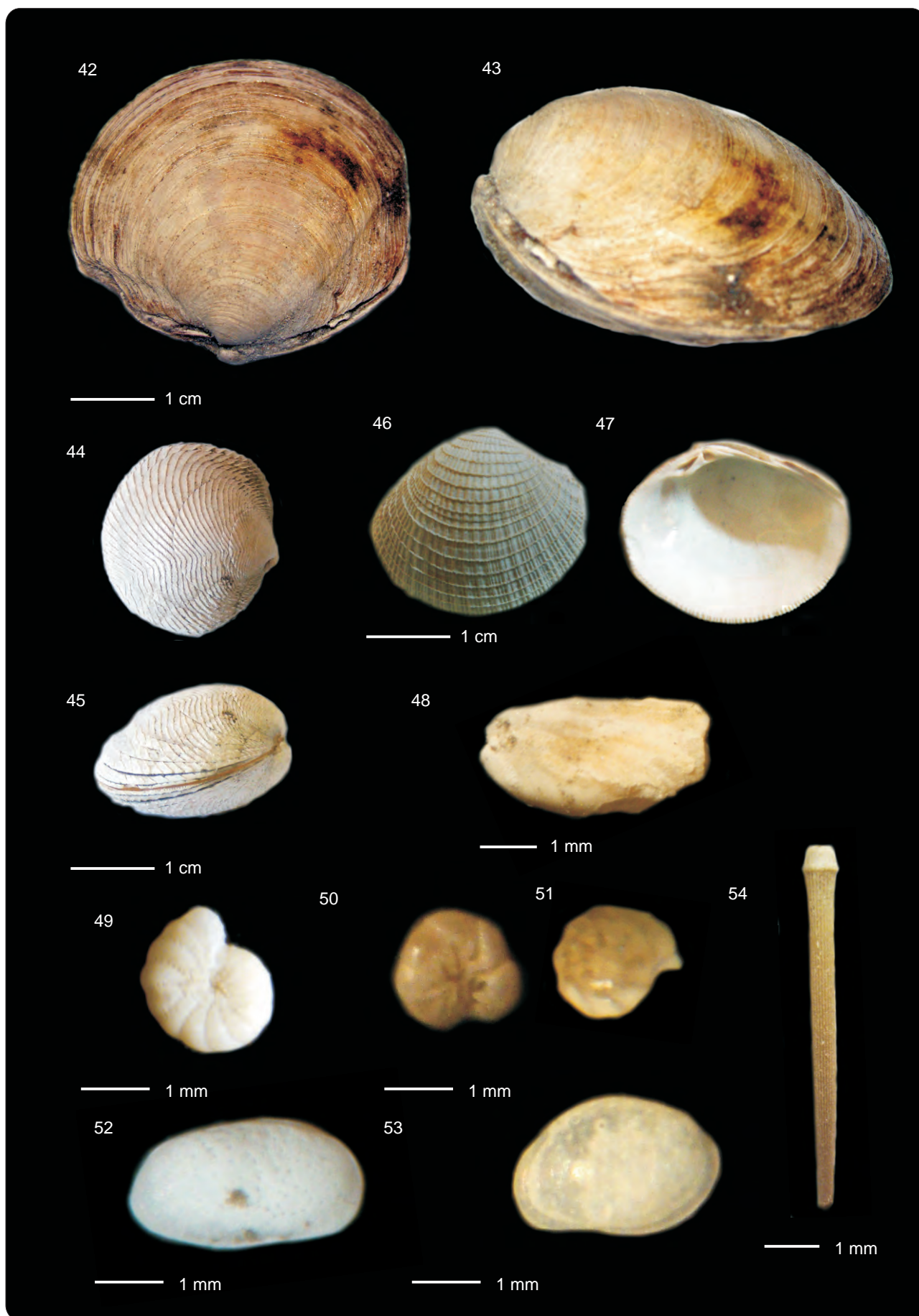


Figura II.5.5: Imagens das espécies identificadas compreendendo moluscos bivalves: 42-43. *Lucina pectinata* (valvas articuladas); 44-45. *Divaricella quadrisulcata* (valvas articuladas); 46-47. *Chione cancellata*; 48. *Brachiodantes* sp.; Foraminíferos: 49. *Ammonia beccarii*; 50. *Elphidium discoidale*; Ostracodes: 52. *Cyprideis salebrosa* (valvas articuladas); 53. *Loxoconcha* sp. (valvas articuladas); Espinho de equinodermo indeterminado (Escala gráfica em cm e mm).

Capítulo III- Integração dos resultados

III. Integração dos resultados

Os resultados obtidos através da interpretação dos diagramas palinológicos de concentração e porcentagem, juntamente com análise de sedimentos superficiais, dados altimétricos e identificação de níveis contendo fósseis calcários, apontam três fases paleoecológicas distintas para os poços PCSC-01 (Santa Rosa do Sul) e PCSC-02 (São João do Sul) (Figs. III.2, 3 e 4) a partir do Holoceno inicial.

Assim denominam-se: Fase: I (lagunar com influência marinha), Fase II (transicional-pântano) e Fase III (desenvolvimento da floresta), as quais têm íntima relação com a evolução da Planície Costeira no sul de Santa Catarina, como resultados diretos de mudanças paleoclimáticas e oscilações do nível do mar (Fig. III.1).

1. Fase lagunar com influência marinha [Fase I]

Os dados palinológicos revelam que a porção inferior dos poços PCSC-01 e PCSC-02 iniciou-se como um corpo lagunar mixohalino com maior representação nos diagramas palinológicos da vegetação local.

Predominam neste intervalo grãos de pólen relacionados aos ambientes com vegetação herbácea/arbustiva, destacando-se Poaceae, *Amaranthus-Chenopodiaceae*, Caryophyllaceae e Cyperaceae. Poucos táxons arbóreos são documentados nesta fase, sendo os mais comuns *Alchornea*, *Arecaceae*, *Ilex*, *Myrtaceae* e *Myrsine*. Embora ainda em baixa representatividade estes elementos constituem táxons pioneiros da Mata Atlântica. Briófitos e pteridófitos característicos de restingas herbáceas da vegetação litorânea ocorrem em baixa frequência, com destaque para *Blechnum*, *Cyateaceae*, *Lycopodium*, tipo *Microgramma*, tipo

Pecluma pectinatifolia, *Polypodium*, *Selaginella* e *Sphagnum*. Esta vegetação provavelmente circundava as margens do corpo lagunar.

Elementos algálicos ocorrem em ambos os poços nesta fase, com destaque para *Botryococcus*, *Spirogyra*, tipo *Mongeotia laetevires*, *Pseudoschizae rubina* e *Zygnema* no poço PCSC-02, onde exibem maiores picos de frequência. A maioria destes táxons já foi identificada em outros estudos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, como elementos comuns de depósitos lagunares costeiros (Medeanic *et al.*, 2010).

Além desses elementos aquáticos é detectada influência marinha, indicada pela ocorrência de palinoforaminíferos e acritarcos (*Michrystridium* sp.), com maiores frequências nos poços PCSC-01 (amostra 45, 5.323 anos AP, idade calibrada) e PCSC-02 (amostra 19, 4.582 anos AP, idade calibrada) (Figs. III.2 e 3). O aumento progressivo de palinoforaminíferos nesta fase é sincrônico ao evento relacionado ao último máximo eustático marinho, documentado para a costa brasileira por volta de 5.100 anos AP (e.g. Angulo *et al.*, 2006; Giannini *et al.*, 2007; Suguio, 2010).

Ainda neste intervalo, é possível avaliar os efeitos diretos do evento transgressivo sob a vegetação regional. Este efeito é mais bem pronunciado no poço PCSC-01 (amostra 34), com reflexos negativos nas frequências de *Arecaceae*, *Myrtaceae* e *Myrsine*, espécies frequentemente relacionadas à vegetação arbórea das matas de restinga do sul do Brasil. Esta verificação corresponde aos níveis de maior frequência dos elementos marinhos (palinoforaminíferos e *Michrystridium* sp.). Em resposta a estas variações verifica-se um aumento de táxons relacionados às *Poaceae*, provavelmente espécies com melhor adaptação as novas condições de salinidade.

Para a Fase I, características semelhantes são compartilhadas para a planície costeira norte do estado de Santa Catarina, região de Volta Velha, onde são

identificados palinoforaminíferos ocorrendo a partir de 12.330 ± 70 anos AP, até o início da zona VV-V, que corresponde a 4.000 anos AP, idade inferida (Behling & Negrelle, 2001). Influência marinha também é verificada na região de Jaguaruna, porção centro-sul da Planície Costeira de Santa Catarina por volta dos 5.000 anos AP, pela presença de algas diatomáceas e elementos do fitoplâncton marinho, correspondendo a zona A, ou zona subtidal de Amaral *et al.* (2012).

No Rio Grande do Sul diversos trabalhos palinológicos registram o evento transgressivo através de indicadores micropaleontológicos (cistos de dinoflagelados, palinoforaminíferos e acritarcos) por volta de 5.100 anos AP (Cordeiro, 1991; Neves, 1998; Lorcheitter & Dillenburg, 1998; Medeanic, 2001; Meyer *et al.*, 2005). Baseado em outros fósseis (vermitídeos) Angulo *et al.* (2006) relatam que o nível do oceano poderia ter alcançado 2 a 5 m acima do atual, na região de Santa Catarina, constituindo sua máxima elevação.

A análise granulométrica dos segmentos que correspondem a Fase I, em ambos os poços, acusou lama com areia, seção típica de depósitos de fundo lagunar das zonas costeiras (Dillenburg *et al.*, 2006).

Com base nos resultados de ^{14}C , e idades interpoladas, verifica-se maior taxa de sedimentação para o poço PCSC-01 (0,124 cm/anos) que para o poço PCSC-02 (0,03 cm/anos), o que pode estar relacionado ao aporte sedimentar e ao paleorelevo da região de estudada.

As interpretações palinológicas desta fase, juntamente com os resultados apontados para o máximo eustático marinho regional (Angulo *et al.*, 2006), sugerem que durante a transgressão o corpo lagunar, atual Lagoa do Sombrio, teria ocupado as porções mais deprimidas preexistentes, entre os sistemas pleistocênicos de dunas eólicas. Na porção mais basal do poço PCSC-01 (570 a 560 cm) foram também identificadas 14 diferentes espécies de conchas calcárias (moluscos

gastropodes, bivalves, ostracodes e foraminíferos), atribuídas a ambientes lagunares mixohalinos.

Os resultados altimétricos posicionam o topo deste poço na cota de 3,769 m acima do nível marinho atual. Esta informação coloca o nível identificado aproximadamente a 2 m abaixo do nível marinho recente. Embora a tafonomia destas conchas não tenha sido o objetivo desta análise, algumas observações devem ser ressaltadas.

Os bioclastos neste intervalo não apresentam qualquer orientação preferencial nos estratos em que foram recuperados, bem como não há seleção de tamanho. As conchas de moluscos, ostracodes e testas de foraminíferos variam, em seu eixo maior, entre 1 e 5 mm para os espécimes menores (*Bittium varium*, *Heleobia australis australis*, *Parodizia uruguayensis*, *Odostomia seminuda*, *Solariorbis shimeri*, *Solariorbis shumoi*, *Brachiodontes* sp., *Ammonia beccarii* e *Cyprideis salebrosa*) e 2,5 cm em média para os espécimes maiores (*Bulla striata*, *Crepidula aculeata*, *Ostrea puelchana*, *Tellina versicolor*, *Pitar rostratus* e *Anomalocardia brasiliana*). Além disso, sinais decorrentes de transporte, tais como abrasão e fragmentação são observados em baixo grau. Os 150 espécimes estudados foram selecionados por apresentarem perfeito estado de preservação, o que favoreceu a identificação taxonômica em nível específico, com exceção de três valvas de moluscos identificados em nível genérico (*Brachiodontes* sp.). Uma pequena fração de espécimes fragmentados corresponde a um volume inferido inferior a 2 % da porção dos bioclastos; o dano físico nesta fração é atribuído ao atrito mecânico decorrente do método de coleta e parte pelo próprio ambiente em que foram depositados.

Variações ontogenéticas foram verificadas nos espécimes de gastrópodes atribuídos a *Bittium varium*, *Heleobia australis australis*, *Parodizia uruguayensis* e *Odostomia seminuda*; além de ostracodes assinalados a *Cyprideis salebrosa*, com

indivíduos machos e fêmeas. Essas espécies são representadas, em sua grande maioria, por espécimes de tamanho reduzido (milimétricos). O diâmetro da perfuração (50 mm) favorece a coleta de espécimes pequenos que, individualmente, ocupam menor área de amostragem em cada nível estratigráfico. Por outro lado, os espécimes de moluscos bivalves *Ostrea puelchana*, *Tellina versicolor*, *Anomalocardia brasiliana*, *Pitar rostratus*, *Brachiodontes* sp. não apresentam variação ontogenética expressiva, o que deve estar relacionado às suas maiores dimensões (centimétricas) e, por conseguinte, à limitação do método de amostragem.

Do ponto de vista ambiental a associação identificada na porção basal do poço PCSC-01 é dominada por espécies marinhas (54,6 %): *Tellina versicolor*, *Brachiodontes* sp., *Bulla striata*, *Ostrea puelchana*, *Bittium varium*, *Pitar rostratus*, *Anomalocardia brasiliana*, *Crepidula aculeata*, *Solariorbis shimeri* e *Solariorbis shumoi*, sobre as típicas de ambiente mixohalino (31,4 %): *Heleobia australis australis*, *Parodizia uruguayensis*, *Cyprideis salebrosa* e transicionais (14 %): *Odostomia seminuda*. A ocorrência de espécimes de foraminíferos atribuídos a *Ammonia beccarii* corrobora as interpretações ambientais marinhas deduzidas através dos demais componentes da microfauna.

As observações indicam, de forma geral, que os espécimes compõem uma associação parautóctone, uma vez que os organismos não foram verificados em posição de vida. Entretanto as condições de baixa energia, sem evidências de significativo transporte são mantidas. Esta interpretação é reforçada pelo registro de vestígios orgânicos no interior das valvas de *Cyprideis salebrosa* (valvas abertas manualmente) e pelas condições de ótima preservação dos demais constituintes calcários identificados, principalmente os de menor tamanho.

Tal interpretação já foi detectada para a Planície Costeira catarinense através da análise de constituintes calcários em furos de sondagem (Mendes, 1993; Pitoni, 1993).

Na região do rio D'Una, município de Imaruí e Imbituba (SC), porção mais ao norte da atual Lagoa do Sombrio, Mendes (1993) documentou moluscos holocênicos relacionados ao evento transgressivo datado em 4.490 ± 200 anos AP., além de outra associação posicionada em 3.600 anos AP. As associações foram atribuídas a paleoambientes lagunares, estuarinos a marinho raso, de baixa energia, representado por baías e/ou enseadas (Mendes, 1993). Os dados foram corroborados por Pitoni (1993) que destacou na região do rio D'Una, uma fase transgressiva inicial e um evento transgressivo máximo, caracterizado por um aumento da oceanicidade, com gradativa diminuição desta influência, para condições regressivas, culminando com o estabelecimento de um ambiente típico lagunar com nítida evidência de continentalidade.

Para a região centro-sul do litoral catarinense (Laguna, Jaguaruna e Tubarão) quatro sistemas foram identificados: lagunar, barreira, planície costeira (regressiva) e eólico (Giannini *et al.*, 2007). A evolução desta porção do litoral catarinense antes da máxima transgressão marinha holocênica (5.700 a 5.100 anos AP) incluiu a formação e o isolamento parcial de uma grande paleobaía por uma barreira arenosa, possivelmente de origem transgressiva, e o afogamento de vales incisos no sistema planície costeira pleistocênico (Angulo *et al.*, 2006). Este conjunto de processos resultou em um complexo de lagunas costeiras interligadas que, após a máxima inundação, passou a sofrer progressivo assoreamento (Giannini, 2002). A interpretação de uma paleolaguna na região do entorno da Lagoa do Sombrio está de acordo com as interpretações de Horn *et al.* (2008), que descrevem para o município de Santa Rosa do Sul unidades litoestratigráficas de depósitos

paleolagunares holocênicos, ocorrentes nas folhas Praia Grande (IBGE, 1981a) e Sombrio (IBGE, 1981b). Estas unidades afloram nos ambientes lagunares e paludial, ocorrendo na margem leste e oeste da lagoa na forma de terraços e planícies de baixa altitude (Mudat *et al.*, 2006; Horn *et al.*, 2008).

Paralelo à borda oeste da atual Lagoa do Sombrio, localidade da Barrinha, área adjacente aos poços PCSC-01 e PCSC-02, foram também documentadas 28 espécies de fósseis de organismos com carapaças calcárias (moluscos gastrópodes, bivalves, ostracodes, foraminíferos e espinhos de equinodermos indeterminados). Estes elementos foram verificados em níveis acima do nível marinho atual (0,521 m).

A datação radiocarbônica obtida em um espécime de *Tagelus plebeius* em posição de vida, nesta localidade, revelou idade calibrada de 5.530 anos AP, indicando similaridade entre as idades atribuídas ao máximo da transgressão marinha identificados neste trabalho com base em palinomorfos. Para este nível, com exceção de *Anomalocardia brasiliiana* e *Ithyocythara* sp., o restante dos espécimes calcários apresentou baixo grau de fragmentação, dissolução e corrosão, indicando pouco ou nenhum transporte.

A associação é composta por espécimes centimétricos representados por moluscos gastrópodes e bivalves; os que apresentaram poucos milímetros são relacionados a espécies de moluscos gastrópodes, foraminíferos e ostracodes.

Quatro espécies foram registradas com as valvas articuladas: *Anomalocardia brasiliiana*, *Lucina pectinata*, *Tagelus plebeius*, *Divaricella quadrisulcata* representantes dos bivalves. Espécimes de ostracodes (*Cyprideis salebrosa* e *Loxoconcha* sp.) foram posteriormente identificados na mesma situação.

No bloco amostrado os bioclastos não apresentavam qualquer orientação preferencial ou seleção de tamanho evidenciando transporte. *Tagelus plebeius* e *Lucina pectinata* foram registradas em posição de vida *in situ* em um ângulo de 80 e

100° em relação ao plano de acamamento (Fig. II.5.1c). Uma pequena fração de espécimes fragmentados corresponde a um volume inferido de 30 % da porção dos bioclastos amostrados; o dano físico nesta fração é atribuído ao atrito mecânico decorrente do método de coleta, não descartando a hipótese de transporte para alguns espécimes maiores. Esta característica, assim como a verificação de atributos de dissolução, foi verificada em *Anomalocardia brasiliiana* e *Ithythythara* sp., que apresentam sinais de desgaste e bioerosão.

Ocorrem variações ontogenéticas principalmente nos espécimes atribuídos aos moluscos (*Bittium varium*, *Heleobia australis australis*, *Parodizia uruguayensis*, *Odostomia seminuda*, *Anomalocardia brasiliiana*), ostracodes (*Cyprideis salebrosa*) com distinção de indivíduos machos e fêmeas, e foraminíferos (*Ammonia beccarii* e *Elphidium discoidale*). Essas espécies são representadas, em sua grande maioria, por espécimes de tamanho reduzido (dimensões milimétricas), com exceção de *Anomalocardia brasiliiana*, que apresenta uma variação intraespecífica considerável, com dimensões milimétricas a centimétricas.

Do ponto de vista de preferência ecológica a associação calcária é dominada por espécies marinhas (86 %), sobre as relacionadas a ambientes mixohalinos (14 %). De forma geral, os espécimes compõem uma associação autóctone/parautóctone, depositada sob condições de baixa energia, principalmente para as espécies milimétricas, sem evidências de significativo transporte sobre aquelas encontradas em posição de vida ou articuladas (*Anomalocardia brasiliiana*, *Lucina pectinata*, *Tagelus plebeius*, *Divaricella quadrisulcata*, representante dos bivalves e ostracodes *Cyprideis salebrosa* e *Loxoconcha* sp.). Estas espécies são características de fundos arenosos e areno-lamosos nas lagunas e baías rasas da região sul do Brasil (Rios, 1994; Coimbra et al., 2006). *Anomalocardia brasiliiana*, *Lucina pectinata*, *Tagelus plebeius*, *Divaricella quadrisulcata* são espécies

registradas na infauna, enterradas no substrato entre 10 a 20 cm, ocorrendo em águas rasas até a cota de 10 m de profundidade (Rios, 1994). Os espécimes de ostracodes registrados (*Cyprideis salebrosa* e *Loxoconcha* sp.) podem indicar uma maior tolerância na salinidade, uma vez que ocorrem em variados ambientes costeiros, tais como, baías, estuários e lagunas (Madeira-Falcetta *et al.*, 1980).

Com base nos constituintes da associação, bem como seu significado ecológico, pode-se inferir que a área estudada foi relacionada a um sistema estuarino raso, com significativa influência marinha, interpretado pela frequência relacionada a espécimes marinhos. Esta condição se estabeleceu a partir dos 7.900 anos AP, à aproximadamente 3.800 anos (idade estimada).

A comparação destes resultados com a relação altimétrica denota a ocorrência de condições de um nível do mar acima do atual, como verificado por indicadores biológicos em outros setores da costa brasileira (e.g., Angulo *et al.*, 1999; Angulo *et al.*, 2006).

Na região de Laguna-Imbituba, porção mais a norte da ocorrência fossilífera, são identificados vestígios de atividade biológica de vermetídeos, registrados em níveis acima do nível do mar atual, possibilitando a construção de uma curva do nível marinho para a região. As interpretações foram calcadas em datações radiocarbônicas, com a identificação do máximo da elevação marinha por volta de 5.410 anos AP, quando o mar situava-se a aproximadamente $2,10 \pm 0,50$ m acima do nível atual (Angulo *et al.*, 1999). Estes dados são compartilhados para a região costeira do Rio Grande do Sul, onde o nível marinho poderia ter atingido cotas entre 2 e 5 m acima do nível atual (Dillenburg *et al.*, 2009).

Com os resultados altimétricos buscou-se correlacionar o nível estudado com as curvas apresentadas para o evento transgressivo em áreas correlatas, permitindo

uma melhor visualização do perfil sedimentar, quanto a seu posicionamento no tempo-espço.

A reconstrução do nível marinho para a costa brasileira evidencia um mar mais alto a partir dos 7.000 anos AP, com destaque para a reconstrução destes paleoníveis para Santa Catarina tendo ao norte de 28° (linhas sólidas) e a sul da mesma latitude, representada pela linha pontilhada das inferências de Angulo *et al.* (2006) (Fig. III.1).

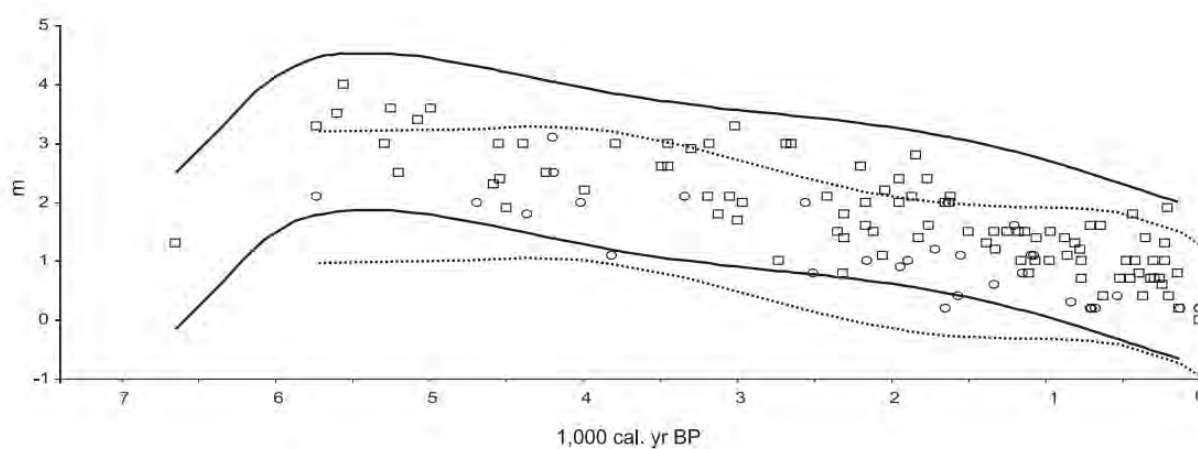


Figura III. 1: Curvas do nível do mar interpretadas para a costa brasileira (modificado de Angulo *et al.*, 2006).

Os dados altimétricos confirmam estas inferências uma vez que coloca a base do poço PCSC-02, junto ao nível oceânico atual, evidenciando sua deposição após a elevação marinha. Ainda estes dados revelam um nível de mar mais alto, documentado através de fósseis calcários ocorrendo 0,5 m acima do nível marinho atual (PCSC-03), com destaque para aquelas espécies encontradas em posição de vida. A figura III.5 traz a comparação dos dados altimétricos com aqueles evidenciados por Angulo *et al.* (2006) para os níveis marinhos a partir do Holoceno inicial.

O posicionamento planialtimétrico de precisão do nível estratigráfico estudado, e a interpretação paleoecológica da associação fossilífera evidenciam a

ocorrência de um sistema lagunar posicionado na região, alcançando cotas na margem oeste maiores do que as atuais margens da atual Lagoa do Sombrio. Nesta época, é possível que o paleoestuário identificado tenha interligado a Lagoa do Caverá, mais ao norte (Araranguá), formando um complexo de lagoas conectadas.

Desde o início da transgressão holocênica e nas fases subsequentes, a Lagoa do Sombrio sofreu modificações paleogeográficas importantes relacionadas ao evento transgressivo e posterior preenchimento dos terrenos mais baixos, até o isolamento deste corpo lagunar por cordões holocênicos atribuídos ao máximo transgressivo (Silva, 2011).

Este efeito foi verificado posteriormente na porção oeste deste corpo lagunar na forma de sedimentos de terraços lagunares (Mudat *et al.*, 2006), que configuram atualmente as áreas onde se desenvolvem as matas paludiais da região. O posterior rebaixamento do nível marinho regional, além da construção da barreira holocênica marcou a gradual transformação desta laguna salobra em lagoa, apresentando atualmente teores de salinidade inferiores a 1% (Wahrlich *et al.*, 1997).

Outros trabalhos foram e estão sendo realizados com o intuito de mapear a evolução da barreira holocênica se utilizando da compreensão de dados altimétricos, associados a perfurações e imagens de DGPS (Silva, 2011) segundo os quais, a presença de refletores inclinados no sentido do continente revela uma fase retrogradacional (transgressiva) da barreira. A interpretação dos refletores indica que a Lagoa do Sombrio se comportou como uma laguna de maior proporção e conexão direta com o mar. Além disso, a lagoa teria ocupando grande parte da planície de inundação do atual Rio Mampituba, constituindo um ambiente estuarino raso, vinculado a este rio.

Portanto, a influência marinha interpretada nesta fase do ponto de vista palinológico, desde a base, denota a ocorrência de vegetação local adaptada a

condições de maior salinidade, com reflexos diretos na seleção e tipo de vegetação. A fase é marcada por um ambiente em constante transformação, sugerindo a retração da vegetação arbórea em resposta aos índices maiores de salinidade, principalmente indicada nas amostras que configuram ao máximo eustático marinho neste trabalho. Os dados aqui verificados são, de modo geral, comparáveis aos adquiridos nas análises sedimentos superficiais da Planície Costeira catarinense no que se refere à vegetação de restinga herbácea/arbustiva. O diagrama aponta para estes pontos há uma predominância de grãos de pólen da flora local em alta frequência, sobre aqueles considerados da flora regional (arbóreos). Cabe ressaltar que as amostras superficiais (pontos 1-9) foram submetidas às mesmas técnicas dos níveis processados para o estudo paleopalinológico. Comparando os resultados palinológicos das amostras superficiais com os dados palinológicos dos poços PCSC-01 e PCSC-02, o espectro polínico dos pontos 2 e 3 são aqueles que mais se aproximam das interpretações sugeridas para esta fase, evidenciando um alto grau de elementos herbáceos em relação aos arbóreos (Fig. II.4.10).

2. Fase transicional – pântano [Fase II]

Esta fase é reconhecida em ambos os poços a partir diminuição da influência marinha até o abandono progressivo da paleolaguna na região, entre 3.800 e 2.500 anos AP. Ocorre um progressivo aumento da flora regional indicada pelo aumento da frequência de táxons arbóreos. A vegetação arbórea que ocupou as porções mais altas bem como aquela remanescente que circundava a paleolaguna favoreceu-se por uma nova condição edáfica, caracterizada por apresentar acúmulo de lama orgânica a partir desta fase.

Ocorreu uma rápida colonização e adensamento da vegetação, com maior expressão dos táxons arbóreos migrando no sentido Oeste/Leste, conforme também identificado nos trabalhos relacionados por Lorscheitter (2003), para a Planície Costeira Norte do Rio Grande do Sul. As novas condições edáficas, consequência do rebaixamento do nível marinho, favoreceram o desenvolvimento de uma vegetação antes caracterizada como predominantemente herbácea, para uma vegetação em mosaico e, em diferentes estágios de sucessão, com formas herbáceo/arbustivas mais proeminentes que na fase anterior.

Presume-se que a vegetação corresponderia a uma restinga salobra herbácea/arbustiva na fase inicial, com posterior abandono da influência marinha. Esta vegetação se apresentava em estratos (arbustos, ervas, epífitas e trepadeiras), com gradual início de acúmulo de serrapilheira. Fisionomias deste tipo são verificadas atualmente na região em áreas paludosas e, principalmente, nas depressões úmidas, em fase de desenvolvimento inicial da vegetação. A relação da flora atual com aquelas documentadas palinologicamente nos pontos 5 e 6 revela ambientes com fitofisionomia comparáveis aos detectados na Fase II. Entretanto, nestes pontos (5 e 6) as frequências relacionadas a táxons arbóreos superam aquelas verificadas ao suposto ambiente no passado, uma vez que atualmente estas áreas recebem influência direta da floresta que circunda estes corpos d'água, e seriam responsáveis por depositar, através de chuva polínica, frequências maiores que as verificadas na Fase II (Fig. II.4.10).

A identificação de espécies epífitas (Bromeliaeae, Loranthaceae e Curcubitaceae) em Santa Rosa do Sul, pode indicar que neste local os táxons arbóreos estavam em processo mais avançado de sucessão vegetacional, favorecidos pela maior taxa de sedimentação para este poço.

A partir da Fase II, o espectro polínico dos poços PCSC-01 e PCSC-02 revelou localmente um intervalo de transição, entre uma deposição tipicamente lagunar para um ambiente pantanoso. A passagem deste intervalo é mais bem documentada no poço PCSC-01, principalmente pelo aumento na frequência de táxons herbáceos (tipo *Vernonia* e tipo *Baccharis*) juntamente com Poaceae, sugerindo redução das margens lagunares e avanço da vegetação sobre os novos sedimentos expostos. Nesta fase é observada a ocorrência de espécies aquáticas, tal como *Ludwigia*, caracterizando a dessalinização parcial do terreno, ainda com a manutenção de lâmina d'água. *Alchornea*, *Arecaceae*, *Celtis*, *Drimis brasiliensis*, *Ilex*, *Matayba*, *Melastomataceae-Combretaceae*, *Meliaceae*, *Myrtaceae*, *Myrsine*, *Sebastiania* e *Trema micranta* ocorrem com progressiva ascensão para ambos os poços. Estes elementos atualmente desenvolvem-se nas restingas litorâneas e matas paludiais da região como elementos arbóreos característicos. Seus registros, nesta fase, indicam o início do adensamento de uma floresta ocupando a área anteriormente preenchida pelo corpo lagunar.

Possivelmente associados a esta vegetação e à regressão marinha, paleocanais tenham se formado tornando a área numa grande planície de inundação, alimentada principalmente pelas águas lóxicas dos rios advindos do planalto (atuais rios Mampituba e Laje). Esta feição é reconhecida por Mudat *et al.* (2006), como corresponde aos depósitos flúvio-lagunares da Barreira IV.

Uma datação obtida na porção basal de um testemunho recuperado na margem Leste da Lagoa do Sombrio revelou idade de calibração de 3.550 anos AP (idade calibrada). A análise palinológica de níveis selecionados desta seção não documentou elementos que indiquem influência marinha, revelando deposição sedimentar continental após essa idade (Schneider, 2012). Este resultado está de acordo com as idades obtidas neste trabalho para o abandono da influência marinha

nos poços PCSC-01 e PCSC-02, por volta de 3.800 anos AP (idade interpolada). Ainda no início deste intervalo, uma pequena ingressão marinha é documentada, a partir da qual não são mais verificados táxons indicadores desta influência. Um leve aumento nas frequências de palinoforaminíferos nos poços PCSC-01 (amostra 36-34) e PCSC-02 (amostras 16-13) indicaria este novo impulso eustático. Uma pequena variação positiva na curva do nível do mar foi detectada por Angulo *et al.* (2006) para o estado Santa Catarina, em intervalo correspondente a estas idades.

3. Consolidação da floresta [Fase III]

Esta fase corresponde a um aumento significativo nas frequências dos táxons arbóreos, principalmente dos componentes pioneiros da Mata Atlântica na área (Falkenberg, 1999). Os táxons arbóreos mais pronunciados nesta fase são: tipo *Agarista*, *Alchornea*, *Arecaceae*, *Cecropia*, *Celtis*, *D. brasiliensis*, *Ilex*, *Melastomataceae-Combretaceae*, *Meliaceae*, *Myrtaceae*, *Myrsine*, *Sebastiania*, *Trema micrantha* e *Weinmannia*. Acompanhando esta diversidade, destacam-se todos os representantes dos epífitos, briófitos e pteridófitos, característicos de ambientes florestais e, associado a estes, uma gama de formas de esporos de fungos de ambientes úmidos, relacionados ao processo de maturação do solo, com acúmulo de matéria orgânica (Cap. II.1 e II.2).

Para ambos os poços, o conjunto de palinomorfos relativo a elementos algálicos dulci-aquícolas evidencia a manutenção de uma lâmina d'água permanente, tal como ocorre nos fragmentos das matas paludiais da Planície Costeira Norte do Rio Grande do Sul e Sul de Santa Catarina. Atualmente, estas florestas se encontram dispostas paralelamente à linha de costa, nos vales, baixios e bordas dos corpos lagunares costeiros, quase sempre relacionadas a rios e

córregos originais do planalto. O acúmulo de serrapilheira neste caso favoreceu o desenvolvimento de uma floresta adaptada às condições de umidade e proximidade do oceano, com estratos arbustivo e arbóreo bem desenvolvidos. A evidência de uma floresta se desenvolvendo após a regressão da linha de costa é compartilhada por outros autores a partir de dados obtidos para a Planície Costeira Norte do Rio Grande do Sul, tais como em Terra de Areia (Neves, 1991) e Passinhos (Macedo *et al.*, 2007), Mata do Faxinal (Werneck & Lorscheitter, 2001) e, na síntese elaborada por Lorscheitter (2003), para a encosta do Planalto Sul-rio-grandense, bem como para a Planície Costeira Catarinense (Behling & Negrelle, 2001; Amaral *et al.*, 2012).

De modo geral, esta interpretação está de acordo com os dados verificados neste trabalho, mostrando aumento das frequências dos elementos arbóreos a partir de 3.800 anos AP, após a regressão da linha de costa. Os táxons relativos à chegada dos elementos florestais nos poços PCSC-01 e PCSC-02 são intimamente sincrônicos com o evento regressivo, como reflexo das variações do clima durante o Holoceno (Lorscheitter, 2003; Amaral *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2012). Em ambos os poços, ainda são registrados táxons externos à flora local, como *Araucaria angustifolia* e *D. sellowiana*, relacionados à Floresta Ombrófila Mista e vales do Planalto, assim como as exóticas *Alnus* (floras Chaquenha e Andes subtropicais-tropicais (Markgraf & D'Antoni, 1978) e *Nothofagus*, de distribuição austral-antártica, na América do Sul (Romero, 1977).

Do ponto de vista paleoclimático durante o Pleistoceno Tardio, alguns autores indicam a presença de formações tipicamente campestres para as terras altas do Planalto do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, com vegetação adaptada a um clima mais seco e temperaturas mais baixas. Este cenário climático favoreceu o desenvolvimento de táxons adaptados a estas condições, com manutenção da vegetação campestre (Behling *et al.*, 2004). Para a Serra de Araçatuba, Estado do

Paraná, Behling (2007) sugere temperaturas mais baixas na ordem de 5 - 7°C; somente depois de 12.300 anos AP, as florestas tipicamente tropicais teriam substituído as comunidades herbáceas características dos campos de altitude.

A partir do Holoceno houve períodos com maior incidência e intensidade de chuvas, provavelmente correlacionados com mudanças nas condições climáticas e atmosféricas (Martin *et al.*, 1993). O evento caracterizado como *climatic optimum* descrito para o Holoceno por Berglund (1986) revela um sincronismo com o último máximo eustático documentado na costa brasileira (Suguio, 2010).

Somente no Holoceno Médio, com o desenvolvimento da flora regional arbórea na Planície Costeira sul-catarinense, os registros palinológicos indicam sinais de mudanças climáticas para condições mais quentes e úmidas, especialmente após 3.800 anos AP. O desenvolvimento da vegetação nos locais estudados está intimamente relacionado com esta melhoria climática registrada no Holoceno médio, bem como com oscilações no nível eustático marinho e aporte sedimentar.

4. Principais conclusões

Os dados obtidos na execução desta tese são sumarizados a seguir:

- A identificação 116 palinóforos relacionados a grupos de fungos, algas, acritarcas, briófitos, pteridófitos, gimnospermas, angiospermas, palinoforaminíferos além de palinóforos outros e fragmentos de invertebrados.
- Análise de 09 amostras de sedimentos superficiais e interpretação do espectro palinológico com os tipos de fitofisionomia dos pontos estudados;
- Identificação de espécies calcárias ocorrentes nos níveis estudados dos poços PCSC-01 (14 espécies) e PCSC-03 (28 espécies), incluindo moluscos gastrópodes e bivalves, foraminífero, ostracodes e espinhos indeterminados de equinodermas.

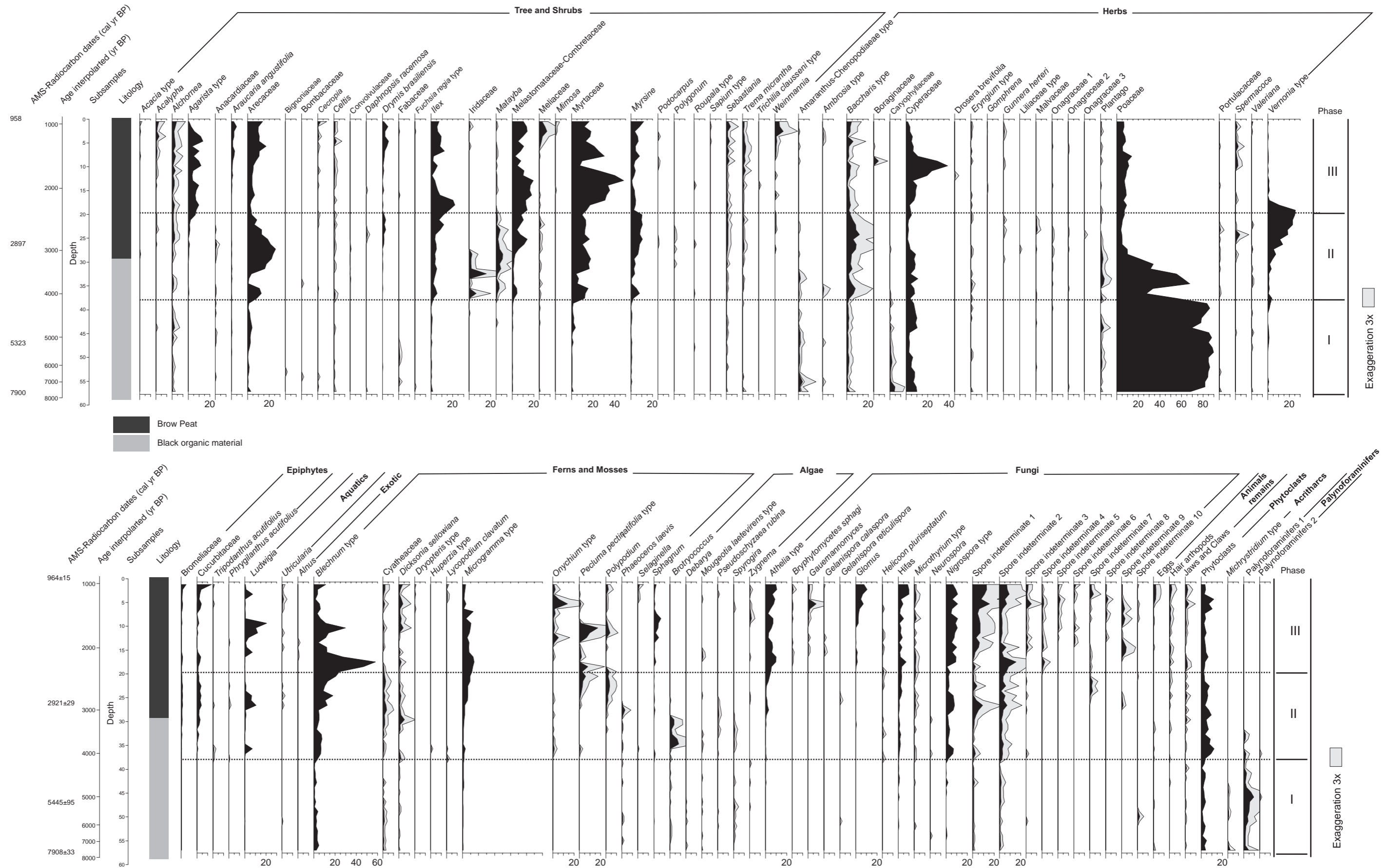
- Datações radiocarbônicas de sete amostras em ambos os poços identificam a porção mais basal dos poços desenvolvendo-se a partir do Holoceno inicial (7.900 anos AP);
- A integração dos dados palinológicos com resultados altimétricos realizados no topo dos poços bem como na região da Barrinha, elucidaram questões de posicionamento em relação aos níveis marinhos, principalmente aqueles relacionados à última transgressão.

A integração desses dados permitiu a elaboração da evolução paleoambiental da área representada pelos dois poços, compreendendo três fases distintas.

A **Fase I**, representa a influência marinha sob o continente, com posterior rebaixamento do nível do marinho. A **Fase II**, interpretada como transicional, passando de um ambiente tipicamente lagunar para um pântano salobro, primeiramente, com dessalinização ao qual condicionou a expansão da floresta sobre estes novos sedimentos, e que posteriormente configuram a **Fase III**, com a consolidação da floresta.

Sendo assim, os dados palinológicos integrados a outras análises sugerem que o domínio de elementos florestais é de fato muito recente para a região sul do Brasil e, especificamente, para o sul de Santa Catarina, com expansão nítida, somente a partir do Holoceno médio. Os táxons arbóreos colonizaram essas áreas migrando das terras mais altas para as planícies de inundação da antiga paleolaguna e principalmente após o rebaixamento e estabilização do nível marinho ocorrido por volta de 3.800 anos AP. Os poços puderam ser calibrados do ponto de vista altimétrico confirmando um nível de mar mais elevado e corroborando para interpretação das três fases neste sentido. Um modelo hipotético visando as tendências gerais da evolução dos paleoambientes para a região sul de Santa Catarina (Fases I, II e III) é apresentado na figura III. 6.

Figura III. 2: Diagrama palinológico de porcentagem de Santa Rosa do Sul, PCSC-01 (modificado de Cancelli, *et al.*, 2012, submetido)



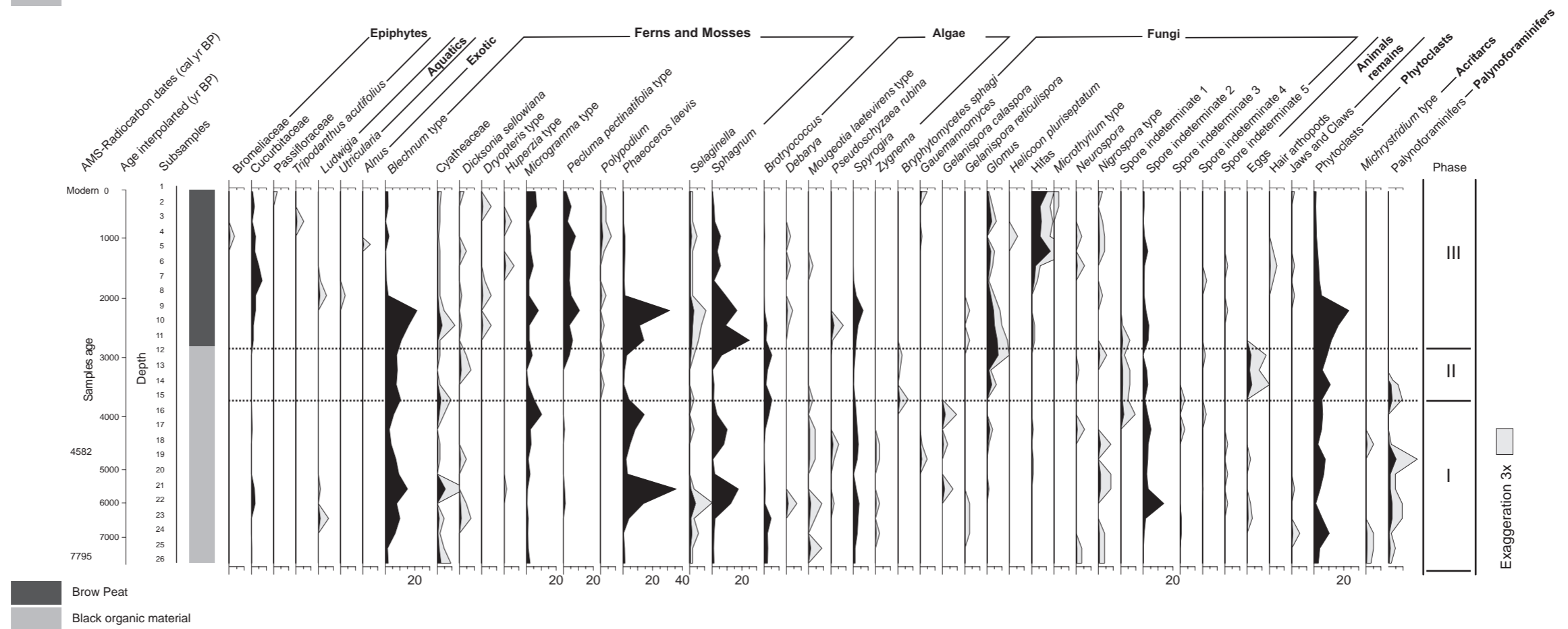
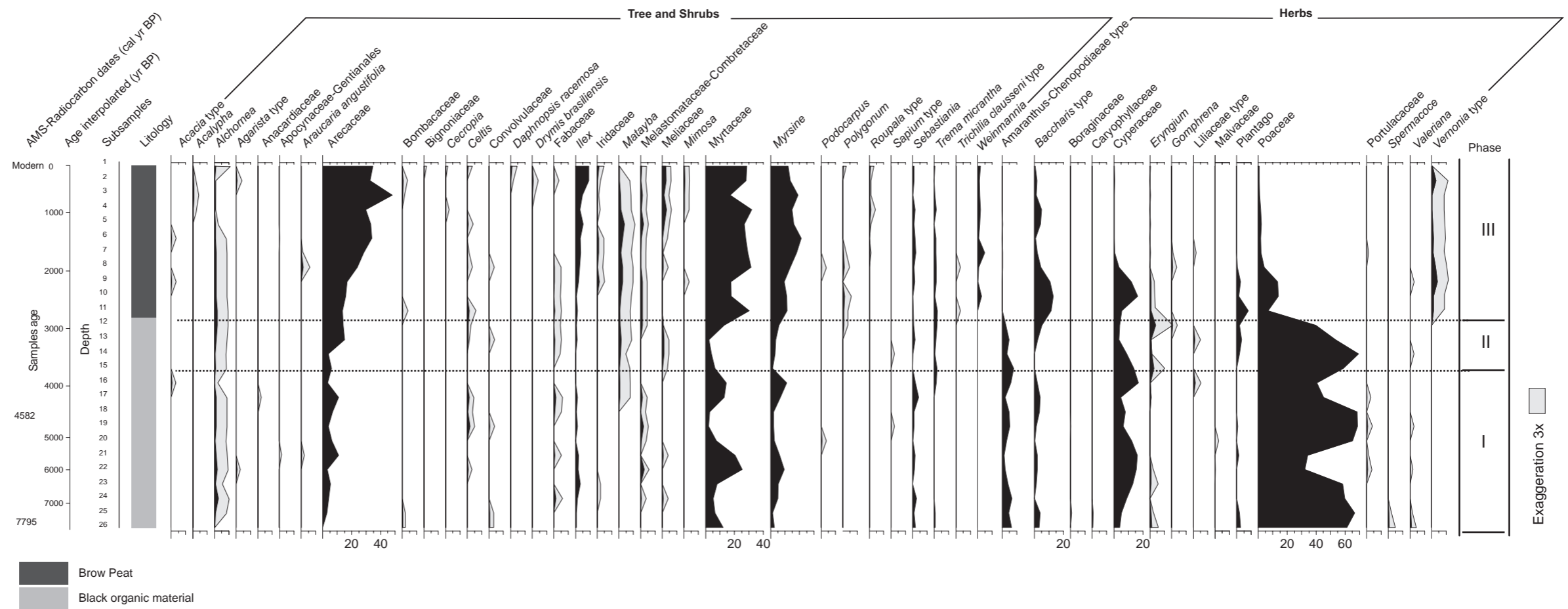
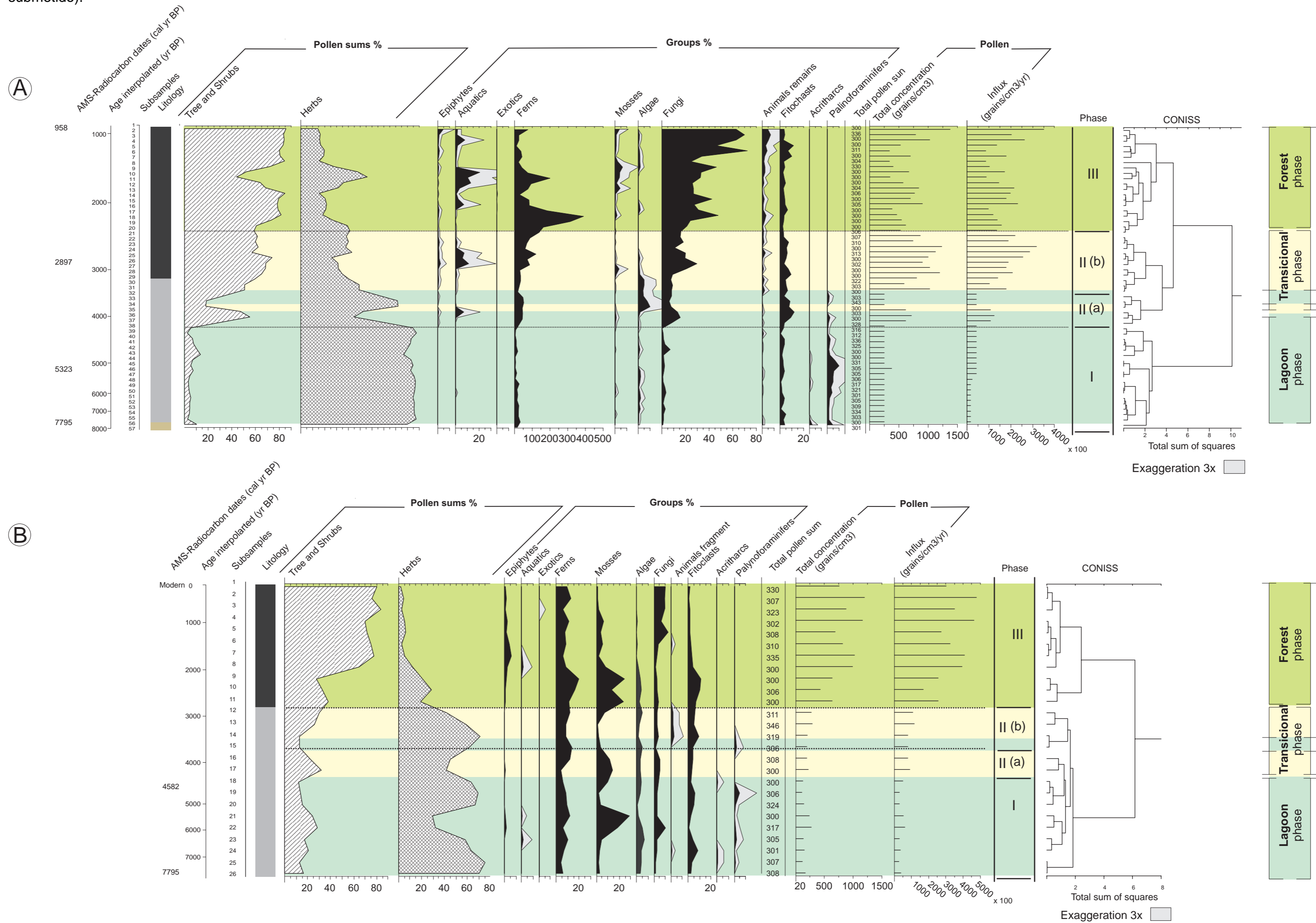


Figura III. 4 - Diagrama palinológico de concentração polínica e análise cluster (CONISS); A. Santa Rosa do Sul e B. São João do Sul (modificado de Cancelli, *et al.*, 2012, submetido).



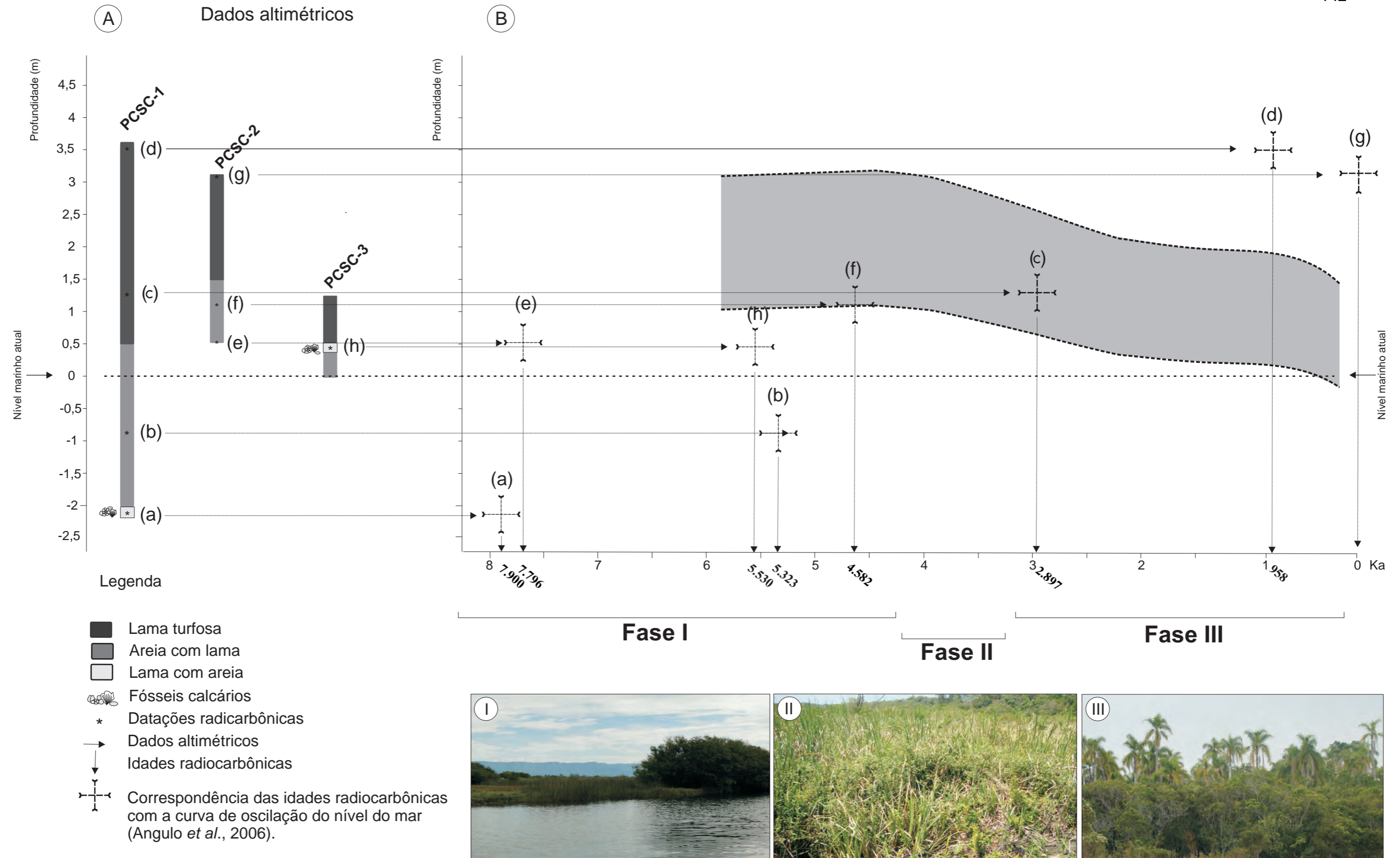


Figura III.5: Interpretação das informações obtidas para os poços estudados: A. Posicionamento planoaltimétrico dos três locais estudados a partir de dados levantados em campo, com indicação das idades radiocarbônicas. B. correlação dos dados dos poços com a curva do nível do mar interpretada por Angulo *et al.* (2006) para o sul de Santa Catarina, indicando as fases (I, II e III) aqui propostas.

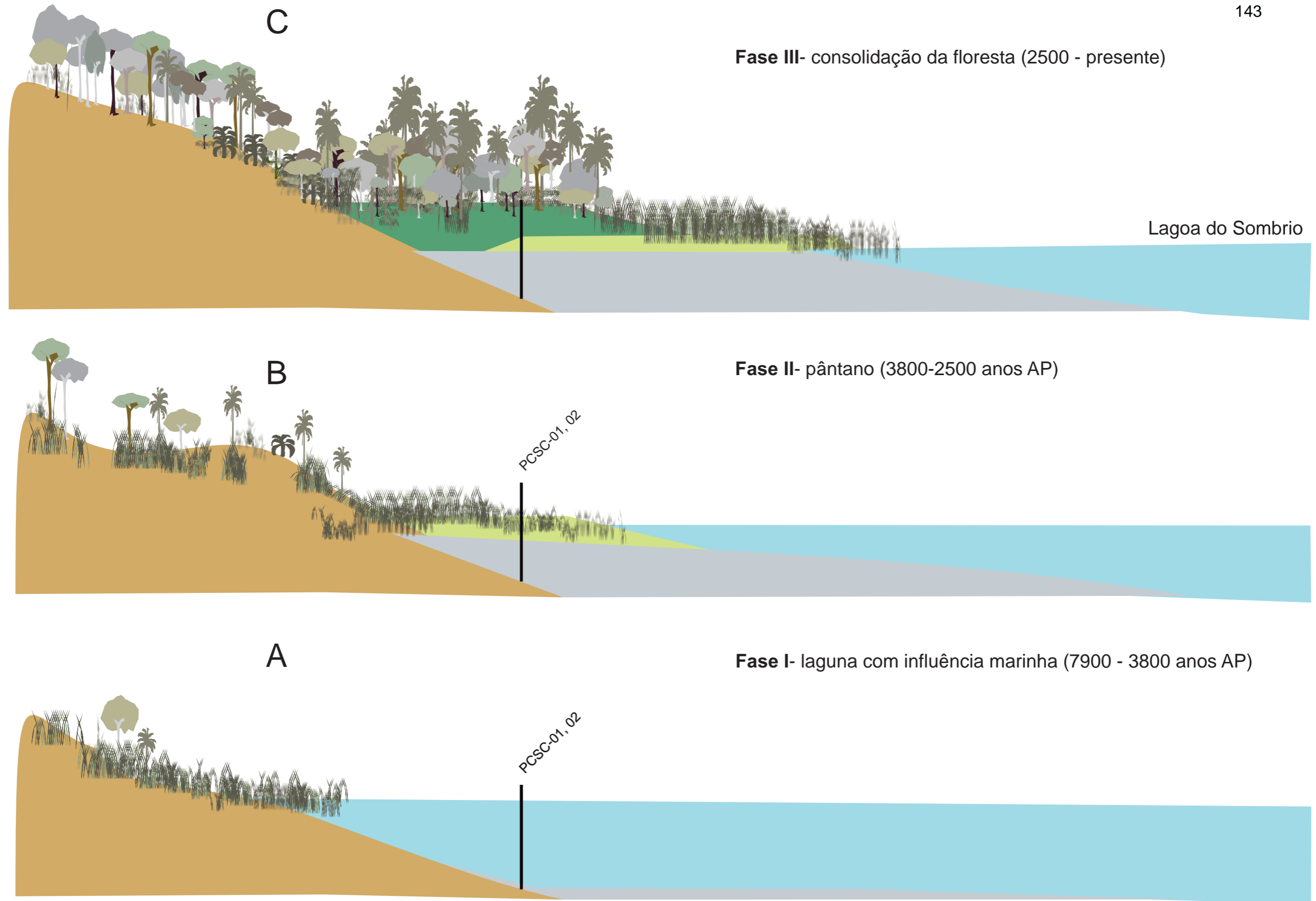


Figura III.6: Modelo hipotético para as fases paleoambientais (I, II e III) identificadas na margem oeste da Lagoa do Sombrio, região sul da Planície Costeira de Santa Catarina através de informações palinológicas: A. Deposição de sedimentos lagunares com influência marinha; B. Abandono da margem lagunar da área dos poços com desenvolvimento de um pântano; C. Acúmulo de matéria orgânica por agradação da floresta.

Referências bibliográficas

- Alexopoulos, C.J.; Mims, C.W. & Blackwell, M. 1996. *Introductory Mycology*. 4 ed. New York, John Wiley & Sons, 869p.
- Almeida, F.F.M. de. 1967. *Origem e evolução da plataforma brasileira*. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia do DNPM. 241, 36p.
- Amaral, P.G.C., Giannini, P.C.F., Silvestre, F. & Pesseda, L.C.R. 2012. Paleoenvironmental reconstruction of a Late Quaternary lagoon system in southern Brazil (Jaguaruna region, Santa Catarina state) based on multi-proxy analysis. *Journal of Quaternary Science*, 27(2): 181–191.
- Angulo, R.J., Giannini, P.C.F., Suguio, K. & Pessenda, L.C.R. 1999. Relative sea-level changes in the last 5.500 years in southern Brazil Laguna–Imbituba region, Santa Catarina State based on vermetid ¹⁴C ages. *Marine Geology*, 159: 323-339.
- Angulo, R.J, Lessa, G. & 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 - II. Angiosperm Phylogeny Group. 2003. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 141: 399-436.
- Backes, P. & Irgang, B. 2002. *Árvores do Sul: guia de identificação e interesse ecológico*. Santa Cruz do Sul, Instituto Souza Cruz, 325p.
- Backes, P. & Irgang, B. 2004a. *Mata Atlântica: as árvores e a paisagem*. Porto Alegre, Paisagens do Sul, 393p.
- Backes, P. & Irgang, B. 2004b. *Árvores cultivadas no sul do Brasil: guia de identificação e interesse paisagístico das principais espécies exóticas*. Porto Alegre, Paisagem do Sul, 204p.

- Barth, O.M. & Melhem, T.S. 1988. *Glossário ilustrado de palinologia*. Campinas, UNICAMP, 77p.
- Bauermann, S.G. 2003. *Análises palinológicas e evolução paleovegetacional e paleoambiental das turfeiras de Barrocas e Águas Claras, Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil*. Porto Alegre, 137p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Behling, H. 1993. *Untersuchungen zur spätpleistozänen und holozänen vegetations und klimageschichte der tropischen küstenwälder in Santa Catarina (südbrasilien)*. Dissertationes Botanicae - Band 206, Berlin: Cramer, 149p.
- Behling, H. & Lichte, M. 1997. Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical Southeastern Brazil. *Quaternary Research*, 48: 348-358.
- Behling, H.; & Negrelle, R.R.B. 2001. Tropical rain forest and climate dynamics of the Atlantic lowland, southern Brazil, during the Late Quaternary. *Quaternary Research*, 56: 383-389.
- Behling, H.; Pillar, V. & Bauermann, S.G. 2004. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, inferred from a high-resolution pollen record of Cambará do Sul in southern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 203: 277-297.
- Behling, H.; Pillar, V.; Müller, S.C. & Overbeck, G. 2007. Late-Holocene fire history in a forest-grassland mosaic in southern Brasil: Implications for conservation. *Applied Vegetation Science*, 10: 81-90.
- Berglund, B.E. & Ralska-JAsiewiczowa, M. 1986. *Pollen analysis and pollendiagrams*. In: Berglund, B.E. (Ed.). *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Wiley, New York, p. 455-484.
- Bittencourt, A.C.S. P., Martin, L., Villas Boas, G.S., Flexor, J.M. The marine formation of the coast of the State of Bahia. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON

COSTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, 1978, São Paulo. *Resumos Expandidos...* IGCP, Project 61, p. 232-253.

Bold, H.C.; Alexopoulos, C.J. & Delevoryas, T. 1987. *Morphology of Plants and Fungi*. 5 ed. New York, Harper & Row, 912p.

Cancelli, R.R.; Souza, P.A. & Neves, P.C.P. 2012a. Fungos, criptógamas e outros palinómorfos holocênicos (7908±30 anos AP-atual) da Planície Costeira sul-catarinense, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. 26(1): 27-44.

Cancelli, R.R.; Souza, P.A. & Neves, P.C.P. 2012b. Grãos de pólen de angiospermas do Holoceno (7908±30 anos AP-atual) da Planície Costeira sul-catarinense, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 26(4), no prelo.

Carvalho, P.E.R. 2003. *Espécies arbóreas brasileiras*. Vol. 1., Brasília, Embrapa-Florestas, Informação Tecnológica, 1039p.

Carvalho, P.E.R. 2006. *Espécies arbóreas brasileiras*. Vol. 2., Brasília, Embrapa-Florestas, Informação Tecnológica, 627p.

Carvalho, P.E.R. 2008. *Espécies arbóreas brasileiras*. Vol. 3., Brasília, Embrapa-Florestas, Informação Tecnológica, 604p.

Closs, D. & Forti, I.R. da S. 1971. Quaternary mollusks from the Santa Vitoria do Palmar county. *Iheringia, Série Geologia*, 4: 19-58.

Coimbra, J. C.; Costa, B. K. & Fauth, G. 2006. Palaeoenvironmental significance of allochthonous vs. autochthonous Late Quaternary ostracodes from Imaruí lagoon and D'Una river, southern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 9(3): 295-302.

Colinvaux, P.A., De Oliveira, P.E. & Moreno, J.E. 1999. *Amazon pollen manual and atlas*. Harwood Academic Press, New York. 332 pp.

- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em: 09 fev. 2011.
- Cordeiro, S. H. & Lorscheitter, M. L. 1994. Palynology of Lagoa dos Patos sediments, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Paleolimnology*, 10: 35-42.
- Cordeiro, S.H. 1991. *Palinologia de sedimentos da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil*. Porto Alegre, 212p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Cronquist, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. New York, Columbia University Press, 1262p.
- De Oliveira, P.E.; Behling, H.; Ledru, M.P.; Barberi, M.; Bush, M.; Salgado-Labouriau, M.L.; Garcia, M.J.; Medeanic, S.; Barth, O.M.; Barros, M.A. & Schell-Ybert, R. 2005. Paleovegetação e paleoclimas do Quaternário do Brasil. *In*: Souza CRG et al. (Ed.). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, p. 52-74.
- Dias, J.L.; Sad, A.R.E.; Fontana, R.L. & Feijó, F.J. 1994. Bacia de Pelotas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8(1): 235-245.
- Diehl, F.L. & Horn Filho, N.O. 1996. Compartimentação geológica-geomorfológica da zona litorânea e planície costeira do Estado de Santa Catarina. *Notas Técnicas*, 9: 90-93.
- Dillenburg, L.R., Waechter, J.L. & Porto, M.L. 1992. Species composition and structure of a sandy coastal plain forest in northern Rio Grande do Sul, Brazil. *In*: *Coastal plant communities of Latin America* (Ed.). Academic Press Inc., São Diego, p.349-366.
- Dillenburg, S.R., Tomazelli, L.J., Barbosa, E.G., Clerot, L.C.P., Silva, D.B., Hesp, P.A. 2006. Stratigraphy and evolution of a prograded transgressive dunefield barrier in southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, 39: 131-134.

- Dillenburg, S.R.; Barboza, E.G.; Tomazelli, L.J.; Hesp, P.A.; Clerot, L.C.P. & Ayup-Zouain, R.N. 2009. The Holocene Coastal Barriers of Rio Grande do Sul. *In*: Dillenburg, S.R. & Hesp, P.A. (Ed.) *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil*. Berlin-Springer-Verlag, p. 53-91.
- Erdtman, G. 1952. *Pollen morphology and plant taxonomy - Angiosperms*. Stockholm, Almqvist & Wiksell, 539p.
- Erdtman, G. 1960. The acetolysis method: a revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 54(4): 561-564.
- Faegri, K. & Iversen, L. 1989. *Textbook of pollen analysis*. 4 ed., New York Hafner Pub., 486p.
- Falkenberg, D.B. 1999. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, Sul do Brasil. *Insula*, 28: 1-30.
- Folk, R. L. & Ward, W. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, 27: 3-26.
- Forti, I.R. Da S. 1971. *Paleoecologia dos moluscos cenozóicos da planície costeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 53p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Forti-Esteves, I.R. 1974. Bioestratigrafia e paleoecologia (Mollusca) do Quaternário da planície costeira do Rio Grande do Sul (Brasil). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. Anais ... Porto Alegre: SBG, v.3, p. 133-149.
- Forti-Esteves, I.R. 1986a. Moluscos quaternários provenientes de sondagem efetuada em Albatroz, RS. *Acta Geológica Leopoldensia*, 10: 57-64.
- Forti-Esteves, I.R. 1986b. *Análise faunística do concheiro natural de Nova Brasília, Santa Catarina*. Rel Fin Pesq Florianópolis, DNPM (Inédito).

- Giannini, P.C.F. 2002. Complexo lagunar Centro-sul catarinense: valioso patrimônio sedimentológico, arqueológico e histórico. *In*: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M. & Berbert-Born, M.L.C. (Ed.). *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), Brasília, 554p.
- Giannini, P.C.F., Sawakuchi A.O., Martinho C.T. & Tatumi S.H. 2007. Eolian depositional episodes controlled by Late Quaternary relative sea level changes on the Imbituba-Laguna coastal zone (southern Brazil). *Marine Geology*, 237:143-168.
- Grimm, E.C. 1987. CONISS: a Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by method of the incremental sum of squares. *Computers & Geosciences*, 13: 13-35.
- Guiry, M.D. & Dhoncha, E. 2004. Algae database. Disponível em: <<http://www.algaebase.org>>. Acesso em: 16 Jan. 2010.
- Heusser, C.J. 1971. *Pollen and spores of Chile*. University of Arizona Press, Tucson, 167p.
- Hooghiemstra, H. 1984. Vegetational and climatic history of the high plain of Bogotá, Colombia: a continuous record of the last 3.5 million years. *In*: Van Der Hammen (Ed.). *The Quaternary of Colombia*. J. Cramer, Amsterdam, 368p.
- Horn Filho, N.O. 2006. Granulometria das Praias Arenosas da Ilha de Santa Catarina, SC. *Gravel*, 4: 1-21.
- Horn filho, N.O.; Melo, A.T. de; Ribeiro, D.; Souza, D.R. de; Neves, J.; Pietro-Filho, J. E. de; Mudat, J. E.; Kitahara, M. V.; Oliveira, U. R. 2008. Geologia da planície costeira da folha Sombrio, Santa Catarina, Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43., 2008, Aracaju. Anais... Aracaju, SBG, p. 230-235.

- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. 1981a. Mapa planialtimétrico da folha Praia Grande – SC. Escala 1:50.000.
- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. 1981b. Mapa planialtimétrico da folha Sombrio. Escala 1:50.000.
- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. 1992. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro, 92p. (Manuais Técnicos em Geociências, 1).
- Index Fungorum. 2009. Disponível em: <<http://www.speciesfungorum.org>>. Acesso em: 16 jan. 2009.
- INPI. The International Plant Names Index, 2010. Disponível em: <<http://inpi.org>>.
- Irgang, B.E. & Gastal Jr. C.V. de S. 1996. *Macrófitas aquáticas da Planície Costeira do RS*. Porto Alegre, 290p. (Produção independente).
- Klemme, H.D. 1971. The Giants and the Supergiants. Part. II. To Find the Right Basin. *Oil and Gas Journal*, 103-110.
- Klein, R.M. 1978. *Flora ilustrada catarinense: mapa fitogeográfico do Estado de Santa Catarina*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, V Parte - mapa fitogeográfico.
- Köppen, W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Econômica. México. 479p.
- Kotzian, S.B. & Eilert, V. 1985. Ostracodes Mio-pleistocênicos da perfuração Chuí nº364 (Bacia de Pelotas), Uruguai. *Acta Geológica Leopoldensia*, 9(29):81-94.
- Leal, M. G. & Lorscheitter, M. L. 2006. Palinologia do Holoceno em perfil sedimentar de uma mata tropical paludosa junto à Encosta Inferior do Nordeste, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica*, 61(1-2): 3-15.

- Leal, M.G. & Lorscheitter, M.L. 2007. Plant succession in a forest on the Lower Northeast Slopes of Serra Geral, Rio Grande do Sul, and Holocene palaeoenvironments, Southern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 21(1): 1-10.
- Leonhardt, A. 2007. *Mudanças Vegetacionais e Climáticas no Planalto Leste do Rio Grande do Sul, Brasil, durante os últimos 25.000 anos*. Porto Alegre, 124p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Leonhardt, A. & Lorscheitter, M. L. 2007. Palinomorfos 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): 45-57.
- Lorenzi, H. & Souza, H.M. de. 2001. *Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras*. 3 ed., Nova Odessa, Instituto Plantarum, 1088p.
- Lorenzi, H. 2000. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. 3 ed., Nova Odessa, Instituto Plantarum, 608p.
- Lorenzi, H. 2002a. *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. 4 ed., Vol 1., Nova Odessa, Instituto Plantarum, 368p.
- Lorenzi, H. 2002b. *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil*. 2 ed., Vol 2., Nova Odessa, Instituto Plantarum, 368p.
- Lorenzi, H.; Souza, H.M. de; Costa, J.T.M.; Cerqueira, L.S.C. de & Ferreira, E. 2004. *Palmeiras Brasileiras e exóticas cultivadas*. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 415p.
- 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. & Dillenburg, S.R. 1998. Holocene palaeoenvironmental 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*, 11:73-98.
- 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.
- Macedo, R.B.; Cancelli, R.R.; Bauermann, S.G.; Neves, P.C.P. das & Bordignon, S.A.de L. 2007. Palinologia de níveis do Holoceno da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (localidade de Passinhos), Brasil. *Revista Gaea Unisinos*, 3(2):68-74.
- Macedo, R.B.; Souza, P.A. & Bauermann, S. G. 2009. Catálogo de pólenes, esporos e demais palinomorfos em sedimentos holocênicos de Santo Antonio da Patrulha, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia serie Botânica*, 62 (2): 43-78.
- Madeira-Falcetta, M.; Thiesen, Z. V.; Kotzian, S. B.; Godolphim, M. F. 1980. Interpretação de dois testemunhos de sondagem (PDS-3 e ALB) na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, 13: 91-107.
- Mamede, M.C.H.; Cordeiro, I.; Rose, L.; Fiuza de Mello, M.M.da R. & Oliveira, R.D.J. 2004. Mata Atlântica. In: Marques, O.A.V. & Duleba, W. (Ed.). *Estação Ecológica Jureia-Itatins - ambiente físico, flora e fauna*, p.115-151.
- Markgraft, V. & D'Antoni, H. 1978. *Pollen Flora of Argentina*. Phoenix: The University of Arizona Press, 208p.

- Martin, L. & Suguio, K. 1986. Coastal quaternary deposits of the states of Paraná and Santa Catarina. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SEA LEVEL CHANGES AND QUATERNARY SHORELINES*. Special Publication, 124p.
- Martin, L.; Suguio, K.; Flexor, J. M.; Azevedo, A.E.G. 1988. Mapa geológico do Quaternário costeiro dos estados do Paraná e Santa Catarina. Série Geologia. Seção Geologia Básica. *DNPM: Brasília*, 28: 1-40.
- Martin, L. Suguio, K.; Flexor, J.M. 1993. As flutuações do nível do mar durante o Quaternário Superior e a evolução geológica dos “deltas” brasileiros. *Boletim do IG-USP*, 15: 86p.
- 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 da Universidade Guarulhos – Geociências*, 4(6): 64-76.
- Medeanic, S. 2006. Freshwater algal palynomorph records from the Holocene deposits in the coastal plain of Rio Grande do Sul. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141(1-2): 83–101.
- Medeanic, S.; Hirata, F. & Dillenburg, S.R. 2010. Algal Palynomorphs Response to Environmental Changes in the Tramandai Lagoon, Southern Brazil, and Climatic Oscillations in the 20th Century. *Journal of Coastal Research*, 26: 726-735.
- Mendes, I.L.V. 1993. *Malacofauna, Paleoecologia e Biofácies de sedimentos holocênicos da Planície Costeira de Imbituba e Imaruí, Santa Catarina, Brasil*. Porto Alegre, 309p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Meyer, K.E.B.; Mendonça Filho, J.G.; Ashraf, A.R.; Souza, P.A. & Reichhart, K. 2005. Análise de Palinofácies em sedimentos holocênicos da lagoa dos Quadros, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 8(1):57-72.

Missouri Botanical Garden. 2010. Disponível em: <<http://mobot.org>>.

Moore, P.D.; Webb, J.A. & Collinson, M.E. 1998. *Pollen analysis*. England, Blackwell, 216p.

Mosimann, J.E. 1965. Statistical methods for the pollen analyst: multinomial and negative multinomial techniques. *In*: Kummel, B. & Raup, D. (Ed.). *Multinomial and negative multinomial techniques*. W.H. Freeman, San Francisco, p. 636-673.

Mudat, J. E.; Melo, A.T.; Ribeiro, D.; Souza, D.R.; Neves, J.; Di Pietro Filho, J. E.; Kitahara, M. V.; Horn Filho, N. O.; Oliveira, U. R. Geologia e Geomorfologia costeira da Folha Sombrio, SC. *In*: IV SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA., 2006. Resumo... 1-13.

Neves, P.C.P. das. 1991. *Palinologia de sedimentos de uma Mara tropical paludosa em Terra de Areia, Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 247p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Neves, P.C.P. 1998. *Palinologia de sedimentos quaternários no estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Guaíba e Capão do Leão*. Porto Alegre, 513p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Neves, P.C.P. das. & Bauermann, S.G. 2003. Catálogo palinológico de coberturas quaternárias do Estado do Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. Descrições Taxonômicas Parte - I: fungos, algas, palinomorfos outros e fragmentos de invertebrados. *Pesquisas Série Botânica*, 53: 121-149.

Neves, P.C.P. das. & Bauermann, S.G. 2004. Catálogo palinológico de coberturas quaternárias do Estado do Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. Descrições Taxonômicas Parte - II: Bryophyta e Pteridophyta. *Pesquisas Série Botânica*, 55: 227-251.

- Neves, P.C.P. das. & Cancelli, R.R. 2006. Catálogo palinológico em sedimentos do final do Neógeno no Estado do Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. Taxonomia Parte - IV: Magnoliophyta I (Magnoliopsida). *Gaea*, 2(2): 75-89.
- Neves, P.C.P. das & Lorscheitter, M.L. 1992. Palinologia de sedimentos de uma Mara tropical paludosa em Terra de Areia, Rio Grande do Sul, Brasil. Descrições taxonômicas, Parte I: Fungos, algas, briófitos, pteridófitos, palinomorfos outros e fragmentos de invertebrados. *Acta Geológica Leopoldensia*, 36: 83-114.
- Neves, P.C.P. & Lorscheitter, M.L. 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 Geológica Leopoldensia*, 18(41): 45-82.
- Nimer, E. 1979. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 422 p.
- Oliveira, M.A.O., Porsani, J.L, Lima, G.L., Jeske-Pieruschka, V. Behling, H. 2012. Upper Pleistocene to holocene wetland evolution in southern Brazilian highlands as depicted by radar stratigraphy, sedimentation and palynology. *Quaternary research*, 77: 397-407.
- Pitoni, V.L.L. 1993. *Moluscos Cenozóicos de subsuperfície em Imaruí, Santa Catarina, Brasil: Paleoecologia, Transgressões e Regressões*. Porto Alegre, 269p. (v. 1 e 2). Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Porto, M.L. & Dillenburg, L.R. 1986. Fisionomia e composição florística de uma mata de restinga da Estação Ecológica do Taim, Brasil. *Ciência e Cultura*, 38: 1228-1236.
- Punt, W.; Blackmore, S.; Nilsson, S. & Thomas, A. 2007. Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotanic and Palynology*, 143: 1-81.

- Reimer, P.J.; *et al.* 2009. "IntCal09 and Marine09 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0–50,000 Years cal BP". *Radiocarbon*, 51(4): 1111–1150.
- Reitz, R. 1961. Vegetação da zona marítima de Santa Catarina. *Sellowia*, 13(163): 17-115.
- Reitz, R.; Klein, R.M. & Reis, A. 1988. *Projeto Madeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Corag. 525p.
- Rios, E.C. 1994. *Seashells of Brazil*. Rio Grande do Sul. Fundação Universidade de Rio Grande, Instituto Acqua, Museu Oceanográfico de Rio Grande, Universidade de Rio Grande, 368p.
- Romero, E. J. 1977. *Polen de gimnospermas e fagáceas de La formación Rio Turbio (Eoceno), Santa Cruz, Argentina*. Buenos Aires: FECC, 224p.
- 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.
- Roubik, D.W.; Moreno, J.E. 1991. *Pollen and spores of Barro Colorado Island*. St. Louis, Missouri Botanical Garden, 270p.
- Ruppert, E.E. & Barnes, R.D. 1996. *Zoologia dos invertebrados*. 6 Ed. São Paulo, Roca, 1029p.
- Salgado-Labouriau, M.L. 1973. *Contribuição à palinologia dos cerrados*. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 285p.
- Salgado-Labouriau, M.L. 2007. *Crítérios e técnicas para o Quaternário*. São Paulo, Edgard Blücher, 387p.
- Scherer, C. 2008. *Sucessão vegetal e reconstituição de paleoambientes no interior de matas com Araucária, Planalto leste do Rio Grande do Sul, Brasil*. Porto

Alegre. 130p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. S

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.

Schneider, P.T.H. 2012. Análise paleopalinológica de sedimentos do Quaternário sul-catarinense. Porto Alegre, 71p. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Ciências Biológicas - Biologia Marinha, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Shepard, F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *J. sedim. Petrology*, 24(3): 151-158.

Silva, A.B.; Barboza, E.G.; Rosa, M.L.C.C.; Fracalossi, F.G. 2010. Caracterização dos Depósitos Sedimentares em Subsuperfície no Setor Meridional da Planície Costeira Sul de Santa Catarina. *Gravel*, 8: 1-7.

Silva, A. B. 2011. *Análise estratigráfica da barreira transgressiva holocênica na região da Lagoa do Sombrio*. Porto Alegre, 65p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Sobral, M.; Jarenkow, J.A.; Brack, P.; Irgang, B.; Larocca, J. & Rodrigues, R.S. 2006. *Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil*. São Carlos/Porto Alegre, Rima, 350 p.

Souza, V.C. & Lorenzi, H. 2005. *Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II*. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 608p.

Souza, P.A., Felix, C.M. & Cancelli, R. R. 2009. Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio

Grande do Sul. *Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología*, v. 13, p. 163-176.

Stockmarr, J. 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores*, 13: 615-621.

Suguio, K. & Martin, L. 1978. Quaternary marine formations of the states of São Paulo and southern Rio de Janeiro. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, 1978, São Paulo. Special Publication...* São Paulo, v.1, p. 1-55.

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(4): 273–286.

Suguio, K. 2010. *Geologia do quaternário e mudanças ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos, 408p.

Traverse, A. 1988. *Paleopalynology*. London, Unwin Hyman, 600p.

Tryon, R.M. & Tryon, A.F. 1982. *Ferns and Allied Plants*. New York, Springer-Verlag. 857p.

Villwock, J.A., Tommazelli, L.J., Loss, E.L., Horn, N.H., Bachi, F.A., Dehnhardt, B.A. (1986) Geology of the Rio Grande do Sul coastal province. *In: Rabassa J (Ed) Quaternary of South America Antarctica Peninsula*, vol 4. Balkema, Rotterdam, p 79-97.

Villwock, J.A. & Tomazelli, L.J. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. *Notas Técnicas*, 8: 1-45.

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.

- Waechter, J. L. & Jarenkow, J. A. 1998. Composição e estrutura do componente arbóreo nas matas turfosas do Taim, RS. *Biotemas*, 11 (1): 45-69.
- Waechter, J.L. 1990. Comunidades vegetacionais das restingas do Rio Grande do Sul *In*: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, 1990, Águas de Lindóia. Anais... ACIESP, v.3, p. 228-248.
- Waechter, J.L. 1992. *O epifitismo vascular na planície costeira do Rio Grande do Sul*. 163f. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Wahrlich, R.; Silva, H.N.; Oliveira, F.H.; Figueiredo, L. F. F. G.; Renuncio, L.E.; Sato, S. 1997. Caracterização Ambiental da Lagoa do Sombrio. *In*: Sheibe, L. F. Pellerin, J. *Qualidade Ambiental de Municípios de Santa Catarina: O Município de Sombrio*. FEPEMA, Florianópolis, p. 115-128.
- Werneck, P. & Lorscheitter, M.L. 2001. Paleambientes dos últimos milênios na zona da mata do faxinal, Torres, Rio Grande do Sul, Brasil, através de um estudo de sucessão vegetal. *In*. CONGRESSO DA ABEQUA, MUDANÇAS GLOBAIS E O QUATERNÁRIO, 7., 2001, Imbé. Anais...Porto Alegre, ABEQUA, p. 405-406.