

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS**  
**Programa de Pós-Graduação em Geologia – PPGeo**

# **Tese de Doutorado**

**CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL A PARTIR DOS COMPONENTES  
ORGÂNICOS PARTICULADOS EM DEPÓSITOS BIOTURBADOS DO BLOCO  
CENTRAL DA JAZIDA CARBONÍFERA DO IRUÍ (CACHOEIRA DO SUL, RS)**

**Adriana Rost Rossi**

**Orientadora:**

***Profª Dra Renata Guimarães Netto***

15 dezembro de 2008

**ADRIANA ROST ROSSI**

**CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL A PARTIR DOS COMPONENTES  
ORGÂNICOS PARTICULADOS EM DEPÓSITOS BIOTURBADOS DO BLOCO  
CENTRAL DA JAZIDA CARBONÍFERA DO IRUÍ (CACHOEIRA DO SUL, RS)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, para obtenção do título de Doutor (Área de Concentração em Paleontologia Aplicada).

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Renata Guimarães Netto

UNISINOS/CCET/PPGeo



## Ficha Catalográfica

Rossi, Adriana Rost

Caracterização paleoambiental a partir dos componentes orgânicos particulados em depósitos bioturbados do Bloco Central da Jazida Carbonífera do Iruí (Cachoeira do Sul, RS). Adriana Rost Rossi, Rio Grande do Sul, 2008.

Tese – Doutorado – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

1. Paleopalínologia – Palinofácies – Permiano
2. Paleopalínologia – Paleoicnologia – Rio Bonito - Palermo

**ATESTADO DE APROVAÇÃO**

Atestamos que a tese de Doutorado


**“CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL A PARTIR DOS COMPONENTES  
ORGÂNICOS PARTICULADOS EM DEPÓSITOS BIOTURBADOS DO BLOCO  
CENTRAL DA JAZIDA CARBONÍFERA DO IRUÍ (CACHOEIRA DO SUL, RS)”**

apresentada por **ADRIANA ROST ROSSI** foi aceita e aprovada como atendimento parcial  
aos requisitos para a obtenção do grau de **DOUTOR EM GEOLOGIA**.

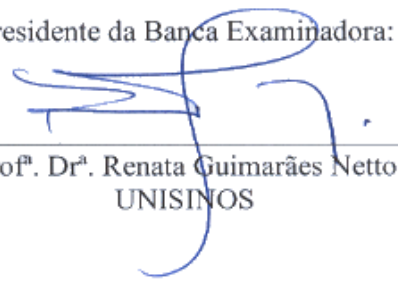
Banca Examinadora:

  
Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho  
UFRJ

  
Prof. Dr. Ricardo da Cunha Lopes  
CPRM

  
Prof. Dr. Ernesto Luiz Correa Lavina  
UNISINOS

Presidente da Banca Examinadora:

  
Prof. Dr. Renata Guimarães Netto  
UNISINOS

São Leopoldo, 15 de dezembro de 2008.

*“Quero, um dia, dizer às pessoas que nada  
foi em vão...”*

*Que o amor existe, que vale a pena se doar às  
pessoas e as causas, que a vida é bela sim e  
que eu sempre dei o melhor de mim... e que  
valeu a pena.”*

*Mário Quintana*

## AGRADECIMENTOS

Uma tese de doutorado é o resultado de um conjunto de etapas que não se realizam isoladamente. Muitas coisas apreendi, muitos valores guardei e muitas vitórias conquistei. Tudo isso não seria possível sem a ajuda de pessoas e Instituições que foram determinantes para essa evolução pessoal. Por isso agradeço:

A minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Renata Guimarães Netto, a pessoa mais inteligente que conheci, por estar sempre ao meu lado em todas as horas boas e ruins nestes anos de estudo. Feliz foi o dia em que nossos caminhos, finalmente, se cruzaram. O resultado disso é que ganhei uma orientadora maravilhosa, parte da minha História para sempre.

Ao Prof<sup>a</sup>. Dra. Tânia Lindner Dutra, minha eterna alma-guia, pelos materiais e pelas valorosas dicas que enriqueceram este trabalho e pelo contínuo suporte emocional.

Ao Prof. Dr. João Graciano Mendonça Filho, uma pessoa inteligente, generosa e gentil que viu além de simples folhas de papel apresentadas a ele. Muito obrigada, Prof. João por ter acreditado em mim.

Ao Prof. Dr. Paulo Alves de Souza (UFRGS) por ter gasto seu precioso tempo comigo em algumas valorosas dicas palinológicas.

Ao Dr. Ricardo da Cunha Lopes (CPRM), pelo material bibliográfico, amostras e lâminas disponibilizadas.

Aos doutores Prof. Kenitiro Suguio e Carlos Eduardo Lucas Vieira, pelos livros que ambos me dedicaram e me deram para enriquecimento da pesquisa. Fiquei honrada duplamente!

Ao Dr. Mitsuru Arai (CENPES/Petrobrás) pelo envio de materiais de pesquisa e contínuo encorajamento e amizade demonstrada.

Ao Dr. Pedro Raul Gutiérrez (*Museo Argentino de Ciencias Naturales "B. Rivadavia"*) por toda a ajuda bibliográfica e discussões sobre palinomorfos.

A Dra. Tereza Regina Cardoso (UERJ), pela ajuda analítica de alguns exemplares de microfósseis orgânicos.

Ao professor de Estatística, MSc. Renato Luiz Romera Carlson, por ter me recebido, altruisticamente, várias vezes no Departamento de Matemática desta Universidade para discutirmos sobre dados das análises de agrupamento (*Cluster Analysis*).

As colegas da UFRGS, Sara Nascimento e Cristina Félix, por todo o auxílio que me deram com os constantes pedidos de envio de cópias bibliográficas.

As minhas colegas de sala, agora mestras, Raquel Elisa Lermen e Rosana Gandini, por terem me ajudado sempre que necessitei. Rimos muito, choramos juntas, repartimos tudo. Essa experiência foi mais fácil com vocês amigas!

Aos colegas Eduardo da Silva Aguiar, Rita Fabiane Guasina de Oliveira, Thièrs P. Wilberger e Henrique Parisi Kern pela amizade, discussões e ajuda com figuras e tabela de coordenadas. Vocês me deram exatamente o que precisava quando precisava, tenham certeza disso.

Ao paleoartista Felipe Alves Dias, que me ajudou com a figura final dos paleoambientes sugeridos, tornando a tese mais completa graficamente e claro, muito mais bonita!

Ao secretário do PPGeo Juliano Schmidt, por tratar dos meus assuntos burocráticos como se eles fossem os mais importantes da Universidade.

A minha querida irmã e webdesigner Daniela Rossi por toda ajuda (não foi pouca) nesses anos e pela programação desenvolvida para facilitar a apresentação dos perfis, tornando minha abordagem na transmissão de conteúdos mais agradáveis para quem os vê.

A Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) por todo o suporte material que possibilitou o andamento deste trabalho. São muitos anos de uma parceria que sempre me fez feliz.

A Companhia de Recursos Minerais (CPRM/RS) por ter cedido os testemunhos de sondagens utilizados na presente pesquisa.

Ao Laboratório de Palinofácies e Fácies Orgânica (LAFO), da Universidade Federal do Rio de Janeiro, na pessoa da Dra. Joalice de Oliveira Mendonça, que tão gentilmente me ajudou com as fotografias.

E, por fim, meu agradecimento especial a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa parcial de estudos, e para minha amada mãe Eunice Rossi que me proporcionou todo o suporte financeiro para a realização do curso. A união desses recursos permitiu que estes agradecimentos pudessem acontecer.

Obrigada a cada um.

Obrigada a todos.

---

|   |              |
|---|--------------|
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>  | <b>x</b>     |
| <b>LISTA DE TABELAS.....</b>  | <b>xviii</b> |
| <b>RESUMO.....</b>  | <b>xx</b>    |
| <b>ABSTRACT.....</b>  | <b>xxi</b>   |
| <b>1 INTRODUÇÃO HISTÓRICA.....</b>  | <b>01</b>    |
| <b>1.1 Estado da Arte: evolução do conhecimento da Seqüência Depositional Rio Bonito/Palermo.....</b> | <b>03</b>    |
| 1.1.1 Geologia.....   | 03           |
| 1.1.1.1 Formação Rio Bonito.....  | 06           |
| 1.1.1.2 Formação Palermo.....   | 11           |
| 1.1.2 Paleocnologia.....  | 13           |
| 1.1.3 Paleopalinologia.....   | 14           |
| <b>2 METODOLOGIA.....</b>   | <b>19</b>    |
| <b>2.1 Preparação de amostras para análise sistemática.....</b>                                       | <b>20</b>    |
| 2.1.1 Técnicas de identificação das amostras.....   | 21           |
| 2.1.2 Documentação fotomicrográfica.....  | 22           |
| <b>2.2 Técnicas de preparação das amostras para análise de palinofácies.....</b>                      | <b>23</b>    |
| <b>2.3 Geoquímica orgânica.....</b>   | <b>23</b>    |
| 2.3.1 Carbono orgânico total (COT).....   | 23           |
| 2.3.2 Parâmetro “FI-COT”.....   | 25           |
| <b>2.4 Tratamento estatístico.....</b>  | <b>25</b>    |
| 2.4.1 Análises de Agrupamento ( <i>Cluster Analysis</i> ).....  | 25           |
| <b>2.5 Terminologias utilizadas.....</b>  | <b>27</b>    |
| <b>3 GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>  | <b>28</b>    |
| <b>3.1 Geologia regional.....</b>   | <b>28</b>    |
| <b>3.2 Características sedimentológicas e icnológicas dos depósitos estudados.....</b>                | <b>31</b>    |
| <b>4 ANÁLISES PALEOPALINOLÓGICAS.....</b>   | <b>38</b>    |
| <b>4.1 Resultados obtidos na contagem da matéria orgânica total.....</b>                              | <b>38</b>    |
| <b>4.2 Resultados obtidos na contagem específica dos palinomorfos.....</b>                            | <b>45</b>    |
| <b>5 ANÁLISES DE PALINOFÁCIES.....</b>  | <b>58</b>    |

|  |            |
|--|------------|
| <b>5.1 - Testemunho de Sondagem IC- 07 –RS.....</b>  | <b>58</b>  |
| 5.1.1 – Amostra PALINO 04.....   | 58         |
| 5.1.2 – Amostra PALINO 10.....   | 62         |
| 5.1.3 – Amostra PALINO 19.....   | 63         |
| 5.1.4 – Amostra PALINO 17.....   | 64         |
| 5.1.5 – Amostra PALINO 05.....   | 67         |
| 5.1.6 – Amostra PALINO 08.....   | 70         |
| <b>5.2 – Testemunho de sondagem IC-44–RS.....</b>  | <b>73</b>  |
| 5.2.1 – Amostra PALINO 13.....   | 73         |
| 5.2.2 – Amostra PALINO 23.....   | 76         |
| 5.2.3 – Amostra PALINO 07.....   | 76         |
| 5.2.4 – Amostra PALINO 15.....   | 77         |
| 5.2.5 - Amostra PALINO 25.....   | 79         |
| 5.2.6 – Amostra PALINO 18.....   | 81         |
| 5.2.7 – Amostra PALINO 22.....   | 85         |
| 5.2.8 – Amostra PALINO 01.....   | 88         |
| <b>5.3 - Testemunho de Sondagem IC-03-RS.....</b>  | <b>92</b>  |
| 5.3.1 – Amostra PALINO 02.....   | 92         |
| 5.3.2 – Amostra PALINO 21.....   | 94         |
| 5.3.3 – Amostra PALINO 09.....   | 96         |
| 5.3.4 – Amostra PALINO 06.....   | 98         |
| 5.3.5 – Amostra PALINO 12.....   | 100        |
| <b>5.4 – Testemunho de Sondagem IC-12-RS.....</b>  | <b>103</b> |
| 5.4.1 – Amostra PALINO 14.....   | 103        |
| 5.4.2 – Amostra PALINO 11.....   | 103        |
| 5.4.3 – Amostra PALINO 20.....   | 107        |
| 5.4.4 – Amostra PALINO 16.....   | 107        |
| 5.4.5 – Amostra PALINO 03.....   | 109        |
| 5.4.6 – Amostra PALINO 26.....   | 112        |
| 5.4.7 – Amostra PALINO 24.....   | 114        |
| <b>6 INTERPRETAÇÕES PALEOECOLÓGICAS E PALEOAMBIENTAIS E<br/>CONSIDERAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS.....</b> | <b>117</b> |
| <b>6.1 – Considerações paleoecológicas e paleoambientais.....</b>                                  | <b>118</b> |

|  |            |
|--|------------|
| 6.1.1 - Depósitos de canais fluviais – Associação de fácies CF.....                          | 118        |
| 6.1.2 - Depósitos estuarinos – Associação de fácies Es.....                                  | 118        |
| 6.1.2.1 - Os mangues e os pântanos.....  | 120        |
| 6.1.2.2 - Baía estuarina.....  | 121        |
| 6.1.3 - Depósitos marinhos – Associação de fácies MRd.....                                   | 124        |
| 6.2 – Considerações estratigráficas.....   | 129        |
| <b>7 CONCLUSÕES FINAIS.....</b>  | <b>135</b> |
| <b>8 REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>137</b> |
| <b>ANEXO 1 - PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS PARA PALINOLOGIA.....</b>                                | <b>157</b> |
| <b>A1a - Preparação de amostras para análise sistemática.....</b>                            | <b>158</b> |
| <b>A1b - Técnicas de preparação das amostras para análise de palinofácies.....</b>           | <b>163</b> |
| <b>ANEXO 2 - LISTAGEM DE PALINOMORFOS.....</b>   | <b>165</b> |
| <b>ANEXO 3 – ESTAMPAS.....</b>   | <b>170</b> |
| <b>ANEXO 4 – FOTOGRAFIAS DOS TESTEMUNHOS.....</b>  | <b>187</b> |
| <b>ANEXO 5 – TABELAS DE DISTRIBUIÇÃO DE PALINOMORFOS NOS<br/>TESTEMUNHOS ESTUDADOS.....</b>  | <b>201</b> |
| <b>A5X01 – Distribuição estratigráfica dos palinomorfos no Testemunho IC-07-<br/>RS.....</b> | <b>202</b> |
| <b>A5X02 – Distribuição estratigráfica dos palinomorfos no Testemunho IC-44-<br/>RS.....</b> | <b>203</b> |
| <b>A5X03 – Distribuição estratigráfica dos palinomorfos no Testemunho IC-03-<br/>RS.....</b> | <b>204</b> |
| <b>A5X04 – Distribuição estratigráfica dos palinomorfos no Testemunho IC-12-<br/>RS.....</b> | <b>205</b> |



## LISTA DE FIGURAS

---

|                    |  |           |
|--------------------|--|-----------|
| <b>Figura 1 -</b>  | Mapa de localização da Bacia do Paraná (modificado de Melo <i>et al.</i> 2002).....  | <b>03</b> |
| <b>Figura 2 -</b>  | Coluna litoestratigráfica da Bacia do Paraná, de Aboarrage & Lopes (1986) adaptada de Schneider <i>et al.</i> (1974).....  | <b>05</b> |
| <b>Figura 3 -</b>  | Estratigrafia do Eopermiano do RS, relacionando associações de fácies, litoestratigrafia e estratigrafia de seqüências (modificado de Holz & Carlucci 2000).....   | <b>06</b> |
| <b>Figura 4 -</b>  | Esquema da utilização da lâmina de contagem Zeiss.....   | <b>22</b> |
| <b>Figura 5 -</b>  | Entrada do Museu (UNISINOS) onde estão depositadas as lâminas palinológicas.   | <b>22</b> |
| <b>Figura 6 -</b>  | Mapa de localização dos testemunhos de sondagem da malha de carvão Iruí Norte, destacando a seção analisada neste estudo (modificado de Aboarrage & Lopes 1986).....   | <b>29</b> |
| <b>Figura 7 -</b>  | Coluna estratigráfica proposta por Holz (1995) e Holz & Carlucci (2000) para o Eopermiano do Rio Grande do Sul.....  | <b>30</b> |
| <b>Figura 8 -</b>  | Correlação estratigráfica dos testemunhos de sondagem IC-07-RS, IC-44-RS, IC-03-RS e IC-12-RS, mostrando o desenvolvimento do vale estuarino na porção basal da sucessão sedimentar Rio Bonito/Palermo na jazida Iruí (modificado de Buatois <i>et al.</i> 2001b)..... | <b>31</b> |
| <b>Figura 9 -</b>  | Distribuição dos valores percentuais dos grupos de componentes da matéria orgânica em relação ao total da matéria orgânica, nos intervalos propostos pela amostragem.....  | <b>40</b> |
| <b>Figura 10 -</b> | Distribuição dos valores percentuais dos grupos e subgrupos de componentes da matéria orgânica total nos intervalos propostos.....   | <b>41</b> |
| <b>Figura 11 -</b> | Distribuição dos valores percentuais do grupo de fitoclastos opacos e subgrupos nos intervalos propostos.....  | <b>43</b> |
| <b>Figura 12 -</b> | Distribuição dos valores percentuais do grupo de fitoclastos não opacos e subgrupos de bioestruturados nos intervalos propostos.....   | <b>44</b> |
| <b>Figura 13 -</b> | Distribuição dos valores percentuais do grupo de fitoclastos não opacos e subgrupos de não bioestruturados nos intervalos propostos.....   | <b>44</b> |
| <b>Figura 14 -</b> | Distribuição dos valores percentuais dos grupos de palinomorfos nos intervalos propostos.....  | <b>45</b> |
| <b>Figura 15 -</b> | Sistemática das categorias supragenéticas, segundo Souza (2000).....   | <b>46</b> |

|                     |  |           |
|---------------------|--|-----------|
| <b>Figura 16 -</b>  | Percentuais de palinomorfos encontrados nas 26 amostras, com a aplicação da metodologia descrita anteriormente.....  | <b>48</b> |
| <b>Figura 17 -</b>  | Percentuais de esporos encontrados nas Infraturmas reconhecidas e Turma Hilates.....   | <b>48</b> |
| <b>Figura 18 -</b>  | Percentuais encontrados entre os gêneros que compõem a Infraturma Laevigati no grupo dos esporos.....  | <b>49</b> |
| <b>Figura 19 -</b>  | Percentuais encontrado entre os gêneros que compõem a Infraturma Apiculati no grupo dos esporos.....   | <b>49</b> |
| <b>Figura 20 -</b>  | Percentuais encontrado entre os gêneros que compõem a Infraturma Cingulicavati no grupo dos esporos.....   | <b>50</b> |
| <b>Figura 21 -</b>  | Percentuais encontrados entre os tipos de grãos de pólen na assembléia total deste grupo.....  | <b>51</b> |
| <b>Figura 22 -</b>  | Percentuais encontrados entre os gêneros que compõem o grupo dos grãos de pólen monossacados, portadores de simetria radial.....   | <b>51</b> |
| <b>Figura 23 -</b>  | Percentuais encontrados entre os gêneros que compõem o grupo dos grãos de pólen monossacados, portadores de simetria bilateral.....  | <b>52</b> |
| <b>Figura 24 -</b>  | Percentuais encontrados entre os gêneros que compõem o grupo dos grãos de pólen bissacados não teniados.....   | <b>52</b> |
| <b>Figura 25 -</b>  | Percentuais encontrados entre os gêneros que compõem o grupo dos grãos de pólen bissacados teniados.....   | <b>52</b> |
| <b>Figura 26 -</b>  | Percentuais encontrados entre os gêneros que compõem o grupo dos grãos de pólen poliplicados.....  | <b>53</b> |
| <b>Figura 27 -</b>  | Percentuais encontrados entre os elementos algálicos encontrados.....  | <b>54</b> |
| <b>Figura 28 -</b>  | Perfil IC-07-RS para localização e conteúdo palinológico das amostras e suas respectivas interpretações paleoambientais baseadas nos dados sedimentológicos e paleoicnológicos de Buatois <i>et al.</i> (2001a,b,c)..... | <b>59</b> |
| <b>Figura 29 -</b>  | Vista geral 01 do querogênio encontrado na amostra Palino 04 (10x).....  | <b>60</b> |
| <b>Figura 30 -</b>  | Vista geral 02 do querogênio encontrado na amostra Palino 04 (10x).....  | <b>60</b> |
| <b>Figura 31 -</b>  | Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 04.....  | <b>61</b> |
| <b>Figura 32 -</b>  | Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 04.....   | <b>61</b> |
| <b>Figura 33 -</b>  | Infraturma Laevigati e a dominância de <i>Punctatisporites</i> sobre os demais gêneros na amostra Palino 04.....   | <b>61</b> |
| <b>Figura 34 -</b>  | Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 10.....  | <b>62</b> |
| <b>Figura 35 -</b>  | Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 19.....  | <b>63</b> |
| <b>Figura 36a -</b> | Vista geral dos fitoclastos e palinomorfo (esporo) encontrados na amostra Palino 17 (20x).....   | <b>65</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 36b</b> - Vista geral com fluorescência, dos fitoclastos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 17 (20x).....   | <b>65</b> |
| <b>Figura 37a</b> - Vista geral dos fitoclastos não bioestruturados e degradados encontrados na amostra Palino 17 (10x).....  | <b>65</b> |
| <b>Figura 37b</b> - Vista geral dos fitoclastos não bioestruturados e degradados encontrados na amostra Palino 17 (20x).....  | <b>65</b> |
| <b>Figura 38</b> - Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 17.....  | <b>66</b> |
| <b>Figura 39</b> - Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 17.....   | <b>66</b> |
| <b>Figura 40</b> - Vista geral dos fitoclastos opacos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 05 (20x).....  | <b>67</b> |
| <b>Figura 41</b> - Fitoclasto não opaco bioestruturado bandado encontrado na amostra Palino 05 (40x).....   | <b>67</b> |
| <b>Figura 42</b> - Fitoclasto não opaco bioestruturado perfurado encontrado na amostra Palino 05 (40x).....   | <b>67</b> |
| <b>Figura 43</b> - Fitoclasto não opaco bioestruturado listrado encontrado na amostra Palino 05 (40x).....  | <b>67</b> |
| <b>Figura 44</b> - Fitoclasto não opaco não bioestruturado degradado encontrado na amostra Palino 05 (40x).....   | <b>68</b> |
| <b>Figura 45</b> - Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 05.....  | <b>68</b> |
| <b>Figura 46</b> - Dominância dos grupos de grãos de pólen da amostra Palino 05.....  | <b>68</b> |
| <b>Figura 47</b> - Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 05.....   | <b>69</b> |
| <b>Figura 48</b> - Aerodinâmica do transporte dos grãos de pólen em forma de ‘chuva polínica’ para maiores distâncias, característica de zonas mais altas para zonas mais baixas (modificado de Traverse 1988)..... | <b>70</b> |
| <b>Figura 49a</b> - Vista geral dos fitoclastos opacos, não opacos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 08 (10x).....   | <b>70</b> |
| <b>Figura 49b</b> - Vista geral com fluorescência dos fitoclastos opacos, não opacos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 08 (10x).....   | <b>70</b> |
| <b>Figura 50a</b> - <i>Botryococcus braunii</i> encontrados na amostra Palino 08 (20x).....   | <b>71</b> |
| <b>Figura 50b</b> - <i>Botryococcus braunii</i> encontrados na amostra Palino 08, fotografados com fluorescência (20x).....   | <b>71</b> |
| <b>Figura 51</b> - Fitoclasto opaco alongado encontrado na amostra Palino 08 (20x).....   | <b>71</b> |
| <b>Figura 52</b> - Pólen bissacado encontrado na amostra Palino 08 visto com fluorescência (40x)...   | <b>71</b> |
| <b>Figura 53</b> - Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 08.....  | <b>72</b> |
| <b>Figura 54</b> - Dominância dos bissacados entre os grupos de grãos de pólen da amostra Palino 08.....  | <b>72</b> |

|                     |   |           |
|---------------------|---|-----------|
| <b>Figura 55</b> –  | Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 08.....  | <b>72</b> |
| <b>Figura 56</b> –  | Perfil IC-44-RS para localização e conteúdo palinológico das amostras e suas respectivas interpretações paleoambientais baseadas nos dados paleoicnológicos de Buatois <i>et al.</i> (2001a,b,c)..... | <b>74</b> |
| <b>Figura 57</b> –  | Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 13.....   | <b>75</b> |
| <b>Figura 58</b> –  | Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 13.....  | <b>75</b> |
| <b>Figura 59</b> –  | Dominância dos monossacados sobre os demais grupos de grãos de pólen da amostra Palino 13.....  | <b>75</b> |
| <b>Figura 60</b> –  | Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 07.....   | <b>77</b> |
| <b>Figura 61</b> -  | Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 07.....  | <b>77</b> |
| <b>Figura 62a</b> - | Vista geral dos fitoclastos opacos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 15 (20x).....   | <b>78</b> |
| <b>Figura 62b</b> - | Vista geral com fluorescência dos fitoclastos opacos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 15 (20x).....   | <b>78</b> |
| <b>Figura 63a</b> - | Fitoclastos e palinomorfos com a presença de <i>Botryococcus braunii</i> , encontrados na amostra Palino 15 (20x).....  | <b>78</b> |
| <b>Figura 63b</b> - | Fitoclastos e palinomorfos com a presença de <i>Botryococcus braunii</i> , fotografados com fluorescência, encontrados na amostra Palino 15 (20x).....  | <b>78</b> |
| <b>Figura 64</b> –  | Vista geral dos fitoclastos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 25 (20x).....  | <b>80</b> |
| <b>Figura 65</b> –  | Esporo degradado encontrado na amostra Palino 25 (40x).....   | <b>80</b> |
| <b>Figura 66</b> –  | Fitoclastos não opacos degradados e opacos corroídos, encontrados na amostra Palino 25 (20x).....   | <b>80</b> |
| <b>Figura 67</b> –  | Fitoclasto opaco equidimensional (no centro), pertencente à amostra Palino 25 (20x).....  | <b>80</b> |
| <b>Figura 68</b> –  | Vista geral dos fitoclastos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 18 (20x).....  | <b>82</b> |
| <b>Figura 69</b> –  | Fitoclastos, esporos e pólenes monossacados e bissacados encontrados na amostra Palino 18 (10x).....  | <b>82</b> |
| <b>Figura 70</b> -  | Fitoclastos opacos e não opacos encontrados na amostra Palino 18 (20x).....   | <b>82</b> |
| <b>Figura 71</b> -  | Fitoclasto opaco corroído, pertencente à amostra Palino 18 (20x).....   | <b>82</b> |
| <b>Figura 72</b> -  | Fitoclastos não opacos listrados, pertencentes à amostra Palino 18 (20x).....   | <b>82</b> |
| <b>Figura 73</b> –  | Fitoclastos não opacos perfurados e listrados, pertencentes à amostra Palino 18 (20x).....  | <b>82</b> |
| <b>Figura 74</b> –  | Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 18.....   | <b>83</b> |
| <b>Figura 75</b> –  | Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 18.....  | <b>83</b> |

|                     |   |           |
|---------------------|---|-----------|
| <b>Figura 76</b> –  | Dominância dos grãos retrabalhados e dos bissacados não teniados sobre os demais grupos de grãos de pólen da amostra Palino 18.....   | <b>84</b> |
| <b>Figura 77</b> –  | Vista geral dos fitoclastos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 22 (20x).....  | <b>85</b> |
| <b>Figura 78</b> –  | Dominância visual de fitoclastos opacos sobre os não opacos verificados na amostra Palino 22 (10x).....   | <b>85</b> |
| <b>Figura 79</b> -  | Fitoclastos opacos alongados encontrados na amostra Palino 22 (20x).....  | <b>86</b> |
| <b>Figura 80</b> -  | Fitoclastos opacos equidimensionais encontrados na amostra Palino 22 (20x).....   | <b>86</b> |
| <b>Figura 81a</b> - | Fitoclasto não opaco bioestruturado bandado, encontrado na amostra Palino 22 (20x).....   | <b>86</b> |
| <b>Figura 81b</b> - | Fitoclasto não opaco bioestruturado bandado, encontrado na amostra Palino 22 (20x).....   | <b>86</b> |
| <b>Figura 82a</b> – | Fitoclasto não opaco não bioestruturado degradado encontrado na amostra Palino 22 (20x).....  | <b>86</b> |
| <b>Figura 82b</b> – | Fitoclasto não opaco não bioestruturado degradado encontrado na amostra Palino 22 (40x).....  | <b>86</b> |
| <b>Figura 83a</b> – | <i>Botryococcus braunii</i> encontrado na amostra Palino 22 (20x).....  | <b>87</b> |
| <b>Figura 83b</b> – | <i>Botryococcus braunii</i> visto com fluorescência, encontrado na amostra Palino 22 (20x).....   | <b>87</b> |
| <b>Figura 84</b> –  | Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 22.....   | <b>87</b> |
| <b>Figura 85</b> –  | Vista geral do querogênio encontrado na amostra Palino 01 (20x).....  | <b>88</b> |
| <b>Figura 86</b> –  | Fitoclastos opacos e não opacos encontrados na amostra Palino 01 (20x).....   | <b>88</b> |
| <b>Figura 87</b> –  | Cutícula encontrada na amostra Palino 01.....   | <b>89</b> |
| <b>Figura 88</b> -  | Fitoclastos opacos alongados encontrados na amostra Palino 01.....  | <b>89</b> |
| <b>Figura 89</b> -  | Fitoclastos não opacos listrados (degradados) encontrados na amostra Palino 01...   | <b>89</b> |
| <b>Figura 90</b> -  | Fitoclasto não opaco perfurado encontrado na amostra Palino 01.....   | <b>89</b> |
| <b>Figura 91a</b> – | <i>Botryococcus braunii</i> encontrado na amostra Palino 01.....  | <b>89</b> |
| <b>Figura 91b</b> – | <i>Botryococcus braunii</i> visto com fluorescência, encontrado na amostra Palino 01...   | <b>89</b> |
| <b>Figura 92</b> –  | Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 01.....   | <b>90</b> |
| <b>Figura 93</b> –  | Dominância dos bissacados sobre os demais grupos de grãos de pólen da amostra Palino 01.....  | <b>90</b> |
| <b>Figura 94</b> –  | Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 01.....  | <b>91</b> |
| <b>Figura 95</b> –  | Perfil IC-03-RS para localização e conteúdo palinológico das amostras e suas respectivas interpretações paleoambientais baseadas nos dados paleoicnológicos de Buatois <i>et al.</i> (2001a,b,c)..... | <b>93</b> |
| <b>Figura 96</b> –  | Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 02.....   | <b>92</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Figura 97</b> - Distribuição dos grupos de esporos com dominância da Infraturma Muronati, encontrados da amostra Palino 02.....  | <b>92</b>  |
| <b>Figura 98</b> - Vista geral dos fitoclastos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 21 (10x).....   | <b>94</b>  |
| <b>Figura 99</b> - Fitoclastos opacos equidimensionais encontrados na amostra Palino 21 (20x).....  | <b>94</b>  |
| <b>Figura 100a</b> - Fitoclastos não opacos e não bioestruturados encontrados na amostra Palino 21 (40x).....   | <b>95</b>  |
| <b>Figura 100b</b> - Fitoclastos não opacos e não bioestruturados vistos com fluorescência, encontrados na amostra Palino 21 (40x).....   | <b>95</b>  |
| <b>Figura 101</b> - Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 21.....   | <b>95</b>  |
| <b>Figura 102</b> - Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 09.....   | <b>97</b>  |
| <b>Figura 103</b> - Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 09.....  | <b>97</b>  |
| <b>Figura 104</b> - Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 06.....   | <b>99</b>  |
| <b>Figura 105</b> - Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 06.....  | <b>99</b>  |
| <b>Figura 106</b> - Dominância dos monossacados sobre os demais grupos de grãos de pólen da amostra Palino 06.....  | <b>99</b>  |
| <b>Figura 107a</b> - <i>Botryococcus braunii</i> encontrado na amostra Palino 12 (20x).....   | <b>101</b> |
| <b>Figura 107b</b> - <i>Botryococcus braunii</i> fotografado com fluorescência, encontrado na amostra Palino 12 (20x).....  | <b>101</b> |
| <b>Figura 108</b> - Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 12.....   | <b>101</b> |
| <b>Figura 109</b> - Dominância dos bissacados sobre os demais grupos de grãos de pólen da amostra Palino 12.....  | <b>101</b> |
| <b>Figura 110</b> - Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 12.....  | <b>102</b> |
| <b>Figura 111</b> - Perfil IC-12-RS para localização e conteúdo palinológico das amostras e suas respectivas interpretações paleoambientais baseadas nos dados paleoicnológicos de Buatois <i>et al.</i> (2001a,b,c)..... | <b>105</b> |
| <b>Figura 112</b> - Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 11.....   | <b>104</b> |
| <b>Figura 113</b> - Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 11.....  | <b>104</b> |
| <b>Figura 114</b> - Dominância de <i>Cyclogranisporites</i> sobre os demais esporos da Infraturma Apiculati, na amostra Palino 11.....  | <b>106</b> |
| <b>Figura 115</b> - Dominância de <i>Calamospora</i> sobre os demais esporos da Infraturma Laevigati, na amostra Palino 11.....   | <b>106</b> |
| <b>Figura 116</b> - Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 16.....   | <b>108</b> |
| <b>Figura 117</b> - Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 16.....  | <b>108</b> |
| <b>Figura 118</b> - Dominância de <i>Lundbladispora</i> sobre os demais esporos da Infraturma <i>Cingulicavati</i> , na amostra Palino 16.....  | <b>108</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Figura 119</b> – Dominância de <i>Cyclogranisporites</i> sobre os demais esporos da Infraturma Apiculati, na amostra Palino 16.....   | <b>108</b> |
| <b>Figura 120</b> – Vista geral dos fitoclastos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 03 (10x).....   | <b>110</b> |
| <b>Figura 121</b> – Predomínio visual dos fitoclastos opacos sobre os não opacos encontrados na amostra Palino 03 (10x).....   | <b>110</b> |
| <b>Figura 122</b> – Fitoclasto não opaco bioestruturado listrado encontrado na amostra Palino 03 (20x).....  | <b>110</b> |
| <b>Figura 123</b> – <i>Botryococcus braunii</i> encontrado na amostra Palino 03 (40x).....   | <b>110</b> |
| <b>Figura 124</b> – Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 03.....  | <b>111</b> |
| <b>Figura 125</b> – Dominância dos poliplicados sobre os demais grupos de grãos de pólen da amostra Palino 03.....   | <b>111</b> |
| <b>Figura 126</b> – Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 03.....   | <b>111</b> |
| <b>Figura 127</b> – Dominância de <i>Verrucosporites</i> sobre os demais esporos da Infraturma Apiculati na amostra Palino 03.....   | <b>111</b> |
| <b>Figura 128a</b> – Vista geral do querogênio encontrado na amostra Palino 26 (20x).....  | <b>113</b> |
| <b>Figura 128b</b> – Vista geral com uso de fluorescência, do querogênio encontrado na amostra Palino 26 (20x).....  | <b>113</b> |
| <b>Figura 129</b> – Dominância dos fitoclastos opacos sobre os não opacos encontrados na amostra Palino 26 (20x).....  | <b>113</b> |
| <b>Figura 130</b> – Fitoclastos opacos alongados encontrados na amostra Palino 26 (20x).....   | <b>113</b> |
| <b>Figura 131</b> – Fitoclasto não opaco encontrado na amostra Palino 26 (20x).....  | <b>113</b> |
| <b>Figura 132</b> – Fitoclastos não opacos listrados encontrados na amostra Palino 26 (20x).....   | <b>113</b> |
| <b>Figura 133a</b> – <i>Botryococcus braunii</i> encontrados na amostra Palino 26 (20x).....   | <b>114</b> |
| <b>Figura 133b</b> – <i>Botryococcus braunii</i> visto com fluorescência, encontrados na amostra Palino 26 (20x).....  | <b>114</b> |
| <b>Figura 134</b> – Fitoclastos opacos alongados encontrados na amostra Palino 24 (10x).....   | <b>115</b> |
| <b>Figura 135</b> – Fitoclasto opaco corroído encontrado na amostra Palino 24 (20x).....   | <b>115</b> |
| <b>Figura 136a</b> – <i>Botryococcus braunii</i> encontrado na amostra Palino 24 (20x).....  | <b>116</b> |
| <b>Figura 136b</b> – <i>Botryococcus braunii</i> visto com fluorescência, encontrado na amostra Palino 24 (20x).....   | <b>116</b> |
| <b>Figura 137</b> – Correlação estratigráfica composta pelos testemunhos de sondagem IC-12-RS, IC-03-RS, IC-44-RS e IC-07-RS, da sucessão sedimentar Rio Bonito/Palermo na jazida carbonífera do Iruí..... | <b>131</b> |

**Figura 138** - Modelamento deposicional da sucessão sedimentar Rio Bonito/Palermo na jazida carbonífera Iruí Central, a partir da seção strike (NNE-SSW) composta pelos testemunhos de sondagem IC-12-RS, IC-03-RS, IC-44-RS e IC-07-RS e sua localização estratigráfica com base no perfil IC-12-RS..... **134**



## LISTA DE TABELAS

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabela 1</b> - Caracterização das associações de fácies definidas por Holz (1995, 1998) e Holz & Carlucci (2000) para a Formação Rio Bonito no RS (modificado de Holz & Carlucci 2000).....   | <b>10</b> |
| <b>Tabela 2</b> - Caracterização das associações de fácies da Formação Palermo no RS, segundo Holz & Carlucci (2000).....  | <b>12</b> |
| <b>Tabela 3</b> - Localização das amostras utilizadas para análise micropaleontológica e suas litologias.....  | <b>19</b> |
| <b>Tabela 4</b> - Classificação da matéria orgânica particulada (baseada em Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho <i>et al.</i> 2002 e Menezes <i>et al.</i> (2008).....   | <b>24</b> |
| <b>Tabela 5</b> - Exemplo da primeira matriz de dados para análise de agrupamento.....   | <b>27</b> |
| <b>Tabela 6</b> - Litofácies descritas nos testemunhos de sondagem analisados, suítes de traços fósseis associadas e associações de fácies a que pertencem. Abreviaturas das Suítes/Associações de Fácies: <b>Cr</b> , suítes representativas da Icnofácies Cruziana arquetípica; <b>Crp</b> , suítes representativas da Icnofácies Cruziana proximal. <b>Sk</b> , suíte representativa da Icnofácies Skolithos arquetípica; <b>SkCr</b> , suíte representativa da Icnofácies mista Skolithos-Cruziana; <b>Gl</b> , suíte representativa da Icnofácies Glossifungites; CF, depósitos de canais fluviais; Es, depósitos de canais de maré, planície de maré, pântanos, mangues, lagunas em contexto estuarino; MRp, depósitos marinhos rasos proximais, de alta energia, dominado por ondas e/ou marés, em zona de shoreface; MR, depósitos marinhos rasos dominados por ondas de tempestades em zona de shoreface inferior; MRd, depósitos marinhos abaixo da zona de ação das ondas de tempestade (offshore) (definidas por R.G. Netto, a partir da descrição detalhada dos testemunhos estudados por Buatois <i>et al.</i> 2001a,b,c, 2007; abreviações adaptadas de Miall 1996 e de Rossetti & Netto 2006 para as fácies marinhas)..... | <b>32</b> |
| <b>Tabela 7</b> - Contagem do querogênio (matéria orgânica total) nas amostras utilizadas para este trabalho.....  | <b>39</b> |
| <b>Tabela 8</b> - Valores percentuais dos grupos de matéria orgânica em relação ao total de matéria orgânica, nas 24 amostras analisadas.....  | <b>40</b> |
| <b>Tabela 9</b> - Valores percentuais dos grupos e subgrupos da Matéria Orgânica em relação ao total do querogênio.....  | <b>42</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Tabela 10</b> - Palinomorfos encontrados na segunda contagem das lâminas para análise sistemática. As localizações das amostras nos testemunhos encontram-se listados na Tabela 3.....  | <b>47</b>  |
| <b>Tabela 11</b> - Palinomorfos encontrados nas 26 amostras estudadas, com suas afinidades botânicas (Meyen 1987; Stewart 1989; White 1990; Willis & McElwain 2001) e possíveis inferências ambientais, a partir de Cazzulo-Klepzig (2001b) e Barrón <i>et al.</i> (2006), entre outros..... | <b>54</b>  |
| <b>Tabela 12</b> – Análise de agrupamento – fase 3 – das amostras de mangue/pântano.....   | <b>121</b> |
| <b>Tabela 13</b> – Análise de agrupamento – fase 3 – das amostras da baía estuarina.....   | <b>122</b> |
| <b>Tabela 14</b> – Análise de agrupamento – fase 3 – das amostras da associação de fácies Es.....  | <b>124</b> |
| <b>Tabela 15</b> – Análise de agrupamento – fase 3 – das amostras da associação de fácies MRd.....   | <b>126</b> |

A análise integrada entre a sedimentologia e a paleoicnologia da Formação Rio Bonito e da base da Formação Palermo (bacia do Paraná) na região de Cachoeira do Sul (RS) vem demonstrando a presença de depósitos flúvio-estuarinos dominados por marés na porção inferior da Formação Rio Bonito, passando a estuarinos dominados por ondas no topo e rapidamente dando lugar a depósitos marinhos rasos (base da Formação Palermo). Visando validar e, se possível, refinar essas interpretações, foi realizada uma análise paleopalinológica de alta resolução dos depósitos bioturbados. Para tanto, foram selecionadas 26 amostras nos testemunhos de sondagem IC-07-RS, IC-44-RS, IC-03-RS e IC-12-RS, pertencentes ao bloco central da jazida carbonífera de Iruí (Cachoeira do Sul, RS), quando da análise paleoicnológica. Das amostras inicialmente coletadas, foram utilizadas para a análise paleopalinológica apenas as de natureza pelítica, de forma a homogeneizar possíveis disparidades na assembléia orgânica decorrentes de granulometria. Para a identificação dos paleopalinomorfos e preparação das amostras para palinofácies foram utilizadas as metodologias-padrão para preparação de amostras paleozóicas. O estudo sistemático específico dos paleopalinomorfos encontrados foi realizado apenas em nível genérico, a partir da extensa literatura disponível e por sucessivas análises comparativas, enquanto que o estudo de palinofácies envolveu o exame quantitativo e qualitativo no querogênio total presente nas amostras. Os dados obtidos com as análises paleopalinológicas e com análise estatística de agrupamento favoreceram o reconhecimento de padrões de assembléias paleopalinológicas específicas para depósitos estuarinos (domínio de esporos, gêneros *Punctatisporites*, *Lundbladispora*, *Cyclogranisporites* e *Convolutispora*, acrescidos de elementos algálicos) e marinhos rasos distais (dominância de grãos de pólen bissacados não teniados e/ou teniados e de poliplicados). Aliado ao conteúdo paleopalinológico estudado, encontrou-se em duas amostras colônias completas de algas *Botryococcus braunii*, fato incomum em sedimentos permianos da Bacia do Paraná, mas que auxiliaram no melhor entendimento dos eventos deposicionais relacionados. A análise palinológica efetuada nesse trabalho permitiu explicar os padrões não esperados na caracterização da icnofauna, favorecendo à melhor definição das assinaturas icnológicas, favoreceu a um melhor entendimento da gênese dos depósitos em condições marginais-marinhas e subsidiou interpretações paleoambientais em análises estratigráficas de alta resolução.

The integrated analysis of sedimentology and paleoichnology of the Rio Bonito Formation and the lower part of Palermo Formation (Paraná Basin) in Cachoeira do Sul region (Rio Grande do Sul State, south Brazil) revealed that the Rio Bonito Formation are characterized at the base by tide-dominated fluvio-estuarine deposits, changing upward to wave-dominated estuarine deposits, which are overlapped by the shallow marine deposits of the Palermo Formation. With the aim of refine such interpretations, a high-resolution paleopalynologic analysis of the bioturbed deposits is conducted in this study. Thus, 26 samples were selected from the cores IC-07-RS, IC-44-RS, IC-03-RS and IC-12-RS, from the central area of the Iruí Quarry (Cachoeira do Sul). Only mudstones and siltstones samples were used for the paleopalynologic analysis, in order to homogenize possible disparities in the organic assemblage due to the grain-size. Paleopalynomorph and palynofacies samples were prepared following the traditional methods for Paleozoic rocks. The taxonomic identification of the sporomorphs was conducted at generic level only, based on the extensive specialized literature and through consecutive comparative analyses. The palynofacies study involved the quantitative and qualitative examination in the total kerogen found in the samples. Data obtained from the paleopalynologic and cluster analyses of the fossil assemblage allowed to infer patterns of specific paleopalynologic assemblages to estuarine deposits (prevalence of *Punctatisporites*, *Lundbladispota*, *Cyclogranisporites*, and *Convolutispora*, plus algal elements), and distal shallow sea deposits (prevalence of bissaccate nontaeniate and/or taeniate, and poliplicate pollen grains). Complete colonies of the *Botryococcus braunii* algae were found in two samples and helped to better understand the depositional events related to its preservation. The paleopalynologic analysis conducted here also provided a new explanation for some unexpected ichnofossiliferous parameters at the transition deposits between the Rio Bonito and Palermo formations. Concluding, this study favored the refinement of the ichnological signatures, the better understanding of the deposit genesis under marginal-marine conditions, and to confirm previous paleoenvironmental interpretations based on high-resolution stratigraphic analyses as well.

Estudos com esporos e pólenes de plantas vivas iniciaram-se no século XVII, mas só no século XIX é que os cientistas passaram a estudar palinomorfos fósseis. Detalhadas análises palinológicas em rochas paleozóicas começaram a ser feitas no Brasil no início do século XX, a partir de estudos associados às jazidas de carvão, em particular aquelas componentes da Formação Rio Bonito (Permiano Inferior, Bacia do Paraná). As pesquisas realizadas focaram, sobretudo, a análise taxonômica e a utilização dos palinomorfos como indicadores bioestratigráficos e paleoambientais. O conjunto de palinomorfos fósseis era considerado como um todo para a análise e as interpretações eram generalizadas para toda a sucessão sedimentar, sem levar em conta as possíveis diferenças faciológicas entre os níveis dos quais foram coletados.

A Formação Rio Bonito tem sido amplamente estudada, tanto do ponto de vista geológico quanto paleontológico, através desse tempo. As pesquisas realizadas resultaram no fornecimento de diferentes tipos de informações, de acordo com o tipo de análise a que suas rochas foram sendo submetidas. Os resultados obtidos demonstram uma variabilidade de fácies e sistemas deposicionais, que caracterizam um sistema marginal marinho, localmente com forte influência continental. Contudo, a construção desse modelo não foi fácil, e as diferentes interpretações feitas ao longo do tempo, muitas delas a partir de estudos centrados em regiões carboníferas específicas, foram assumidas como válidas em escala de bacia, gerando controvérsias (p. ex., sistema flúvio-lacustre a flúvio-deltáico, Holz 1987, Holz & Dias-Flor 1984, Lavina *et al.* 1985, Lavina & Lopes 1987). Os trabalhos mais recentes, a maioria já adotando a estratigrafia de seqüências, coincidem na interpretação de um sistema marginal marinho, com desenvolvimento de estuários e de sistemas laguna/barreira (Netto *et al.* 1991, Netto 1994, 1998, Lopes 1995, 1990, Albuquerque & Lopes 1990, Buatois *et al.* 2001a,b, 2007, Holz & Kuchle 2003, Lopes & Lavina 2001, Lopes *et al.* 2003a, b).

O avanço significativo da pesquisa estratigráfica de alta resolução na última década abriu espaço para estudos integrados com ferramentas de aplicação diagnóstica, sobretudo de caráter paleontológico e geoquímico. Estudos estratigráficos integrados baseados na análise palinológica, tais como aqueles realizados por Strohmenger & Strauss (1996), Nyambe & Utting (1997), Cirilli *et al.* (1998), Al-Ameri *et al.* (2004), Oboh-Ikuenobe & Villiers (2003) e Jager (2004) não somente contribuem a uma melhor compreensão de cada uma das áreas em

si, mas também norteiam as análises em novas áreas sob este enfoque. Entretanto, são ainda muito poucos.

Estudos integrados de alta resolução em estratigrafia e paleoicnologia vêm sendo produzidos há alguns anos, usando como amostragem diversos depósitos sedimentares (Netto 1994, 1998, Buatois *et al.* 2001a,b, 2006, 2007, Netto & Rossetti 2003, Tognoli & Netto 2003, Balistieri *et al.* 2002, 2003, Balistieri 2003, Rossetti & Netto 2006), com destaque para os depósitos de subsuperfície das formações Rio Bonito e Palermo (Permiano, Bacia do Paraná). A idéia de agregar a análise de componentes orgânicos particulados a estudos paleoicnológicos de alta resolução foi ganhando corpo nos últimos anos, resultando na abordagem proposta neste trabalho. Ainda dentro dessa premissa, os resultados dessa análise deveriam ser considerados como válidos apenas para aquele nível estratigráfico e não para a sucessão como um todo, e as variações nas suítes micropaleontológicas ao longo da sucessão deveriam ser capazes de sinalizar mudanças ambientais, mesmo que sutis. Os resultados obtidos com as análises organopalinológicas e paleoicnológicas em alta resolução tornar-se-iam, assim, ferramentas de maior precisão na avaliação dos processos deposicionais, em especial em intervalos muito bioturbados, onde o registro das estruturas primárias é total ou parcialmente apagado.

Para testar essa hipótese, foram selecionadas amostras de quatro testemunhos de sondagem da jazida do Iruí (Cachoeira do Sul, RS), em diferentes níveis estratigráficos da Formação Rio Bonito e da base da Formação Palermo. As amostras foram coletadas de forma dirigida, à medida que as litofácies foram sendo descritas, em alta resolução, para fins de análise paleoicnológica, escolhendo-se níveis pelíticos, bioturbados ou não, que representassem intervalos chaves para a interpretação das fácies e/ou associação de fácies. As correlações estratigráficas entre os testemunhos e as interpretações paleoambientais foram feitas, num primeiro momento, levando-se em conta apenas a faciologia e as assinaturas icnológicas. A soma dos resultados obtidos a partir da análise micropaleontológica de alta resolução feita neste estudo e sua comparação com aqueles obtidos previamente pela análise organopalinológica buscou avaliar: (i) a validade do estudo integrado dessas duas ferramentas; e (ii) o potencial de refinamento das interpretações paleoambientais, quando utilizadas essas duas ferramentas de aplicação paleontológica, de forma integrada.

## 1.1 Estado da Arte: evolução do conhecimento da Seqüência Depositional Rio Bonito/Palermo

### 1.1.1 Geologia

A Bacia do Paraná constitui-se numa espessa seqüência sedimentar instalada sobre o embasamento na América do Sul, que abrange porções territoriais do Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai, com aproximadamente 1.500.000 km<sup>2</sup> (Milani 1997). Por seu tamanho e importância, alcançou rapidamente o *status* de uma das mais importantes bacias sedimentares brasileiras (Figura 1).

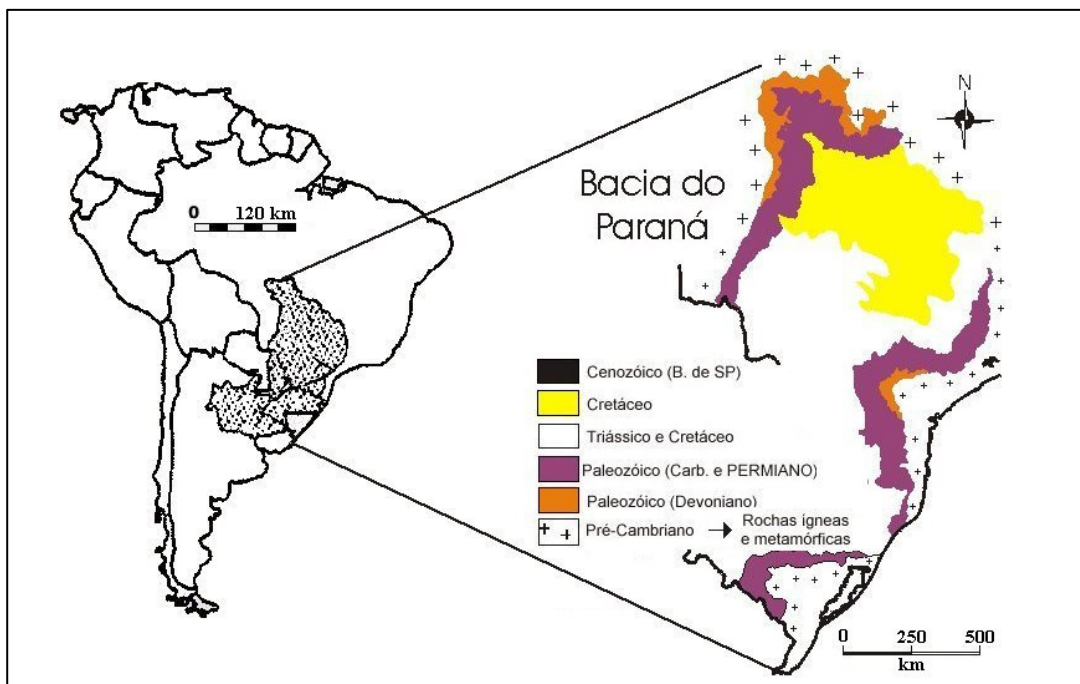


Figura 1 – Mapa de localização da Bacia do Paraná (modificado de Melo *et al.* 2002).

A bacia é preenchida por rochas sedimentares que atingem no depocentro até 6.300 m de espessura e por rochas vulcânicas com até 1.700 m (Zanotto 1991, Milani 1997). Os sedimentos mais antigos (Grupo Rio Ivaí) são do Eo-Ordoviciano ao Eosiluriano (Assine *et al.* 1994), e os mais jovens (Grupos Bauru e Caiuá) são do Neocretáceo (Fernandes & Coimbra 1994).

Com a primeira colaboração de White (1908), iniciou-se um período de estudos até hoje não interrompidos. Ele definiu a constituição das séries São Bento, Passa Dois e Tubarão, esta última dividida por Oliveira (1916) nos grupos Itararé e Guatá, este

último constituído pelas formações Rio Bonito e Palermo. Desde então, surgiram diversas propostas para agrupamentos e denominações destes litotipos.

O primeiro estudo que aborda de maneira ampla o posicionamento paleogeográfico do Escudo Sul-Rio-Grandense durante a glaciação gonduânica foi efetuado por Leinz (1937), admitindo, para os carvões, uma origem interglacial para algumas ocorrências e sua formação ao longo dos vales, em lagos periglacias.

Depois do trabalho pioneiro de White (1908), uma nova coluna estratigráfica do Rio Grande do Sul foi apresentada por Carvalho (1932), composta pelas séries Itararé (conglomerado glacial e tilitos), Tubarão (com os grupos Rio Bonito, abrigando o carvão, arenitos e flora *Glossopteris*, e Palermo, contendo folhelhos e arenitos) e Passa Dois (grupos Irati e Estrada Nova). Logo, seguiu-se a proposta de Gordon Jr. (1947), sugerindo dois grupos para a Série Tubarão: (i) Itararé, sem subdivisões, e (ii) Guatá para agrupar os siltitos e arenitos aflorantes nas imediações da cidade de Guatá, no sul do Estado de Santa Catarina, englobando as "camadas" Rio Bonito e Palermo de White (1908). Pouco depois, Pinto (1955) apresentou uma nova coluna geológica para o Rio Grande do Sul, no qual as unidades litoestratigráficas Itararé e Guatá foram consideradas como subgrupos do Grupo Tubarão (Pinto 1966). O primeiro era composto pelas fácies Suspiro e Budó (*sensu* Delaney & Goñi 1963), e o segundo pelas formações Rio Bonito e Palermo, sendo a primeira subdividida em três intervalos denominados inferior, médio e superior (Medeiros *et al.* 1971, Thomaz Filho & Medeiros 1972). Schneider *et al.* (1974) elevaram o então Grupo Tubarão à categoria de supergrupo, constituído por dois grupos, Itararé e Guatá, este formado pelas formações Rio Bonito e Palermo (Figura 2). Oito anos depois do trabalho de Schneider *et al.* (1974), Gama Jr. *et al.* (1982) propuseram uma nova visão cronoestratigráfica para a Bacia do Paraná, dividindo as rochas com base em critério de tempo e agruparam-nas em unidades distribuídas em três séries principais: Campos Gerais, Rio Tietê (engloba o Supergrupo Tubarão) e Serra do Espigão. Em 1997, Milani faz uma das mais atualizadas e utilizadas colunas estratigráficas da Bacia do Paraná.

Em Santa Catarina, a Formação Rio Bonito foi subdividida nos membros Triunfo, Paraguaçu e Siderópolis, os quais só foram reconhecidos no Rio Grande do Sul na borda da bacia aflorante na região oeste do Estado por Aboarrage & Lopes (1986).



|                 |                | <b>LITOESTRATIGRAFIA</b>                        |                                |                      |                            |                  |                  |              |                |
|-----------------|----------------|---|--------------------------------|----------------------|----------------------------|------------------|------------------|--------------|----------------|
| Cronoest.       |                | Rio Grande do Sul                               | Santa Catarina                 | Paraná               | São Paulo                  |                  |                  |              |                |
| Q.              |                | Barreiras, terraços e aluviões                  | Barreiras, terraços e aluviões | <i>Qha</i>           | <i>Qha</i>                 |                  |                  |              |                |
| T.              |                | Associação litológica primária                  | Associação litológica primária | <i>TQi</i>           | <i>TQi</i>   Fm. Rio Claro |                  |                  |              |                |
| Crét.           | Gr. Bauru      |   |                                |                      | Fm. Marília                |                  |                  |              |                |
| Ju-Cr.          | Gr. São Bento  | Fm. Serra Geral                                 | Fm. Serra Geral                | Fm. Serra Geral      | Fm. Serra Geral            |                  |                  |              |                |
|                 |                | Fm. Botucatu                                    | Fm. Botucatu                   | Fm. Botucatu         | Fm. Botucatu               |                  |                  |              |                |
| Tr.             |                | <del>Mb. Sta. Maria</del><br>Fm. Rosário do Sul |                                | Fm. Pirambóia        |                            |                  |                  |              |                |
| <b>PERMIANO</b> | Gr. Passa Dois | Fm. Rio do Rasto                                | Mb. Morro Pelado               | Fm. Rio do Rasto     | Mb. Morro Pelado           | Fm. Rio do Rasto | Mb. Morro Pelado | Mb. Serrinha | Fm. Corumbatai |
|                 |                |   | Mb. Serrinha                   |                      | Mb. Serrinha               |                  |                  |              |                |
|                 |                | Fm. Terezina                                    |                                | Fm. Terezina         |                            | Fm. Terezina     |                  |              |                |
|                 |                | Fm. Serra Alta                                  | Fm. Estrada Nova               | Fm. Serra Alta       |                            | Fm. Serra Alta   |                  |              |                |
|                 |                |   | Fm. Irati                      | Mb. Assistência      |                            | Mb. Taquaral     |                  |              |                |
|                 | GRUPO GUATÁ    | FORMAÇÃO PALERMO                                | FORMAÇÃO PALERMO               |                      | Fm. Palermo                |                  |                  |              |                |
|                 |                | FORMAÇÃO RIO BONITO                             | Fm. Rio Bonito                 | Mb. Siderópolis      | Fm. Rio Bonito             | Mb. Paraguaçu    |                  |              | Fm. Tatuí      |
|                 |                |   |                                | Mb. Paraguaçu        |                            | Mb. Triunfo      |                  |              |                |
|                 | Gr. Itararé    | Fm. Rio do Sul                                  | Fm. Rio do Sul                 | Fm. Rio do Sul       | Fm. Rio do Sul             |                  |                  |              | Fm. Tietê      |
|                 |                |   | Fm. Maфра                      | Fm. Maфра            | Fm. Maфра                  |                  |                  |              | Fm. Aquidauana |
|                 |                | Fm. Campo do Tenente                            | Fm. Campo do Tenente           | Fm. Campo do Tenente |                            |                  |                  |              |                |
|                 |                | Fm. Ponta Grossa                                | Fm. Ponta Grossa               | Fm. Ponta Grossa     |                            |                  |                  |              |                |
| CARB. sup.      | Gr. Paraná     | Fm. Furnas                                      | Fm. Furnas                     | Fm. Furnas           |                            |                  | Fm. Furnas       |              |                |
| DEV.            |                | <b>Embasamento Pré-Gondwânico</b>               |                                |                      |                            |                  |                  |              |                |

Figura 2 – Coluna litoestratigráfica da Bacia do Paraná, de Aboarrage & Lopes (1986) adaptada de Schneider *et al.* (1974).

Com o avanço do conhecimento geológico e estratigráfico, Holz (1995) e Holz & Carlucci (2000) propõem uma coluna estratigráfica para o Eopermiano do Rio Grande do Sul, gerada a partir de dados elaborados pelo estudo de Estratigrafia de Sequências, onde delimitam associações de fácies para o intervalo proposto (Figura 3).









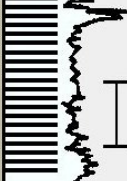
| Associação de fácies                  | Litologias e raio gama  | Seqüências de 3ª ordem | Litoestratigrafia |
|---------------------------------------|---|------------------------|-------------------|
| Marinho restrito (AF-VIII)            |    | 4                      | Irati (base)      |
| Mar epicontinental (AF-VII)           |    | 3                      | PALERMO           |
| Supramaré e shoreface (AF-VI)         |    |                        |                   |
| Shoreface superior (AF-V)             |    |                        |                   |
| Shoreface/offshore                    |   | 2                      | RIO BONITO        |
| turfeiras em zonas costeiras (AF-IV)  |   |                        |                   |
| Fluvial deltáico e estuarino (AF-III) |  |                        |                   |
| Marinho (AF-II)                       |  | 1                      | ITARARÉ           |
| Glacial (tilitos, turbiditos) (AF-I)  |  |                        |                   |
| EMBASAMENTO                           |   |                        |                   |

Figura 3 – Estratigrafia do Eopermiano do RS, relacionando associações de fácies, litoestratigrafia e estratigrafia de seqüências (modificado de Holz & Carlucci 2000).

#### 1.1.1.1 Formação Rio Bonito

Primeiramente descrita por White (1908) quando propôs a denominação de "camadas do Rio Bonito" para caracterizar o conjunto de rochas arenosas associadas à pelitos e camadas de carvão descritas na seção padrão, entre as cidades de Lauro Müller - Guatá - São Joaquim, em Santa Catarina, foi novamente reavaliada por Machado & Castanho (1956), que adotaram a denominação de Formação Rio Bonito para todos os

sedimentos de caráter continental, flúvio-lacustres, com intercalações de leitos carbonosos, compreendidos entre o Grupo Itararé e a Formação Palermo. Interpretaram a origem do carvão a partir de turfeiras desenvolvidas após o assoreamento de depressões formadas na época glacial pela re-sedimentação de depósitos glaciais, e uma idade carbonífera superior para os depósitos da Formação Rio Bonito. Estes autores foram pioneiros ao proporcionar uma visão integrada da estratigrafia e da extensão das jazidas de carvão do Rio Bonito, objeto de infindáveis publicações até o presente momento.

Machado (1961) apresentou mapas isolíticos de relações entre carvão e clásticos, e entre clásticos grosseiros e clásticos finos, como auxiliares na interpretação paleoambiental e da gênese do carvão. Chamou a atenção para a existência de áreas positivas ao longo da região Minas do Leão-Iruí (Cerro do Coronel e a NE de Morro Grande), relatando, ainda, remanescentes das formações Rio Bonito e Palermo sobre o Escudo, verificados tanto em afloramentos quanto em testemunhos de sondagem. Foi o primeiro a concluir pela existência de um caráter transgressivo da Formação Palermo sobre a Formação Rio Bonito, favorecendo considerações posteriores sobre a existência de uma conexão da Bacia do Paraná com o mar aberto, em um sistema salobro-continental como o proposto por Loczy (1964). Já Delaney & Goñi (1963) descreveram a Formação Rio Bonito como composta por folhelhos carbonosos e arcóseos grosseiros, depositados em ambiente continental, rios e lagoas de águas doces, sob clima frio. Um estudo sedimentológico baseado em cinco sondagens para carvão levou Formoso & Figueiredo (1966) a concluir pela presença de condições redutoras durante a deposição da Formação Rio Bonito.

No mesmo ano, Machado (1966) publicou uma sùmula da estratigrafia, das jazidas e reservas de carvão do Rio Grande do Sul, ressaltando a natureza pós-glacial das camadas de carvão que ocorrem no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e, em parte, no Paraná, em contraste com as de natureza interglacial que ocorrem nos estados de São Paulo e Paraná (preservados no topo do Grupo Itararé).

Na metade da década de 1970, chegou-se a conclusões acerca da paleoclimatologia relacionada aos ambientes deposicionais encontrados: um gerado sob condições de clima desértico glacial (carvões do Grupo Itararé), e outro sob clima temperado, com a alteração das rochas do embasamento propiciando as condições de desenvolvimento de um manto de alteração que teria suportado o crescimento da vegetação (carvões da Formação Rio Bonito; Silva Filho, 1974). Este mesmo autor considerou que, apenas após a diagênese, os depósitos do Subgrupo Itararé teriam sido expostos à erosão, sob condições de clima propício ao intenso desenvolvimento de vegetação, dando origem às turfeiras da Formação Rio Bonito.

No final da década, Corrêa da Silva (1978) referiu sua origem a ambiente fluvial, com idade Artinskiana.

No "Projeto Carvão no Rio Grande do Sul" (Convênio DNPM/CPRM) (Ferreira *et al* 1978), sugeriu-se que o contato superior da Formação Rio do Sul (topo do Grupo Itararé) com a Formação Rio Bonito seja concordante, algumas vezes gradacional. Interpretou-se a deposição dos sedimentos sotopostos ao contato, como lagos periglaciais (varvitos e ritmitos) e os sobrepostos, como rios (arenitos grossos, conglomerados e arenitos finos) em ambiente marinho (siltitos e argilitos negros de prodelta).

O ambiente deposicional da Formação Rio Bonito foi interpretado por Ferreira *et al.* (1978) como flúvio-deltaico, com influência marinha somente no topo da unidade, exibindo laminações lenticulares e onduladas de siltito com bioturbações, de arenitos finos com estrutura flaser e bioturbações ou ainda de siltito arenoso com laminação ondulada e lenticular. Por outro lado, os estudos efetuados por Bossi *et al.* (1983) reconheceram depósitos de sistema fluvial meandrante, com elevada hierarquização e relacionaram diretamente o desenvolvimento de camadas de carvão a partir de turfeiras, geradas na planície de inundação do sistema fluvial, quando havia o desenvolvimento de depósitos de diques marginais, ocasionando a baixa mobilidade dos canais e, por conseguinte, a preservação dos depósitos finos da planície. Holz & Dias-Flor (1984) interpretaram um paleoambiente continental transicional a marinho, sob clima ameno, sendo lacustre na base e, no topo, fluvial, com esporádicas transgressões marinhas, onde os arenitos de topo foram tidos como costeiros, vinculados à linha de costa do mar Palermo.

Lavina *et al.* (1985), em uma nova e ampla abordagem, descreveram e interpretaram as seguintes fácies: Fluvial, Diamictitos, Sistemas Deltaicos (planície deltaica, frente deltaica e lagunas), Ilhas de Barreira (planície atrás da barreira, campos de dunas eólicas e canal de maré), Depósitos Praiais e de Shoreface, e Depósitos de Tempestades e Pelitos de Costa Afora, relacionando a deposição a um grande ciclo transgressivo, ocorrido a partir do Eopermiano, tendo o oceano avançado sobre os continentes, formando mares epicontinentais (já no Palermo). Albuquerque & Lopes (1990) e Gonçalves *et al.* (1990) reconheceram, em áreas próximas, fácies semelhantes às de Lavina *et al.* (1985), interpretando a sucessão como um evento predominantemente transgressivo.

Aboarrage & Lopes (1986) no projeto "A Borda Leste da Bacia do Paraná: Integração Geológica e Avaliação Econômica" (Convênio DNPM/CPRM) apresentaram seus primeiros resultados, trazendo novas contribuições para o entendimento da Formação Rio Bonito. Propiciaram uma visão de conjunto das jazidas de carvão, a qual,

aliada às interpretações de fácies e processos sedimentares e de sistemas e ambientes deposicionais para esta mesma área, conduziu a uma proposta de evolução paleogeográfica para a borda leste da bacia, com a identificação, notadamente na região Capané-Minas do Leão, de três pulsos transgressivos durante a evolução do sistema. De acordo com os mesmos autores, a deposição da Formação Rio Bonito no Rio Grande do Sul deu-se em ambiente continental litorâneo, enquanto que, no centro da bacia, a deposição foi predominantemente marinha, intercalada por períodos de deposição flúvio-deltaica e litorânea.

A implementação dos conceitos de Estratigrafia de Seqüências, na década de 1990, deu novo impulso às pesquisas sobre o Grupo Guatá. Severiano Ribeiro *et al.* (1993) apresentaram um estudo no intervalo estratigráfico correspondente ao topo da Formação Rio Bonito e base da Formação Palermo, utilizando-se de afloramentos e perfis descritivos de furos de sonda, com correlação baseada na perfilagem de raios gama. Identificaram uma superfície transgressiva, separando os sedimentos de planície costeira (Rio Bonito) de sedimentos marinhos de plataforma rasa (Palermo).

Alves (1994) identificou na região de Candiota (RS), no intervalo entre as formações estudadas, uma seqüência de 3ª ordem, contendo seis parasseqüências de 4ª ordem, distribuídas em três tratos de sistema: de mar baixo, transgressivo e de mar alto. O limite inferior desta seqüência foi reconhecido como uma superfície erosiva, com geração de vale inciso sobre a sedimentação correspondente ao Grupo Itararé, correspondendo a um limite de seqüência do tipo 1. O limite superior foi tratado como um limite de seqüência do tipo 2, sem que tenha havido o retorno da sedimentação costeira, mas com uma queda relativa do nível do mar capaz de expor o topo da sedimentação. Esta seqüência foi interpretada por Alves (1994) como tendo sido formada por uma queda relativa do nível do mar na curva de 3ª ordem, enquanto na de 2ª ordem o nível do mar experimentava uma subida. A sedimentação basal da seqüência foi caracterizada por depósitos fluviais, preenchendo um vale inciso, que evoluiu para uma sedimentação de planície costeira, composta por um sistema barreira-laguna ao qual se associaram extensos pântanos na região de *back barrier*.

Menezes (1994), estudando a sedimentação permiana na região de Candiota, identificou quatro seqüências de 2ª ordem, observando que seus limites coincidem aproximadamente com os limites das unidades litoestratigráficas envolvidas: Seqüência 1, composta pelo Grupo Itararé; Seqüência 2, composta pelas formações Rio

Bonito, Palermo e Irati; Seqüência 3, composta pela Formação Estrada Nova e a Seqüência 4, composta pela Formação Rio do Rasto.

Na década de 1990, Holz (1995, 1998) e Holz & Carlucci (2000) fazem um detalhado estudo do Eopermiano, promovendo, a partir de análises de cunho faciológico e interpretativo, uma atualização dos dados analíticos até então aceitos para essa formação. Os autores definem quatro associações de fácies para a Formação Rio Bonito, denominadas IIIA, IIIB, IV e V (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização das associações de fácies definidas por Holz (1995, 1998) e Holz & Carlucci (2000) para a Formação Rio Bonito no RS (modificado de Holz & Carlucci 2000).

| AF   | Litologia/<br>Textura/Cor   | Estruturas<br>Sedimentares                                | Outras<br>Feições  | Interpretação sugerida   |
|------|---|---|--|--|
| IIIA | Arenitos grossos a finos  | Estratificação cruzada e planar; ciclos granodecrescentes | -  | Fluvial – fácies de canal distributário de deltas e ambientes associados à progradação deltaica. |
| IIIB | Siltitos e argilitos cinzentos, camadas finas e descontínuas de carvão.               | Maciço  | Fragmentos vegetais; níveis de paleossolos   | Fluvial – fácies de planície de inundação e planícies interdistributárias de deltas.             |
| IV   | Siltitos e argilitos escuros, arenitos finos, camadas espessas e contínuas de carvão. | Laminação ondulada (Wavy)                                 | Bioturbações   | Lagunas e baías costeiras de circulação restrita, formadoras de turfa.                           |
| V    | Arenitos finos e pelitos  | Estratificação cruzada tipo <i>hummocky</i>               | Pavimentos de intraclastos pelíticos, nódulos de sílica, seixos discóides de quartzo e bioturbações. | <i>Shoreface</i> superior e inferior (arenitos) e <i>offshore</i> (pelitos)                      |

Buatois *et al.* (2001b) delimitaram quatro unidades sedimentares para a Formação Rio Bonito: canais fluviais e paleossolos, canais estuarinos e pântanos, complexo de boca de estuário e shoreface.

Lopes *et al.* (2003a,b) observaram em regiões carboníferas específicas do Estado do Rio Grande do Sul, que em seu terço superior, apresentam um grande volume de arenitos litorâneos marinhos rasos, incluindo arenitos vinculados a correntes de marés e ação de ondas. Nas porções basais, apresentam depósitos deltaicos e fluviais, ambos de composição arenosa. Reconheceram quatro associações de fácies: deltaica, lagunar/paludal, de barreira litorânea e costa afora.

### 1.1.1.2 Formação Palermo

O termo "schistos do Palermo" foi utilizado pela primeira vez por White (1908) para descrever uma seqüência de siltitos cinza amarelos, com intensa bioturbação e raras lentes de arenitos finos a conglomeráticos, aflorantes na região sudeste de Santa Catarina.

A Formação Palermo no Rio Grande do Sul foi descrita por Machado & Castanho (1956) como composta por arenitos finos, cinzas, mal selecionados, com matriz síltica, siltitos e folhelhos arenosos a sílticos, cinzas, com intercalações lenticulares de arenitos quartzosos, esbranquiçados a esverdeados. Os autores concluíram por sua equivalência aos depósitos da mesma unidade em Santa Catarina. O contato com a Formação Rio Bonito foi interpretado como "sem discordância", com seus litotipos contatando com folhelhos carbonosos ou camadas de carvão dessa unidade. Por encontrarem peças roladas de madeira silicificada e fragmentos vegetais, optaram por aceitar uma descrição de fácies de águas rasas, não marinhas, possivelmente refletindo as imposições de um ambiente transicional entre as margens da bacia e as condições basinais reinantes na zona interna de um grande lago permocarbonífero.

Já Machado (1961), ao encontrar fina matéria orgânica dispersa em estrias ou lâminas escuras, caracterizou o ambiente como "hidroplástico", depositado em águas rasas, e observou nítida tendência regressiva sobre a Formação Rio Bonito. Ao contrário do observado por esse autor, Delaney & Goñi (1963) identificaram a ocorrência de lâminas lenticulares de areia/silte/argila (ocasionalmente margas), reconhecendo o caráter transgressivo desta unidade e interpretando sua deposição como tendo ocorrido em uma plataforma instável, em ambiente de planície de marés, com baixa salinidade das águas, relatando espessuras que variam de 150 m a 200 m.

A Formação Palermo foi descrita por Schneider *et al.* (1974) como constituída por siltitos e siltitos arenosos, com desenvolvimento local de arenitos finos a conglomeráticos, depositados em ambiente marinho transgressivo, de águas rasas, abaixo do nível de ação das ondas. No Rio Grande do Sul, os autores destacaram que a Formação Palermo se assenta diretamente sobre o embasamento, em áreas localizadas.

No final da década de 1970 e seguintes, Ferreira *et al.* (1978) e Perinotto (1992) identificaram os sedimentos da Formação Palermo como siltitos cinzas a esverdeados, com laminações e camadas de arenitos predominantemente finos a médios, sendo

comuns laminações planoparalelas, onduladas e lenticulares, *flaser* e muitas bioturbações. O ambiente deposicional foi referido como marinho transgressivo e de águas rasas.

Habekost (1983) realizou o primeiro estudo detalhado da Formação Palermo no Rio Grande do Sul, concluindo, com base nas características litológicas e nas bioturbações presentes, que a sedimentação desta unidade deve ter ocorrido em um ambiente transicional de águas rasas, optando por interpretá-la como depósito de planície de marés mista, admitindo, entretanto, que “a diversidade de opiniões entre os diversos autores nem sempre permite chegar a uma identidade de pensamento” (Habekost 1983, p.45). Essa diversidade, logo ficou evidente quando, algum tempo depois, Aboarrage & Lopes (1986), Lopes *et al.* (1986) e Lavina & Lopes (1987) sugeriram para essa formação um ambiente marinho transgressivo, de plataforma, sob influência de ondas e marés, que cobriria o ambiente deltaico-lagunar da Formação Rio Bonito, fazendo a linha de costa recuar, em sucessivos pulsos, de oeste para leste.

Utilizando-se da Estratigrafia de Seqüências, Severiano Ribeiro *et al.* (1993) concluíram que a sobreposição de depósitos marinhos plataformais sobre pelitos carbonosos é uma clara evidência do aumento abrupto da lâmina de água, indicando uma inundação marinha, constituindo a interface entre esses depósitos uma superfície transgressiva. Os “níveis de *hardground*” no topo de cada *sand wave*, representariam também uma interrupção da sedimentação, indicando também uma inundação marinha, caracterizando cada depósito como uma parasseqüência (Van Wagoner *et al.* 1990). A partir daí, diversas fácies da seqüência Rio Bonito/Palermo foram englobadas em tratos de sistemas (Chaves *et al.* 1993, Della Fávera *et al.* 1993). A superfície de inundação máxima é evidenciada na porção mediana-superior, determinando tratos de sistemas de mar alto, que se estendem até a Formação Irati, informação esta confirmada através de icnofósseis por Netto (1994). No modelo de Holz & Carlucci (2000), a Formação Palermo é representada pelas associações de fácies VI e VII (Tabela 2).

Tabela 2 - Caracterização das associações de fácies da Formação Palermo no RS, segundo Holz & Carlucci (2000).

| AF  | Litologia/<br>Textura/Cor          | Estruturas<br>Sedimentares                  | Outras<br>Feições           | Interpretação sugerida                          |
|-----|------------------------------------|---|-----------------------------|---|
| VI  | Pelitos brechados e arenitos finos | Estratificação cruzada tipo <i>hummocky</i> | Níveis com <i>birdseyes</i> | Supramaré periodicamente sujeito a tempestades. |
| VII | Pelitos e arenitos finos           | Estratificação cruzada tipo <i>hummocky</i> | Bioturbações                | Plataforma marinha rasa.                        |



O registro sedimentar referente ao final da Formação Rio Bonito e início da Formação Palermo ainda hoje é alvo de discussões relativas ao modelamento paleoambiental inferido para este intervalo. Sabe-se que nem sempre os enfoques acabam por complementar-se e, na maioria dos casos, nem chegam a serem confrontados, por isso trabalhos como Lavina *et al.* (1985), Netto (1994), Lopes (1995), Elias (1999), Lopes & Lavina (2001) e Buatois *et al.* (2001a,b, 2007) continuam a tentar minimizar as diferenças. Por outro lado, é consenso entre todos os autores que trabalharam com a Formação Palermo a conformação genérica de meio marinho transgressivo, com depósitos de plataforma rasa, como proposto no levantamento de Netto (2001).

### 1.1.2 Paleoicnologia

Desde a metade do século passado existem registros da presença de estruturas sedimentares biogênicas nos sedimentitos que compõem a sucessão sedimentar Rio Bonito/Palermo em toda sua extensão na Bacia do Paraná. Inicialmente denominados de “tubos de vermes” ou “rastros de vermes” (Putzer 1954, Salamuni 1962, Salamuni & Alessi 1966, Barberena 1970, Albuquerque 1990, entre outros), passaram a ser denominados mais apropriadamente de “bioturbação” (Medeiros & Thomaz Filho 1973, Tommasi 1973, Schneider *et al.* 1974, Piccoli 1977, Habekost 1978, 1983, Bossi & Piccoli 1980, Fontes & Cava 1980, Bortoluzzi & Veiga 1981, Bossi & Lenzi 1981, Menezes Filho & Brito 1982, Piccoli & Paim 1982, Menezes Filho & Rodrigues 1983, Paim *et al.* 1983a, Nowatzki *et al.* 1983, Wildner 1983, Dias-Fabricio *et al.* 1984, Holz & Dias-Flor 1984, Piccoli *et al.* 1984a,b, 1985) ou, especificamente, icnofósseis e icnofábricas (Netto & Gonzaga 1985, Boeira & Netto 1987, Dutra *et al.* 1990, Netto *et al.* 1991, Rosa *et al.* 1994, Netto 1994, 1998, Buatois *et al.* 2001a,b, 2007, Netto 2000, 2001).

Habekost (1978, 1983), a partir de estudos de quantificação da bioturbação da Formação Palermo, reconheceu que as estruturas sedimentares biogênicas ocupavam 50 a 56% dos depósitos estudados, estatística essa ampliada por Netto (1994, 1998, 2001), que registrou moderada a intensa bioturbação ocupando 75% da área da Formação Palermo em testemunhos de sondagem, em contraste aos apenas 10% de áreas bioturbadas nos depósitos da Formação Rio Bonito.

Os trabalhos de detalhe sobre a paleoicnologia das formações Rio Bonito e Palermo no Rio Grande do Sul, efetuados a partir de meados da década de 1980 (Netto &

Gonzaga 1984, 1985, Boeira & Netto 1987, Rosa *et al.* 1994, Netto *et al.* 1991, 1999, Netto 1994, 1996, 1997, 1998, 2001, Buatois *et al.* 2001a,b, 2007) foram fundamentais para a utilização da paleoicnologia como ferramenta de aplicação a estudos estratigráficos. A partir desses estudos, concluiu-se por uma gênese marinha rasa para a Formação Palermo, devido à intensa bioturbação e ao tipo de colonização, enquanto que o conjunto de traços fósseis encontrados na Formação Rio Bonito sugere deposição em ambientes marginais. Tognoli & Netto (2000, 2001a,b, 2003) estenderam os estudos de aplicação da icnologia à análise estratigráfica de alta resolução para os depósitos da seqüência deposicional Rio Bonito/Palermo na borda nordeste da bacia, realizando estudos em depósitos de subsuperfície do estados de Paraná e Santa Catarina.

Buatois *et al.* (2001a,b,c) realizam os três trabalhos mais significativos para complementação da presente proposta de tese, onde, a partir da análise integrada de sedimentologia e paleoicnologia, propõem uma reinterpretação paleoambiental para o intervalo médio e superior da Formação Rio Bonito. Esses estudos tiveram por base depósitos de subsuperfície situados na jazida carbonífera Iruí Central, na região de Cachoeira do Sul (RS). Até então assumida pela maioria dos autores previamente citados como um sistema predominantemente flúvio-deltaico, os depósitos da Formação Rio Bonito, na região, foram reinterpretados como caracterizando, predominantemente, um sistema estuarino, inicialmente dominado por marés (porção média) e, posteriormente, dominado por ondas (porção superior). A natureza transgressiva das sucessões, o aumento da icnodiversidade e da quantidade de bioturbação para o topo, juntamente com a passagem vertical de icnofaunas salobras para assembléias marinhas, traz argumentos em favor de um sistema estuarino, e não condiz com o padrão esperado para sistemas deltaicos, que possuem natureza progradante.

### 1.1.3 Paleopalinologia

O Permiano é um período de significativas mudanças no que se refere à paleopalinologia. Com o melhoramento climático que trouxe o aumento das temperaturas médias durante este período, desenvolveu-se uma flora relativamente diversificada, que ocupou diferentes habitats e nichos existentes do Eopermiano, denominada Flora *Glossopteris* (Souza *et al.* 2004). Por essa razão, o reconhecimento da flora esporopolínica desse período e o estabelecimento de afinidades botânicas dos esporos e pólenes dispersos, são relevantes para a compreensão dos fenômenos associados às mudanças paleoclimáticas e paleoambientais que ocorreram a partir da deglaciação do Gondwana.

Como visto inicialmente, as pesquisas com paleofloras no Brasil emergiram no século XIX, justamente a partir do estudo inicial das jazidas de carvão (Hart, *in* Liais 1872, Amber 1905), mas foi com a implantação da Paleopalinologia como ferramenta exploratória na Petrobrás, no final da década de 1950, que o grande impulso as pesquisas com palinomorfos foi dado (cf. Picarelli, 1993). Os estudos de caráter paleobotânico e palinológico foram alvo de inúmeros enfoques vinculados à presença de camadas de carvão, principalmente, na Formação Rio Bonito. Devido a essa ênfase, os palinomorfos parecem ocorrer com maior frequência em determinados níveis da Formação Rio Bonito, preferencialmente nos níveis de carvão. Contudo, segundo Souza *et al.* (2004), isso pode refletir apenas o maior número de estudos, visto que os níveis de carvão são responsáveis por 80% dos estudos já realizados no Rio Grande do Sul, não havendo, portanto, até o momento, subsídios para uma comparação entre locais mais ou menos propícios para uma análise quantitativa.

Na década de 1960, a revista *Micropaleontology* já trazia os resultados do estudo sobre os miosporos do Permiano do Brasil, incluindo os sul-rio-grandenses (Pant & Srivastava 1965) e, três anos depois, Nahuys *et al.* (1968) realizam estudos palinológicos e petrográficos de alguns carvões do Rio Grande do Sul. O interesse no incremento dos estudos palinológicos enfocados nos sedimentos carboníferos deve-se à importante contribuição que vêm prestando para o conhecimento da gênese dos carvões, bem como para compreender as condições de deposição das turfeiras, para a caracterização faciológica e para o estabelecimento de macro e microcorrelações (Marques-Toigo & Correa da Silva, 1983).

Um estudo clássico, que norteou boa parte da pesquisa paleopalinológica da Bacia do Paraná foi o de Daemon & Quadros (1970). Este trabalho, de caráter bioestratigráfico, permitiu alinhar os depósitos da seqüência sedimentar Rio Bonito/Palermo no intervalo Kunguriano-Kazaniano. A partir deste trabalho em que se discutiu primeiramente a idade das unidades, seguiu-se o trabalho de Marques-Toigo & Pons (1974), em estudo palinológico da sondagem P7 da Jazida do Iruí, onde reconheceram uma idade Artinskiano-Kunguriano para a Formação Rio Bonito. Esta mesma idade foi adotada em trabalhos posteriores (Bortoluzzi *et al.* 1980, Dias-Fabício 1980, 1981, Paim *et al.* 1983b, Holz & Dias-Flor 1984, Piccoli *et al.* 1984a, 1985, 1986, Pop & Soares 1984, Guerra-Sommer 1989, Milani *et al.* 1994, Kalkreuth *et al.* 1999). Entretanto, Menezes (1994) chamou a atenção para a discrepância de idades encontrada para os ciclos de variação relativa do nível do mar, quando tentou comparar a curva estimada construída para a região de Candiota (RS), com curvas eustáticas elaboradas para o Permiano, pois, embora mostrassem similaridades na

qualidade, encontrou diferenças significativas em termos de datação. Baseado neste fato, o autor considerou as idades referenciadas em dados palinológicos subestimadas.

Em termos de datação absoluta, as idades mais recentes obtidas em zircões de tufos vulcânicos associados às camadas de carvão oscilam entre  $285.4 + 8.6$  Ma e  $290.6 \pm 1.5$  Ma, situando os depósitos estudados no Sakmariiano (Guerra-Sommer et al. 2007, 2008).

Na discussão sobre os aspectos paleoecológicos, no decorrer da década de 1970 e principalmente na década seguinte, houve uma ampliação do conhecimento sobre a composição da microflora presente nos carvões e rochas associadas, sua relação com a vegetação que lhes deu origem e condições paleoambientais vigentes à época de deposição desses carvões. Estudos direcionados nas jazidas de Candiota, Capané, Leão/Butiá, Charqueadas/Santa Rita, Gravataí/Morungava e Santa Terezinha, realizados por Cauduro (1970), Marques-Toigo & Pons (1974), Corrêa da Silva & Marques-Toigo (1975, 1985), Marques-Toigo *et al.* (1975, 1981, 1984, 1989), Bossi & Piccoli (1978), Burjack (1978), Marques-Toigo & Corrêa da Silva (1983, 1984), Marques-Toigo & Picarelli (1984), Dias-Fabício (1980, 1981), Leipnitz (1981), Archangesky & Marques-Toigo (1982), Cazzulo-Klepzig *et al.* (1982a,b, 1984), Corrêa da Silva *et al.* (1982, 1984), Guerra-Sommer *et al.* (1984), Matos (1984), Araújo *et al.* (1985) e Marques-Toigo (1988), serviram para que a palinoflora encontrada na Formação Rio Bonito fosse mais conhecida. Concluíram que a mesma é caracterizada pela abundância dos gêneros *Lundbladispora* e *Punctatisporites* e que os gêneros *Leiotriletes*, *Granulatisporites*, *Anapiculatisporites* e *Krauselispores* representam a maioria da palinoflora encontrada. A abundância de esporos triletes, que atingiriam de 70 a 80% do total da microflora, associada a uma menor proporção de pólenes *Saccites*, *Incertae sedis* e raros esporos monoletes, parece representar uma flora taxonomicamente dominada por plantas do grupo *Pteridophyta* ou transporte.

A ocorrência de palinomorfos de hábito marinho nos depósitos da seqüência sedimentar Rio Bonito/Palermo foi registrada por primeira vez por Dias-Fabício & Cazzulo-Klepzig (1986) que encontraram, em amostras do intervalo estratigráfico correspondente ao topo da Formação Palermo, microplâncton - *Acritarchae* - representado por espécies do gênero *Michrystidium*. A repetição desta associação palinológica em todas as sondagens analisadas por Dias-Fabício & Cazzulo-Klepzig (1986) conduziu à definição de uma biofácies marinha para esta porção da coluna sedimentar no Estado do Rio Grande do Sul. Esse estudo foi reafirmado por Cazzulo-Klepzig & Dias-Fabício (1987). Mais recentemente, Cazzulo-Klepzig (2001a) reafirma que os grãos de pólen e esporos

identificados na Formação Rio Bonito encontram-se sempre associados a algas de água doce ou salobra, associadas com *Incertae sedis* ou com o grupo Acritarchae, considerado como de origem marinha.

Teses e estudos sistemáticos continuaram a surgir e a ser publicados, ou objetivando o uso dos dados para aprimoramento de novas interpretações paleoambientais, paleoecológicas e bioestratigráficas (Ade 1993, Guerra-Sommer *et al.* 1995a, Ade *et al.* 1996, 1999, Cazzulo-Klepzig & Marques-Toigo 1998, Cazzulo-Klepzig 2001a,b) ou para simplesmente refinar o conhecimento dos gêneros previamente analisados (Picarelli & Marques-Toigo 1990, Playford *et al.* 2001).

Interpretações paleoclimáticas também foram inferidas nessa época, quando Guerra-Sommer *et al.* (1995b), concluíram que as modificações nas condições climáticas ocorridas no Permiano são evidenciadas por um rápido declínio de esporos de pteridófitas, particularmente os referidos a *Lycophyta* e aumento de pólenes de gimnospermas. Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (2000) concluem que os dados paleobotânicos indicam um paleoclima ameno no Permiano Inferior, durante a deposição das floras do Gondwana sul-americano.

No campo dos estudos de aplicação, Guerra-Sommer *et al.* (1999) apresentaram os resultados de uma pesquisa com uma proposta de calibração de parâmetros obtidos pela geoquímica orgânica com a petrologia, paleopaleopalinologia, palinofácies e paleobotânica, e Mendonça-Filho (1999) realizou o primeiro estudo de aplicação de palinofácies em rochas do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná.

Cazzulo-Klepzig (2001a) faz uma síntese dos estudos paleopalinológicos efetuados na seqüência sedimentar Rio Bonito/Palermo e apresenta uma interpretação palinológica, concluindo a existência de turfeiras formadas por vegetação predominantemente pteridofítica, originadas em pântanos ou lagunas, favoráveis ao desenvolvimento de algas e fungos. Esses corpos estariam sujeitos a ingressões marinhas de maior ou menor amplitude, por isso a representação do grupo *Acritarchae* nos pântanos. Deste modo, a interpretação palinológica leva a corroborar os modelos deposicionais apresentados por Lavina *et al.* (1985), Netto & Gonzaga (1985), Aboarrage & Lopes (1986), Lopes *et al.* (1986, 2003a,b), Piccoli *et al.* (1986), Lavina & Lopes (1987), Albuquerque & Lopes (1990), Lopes (1990, 1995), Lopes & Lavina (2001), Ade (1993), Netto (1994, 1998), Alves & Ade (1996), Holz (1998), Holz & Dias (1998), Elias (1999), Holz & Kalkreuth (2000) e Buatois *et al.* (2001a,b,c, 2007). Cazzulo-Klepzig (2001a) neste mesmo trabalho reuniu informações determinando três tipos de associações microflorísticas, presentes nas amostras da Formação

Rio Bonito e passíveis de serem usadas na determinação mais precisa de paleoambientes. A Associação 1 seria dominada por *Lundbladispora*, *Punctatisporites*, *Portalites*, representativa de vegetação constituída por pteridófitas (principalmente Lycophyta e Filicophyta) e associada a formas relacionadas a algas de águas doces *Incertae sedis*. Essa associação sugeriria a presença de zonas baixas, pantanosas, com presença constante de lâmina d'água, em ambientes higrófilo-higrófilo. A Associação 2 seria dominada por *Vallatisporites* e *Cristatisporites*, e relacionaria-se com uma vegetação constituída essencialmente por pteridófitas (principalmente Lycophyta e Filicophyta), próprias de ambientes de terras baixas e úmidas, em pântanos situados na faixa de transição entre níveis mais altos e mais baixos da lâmina d'água (ambiente higrófilo). A Associação 3 seria dominada por *Scheuringipollenites* e *Caheniasaccites*, que, por estar associada a outros grãos de pólen monossacados e bissacados, estriados ou não, e apresentar menor frequência de esporos pteridofíticos, indicaria a presença de vegetação do tipo gimnospérmica, característica de zonas mais secas, um pouco afastadas do pântano formador (ambiente mesófilo).

## 2 – METODOLOGIA

A caracterização da matéria orgânica e palinomorfos contidos em sedimentos e rochas sedimentares são importantes para diversas áreas das Geociências. Os métodos usados dependem da idade da matéria orgânica, do ‘background’ do pesquisador e dos objetivos do trabalho (Mendonça-Filho & Menezes, 2001).

A análise quali-quantitativa proposta neste trabalho abrange duas etapas metodológicas distintas e reconhecidas para análises com palinomorfos. Em uma primeira etapa, realizou-se a preparação do material a ser analisado para estudos sistemáticos dos palinomorfos e em uma segunda etapa utilizou-se a preparação metodológica para análises palinofaciológicas e organogeoquímicas. As duas metodologias utilizadas encontram-se, passo a passo, descritas no Anexo 1, A1a e A1b.

As 26 amostras utilizadas neste estudo provêm dos testemunhos de sondagem IC-03-RS, IC-07-RS, IC-12-RS e IC-44-RS, pertencentes ao Serviço Geológico do Brasil – CPRM, sob guarda da Superintendência de Porto Alegre (Tabela 3). Estes testemunhos foram perfurados na área central da jazida carbonífera Iruí (Cachoeira do Sul, RS).

**Tabela 3** – Localização das amostras utilizadas para análise micropaleontológica e suas litologias.

| <b>Testemunho de Sondagem</b> | <b>Profundidade (m)</b> | <b>Amostra</b> | <b>Litologia</b>   |
|-------------------------------|-------------------------|----------------|--|
| IC-07-RS                      | 120,50                  | Palino 08      | pelitos negros carbonosos bioturbados intercalados a arenitos finos com laminação cruzada por ondas e laminação ondulada               |
| IC-07-RS                      | 128,60                  | Palino 05      | pelitos negros carbonosos bioturbados intercalados a arenitos finos com laminação cruzada por ondas e laminação ondulada               |
| IC-07-RS                      | 147,70                  | Palino 17      | pelitos carbonosos que capeiam depósitos de fluxos turbulentos   |
| IC-07-RS                      | 167,80                  | Palino 19      | pelitos carbonosos, logo acima de depósitos centimétricos de pelitos cinza-esverdeados com muito cimento carbonático e paleoalterações |
| IC-07-RS                      | 168,45                  | Palino 10      | pelitos carbonosos   |
| IC-07-RS                      | 169,00                  | Palino 04      | pelitos carbonosos   |
| IC-44-RS                      | 151,10                  | Palino 01      | pelitos negros carbonosos bioturbados  |
| IC-44-RS                      | 164,20                  | Palino 22      | pelitos negros carbonosos bioturbados  |
| IC-44-RS                      | 165,00                  | Palino 18      | pelitos negros carbonosos bioturbados  |
| IC-44-RS                      | 165,30                  | Palino 25      | pelitos negros que compõem a matriz do paraconglomerado da litofácies Gcm (fluxo turbulento)   |
| IC-44-RS                      | 165,60                  | Palino 15      | pelitos negros carbonosos situados logo abaixo de depósitos de paraconglomerados extraformacionais                                     |

|          |        |           |   |
|----------|--------|-----------|---|
|          |        |           | de matriz pelítica carbonosa, conhecidos localmente como "carvão pedra-areia"   |
| IC-44-RS | 187,30 | Palino 07 | pelitos carbonosos associados a margas brechosas, sem bioturbação, capeados por superfície de ravinamento por marés   |
| IC-44-RS | 187,80 | Palino 23 | pelitos carbonosos associados a margas brechosas, sem bioturbação   |
| IC-44-RS | 190,70 | Palino 13 | pelitos carbonosos e margas brechosas, associados a carvão, sem bioturbação, capeando depósitos de canais estuarinos  |
| IC-03-RS | 151,00 | Palino 12 | pelitos negros carbonosos, totalmente bioturbados   |
| IC-03-RS | 201,60 | Palino 06 | pelitos carbonosos associados à arenitos grossos a médios da litofácies Gt, preservados nos forests (drapes de lama)  |
| IC-03-RS | 203,60 | Palino 09 | pelitos carbonosos associados ao topo de camada de carvão de cerca de 3 m, não recuperado   |
| IC-03-RS | 206,55 | Palino 21 | pelitos carbonosos  |
| IC-03-RS | 213,60 | Palino 02 | pelitos com muito cimento carbonático, brechado e com paleoalterações, às vezes com moldes de raízes.   |
| IC-12-RS | 165,40 | Palino 24 | pelitos negros carbonosos completamente homogeneizados pela bioturbação   |
| IC-12-RS | 181,00 | Palino 26 | pelitos negros carbonosos homogeneizados pela bioturbação, associados a discretas lâminas de arenitos muito finos com laminação ondulada e marcas de ondas        |
| IC-12-RS | 189,80 | Palino 03 | pelitos negros carbonosos associados a arenitos muito finos com laminação ondulada  |
| IC-12-RS | 205,20 | Palino 16 | pelitos negros carbonosos associados a arenitos finos e médios de base erosiva, formando delicados lags transgressivos  |
| IC-12-RS | 216,50 | Palino 20 | Pelitos cinza-esverdeados com muito cimento carbonático e contendo paleoalterações que se assenta sobre pelitos carbonosos e camadas de carvão                    |
| IC-12-RS | 222,00 | Palino 11 | depósitos de pelitos carbonosos, assentados imediatamente acima de depósitos de canais estuarinos contendo rizobioturbação no topo e suíte de traços fósseis SkCr |
| IC-12-RS | 240,60 | Palino 14 | pelitos carbonosos  |

## 2.1 Preparação de amostras para análise sistemática

Para o processamento e a preparação do material para esta análise, utilizou-se os procedimentos descritos por Quadros & Melo (1987) e por Souza (2000) e descritos no Anexo1, A1a. A metodologia foi realizada com HCl à quente para eliminação da sílica-gel e fluorossilicatos e não com HCl a frio (amostras carbonáticas).



Com as amostras preparadas, realizou-se uma contagem dos palinomorfos, visando-se à determinação de frequência relativa dos táxons. Para isso quantificou-se 300 pontos máximos presentes em até quatro lâminas palinológicas, número considerado pela autora como ideal para uma ótima representatividade da amostra.

A contagem da fração palinomorfo foi realizada considerando a área total da lâmina, buscando-se somente índices de abundância relativa na amostragem de lâminas utilizadas. Os palinomorfos foram observados e contabilizados utilizando-se microscopia em luz branca transmitida e encontram-se disponibilizados nas Figuras A5x01 a A5x04 (Anexo 5).

### 2.1.1 Técnicas de identificação das amostras

A identificação das amostras foi realizada em microscopia óptica de luz branca transmitida, com aumentos de 40, 50 e 100x, no microscópio Olympus BX40 do Laboratório de Microscopia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

A identificação taxonômica dos palinomorfos foi feita a partir da comparação dos espécimes identificados com a literatura especializada (Adami-Rodrigues *et al.* 2004, Ade 1993, Albuquerque & Lopes 1990, Alves 1994, Araújo *et al.* 1985, Archangelsky & Marques-Toigo 1982, Balme 1995, Burjack 1978, Cauduro 1970, Cazzulo-Klepzig 2001a,b, Cazzulo-Klepzig *et al.* 1982a,b, 1984, 2000, 2002a,b, 2003a,b, Cazzulo-Klepzig & Marques-Toigo 1998, Corrêa da Silva & Marques-Toigo 1975, Corrêa da Silva *et al.* 1982, 1984, Dias-Fabício 1980, 1981, Dias-Fabício & Cazzulo-Klepzig 1986, Felix *et al.* 2006, Ferreira *et al.* 1978, Fontes & Cava 1980, Guerra-Sommer 1989, Guerra-Sommer *et al.* 1984, 1991, 1995a,b, Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig 2000, Iannuzzi & Souza 2005, Jansonius & Hills 1976, Leipzig 1981, Machado 1961, 1966, Machado & Castanho 1956, Marques-Toigo 1988, Marques-Toigo & Ponz 1974, Marques-Toigo *et al.* 1975, 1981, 1984, 1989, Marques-Toigo & Correa da Silva 1984, Marques-Toigo & Picarelli 1984, Marques-Toigo & Cazzulo-Klepzig 1995, Matos 1984, Neves *et al.* 2006, Picarelli & Marques-Toigo 1990, Piccoli *et al.* 1986, Playford *et al.* 2001, Souza 1997, 2000, Souza *et al.* 2004, 2005, 2006a,b, Souza & Marques-Toigo 2001, 2003), buscando-se chegar à categoria taxonômica genérica, sem se aprofundar em um estudo sistemático completo, por não ser este o objetivo deste trabalho.

### 2.1.2 Documentação fotomicrográfica

As fotografias foram realizadas no microscópio óptico com máquina digital Kodo acoplada, preferencialmente com objetiva de 50x. A escala dos palinomorfos apresentados nas estampas equivale a 30 µm.

Os esporomorfos podem ser localizados através de uma lâmina Zeiss de contagem codificada com coordenadas, para localização e registro dos espécimes. A padronização para localização dos exemplares nas lâminas encontra-se na Figura 7.

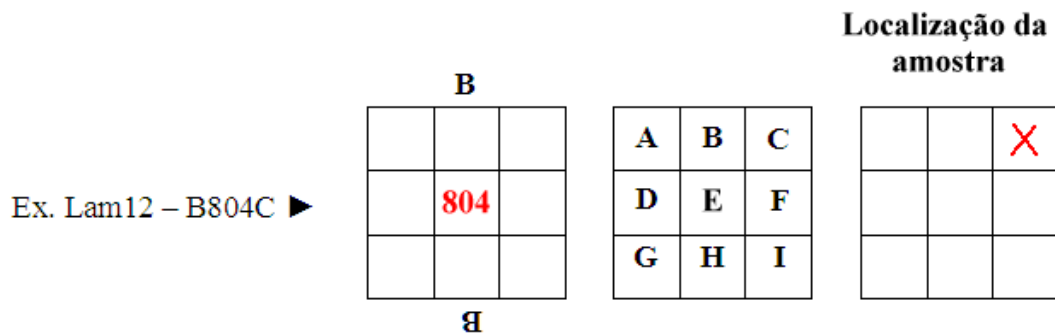


Figura 4 - Esquema da utilização da lâmina de contagem Zeiss.

Foram selecionados para ilustração os espécimes mais representativos dos gêneros encontrados. As fotos dos espécimes estão apresentadas nas estampas localizadas no Anexo 3.

As imagens digitais e estampas foram editadas nos programas Corel Draw 9 e Paint Shop Pro 9.0.

Todas as lâminas estão depositadas na coleção de Paleontologia do Laboratório da História da Vida e da Terra, junto ao Museu da História Geológica do Rio Grande do Sul, UNISINOS (Figura 5).



Figura 5 – Entrada do Museu (UNISINOS) onde estão depositadas as lâminas palinológicas.

## 2.2 Técnicas de preparação das amostras para análise de palinofácies

O conceito de palinofácies foi introduzido por Combaz (1964) para descrever a assembléia total de constituintes da matéria orgânica contida em um sedimento após a remoção da matriz sedimentar (mineral) pela acidificação com ácido clorídrico (HCl) e fluorídrico (HF). Para tal, é realizado um exame qualitativo e quantitativo em lâminas de concentrado de querogênio, utilizando-se técnicas de microscopia de luz branca transmitida e luz azul/ultravioleta incidente (fluorescência).

A metodologia de preparação das amostras e a identificação da matéria orgânica particulada obedece à classificação geral proposta por Tyson (1995), Mendonça Filho (1999), Mendonça Filho *et al.* (2002), Menezes *et al.* (2008) e segue os critérios expostos na tabela 4. A análise consiste na contagem de 300 a 500 componentes orgânicos por lâmina. Essa contagem foi realizada no Laboratório de Palinofácies e Fácies Orgânica (LAFO), Departamento de Geologia, na Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Os passos encontram-se descritos no Anexo 1, A1b.

## 2.3 Geoquímica orgânica

### 2.3.1 Carbono orgânico total (COT)

O conteúdo de COT fornece uma indicação do potencial geral de uma rocha para a geração de hidrocarbonetos (Mendonça Filho & Menezes, 2001) e as amostras com valores entre 0,5 e 1,0 são consideradas com baixo ou nenhum potencial de geração (Bordenave & Espitalié 1993). O clima também controla as variações de COT em ambientes óxidos (Tyson 1987, 1995). Sedimentos com baixos valores de COT (< 2-3%), de ambientes óxidos tendem a ser dominados por fitoclastos, os quais controlam a abundância do conteúdo de carbono.

Partindo-se da importância dessa análise, 24 amostras (exceção das amostras Palino 02 e 07 – que não foram usadas por falta de material), foram testadas e os resultados de carbono orgânico total (% COT) encontram-se dispostos no Capítulo 5, como dados informativos.

**Tabela 4** – Classificação da matéria orgânica particulada (baseada em Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça Filho *et al.* 2002 e Menezes *et al.* (2008).

| GRUPOS E SUBGRUPOS      |   | DESCRIÇÃO   |  |   |
|-------------------------|---|---|--|---|
| MATÉRIA ORGÂNICA AMORFA | <b>"MOA"</b><br><i>Material orgânico derivado de ataque microbiológico.</i>                               | Material não estruturado e com formato variado; cor amarela/laranja/vermelho - laranja/marrom - cinza. Algumas vezes com inclusões de palinórfos, fitoclasto, pirita. Pode ou não exibir colorações de fluorescência. |  |   |
|                         | <b>Resina</b><br><i>Derivada de vegetais terrestres superiores de florestas tropicais e subtropicais.</i> | Partícula não estruturada, hialina, usualmente arredondada, homogênea, fluorescente ou não.   |  |   |
| GRUPOS E SUBGRUPOS      |   | DESCRIÇÃO   |  |   |
| <b>FITOCLASTO</b>       | Opaco   | Equidimensional   | Partícula de cor preta de forma quadrática. Sem bioestruturas internas.  |   |
|                         |   | Alongado  | Partícula de cor preta de forma alongada. Eixo longo três vezes maior do que o eixo curto. Sem bioestrutura interna.   |   |
|                         |   | Corroído  | Partícula de cor preta com contornos difusos e irregulares.  |   |
|                         | Não-opaco   | Não-degradado<br><small>Possui contornos nítidos, podendo ser levemente irregulares/lascados.</small>   | Não-bioestruturado   | Partícula de cor marrom não-bioestruturada.   |
|                         |   |   | Bioestruturado   | Partícula de cor marrom bioestruturada (estriada, listrada, bandada, perfurada).  |
|                         |   | Degradado<br><small>Possui contornos irregulares e difusos ou lascados.</small>   | Cutícula   | Partícula de cor amarelo-pálido a marrom claro, delgadas, com estrutura celular, em alguns casos com estômatos visíveis.  |
|                         |   | Pseudoamorfo<br><small>Podem exibir fluorescência, coloração marrom clara, começam a mostrar algum aspecto de MOA; homogêneos em aparência, sem inclusões.</small>  | Membrana   | Partícula de cor amarelo-pálido, comumente transparente, sem estrutura celular.   |
|                         | Opaco ou Não-opaco  | Esclereideo   | Hifas de Fungo   | Filamentos individuais do micélio da fase vegetativa dos fungos.  |
|                         |   |   | Células que formam o tecido esclerenquimático, com parede secundária espessada e impregnada de lignina e são encontradas em diferentes partes do vegetal (raiz, caule e folha) e tem a função de sustentação e resistência.  |   |
|                         | GRUPOS E SUBGRUPOS  |   | DESCRIÇÃO  |   |
| <b>PALINOMORFOS</b>     | Esporomorfo   | Espero  | Palinomorfo terrestre produzido por pteridófitas, briófitas e fungos.<br><br>Palinomorfo de forma triangular ou circular, apresentando marca trilete (*) ou monolete (-). Ornamentação variada.  |   |
|                         |   | Grão de Pólen   | Palinomorfo terrestre produzido por gimnospermas e angiospermas.<br><br>Palinomorfo com morfologia complexa a simples, usualmente esférico a subsférico. Ornamentação variada, podendo apresentar aberturas. Podem ocorrer como aglomerados e tétrades.  |   |
|                         | Microplâncton de água doce  | <i>Botryococcus</i>   | Algas Chlorococcales   | Colônias globulares irregulares, apresentando tamanhos entre 30 a 2000µm, algumas vezes com vários lóbulos.<br>Cor: laranja - marrom. Idade: C - Recente.   |
|                         |   | <i>Pediastrum</i>   |  | Algas verdes coloniais, radialmente simétricas. Tamanhos entre 30 a 200µm (diâmetro), com dois chifres no anel externo das células. As células internas podem apresentar-se de forma irregular com espaços entre elas ou mesmo compactadas.<br>Idade: J(?) - Recente. |
|                         | Microplâncton marinho   | Dinocistos  | Restos de cistos produzidos durante a parte sexual do ciclo de vida da Classe Dinophyceae.<br><br>Característica principal: paratabulação que divide a teca do cisto em placas retangulares ou poligonais separadas por suturas. Morfologias principais: proximados, cavados e corados. Muitas vezes apresentam uma abertura (arqueótipo) através do qual ocorre o encistamento. Idade: J - Recente. Existem espécies atuais de água doce.   |   |
|                         |   | Prasinófitas  | Micrófósseis produzidos por pequenas algas quadriflageladas (Divisão Phylophyta).<br><br>Maioria, como Tasmanites, são esféricas. Diâmetros: 50 a 2000µm. Idade: Pre-Cambriano - Recente.  |   |
|                         |   | Acritarcos  | Algas sem status taxonômico, afinidade incerta e de origem provavelmente polifítica. A maioria está relacionada a cistos de algas fotossintéticas microscópicas.<br><br>São eucariontes e unicelulares de pequena dimensão (5 a 150µm). Constituídos de cavidade central, circundada por uma parede de camada simples ou múltipla de esporopoleína. Possuem simetria, forma/estrutura e tipo de desenvolvimento da ornamentação bem variados. Idade: Pré-Camb. - Recente (auge O-D - quase extintos P-C e baixa diversidade no Mesó-Cenozóico). Formas águas doces: P - Recente. |   |
|                         | Zoomorfo  | Palinoforaminífero  | Película interna quitinosa que reveste a carapaça de foraminíferos.<br><br>Revestimento orgânico interno de testas de microfossilíferos recuperados na preparação de amostras para análises de palinofósseis e palinologia. Cores: bege - marrom claro/escuro. Os principais morfótipos, se caracterizam por possuírem câmaras simples, unisseriais, bisseriais, espiraladas e compostas   |   |
|                         |   | Escolecodonte   | Elementos dispersos do aparelho bucal de anelídeos poliquetas.<br><br>Peças bucais, compostas por quitina. Idade: Ordoviciano Inferior - Recente.  |   |
|                         |   | Quitinozoário   | Vesículas em formato de frascos ou pequenas garrifinhas ocas (30 a 2000µm). Afinidade incerta.<br><br>Constituem um grupo extinto de organismos marinhos dotados de testas orgânicas de quitina. Idade: O-D.   |   |
| <b>OUTROS</b>           | Ex.: <i>Spongiophyton</i> , Zooclastos ( <i>Graptolitos</i> , Ovos de copépoda, etc). ...                 |   |  |   |

### 2.3.2 Parâmetro “FI-COT”

Trata-se da relação entre o percentual de fitoclastos e o carbono orgânico total. O valor do Fi-COT é calculado para determinar as variações na abundância do carbônico orgânico terrestre em sedimentos (Tyson, 1989), correlacionando diretamente o percentual dos fitoclastos aos teores de carbono orgânico total.

Segundo Mendonça-Filho (1999), os resultados de Fi-COT geralmente mostram que existe uma diminuição geral dos resultados desse parâmetro em direção distal à costa. Em estudos envolvendo rochas do Grupo Guatá no Rio Grande do Sul, o autor demonstrou que os valores mais altos foram encontrados nas amostras pertencentes à Formação Rio Bonito e os mais baixos na Formação Palermo (Mendonça-Filho, 1999). Assim, pode-se utilizar os resultados deste parâmetro para graduar diferentes fácies, de acordo com sua proximidade em relação a aportes terrestres.

Define-se o parâmetro Fi-COT pela expressão:

$$\text{FICOT} = \{ \% \text{ COT} \times (\% \text{ fitoclastos do querogênio total} / 100) \}$$

Assim como no conteúdo de COT, as mesmas 24 amostras (exceção das amostras Palino 02 e 07), foram testadas e os resultados de Fi-COT encontram-se dispostos no Capítulo 5, também como dados informativos.

## 2.4 Tratamento estatístico

Uma vez que o estudo em Palinologia é fundamentalmente comparativo, analisaram-se as variações entre os palinomorfos presentes no conjunto das 26 amostras estudadas e suas relações espaço-temporais. Empregou-se, para tanto, uma análise de agrupamento denominada *Cluster Analysis*.

### 2.4.1 Análises de Agrupamento (*Cluster Analysis*)

É uma técnica que permite agrupar amostras ou indivíduos em classes, baseando-se na presença ou ausência de atributos comuns. Esta técnica é utilizada quando se deseja explorar as similaridades entre indivíduos (modo Q) ou entre variáveis (modo R de

análise de agrupamentos), definindo-os em grupos. Essa avaliação é buscada quando o pesquisador sente a necessidade de associar espécies em comunidades ou mesmo agrupar amostras com mesmas características (Dutra 1998).

Segundo Valentin (2000), os métodos ecológicos de agrupamento devem poder destacar os grupos de objetos similares entre si, deixando de lado os pontos intermediários que permaneçam geralmente entre os grupos quando a amostragem é suficientemente extensa.

Para desenvolver a metodologia, utilizou-se o software *Statistical Power for MS Excel* (StatistiXL) que desenvolveu, a partir dos dados fornecidos, uma matriz simétrica de coeficientes de associação entre itens (*Distance Matrix*). Após, o programa apresentou uma combinação desses coeficientes segundo níveis hierárquicos de similaridade, utilizando um procedimento aglomerativo, de tal modo que cada ciclo de agrupamentos obedeça a uma ordem sucessiva, no sentido do decréscimo da similaridade (*Clustering Strategy*). Entre todos os possíveis pares de indivíduos, é calculado um coeficiente que representa sua distância em um universo multidimensional. Por ser uma simplificação bidimensional de uma relação múltipla, é inevitável que algumas distorções quanto à similaridade apareçam. Com o coeficiente de correlação copenético (*Cophenetic Correlation*) entre os valores da matriz inicial de similaridade e os derivados do dendrograma, esta distorção pode ser obtida.

Sua forma gráfica mais usada é o dendrograma (*Dendrogram*), por demonstrar a hierarquia de relações. Neste dendrograma final, os coeficientes representam o grau de semelhança entre pares de objetos e deverão ser arranjados segundo seus respectivos graus de similaridade, de modo a agrupá-los hierarquicamente. Os resultados mostrarão as relações entre as amostras.

Com auxílio do Departamento de Estatística da UNISINOS, realizou-se um 'zoom' sobre as análises. Os dados foram reunidos em uma primeira tabela, com as amostras nas colunas (descritores) e os gêneros nas linhas (objetos) (Tabela 5).

Em uma segunda etapa, eliminaram-se os objetos de valor ZERO, no caso exemplificado, os gêneros *Retusotriletes*, *Apiculatisporis* e *Apiculatisporites*, já que estas linhas nada acrescentariam à análise final. Em um terceiro momento, selecionaram-se somente os valores lineares que, somados, constituíam mais de 10 exemplares. Isso eliminou a maioria das distorções em função da baixa quantidade numérica para as análises. Por fim, realizaram-se os agrupamentos para os determinados fins, reunindo-se as amostras como desejado.

Tabela 5 - Exemplo da primeira matriz de dados para análise de agrupamento.

| <b>Esporos lisos</b>   | <b>AM 04</b> | <b>AM 10</b> | <b>AM 19</b> | <b>AM 17</b> | <b>AM 05</b> | <b>AM 08</b> |        |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|
| <i>Leiotriletes (Naumova) Potonié &amp; Kremp, 1956</i>      | 2            | 0            | 0            | 3            | 1            | 0            | Pal 1  |
| <i>Calamospora Schopf, Wilson &amp; Bentall, 1944</i>        | 13           | 0            | 2            | 9            | 7            | 3            | Pal 2  |
| <i>Punctatisporites (Ibrahim) Potonié &amp; Kremp, 1954</i>  | 103          | 0            | 4            | 4            | 0            | 0            | Pal 3  |
| <i>Biretisporites Delcourt &amp; Sprumont, 1963</i>          | 0            | 0            | 0            | 0            | 3            | 0            | Pal 4  |
| <i>Deltoideospora Miner, 1935</i>                            | 1            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | Pal 5  |
| <i>Laevigatosporites Ibrahim, 1933</i>                       | 2            | 0            | 2            | 1            | 2            | 0            | Pal 6  |
| <i>Retusotriletes (Naumova) Streef, 1964</i>                 | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | Pal 7  |
| <i>Cyclogranisporites Potonié &amp; Kremp, 1954</i>          | 1            | 0            | 1            | 5            | 15           | 5            | Pal 8  |
| <i>Granulatisporites (Ibrahim) Potonié &amp; Kremp, 1954</i> | 9            | 0            | 0            | 1            | 0            | 0            | Pal 9  |
| <i>Verrucosisorites (Ibrahim) Smith, 1971</i>                | 0            | 0            | 1            | 2            | 19           | 0            | Pal 10 |
| <i>Apiculatisporis (Ibrahim) Potonié &amp; Kremp, 1956</i>   | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | Pal 11 |
| <i>Apiculatisporites Ibrahim, 1933</i>                       | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | Pal 12 |
| <i>Horriditriletes Bharadwaj &amp; Salujha, 1964</i>         | 2            | 3            | 0            | 0            | 0            | 0            | Pal 13 |

## 2.5 Terminologias utilizadas

- Análise de alta resolução: análise geológica realizada a partir de descrições em escala centimétrica, que permitem inferências na escala de 5<sup>a</sup>-6<sup>a</sup> ordem ou de maior detalhe.
- Áreas proximal e distal: a proximalidade e a distalidade aqui dizem respeito exclusivamente à área fonte vegetacional do querogênio analisado, não às áreas fontes dos sedimentos.

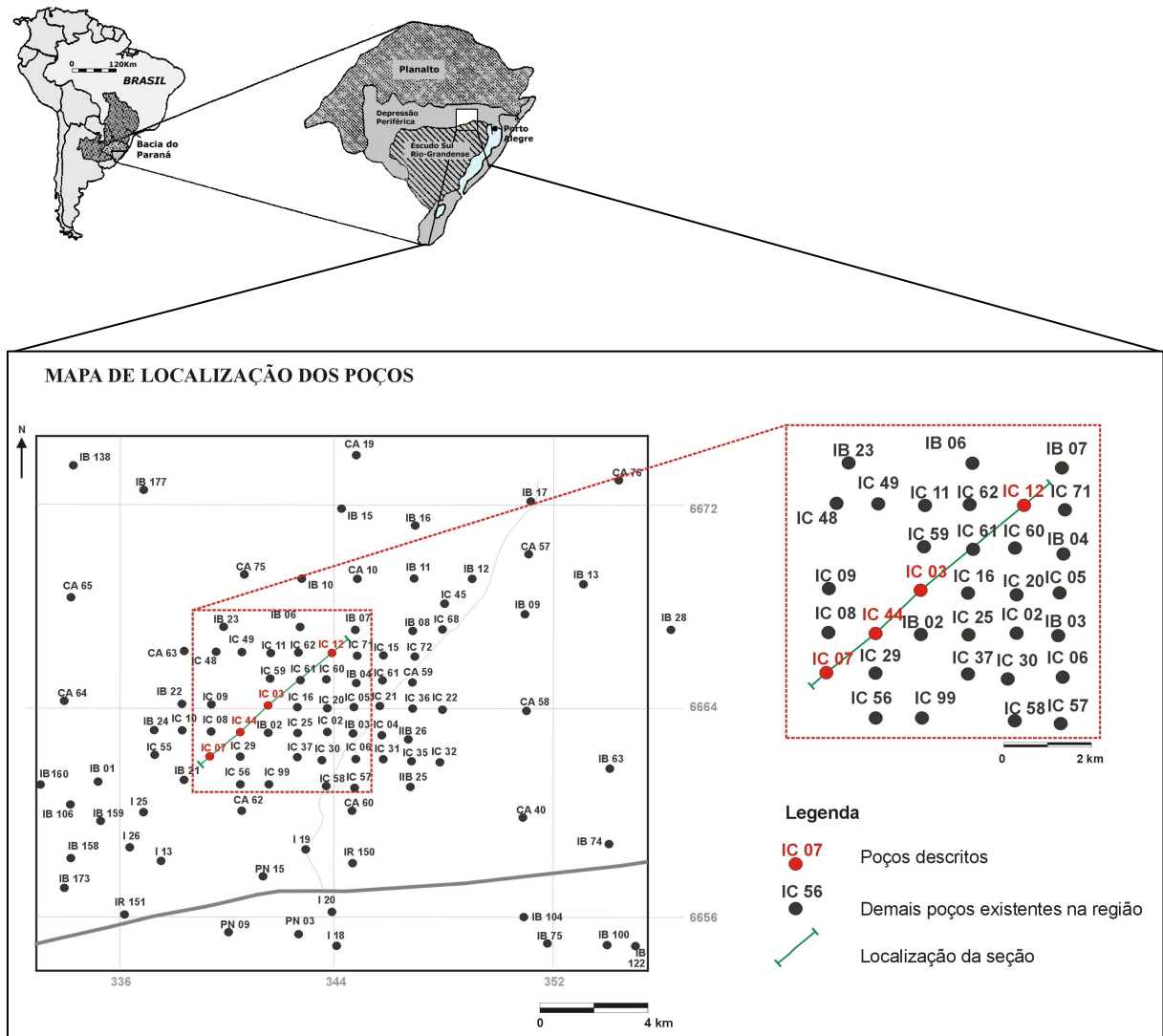
A área de estudo está localizada na região sudeste de Cachoeira do Sul (RS), na jazida carbonífera do Iruí (Figura 6). Estes depósitos foram previamente estudados por Aboarrage e Lopes (1986), Medeiros (1998), Lopes (1995) e Buatois *et al.* (2001a,b,c, 2007), que enfocaram, predominantemente, a descrição litofaciológica e as relações estratigráficas, com vistas à caracterização paleoambiental. Estudos semelhantes em áreas adjacentes foram realizados por Lavina *et al.* (1985), Lopes (1990), Lopes & Lavina (1987, 2001), Lopes *et al.* (2003a,b), Netto (1994, 1998), Netto & Gonzaga (1984, 1985), Netto *et al.* (1991) e Holz (2003).

Netto (1994, 1998) realizou os primeiros estudos de análise estratigráfica integrada a uma ferramenta de aplicação paleontológica (paleoicnologia) nesses depósitos, envolvendo tanto depósitos de superfície como de subsuperfície. Estes estudos foram posteriormente refinados por Buatois *et al.* (2001a,b,c, 2007), já sob a ótica da estratigrafia de seqüências e promovendo análises de alta resolução (descrições em escala centimétrica, definindo seqüências de 5ª e 6ª ordens). Apesar de o volume de estudos focados na análise micropaleontológica dessas unidades ser significativo, nenhum deles teve, até o momento, caráter de análise integrada, nem possuiu essa resolução. Na Argentina fez-se, em um trabalho de colaboração e integração de dados de um registro fóssilífero integral do Paleozóico Superior no Gonwana ocidental, mas sem aplicação direta das informações (Césari *et al.* 2007).

#### **3.1 Geologia regional**

Litoestratigraficamente, os depósitos enfocados caracterizam a Formação Rio Bonito e a porção inferior da Formação Palermo, no Rio Grande do Sul. Estes depósitos possuem idade Permiana Inferior e pertencem ao Grupo Guatá da Bacia do Paraná. Geneticamente, estas unidades caracterizam a deposição em sistemas costeiros e marinhos rasos, contendo depósitos flúvio-deltaicos e estuarinos dominados por marés e/ou ondas na base (Formação Rio Bonito), e marinhos plataformais (epicontinentais) no topo (Formação Palermo). Uma síntese das principais associações de fácies reconhecidas por Holz (1995) e Holz & Carlucci (2000) nos depósitos eopermianos do RS é apresentada na Figura 7.





**Figura 6** – Mapa de localização dos testemunhos de sondagem da malha de carvão Iruí Norte, destacando a seção analisada neste estudo (modificado de Aboarrage & Lopes 1986).

A Formação Rio Bonito é caracterizada por fácies de conglomerados, arenitos finos a muito finos, siltitos, argilitos e carvões formadas em ambientes marginais-marinho. Estes estratos foram interpretados por vários autores como modelos flúvio-deltaicos (Holz & Dias-Flor 1984, Lavina *et al.* 1985, Holz 2003, Lavina & Lopes 1987), tendo sido reinterpretados como ambientes estuarinos dominados por marés nas áreas do vale do arroio Capané (Netto *et al.* 1991) e da mina do Iruí (Netto 1994, 1998, Buatois *et al.* 2001a,b,c, 2007, Lopes *et al.* 2003b), e ambientes estuarinos dominados por ondas, nas áreas de Jacuí (Lopes & Lavina 2001) e de Minas do Leão (Lopes *et al.* 2003a). Os estudos mais recentes (p. ex., Lopes *et al.* 2003a,b, Buatois *et al.* 2007) efetuados na área de estudo e adjacências mostram uma maior concentração dos depósitos finos nos terços basal e médio da Formação Rio Bonito, caracterizados predominantemente como flúvio-deltaicos e estuarinos, e uma

dominância de arenitos litorâneos e marinhos rasos no terço superior, gerados pela ação de correntes de marés e ondas.

| Litoestratigrafia |                     | Associações de Fácies                                     |  |
|-------------------|---------------------|---|--|
| Grupo Guatá       | Formação Palermo    |   | Topo - FA - VII: marinho restrito      |
|                   |                     |   | Base - FA - VII: mar epicontinental    |
|                   | Formação Rio Bonito |   | FA - VI - supramaré                    |
|                   |                     |   | FA - V - shoreface superior e inferior |
|                   |                     |   | FA - IV - turfeiras em zona costeira   |
| Grupo Itararé     |                     | FA - III - fluvial/planície deltáica<br>Estuário no topo. |  |
|                   |                     | FA - II - marinho   |  |
| Bacia do Camaquã  |                     | FA - I - glacial  |  |
|                   |                     | Embasamento   |  |

**Figura 7** – Coluna estratigráfica proposta por Holz (1995) e Holz & Carlucci (2000) para o Eopermiano do Rio Grande do Sul.

A Formação Palermo consiste de arenitos de granulometria fina a muito fina e siltitos depositados em ambiente marinho raso (Putzer 1954, Habekost 1983, Netto 1994, Buatois *et al.* 2001a,b, 2007). O limite entre ambas as unidades é gradacional e está relacionado aos eventos transgressivos que afogam os depósitos carbonosos em boa parte do Estado (Lavina *et al.* 1985, Lavina & Lopes 1987, Netto 1994, Lopes & Lavina 2001, Buatois *et al.* 2001a,b, 2007, Holz 2003, Lopes *et al.* 2003a,b, entre outros).

Ambientes marginais marinhos incluem zonas intertidais, lagunas, vales incisos, estuários, baías e plataformas deltaicas, caracterizados por serem ambientes que apresentam condições físico-químicas muito variáveis. Flutuações na salinidade, combinada aos fatores ambientais, resultam em ambientes fisiologicamente estressantes para diversos grupos de organismos, que deixam preservadas em suas estruturas as respostas às condições ambientais.

### 3.2 Características sedimentológicas e icnológicas dos depósitos estudados

Os quatro testemunhos de sondagem de onde provêm as amostras analisadas nesse estudo (IC-44-RS, IC-07-RS, IC-03-RS e IC-12-RS) foram originalmente descritos por Buatois *et al.* (2001a,b,c). Esses testemunhos compõem uma seção *dip* em um paleovale de preenchimento estuarino existente na borda sudeste da bacia durante o Permiano Inferior, e que hoje compõe a porção central da jazida de carvão Iruí (Figura 6). Esse paleovale foi posteriormente inundado por um sistema marinho plataformal. O conjunto de sedimentitos que caracteriza o preenchimento do paleovale compõe litoestratigraficamente a Formação Rio Bonito, enquanto que os depósitos marinhos plataformais que o afogam caracterizam a Formação Palermo.

Segundo Buatois *et al.* (2001a,b,c), os depósitos mais basais da sucessão caracterizam sistemas fluviais acumulados em trato de sistema de mar baixo. De base erosiva, se assentam discordantemente sobre rochas do embasamento, na área de estudo. Compõem-se de ciclos grano e estratodecrescentes que representam o preenchimento e posterior abandono de canais fluviais. Conglomerados polimíticos dão lugar a arenitos muito grossos até médios com estratificação cruzada planar e acanalada, intercalados a pelitos cinza-escuros a negros, não bioturbados (associação de fácies CF, Tabela 6). Os depósitos fluviais são recobertos por depósitos estuarinos dominados por marés. Uma superfície de inundação separa os dois pacotes e indica o início da transgressão.

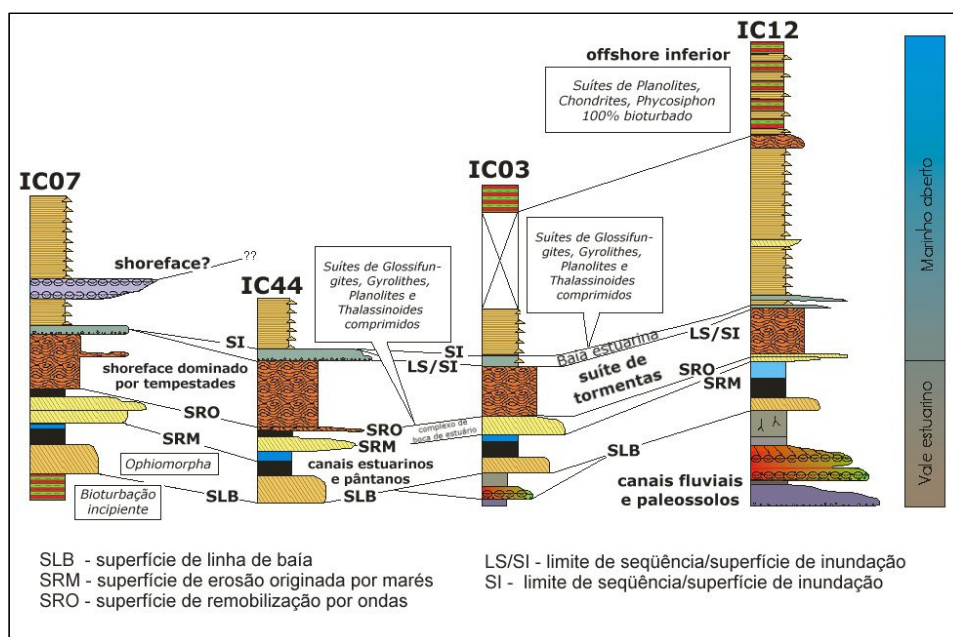


Figura 8 - Correlação estratigráfica dos testemunhos de sondagem IC-07-RS, IC-44-RS, IC-03-RS e IC-12-RS, mostrando o desenvolvimento do vale estuarino na porção basal da sucessão sedimentar Rio Bonito/Palermo na jazida Iruí (modificado de Buatois *et al.* 2001b).

Os depósitos estuarinos representam o preenchimento do paleovale durante o trato de sistema transgressivo e compreendem fácies representativas de canais de marés, mangues e pântanos, planícies de marés e de desembocadura de estuário (Buatois *et al.*, 2001a,b,c) (associação de fácies Es, Tabela 6). Arenitos finos com estratificação cruzada de baixo ângulo contendo freqüentes *drapes* de lama e superfícies de reativação destacadas em bandas sideríticas caracterizam as fácies de canais de marés e registram os depósitos acumulados por acreção lateral em barras em pontal. Espessas camadas de carvão, margas e pelitos carbonosos ocorrem no topo dos depósitos representativos de canais, registrando seu abandono e o posterior desenvolvimento de pântanos e mangues. Pelitos e arenitos muito finos até finos contendo acamadamento ondulado, lenticular e *flaser* caracterizam a fácies de planície de marés. Os depósitos de desembocadura de estuário aparecem no topo do conjunto e se separam da fácies anterior por uma superfície de ravinamento por marés. Compõem-se de arenitos grossos até finos bem selecionados contendo estratificação cruzada planar e acanalada, laminação ondulada por correntes e *drapes* de lama. Localmente, se observam evidências de bidirecionalidade. Depósitos de granulometria mais grossa ocorrem localmente, interdigitados com os depósitos finos da fácies de planície de marés. Os depósitos de desembocadura de estuário registram deposição em vários subambientes, incluindo barras e *inlets* tidais.

**Tabela 6** – Litofácies descritas nos testemunhos de sondagem analisados, suítes de traços fósseis associadas e associações de fácies a que pertencem. **Abreviaturas das Suítes/Associações de Fácies:** **Cr**, suítes representativas da Icnofácies Cruziana arquetípica; **Cr<sub>p</sub>**, suítes representativas da Icnofácies Cruziana proximal. **Sk**, suíte representativa da Icnofácies Skolithos arquetípica; **SKCr**, suíte representativa da Icnofácies mista Skolithos-Cruziana; **Gl**, suíte representativa da Icnofácies Glossifungites; **CF**, depósitos de canais fluviais; **Es**, depósitos de canais de maré, planície de maré, pântanos, mangues, lagunas em contexto estuarino; **MRp**, depósitos marinhos rasos proximais, de alta energia, dominado por ondas e/ou marés, em zona de *shoreface*; **MR**, depósitos marinhos rasos dominados por ondas de tempestades em zona de *shoreface* inferior; **MRd**, depósitos marinhos abaixo da zona de ação das ondas de tempestade (*offshore*) (definidas por R.G. Netto, a partir da descrição detalhada dos testemunhos estudados por Buatois *et al.* 2001a,b,c, 2007; abreviações adaptadas de Miall 1996 e de Rossetti & Netto 2006 para as fácies marinhas).

| FÁCIES     | DESCRIÇÃO  | SUITES | ASS. FÁCIES |
|------------|--|--------|-------------|
| <b>Gmm</b> | paraconglomerado formado por clastos do embasamento, com diâmetro médio 10 cm, e matriz arenopelítica, composta por areia média e alta concentração de lama; forma ciclos grano e estratodecrescentes.   |        | CF          |
| <b>Gcm</b> | paraconglomerado formado por clastos do embasamento, com diâmetro médio 1 cm ou menor, e matriz pelítica carbonosa; em geral maciços e de aspecto caótico, embora uma discreta laminação plano-paralela seja sugerida quando dominam os grânulos.                                      |        | Es          |
| <b>Gt</b>  | arenito muito grosso a médio, com estratificação cruzada de pequeno e médio porte, com calhas de pelito carbonoso nas concavidades das cruzadas. Associa-se às litofácies <i>Sh</i> e <i>C/Fr</i> , formando ciclos grano e estratodecrescentes, localmente grano e estratocrescentes. |        | CF, Es      |
| <b>Sp</b>  | arenito grosso a médio, de base erosiva e aspecto maciço.  |        | Es, MRp     |
| <b>Sh</b>  | arenito grosso a médio, de base erosiva, com laminação plano-paralela no topo.   |        | CF, Es      |

|            |  |                                       |                  |
|------------|--|---------------------------------------|------------------|
| <b>Sm</b>  | arenito médio a muito fino, com laminação cruzada de muito baixo ângulo, topo ondulado, localmente sugerindo estratificação cruzada tipo <i>hummocky (swalley ripples)</i> , às vezes de aspecto maciço. Ocorre intercalado às litofácies <i>Shm</i> e <i>Fb</i> .                           | <b>Cr</b>                             | Es, MRp, MRd     |
| <b>Sw</b>  | arenito médio a muito fino, com laminação cruzada de muito baixo ângulo, topo ondulado, localmente sugerindo estratificação cruzada tipo <i>hummocky (swalley ripples)</i> , às vezes de aspecto maciço. Ocorre intercalado às litofácies <i>Shm</i> e <i>Fb</i> .                           | <b>Cr</b>                             | Es, MRp, MR, MRd |
| <b>Shm</b> | arenito fino com estruturas de corte e preenchimento e estratificação cruzada de baixo ângulo. <i>Drapes</i> de lama e bioturbação são comuns.   | <b>Sk</b><br><b>Cr<sub>p</sub></b>    | Es, MRp, MR, MRd |
| <b>St</b>  | arenito fino com estruturas de corte e preenchimento e estratificação cruzada de baixo ângulo. <i>Drapes</i> de lama e bioturbação são comuns.   | <b>Sk</b><br><b>Cr<sub>p</sub></b>    | Es, MRp          |
| <b>Swy</b> | arenito fino com laminação cruzada de baixo ângulo e pequeno porte e laminação ondulada. Bioturbação, <i>climbing ripples</i> , laminação plano-paralela e <i>drapes</i> de lama podem ocorrer localmente. Normalmente associada à litofácies <i>Fb</i> .                                    | <b>Sk</b><br><b>SkCr</b><br><b>Cr</b> | Es, MRp, MR, MRd |
| <b>Fl</b>  | pelito com laminação plano-paralela.   |                                       | Es               |
| <b>Fb</b>  | pelito de aspecto carbonoso, maciço ou discretamente laminado, bioturbado, por vezes contendo delgadas lentes de arenito muito fino, também bioturbadas. A bioturbação é predominantemente representativa das suítes <i>Cr</i> , mas as suítes <i>SkCr</i> e <i>Gl</i> também podem ocorrer. | <b>Cr</b><br><b>Gl</b><br><b>SkCr</b> | Es, MR, MRd      |
| <b>Fr</b>  | pelito carbonoso, maciço, em geral contendo fragmentos vegetais e, às vezes, rizobioturbação ou moldes de raízes.  |                                       | CF, Es           |
| <b>P</b>   | pelito com muito cimento carbonático, brechado, com paleoalterações e, por vezes, moldes de raízes.  |                                       | CF, Es           |
| <b>C</b>   | carvão.  |                                       | CF, Es           |

Os depósitos estuarinos são, em geral, bioturbados, contendo suítes de icnofábricas próprias de zonas de água salobra. *Ophiomorpha*, *Skolithos*, *Planolites*, *Palaeophycus*, *Thalassinoides*, *Rhizocorallium* e *Helminthopsis*, além de rizobioturbação, são as icnofábricas dominantes (Buatois *et al.*, 2001a,b). A bioturbação é esparsa nos depósitos de barras em pontal. *Ophiomorpha* e, mais raramente, *Skolithos*, saturadas em hidrocarbonetos são comuns nos depósitos contendo estratificação heterolítica inclinada atribuídos a canais de marés. Constituem a suíte **Sk**, própria de ambientes salinos de moderada a alta energia, e normalmente estão associadas a superfícies de reativação. *Thalassinoides*, *Palaeophycus* e *Rhizocorallium* têm ocorrência secundária nos canais e, quando ocorrem, compõem junto com *Ophiomorpha* e *Skolithos*, a suíte **SkCr**, própria de ambientes salobro de moderada a baixa energia. Rizobioturbação é comumente observada no topo dos depósitos de canais, refletindo colonização pela vegetação durante a fase de abandono dos canais.

A bioturbação é esparsa nos depósitos de pântanos, mangues e planície de maré, sendo representada por ocorrências monoespecíficas de *Planolites* nos primeiros e de *Thalassinoides* em substratos firmes (suíte Glossifungites) nos segundos. *Helminthopsis*,

*Planolites* e *Palaeophycus* compõem a suíte de traços fósseis dos depósitos heterolíticos finos de planície de marés.

Essas ocorrências caracterizam a suíte **Cr<sub>a</sub>**, própria de ambientes salinos de muito baixa energia. Quando muito bioturbada (Bi5-6 de Taylor & Goldring 1993), essa suíte revela condições de salinidade normal, sendo a baixa icnodiversidade consequência do alto retrabalhamento do substrato, preservando-se apenas a atividade dos últimos colonizadores, de hábito saprofágico (decompositores). Contudo, quando pouco bioturbada (Bi1-3), como nos depósitos em questão, a baixa icnodiversidade é consequência de alto estresse ambiental, ocasionado geralmente por redução ou flutuação, às vezes extrema, nas taxas de salinidade e/ou de oxigenação das águas de fundo (equivalente à IF<sub>1</sub> de Netto 1994). Em termos gerais, as icnofaunas estuarinas se caracterizam pela presença de estruturas muito simples produzidas por generalistas tróficos, por um baixo grau de bioturbação e por uma baixa icnodiversidade, características que refletem adaptações a ambientes salobros estressados (Pemberton & Wightman 1992, Pemberton *et al.* 2001, Netto & Rossetti 2003, Buatois *et al.* 2005).

Seguindo a descrição de Buatois *et al.* (2001a,b), uma superfície de ravinamento formada pela retrogradação do *shoreface* separa os depósitos marginais marinhos dos depósitos marinhos abertos sobrejacentes. A base da sucessão marinha é caracterizada por camadas amalgamadas de arenitos finos com estratificação cruzada *hummocky*, representativos de depósitos de tormenta de alta frequência, acumulados nas zonas de *shoreface* inferior. Estes arenitos ocorrem associados, localmente, a arenitos com estratificação planar de alto e baixo ângulo, registrando acúmulo de depósitos em zona de *shoreface* superior e, mais raramente, em depósitos de *foreshore* (associação de fácies MRp, Tabela 6). Os arenitos com estratificação cruzada *hummocky* gradam lateralmente para depósitos heterolíticos, refletindo redução na energia do sistema, à medida que se restabelecem as condições de tempo bom. Os depósitos heterolíticos de moderada a baixa energia são compostos por arenitos finos a muito finos com marcas onduladas geradas pela ação de ondas e laminação cruzada cavalgante, ritmicamente intercalados a delgadas camadas de pelitos negros (associação de fácies MR, Tabela 6).

A bioturbação em geral é ausente nos depósitos de tormenta, mas galerias mais profundas (p.ex., *Ophiomorpha*) podem estar presentes localmente, refletindo colonização dos substratos por pioneiros oportunistas entre eventos de tormentas. Neste caso, as escavações mais rasas não possuem potencial de preservação, sendo removidas pela ação erosiva das ondas junto à superfície do substrato. Nos depósitos representativos de tempo bom, alternam-se suítes formadas durante a colonização por pioneiros oportunistas (suíte **SkCr**) e a

colonização por organismos clímax, residentes na zona de transição que vai do *shoreface* inferior ao *offshore* superior (suíte **Cr<sub>p</sub>**). As icnofábricas dominantes são representativas dos icnogêneros *Asterosoma*, *Chondrites*, *Cylindrichnus*, *Diplocraterion*, *Helminthopsis*, *Ophiomorpha*, *Palaeophycus*, *Phycosiphon*, *Planolites*, *Rhizocorallium*, *Rosselia*, *Skolithos*, *Teichichnus*, *Thalassinoides*, além de estruturas de escape. A recorrência entre as suítes **SkCr** e **Cr<sub>p</sub>** refletem a alternância entre os períodos de domínio de tormentas e de tempo bom. A alta icnodiversidade (Bi5, em média) é uma característica desses depósitos, sugerindo sedimentação em ambientes salinos de caráter estenoalino (marinho aberto).

Buatois *et al.* (2001a,b,c) detectaram uma nova incisão basal no topo dos depósitos da Formação Rio Bonito, truncando os depósitos de tempestades, a nordeste (IC-12-RS e IC-03-RS), e os depósitos estuarinos dominados por marés, a sudoeste (IC-44-RS e IC-07-RS). Para os autores, trata-se de uma superfície coplanar que reúne a superfície erosiva de trato de mar baixo e a subsequente superfície transgressiva (SB/FS). Esse intervalo da Formação Rio Bonito localmente contém depósitos paraconglomeráticos de grânulos e pequenos seixos do embasamento suportados por uma matriz arenopelitica com grande contribuição carbonosa, conhecidos como “pedra-areia” (Gammerman & Coulon 1975). Esses depósitos se interdigitam com e, por fim, passam a siltitos carbonosos com laminação planoparalela ricos em gretas de sinerese, intercalando-se com bandas sideríticas e arenitos finos a muito finos contendo marcas de ondas famintas, marcas de onda por corrente e microestratificação cruzada *hummocky* (*swalley ripples*) (associação de fácies Es, Tabela 6). A bioturbação é esparsa e pouco diversa, sugestiva de condições salobras muito estressantes. *Teichichnus*, *Planolites* e *Diplocraterion* são os icnogêneros mais comuns. Superfícies de ravinamento por ondas pontuam esses depósitos e são demarcadas pela ocorrência de galerias de *Thalassinoides* geradas em substratos firmes (argilas compactadas, exumadas pela erosão), compondo a suíte **G1**.

As características desse pacote levaram Buatois *et al.* (2001a,b,c) a atribuir o topo da Formação Rio Bonito na área de estudo à deposição em um complexo lagunar. Estes depósitos lagunares são truncados por uma superfície erosiva demarcada pela presença de *Thalassinoides* em substratos firmes (suíte **G1**), que representa, na área de estudo, a superfície de ravinamento por ondas de caráter regional que marca a entrada do sistema marinho (Formação Palermo) e o afogamento do sistema marginal marinho (Formação Rio Bonito).

A Formação Palermo caracteriza-se pela deposição em ambiente marinho dominado por ondas, durante a fase final do trato de sistema transgressivo e o trato de mar alto, na escala de 3ª ordem. Depósitos típicos de zonas de *offshore* e da transição entre o

*shoreface* inferior e o *offshore* dominam na sucessão. Dominam depósitos pelíticos negros depositados por decantação e intensamente bioturbados. Na zona de transição entre o *shoreface* inferior e o *offshore* superior, os pelitos mostram-se regularmente intercalados a delgadas camadas de arenitos muito finos formando e contendo marcas de ondas oscilatórias, marcas de ondas geradas por fluxos oscilatórios e correntes combinados e microestratificação cruzada tipo *hummocky*, representativos do acúmulo distal gerado pelas tormentas. Nos depósitos de *offshore* superior, essas intercalações são cada vez mais raras e, quando ocorrem, caracterizam-se por delgados leitos de arenitos siltosos formando marcas de ondulação famintas e marcas de ondas geradas por fluxos oscilatórios e correntes combinados. Os depósitos de *offshore* inferior são desprovidos de qualquer estrutura primária, mostrando-se completamente homogêneos pela intensa bioturbação (associações de fácies MR e MR<sub>d</sub>, Tabela 6) (Buatois *et al.* 2001a,b).

Os depósitos das associações de fácies MR e MR<sub>d</sub> empilham-se formando paraseqüências e são pontuados por superfícies erosivas transgressivas demarcadas pela ocorrência da suíte **G1** contendo *Thalassinoides* em substratos firmes.

A bioturbação é significativamente mais diversa que nos depósitos marginais marinhos. A suíte **Cr<sub>p</sub>** domina na zona de transição entre o *shoreface* inferior e o *offshore* superior e a suíte **Cr<sub>d</sub>** domina na maior parte dos depósitos de *offshore*. O índice de bioturbação varia entre 4 e 6 (média Bi5) e as relações de *tiering* são bastante complexas. A suíte **Cr<sub>p</sub>** é composta por icnofábricas representativas dos icnogêneros *Asterosoma*, *Chondrites*, *Cylindrichnus*, *Diplocraterion*, *Helminthopsis*, *Monocraterion*, *Ophiomorpha*, *Palaeophycus*, *Phycosiphon*, *Planolites*, *Rhizocorallium*, *Rosselia*, *Teichichnus*, *Thalassinoides*, além de estruturas de escape. Já a suíte **Cr<sub>d</sub>** é composta predominantemente por *Chondrites*, *Planolites*, *Phycosiphon*, *Teichichnus* e *Thalassinoides*. Nos depósitos de *offshore* inferior, apenas discretos *Thalassinoides* são observados (Buatois *et al.* 2001a,b).

A icnofauna expressa pelas suítes **Cr** é representativa da Icnofácies Cruziana arquetípica, própria de ambientes marinhos rasos plataformais. A alta icnodiversidade, a estrutura complexa de *tiering* e a variabilidade de grupos etológicos presentes na icnofauna sugerem uma comunidade clímax, desenvolvida sob condições ecológicas estáveis, em ambientes estenoalinos (Netto 1994, Buatois *et al.* 2001b, Pemberton *et al.* 2001).

A freqüente intercalação de pacotes de arenitos e pelitos, em escalas centimétricas a métricas, é a marca registrada dos depósitos da sucessão sedimentar estudada. De coloração negra, cinza ou localmente avermelhada, os pelitos participam de praticamente todas as associações de fácies reconhecidas pelos autores.



Os pelitos negros e cinza-escuros podem conter fragmentos vegetais, rizobioturbação ou mesmo moldes de raízes de abundância diversa. Muitas vezes antecedem ou sucedem as camadas de carvão presentes nesses depósitos, outras vezes ocorrem intercalados a camadas de arenitos, em geral de base erosiva. Os pelitos negros portadores de registro vegetal raramente possuem icnofósseis e foram hipoteticamente assumidos pelos autores como pelitos carbonosos. Por outro lado, os pelitos negros que não possuem fragmentos vegetais ou evidências de raízes em geral são bioturbados, com índices de bioturbação que variam de baixo (Bi1-2) a alto (Bi5-6).

Os pelitos cinza-claros podem conter bioturbação discreta e composta por galerias muito simples, tendo sido assumidos pelos autores como depositados em ambientes sem restrição de circulação de fundo. Já os pelitos cinza-esverdeados são extremamente ricos em cimento carbonático, possuindo aspecto brechado, típico de paleoalterações de solo, e, por vezes, rizobioturbação e moldes de raízes. Netto (1994) também reconheceu ocorrências de níveis centimétricos de laminitos algálicos com crescimento estromatolítico associados à pelitos cinza ricos em cimento carbonático no testemunho de sondagem CA-62-RS (Netto 1994), da mesma malha.

Por se tratarem de depósitos de subsuperfície, assume-se que as colorações observadas são originais e não fruto da ação do intemperismo. Assim, estes pelitos caracterizam deposição em ambientes predominantemente redutores, mas passíveis de terem sido subaereamente expostos e oxidados, durante o ciclo deposicional, a julgar pela coloração avermelhada em alguns casos, ou mesmo pelo teor de cimento carbonático e pelas paleoalterações que alguns depósitos contêm.

Para refinar a análise integrada de alta resolução, os autores coletaram as amostras que compõem a base desse estudo em níveis estratigráficos específicos. A idéia aqui é comparar os dados obtidos a partir do estudo de microfósseis presentes em cada um desses níveis com aqueles refletidos pelas suítes de traços fósseis, no sentido de calibrar as interpretações paleoambientais e diagnosticar superfícies estratigráficas chaves, em alta resolução.

### 4.1 Resultados obtidos na contagem da matéria orgânica total

O conceito de palinofácies foi inicialmente introduzido por Combaz (1964) e vem sendo continuamente aprimorado em uma evolução natural do conhecimento prévio. Para Tyson (1995), a análise de palinofácies constitui um estudo palinológico de ambientes deposicionais e do potencial de rochas geradoras de hidrocarbonetos baseado na assembléia total de matéria orgânica particulada. A caracterização dessa matéria orgânica é uma questão importante para várias áreas da Geologia, útil para trabalhos de cunho paleoambiental, cuja visão em conjunto visa fornecer dados com amplitude maior de resultados. Nesse tipo de análise, o profissional pode identificar os componentes palinológicos individuais e suas proporções relativas em qualquer amostra, buscando, com sua aplicação, resultados sobre aporte terrestre, tendência transgressiva ou regressiva, salinidade, entre outros (Strohmenger & Strauss 1996, Oboh-Ikuenobe & de Villiers 2003, Al-Ameri *et al.* 2004, Jager 2004). Especificamente enfocando a distribuição querogênio e palinomorfos em sedimentos de origem flúvio-deltaicos e ambientes marinhos salobros, destacam-se os trabalhos de Müller (1959), Traverse & Ginsberg (1966), Fisher (1980), Denison & Fowler (1980), Hancock & Fisher (1981), Parry *et al.* (1981), Whitaker (1984), Williams (1992), Taylor & Taylor (1993) e Mendonça-Filho (1999).

Na contagem do querogênio, 6.961 elementos orgânicos foram contabilizados, com as amostras apresentando ampla dominância de fitoclastos (5.654 exemplares), seguido por 1299 palinomorfos e somente oito exemplares de MOA (Tabela 7). Deve-se ressaltar, entretanto, que as amostras Palino 02 e Palino 07 não foram contabilizadas nessa análise da matéria orgânica total, por falta de material a ser processado.

Tabela 7 – Contagem do querogênio (matéria orgânica total) nas amostras utilizadas para este trabalho.

| Amostras  | Prof. (m) | FITO Total | MOA total | PALINO total | M.O. total |
|-----------|-----------|------------|-----------|--------------|------------|
| Palino 08 | 120,50    | 163        | 0         | 146          | 309        |
| Palino 05 | 128,60    | 293        | 0         | 84           | 377        |
| Palino 17 | 147,70    | 308        | 0         | 18           | 326        |
| Palino 12 | 151,00    | 235        | 0         | 120          | 355        |
| Palino 01 | 151,10    | 245        | 0         | 102          | 347        |
| Palino 22 | 164,20    | 189        | 0         | 129          | 318        |
| Palino 18 | 165,00    | 163        | 0         | 160          | 323        |
| Palino 25 | 165,30    | 328        | 0         | 18           | 346        |
| Palino 24 | 165,40    | 247        | 0         | 83           | 330        |
| Palino 15 | 165,60    | 263        | 3         | 49           | 315        |
| Palino 19 | 167,80    | 314        | 0         | 0            | 314        |
| Palino 10 | 168,45    | 0          | 0         | 0            | 0          |
| Palino 04 | 169,00    | 305        | 0         | 7            | 312        |
| Palino 26 | 181,00    | 222        | 0         | 122          | 344        |
| Palino 23 | 187,80    | 0          | 0         | 0            | 0          |
| Palino 03 | 189,80    | 279        | 0         | 50           | 329        |
| Palino 13 | 190,70    | 292        | 0         | 45           | 337        |
| Palino 06 | 201,60    | 299        | 3         | 57           | 359        |
| Palino 09 | 203,60    | 309        | 0         | 1            | 310        |
| Palino 16 | 205,20    | 343        | 2         | 28           | 373        |
| Palino 21 | 206,55    | 241        | 0         | 63           | 304        |
| Palino 20 | 216,50    | 0          | 0         | 0            | 0          |
| Palino 11 | 222,00    | 305        | 0         | 17           | 322        |
| Palino 14 | 260,60    | 311        | 0         | 0            | 311        |

Com o número dos elementos orgânicos definidos, começaram os trabalhos de análise. Constatou-se que dentre os 6.961 componentes orgânicos, 81,22% são fitoclastos, 18,66% são palinomorfos e somente 0,12% são de matéria orgânica amorfa (Tabela 8).

Com os dados quantitativos, pode-se inferir a distribuição espacial do querogênio total, encontrado nas amostras analisadas, por profundidades (Figura 9). Observa-se a ampla dominância de fitoclastos na grande maioria das amostras, sendo que naquelas mais profundas, portanto pertencentes à Formação Palermo, essa dominância é mais bem observada.

Tabela 8 – Valores percentuais dos grupos de matéria orgânica em relação ao total de matéria orgânica, nas 24 amostras analisadas.

| Amostra   | Prof. (m) | FITO Total | MOA total | PALINO total | M.O. total |
|-----------|-----------|------------|-----------|--------------|------------|
| Palino 08 | 120,50    | 52,8       | 0,0       | 47,2         | 100,0      |
| Palino 05 | 128,60    | 77,7       | 0,0       | 22,3         | 100,0      |
| Palino 17 | 147,70    | 94,5       | 0,0       | 5,5          | 100,0      |
| Palino 12 | 151,00    | 66,2       | 0,0       | 33,8         | 100,0      |
| Palino 01 | 151,10    | 70,6       | 0,0       | 29,4         | 100,0      |
| Palino 22 | 164,20    | 59,4       | 0,0       | 40,6         | 100,0      |
| Palino 18 | 165,00    | 50,5       | 0,0       | 49,5         | 100,0      |
| Palino 25 | 165,30    | 94,8       | 0,0       | 5,2          | 100,0      |
| Palino 24 | 165,40    | 74,8       | 0,0       | 25,2         | 100,0      |
| Palino 15 | 165,60    | 83,5       | 1,0       | 15,6         | 100,0      |
| Palino 19 | 167,80    | 100,0      | 0,0       | 0,0          | 100,0      |
| Palino 04 | 169,00    | 97,8       | 0,0       | 2,2          | 100,0      |
| Palino 26 | 181,00    | 64,5       | 0,0       | 35,5         | 100,0      |
| Palino 03 | 189,80    | 84,8       | 0,0       | 15,2         | 100,0      |
| Palino 13 | 190,70    | 86,6       | 0,0       | 13,4         | 100,0      |
| Palino 06 | 201,60    | 83,3       | 0,8       | 15,9         | 100,0      |
| Palino 09 | 203,60    | 99,7       | 0,0       | 0,3          | 100,0      |
| Palino 16 | 205,20    | 92,0       | 0,5       | 7,5          | 100,0      |
| Palino 21 | 206,55    | 79,3       | 0,0       | 20,7         | 100,0      |
| Palino 11 | 222,00    | 94,7       | 0,0       | 5,3          | 100,0      |
| Palino 14 | 260,60    | 100,0      | 0,0       | 0,0          | 100,0      |

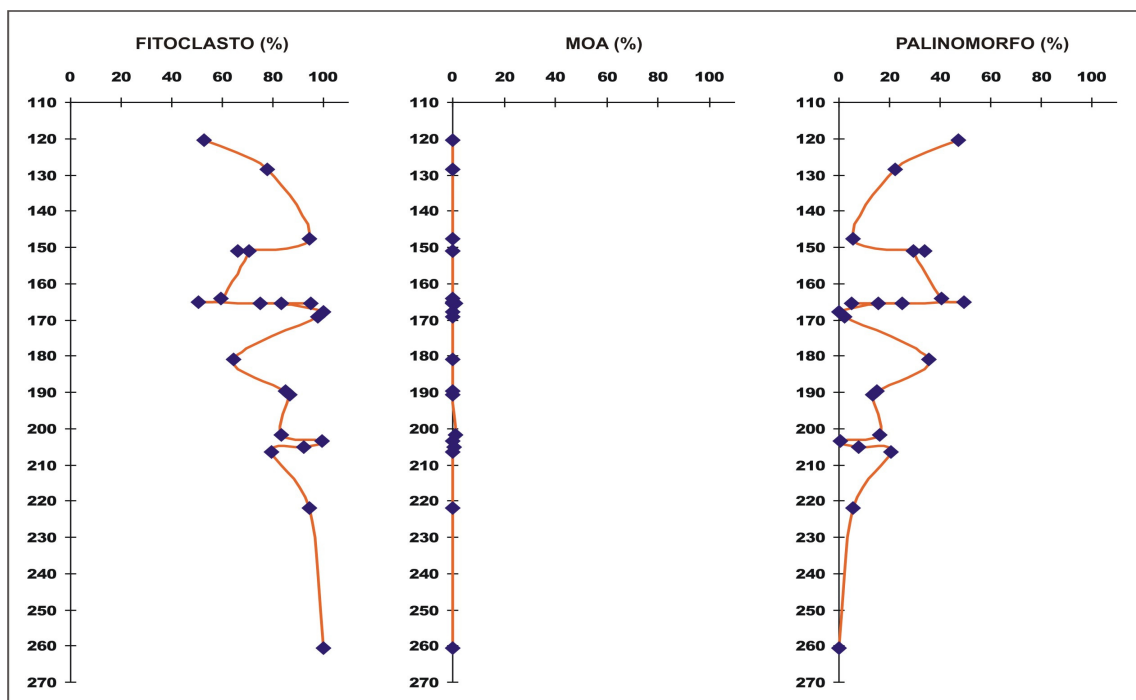


Figura 9 - Distribuição espacial da matéria orgânica total por profundidade, nas 24 amostras utilizadas.

A pouca matéria orgânica amorfa encontrada, avaliada também com luz fluorescente azul, começa a aparecer a partir dos 165,60 m (amostra Palino 15) e segue constante em amostras com mais de 200 m de profundidade. Os valores encontrados dos grupos e subgrupos da matéria orgânica foram contabilizados segundo metodologia padrão e estão demonstrados na Tabela 9. Estes percentuais embora pequenos, são importantes para melhor compreensão dos parâmetros tendenciais (proximal-distal), pois indica degradação, seja de vegetais superiores ou de fitoclastos e palinomorfos.

Segundo Tyson (1993), a dominância de fitoclastos sobre palinomorfos e matéria orgânica amorfa dá-se primeiramente pelo bom suprimento de material e também por sua proximidade das áreas fonte, às condições de oxigenação e à própria resistência dos tecidos lignificados (Batten 1973, Denison & Fowler 1980, Tyson 1993, 1995, Fisher 1980, Hancock & Fisher 1981, Parry *et al.* 1981, Williams 1992, Cirilli *et al.* 1998, Mendonça-Filho 1999).

Dentre o grupo dos fitoclastos no contexto geral, encontrou-se mais opacos (70,7%) que não opacos (28,3%). Essa razão, não o percentual, acontece em 18 amostras, à exceção das amostras Palino 17, 25 e 06. Nas amostras Palino 10, 23 e 20 tanto os fitoclastos opacos quanto os não opacos não aparecem causando os picos 'zero' encontrados na figura abaixo (Figura 10). Os percentuais de cutículas e membranas são pouco representativos no contexto geral (Tabela 9), mas sendo altamente flutuantes se depositam quando as condições de energia são particularmente baixas, oferecem mais um dado de análise nas amostras.

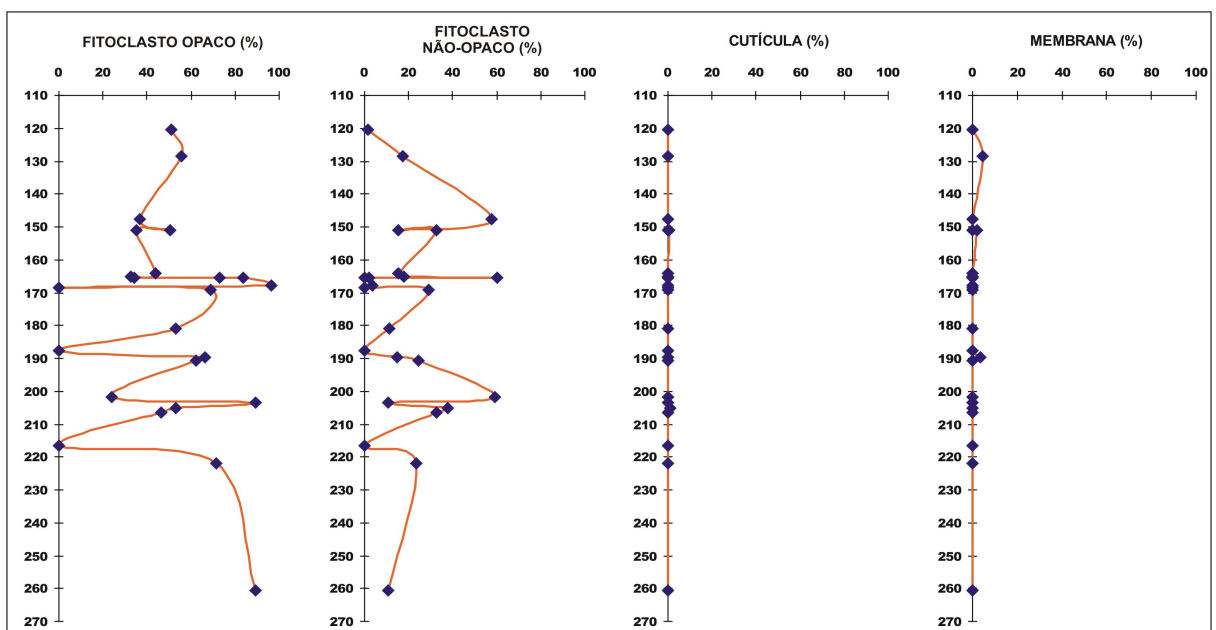


Figura 10 – Distribuição dos valores percentuais dos grupos e subgrupos de componentes da matéria orgânica total nos intervalos propostos.

Tabela 9 - Valores percentuais dos grupos e subgrupos da Matéria Orgânica em relação ao total de Matéria Orgânica disponibilizado.

| AMOSTRA | PROF. (m) | MOA (%) | FITOCLASTO (%) |        |       |                |       |       |       |      |                    |          |            |       | PALINOMORFO (%) |       |        |
|---------|-----------|---------|----------------|--------|-------|----------------|-------|-------|-------|------|--------------------|----------|------------|-------|-----------------|-------|--------|
|         |           |         | Opaco          |        |       | Não opaco      |       |       |       |      |                    |          |            |       | Esporo          | Pólen | Botry. |
|         |           |         | Along.         | Equid. | Corr. | Bioestruturado |       |       |       |      | Não Bioestruturado |          |            |       |                 |       |        |
|         |           |         |                |        |       | List.          | Estr. | Band. | Perf. | Cut. | Degr.              | N. Degr. | Amorfidado | Memb. |                 |       |        |
| 8       | 120,50    | 0,0     | 30,7           | 7,4    | 12,9  | 0,0            | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 1,6                | 0,0      | 0,0        | 0,0   | 16,5            | 0,0   | 30,7   |
| 5       | 128,60    | 0,0     | 29,2           | 8,0    | 18,6  | 5,3            | 1,1   | 1,3   | 4,0   | 0,0  | 0,0                | 5,8      | 0,0        | 4,5   | 21,8            | 0,0   | 0,5    |
| 17      | 147,70    | 0,0     | 13,2           | 19,0   | 4,6   | 0,0            | 0,0   | 1,5   | 4,0   | 0,0  | 52,1               | 0,0      | 0,0        | 0,0   | 5,5             | 0,0   | 0,0    |
| 12      | 151,00    | 0,0     | 23,9           | 8,5    | 18,3  | 0,0            | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 15,5               | 0,0      | 0,0        | 0,0   | 19,7            | 0,0   | 14,1   |
| 1       | 151,10    | 0,0     | 20,2           | 7,5    | 7,8   | 14,1           | 0,0   | 5,8   | 7,5   | 0,3  | 4,3                | 1,2      | 0,0        | 2,0   | 16,4            | 5,2   | 7,8    |
| 22      | 164,20    | 0,0     | 29,9           | 9,4    | 4,7   | 0,0            | 0,0   | 3,1   | 0,0   | 0,0  | 11,0               | 1,3      | 0,0        | 0,0   | 22,0            | 0,0   | 18,6   |
| 18      | 165,00    | 0,0     | 16,4           | 9,3    | 7,1   | 1,2            | 0,0   | 7,1   | 0,3   | 0,0  | 6,2                | 0,0      | 2,8        | 0,0   | 49,5            | 0,0   | 0,0    |
| 25      | 165,30    | 0,0     | 12,4           | 2,9    | 19,1  | 0,0            | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 60,4               | 0,0      | 0,0        | 0,0   | 5,2             | 0,0   | 0,0    |
| 24      | 165,40    | 0,0     | 50,0           | 0,9    | 21,8  | 0,0            | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 1,2                | 0,9      | 0,0        | 0,0   | 18,2            | 0,9   | 6,1    |
| 15      | 165,60    | 1,0     | 42,2           | 11,7   | 29,5  | 0,0            | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0                | 0,0      | 0,0        | 0,0   | 14,9            | 0,0   | 0,6    |
| 19      | 167,80    | 0,0     | 20,1           | 11,8   | 64,3  | 0,6            | 0,0   | 0,6   | 0,0   | 0,0  | 2,5                | 0,0      | 0,0        | 0,0   | 0,0             | 0,0   | 0,0    |
| 10      | 168,45    | 0,0     | 0,0            | 0,0    | 0,0   | 0,0            | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0                | 0,0      | 0,0        | 0,0   | 0,0             | 0,0   | 0,0    |
| 4       | 169,00    | 0,0     | 11,9           | 4,8    | 52,2  | 0,0            | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 28,8               | 0,0      | 0,0        | 0,0   | 2,2             | 0,0   | 0,0    |
| 26      | 181,00    | 0,0     | 34,3           | 10,2   | 8,7   | 2,6            | 0,0   | 4,4   | 0,0   | 0,0  | 0,0                | 4,4      | 0,0        | 0,0   | 13,1            | 14,2  | 8,1    |
| 23      | 187,80    | 0,0     | 0,0            | 0,0    | 0,0   | 0,0            | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0                | 0,0      | 0,0        | 0,0   | 0,0             | 0,0   | 0,0    |
| 3       | 189,80    | 0,0     | 47,1           | 6,4    | 12,8  | 0,3            | 0,0   | 4,6   | 0,0   | 0,0  | 9,7                | 0,3      | 0,0        | 3,6   | 11,6            | 0,0   | 3,6    |
| 13      | 190,70    | 0,0     | 30,3           | 11,6   | 20,5  | 0,0            | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 24,3               | 0,0      | 0,0        | 0,0   | 13,4            | 0,0   | 0,0    |
| 6       | 201,60    | 0,8     | 6,1            | 0,6    | 17,5  | 4,2            | 0,0   | 1,1   | 0,8   | 0,0  | 52,9               | 0,0      | 0,0        | 0,0   | 15,9            | 0,0   | 0,0    |
| 9       | 203,60    | 0,0     | 18,4           | 11,9   | 58,7  | 0,0            | 0,3   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 10,3               | 0,0      | 0,0        | 0,0   | 0,3             | 0,0   | 0,0    |
| 16      | 205,20    | 0,5     | 32,2           | 10,7   | 10,2  | 0,3            | 0,0   | 0,8   | 0,0   | 1,1  | 32,2               | 0,0      | 4,6        | 0,0   | 7,2             | 0,0   | 0,3    |
| 21      | 206,55    | 0,0     | 11,8           | 9,2    | 25,3  | 0,0            | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 29,6               | 3,3      | 0,0        | 0,0   | 20,7            | 0,0   | 0,0    |
| 20      | 216,50    | 0,0     | 0,0            | 0,0    | 0,0   | 0,0            | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 0,0                | 0,0      | 0,0        | 0,0   | 0,0             | 0,0   | 0,0    |
| 11      | 222,00    | 0,0     | 30,7           | 18,0   | 22,7  | 0,0            | 3,1   | 0,0   | 0,3   | 0,0  | 14,6               | 5,3      | 0,0        | 0,0   | 5,3             | 0,0   | 0,0    |
| 14      | 260,60    | 0,0     | 43,4           | 19,0   | 26,7  | 0,0            | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 10,9               | 0,0      | 0,0        | 0,0   | 0,0             | 0,0   | 0,0    |

**LEGENDA:**

MOA - Matéria Orgânica Amorfa

Corr. - Corroído

Band. - Bandado

N. Deg. - Não Degradado

Botry. - *Botryococcus*

Along. - Alongado

List. - Listrado

Perf. - Perfurado

Degr. - Degradado

Equid. - Equidimensional

Est. - Estriado

Cut. - Cutícula

Memb. - Membrana

Entre os 3996 fitoclastos opacos que foram quantificados, constatou-se a dominância geral de alongados (45,9%), sobre os equidimensionais (16,4%) e corroídos (37,7%) (Figura 11).

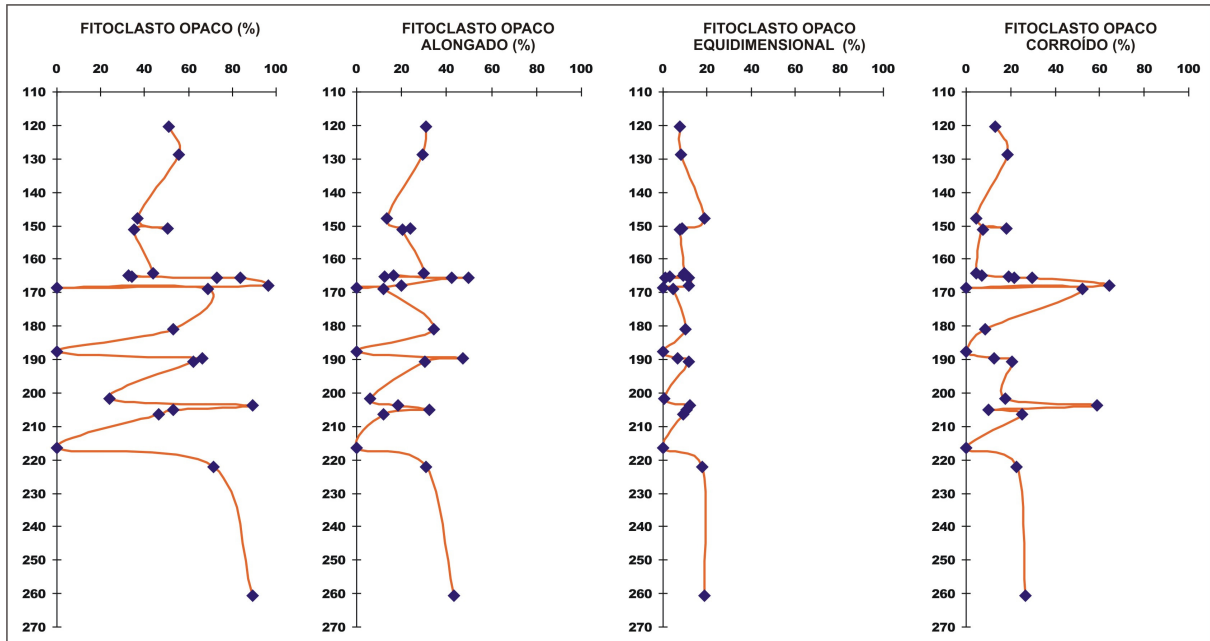


Figura 11 - Distribuição dos valores percentuais do grupo de fitoclastos opacos e subgrupos nos intervalos propostos.

Tais partículas são caracteristicamente encontradas de forma dominante em fácies de baixo conteúdo orgânico, de alta energia, sendo geradas, principalmente pela oxidação de partículas não opacas, durante um processo de transporte prolongado ou alterações pós-deposicionais, exposição sub-aérea e/ou oxidação por transporte associado, refletindo em muitos casos flutuações sazonais da coluna d'água (Tyson, 1993, 1995; Mendonça-Filho & Menezes, 2001). Habib (1982) demonstrou que a matéria orgânica de sedimentos oceânicos são tipicamente dominadas por partículas opacas, equidimensionais e de tamanho reduzido (< 20  $\mu\text{m}$ ), especialmente durante períodos transgressivos de baixo suprimento de matéria orgânica terrestre.

Dentre os não opacos ou translúcidos, observou-se que de forma geral, as partículas dos não bioestruturados (82,9%) dominam entre os bioestruturados (17,1%). Na amostra Palino 01 verificou-se um percentual significativamente mais alto de bioestruturados e suas subdivisões, definidas segundo a sua natureza preservacional e estrutural, do que o verificado nas demais amostras (Tabela 9). A distribuição espacial nas amostras dos fitoclastos não opacos bioestruturados e suas subdivisões encontra-se na Figura 12.

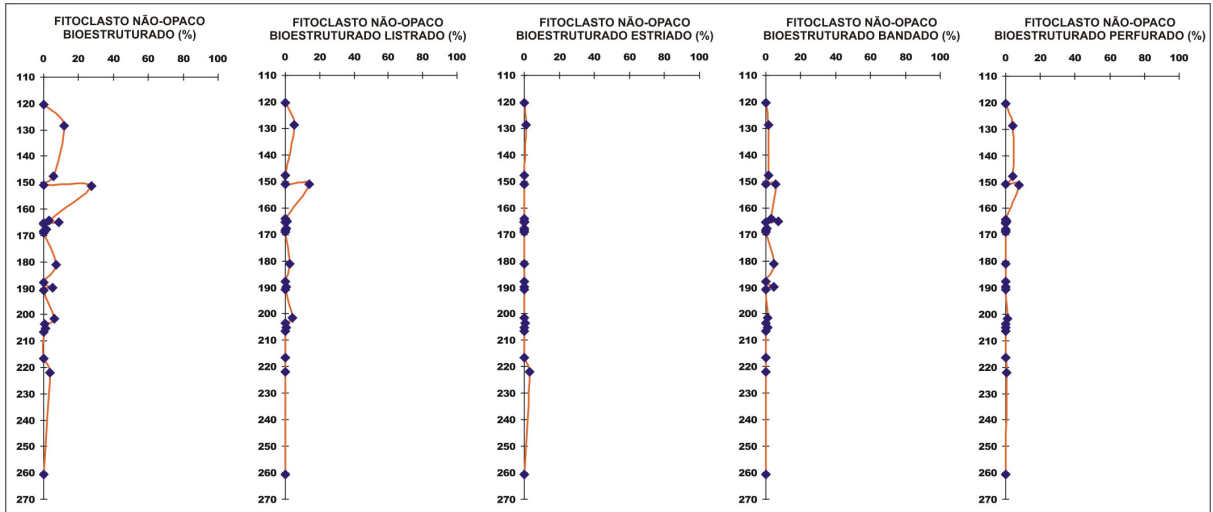


Figura 12 - Distribuição dos valores percentuais do grupo de fitoclastos não opacos e subgrupos de bioestruturados nos intervalos propostos.

Entre o grupo predominantemente encontrado, dos fitoclastos não opacos não bioestruturados, verificou-se altos índices de partículas degradadas constatadas em 75% das amostras analisadas. Partículas não degradadas e amorfizadas foram quantificadas em percentuais muito reduzidos (Tabela 9). A distribuição espacial nas amostras dos fitoclastos não opacos não bioestruturados e suas subdivisões encontra-se na Figura 13.

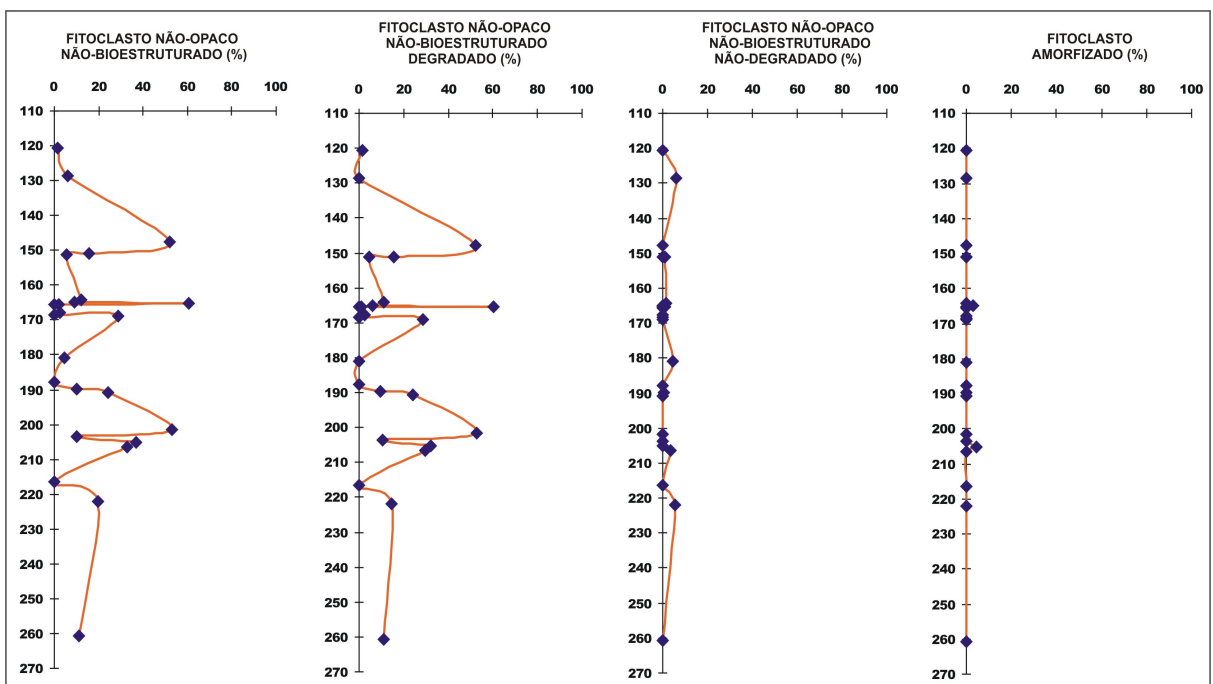


Figura 13 - Distribuição dos valores percentuais do grupo de fitoclastos não opacos e subgrupos de não bioestruturados nos intervalos propostos.



Os palinomorfos encontrados na matéria orgânica total, mesmo com a metodologia de contagem em três lâminas, é menos representativo do que os fitoclastos, constituindo-se de esporos de pteridófitas e de grãos de pólen de gimnospermas característicos do Permiano do RS (Figura 14). Entretanto, sabe-se que existe um aumento gradacional de palinomorfos em ambientes onde o número de fitoclastos e matéria orgânica são reduzidos e vice-versa. Isso acontece em ambientes distais, geralmente de baixa energia e oxidantes (Tyson 1993).

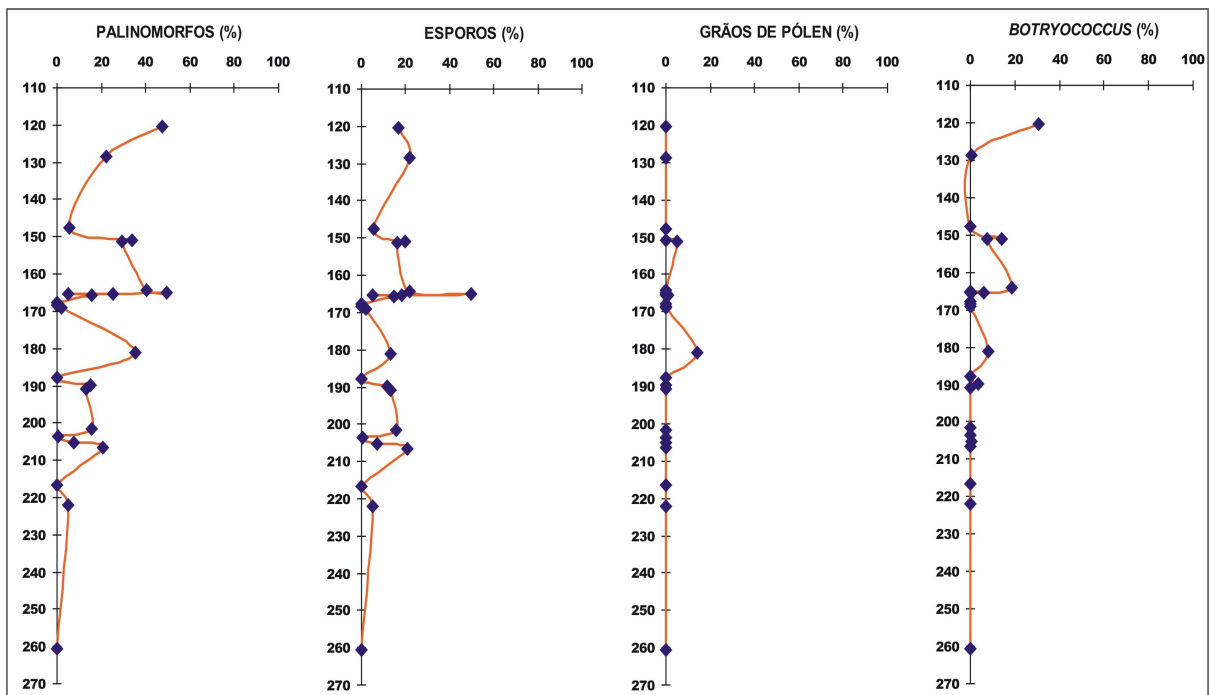


Figura 14 - Distribuição dos valores percentuais dos grupos de palinomorfos nos intervalos propostos.

## 4.2 Resultados obtidos na contagem específica dos palinomorfos

Tradicionalmente, palinomorfos são usados para a determinação genérica de paleoambientes, mesmo que representem pequenas porções ou órgãos das plantas. A vantagem do estudo deste tipo de microfóssil é sua grande abundância, possibilitando o uso de métodos estatísticos. Assim mesmo, a maioria dos esporos e pólenes fósseis se encontram dispersos e conclusões paleoambientais devem sempre estar embasadas em suas afinidades botânicas. Mesmo assim, deve-se ter cuidado com as inferências paleoambientais baseadas somente em palinomorfos, pois elas podem resultar imprecisas (Azcuy 1978).

Os palinomorfos encontrados nas amostras selecionadas caracterizam apenas morfogêneros, por se tratarem de *spora dispersae*, ou seja, fragmentos orgânicos, de acordo com Código Internacional de Nomenclatura Botânica (ICBN). Foram, assim, classificados em categorias supragenéticas dos táxons identificados (Figura 15), como anteriormente já o fizeram Potonié & Kremp (1954), Potonié (1956, 1970), Dettman (1963), Smith & Butterworth (1967), Foster (1979) e Marques-Toigo & Cazzulo-Klepzig (1995) e encontram-se listados no Anexo 2 e ilustrados nas Estampas 1-8 (Anexo 3).

| Posição sistemática | Categorias Supragenéticas |               |           |           |              |           |                     |                      |          |              |                |              |                |           |         |
|---------------------|---------------------------|---------------|-----------|-----------|--------------|-----------|---------------------|----------------------|----------|--------------|----------------|--------------|----------------|-----------|---------|
| Anteturma           | Proximegerminantes        |               |           |           |              |           |                     | Variegerminantes     |          |              |                |              |                |           |         |
| TURMA               | Triletes                  |               |           |           |              |           |                     | Hilates              | Saccites |              |                |              | Plicates       |           |         |
| SUBTURMA            | Azonotriletes             |               |           |           | Zonotriletes |           | Zonolaminatiriletes | Pseudosaccitiriletes |          | Monosaccites |                | Disaccites   |                | Costates  |         |
| INFRATURMA          | Laevigati                 | Retusotrileti | Apiculati | Murornati | Auriculati   | Cingulati | Cingulicavati       | Monopsudosacciti     |          | Aletesacciti | Triletesacciti | Striasacciti | Disaccitrileti | Striatiti | Costati |

Figura 15 - Sistemática das categorias supragenéticas, segundo Souza (2000).

Nesta segunda etapa metodológica de contagem para análise sistemática do conteúdo palinológico, foram encontrados, nas 26 amostras, um total de 3.342 palinomorfos e nenhum microfóssil de outra natureza. Foram classificados 1.442 esporos, 589 grãos de pólen e 95 algas. Também foram reconhecidos 1.216 palinomorfos indeterminados (muito retrabalhados), os quais não puderam ser incluídos em nenhuma categoria específica sem que isso acarretasse em erros de classificação (Tabela 10).

Tabela 10 - Palinomorfos encontrados na segunda contagem das lâminas para análise sistemática. As localizações das amostras nos testemunhos encontram-se listados na Tabela 3.

| AMOSTRAS   | Algas | Esporos | Grãos de pólen | Indeterminados |
|------------|-------|---------|----------------|----------------|
| Palino 01  | 21    | 107     | 117            | 55             |
| Palino 02  | 13    | 44      | 0              | 1              |
| Palino 03  | 1     | 77      | 89             | 130            |
| Palino 04  | 7     | 168     | 7              | 50             |
| Palino 05  | 3     | 65      | 82             | 150            |
| Palino 06  | 3     | 189     | 21             | 16             |
| Palino 07  | 2     | 16      | 3              | 27             |
| Palino 08  | 7     | 18      | 63             | 74             |
| Palino 09  | 5     | 12      | 0              | 4              |
| Palino 10  | 15    | 4       | 0              | 3              |
| Palino 11  | 1     | 68      | 6              | 42             |
| Palino 12  | 6     | 29      | 79             | 64             |
| Palino 13  | 1     | 161     | 8              | 130            |
| Palino 14  | 0     | 0       | 1              | 13             |
| Palino 15  | 0     | 66      | 20             | 88             |
| Palino 16  | 0     | 63      | 13             | 68             |
| Palino 17  | 1     | 103     | 6              | 78             |
| Palino 18  | 0     | 109     | 58             | 63             |
| Palino 19  | 4     | 18      | 0              | 27             |
| Palino 20  | 0     | 0       | 0              | 9              |
| Palino 21  | 3     | 92      | 1              | 38             |
| Palino 22  | 0     | 14      | 10             | 40             |
| Palino 23  | 2     | 2       | 0              | 14             |
| Palino 24  | 0     | 6       | 2              | 7              |
| Palino 25  | 0     | 10      | 0              | 9              |
| Palino 26  | 0     | 1       | 3              | 16             |
| Soma total | 95    | 1.442   | 589            | 1.216          |

A assembléia encontrada compõe-se de 26 gêneros de esporos, 23 gêneros de grãos de pólen, elementos algálicos da divisão Chlorophyta (*Botryococcus*), além de elementos algálicos (afinidades botânicas em aberto) e um morfogrupo de espécimens considerados *Incertae Sedis* (Anexo 2). Os percentuais de participação de cada grupo na assembléia são apresentados no gráfico na Figura 16.

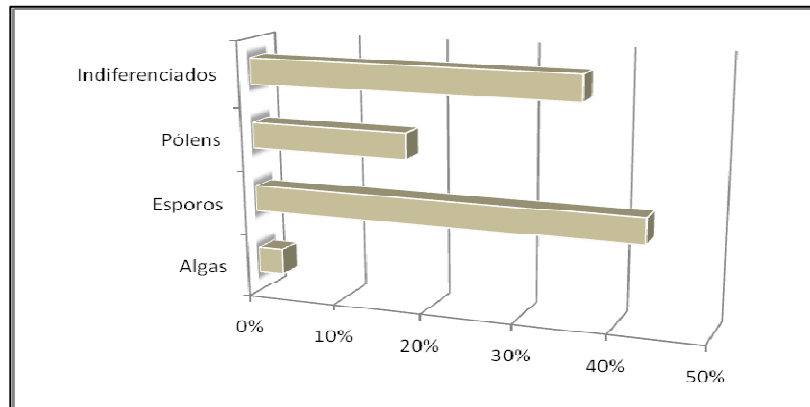


Figura 16 - Percentuais de palinórfos encontrados nas 26 amostras, com a aplicação da metodologia descrita anteriormente.

Os esporos formam o grupo dominante na assembléia e são encontrados em 24 amostras, ausentes apenas nas amostras Palino 14 e 20. Na amostra Palino 20, encontraram-se somente alguns exemplares orgânicos indeterminados. Encontram-se representados por sete Infraturmas e uma Turma, cujos percentuais estão representados na Figura 17.

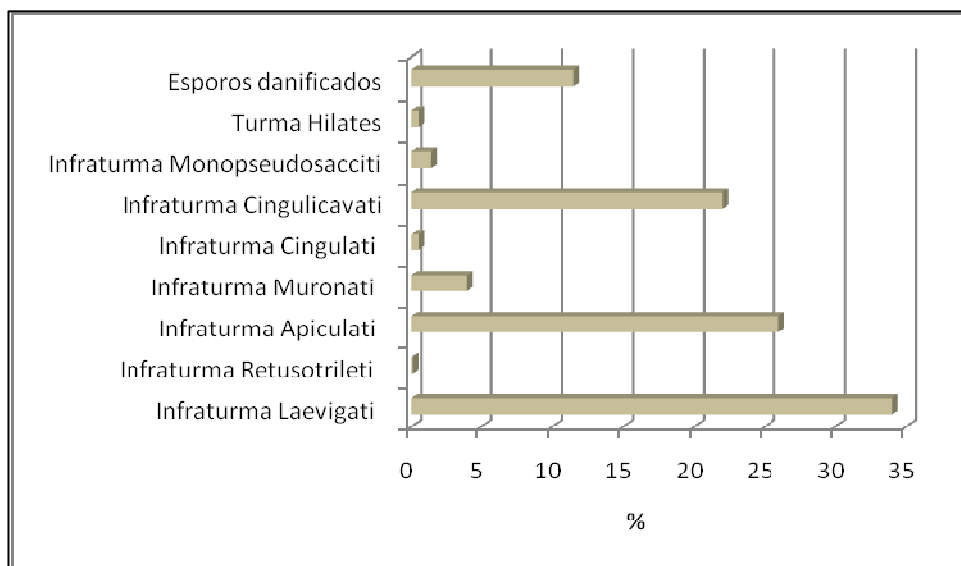


Figura 17 - Percentuais de esporos encontrados nas Infraturmas reconhecidas e Turma Hilates.

A Infraturma dominante é a *Laevigati*, representada pelo grupo dos esporos lisos, é composta por seis gêneros, sendo *Punctatisporites* aquele que obteve maior representatividade, presente em 15 das 26 amostras (Figura 18).

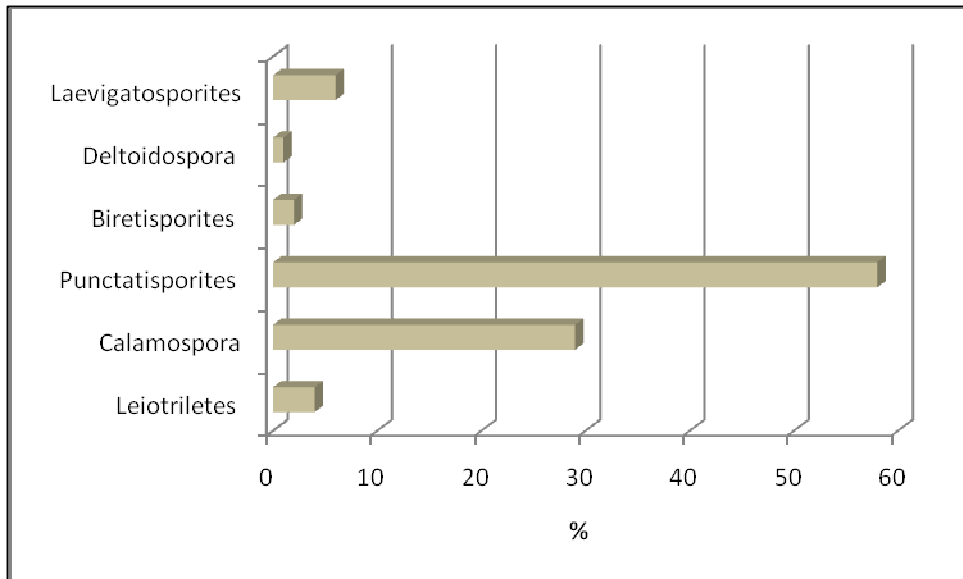


Figura 18 - Percentuais encontrados entre os gêneros que compõem a Infraturma *Laevigati* no grupo dos esporos.

O segundo grupo em representação geral foi aquele formado pelos esporos ornamentados ou Infraturma *Apiculati*. Neste âmbito, encontrou-se nove gêneros sendo *Cyclogranisporites* o gênero dominante, presente em 20 amostras (Figura 19).

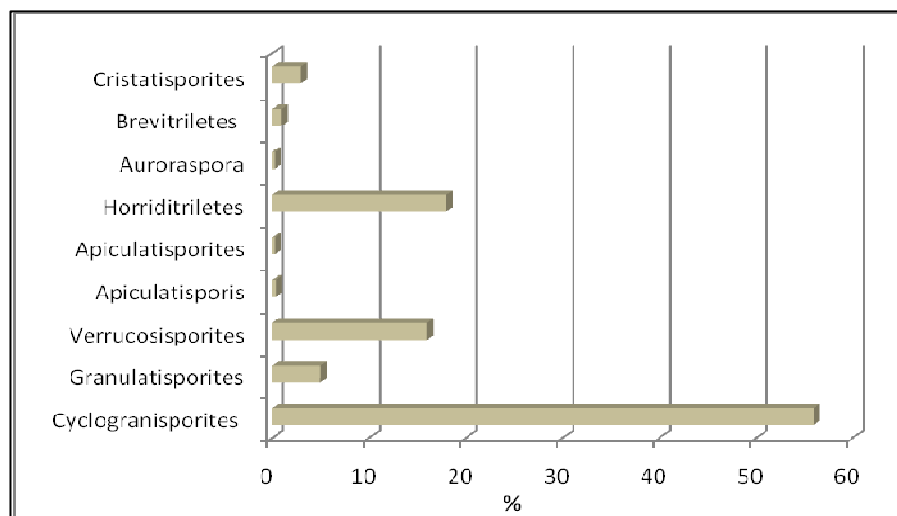


Figura 19 - Percentuais encontrado entre os gêneros que compõem a Infraturma *Apiculati* no grupo dos esporos.

O terceiro – e também muito bem representado entre o grupo dos esporos – é a Infraturma Cingulicavati, com a dominância de *Lundbladispora* sobre *Krauselisporites* e *Vallatisporites* (Figura 20). Os esporos dessa Infraturma, ou simplesmente os cingulicavados, encontram-se entre aqueles melhores preservados.

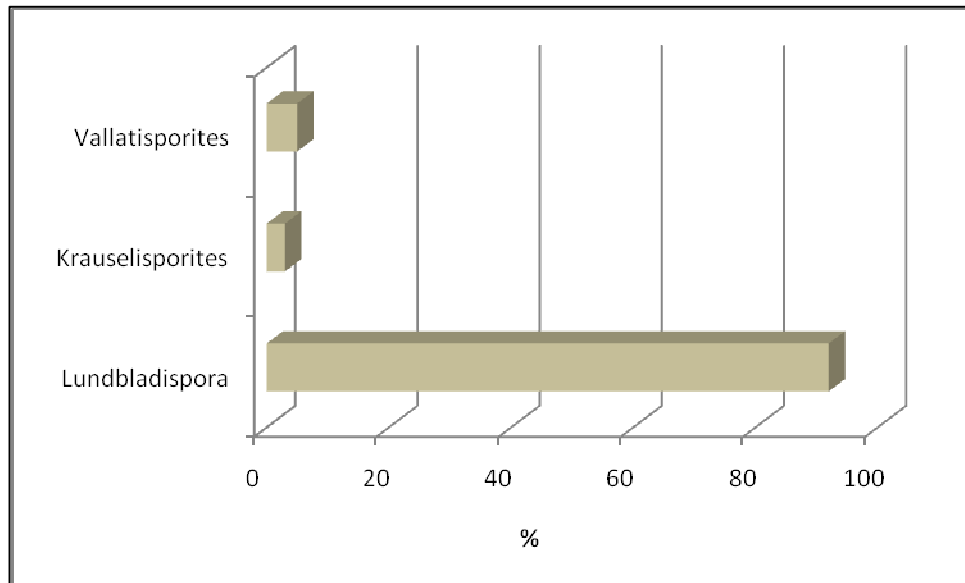


Figura 20 - Percentuais encontrado entre os gêneros que compõem a Infraturma Cingulicavati no grupo dos esporos.

As demais Infraturmas, Retusotrileti (gênero *Retusotriletes*), Muronati (gêneros *Convolutispora* e *Dictyotriletes*), Cingulati (gênero *Reticulatisporites*), Monopseudosacciti (gêneros *Spelaeotriletes*, *Geminospora* e *Velamisporites*), e a Turma Hilates (gênero *Psomospora*) representam, juntas, uma pequena parte dos esporos encontrados em quase 7% do grupo. Os grãos de pólen mostram-se dominantes nas amostras Palino 01, 03, 05, 08, 12 e 18, não sendo encontrados nas amostras Palino 02, 09, 10, 19, 20, 23 e 25. Foram reconhecidos 589 grãos de pólen e classificados até a categoria genérica dentro do possível, a exemplo do realizado com os esporos. Os grupos principais de classificação dos grãos de pólen encontram-se demonstrados na Figura 21.

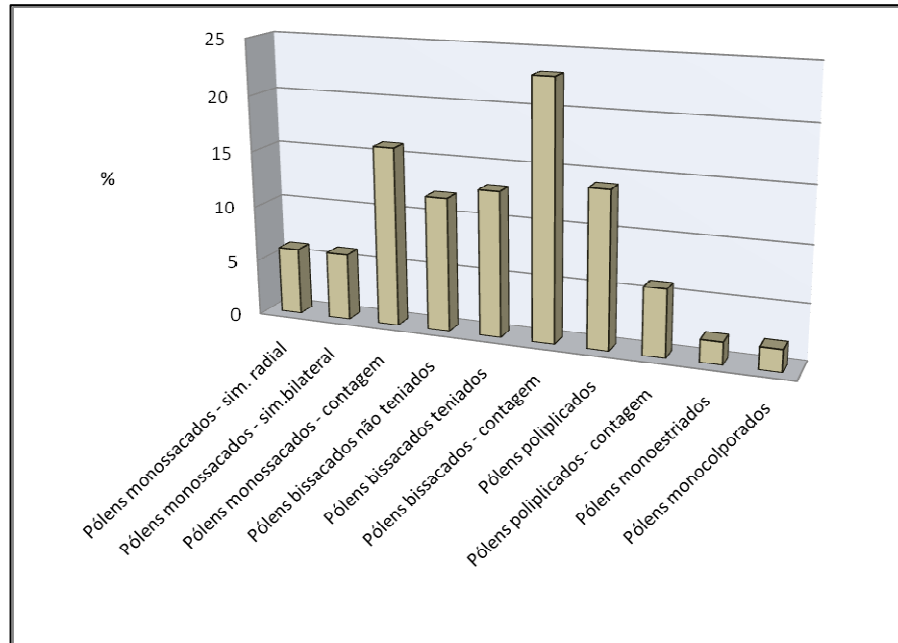


Figura 21 - Percentuais encontrados entre os tipos de grãos de pólen na assembléia total deste grupo.

Cada grupo de grãos de pólen apresentou seus respectivos gêneros, uns dominantes e outros nem tanto, mas igualmente importantes. As Figuras 22 a 26 mostram os gêneros que compõem cada grupo e suas participações percentuais.

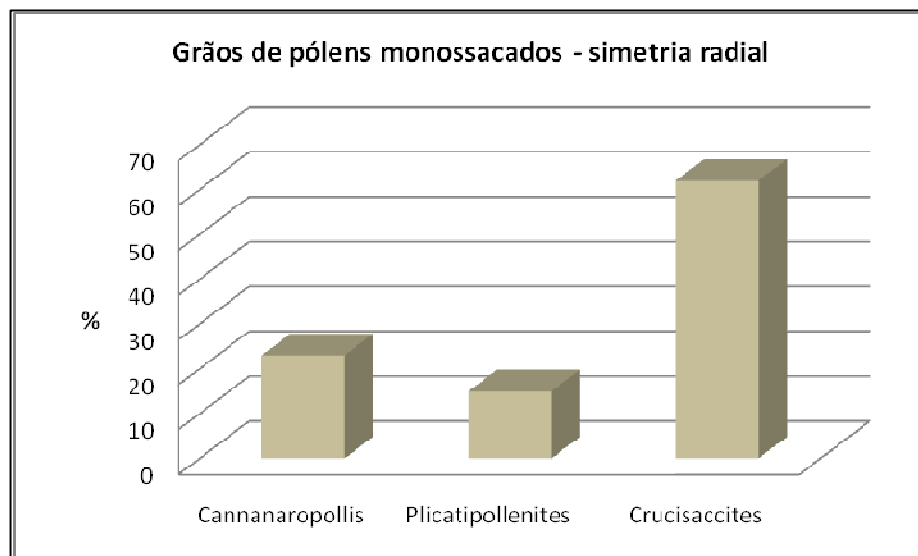


Figura 22 – Percentuais encontrados entre os gêneros que compõem o grupo dos grãos de pólen monossacados, portadores de simetria radial.

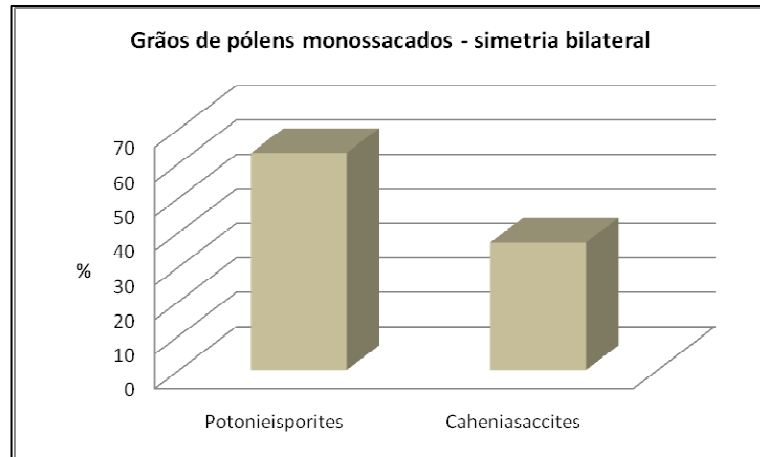


Figura 23 – Percentuais encontrados entre os gêneros que compõem o grupo dos grãos de pólen monossacados, portadores de simetria bilateral.

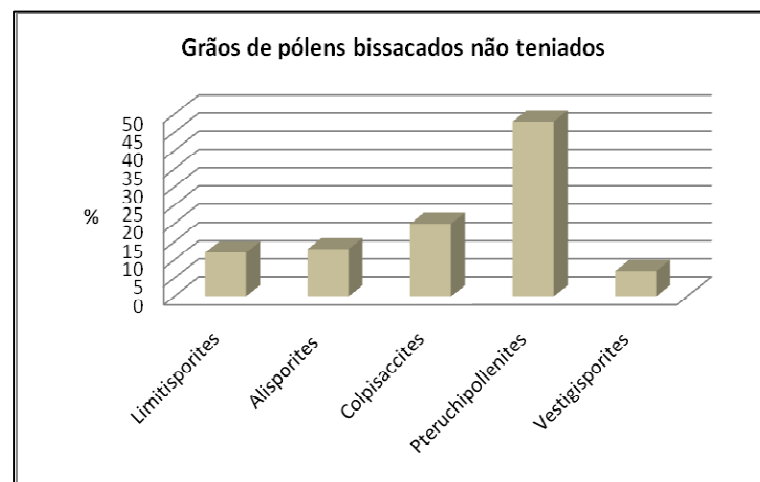


Figura 24 - Percentuais encontrados entre os gêneros que compõem o grupo dos grãos de pólen bissacados não teniados.

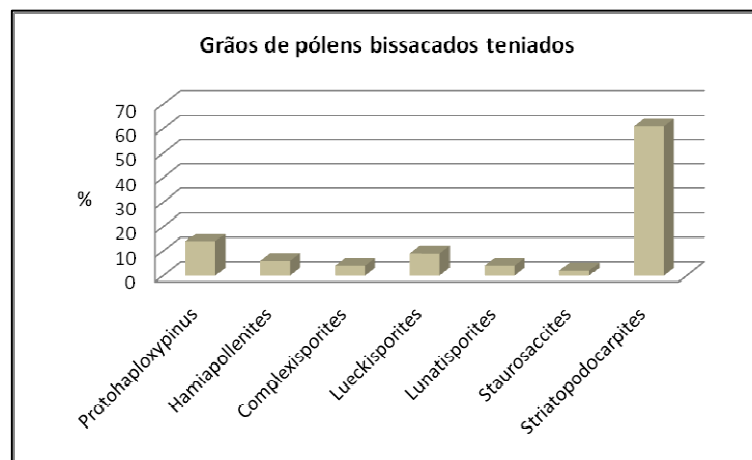


Figura 25 - Percentuais encontrados entre os gêneros que compõem o grupo dos grãos de pólen bissacados teniados.



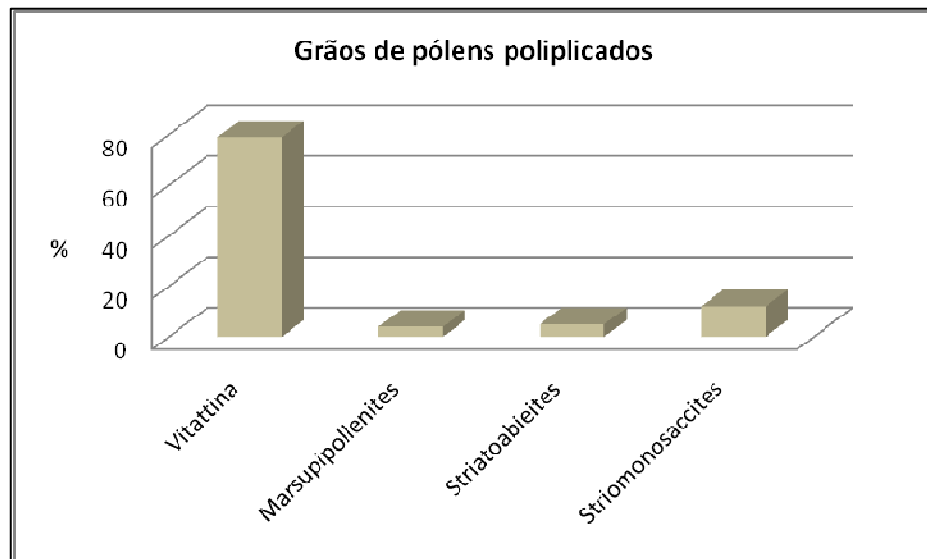


Figura 26 - Percentuais encontrados entre os gêneros que compõem o grupo dos grãos de pólen poliplicados.

Os grãos de pólen residuais, pertencentes os grupos não citados acima – grãos de pólen monoestriados e monocolpados, representados respectivamente pelos gêneros *Fusacolpites* e *Cycadopites* –, são responsáveis somente por 4% do total do número de pólen encontrados.

Os elementos algálicos foram deixados com as afinidades botânicas em aberto, a exceção de *Botryococcus*, comprovada e universalmente aceita como pertencente a Divisão Chlorophyta e dominante neste grupo. Esta opção deu-se pelo grande número de diferentes afinidades botânicas a elas destinadas (Cazzulo-Klepzig 2001b). Por exemplo: se analisarmos somente a alga do gênero *Portalites*, comum nos carvões do Rio Grande do Sul, veremos que para Traverse (1988) eram ‘algas em geral’, para Marques-Toigo (1988) eram ‘*Incertae sedis*’ e para Elsik (1996) eram ‘esporos de fungos’. De qualquer maneira, os elementos algálicos e suas possíveis afinidades botânicas e ambientais encontram-se descritas na Tabela 11.

As algas e afins, comportam sete gêneros e um grupo de *Incertae sedis*, onde nem ao menos o termo ‘algas em geral’ é atribuído com certeza. Seus dados quantitativos encontram-se dispostos na Figura 27.

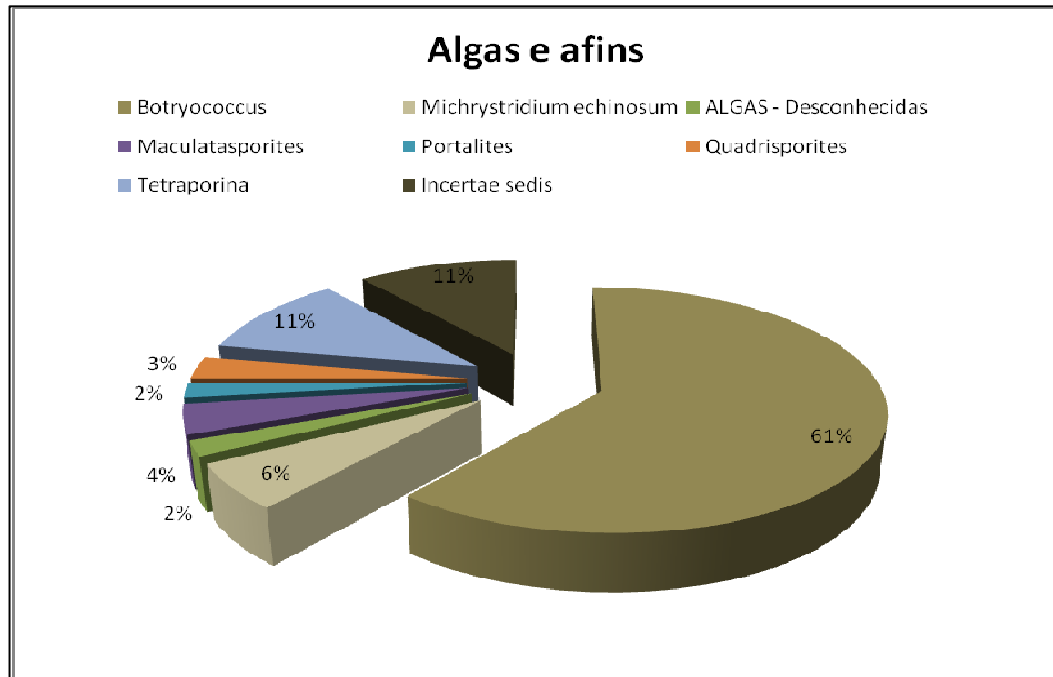


Figura 27 – Percentuais encontrados entre os elementos algálicos encontrados.

A análise completa do material componente das amostras revela uma associação composta por grãos de pólen de Gymnospermae (*Glossopteridales*, *Peridospermales*, *Coniferales*, *Gnetales*), esporos de Pteridophyta (*Sphenopsida*, *Lycopsida* e *Filicopsida*) e algas (preferencialmente *Chlorophyta*) do gênero *Botryococcus*. Suas afinidades botânicas seguem as classificações clássicas propostas por Meyen (1987), Stewart (1989), White (1990), Souza (2000), Willis & McElwain (2001), Ianuzzi & Vieira (2005) entre outros e encontram-se descritas na Tabela 11 juntamente com as possíveis inferências paleoambientais.

Tabela 11 - Palinomorfos encontrados nas 26 amostras estudadas, com suas afinidades botânicas (Meyen 1987; Stewart 1989; White 1990; Willis & McElwain 2001) e possíveis inferências ambientais, a partir de Cazzulo-Klepzig (2001b) e Barrón *et al.* (2006), entre outros.

| <b>PALINOMORFOS</b>                      | <b>AFINIDADES BOTÂNICAS</b>   | <b>INFERÊNCIAS PALEOAMBIENTAIS</b>                      |
|--|---|---|
| <b>Algas e afins</b>                     |   |   |
| <i>Botryococcus braunii</i> Kützing 1849 | Alga Chlorophyceae (Botryococcales)   | Águas doces e rasas, salobras e ocasionalmente salgadas |
| <i>Maculatasporites</i> Tiwari 1964      | Incertae sedis (Kar & Bose 1976); algas (Foster <i>et al.</i> 1985); esporos (Foster 1979); acritarcas (Tripathi 1997), Prasinophyceae (Tappan 1980). | Ambiente halófito - água salgada                        |
| <i>Michrystridium</i> sp.                | Acritarca?  | Água salobra - salgada                                  |
| <i>Portalites</i> Hemer & Nygreen 1967   | Algas em geral (Traverse 1988), Insertae sedis (Marques-Toigo 1988), esporos de   | Ambiente hidrófilo presente em associações higrófilas   |

|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
|   | fungos (Elsik 1996).   | Água salobra – salgada |
| <i>Quadrisporites</i> Hennelly 1958 ex. Potonié & Lele 1961 | Incertae sedis (Srivastava & Bhattacharya 1996); algas Chlorophyceas (Tripathi 1997); esporos aletes (Rigby & Heckel 1977)   | -                      |
| <i>Tetraporina</i> Naumova 1939 ex. Bolkhovitina 1953       | Incertae sedis (Foster 1979); algas Chlorophyceas (Brenner & Foster 1994); esporos aletes (Bose & Kar 1966); algas Zygnemataceae (Zamaloa 1996); acritarcas (Tripathi 1997), entre outros. | -                      |
| <b><u>ESPOROS</u></b>                                       |  |                        |
| Apiculatisporis (Ibrahim) Potonié & Kremp 1956              | PTERIDOPHYTA (Sphenopsida – Filicopsida)   | Ambiente higrófilo     |
| Apiculatisporites Ibrahim 1933                              | PTERIDOPHYTA<br>(Filicopsida)  | Ambiente higrófilo     |
| Auroraspora Hoffmeister, Staplin & Malloy 1955              | PTERIDOPHYTA   | Ambiente higrófilo     |
| Biretisporites Delcourt & Sprumont 1963 ***                 | PTERIDOPHYTA   | Ambiente higrófilo     |
| Brevitriteles Bharadwaj & Srivastava 1969                   | PTERIDOPHYTA   | Ambiente higrófilo     |
| Calamospora Schopf, Wilson & Bentall 1944                   | PTERIDOPHYTA (Sphenopsida)   | Ambiente higrófilo     |
| Convolutispora Hoffmeister, Staplin & Malloy 1955           | PTERIDOPHYTA<br>(Filicopsida)  | Ambiente higrófilo     |
| Cristatisporites (Potonié & Kremp) Butterworth et. al. 1964 | PTERIDOPHYTA<br>(Lycopsida)  | Ambiente higrófilo     |
| Cyclogranisporites Potonié & Kremp 1954                     | PTERIDOPHYTA<br>(Filicopsida)  | Ambiente higrófilo     |
| Deltoidospora Miner 1935                                    | PTERIDOPHYTA   | Ambiente higrófilo     |
| Dictyotriteles Naumova, 1939 ex. Ishchenko 1952             | PTERIDOPHYTA   | Ambiente higrófilo     |
| Geminospora Balme 1962                                      | PTERIDOPHYTA   | Ambiente higrófilo     |
| Granulatisporites (Ibrahim) Potonié & Kremp 1954            | PTERIDOPHYTA<br>(Filicopsida)  | Ambiente higrófilo     |
| Horriditriteles Bharadwaj & Salujha 1964                    | PTERIDOPHYTA<br>(Filicopsida)  | Ambiente higrófilo     |
| Krauselisporites (Leschik) Jansonius 1962                   | PTERIDOPHYTA<br>(Lycopsida)  | Ambiente higrófilo     |

|  |   |                             |
|--|---|-----------------------------|
| Laevigatosporites Ibrahim 1933                           | PTERIDOPHYTA<br>Sphenophyta                         | Ambiente higrófilo          |
| Leiotriletes (Naumova) Potonié & Kremp 1956              | PTERIDOPHYTA<br>(Filicopsida)                       | Ambiente higrófilo          |
| Lophotriletes Naumova 1939                               | PTERIDOPHYTA<br>(Filicopsida)                       | Ambiente higrófilo          |
| Lundbladispora (Balme) Playford 1965                     | PTERIDOPHYTA<br>(Lycopsida)                         | Ambiente higrófilo          |
| Psomospora Potonié & Helby 1968                          | Hepáticas?  | Ambiente higrófilo          |
| Punctatisporites (Ibrahim) Potonié & Kremp 1954          | PTERIDOPHYTA<br>(Filicopsida)                       | Ambiente higrófilo          |
| Reticulatisporites Ibrahim 1933                          | PTERIDOPHYTA (Sphenopsida?<br>Filicopsida?)         | Ambiente higrófilo          |
| Retusotriletes (Naumova) Streel 1964                     | PTERIDOPHYTA<br>(Lycopsida)                         | Ambiente higrófilo          |
| Spelaeotriletes Neves & Owens 1966                       | PTERIDOPHYTA<br>(Lycopsida)                         | Ambiente higrófilo          |
| Vallatisporites Hacquebard 1957                          | PTERIDOPHYTA<br>(Lycopsida)                         | Ambiente higrófilo          |
| Velamisporites Bharadwaj & Venkatachala 1962             | Sem referências                                     | Ambiente higrófilo          |
| Verrucosisporites (Ibrahim) Smith 1971                   | PTERIDOPHYTA<br>(Filicopsida)                       | Ambiente higrófilo          |
| <b><u>PÓLENS</u></b>                                     |   |                             |
| Alisporites Daugherty 1941                               | GYMNOSPERMAE<br>(Glossopteridales; Peridospermales) | Ambiente higrófilo/mesófilo |
| Caheniasaccites Bose & Kar emend. Azcuy & Di Pasquo 2000 | GYMNOSPERMAE (Coniferales)                          | Ambiente mesófilo           |
| Cannanaropollis Potonié & Sah 1960                       | GYMNOSPERMAE<br>(Coniferales)                       | Ambiente mesófilo           |
| Colpisaccites Archangelsky & Gamero 1979                 | Sem referências                                     | -                           |
| Complexisporites Jizba 1962                              | Sem referências                                     | -                           |

|   |   |                   |
|---|---|-------------------|
| Crucisaccites Lele & Maithy 1964                        | GYMNOSPERMAE?   | -                 |
| Cycadopites Wodehouse 1933                              | GYMNOSPERMAE?   | Ambiente xerófilo |
| Fusacolpites Bose & Kar 1966                            | Sem referências   |                   |
| Hamiapollenites (Wilson) Tschudy & Kosanke 1966         | GYMNOSPERMAE<br>(Coniferales)                                 | Ambiente mesófilo |
| Limitisporites (Leschik) Schaarschmidt 1963             | GYMNOSPERMAE<br>(Glossopteridales; Coniferales)               | Ambiente mesófilo |
| Lueckisporites Potoniè & Klaus 1954                     | GYMNOSPERMAE<br>(Coniferales)                                 | Ambiente mesófilo |
| Lunatisporites Leschik 1956a                            | GYMNOSPERMAE<br>(Coniferales)                                 | Ambiente mesófilo |
| Marsupipollenites Balme & Hennelly 1956                 | GYMNOSPERMAE<br>(Peridospermales)                             | Ambiente mesófilo |
| Plicatipollenites Lele 1964                             | GYMNOSPERMAE<br>(Coniferales)                                 | Ambiente mesófilo |
| Potonieisporites (Bharadwaj) Bharadwaj 1964             | GYMNOSPERMAE<br>(Coniferales)                                 | Ambiente mesófilo |
| Protohaploxypinus (Samoilovich) Hart 1964               | GYMNOSPERMAE<br>(Glossopteridales)                            | Ambiente mesófilo |
| Pteruchipollenites Couper 1958                          | GYMNOSPERMAE  | Ambiente mesófilo |
| Staurosaccites J. H. Dolby <i>in</i> Dolby & Balme 1976 | GYMNOSPERMAE<br>(Coniferales)                                 | Ambiente mesófilo |
| Striatoabieites Sedova 1956                             | Coniferales   | Ambiente mesófilo |
| Striatopodocarpites Sedova 1956                         | GYMNOSPERMAE<br>(Glossopteridales)                            | Ambiente mesófilo |
| Striomonosaccites Bharadwaj 1962                        | GYMNOSPERMAE  | Ambiente mesófilo |
| Vestigisporites (Balme & Hennelly) Hart 1960            | GYMNOSPERMAE  | Ambiente mesófilo |
| Vitattina (Lüber) Wilson 1962                           | GYMNOSPERMAE<br>(Coniferales; Pteridospermales –<br>Gnetales) | Ambiente mesófilo |

A análise de palinofácies é um estudo qualitativo e quantitativo da matéria orgânica particulada contida nos sedimentos e nas rochas sedimentares, onde se tenta identificar os componentes particulados individuais (fitoclastos + palinomorfos + matéria orgânica amorfa). Com informações sobre tamanhos, forma, preservação e o que mais a amostra puder oferecer acrescidos de uma análise sistemática, consegue-se informações sobre os paleoambientes envolvidos (Tyson 1993, 1995, Mendonça-Filho 1999, Meyer 2004, Meyer *et al.* 2006).

Os dados de análise serão apresentados por testemunho de sondagem e por nível estratigráfico amostrado, e sua interpretação foi feita a partir dos conceitos palinológicos previamente discutidos, em cada contexto. As fotos dos testemunhos com a localização das amostras encontram-se no Anexo 4, A4x1-A4x25.

### 5.1 - Testemunho de Sondagem IC- 07 –RS

O testemunho IC-07-RS localiza-se no extremo sudoeste da seção estudada e é, faciologicamente, o registro dos ambientes mais proximais, abrigando um conjunto maior de fácies continentais e marginais marinhas que os demais testemunhos (Figura 28).

#### 5.1.1 – Amostra PALINO 04

A amostra localiza-se a 169 m de profundidade e é composta por pelito carbonoso (litofácies **C/Fr**, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 28, Anexo 4: A4x1).

Verificou-se que 97,8% da amostra é composta por fitoclastos, seguido por 2,2% de palinomorfos (Figuras 29 e 30). Do percentual de fitoclastos, encontrou-se uma relação bem definida entre os opacos e os não opacos, com a dominância dos opacos (70,5%) sobre os primeiros. Os não opacos bem menos representativos no contexto geral (29,5%) são compostos exclusivamente por fitoclastos não bioestruturados e degradados. Os opacos são compostos em sua maioria por material corroído (52,2%) seguido por fitoclastos alongados (11,9%) e por fim, por material equidimensional (4,8%).

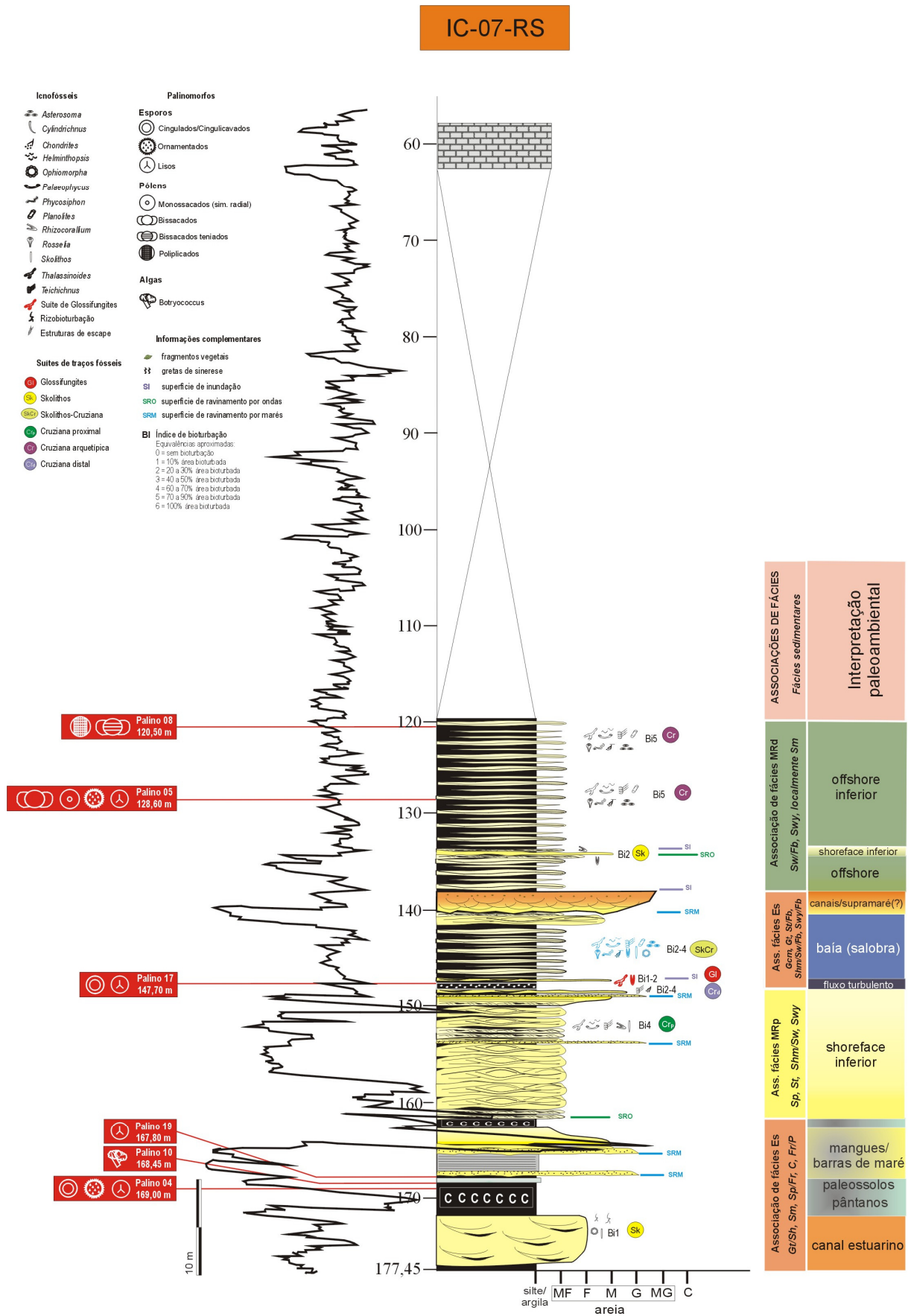


Figura 28 – Perfil IC-07-RS para localização e conteúdo palinológico das amostras e suas respectivas interpretações paleoambientais baseadas nos dados sedimentológicos e paleoicnológicos de Buatois *et al.* (2001a,b,c).

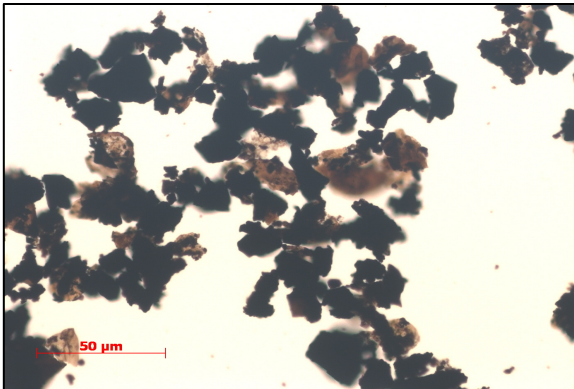


Figura 29 – Vista geral 01 do querogênio encontrado na amostra Palino 04 (10x).

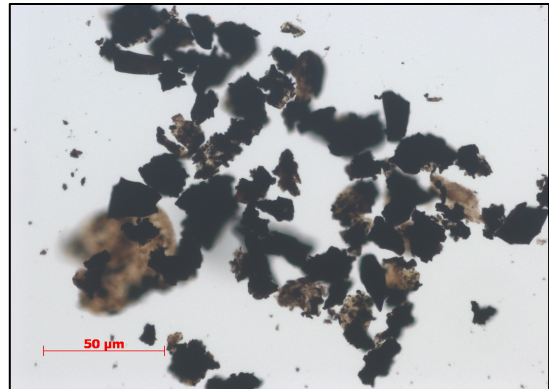


Figura 30 – Vista geral 02 do querogênio encontrado na amostra Palino 04 (10x).

Na análise qualitativa dos palinórfos, 232 exemplares foram contabilizados. Verificou-se uma dominância maciça de esporos (92,4%) sobre os grãos de pólen e algas associadas (Figura 31). Dentro do grupo dos esporos, há a predominância de esporos lisos, esporos ornamentados e cingulicavados, compondo 90% do total de palinórfos encontrados (Figura 32). Os esporos lisos, ou pertencentes à Infraturma *Laevigati*, têm maior representatividade entre o total de esporos analisados, com 72%. Dentre este grupo, a dominância mais expressiva é do gênero *Punctatisporites* sp. sobre *Calamospora* sp., *Leiotriletes* sp., *Laevigatosporites* sp., e *Deltoidospora* sp. (Figura 33). Os esporos cingulicavados, grupo que compõe o segundo lugar de expressão na amostra, com 11%, tem como representante único o gênero *Lundbladispota* sp. O grupo de esporos ornamentados, ou pertencentes à Infraturma *Apiculati*, terceiro lugar em representação (10%), compõe-se por três gêneros: *Cyclogranisporites* sp., *Granulatisporites* sp. e *Horriditriletes* sp. Uma fração mínima de esporos hilados (gênero *Psomospora* sp.) e de esporos cingulados (gênero *Reticulatisporites* sp.) também está presente na amostra. O percentual de pólen é igualmente pouco expressivo, sendo representado por alguns exemplares esparsos de monossacados e por um exemplar de bissacado teniado. No grupo das algas e afins, observa-se a presença de *Tetraporina* (considerada uma alga *Chlorophyceae* por Brenner & Foster 1994), associadas a carvões.



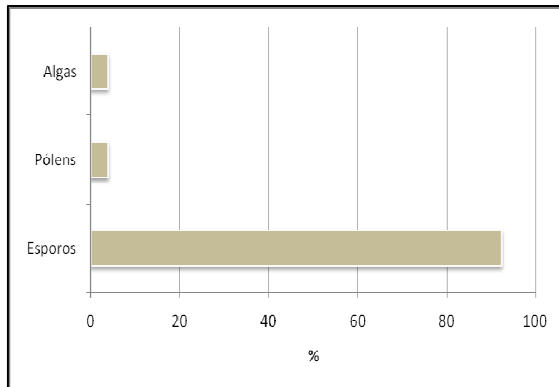


Figura 31 – Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 04.

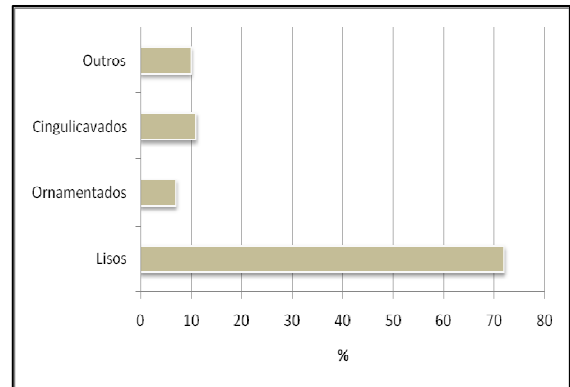


Figura 32 – Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 04.

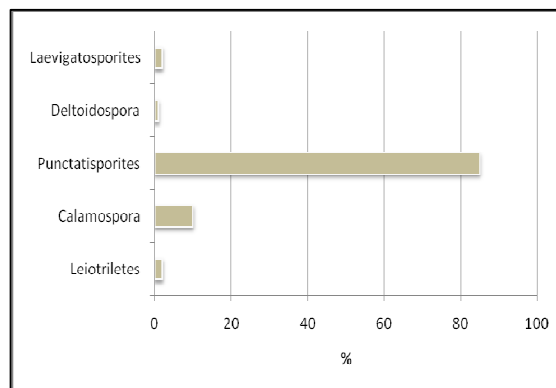


Figura 33 – Infraturma Laevigati e a dominância de *Punctatisporites* sobre os demais gêneros na amostra Palino 04.

A análise do querogênio revela deposição em áreas proximais a uma fonte aquosa sujeita a flutuações sazonais da coluna d'água, o que permite a oxidação e exposição subáerea e corrosão das partículas. A dominância expressiva de fitoclastos opacos sobre os não opacos e o índice superior de opacos corroídos sobre os alongados e equidimensionais corroboram a interpretação. O alto percentual de esporos indica proximidade da área fonte desses componentes e sinaliza condições de umidade no ambiente. Esse tipo de vegetação caracteriza zonas baixas, pantanosas, sob pequena espessura de lâmina de água, por isso sujeita a flutuações, em ambiente higrófilo.

Esta amostra apresenta um alto percentual de COT (17,1%). Este valor é compatível com uma quantidade absoluta de aporte de material lenhoso (opacos são mais carbonosos) relacionado à presença de carvão. O teor de Fi-COT é 16,72%.

### 5.1.2 – Amostra PALINO 10

A amostra localiza-se a 168,45 m de profundidade e é composta por pelitos carbonosos (litofácies *Fr*, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 28, Anexo 4: A4x2).

Não se encontrou nenhuma matéria orgânica quando aplicada a metodologia para análise de palinofácies.

Quando se fez a contagem específica para palinomorfos, viu-se que aqueles 19 exemplares encontrados são preferencialmente elementos algálicos do tipo *Botryococcus braunii* que dominam maciçamente sobre os grãos de esporos (Figura 34). Os palinomorfos encontrados pertencem à Infraturma Apiculati, classificados como *Horriditriletes* sp. e *Cristatisporites* sp. Porém, são pouco representativos numericamente.

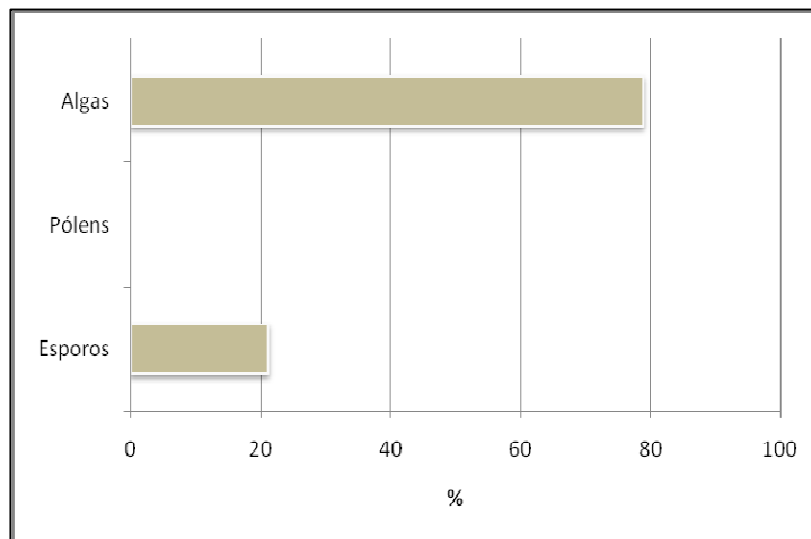


Figura 34 – Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 10.

A dominância de *Botryococcus* permite algumas inferências. Não deve tratar-se de um ambiente pobre em oxigênio, mas com nível de oxidação suficiente para manter este tipo de organismo. Esses elementos algálicos suportam variações de salinidade e sendo altamente flutuantes, devem ter sido transportados e depositados em um corpo lacustre ou lagunar. Apesar de raros, a presença de *Horriditriletes* sp. e *Cristatisporites* sp. (Infraturma Apiculati) indica proximidade da área fonte.

Esta amostra apresenta um percentual de COT de 0,32%. O Fi-COT é zero.

### 5.1.3 – Amostra PALINO 19

A amostra localiza-se a 167,80 m de profundidade e é composta por pelitos carbonosos (litofácies *Fr/C*, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 28, Anexo 4: A4x3), logo acima de depósitos centimétricos de pelitos cinza-esverdeados com muito cimento carbonático e paleoalterações (margas, litofácies *P*, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 28).

Na contagem para palinofácies, verificou-se que 100% da amostra é composta por fitoclastos (Figura 35). Neste percentual de fitoclastos, encontrou-se uma disparidade entre os opacos (96,2%) e os não opacos (3,8%). Os opacos se compõem, predominantemente por material corroído (64,3%), seguido por fitoclastos alongados (20,1%) e equidimensionais (11,8%). Os não opacos, embora pouco representativos, são compostos por material não bioestruturado sobre o bioestruturado, mesmo em frações muito pequenas. Dentre os primeiros, só os degradados foram encontrados (2,5%). Entre o material bioestruturado, encontraram-se fitoclastos listrados e bandados, somando-se juntos 1,2% da amostra. Não se encontraram cutículas e nem membranas.

Dos 49 exemplares de palinomorfos contabilizados verificou-se uma dominância dos esporos (81,8%) e, dentre estes, os pertencentes à Infraturma Laevigati (esporos lisos), com a presença de *Calamospora* sp., *Punctatisporites* sp. e *Laevigatosporites* sp. sobre as algas (18,2%) dos gêneros *Botryococcus*, *Quadrisporites* e *Tetraporina*, e nenhum grão de pólen associado (Figura 35).

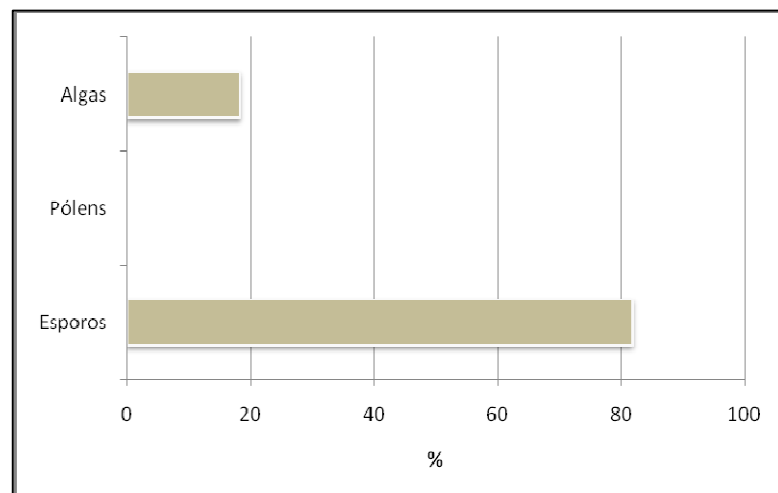


Figura 35 – Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 19.

Pela distribuição dos componentes do querogênio representados unicamente por fitoclastos, portanto refletindo uma natureza proximal, e pelo conteúdo palinológico (esporos e elementos algálicos), pode-se inferir que o paleoambiente é consistente com depósitos de pântanos ou mangues alimentados continuamente por uma fonte fluvial proximal. A presença dessa fonte fluvial é reforçada também pela presença de *Tetraporina* e *Quadrisporites*. A presença dominante de fitoclastos opacos corroídos e de algumas partículas não opacas e não bioestruturadas degradadas reforça a idéia de um paleoambiente em condições oxidantes, com flutuações da lâmina d'água com transporte e/ou remobilização do material sedimentar.

Esta amostra apresenta um percentual significativo de COT (2,15%). Este valor é compatível com um elevado teor de fitoclastos opacos (carbonosos). O Fi-COT é 2,15% evidenciando proximidade de um aporte fluvial ou da própria área fonte.

#### 5.1.4 – Amostra PALINO 17

A amostra localiza-se a 147,70 m e é composta por pelitos carbonosos que capeiam depósitos de fluxos turbulentos (litofácies *Fr/Gcm*, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 28, Anexo 4: A4x4).

Verificou-se que 94,5% da amostra são compostos por fitoclastos e 5,5% por palinomorfos (Figura 36a e b). Não se encontrou qualquer vestígio de matéria orgânica amorfa. Do percentual de fitoclastos, verificou-se uma disparidade entre os opacos (39%) e os não opacos (61%), compondo estes a grande maioria. Entre os não opacos, o material não bioestruturado (55,2%) domina sobre o bioestruturado (5,8%), com a presença única de fitoclastos degradados no material não bioestruturado (Figura 37a, b) e dos fitoclastos bandados e perfurados naqueles bioestruturados. Entre os opacos, observou-se que as partículas equidimensionais foram mais abundantes com 20,1%, logo seguidas por partículas alongadas (14%) e corroídas (4,9%). Não se constatou cutículas ou membranas.

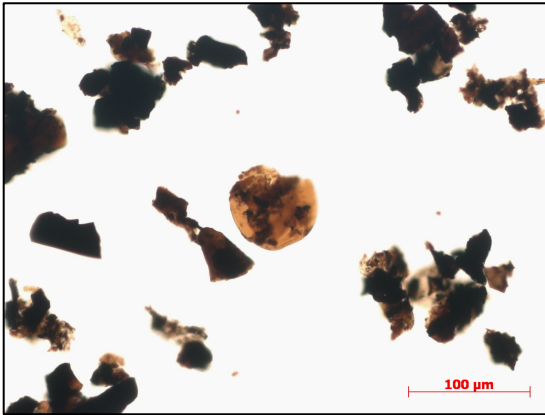


Figura 36a – Vista geral dos fitoclastos e palinomorfo (esporo) encontrados na amostra Palino 17 (20x).

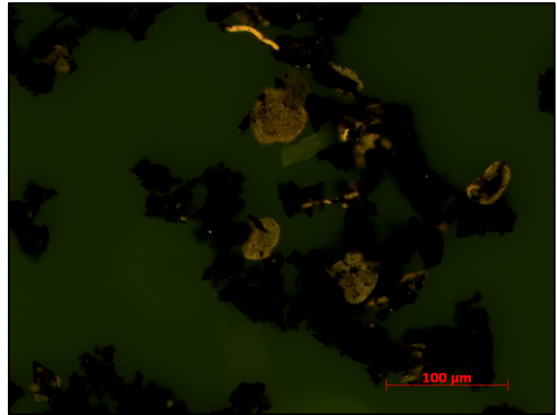


Figura 36b – Vista geral com fluorescência, dos fitoclastos e palinormorfos encontrados na amostra Palino 17 (20x).

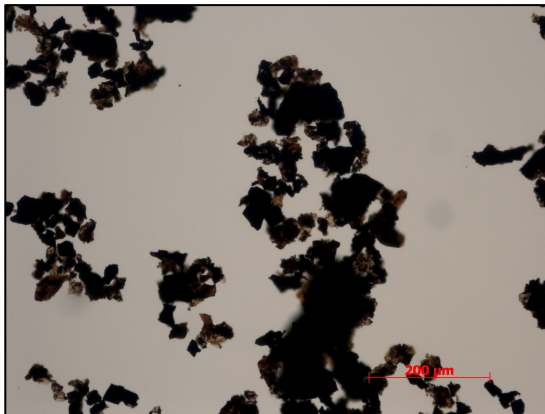


Figura 37a – Vista geral dos fitoclastos não bioestruturados e degradados encontrados na amostra Palino 17 (10x).

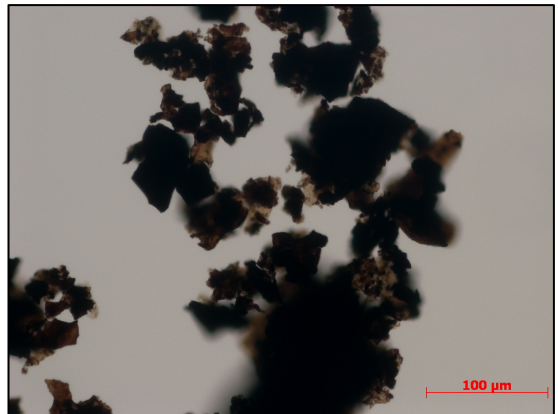


Figura 37b – Vista geral dos fitoclastos não bioestruturados e degradados encontrados na amostra Palino 17 (20x).

A análise seqüencial para palinormorfos mostrou uma absoluta dominância dos esporos (93,6%) sobre os grãos de pólen (5,5%) e uma única alga associada (0,9%) (Figura 38). Os esporos pertencem à Infraturma Cingulicavati (esporos cingulicavados), com a presença de *Lundbladispora* sp., *Krauselisporites* sp. e *Vallatisporites* sp., seguido pelos esporos da Infraturma Laevigati (lisos), com o registro da presença de *Leiotriletes* sp., *Calamospora* sp., *Punctatisporites* sp. e *Laevigatosporites* sp. As demais infraturmas são pouco representadas (Figura 39). Os grãos de pólen encontrados são monossacados de simetria radial (*Potonieisporites* sp. e *Caheniasaccites* sp.) e alguns exemplares de pólen bissacados.

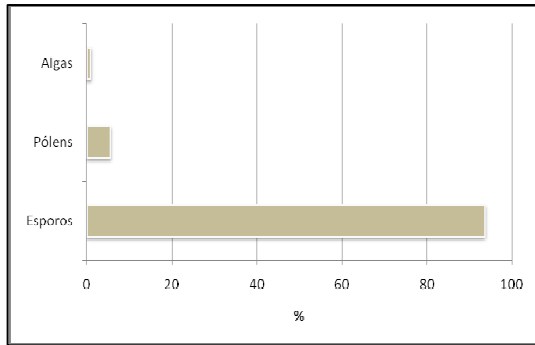


Figura 38 – Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 17.

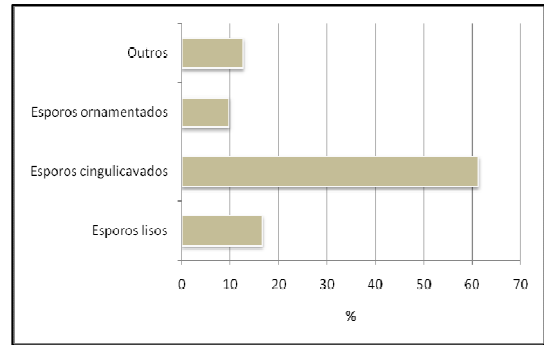


Figura 39 – Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 17.

O domínio de material não opaco sobre o opaco sugere depósitos proximais à área fonte e sujeito a condições de baixa energia. Tyson (1995) sugere que a transição de componentes lenhosos não opacos para fitoclastos opacos é um efeito que acontece posteriormente, possivelmente associado a transporte, e que por isso reflete um estágio de preservação. Na amostra Palino 17, encontrou-se, além disso, um percentual mais significativo de fitoclastos opacos equidimensionais sobre os alongados e corroídos, característicos de sedimentos proximais. A dominância de material não bioestruturado sobre bioestruturado também sugere proximidade da área fonte, já que com uma distância maior esse material, muito provavelmente, seria removido do sistema pela deposição seletiva ou degradação (Mendonça Filho & Menezes, 2001).

A dominância expressiva de *Lundbladispora* sp. e *Calamospora* sp. dentro das Infraturmas Cingulicavati e Laevigati, respectivamente, tal como se observa, reforça a idéia de deposição próxima à área fonte. O domínio de pteridófitas sempre indica uma deposição às margens de corpos de água (Tyson 1993, 1995). Segundo Buatois *et. al.* (2001a,b, 2007) os pelitos negros que contém a amostra estão associados a fluxos de turbulência que marcam um limite de seqüências na sucessão na escala de 5ª ou 6ª ordem. Portanto, com as observações da matéria orgânica total e análise palinológica e as informações prévias, conclui-se que esses pelitos que compõem a amostra representariam a fase final desses fluxos, formando corpos de águas marginais, onde a matéria orgânica estaria sujeita a níveis baixos de oxidação e transporte.

Esta amostra, associada a fluxos turbulentos (Tabela 6, Figura 28), apresenta um alto percentual de COT (12,1%). Pode-se inferir que o que está sendo carregado são os sedimentos pelíticos carbonosos das turfeiras e/ou o próprio carvão, em suspensão. O percentual de Fi-COT é de 11,43%.

### 5.1.5 – Amostra PALINO 05

A amostra localiza-se a 128,60 m e é composta por pelitos negros bioturbados (suíte Cr, Bi5) intercalados a arenitos finos com laminação cruzada por ondas e laminação ondulada (litofácies *Sw/Swy/Fb*, associação de fácies MRd, Tabela 6, Figura 28, Anexo 4: A4x5).

Verificou-se que 77,7% da amostra são compostos por fitoclastos e 22,3% por palinomorfos (Figura 40). Do percentual de fitoclastos, verificou-se uma disparidade entre os não opacos e os opacos, estes últimos compondo a grande maioria com um percentual de 71,7%. Entre as subdivisões dos opacos encontrou-se a dominância de partículas alongadas sobre as demais (37,5%). Entre os não opacos, o material bioestruturado domina com 15% da amostra sobre o não bioestruturado (7,5%), sendo os primeiros compostos por materiais bandados (Figura 41), perfurados (Figura 42), listrados (Figura 43) e estriados. Entre o material não bioestruturado, há certo equilíbrio entre os materiais orgânicos não degradados (7,5%) (Figura 44) e membranas (5,8%).

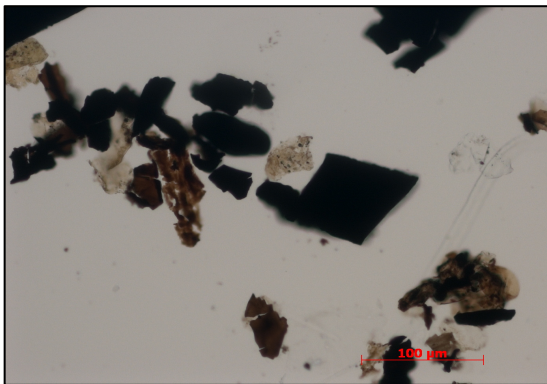


Figura 40 – Vista geral dos fitoclastos opacos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 05 (20x).

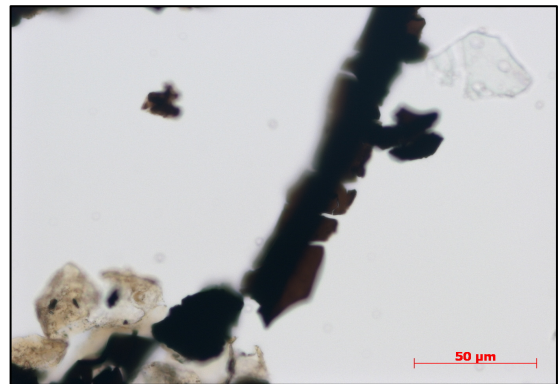


Figura 41 – Fitoclasto não opaco bioestruturado bandado encontrado na amostra Palino 05 (40x).

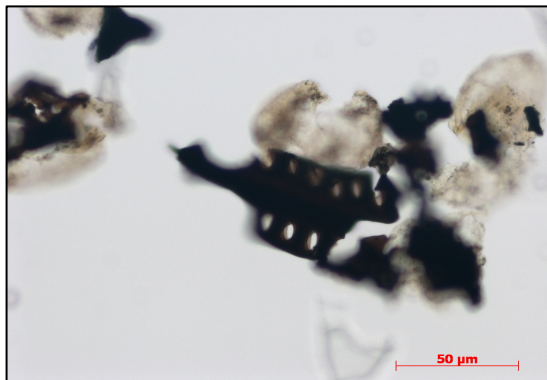


Figura 42 – Fitoclasto não opaco bioestruturado perfurado encontrado na amostra Palino 05 (40x).

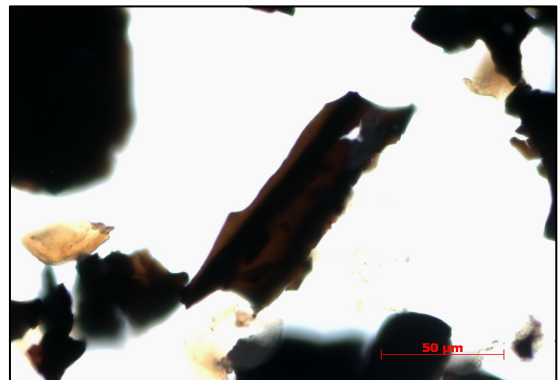


Figura 43 – Fitoclasto não opaco bioestruturado listrado encontrado na amostra Palino 05 (40x).



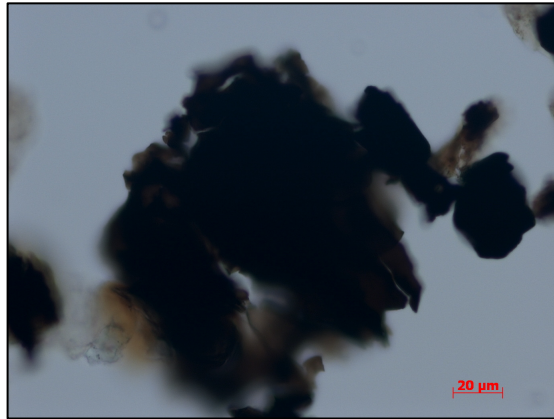


Figura 44 – Fitoclasto não opaco não bioestruturado degradado encontrado na amostra Palino 05 (40x).

Na análise de palinomorfos, verificou-se uma dominância de grãos de pólen (54,7%) sobre esporos (43,3%) e algas (2%) (Figura 45). Os grãos de pólen são representados por quase todos os grupos de palinomorfos (Figura 46), a exceção dos monocolporados, demonstrando uma assembléia diversificada. Dominam os bissacados não teniados, e, dentre estes, *Pteruchipollenites* sp. Entre os bissacados teniados, dominam *Colpisaccites* sp. e *Striatopodocarpites* sp. Os esporos são representados em sua maioria pelas Infraturmas Apiculati (ornamentados), Laevigati (lisos) e Cingulicavati (cingulados). As demais infraturmas têm pouca representação percentual (Figura 47). *Verrucosisporites* sp. e *Cyclogranisporites* sp. dominam sobre os demais.

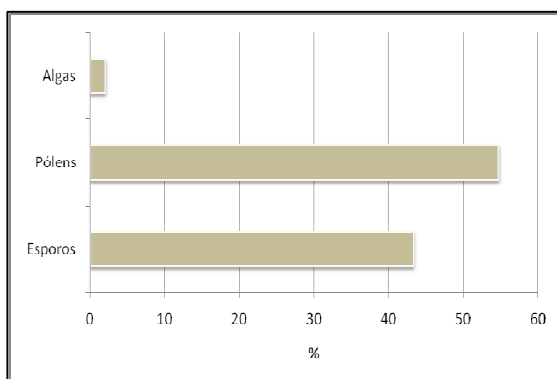


Figura 45 – Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 05.

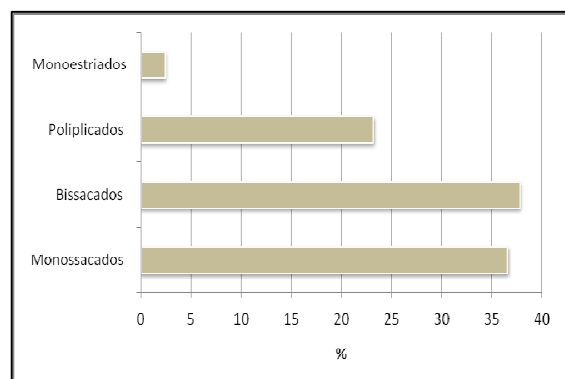


Figura 46 – Dominância dos grupos de grãos de pólen da amostra Palino 05.



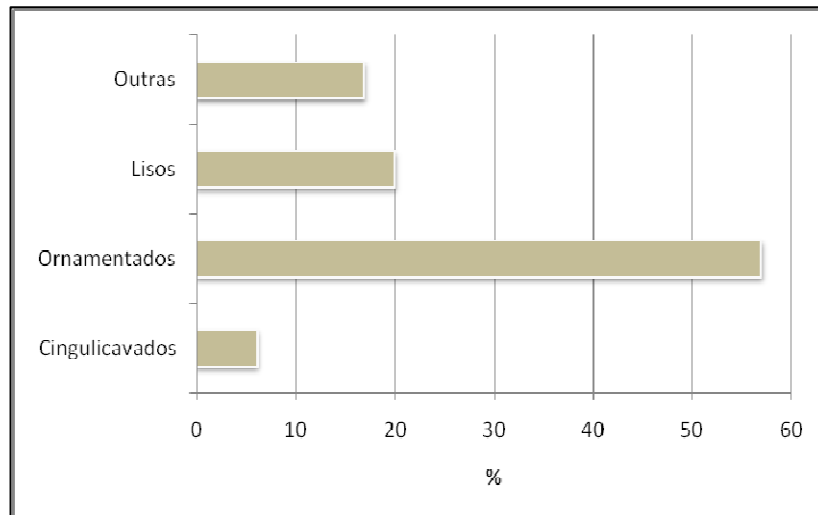


Figura 47 – Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 05.

Na análise do material orgânico e palinomorfos constatou-se a dominância de fitoclastos opacos alongados e de grãos de pólen, que aparecem mais abundantes pela primeira vez na sucessão sedimentar, sobre os esporos. Estes indícios remetem a condições de transporte associado, já que os opacos alongados são altamente flutuantes e os grãos de pólen, além de também ter essa característica, são facilmente transportados podendo dispersar-se a longas distâncias. A biodinâmica do transporte dos grãos de pólen de zonas mais altas para mais baixas é dada, segundo Traverse (1988), pelas características físicas da exina, já que compõem grãos mais leves e mais apropriados a serem difundidos pelas correntes aéreas, a lugares mais distantes (Figura 48).

Entretanto, mesmo em menor número, existem muitos esporos associados e destes muitos ornamentados com uma diversidade expressiva, indicando uma proximidade com a fonte ativa desses componentes, o que sugere um ambiente proximal, mas raso, proximal da área fonte. Essa mudança no padrão verificado nas amostras anteriores coincide com a presença da suíte de traços fósseis **Cr** nesse intervalo, também indicativa de ambiente marinho raso, plataformar (transição *shoreface* inferior-*offshore* a *offshore* superior), de moderada a baixa energia. Portanto, o paleoambiente sugerido seria concordante com a interpretação paleoicnológica.

Esta amostra apresenta um percentual de COT de 0,52%, concordante com uma amostra localizada em fácies plataformar. O Fi-COT é 0,40%.

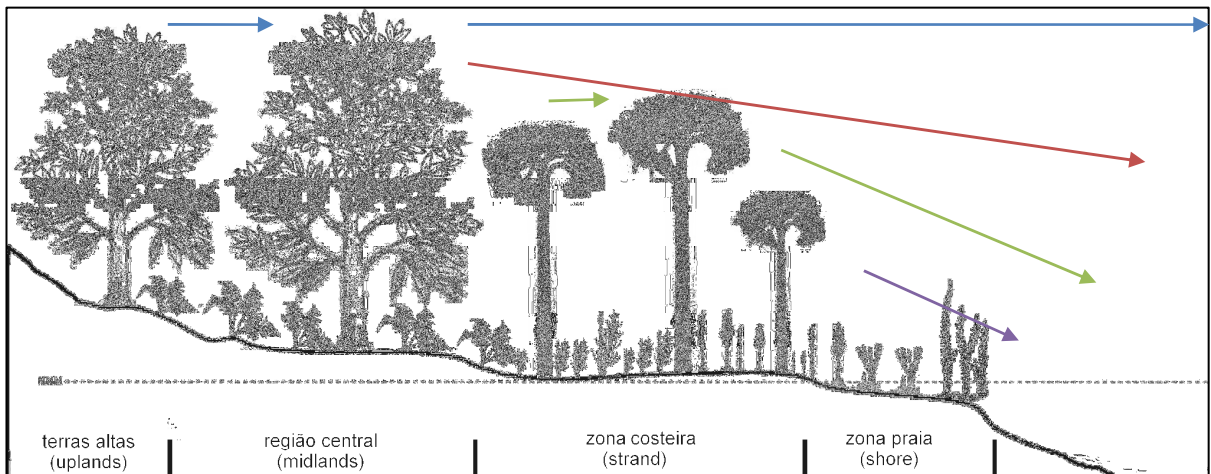


Figura 48 – Aerodinâmica do transporte dos grãos de pólen em forma de 'chuva polínica' para maiores distâncias, característica de zonas mais altas para zonas mais baixas (modificado de Traverse 1988).

### 5.1.6 – Amostra PALINO 08

A amostra localiza-se a 120,5 m e é composta por pelitos negros carbonosos bioturbados (suíte **Cr**, Bi5) intercalados a arenitos finos com laminação cruzada por ondas e laminação ondulada (litofácies *Sw/Swy/Fb*, associação de fácies MRd, Tabela 6, Figura 28, Anexo 4: A4x6).

Verificou-se que 52,8% da amostra total são compostos por fitoclastos e 47,2% por palinómorfos (Figuras 49a-b) e deste último percentual, 30,7% são de algas do gênero *Botryococcus* (Figuras 50a-b). Do percentual de fitoclastos, verificou-se uma disparidade entre os não opacos e os opacos, que são a grande maioria (96,9%). As partículas opacas alongadas (Figura 51) são mais abundantes (58,3%), seguidas por aquelas corroídas e equidimensionais. Observa-se que, entre os não opacos, o material não bioestruturado se faz presente com um percentual ínfimo de partículas degradadas (3,1%). Foram encontrados cinco exemplares de fitoclastos bioestruturados.

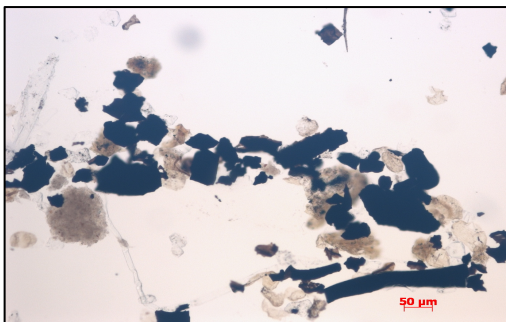


Figura 49a – Vista geral dos fitoclastos opacos, não opacos e palinómorfos encontrados na amostra Palino 08 (10x).

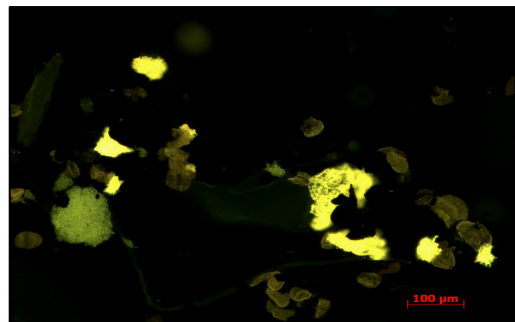


Figura 49b – Vista geral com fluorescência dos fitoclastos opacos, não opacos e palinómorfos encontrados na amostra Palino 08 (10x).

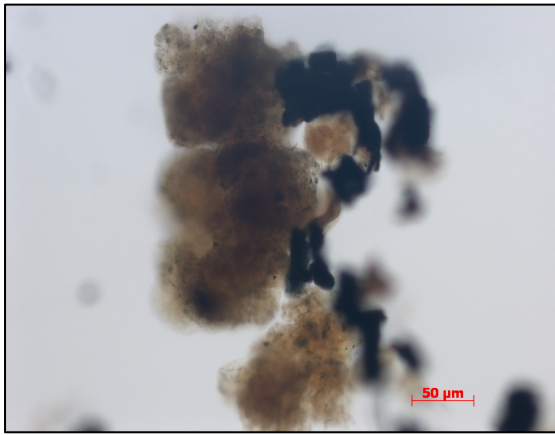


Figura 50a – *Botryococcus braunii* encontrados na amostra Palino 08 (20x).

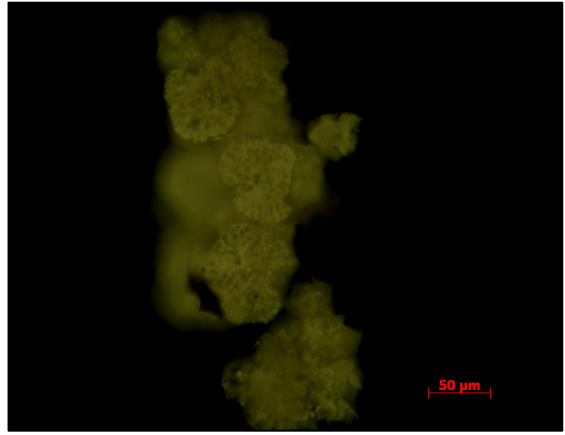


Figura 50b – *Botryococcus braunii* encontrados na amostra Palino 08, fotografados com fluorescência (20x).

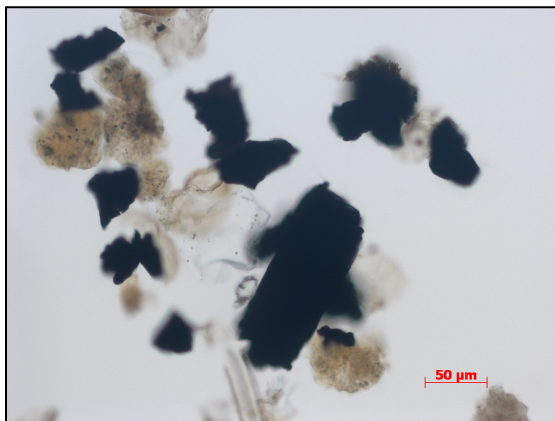


Figura 51 – Fitoclasto opaco alongado encontrado na amostra Palino 08 (20x).

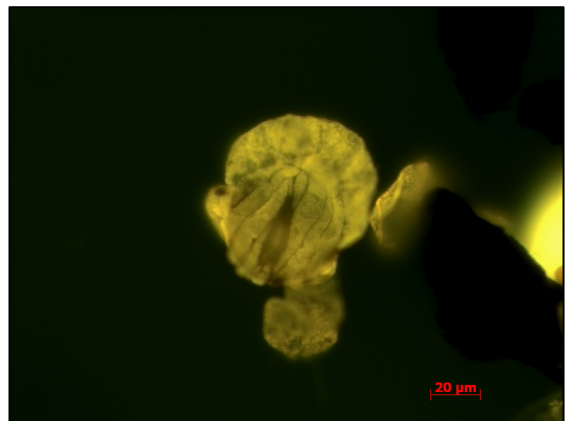


Figura 52 – Pólen bissacado encontrado na amostra Palino 08 visto com fluorescência (40x).

Entre os palinomorfos verificou-se uma dominância absoluta de grãos de pólen (71,6%) (Figura 52) sobre esporos (20,5%) e algas (7,9%) (Figura 53). Os grãos de pólen são representados por todos os grupos (Figura 54), a exceção dos monocolporados, tal como o verificado na amostra Palino 05 (imediatamente anterior), demonstrando igualmente uma assembléia diversificada. Entre os grãos de pólen, dominam o grupo dos bissacados estriados (*Vittatina* sp.) e o grupo dos bissacados teniados (*Striatopodocarpites* sp., *Lueckisporites* sp. e *Protohaploxylinus*). Os demais grupos são preferencialmente representados por *Potonieisporites* sp. (monossacado), *Pteruchipollenites* sp. (bissacado não teniado) e *Fusacolpites* sp. (monoestriados). Os esporos, com pouca representatividade no contexto da amostra, são compostos em sua maioria pelas Infraturmas Apiculati (*Cyclogranisporites* sp.), Laevigati (*Calamospora* sp.) e Cingulicavati (*Lundbladisporea* sp. e *Vallatisporites* sp.). As demais infraturmas têm pouca representação percentual (Figura 55).

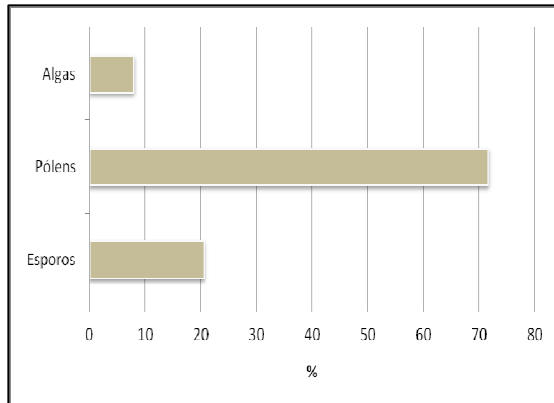


Figura 53 – Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 08.

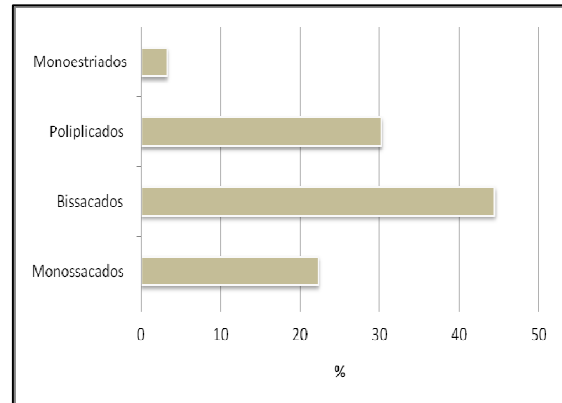


Figura 54 – Dominância dos bissacados entre os grupos de grãos de pólen da amostra Palino 08.

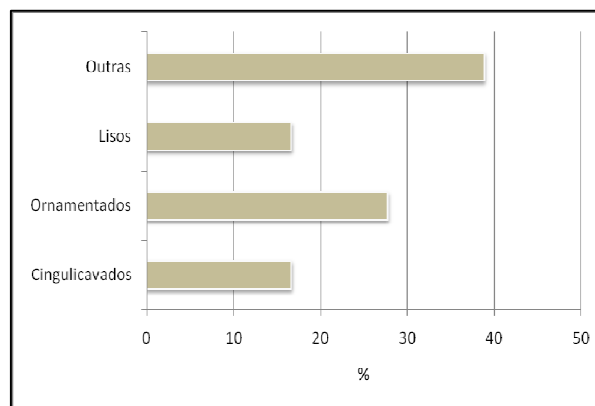


Figura 55 – Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 08.

O grupo algálico é composto em sua maioria por colônias de *Botryococcus braunii* e *Portalites*. Essas colônias, encontradas também no testemunho IC-03-RS, em amostragem semelhante, sugerem salinidade da água mais baixa em um corpo de água bastante calmo e raso, única situação tafonômica passível de preservar colônias bentônicas intactas (Brenner & Foster 1994).

Portanto, dada a situação encontrada na distribuição dos esporomorfos e na análise da matéria orgânica total, conclui-se que o paleoambiente no qual se depositou esta amostra revela uma seqüência daquele encontrado na amostra imediatamente anterior (Palino 05), indicativo de ambiente marinho raso, plataformar (*offshore* a *offshore* superior), de moderada a baixa energia, acrescido de a informação conter indícios de salinidade abaixo do normal no sistema, pela presença de colônias de *Botryococcus* (ver Figuras 1 e 2, Estampa 8, Anexo 2).

Esta amostra apresenta um percentual de COT de 0,45%, igualmente concordante com uma amostra de fácies marinha em *offshore*. O Fi-COT é 0,24%.

## 5.2 – Testemunho de sondagem IC-44-RS

O testemunho IC-44-RS localiza-se na porção sudoeste da seção estudada, entre os poços IC-07-RS e IC-03-RS. Nesse ponto, a sucessão sedimentar mostra uma dominância das fácies marginais marinhas e marinhas rasas de alta energia sobre as fácies continentais.

### 5.2.1 – Amostra PALINO 13

A amostra localiza-se a 190,70 m de profundidade e é composta por pelitos carbonosos, sem bioturbação. Estes depósitos se assentam sobre depósitos de canais estuarinos contendo icnofábricas de *Thalassinoides* pequenos e achatados e *Planolites* (suíte **Crd**, BI4) e rizobioturbação no topo (litofácies C, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 56, Anexo 4: A4x7).

Os fitoclastos são os componentes dominantes do querogênio, com 86,6% e os palinomorfos compõem 13,4% do percentual restante. Entre os fitoclastos, são componentes dominantes os opacos, com 71,9%, seguindo a tendência encontrada nas amostras do testemunho IC-07-RS, anteriormente analisadas. Estes opacos são preferencialmente alongados (34,9%), seguidos por corroídos (23,6%) e equidimensionais (13,4%). Dentre os fitoclastos não opacos, encontraram-se somente aqueles não bioestruturados degradados (28,1%).

Com ampla dominância sobre pólenes e algas (Figura 57), os esporos (94,7%) são representados por praticamente todas as infraturmas descritas, a exceção das Infraturmas Retusotrileti, Cingulati e Monopseudosacciti (Figura 58). Verificou-se a dominância de *Calamospora* sp. e *Punctatisporites* sp. (Infraturma Laevigati), *Cyclogranisporites* sp. e *Horriditriletes* sp. (Infraturma Apiculati), que correspondem a 81,97% de todos os esporomorfos encontrados.

Legenda dos Perfis

IC-44-RS

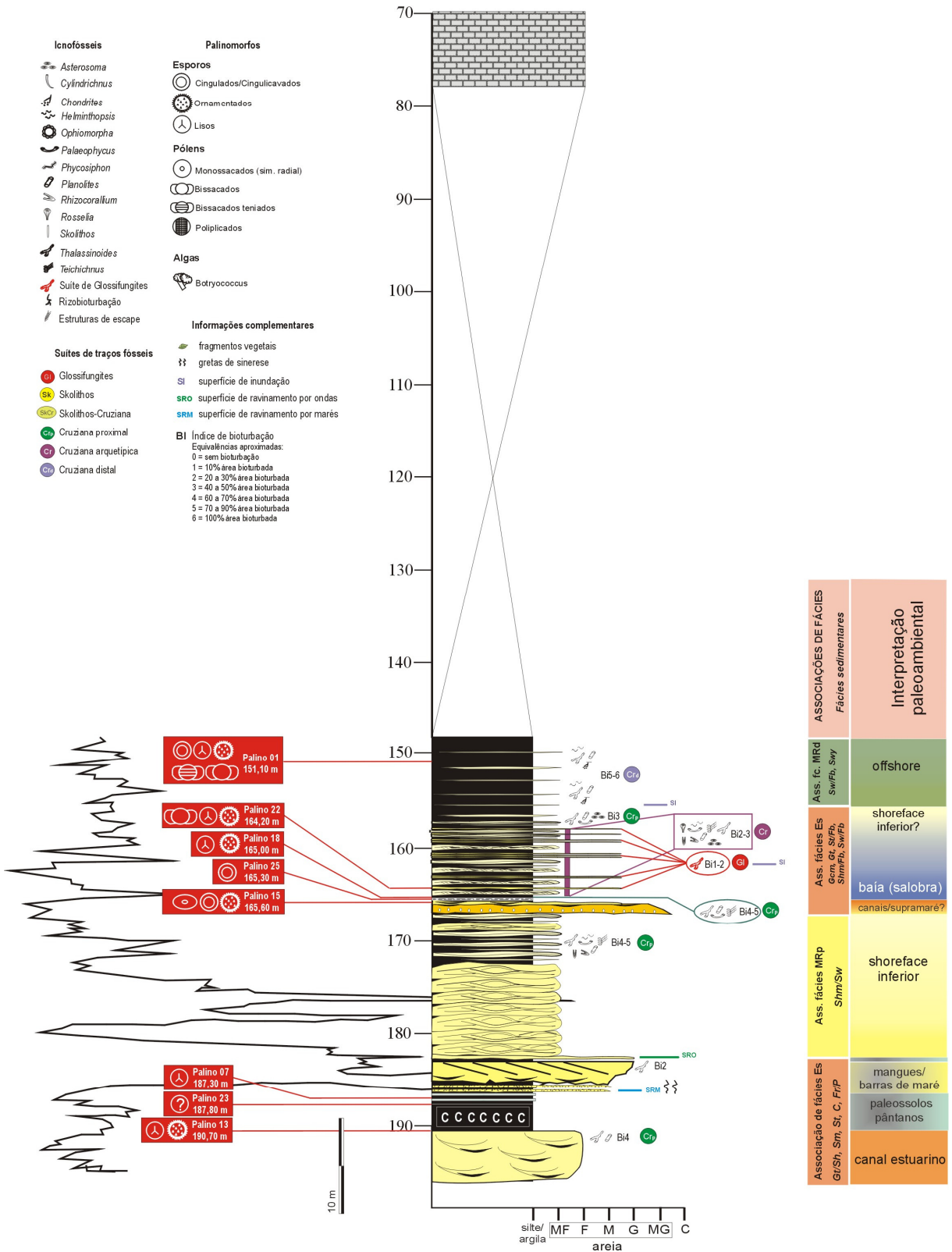


Figura 56 – Perfil IC-44-RS para localização e conteúdo palinológico das amostras e suas respectivas interpretações paleoambientais baseadas nos dados paleoicnológicos de Buatois (2001a,b,c).



*Convolutispora* sp., *Lundbladispota* sp. e *Psomospora* sp. também foram analisados em percentual bem menos significativo, somando, juntos, 4,96% do total de esporos. Os grãos de pólen (4,7% dos palinomorfos) caracterizam-se pela dominância de grãos monossacados (75%) sobre bissacados (12,5%) e monocolporados (12,5%) (Figura 59). Dentre os grãos de pólen, *Potonieisporites* sp. é o táxon mais bem representado dessa amostra. A presença de algas (0,6%) restringe-se a *Quadrisporites* sp.

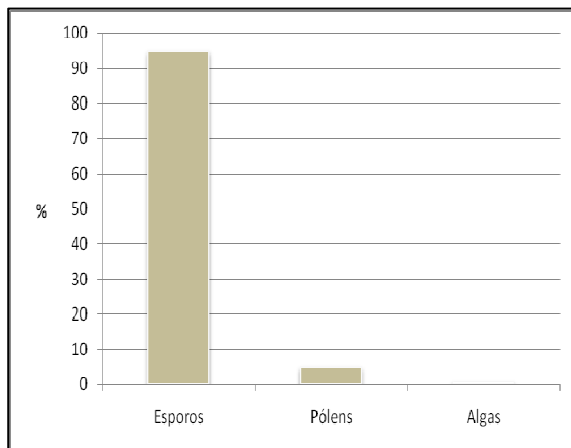


Figura 57 – Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 13.

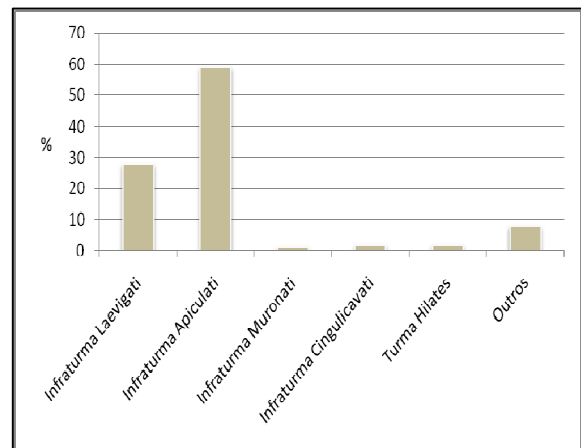


Figura 58 – Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 13.

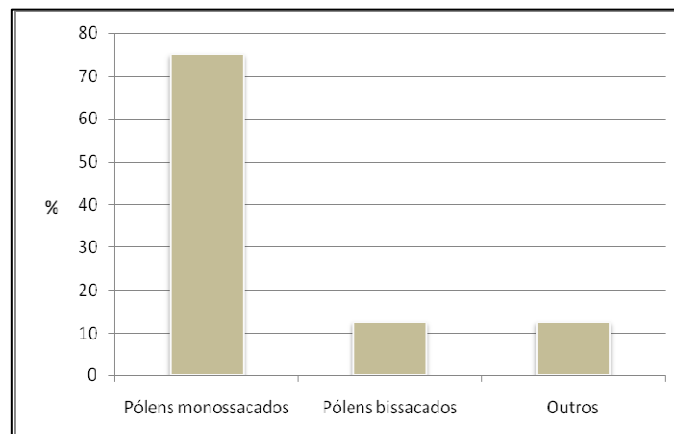


Figura 59 – Dominância dos monossacados sobre os demais grupos de grãos de pólen da amostra Palino 13.

A alta diversidade de esporos indica proximidade com a área fonte, com pouco ou nenhum transporte associado. Essa idéia de tendência proximal é reforçada pela razão do total de esporos *versus* grãos de pólen e também pela dominância de esporos lisos (*Infraturma Laevigati*) e complexos (*Infraturma Apiculati*) sobre as demais *Infraturmas*.

Entretanto, o predomínio de fitoclastos opacos alongados, com boa representação de partículas corroídas e equidimensionais, sobre os não opacos, refletem uma situação de possível exposição da matéria orgânica a níveis de oxidação, envolvendo transporte das partículas mais flutuantes (alongadas). Essas características são compatíveis com flutuações da coluna d'água e geração de níveis de carvão, com as matérias orgânicas sendo continuamente adicionadas no sistema, indicando proximidade de fontes terrestres.

Esta amostra apresenta um alto percentual de COT (11,7%). Este valor é compatível com uma quantidade absoluta de aporte de material lenhoso (opacos são mais carbonosos) relacionado à presença de carvão. O Fi-COT é 10,13%.

### 5.2.2 – Amostra PALINO 23

A amostra localiza-se a 187,80 m de profundidade e é composta por pelitos carbonosos associados a carvão e margas brechosas, sem bioturbação (litofácies *Fr/C*, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 56, Anexo 4: A4x8).

Na metodologia para palinofácies não foi encontrada nenhuma matéria orgânica. Na segunda metodologia, com objetivo sistemático, conseguiu-se verificar 18 palinomorfos dispersos no querogênio, sendo 14 indistintos, duas algas e dois esporos (*Cyclogranisporites* sp.).

Esta amostra apresenta um percentual de COT de 0,26%, portanto coerente com um paleossolo, como no caso da presente amostra. O Fi-COT é zero.

### 5.2.3 – Amostra PALINO 07

A amostra localiza-se de 187,30 m de profundidade e é composta por pelitos carbonosos, sem bioturbação, capeados por superfície de ravinamento por marés (litofácies *Fr/C*, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 56, Anexo 4: A4x9).

Essa amostra não foi usada para análise de palinofácies por falta de material a ser processado.

Para a análise sistemática, verificou-se que apesar de escasso quantitativamente no querogênio, 76,2% são esporos, 14,3% correspondem a grãos de pólen e 9,5% correspondem a algas (Figura 60). Dentre os esporos encontrados, verificou-se a presença das Infraturmas Laevigati (gêneros *Leiotriletes* sp., *Calamospora* sp., e



(*Punctatisporites* sp.), Apiculati (*Cyclogranisporites* sp. e *Horriditriletes* sp.), Muronati (*Convolutispora* sp.) e Cingulicavati (*Lundbladispota* sp.) (Figura 61). Entre os grãos de pólen, verificou-se a presença de monossacados de simetria bilateral (*Potonieisporites* sp.) e de bissacados teniados (*Striatopodocarpites* sp.).

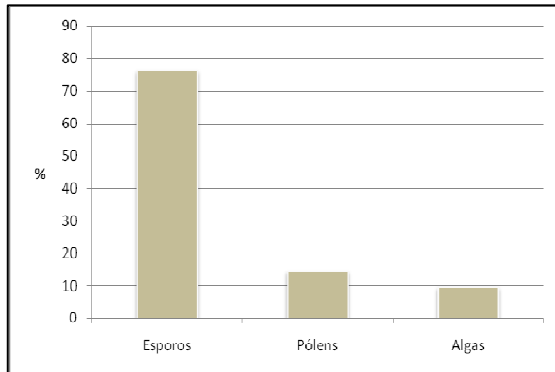


Figura 60 - Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 07.

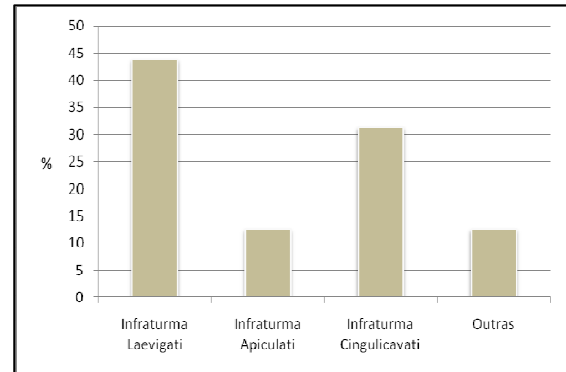


Figura 61 – Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 07.

Mesmo com a pouca representatividade quantitativa dos palinomorfos, pode-se inferir algumas considerações sobre os componentes do querogênio. A tendência proximal da área fonte é verificada nos maiores percentuais de esporos sobre grãos de pólen, boa diversidade dos esporomorfos e na presença, ainda que discreta, de *Botryococcus braunii*.

Por conter poucos dados para análise, e por não existir qualquer indício palinológico que refute a caracterização da análise integrada da sedimentologia e de paleoicnologia desses depósitos, optou-se por assumir o paleoambiente proposto por essas duas áreas, o que significa uma paleoambiente de mangue ou pântano.

Esta amostra não foi testada para geoquímica orgânica.

#### 5.2.4 – Amostra PALINO 15

A amostra localiza-se a 165,60 m de profundidade e é composta por pelitos negros carbonosos situados logo abaixo de depósitos de paraconglomerados extraformacionais de matriz pelítica carbonosa, conhecidos localmente como "pedra-areia". Esses pelitos se assentam sobre arenitos grossos a médios não bioturbados, depositados em canais de marés (litofácies *Fb*, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 56, Anexo 4: A4x15).

Caracteriza-se pela dominância de fitoclastos (83,5%) sobre matéria orgânica amorfa (1%) e palinomorfos (15,6%) (Figuras 62a-b). Entre o percentual de palinomorfos encontrou-se uma pequena fração de algas *Botryococcus braunii* (Figuras 63a-b). Do percentual de fitoclastos, observou-se que os opacos representam 100% das partículas encontradas e dentre este grupo, verificou-se a dominância de fitoclastos alongados (50,57%) sobre corroídos (35,36%) e equidimensionais (14,07%).

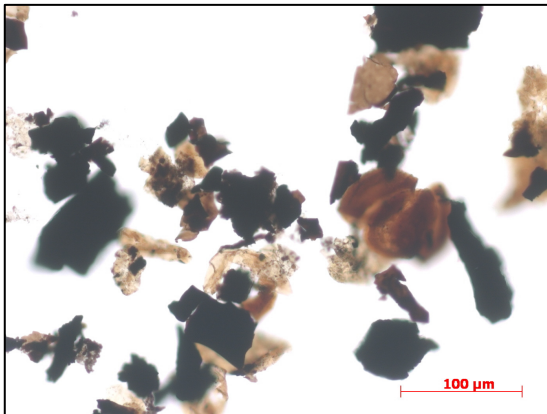


Figura 62a - Vista geral dos fitoclastos opacos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 15 (20x).

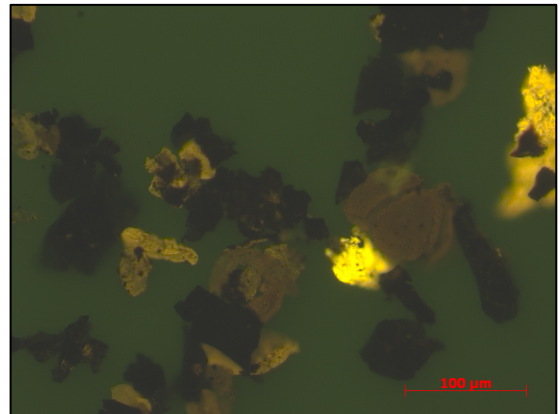


Figura 62b - Vista geral com fluorescência dos fitoclastos opacos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 15 (20x).

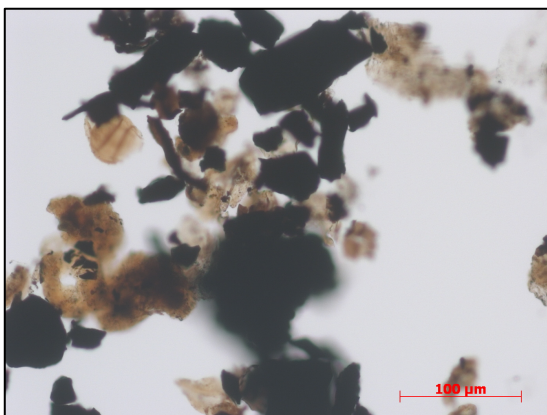


Figura 63a - Fitoclastos e palinomorfos com a presença de *Botryococcus braunii*, encontrados na amostra Palino 15 (20x).

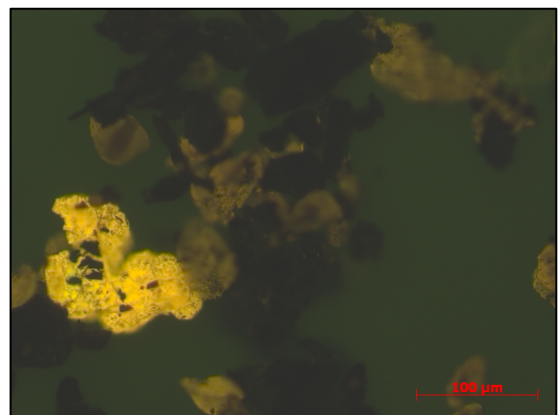


Figura 63b - Fitoclastos e palinomorfos com a presença de *Botryococcus braunii*, fotografados com fluorescência, encontrados na amostra Palino 15 (20x).

No estudo específico de palinomorfos, observou-se uma dominância de esporos (76,7%) sobre os grãos de pólen (23,3%). Algas e afins não foram encontradas, uma vez que não foi usada fluorescência nessa etapa e o estado de degradação que elas se encontram só seria possível identificá-las com este artifício (Figuras 63a-b). Os esporos são representados, em sua maioria, pelas Infraturmas Laevigati (*Calamospora* sp. e *Punctatisporites* sp.), Apiculati (*Cyclogranisporites* sp.) e Cingulicavati (*Lundbladispora* sp.).

Essas três infraturmas compõem 78,79% dos esporos analisados, muito embora *Reticulatisporites* sp. (Infraturma Cingulati) também tenha sido verificado com ínfima representação (1,5% do total de esporos). Os grãos de pólen, responsáveis por 23,3% dos palinomorfos da amostra, são compostos, preferencialmente, por pólen monossacados de simetria bilateral (*Potonieisporites* sp. e *Caheniasaccites* sp.), pólen bissacados teniados (*Protohaploxypinus* sp.) e pólen poliplicados (*Vittatina* sp. e *Striomonosaccites* sp.).

A presença de esporos sobre grãos de pólen sugere uma tendência de deposição em ambiente proximal à área fonte. O baixo percentual de algas e o alto percentual de palinomorfos indeterminados (mais de 50% daqueles encontrados) sugerem ocasionais exposições dos depósitos. Isso acarretaria períodos de intensa oxidação, corroborado pela presença única de opacos, com dominância de alongados, que são caracteristicamente o resultado da quebra de partículas maiores (Whitaker *et al.* 1992), mais resistentes a degradação e flutuantes. Buatois *et al.* (2001a,b, 2007) classificaram esses depósitos não de forma definitiva, como canais/supramaré, o que remete a um ambiente que comporta fluxos de correntes de maré. Estes fluxos podem ser responsáveis pela destruição da maioria dos elementos algálicos e de alguns dos palinomorfos encontrados, bem como ter causado os níveis intensos de oxidação no sistema, com transporte das partículas em condições de acompanharem o fluxo das correntes.

Esta amostra apresenta um percentual de COT de 1,05%. Este valor é compatível com uma amostra que se caracterize por conter matéria orgânica terrestre variavelmente oxidada, como o demonstrado acima. O Fi-COT é 0,88%.

#### 5.2.5 - Amostra PALINO 25

A amostra localiza-se a 165,30 m de profundidade e é composta por pelitos negros que compõem a matriz do paraconglomerado da litofácies **Gcm** (fluxo turbulento, associação de fácies Es, Tabela 9, Figura 56, Anexo 4: A4x11).

Verificou-se que 94,8% da amostra são compostos por fitoclastos e 5,2% por palinomorfos (Figuras 64 e 65). Do percentual de fitoclastos, observou-se que quase 63,7% são compostos por não opacos e destes, foram encontrados somente aqueles não bioestruturados degradados (Figura 66). Os opacos são representados por 36,3% dos fitoclastos e, destes, a dominância é de 20,1% de partículas corroídas, 13,1% são alongados e 3% são equidimensionais (Figura 67).

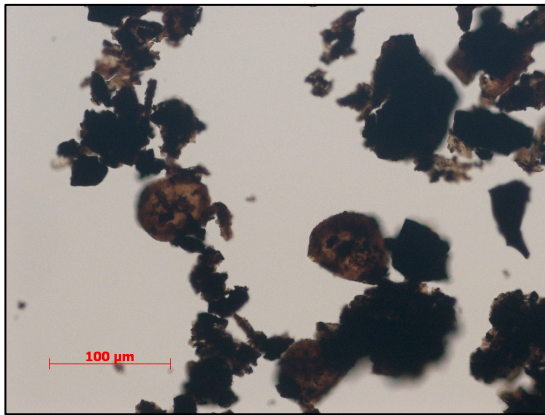


Figura 64 - Vista geral dos fitoclastos e palinórfos encontrados na amostra Palino 25 (20x).

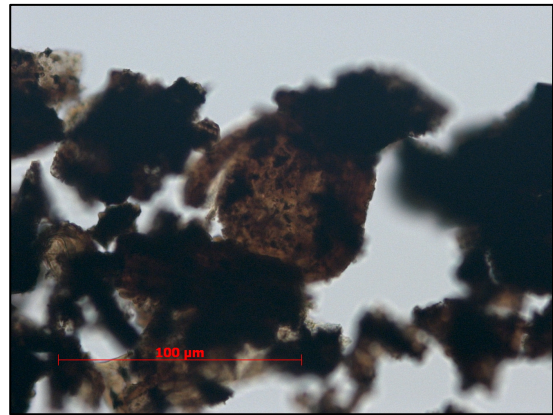


Figura 65 – Esporo degradado encontrado na amostra Palino 25 (40x).

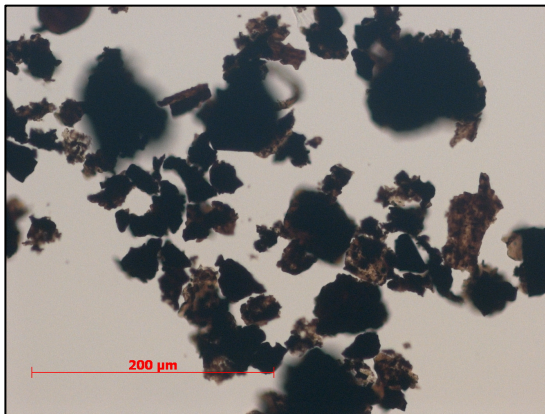


Figura 66 – Fitoclastos não opacos degradados e opacos corroídos, encontrados na amostra Palino 25 (20x).

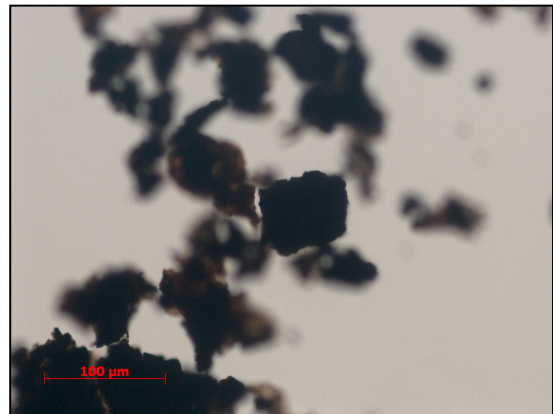


Figura 67 – Fitoclasto opaco equidimensional (no centro), pertencente à amostra Palino 25 (20x).

Os palinórfos observados na amostra foram encontrados em pequeno número. Mesmo assim, dada à qualidade do material na lâmina, dos 19 exemplares encontrados somente 10 puderam ser classificados. O que se observou é que todos eram esporos, possivelmente pertencentes ao gênero *Lundbladispora* sp. Nenhum exemplar de grão de pólen ou de alga foi detectado.

Tyson (1995) sugere que a transição dos fitoclastos não opacos para os opacos dá-se antes das partículas entrarem no sistema marinho, durante o processo de transporte. Muito embora a análise das amostras descritas anteriormente sugira uma evolução gradual das fácies de ambientes mais continentalizados para aqueles com alguma influência marinha, a presença dominante de fitoclastos não opacos degradados e opacos corroídos, juntamente com esporórfos indeterminados, remete a uma situação oposta a progressão encontrada nas amostras anteriores. A amostra localiza-se sobre os depósitos localmente conhecidos como "pedra-areia" que compõem a litofácies de paraconglomerados de matriz pelítica carbonosa (Gmc, Tabela 6), caracterizando fluxos laminares gravitacionais. A

entrada desse fluxo determina um contexto deposicional novo na sucessão estudada, corroborado pela mudança no padrão de icnofábricas, antes já mostrando uma assinatura mais marinha e, após esse evento, indicando condições de significativa restrição de salinidade e oxigenação em ambiente mais proximal do que a amostra anterior (Buatois *et al.*, 2001a,b, 2007, Gandini *et al.* 2007 e Gandini 2008).

Esta amostra apresenta um alto percentual de COT (11,7%). Este valor é compatível com uma quantidade absoluta de aporte de fitoclastos, corroborando com a análise feita acima. O Fi-COT é de 11,09%.

#### 5.2.6 – Amostra PALINO 18

A amostra localiza-se a 165,00 m de profundidade e é composta por pelitos negros carbonosos bioturbados (suite **Crd**, Bi4-5), contendo icnofábrica de *Thalassinoides* achatados, *Planolites*, *Palaeophycus* e *Teichichnus* pequenos, assentados diretamente sobre o paraconglomerado anterior (litofácies **Fb**, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 56, Anexo 4: A4x12).

Os fitoclastos são responsáveis por 50,5% da amostra, seguidos por uma alta percentagem de palinomorfos (49,5%) (Figura 68 e 69). Dentre os fitoclastos, as formas opacas (65%) dominam sobre as não opacas (35%) (Figura 70). Os opacos são representados por sua maioria de fitoclastos alongados (quase 32,5%) sobre os equidimensionais e corroídos (Figura 71). Os não opacos são representados, quase em situação de igualdade, por bioestruturados (17,2%) e não bioestruturados (17,8%). Os primeiros têm representação de partículas predominantemente bandadas (14,1%), seguidas por listradas (2,5%) e perfuradas (0,6%) (Figura 72 e 73) e os segundos por fitoclastos não bioestruturados degradados (12,3%) e não degradados (5,5%).



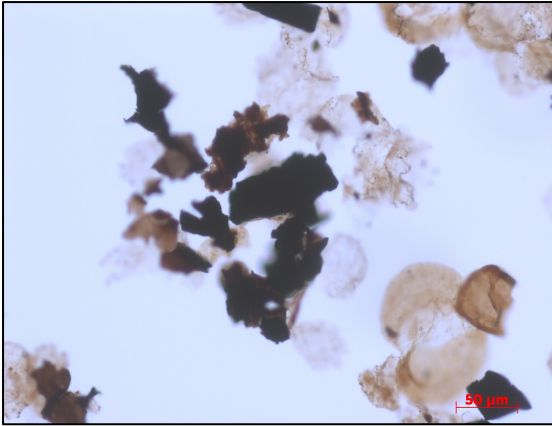


Figura 68 - Vista geral dos fitoclastos e palinórfos encontrados na amostra Palino 18 (20x).

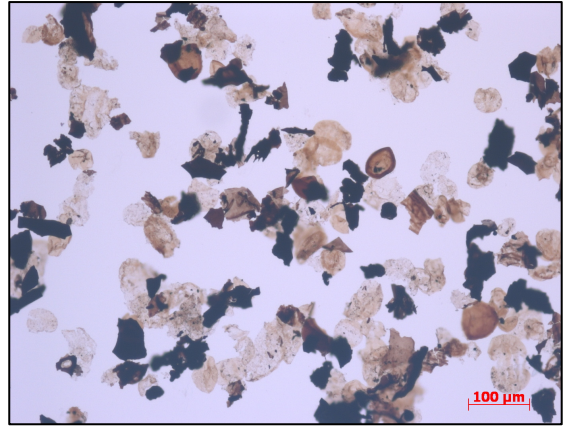


Figura 69 – Fitoclastos, esporos e pólenes monossacados e bissacados encontrados na amostra Palino 18 (10x).

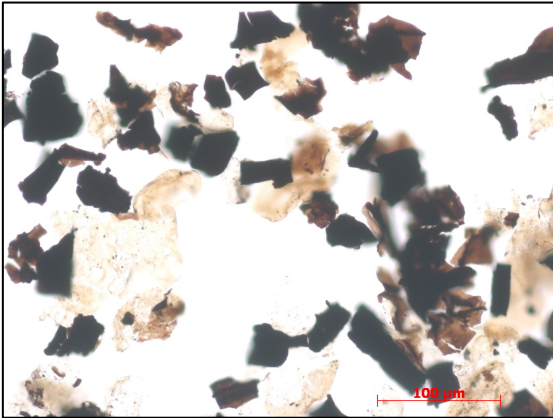


Figura 70 – Fitoclastos opacos e não opacos encontrados na amostra Palino 18 (20x).

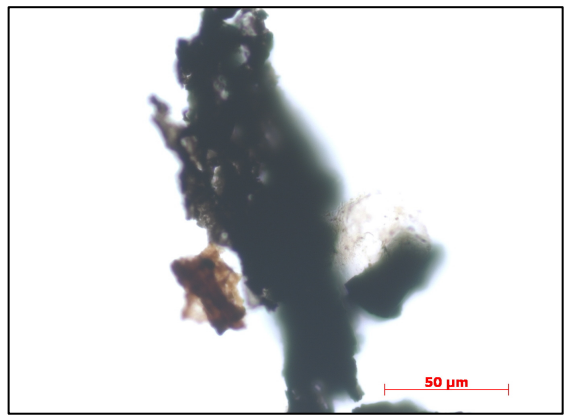


Figura 71 – Fitoclasto opaco corroído, pertencente à amostra Palino 18 (20x).



Figura 72 – Fitoclastos não opacos listrados, pertencentes à amostra Palino 18 (20x).



Figura 73 – Fitoclastos não opacos perfurados e listrados, pertencentes à amostra Palino 18 (20x).

Entre os palinórfos predominam esporos (65,3%) sobre grãos de pólen (34,7%). Algas não foram encontradas, nem em frações mínimas (Figura 74). Os esporos são representados por quase todas as infraturmas descritas nesse trabalho, à exceção das

Infraturmas Retusotrileti e Cingulati e da Turma Hilates, caracterizando uma alta diversidade na distribuição dos esporomorfos. As quatro infraturmas dominantes na amostra são Laevigati, Apiculati, Cingulicavati e Monopseudosacciti, representando, em sua soma, 89,9% de todos os esporos encontrados (Figura 75). *Calamospora* sp. e *Laevigatosporites* sp. (Laevigati), *Cyclogranisporites* sp. e *Verrucosisorites* sp. (Apiculati), *Lundbladispota* sp. (Cingulicavati) e *Geminospota* sp. e *Spelaeotriletes* sp. (Monopseudosacciti) dominam sobre os demais táxons e somam 80,7% dos esporos.

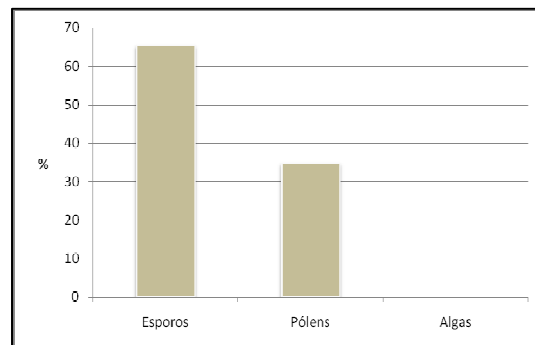


Figura 74 – Distribuição quantitativa de palinórfos encontrados na amostra Palino 18.

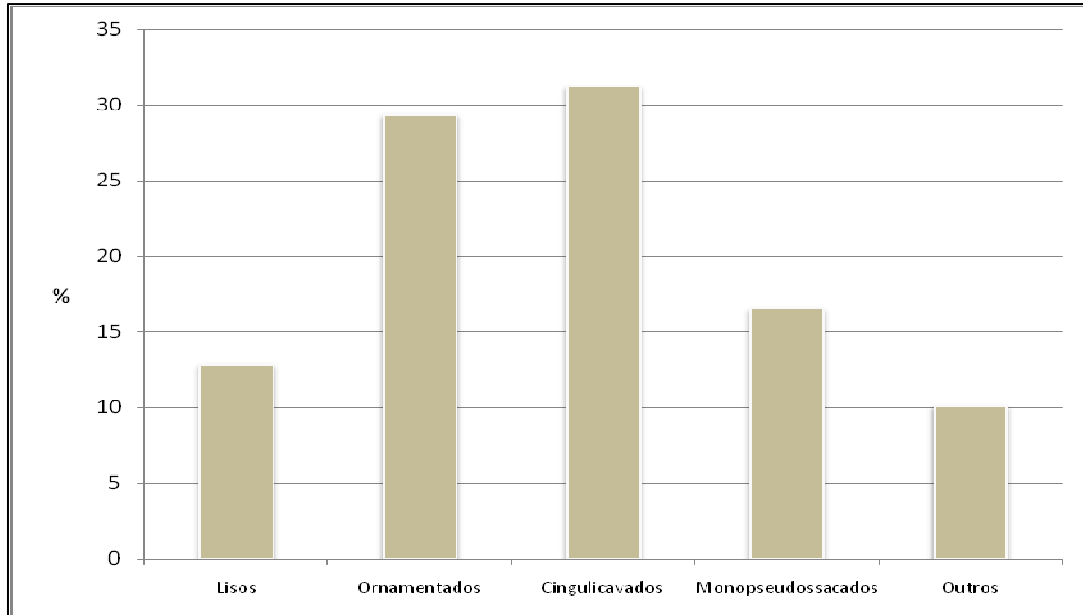


Figura 75 – Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 18.

Os grãos de pólen também foram encontrados em grande diversidade na amostra, com o predomínio de bissacados sobre os demais, com exatos 50% dos grãos de pólen encontrados. Dentre esse grupo, são representativos *Limitisporites* sp. e *Alisporites* sp. (bissacados não teniados) e *Striatopodocarpites* sp. (bissacado teniado). Entre os grupos de

grãos monossacados, destaca-se a presença de *Crucisaccites* sp., que representa, sozinho, 31,58% dos monossacados em geral. A exceção dos grãos de pólen monoestriados, todas as categorias taxonômicas listadas neste trabalho estão representadas na amostra (Figura 76).

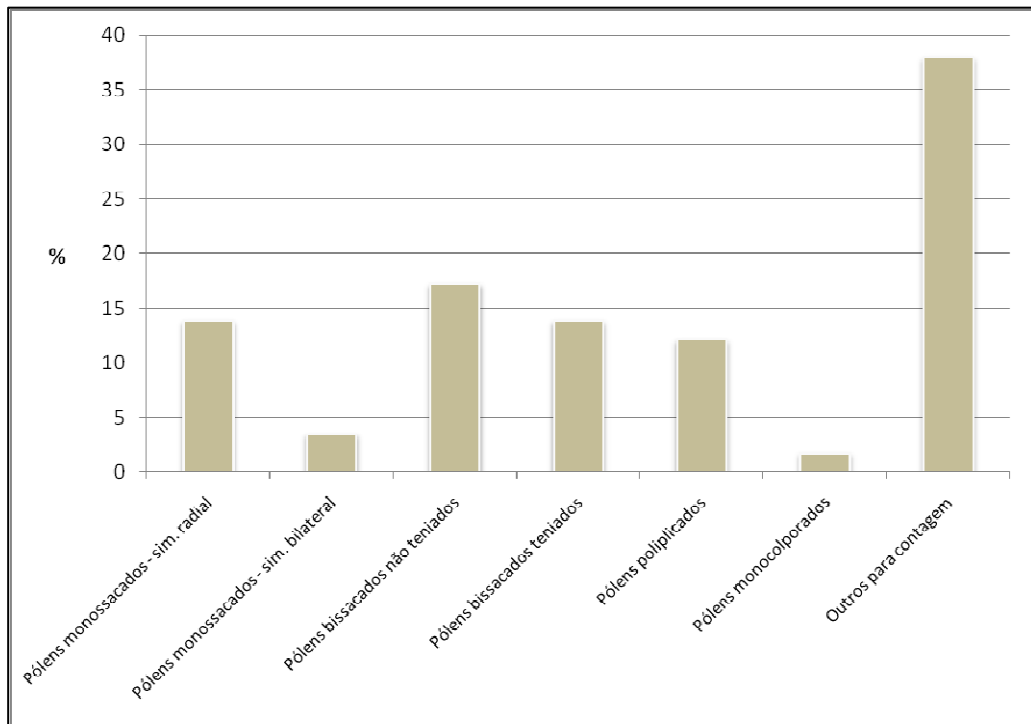


Figura 76 – Dominância dos grãos re trabalhados e dos bissacados não teniados sobre os demais grupos de grãos de pólen da amostra Palino 18.

Em relação às amostras descritas anteriormente, a mostra Palino 18 se destaca pela alta diversidade de palinomorfos e pelo melhor estado de preservação dos mesmos. A percentagem de palinomorfos indeterminados do total encontrado é baixa (27,4%), corroborando a idéia de uma maior proximidade da área fonte e condições de preservação.

A análise da matéria orgânica é particularmente diferente das demais amostras com uma quase igualdade estatística para fitoclastos e palinomorfos sendo a abundância desses últimos, por si só, um reflexo da proximidade de fontes terrestres (Tyson 1993, 1995). Pelas partículas apresentarem-se predominantemente opacas e alongadas, pode-se concluir por níveis de flutuações da lâmina d'água e, portanto, de oxidação e transporte envolvidos, mas mesmo assim, com grande aporte de esporomorfos caracterizando uma representação bem marcada da flora local.



Essa análise é corroborada pela presença de uma suíte de traços fósseis representativa de Icnofácies Cruziana empobrecida (suíte **Crd**, BI4-5, Figura 11) que sugere águas salobras e ambientes mais estáveis como aqueles encontrados em uma baía estuarina.

Esta amostra apresenta um pequeno percentual de COT de 0,74%. O Fi-COT é de 0,37% o que significa conter um baixo ou nenhum potencial de geração de hidrocarbonetos.

### 5.2.7 – Amostra PALINO 22

A amostra localiza-se a 164,20 m de profundidade e é composta por pelitos negros carbonosos bioturbados (suite **Crd**, Bi3), contendo icnofábrica de *Thalassinoides*, *Planolites*, *Palaeophycus* e *Teichichnus* pequenos, assentados diretamente sobre e recobertos por *lags* de arenitos grossos sobre pelitos carbonosos contendo *Thalassinoides* em suíte *Glossifungites* (suíte **G1**) (litofácies **Fb**, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 56, Anexo 4: A4x13).

De forma geral, há dominância de fitoclastos (59,4%) sobre palinomorfos (40,6%) (Figura 77). Entre os fitoclastos, dominam os opacos (74,1%) (Figura 78), apresentando maior representatividade às partículas alongadas (50,3%) (Figura 79) sobre as equidimensionais (15,9%) (Figura 80) e corroídas (7,9%). Os não opacos bioestruturados bandados tem uma pequena representação percentual de 5,3% (Figuras 81a-b) e os não opacos não bioestruturados (20,6%) são em sua maioria degradados (Figuras 82a-b). Elementos algálicos do gênero *Botryococcus* foram observados (Figuras 83a-b).

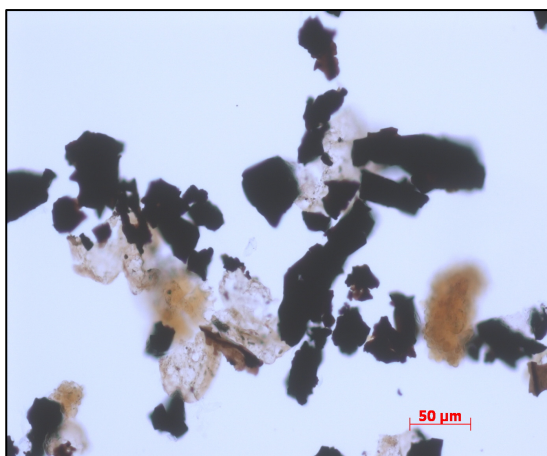


Figura 77 - Vista geral dos fitoclastos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 22 (20x).

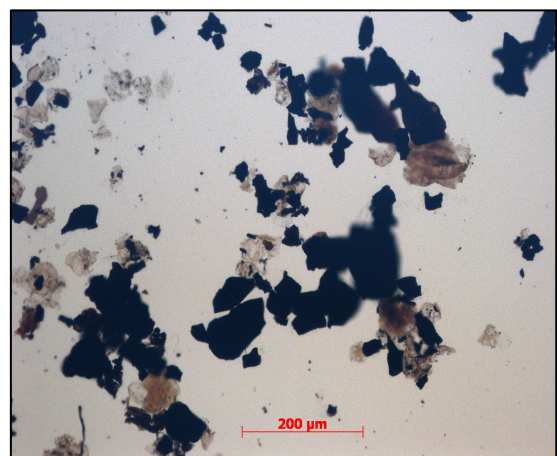


Figura 78 – Dominância visual de fitoclastos opacos sobre os não opacos verificados na amostra Palino 22 (10x).

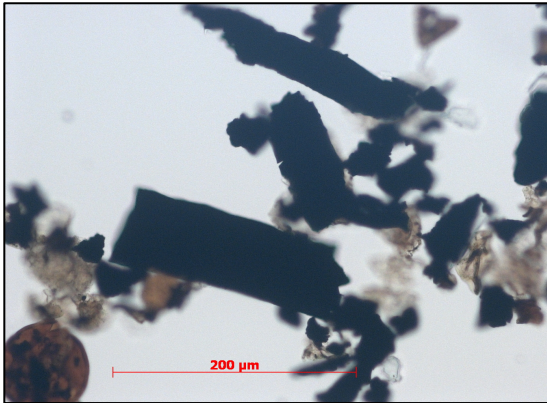


Figura 79 – Fitoclastos opacos alongados encontrados na amostra Palino 22 (20x).

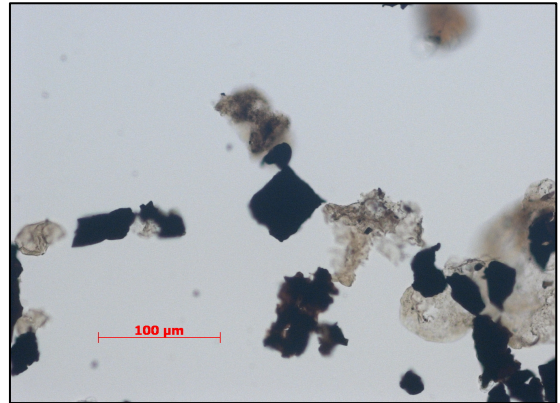


Figura 80 – Fitoclastos opacos equidimensionais encontrados na amostra Palino 22 (20x).

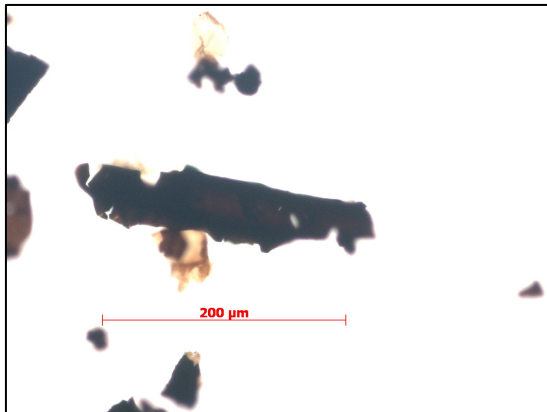


Figura 81a – Fitoclasto não opaco bioestruturado bandado, encontrado na amostra Palino 22 (20x).

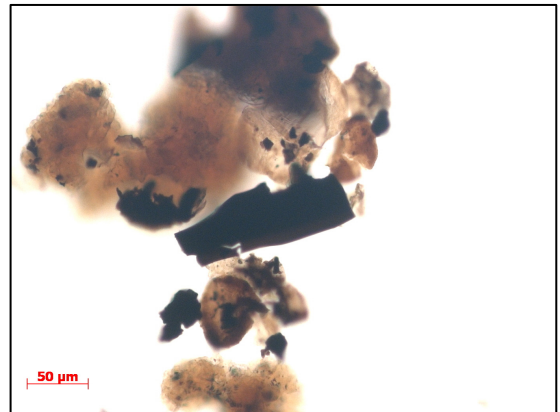


Figura 81b – Fitoclasto não opaco bioestruturado bandado, encontrado na amostra Palino 22 (20x).

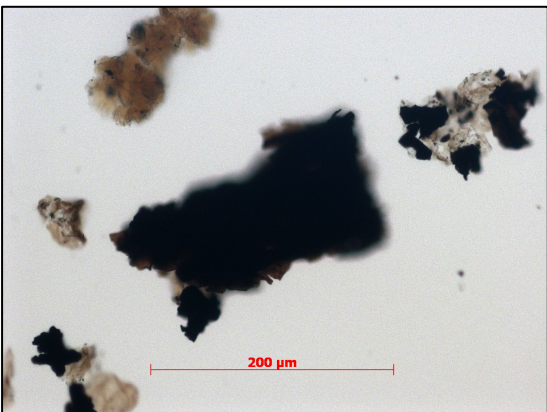


Figura 82a – Fitoclasto não opaco não bioestruturado degradado encontrado na amostra Palino 22 (20x).

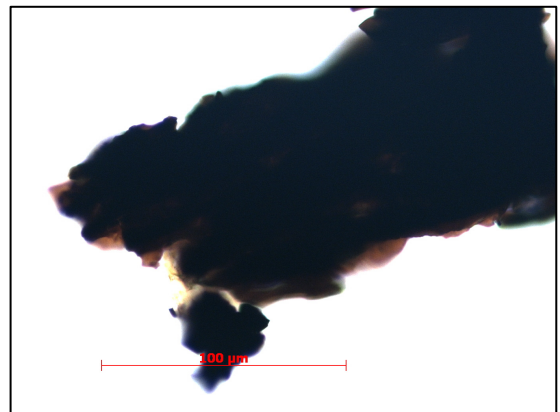


Figura 82b – Fitoclasto não opaco não bioestruturado degradado encontrado na amostra Palino 22 (40x).

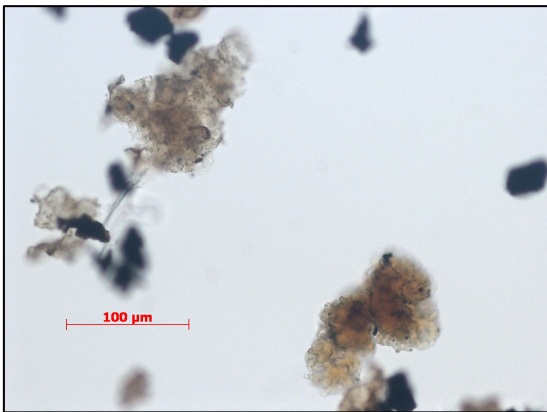


Figura 83a – *Botryococcus braunii* encontrado na amostra Palino 22 (20x).

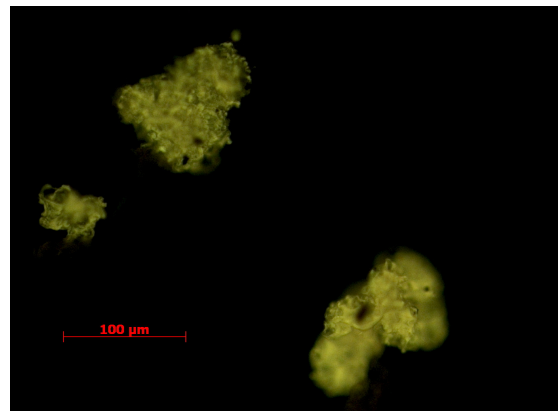


Figura 83b – *Botryococcus braunii* visto com fluorescência, encontrado na amostra Palino 22 (20x).

No grupo dos palinomorfos, foram contabilizados 64 exemplares, sendo os esporos o grupo que possui maior representatividade quando comparado com os grãos de pólen (Figura 84). Algas e afins não foram encontradas com o uso dessa metodologia para essa etapa sistemática. Os esporos dominantes na amostra foram *Punctatisporites* sp. (esporo liso), *Cyclogranisporites* sp. (esporo ornamentado) e *Lundbladispora* sp. (esporo cingulicavado). Nos grupos de pólen, o mais representativo foi *Pteruchipollenites* sp. (pólen bissacado não teniado).

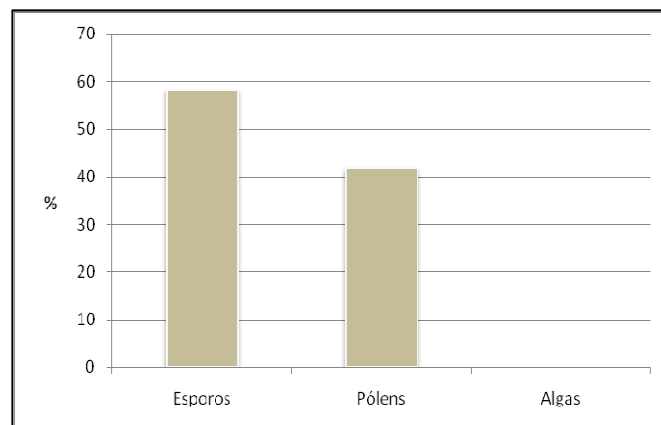


Figura 84 – Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 22.

De configuração muito similar à encontrada na amostra anterior, apresenta índices percentuais também muito próximos entre fitoclastos e palinomorfos. Também se constatou a dominância de fitoclastos opacos alongados, altamente flutuantes e resistentes e de palinomorfos, entretanto não tão diversificados como anteriormente. A abundância de esporos sobre grãos de pólen indica que a amostra, neste caso, pelas

configurações acima descritas, é mais distal da fonte terrestre, ainda assim, não tanto que possa ser adequada a um ambiente marinho estrito senso, mas sim a uma baía salobra.

Esta amostra apresenta um pequeno percentual de COT de 0,81%. O Fi-COT é de 0,48%.

#### 5.2.8 – Amostra PALINO 01

A amostra localiza-se a 151,10 m de profundidade e é composta por pelitos negros carbonosos bioturbados (suíte **Crđ**, Bi5-6), contendo icnofábricas de *Thalassinoides*, *Planolites*, *Palaeophycus*, *Helminthopsis*, *Chondrites*, *Asterosoma*, *Teichichnus*, *?Zoophycos*, *Rosselia*, *Diplocraterion*, *Rhizocorallium*, intercalados por discretas e delgadas lentes de arenitos finos a muito finos com microestratificação cruzada *hummocky* e laminação ondulada (litofácies **Fb**, associação de fácies MRd, Tabela 6, Figura 56, Anexo 4: A4x14).

Verificou-se que 70,6% da amostra são compostos por fitoclastos e 29,4% por palinomorfos (Figura 85). O material opaco possui quase uma equivalência estatística com os não opacos, sendo os primeiros representados por 50,2% e os segundos por 46,5% (Figura 86). Cutículas (Figura 87) e membranas perfazem o restante percentual dos fitoclastos com 3,3%, com maior abundância de membranas (2,9%). Os opacos são predominantemente alongados (28,6%) (Figura 88), mas aqueles corroídos e equidimensionais também possuem representação. Os não opacos bioestruturados são preferencialmente listrados (20%) (Figura 89), mas bandados e perfurados (Figura 90) também estão presentes em percentuais menores. Entre os não opacos não bioestruturados, predominam os fitoclastos degradados (6,1%) sobre os não degradados (1,6%).

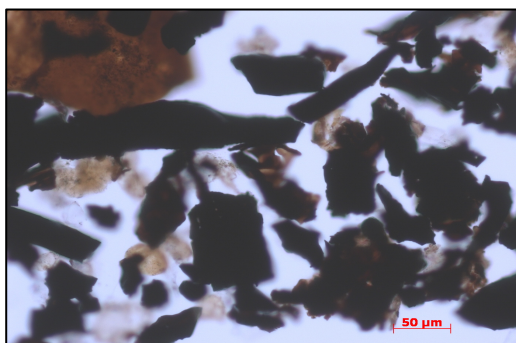


Figura 85 - Vista geral do querogênio encontrado na amostra Palino 01 (20x).

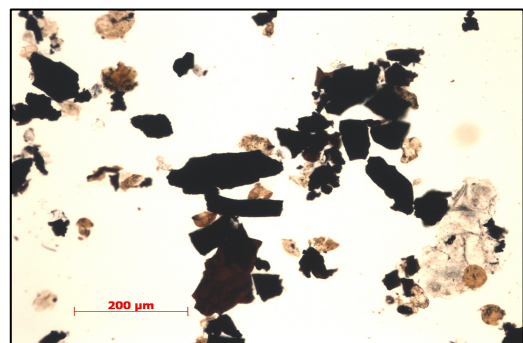


Figura 86 – Fitoclastos opacos e não opacos encontrados na amostra Palino 01 (20x).



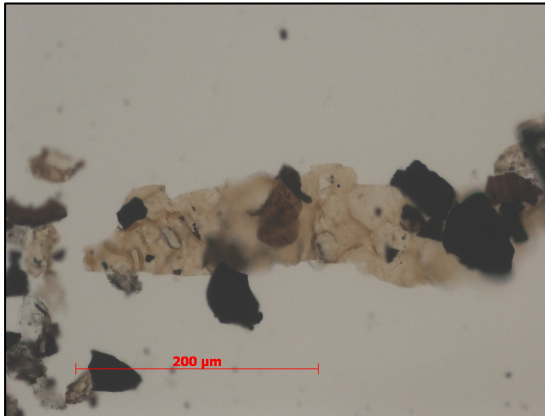


Figura 87- Cutícula encontrada na amostra Palino 01.

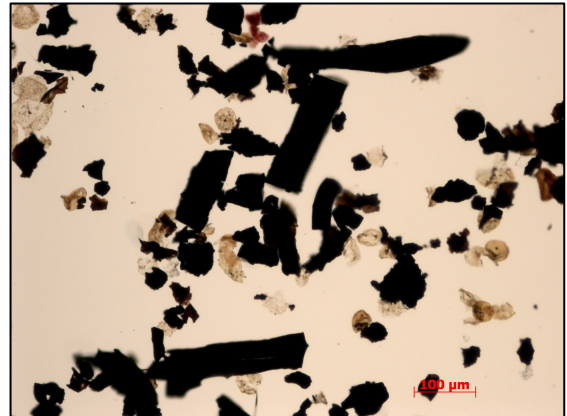


Figura 88 – Fitoclastos opacos alongados encontrados na amostra Palino 01.

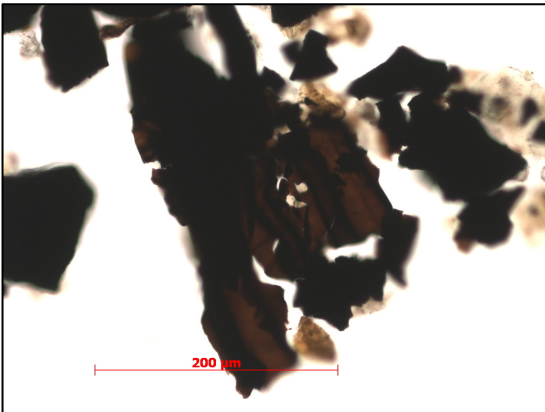


Figura 89 – Fitoclastos não opacos listrados (degradados) encontrados na amostra Palino 01.

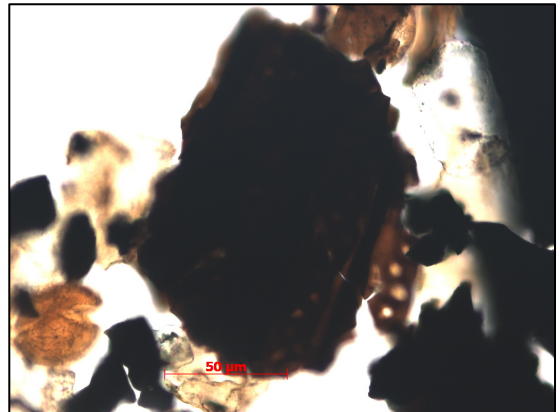


Figura 90 – Fitoclasto não opaco perfurado encontrado na amostra Palino 01.

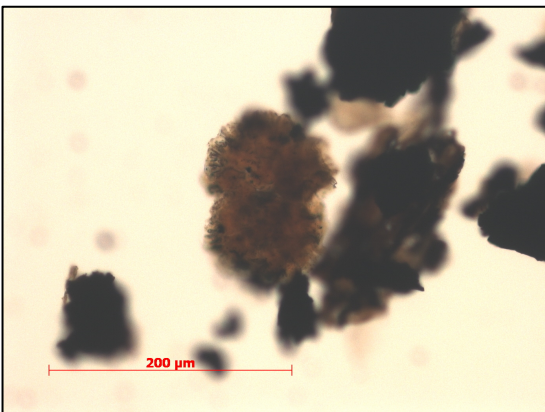


Figura 91a – *Botryococcus braunii* encontrado na amostra Palino 01.

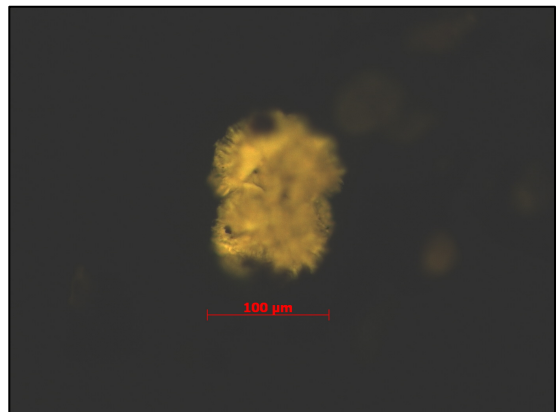


Figura 91b – *Botryococcus braunii* visto com fluorescência, encontrado na amostra Palino 01.

Nos exemplares de palinórfos, verificou-se uma assembléia diversificada, com a dominância de grãos de pólen sobre esporos e algas (Figura 92). Os pólenes são representados por quase todos os grupos encontrados (Figura 93), ainda que os bissacados sejam as formas dominantes. Entre esse grupo, destacam-se a presença de *Pteruchipollenites* sp. e *Colpisaccites* sp. (bissacados não teniados) e *Striatopodocarpites* sp. (bissacado teniado). Entre o grupo dos poliplicados, destaca-se a dominância de *Vitattina* sp. sobre *Striatoabieites* sp. Os esporos estão bem representados em todas as infraturmas estudadas, com exceção das Infraturma Retusotriletes e Turma Hilates, que não foram encontradas nesta amostra (Figura 94). Dominam *Calamospora* sp., *Laevigatosporites* sp. (Infraturma Laevigatis), *Cyclogranisporites* sp., *Verrucosisporites* sp. (Infraturma Apiculate) e *Lundbladispota* sp. (Infraturma Cingulicavati). As demais infraturmas têm pouca representação percentual.

Encontrou-se uma diversidade de elementos algálicos surpreendentemente alta (representam 8,58% dos palinórfos) com a dominância de criptoalgas (< 6 µm) denotadas como *Incertae sedis*, *Botryococcus braunii* (Figuras 91a-b) e *Maculatasporites* sp.

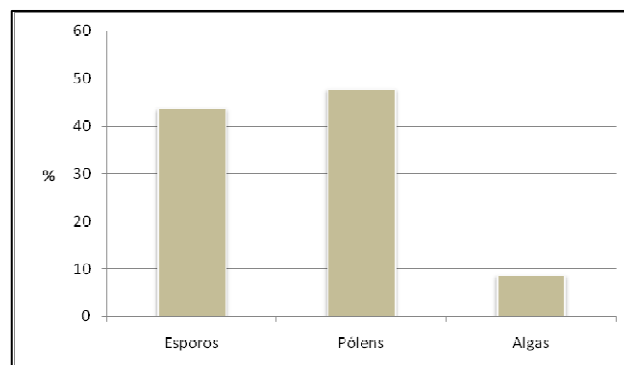


Figura 92 – Distribuição quantitativa de palinórfos encontrados na amostra Palino 01.

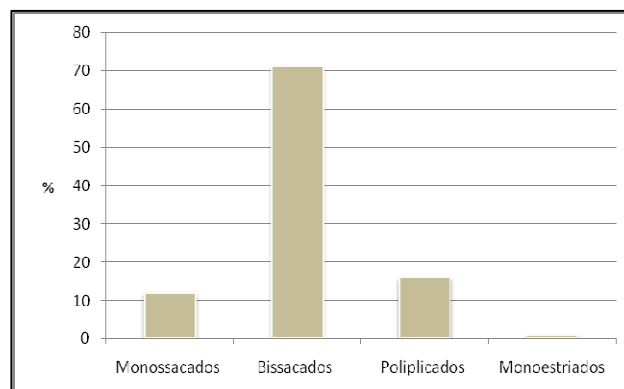


Figura 93 – Dominância dos bissacados sobre os demais grupos de grãos de pólen da amostra Palino 01.

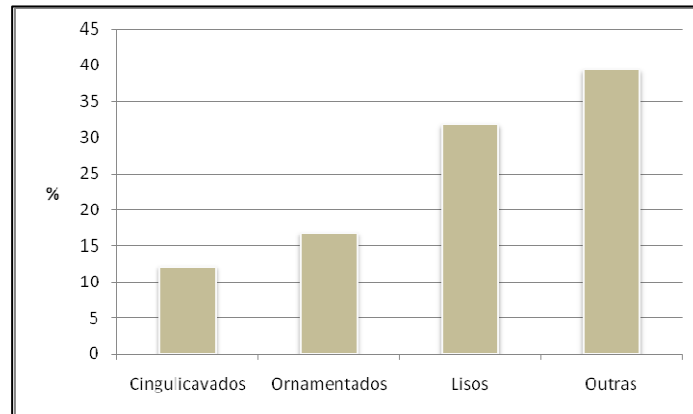


Figura 94 – Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 01.

A amostra segue sequencialmente aquelas anteriores, apresentando índices percentuais também muito próximos entre fitoclastos e palinomorfos. Também se constatou a dominância de fitoclastos opacos alongados, mas as partículas corroídas e equidimensionais estão presentes. Encontrou-se uma alta diversidade dos esporomorfos, mas a dominância é de grãos de pólen sobre esporos ao contrário da amostra anterior. Dentre os grãos de pólen, os bissacados tiveram um maior destaque percentual (estão adaptados para uma dispersão a longas distâncias), indicando que possivelmente a amostra encontrava-se já em zona marinha, provavelmente de *offshore*.

Cutículas e membranas foram encontradas em percentuais significativos o que sugere certa proximidade com a área fonte. Esse tipo de matéria orgânica somente é depositado da carga suspensa quando as condições de energia do meio são muito baixas (Fisher 1980).

Desta maneira, pela configuração apresentada, pode-se sugerir um paleoambiente de *offshore* proximal, o que confere com as interpretações prévias obtidas pela análise paleoicnológica.

Esta amostra apresenta um pequeno percentual de COT de 0,72%, o que confere para amostras de plataforma. O Fi-COT é de 0,51%.

### 5.3 - Testemunho de Sondagem IC-03-RS

O testemunho IC-03-RS localiza-se na porção central da seção estudada, entre os poços IC-44-RS e IC-12-RS. Aparentemente, as fácies marinhas rasas são dominantes na metade superior do empilhamento. Contudo, isso pode ser apenas um efeito visual, já que há um intervalo grande do testemunho que não foi recuperado (entre cerca de 150 e 100 m de profundidade). Da mesma forma que no testemunho IC-44-RS, os depósitos fluviais basais observados no testemunho IC-07-RS também não estão presentes (Figura 95).

#### 5.3.1 – Amostra PALINO 02

A amostra localiza-se a 213,60 m de profundidade e é composta por pelitos com muito cimento carbonático, brechado e com paleoalterações, às vezes com moldes de raízes (litofácies **P**, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 95, Anexo 4: A4x15).

A amostra não foi avaliada para obtenção de dados para palinofácies, por falta de amostragem na preparação final das lâminas.

Na segunda fase metodológica, pode-se verificar 58 palinomorfos dispersos no querogênio, dos quais menos de 2% são indistintos. Dos restantes, 44 exemplares são de esporos (77,2%) e os demais 22,8% correspondem a algas (Figura 96). Entre os esporos, constatou-se de forma inédita entre as amostras estudadas, que 84,1% são pertencentes ao gênero *Convolutispora* sp. (Infraturma Muronati). As Infraturmas Laevigati e Apiculati também estão presentes no querogênio (Figura 97). O restante dos palinomorfos é constituído por algas da espécie *Botryococcus braunii*.

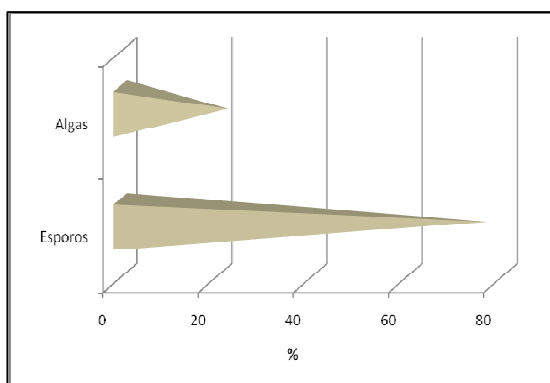


Figura 96 – Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 02.

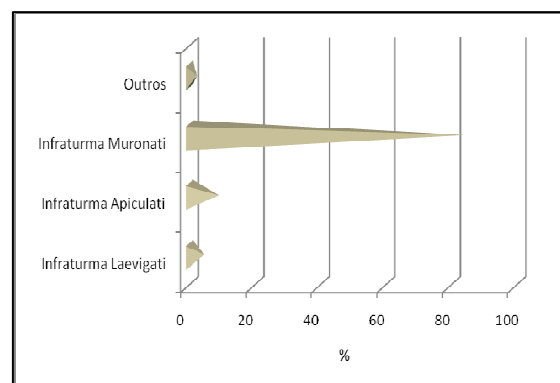


Figura 97 – Distribuição dos grupos de esporos com dominância da Infraturma Muronati, encontrados da amostra Palino 02.



IC-03-RS

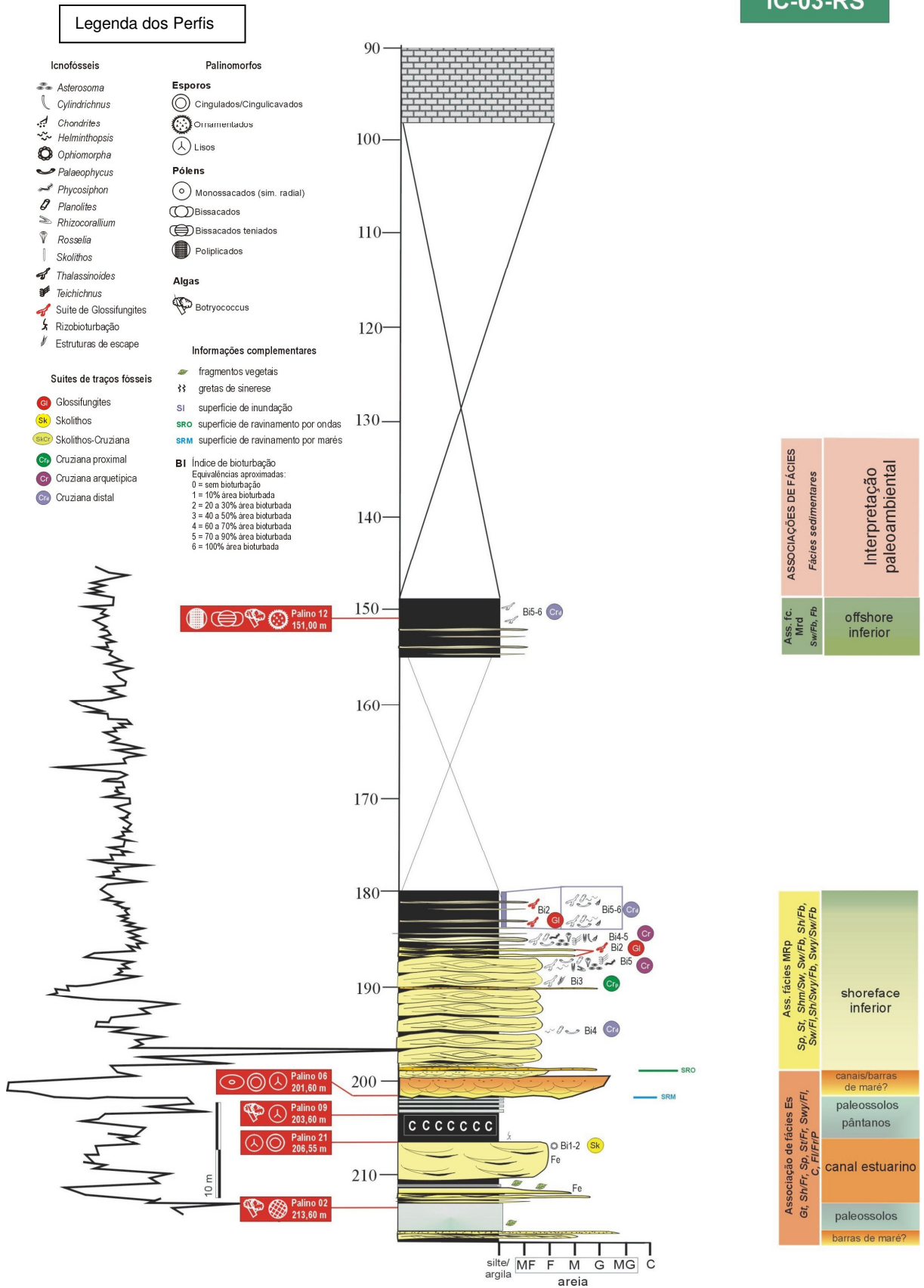


Figura 95 – Perfil IC-03-RS para localização e conteúdo palinológico das amostras e suas respectivas interpretações paleoambientais baseadas nos dados paleoicnológicos de Buatois *et al.* (2001a,b,c).

A ausência de dados de análise da matéria orgânica total dificulta uma análise paleoambiental. Contudo, a abundância de esporos sobre grãos de pólen permitem inferir uma proximidade da área fonte, em áreas mais continentalizadas, o que é observado em amostras correlatas nos demais testemunhos. A presença anormal de *Convolutispora*, considerado um elemento terrestre (Ianuzzi *et al.* 2006), e a presença de algas do gênero *Botryococcus*, sugerem um ambiente lântico, do tipo lagunar a lacustre.

Esta amostra não foi testada para geoquímica orgânica.

### 5.3.2 – Amostra PALINO 21

A amostra localiza-se de 206,55 m de profundidade e é composta por pelitos carbonosos, contendo rizobioturbação discreta, no topo de depósitos arenosos finos da litofácies *St* contendo intraclastos carbonosos e ocorrência monoespecífica de *Ophiomorpha*, interpretados por Buatois *et al.* (2001a,b, 2007) como relacionados a depósitos de canais estuarinos (litofácies *Fr/C*, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 95, Anexo 4: A4x16).

Os fitoclastos compõem 79,3% da amostra, seguido por 20,7% de palinomorfos (Figura 98). Não foi detectada a presença de matéria orgânica amorfa. Do percentual de fitoclastos, observou-se que quase 58,5% são compostos por opacos (Figura 99) e 41,5% de não opacos. Dentre os opacos dominam as partículas corroídas (32%) sobre as alongadas e equidimensionais. Não foram encontrados e contabilizados não opacos bioestruturados, somente aqueles não bioestruturados degradados (37,3%) e alguns não degradados (4,1%) (Figuras 100a-b).

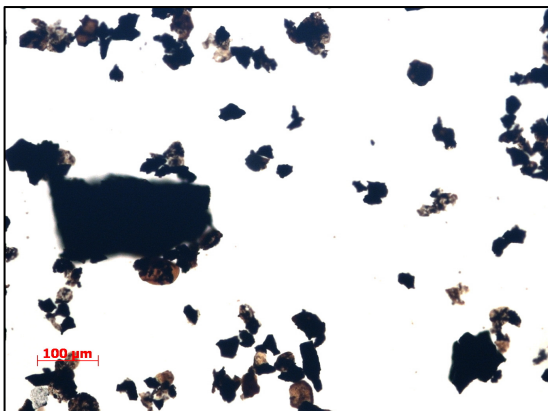


Figura 98 - Vista geral dos fitoclastos e palinomorfos encontrados na amostra Palino 21 (10x).

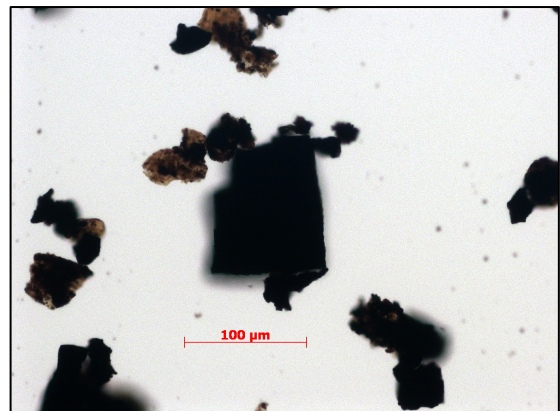


Figura 99 – Fitoclastos opacos equidimensionais encontrados na amostra Palino 21 (20x).

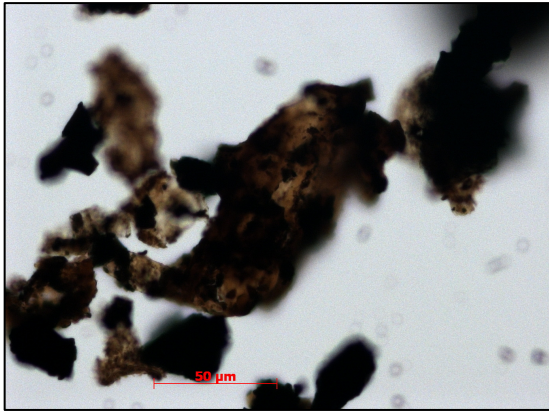


Figura 100a – Fitoclastos não opacos e não bioestruturados encontrados na amostra Palino 21 (40x).

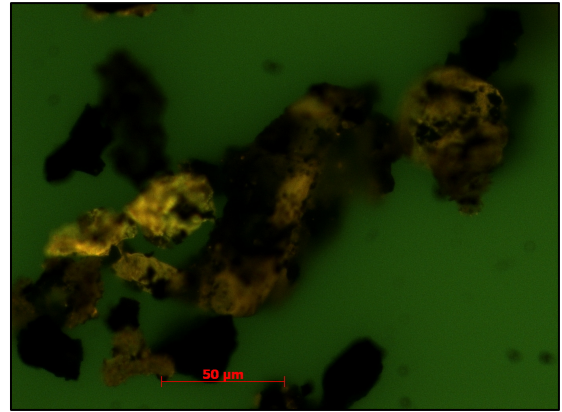


Figura 100b – Fitoclastos não opacos e não bioestruturados vistos com fluorescência, encontrados na amostra Palino 21 (40x).

Os palinórfos encontrados são esporos (95,8%), algas (3,1%) e grãos de pólen (1,1%) (Figura 101). Os primeiros apresentam uma boa diversidade, presentes nas infraturmas mais comuns encontradas no decorrer deste estudo: *Laevigati*, *Retusotrileti*, *Apiculati* e *Cingulicavati*. Com a presença maciça de *Punctatisporites* sp., a Infraturma *Laevigati* é a mais importante em termos quantitativos (71,74%), com os esporos mais bem preservados encontrados entre todas as amostras analisadas. A Infraturma *Apiculati* representa-se por 8,7% dos palinórfos identificados, com domínio de *Cyclogranisporites* sp., com seis exemplares encontrados. *Lundbladispóra* sp. é o único representante da Infraturma *Cingulicavati*, que participa da mostra com 10,87% dos palinórfos. Os esporos restantes representam 8,69% da amostra. Um único grão de pólen monossacado indefinido foi encontrado, sem a possibilidade de verificação exata da simetria do exemplar. Os elementos algálicos são compostos por alguns exemplares de *Incertae sedis* e um de *Tetraporina* sp. (provavelmente da espécie *minuta* Kar & Bose 1976).

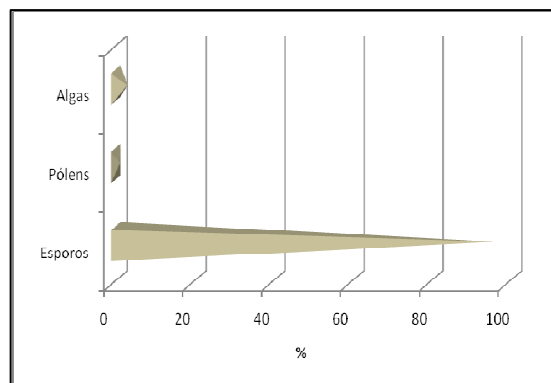


Figura 101 – Distribuição quantitativa de palinórfos encontrados na amostra Palino 21.

A presença dominante de fitoclastos opacos sobre os não opacos é indicativa de condições de oxidação, evidenciadas pela ocorrência de rizobioturbação em alguns níveis e de galerias de *Ophiomorpha* em outros (Figura 31). Essa oxidação muito provavelmente provém de flutuações da lâmina d'água, como o detectado nas amostras anteriores. A análise dos percentuais dos esporos lisos (Laevigati) do total de esporos, e da razão do total de esporos lisos versus grãos de pólen apontam para uma tendência de proximidade da área fonte vegetal, possivelmente as margens desses corpos de água. O alto grau de preservação dos exemplares de *Punctatisporites* sp. também confirma essa mesma tendência, sugerindo um registro fóssil autóctone e colocando a amostra praticamente *in situ*. Segundo Lindgren (1980), a presença de *Tetraporina*, elemento algálico presente em ambientes com fatores ambientais controlados (nutrição e temperatura), parece indicar boa oxigenação. Portanto, a amostra reflete deposição em um corpo de água que recebia significativo aporte de matéria orgânica, a ponto de produzir uma depleção crítica nos teores de O<sub>2</sub> na água, o que acontece em corpos de água parálisos, como pântanos, mangues, turfeiras ou baía estuarina.

Esta amostra apresenta um alto percentual de COT (15,5%). Este valor é compatível com uma quantidade absoluta de aporte de material lenhoso (opacos são mais carbonosos) relacionado à presença de carvão. O Fi-COT é 12,29%.

### 5.3.3 – Amostra PALINO 09

A amostra localiza-se de 203,60 m de profundidade e é composta por pelitos carbonosos associados ao topo de camada de carvão de cerca de 3 m. Esta camada de carvão se assenta diretamente sobre os pelitos carbonosos analisados anteriormente (litofácies *Fr/C*, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 95, Anexo 4: A4x17).

Os fitoclastos compõem 99,7% da amostra, seguido pelos 0,3% de palinomorfos que compõem o restante do material quantificado. Entre os fitoclastos predominaram os opacos (89,3%) sobre os não opacos (10,7%), sendo as partículas mais abundantes entre o grupo dominante, aquelas corroídas (58,9%), seguidas pelas alongadas e equidimensionais. Entre os não opacos, constatarem-se percentuais pequenos de não opacos bioestruturados estriados e opacos não bioestruturados degradados, perfazendo juntos 10,7% dos fitoclastos.

Os palinomorfos encontrados, muito embora pouco quantitativos no contexto do querogênio total, são esporos (70,6%) e algas (29,4%) (Figura 102). Os esporos

representam a maioria absoluta dos exemplares analisados, classificados como pertencentes à Infraturma Laevigati (91,67%) (*Calamospora* sp., *Punctatisporites* sp. e *Laevigatosporites* sp.) e à Infraturma Apiculati (8,33%) (*Cyclogranisporites* sp.) (Figura 103). Todos os exemplares algálicos são do gênero *Botryococcus braunii*.

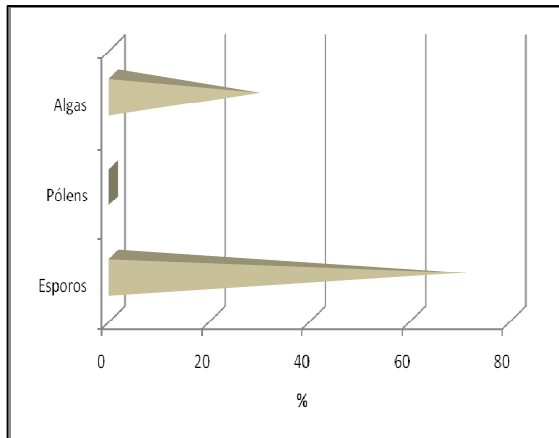


Figura 102 – Distribuição quantitativa de palinórfos encontrados na amostra Palino 09.

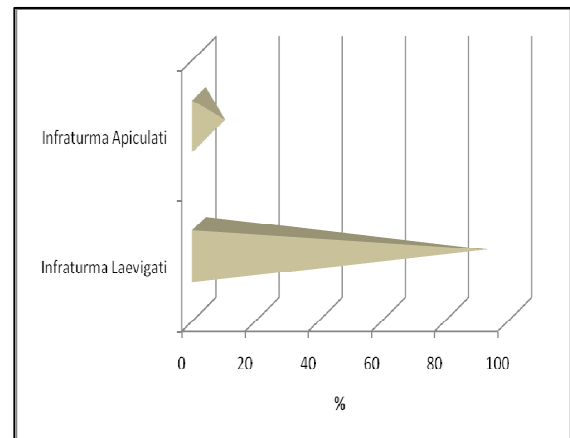


Figura 103 – Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 09.

Quando comparada com a amostra Palino 21, esta amostra evidencia condições deposicionais de maior energia. A dominância de fitoclastos opacos sobre os não opacos é mais significativa evidenciando níveis mais intensos de oxidação, os opacos corroídos são mais abundantes do que os alongados e equidimensionais e os não opacos encontrados mostram-se degradados. O número de palinórfos indeterminados do total de palinórfos e a razão do total de esporos simples (Laevigati) *versus* esporos complexos (Apiculati) são característicos de uma tendência de deposição mais distante da área fonte vegetal, a julgar pelo transporte evidenciado também pelo desgaste encontrado nos palinórfos. Portanto o paleoambiente seria o mesmo encontrado na amostra Palino 21, como pântanos, mangues, turfeiras ou baía estuarina, mas sujeito a um segundo estágio, possivelmente transgressivo, que aumentou a energia deixando suas marcas no tempo.

Esta amostra apresenta um pequeno percentual de COT de 0,9%. Este baixo percentual pode estar relacionado aos eventos erosivos e oxidantes descritos acima. O Fi-COT é de 0,90%.

#### 5.3.4 – Amostra PALINO 06

A amostra localiza-se a 201,60 m de profundidade e é composta por pelitos carbonosos associados a arenitos grossos a médios da litofácies *Gt*, preservados nos *foresets* como *drapes* de lama. A litofácies *Gt* assenta-se sobre pelitos laminados com raras e delgadas lentes de arenito muito fino, não bioturbados e ricos em pirita, interpretado por Buatois *et al.* (2001a,b, 2007) como pelitos de baía central estuarina, com baixa circulação de fundo e tendência a anoxia (litofácies *Fr/C*, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 95, Anexo 4: A4x18).

Quando da análise do querogênio, verificou-se que 83,3% da amostra são compostos por fitoclastos, 15,9% por palinórfos e 0,8% por matéria orgânica amorfa. Entre os fitoclastos, o maior percentual encontrado foi de não opacos (70,9%) sobre os opacos (29,1%). No primeiro grupo, destaca-se a presença dominante de fitoclastos não bioestruturados (63,5%) sobre os bioestruturados (7,4%). Entre os não opacos bioestruturados, encontrou-se 5% de fitoclastos listrados, alguns exemplares bandados e perfurados e entre os não opacos não bioestruturados, somente partículas degradadas. Não foram encontradas cutículas e nem membranas.

Entre os palinórfos, os esporos são mais expressivos no contexto geral sendo encontrados em 88,7% do valor total contabilizado na amostra. Seguem-se aos esporos, os grãos de pólen, com 9,9%, e as algas (1,4%) (Figura 104). Entre os esporos, verificou-se uma alta diversidade, com exemplares pertencentes a quase todas as infraturmas descritas neste trabalho, à exceção das Infraturmas *Retusotrileti* e *Monopseudosacciti*. Os esporos lisos (Infraturma *Laevigati*) são dominantes, sendo representados por 49,73% dos esporos, seguido pelos esporos cingulicavados (Infraturma *Cingulicavati*), com 41,8%. A soma dos percentuais das demais infraturmas perfaz 8,47% (Figura 105). Entre os esporos lisos, *Punctatisporites* sp. foi o táxon dominante, seguido por *Calamospora* sp. *Lundbladispota* sp. dominou entre os cingulicavados. Os grãos de pólen, embora em pouco percentual quantitativo, foram encontrados com alta diversidade. Os monossacados de simetria bilateral, representados em sua maioria por *Caheniasaccites* sp., mais os de simetria radial, perfazem 52,38% dos grãos de pólen encontrados. Os bissacados compõem 42,86% da amostra, com maior representatividade de *Pteruchipollenites* sp. (Figura 106). Os componentes algálicos foram encontrados em pequeno número, sendo representados por *Maculatasporites* sp., *Portalites* sp. e *Quadrisporites* sp. em igual quantidade na amostra.

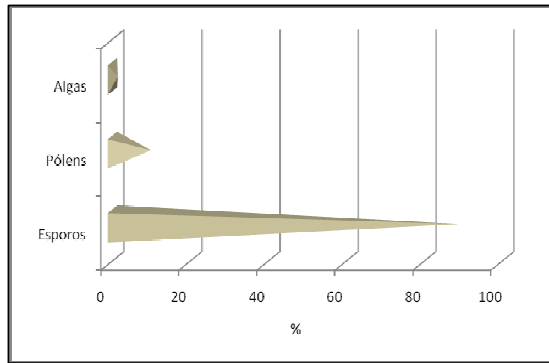


Figura 104 – Distribuição quantitativa de palinórfos encontrados na amostra Palino 06.

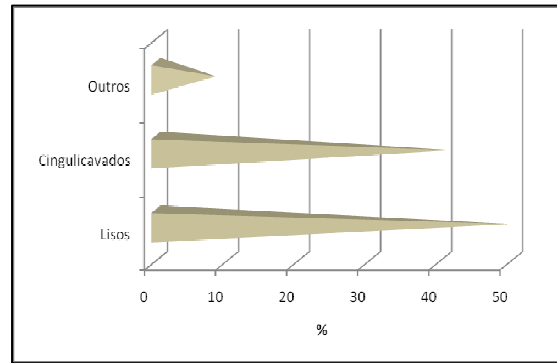


Figura 105 – Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 06.

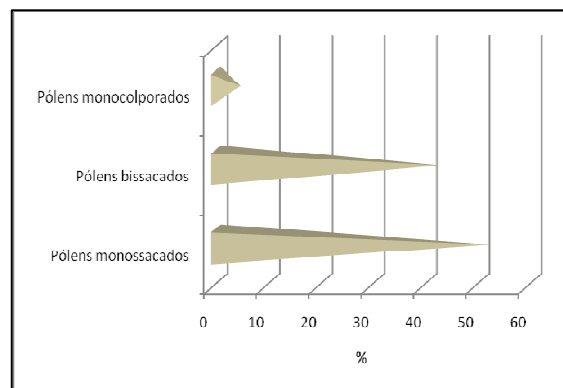


Figura 106 – Dominância dos monossacados sobre os demais grupos de grãos de pólen da amostra Palino 06.

A dominância absoluta de palinórfos sobre fitoclastos mostra sempre uma proximidade de fontes terrestres. O alto índice de fitoclastos não opacos, não bioestruturados, o alto percentual e a grande diversidade dos esporomorfos e a dominância de esporos lisos sugerem pouco transporte em depósitos proximais à área fonte e sujeito a condições de baixa energia. Entretanto, os fitoclastos não opacos mostram maior abundância de partículas degradadas e os opacos corroídos são dominantes, o que sugere períodos de maior fluxo energético. Assim como o verificado na amostra Palino 17, a dominância de material não bioestruturado sobre bioestruturado sugere proximidade da área fonte, já que com uma distância maior esse material, muito provavelmente, seria removido do sistema pela deposição seletiva ou degradação (Mendonça Filho & Menezes, 2001).

A dominância expressiva de *Punctatisporites* sp. e *Calamospora* sp. (*Infraturma Laevigati*) e *Lundbladispota* (*Infraturma Cingulicavati*), tal como se observa, reforça a idéia de deposição próxima à área fonte já que o domínio de pteridófitas sempre indica uma deposição às margens de corpos de água (Tyson 1993, 1995). O baixo percentual



dos grãos de pólen, a alta diversidade e seu bom estado de preservação, reforçam a idéia de um paleoambiente parálico.

Esta amostra apresenta um percentual significativo de COT (6,3%). Este valor é compatível com o paleoambiente proposto acima, rico em conteúdo orgânico e anóxico no fundo da coluna d'água. O Fi-COT é 5,25%.

### 5.3.5 – Amostra PALINO 12

A amostra localiza-se a 151,0 m de profundidade e é composta por pelitos negros carbonosos, totalmente bioturbados (suíte **Crđ**, Bi6), interpretados por Buatois *et al.* (2001a,b, 2007) como depósitos de *offshore* inferior (litofácies **Fb**, associação de fácies MRd, Tabela 6, Figura 95).

A análise do querogênio mostrou que 66,2% da amostra é composto por fitoclastos e 33,8% por palinomorfos. Entre os fitoclastos, há uma dominância de opacos (76,6%) sobre os não opacos (23,4%), seguindo a tendência da maioria das amostras analisadas neste trabalho. Entre o grupo dominante, constatou-se que os opacos alongados são mais abundantes (36,2%) do que corroídos e equidimensionais, que juntos perfazem 40,5%. Entre os não opacos somente foram encontradas partículas não bioestruturadas degradadas em sua totalidade.

Entre os palinomorfos, os grãos de pólen são dominantes, compondo 69,3% dos exemplares encontrados, seguidos por 25,4% de esporos e 5,3% de elementos algálicos (Figura 108). Grãos de pólen bissacados, incluindo teniados e não teniados, são dominantes (53,16%), seguido pelos monossacados (simetrias radial e bilateral, 24,05%), poliplicados (16,46%), monocolporados (3,8%) e monoestriados (2,53%) (Figura 109). Dentre os grãos de pólen bissacados, destaca-se a presença de *Pteruchipollenites* sp., *Striatopodocarpites* sp., *Complexisporites* sp., *Lueckisporites* sp. e *Staurosaccites* sp., com absoluto predomínio de *Striatopodocarpites* sp. sobre os demais (50% de todo o grupo). Os grãos de pólen monossacados com simetria bilateral (*Potonieisporites* sp. e *Caheniasaccites* sp.) foram encontrados em maior quantidade do que aqueles com simetria radial (*Cannanaropollis* sp. e *Crucisaccites* sp.). *Vittatina* sp. é o táxon dominante entre os grãos de pólen poliplicados e os demais grupos são pouco representativos no contexto do grupo. Os pólenes monoestriados encontrados são pertencentes a *Fusacolpites* sp. e os pólenes monocolporados são representados por *Cycadopites* sp. Os esporos pertencem às Infraturmas



Apiculati (58,62%), Laevigati (13,80%) e Cingulicavati (10,34%). O restante dos esporos somados constitui 17,24% do percentual total (Figura 110). Os táxons mais importantes em constância na amostra foram *Cyclogranisporites* sp. e *Verrucosisporites* sp. (esporos ornamentados, Infraturma Apiculati), *Calamospora* sp. (Infraturma Laevigati) e *Lundbladispورا* sp. (Infraturma Cingulicavati). As algas, que compõem 5,3% do querogênio analisado, são todas do tipo *Botryococcus braunii* (Figuras 107a-b), formando colônias.

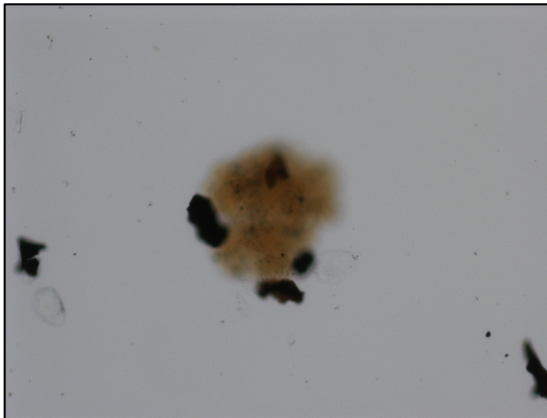


Figura 107a – *Botryococcus braunii* encontrado na amostra Palino 12 (20x).

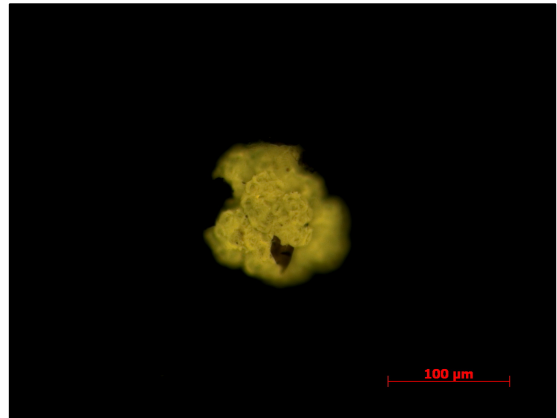


Figura 107b – *Botryococcus braunii* fotografado com fluorescência, encontrado na amostra Palino 12 (20x).

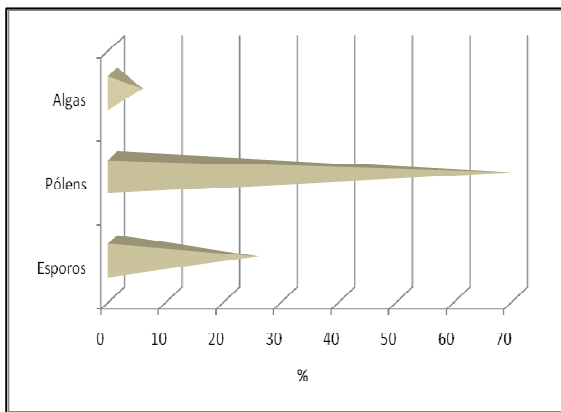


Figura 108 – Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 12.

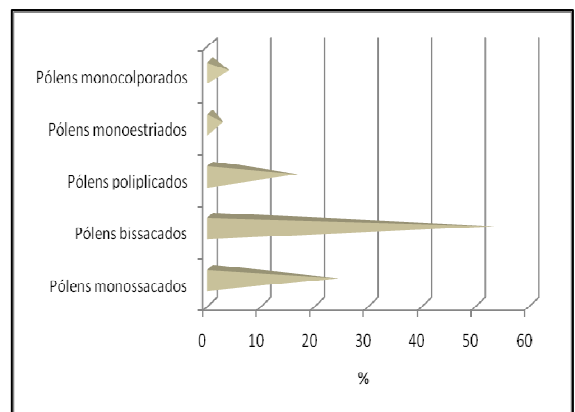


Figura 109 – Dominância dos bissacados sobre os demais grupos de grãos de pólen da amostra Palino 12.

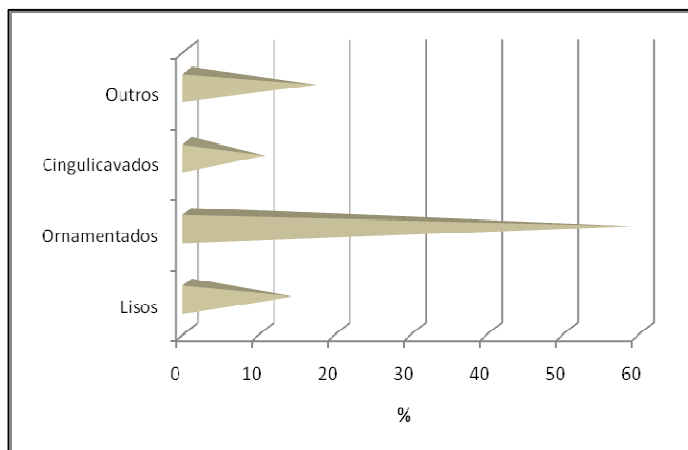


Figura 110 – Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 12.

Os predomínios de fitoclastos opacos sobre os não opacos, de grãos de pólen sobre esporos, de partículas de opacos alongados, remetem a uma situação de transporte. Dentre os grãos de pólen, os bissacados tiveram um maior destaque percentual, indicando que possivelmente a amostra encontrava-se já em zona marinha, provavelmente de *offshore*, já que possuem uma dispersão muito mais ampla do que os esporos.

Como já foi relatado na amostra Palino 08 (IC-07-RS) a presença de colônias de *Botryococcus* sugere salinidade da água mais baixa em um corpo de água bastante quieto e raso, única situação tafonômica passível de preservar colônias bentônicas intactas (Brenner & Foster 1994). Esses dados, somados à presença de uma alta diversidade esporopolínica sugere deposição em zonas marinhas com aporte contínuo de material vegetal vindo das zonas marginais marinhas, provavelmente de áreas mais altas para áreas mais baixas (Figura 48).

A preservação das colônias de *Botryococcus* nesse intervalo sinaliza que as fácies de *offshore* presentes no topo da sucessão estudada por Buatois *et al.* (2001a,b, 2007) ainda não caracterizam o completo afogamento do sistema como os autores haviam concluído. A franca dominância dos grãos de pólen sobre os esporos nos depósitos de *offshore* inferior para os depósitos da fácies **Fb** de onde foi coletada a amostra Palino 12 parece ser uma constante em todas as amostras provenientes dessa mesma associação de fácies.

Esta amostra apresenta um pequeno percentual de COT de 0,37% coerente com uma amostra de *offshore*. O Fi-COT é de 0,24%.

## 5.4 – Testemunho de Sondagem IC-12-RS

O testemunho IC-12-RS localiza-se no extremo nordeste da seção estudada e é, faciologicamente, o registro mais distal, abrigando um conjunto maior de fácies marinhas que os demais testemunhos (Figura 111).

### 5.4.1 – Amostra PALINO 14

A amostra localiza-se a 240,60 m de profundidade e é composta por pelitos carbonosos (litofácies *Fr*, associação de fácies CF, Tabela 6, Figura 111, Anexo 4: A4x19). A amostra compõe-se exclusivamente de fitoclastos. Dentre esses, a dominância é de opacos (89,1%) sobre os não opacos (10,9%). Entre o grupo dominante, a maior representação é de fitoclastos alongados (43,4%), seguido por corroídos (26,7%) e equidimensionais (19%). Os não opacos são representados unicamente por não bioestruturados degradados.

Na 2ª etapa metodológica (sistemática) encontrou-se, dispersos no querogênio, 14 palinomorfos indeterminados. Somente um grão de pólen pode ser reconhecido.

A presença dominante de fitoclastos opacos sobre os não opacos é indicativa de condições de oxidação, estes que muito provavelmente provém de flutuações da lâmina d'água, como o detectado nas amostras anteriores correlacionando o mesmo nível estratigráfico. A presença opacos predominantemente alongados sobre os demais indica situação de transporte, já que são altamente flutuantes e o estado de degradação dos palinomorfos dão consistência a interpretação de um ambiente com maior energia.

Esta amostra apresenta um pequeno percentual de COT de 0,28% coerente com a matéria orgânica residual altamente oxidada encontrada na amostra. O Fi-COT é de 0,28%.

### 5.4.2 – Amostra PALINO 11

A amostra localiza-se a 222,00 m e é composta por pelitos carbonosos associados a depósitos de carvão (litofácies *C*, associação de fácies *Es*, Tabela 6, Figura 111, Anexo 4: A4x20), assentados imediatamente acima de depósitos de canais estuarinos contendo rizobioturbação no topo e suíte de traços fósseis *SkCr* com *Bi4-5* (Tabela 6, Figura 32), indicativa de condições de água polihalina e de energia moderada.

Verificou-se que 94,7% da amostra são compostos por fitoclastos e 5,3% por palinomorfos (Figura 112). Dentre os fitoclastos, há uma disparidade entre opacos (75,4%) e não opacos (24,6%). Grupo dominante, os opacos são representados em sua maioria por partículas alongadas (32,5%) seguidas por corroídas (26,7%) e equidimensionais (19%). Os não opacos não bioestruturados são mais abundantes do que os bioestruturados (3,6%), compostos por 21% do percentual total de fitoclastos. Os não opacos bioestruturados têm representação de estriados e perfurados e aqueles não bioestruturados são degradados em sua maioria (15,4%), aparecendo em um percentual pequeno de não degradados (5,6%).

Entre os exemplares de palinomorfos, verificou-se uma dominância maciça (> 90%) de esporos sobre os grãos de pólen e algas associadas (Figura 112). Dentro do grupo dos esporos, há a predominância de esporos lisos (Infraturma Laevigati) e ornamentados (Infraturma Apiculati), compondo 48% do total de palinomorfos encontrados (Figura 113). O grupo dos cingulicavados é pouco representativo, compondo menos de 2% da amostra. Os esporos ornamentados pertencentes à Infraturma Apiculati são representados por *Cyclogranisporites* sp., *Granulatisporites* sp., *Verrucosisporites* sp., *Horriditriteles* sp. e *Cristatisporites* sp., sendo o primeiro dominante (Figura 114). O segundo grupo em representação é o dos esporos lisos pertencentes à Infraturma Laevigati, com a presença de *Calamospora* sp., *Punctatisporites* sp. e *Biretisporites* sp. (Figura 115). Os esporos cingulicavados (*Lundbladispora* sp.) representam 3% do total de esporos ou 1,7% do total de palinomorfos. O percentual de polens é pouco expressivo, sendo representados por alguns exemplares esparsos de monossacados (*Potonieisporites* sp.) e de bissacados teniados (*Striatopodocarpites* sp.). Dois exemplares de *Cycadopites* sp., um pólen monocolporado, também participam da assembléia da amostra Palino 11, compondo 1,7% do total de polens.

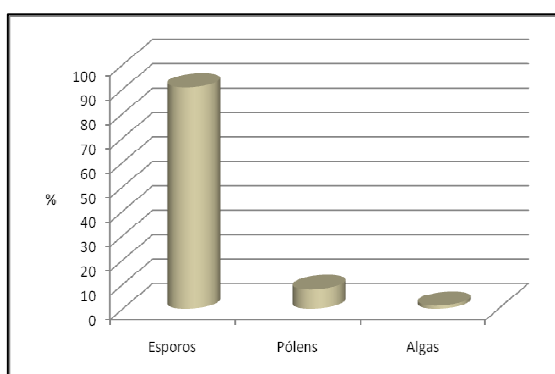


Figura 112 – Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 11.

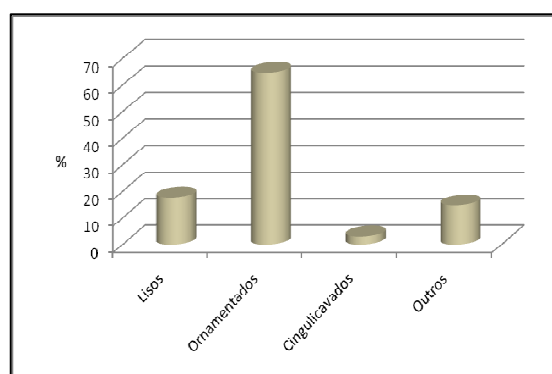
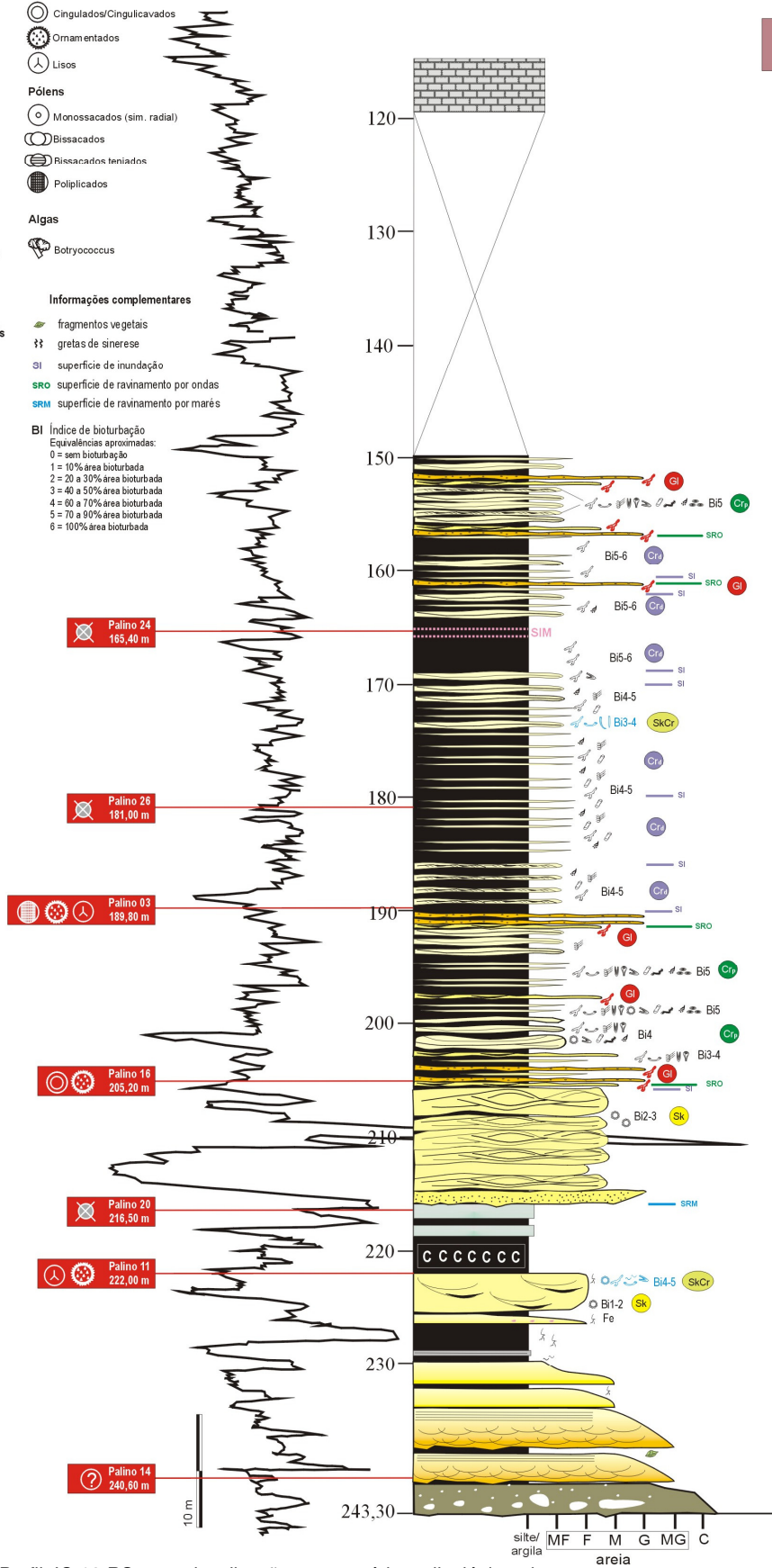


Figura 113 – Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 11.

Legenda

- Iconofósseis**
- Asterosoma
  - Cylindrichnus
  - Chondrites
  - Helminthopsis
  - Ophiomorpha
  - Palaeophycus
  - Phycosiphon
  - Planoites
  - Rhizocorallium
  - Rosseia
  - Skolithos
  - Thalassinoides
  - Teichichnus
  - Suite de Glossifungites
  - Rizobioturbação
  - Estruturas de escape
- Palinóforos**
- Esporos**
- Cingulados/Cingulocavados
  - Ornamentados
  - Lisos
- Pólenes**
- Monossacados (sim. radial)
  - Bissacados
  - Rissacados teniadnos
  - Poliplicados
- Algas**
- Botryococcus
- Informações complementares**
- fragmentos vegetais
  - gretas de sinerese
  - SI superfície de inundação
  - SRO superfície de ravinamento por ondas
  - SRM superfície de ravinamento por marés
- BI Índice de bioturbação**  
 Equivalências aproximadas:  
 0 = sem bioturbação  
 1 = 10% área bioturbada  
 2 = 20 a 30% área bioturbada  
 3 = 40 a 50% área bioturbada  
 4 = 60 a 70% área bioturbada  
 5 = 70 a 90% área bioturbada  
 6 = 100% área bioturbada
- Suites de traços fósseis**
- Glossifungites
  - Skolithos
  - Skolithos-Cruziana
  - Cruziana proximal
  - Cruziana arqueolípica
  - Cruziana distal



IC-12-RS

|   |   |
|---|---|
| ASSOCIAÇÕES DE FÁCIAS<br>Fácies sedimentares            | Interpretação<br>paleoambiental             |
| Ass. fácies MR<br>Shm/Sw, Swy, Fb                       | shoreface<br>inferior/<br>offshore superior |
| Associação de fácies MRd<br>Sw, Swy, Fb, localmente Shm | offshore inferior                           |
|   | offshore superior/<br>shoreface inferior    |
|   | offshore inferior                           |
|   | offshore superior                           |
| Ass. fácies MR<br>Shm/Sw, Swy, Fb                       | offshore superior/<br>shoreface inferior    |
| Af, Es<br>Sm, Fr/P                                      | supramaré(?)                                |
| Ass. fácies MRP<br>Sm/Si, Shm/Sw                        | shoreface<br>médio/inferior                 |
| Associação de fácies Es<br>Sp, Sm, Si, Fr/P, C, Fr/P    | paleossolos                                 |
|   | pântanos                                    |
|   | canal estuarino                             |
|   | paleossolos mangues                         |
| Associação de fácies CF<br>Gmm, Gr/Sh, C, Fr/P          | canais fluviais                             |

Figura 111 – Perfil IC-12-RS para localização e conteúdo palinológico das amostras e suas respectivas interpretações paleoambientais baseadas nos dados paleoicnológicos de Buatois et al. (2001a,b,c).

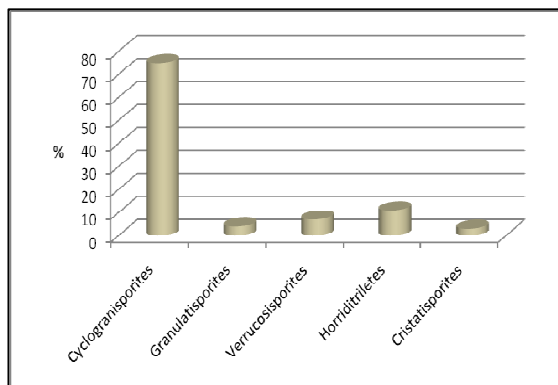


Figura 114 – Dominância de *Cyclogranisporites* sobre os demais esporos da Infraturma Apiculati, na amostra Palino 11.

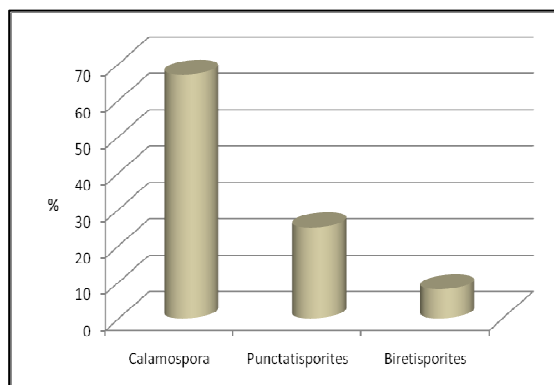


Figura 115 – Dominância de *Calamospora* sobre os demais esporos da Infraturma Laevigati, na amostra Palino 11.

A presença dominante de esporos sobre grãos de pólen, a melhor representação da Infraturma Apiculati sobre as demais e a presença de partículas não opacas e bioestruturadas estriadas e perfuradas sugerem uma tendência de deposição em ambiente proximal à área fonte. Caso contrário, essas partículas seriam removidas do sistema pela deposição seletiva ou degradação. Entretanto, a abundância de partículas opacas alongadas, seguidas por corroídas e equidimensionais, sugere ocasionais exposições dos depósitos. Isso acarretaria períodos de intensa oxidação e podem ser o resultado de flutuações da lâmina d'água, como já descrito em outras amostras.

A presença de *Cycadopites* sp., encontrado em sistemas mesófilos (Macphail *et al.* 1991), e com aparecimento muito discreto nessa amostra, deve somente indicar que apesar de estarmos talvez longe das terras mais altas e mais distantes da costa, elas eram vegetadas, tendo ele sido transportado para dentro do sistema pelo ar.

O paleoambiente seria um corpo de água calmo sujeito a pequenas ingressões marinhas sazonais. Por tratar-se de uma fácies representada por pelitos carbonosos associados a carvão, que se assenta por sobre depósitos com icnofauna da água salobra, conclui-se por um ambiente pantanoso que se formou muito próximo da costa.

Esta amostra apresenta um percentual de COT de 0,9%. O Fi-COT é de 0,85%.

#### 5.4.3 – Amostra PALINO 20

A amostra localiza-se a 216,50 m e é composta por pelitos cinza-esverdeados com muito cimento carbonático e contendo paleoalterações (litofácies **P**, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 111, Anexo 4: A4x21), que se assentam sobre pelitos carbonosos e camadas de carvão. Praticamente afossilífera, não favoreceu nem o estudo de palinofácies, nem o de palinomorfos. Apenas nove exemplares de supostos palinomorfos degradados foram encontrados, mas nem este dado pode ser utilizado como válido. É a única amostra em que nenhuma das metodologias correspondeu às expectativas. A análise paleoicnológica (Buatois *et al.* 2001a,b, 2007) interpretou estes depósitos como paleossolos, por suas características litofaciológicas e não há dados palinológicos que inviabilize essa afirmação.

Esta amostra apresenta um pequeno percentual de COT de 0,21%. O Fi-COT é zero, o que confere com a designação de um paleossolo residual.

#### 5.4.4 – Amostra PALINO 16

A amostra localiza-se a 205,20 m e é composta por pelitos negros carbonosos associados a arenitos finos e médios de base erosiva, formando delicados *lags* transgressivos (litofácies **Fr/Fl**, **Sm**, associação de fácies Es, Tabela 6, Figura 111, Anexo 4: A4x22). O pelitos contém suíte **GI** monoespecífica para *Thalassinoides* pequenos (Bi2) com limites da escavação bem marcados, típica de substratos firmes.

Verificou-se que 92% da amostra são compostos por fitoclastos e 7,5% por palinomorfos. Deste percentual de fitoclastos, encontrou-se pouca diferença entre os opacos e os não opacos, com maior representatividade dos opacos no contexto geral (57,7%) sobre os não opacos (41,1%). Os opacos são compostos, em sua maioria, por material alongado (35%), seguido por equidimensionais (11,7%) e corroídos (11,1%). Entre os não opacos, observa-se que o material não bioestruturado (39,9%) domina sobre o bioestruturado (1,2%). No material não bioestruturado, dominaram os grãos degradados (35%) sobre os não degradados (5%). No bioestruturado, encontrou-se um pequeno percentual de listrados e bandados, que representam o grupo. Cutículas foram encontradas em 1,2% do total dos fitoclastos.

Entre os 144 exemplares de palinomorfos encontrados, verificou-se uma dominância maciça de esporos sobre os grãos de pólen e nenhuma alga associada (Figura

116). Dentro do grupo dos esporos há a predominância de esporos cingulicavados e ornamentados, compondo 35,4% do total de palinomorfos encontrados (Figura 117). A Infraturma Cingulicavati é o grupo mais representativo, compondo 25,7% do total de palinomorfos, representado na assembléia palinológica por *Lundbladispora* sp., *Krauselisporites* sp. e *Vallatisporites* sp., com dominância do primeiro (Figura 118). O segundo grupo em representação é o dos esporos ornamentados (Infraturma Apiculati), com a presença de três táxons (Figura 119). O grupo dos esporos lisos mostra-se menos expressivo do que os dois primeiros (5% da amostra), representados por *Calamospora* sp., *Punctatisporites* sp. e *Laevigatosporites* sp. *Velamisporites* sp. (esporos monopseudossacado - Infraturma Monopseudosacciti) e *Psomospora* sp. (esporo hilado – Turma Hilates) também compõem a amostra, mostrando uma boa diversidade de esporos. O percentual de grãos de pólen é igualmente pouco expressivo, sendo representados por alguns exemplares esparsos de monossacados (de gênero indefinido), bissacados não teniados (*Alisporites* sp. e *Colpisaccites* sp.), bissacados teniados (*Protohaploxypinus* sp.) e por polens poliplicados (*Vittatina* sp. e *Striomonosaccites* sp.).

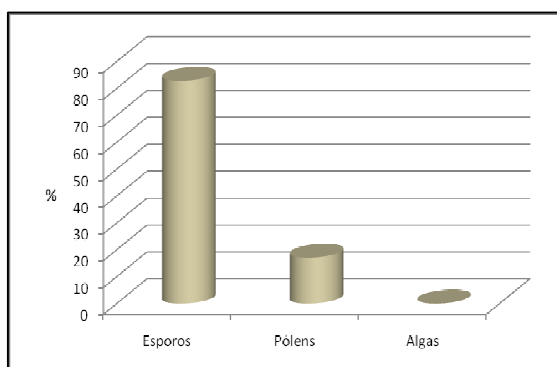


Figura 116 – Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 16.

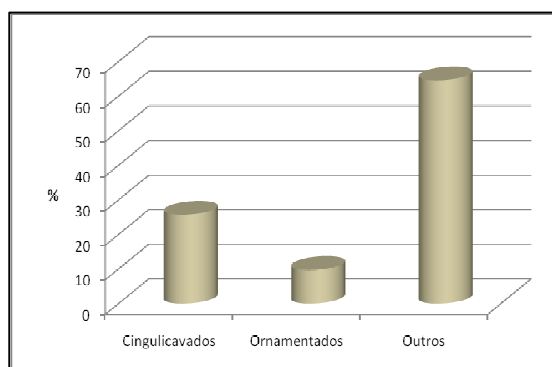


Figura 117 – Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 16.

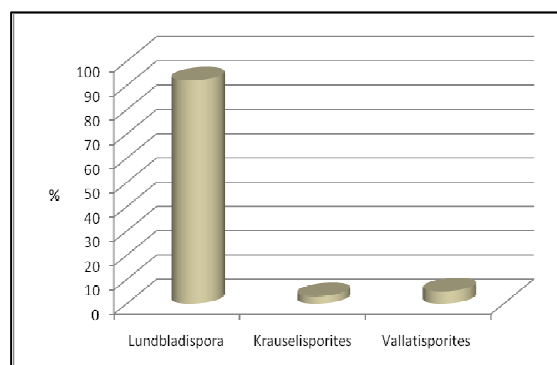


Figura 118 – Dominância de *Lundbladispora* sobre os demais esporos da Infraturma Cingulicavati, na amostra Palino 16.

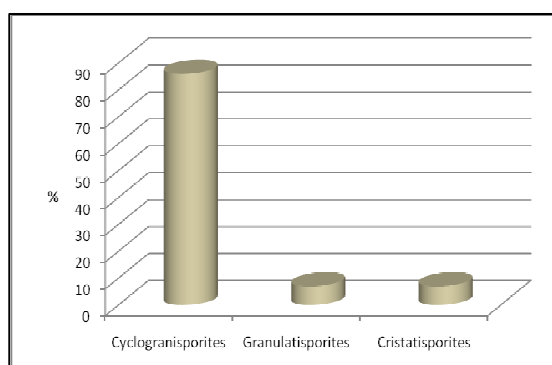


Figura 119 – Dominância de *Cyclogranisporites* sobre os demais esporos da Infraturma Apiculati, na amostra Palino 16.



De configuração muito similar aquele encontrado na amostra Palino 11, os elementos encontrados nessa amostra sugerem deposição proximal à área fonte vegetal. A presença dominante de esporos sobre grãos de pólen, a melhor representação das Infraturmas Cingulicavati e Apiculati sobre as demais e o alto percentual de não opacos sugerem uma tendência de deposição em ambiente proximal à área fonte. A assembléia está relacionada a uma vegetação constituída por pteridófitas (principalmente Lycopsida e Filicopsida), próprias de ambientes higrófilos. A tendência proximal é reforçada pela presença abundante de partículas não opacas e não bioestruturadas e bioestruturadas listradas e bandadas, juntamente com um percentual pequeno de cutículas. Entretanto, a dominância de partículas opacas alongadas e também de não opacas não bioestruturadas degradadas, sugerem ocasionais exposições dos depósitos ocasionando períodos de intensa oxidação e podendo igualmente ser o resultado de flutuações da lâmina d'água, como já descrito em outras amostras.

A análise paleoicnológica revelou a presença de uma suíte monoespecífica para *Thalassinoides* em contexto de Icnofácies Glossifungites, indicando eventos erosivos relacionados a ingressões marinhas, que exumam os pelitos das zonas pantanosas, que ficam expostos e passam a ser colonizados pelos produtores de *Thalassinoides* (crustáceos marinhos oportunistas).

Assim, avalia-se que o conjunto de elementos participantes da assembléia da amostra Palino 16 é coerente com a interpretação do estabelecimento de uma zona litorânea influenciada por processos de supramaré.

Esta amostra apresenta um percentual significativo de COT (2,31%). O Fi-COT é 2,12%.

#### 5.4.5 – Amostra PALINO 03

A amostra localiza-se a 189,80 m e é composta por pelitos negros carbonosos associados a arenitos muito finos com laminação ondulada (litofácies **Fb/Sw**, associação de fácies MRd, Tabela 6, Figura 111, Anexo 4: A4x23). Os pelitos contêm a suíte de traços fósseis **Cr<sub>d</sub>** (Bi4-5), representativa da Icnofácies Cruziana arquetípica.

A amostra é composta por 84,8% de fitoclastos e 15,2% de palinomorfos (Figura 120). Deste percentual de fitoclastos, encontrou-se uma diferença significativa entre os opacos (78,1%) e os não opacos (17,6%) (Figura 121), bem como 4,3% de membranas. Os dominantes opacos são compostos em sua maioria por material alongado (55,6%), seguido

por partículas corroídas (15,1%) e equidimensionais (7,5%). Os não opacos mesmo sendo minoria, possuem mais representatividade do material não bioestruturado (11,8%) sobre o bioestruturado (5,7%). Entre os bioestruturados, dominam os bandados sobre os listrados (Figura 122). Algas do tipo *Botryococcus braunii* foram encontradas em 3,6% do total de matéria orgânica dessa amostra (Figura 123).

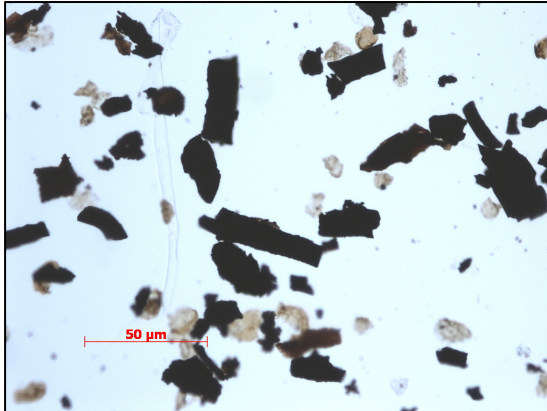


Figura 120 - Vista geral dos fitoclastos e palinórfos encontrados na amostra Palino 03 (10x).

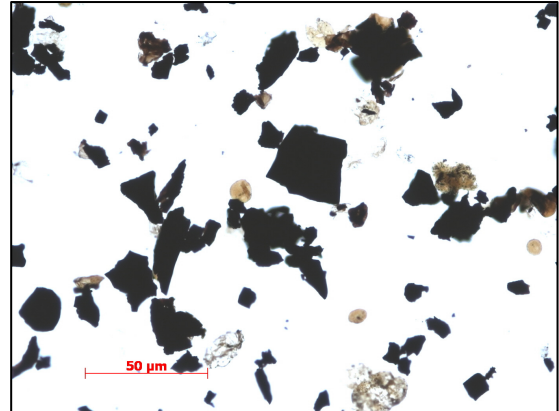


Figura 121 - Predomínio visual dos fitoclastos opacos sobre os não opacos encontrados na amostra Palino 03 (10x).

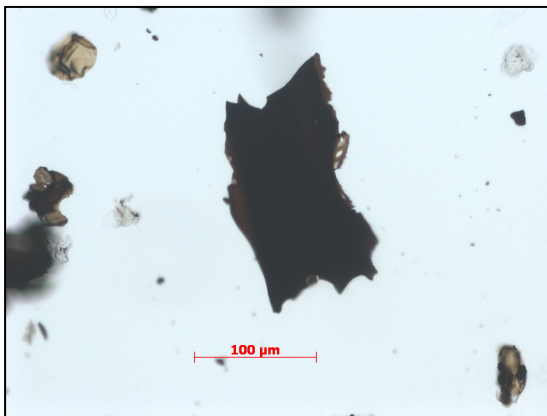


Figura 122 – Fitoclasto não opaco bioestruturado listrado encontrado na amostra Palino 03 (20x).

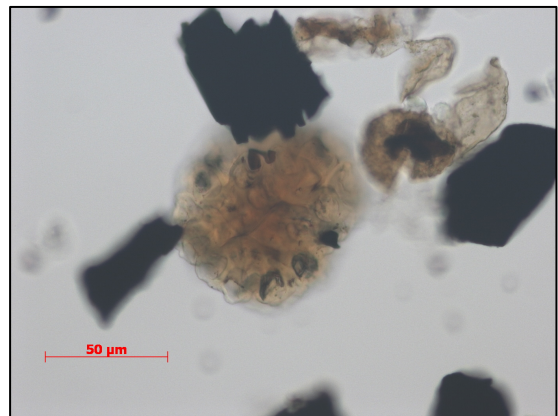


Figura 123 – *Botryococcus braunii* encontrado na amostra Palino 03 (40x).

Na análise palinológica verificou-se uma dominância de grãos de pólen (53,3%) sobre esporos e uma fração mínima de algas (Figura 124). Os grãos de pólen são representados por todos os morfogêneros encontrados, a exceção dos monocolporados, com percentuais bastante significativos, onde se verifica uma dominância de polens poliplicados (Figura 125). Os grãos de pólen pertencentes à Infraturma Costati (poliplicados) são representados por *Vittatina* sp. (75,7%), *Striomonosaccites* sp. (12,1%) e *Marsupipollenites* sp. (3%), estes dois bem menos representativos. O segundo grupo morfogenérico em

representação é o dos grãos de pólen bissacados não teniados, com maior representatividade de *Pteruchipollenites* sp. (50%) e *Alisporites* sp. (30%). *Limitisporites* sp. e *Vestigisporites* sp. completam o grupo, somando 20%. O terceiro grupo em representação na amostra é o dos grãos de pólen bissacados teniados, com maior expressão do *Striatopodocarpites* sp. (77,8%), *Protohaploxypinus* sp. (11,1%) e *Hamiapollenites* sp. (11,1%). Os monossacados de simetria radial (*Crusisaccites* sp.) e os de simetria bilateral (*Potonieisporites* sp.) são pouco representativos no total de grãos de pólen, perfazendo 6,7% e 5,6%, respectivamente. Os monoestriados (*Fusacolpites* sp.) aparecem em 2% do total dos grãos de pólen. Dentro do grupo dos esporos predominam os ornamentados e os lisos, sendo estes os componentes de 74% de todos os esporos encontrados e de 19,1% de todos os palinomorfos (Figura 126). São pertencentes à Infraturma Apiculati e representados, preferencialmente, por *Verrucosisporites* sp., *Cyclogranisporites* sp. e *Horriditriletes* sp., somando os três 89,1% dos esporos deste grupo (Figura 127). O segundo grupo em representação é o dos esporos lisos, ou pertencentes à Infraturma Laevigati, com a presença de todos os gêneros listados na tabela geral de classificação (em anexo), menos *Leiotriletes* sp. Também presentes na amostra, o grupo dos murornados tem sua representação com o gênero *Convolutispora* sp. e o grupo dos cingulicavados é composto pelos gêneros *Lundbladispota* sp. e *Krauselispotes* sp.

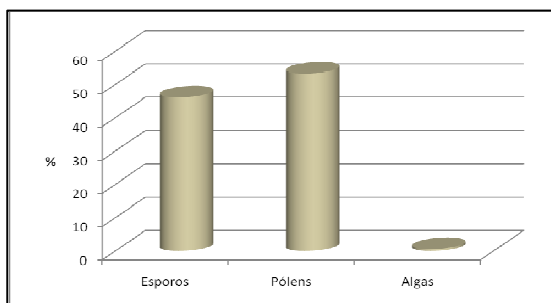


Figura 124 – Distribuição quantitativa de palinomorfos encontrados na amostra Palino 03.

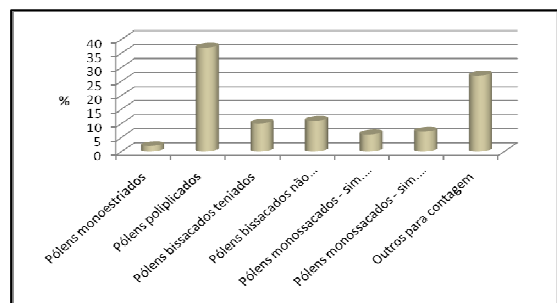


Figura 125 – Dominância dos poliplicados sobre os demais grupos de grãos de pólen da amostra Palino 03.

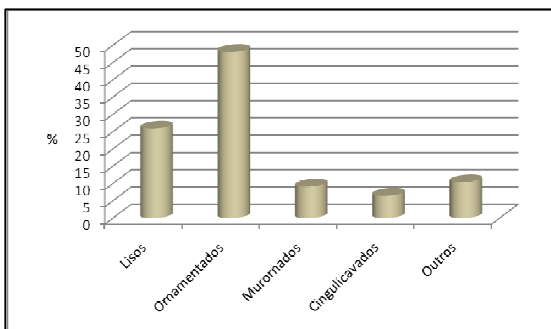


Figura 126 – Distribuição dos grupos de esporos encontrados da amostra Palino 03.

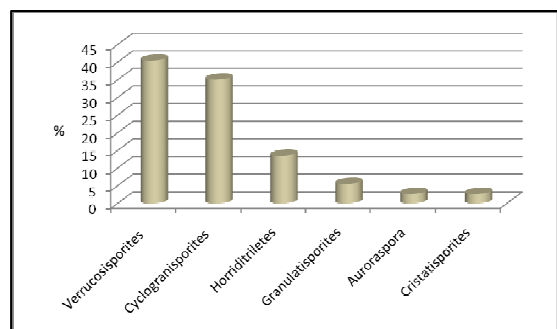


Figura 127 – Dominância de *Verrucosisporites* sobre os demais esporos da Infraturma Apiculati na amostra Palino 03.

Todas as configurações encontradas na amostra, similares em fácies estratigráficas correlacionáveis, apontam para uma amostra que se encontra em zona marinha, provavelmente em *offshore* proximal. A dominância de grãos de pólen sobre esporos, dos fitoclastos opacos alongados, a alta diversidade dos grãos de pólen, onde os bissacados tiveram um maior destaque percentual (estão adaptados para uma dispersão a longas distâncias), corroboram para um posicionamento mais distal da área fonte.

A presença considerável de esporos na amostra pode ser reflexo de contribuição terrígena por fluxos fluviais, já que o índice de bioturbação observado na suíte de traços fósseis **Cr<sub>d</sub>** é ligeiramente mais baixo que o esperado para depósitos de *offshore*. Uma discreta diluição na salinidade pela entrada desses fluxos, reduzindo as condições de estenohalinas para polihalinas, pode ser o fator responsável pela redução na intensidade de bioturbação.

Esta amostra apresenta um pequeno percentual de COT de 0,61%, coerente com uma amostra localizada em *offshore*. O Fi-COT é de 0,52%.

#### 5.4.6 – Amostra PALINO 26

A amostra localiza-se a 181,00 m e é composta por pelitos negros carbonosos homogeneizados pela bioturbação, associados a discretas lâminas de arenitos muito finos com laminação ondulada e marcas de ondas famintas (litofácies **Fb/Swy**, associação de fácies MRd, Tabela 6, Figura 111, Anexo 4: A4x24). Os pelitos contêm a suíte de traços fósseis **Cr<sub>d</sub>**, representativa da Icnofácies Cruziana e contendo icnofábricas de *Chondrites*, *Planolites*, *Teichichnus* e *Thalassinoides* (Bi4-5). Praticamente afossilífera, apresenta os vestígios de 20 exemplares duvidosos de palinomorfos, somente possibilitando o estudo de palinofácies.

Verificou que 64,5% da amostra são compostos por fitoclastos, seguido por palinomorfos (35,5%) (Figuras 128a-b). Deste percentual de fitoclastos, os opacos foram dominantes (82,4%) sobre os não opacos (17,6%) (Figura 129). O grupo dominante é composto, em sua maioria, por material alongado (53,2%) (Figura 130) seguido por material equidimensional (15,8%) sendo o material corroído menos abundante (13,5%). Entre os não opacos (Figura 131), destaca-se o predomínio dos bioestruturados (10,8%) sobre o material não bioestruturado (6,8%). Entre os não bioestruturados, observa-se que os fitoclastos encontram-se, em sua totalidade, degradados. Entre os não opacos bioestruturados, as partículas bandadas e listradas (Figura 132), estão presentes.

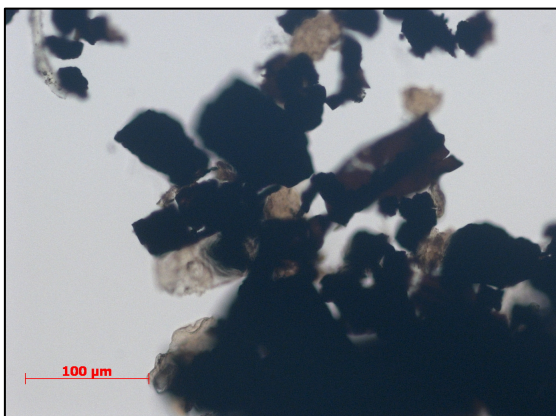


Figura 128a - Vista geral do querogênio encontrado na amostra Palino 26 (20x).

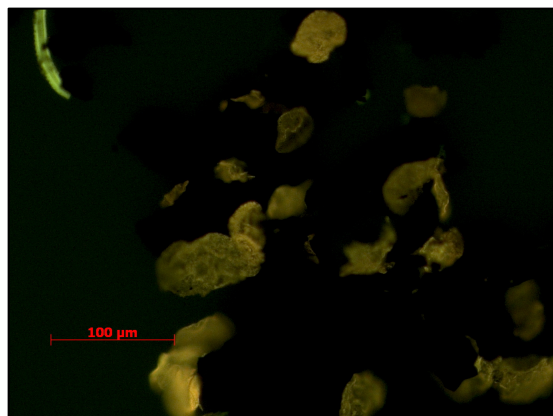


Figura 128b - Vista geral com uso de fluorescência, do querogênio encontrado na amostra Palino 26 (20x).

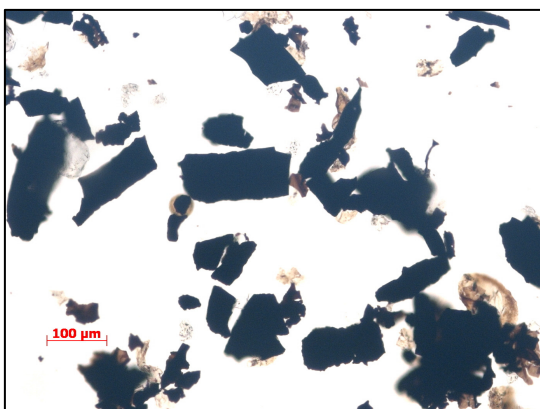


Figura 129 – Dominância dos fitoclastos opacos sobre os não opacos encontrados na amostra Palino 26 (20x).

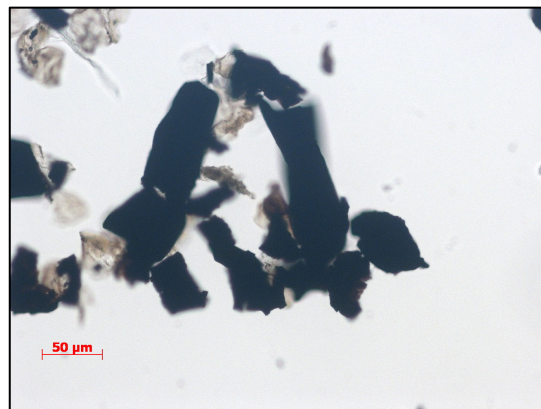


Figura 130 – Fitoclastos opacos alongados encontrados na amostra Palino 26 (20x).

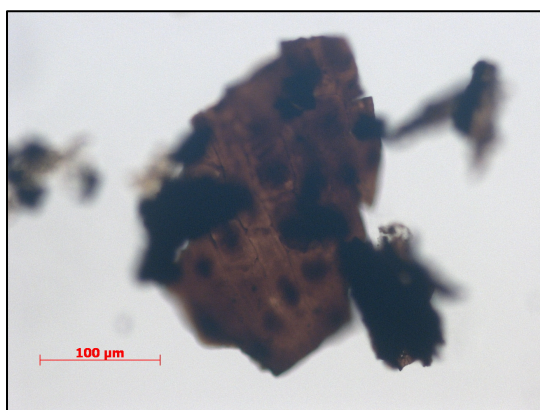


Figura 131 – Fitoclasto não opaco encontrado na amostra Palino 26 (20x).

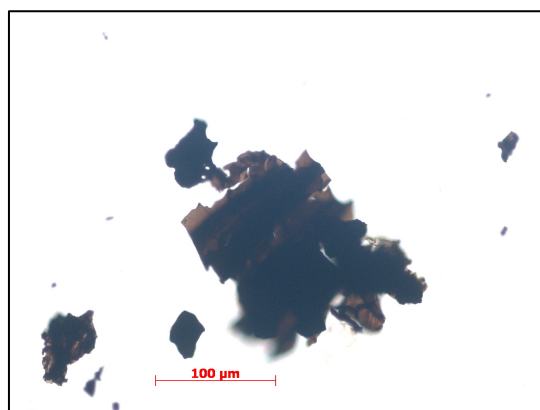


Figura 132 – Fitoclastos não opacos listrados encontrados na amostra Palino 26 (20x).



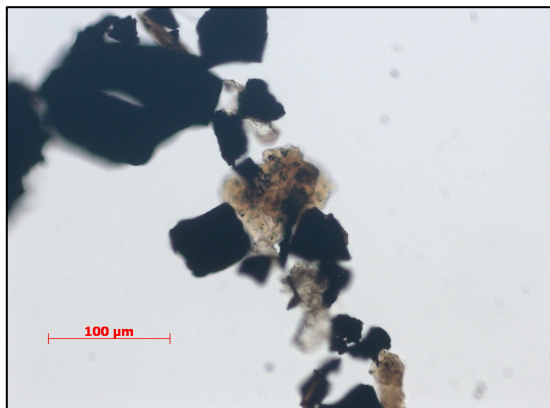


Figura 133a – *Botryococcus braunii* encontrados na amostra Palino 26 (20x).

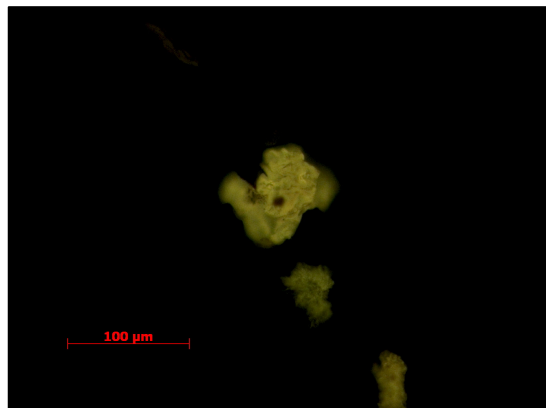


Figura 133b – *Botryococcus braunii* visto com fluorescência, encontrados na amostra Palino 26 (20x).

A análise da matéria orgânica total mostrou uma dominância de opacos alongados, além da discreta presença de partículas não opacas bioestruturadas bandadas e listradas (Figura 132). A presença de tais partículas sugere transporte pouco erosivo (e.g., fluxos gravitacionais).

Dentre os palinomorfos, somente três gêneros puderam ser identificados: *Lundbladispora* sp. (esporo), *Potonieisporites* sp. e *Colpisaccites* sp. (grãos de pólen). Contudo, grãos de pólen compõem 14,2% da matéria orgânica total (Tabela 8), enquanto que os esporos somam 13,1%. Os elementos algálicos do tipo *Botryococcus* só foram vistos com auxílio de fluorescência (Figuras 133a-b) e somam 8,1% da matéria orgânica total. A escassez de palinomorfos identificáveis pode ser consequência de processos de dissolução e de retrabalhamento dos sedimentos e/ou da alta energia do sistema. O aspecto geral encontrado nos palinomorfos mostra uma exina muito fina e opaca, como se fossem residuais, só restando a capa mais resistente.

As características do querogênio encontrados na amostra Palino 26, somadas ao contexto da icnofauna, sugerem ambientes calmos e estáveis, em contexto marinho, relativamente distantes da área fonte vegetal.

Esta amostra apresenta um pequeno percentual de COT de 0,51%, coerente com amostras mais distais. O Fi-COT é de 0,33%.

#### 5.4.7 – Amostra PALINO 24

A amostra localiza-se a 165,40 m e é composta exclusivamente por pelitos negros carbonosos completamente homogêneos pela bioturbação (litofácies **Fb**, associação de fácies MRd, Tabela 6, Figura 111, Anexo 4: A4x25). Buatois *et al.* (2001a,b,

2007) posicionaram nesse intervalo a superfície de inundação máxima (SIM) da sucessão. A amostra mostra-se praticamente afossilífera, possibilitando somente o estudo de palinofácies.

Verificou-se que a amostra é predominantemente composta por fitoclastos (74,8%) e por palinórfos (25,2%). Deste percentual de fitoclastos, os opacos foram dominantes sobre os não opacos, sendo encontrados em 97,2% do material contabilizado. Entre os opacos, os alongados foram mais abundantes (66,8%) (Figura 134) sobre os corroídos (29,1%) (Figura 135) e equidimensionais (1,2%). Entre os poucos fitoclastos não opacos, constatou-se somente a presença de não bioestruturados degradados (1,6%) e não degradados (1,2%).

Na análise palinológica observou-se a dominância de esporos (75%) sobre grãos de pólen e elementos algálicos (vistos somente com fluorescência pelo método anterior – Figuras 136a-b). Pelo estado de degradação dos elementos esporopólicicos identificados, não foi possível classificá-los.

Quando comparada com a amostra anterior, também depositada sob condições marinhas de *offshore*, observa-se um estágio de degradação superior àquele encontrado na amostra Palino 26, sugerindo deposição mais distal, ou seja, em um marinho mais profundo. Essa análise é coerente com a alocação da SIM no intervalo portador da suíte aqui analisada, tal como definido por Buatois *et al.* (2001a,b, 2007).

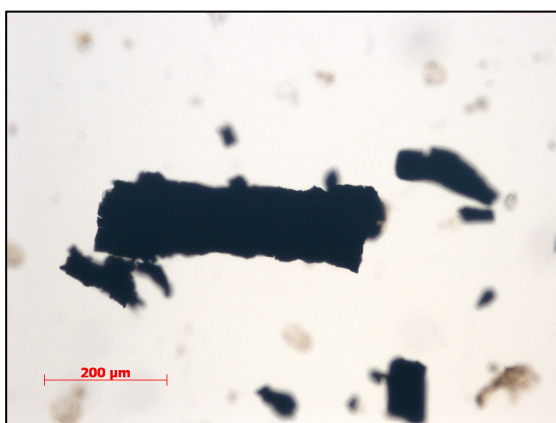


Figura 134 – Fitoclastos opacos alongados encontrados na amostra Palino 24 (10x).

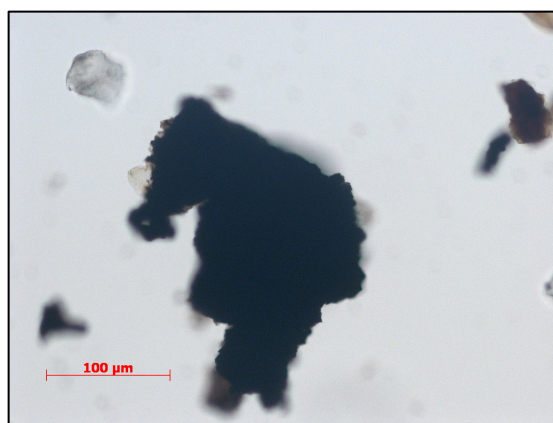


Figura 135 – Fitoclasto opaco corroído encontrado na amostra Palino 24 (20x).



Figura 136a – *Botryococcus braunii* encontrado na amostra Palino 24 (20x).



Figura 136b – *Botryococcus braunii* visto com fluorescência, encontrado na amostra Palino 24 (20x).

Esta amostra apresenta um pequeno percentual de COT de 0,15%, coerente com amostras localizadas em *offshore*. O Fi-COT é de 0,11.



## 6 - INTERPRETAÇÕES PALEOECOLÓGICAS E PALEOAMBIENTAIS E CONSIDERAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS

---

Interpretações paleoecológicas feitas exclusivamente a partir de microfloras gonduânicas do Permiano eram projetos bastante audaciosos há até pouco tempo. Segundo Azcuy (1978), são inúmeros os fatores que desfavorecem sua utilização como indicadores paleoambientais únicos. Há 30 anos, esse mesmo autor sugeriu que, para ter valor ecológico, o estudo palinológico deveria ser realizado com um controle múltiplo, somando informações provenientes de outras disciplinas. Desta maneira, na medida em que se integra com outras áreas das geociências, a palinologia passa a desempenhar um papel relevante e, principalmente, confiável, a partir das análises de palinofácies.

Buatois *et al.* (2001a,b, 2007) analisaram previamente os testemunhos de sondagem utilizados neste trabalho, refinando as interpretações paleoambientais pré-existentes para a Formação Rio Bonito a partir da análise integrada da sedimentologia e da paleoicnologia dos depósitos estudados. As conclusões obtidas advieram de um estudo de alta resolução estratigráfica (5ª e 6ª ordem) e não necessariamente se expressam em escala regional ou de bacia. Contudo, em linhas gerais, os paleoambientes interpretados se expressam em outras localidades do RS onde também se acumulam depósitos carboníferos. Os autores definiram quatro paleoambientes distintos: flúvio-estuarino (canais fluviais e planícies de inundação associadas), estuarino dominado por marés (canais estuarinos, pântanos e mangues associados), estuarino dominado por ondas (baía estuarina e complexo de boca de estuário) e marinho raso (*foreshore* e *shoreface*). Para a Formação Palermo, parece ser de concordância geral tratar-se de depósitos marinhos plataformais (*shoreface* inferior – *offshore*).

Uma vez que foram analisadas amostras de fácies equivalentes presentes em diferentes associações de fácies, optou-se por utilizar esse conjunto como base para as interpretações paleoambientais feitas a partir da análise paleopalínológica. Assim, serão analisadas em bloco as amostras que compõem as associações de fácies CF (canais fluviais), Es (depósitos estuarinos) e MRd (depósitos marinhos rasos distais), por serem as que concentram os depósitos pelíticos que foram analisados (Figuras 29 a 32). Contudo, e devido a particularidades relevantes, algumas fácies específicas da associação de fácies Es serão detalhadas, a título de complementação. As afinidades entre as assembléias paleopalínológicas das diferentes fácies analisadas foram definidas com o auxílio de análises de *cluster* (ver metodologia).

## 6.1 – Considerações paleoecológicas e paleoambientais

### 6.1.1 - Depósitos de canais fluviais – Associação de fácies CF

Os rios são cursos naturais de água doce, na maioria das vezes com canais definidos e fluxo permanente ou sazonal que migra em direção a um oceano, lago ou outro rio. Dada a sua capacidade de erosão, transporte e deposição, os rios são uns dos principais agentes dos processos exógenos (Menezes 2004).

Estes depósitos são representados aqui pela amostra Palino14, localizada no testemunho IC-12-RS (Figura 32), não apresentam bioturbações de origem animal. A amostra orgânica total é composta predominantemente por fitoclastos opacos alongados seguidos por corroídos e equidimensionais, e os palinomorfos encontrados são indiferenciados em sua maioria.

Portanto, apesar da amostra única, pode-se dizer que os opacos são indicativos de condições de oxidação e que estas condições muito provavelmente provêm de flutuações da lâmina d'água. A presença de opacos predominantemente alongados sobre os demais indica situação de transporte, já que são altamente flutuantes. A ausência de traços fósseis certamente é decorrente das condições mais energéticas do meio. Com isso, é possível que desativações dos canais sejam responsáveis pelo acúmulo de material vegetal e sua reativação promova a destruição do material palinológico.

### 6.1.2 - Depósitos estuarinos – Associação de fácies Es

Estes depósitos englobam os depósitos de canais de maré, planície de maré, pântanos, mangues e lagunas em contexto estuarino. Geralmente são áreas planas, contendo vegetação herbácea e/ou arbustiva em seu contexto, que permanecem grande parte do tempo inundadas devido a um nível de base alto. São ecossistemas costeiros, basicamente de transição entre ambientes terrestres e marinhos rasos, e suas diferenciações são muito particulares (Menezes 2000). De qualquer forma, no Permiano, os ecossistemas formadores dessa associação deviam ter elevada produtividade biológica, conforme indicam os organismos bioturbadores, constituídos por pequenos crustáceos decápodes, organismos vermiformes, anelídeos e, possivelmente, braquiópodes e pelecípodes (Pemberton *et al.* 2001,

Fernandes *et al.* 2002). Segundo Azcuy (1978), estes ecossistemas complexos são os que melhores preservam restos de vegetais terrestres, em comparação com outros paleoambientes.

Os depósitos da associação de fácies Es normalmente se assentam sobre os depósitos de canais fluviais (associação CF). São formados por leitos de arenitos finos, onde se observam superfícies de reativação e bidirecionalidade das camadas, e por leitos de carvão, pelitos carbonosos e margas, característicos de pântanos e mangues, todos sugestivos de corpos de água rasos e paleossolos associados, gerados lateralmente aos canais estuarinos ou mesmo a partir da desativação dos canais. Sobre estes depósitos, muitas vezes assentam-se arenitos bem selecionados grossos a finos, com feições sedimentares indicativas da ação de marés e/ou ondas, características de um complexo de boca do estuário

A maior parte dos depósitos portadores de icnofósseis da associação de fácies Es evidenciam condições de significativo estresse ambiental, particularmente por diluição da salinidade normal, que é comum em ambientes marginais marinhos (cf. Pemberton & Wightman 1992). Sob tais condições, ocupam nichos ecologicamente estressados que são caracterizados pela dominância de suítes com baixa icnodiversidade e compostas por escavações simples, por vezes assumindo caráter monoespecífico (Buatois *et al.* 2001a,b,c, 2007, Netto 1996, 1997, 1998, Netto *et al.* 1991, 1999, Pemberton *et al.* 2001, Netto & Rossetti, 2003).

A associação de fácies Es não contraria o esperado. É composta por uma assembléia empobrecida de icnofósseis, integrada por *Ophiomorpha*, *Skolithos*, *Thalassinoides*, *Palaeophycus* e *Rhizocorallium*, indicando influência marinha no sistema. Essa assembléia ocorre em suítes (grupos menores de traços fósseis dentro de uma assembléia) com composição e índice de bioturbação (Bi) variáveis nas diferentes fácies que compõem a associação de fácies Es, revelando a maior ou menor adaptabilidade dos escavadores da infauna às condições físico-químicas do meio. Os pelitos (fácies *Fr*) contêm a suíte **G1** (Glossifungites), monoespecífica para *Thalassinoides* de tamanhos reduzidos e de ocorrência esparsa (Bi2), cujos limites bem marcados da escavação sugerem colonização em substratos firmes. Já os pelitos negros (fácies *Fb*) contêm a suíte **Cr<sub>d</sub>** (Cruziana distal), com índice de bioturbação variando de Bi3 (suítes mais basais) a Bi4-5 (suítes mais de topo). A suíte **Cr<sub>d</sub>** é composta por icnofábricas de *Thalassinoides*, *Planolites*, *Palaeophycus* e *Teichichnus* muito pequenos, com os exemplares de *Thalassinoides* apresentando tamanhos reduzidos nas suítes com Bi4-5. Os arenitos grossos que se assentam sobre pelitos carbonosos (fácies *Gt*) contêm *Thalassinoides* em suíte **G1** e rizobioturbação no topo, seguido da suíte **SkCr** (Skolithos-Cruziana empobrecida) com Bi4-5, indicativa de condições de água

polihalina e de energia moderada. Verifica-se também a ocorrência de suítes monoespecíficas de *Ophiomorpha* (Buatois *et al.* 2001a,b, 2007).

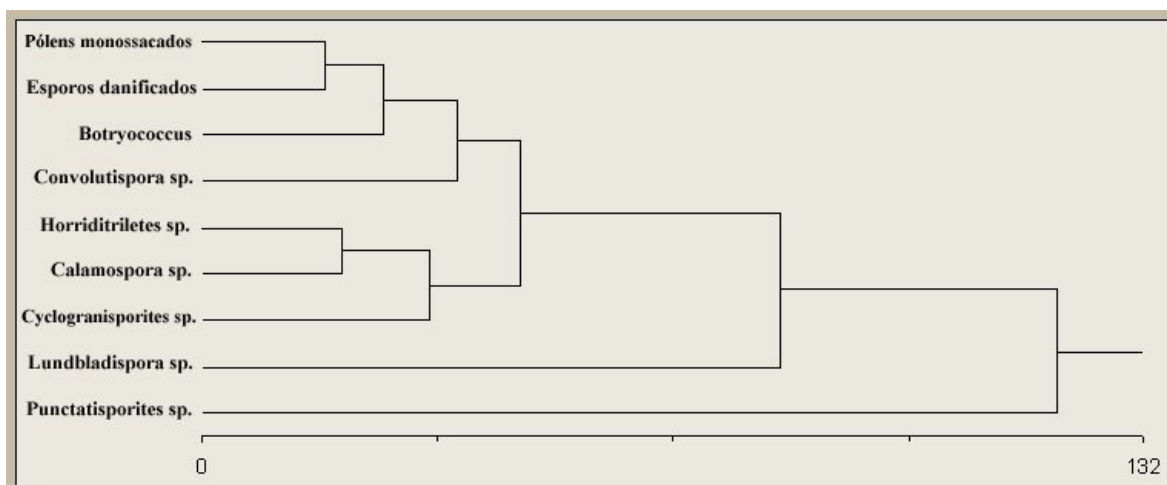
#### 6.1.2.1 - Os mangues e os pântanos

Ambos são baixios inundados, dispostos em áreas planas associadas a ambientes terrestres e marginais marinhos. Caracterizam-se pela associação de vegetação arbórea, arbustiva e herbácea. Mangues modernos se caracterizam pelo crescimento de plantas halófitas em zonas protegidas na região de supramaré, margeando lagunas e estuários (Suguio 1992).

As amostras procedentes de níveis interpretados como depósitos de pântanos e mangues (amostras Palino 04, 10, 19, testemunho de sondagem IC-07-RS; Palino 07, 13, 23, testemunho de sondagem IC-44-RS; Palino 02, 06, 09, testemunho de sondagem IC-03-RS; Palino 11, 20, testemunho de sondagem IC-12-RS) mostram uma dominância estatística de esporos sobre grãos de pólen e elementos algálicos. *Convolutispora* sp. (Infraturma Muronati), *Horriditriletes* sp. e *Cyclogranisporites* sp. (Infraturma Apiculati) e *Punctatisporites* sp. (Infraturma Laevigati) são os esporos dominantes nessas fácies. Possuem associação botânica com o grupo pteridofítico das filicopsidas (conhecidas como fetos ou samambaias) e caracterizam-se por terem sido herbáceas que necessitavam de alta concentração de umidade, desenvolvendo-se sob condições higro a mesófilas, sempre próximas a corpos de águas doces ou salobras. *Lundbladispota* sp. (Infraturma Cingulicavati) é o principal representante das licopsidas nesses depósitos, refletindo condições higrófilas, em contato direto com corpos de água, preferencialmente doces, mas suportando um nível baixo de salinidade no sistema (DiMichele & Phillips 1985). Também importante é o percentual encontrado de *Calamospora* sp., representante das esfenófitas, possivelmente derivado de vegetação de hábito herbáceo-arbustivo (Ianuzzi & Vieira 2005).

Segundo a análise de agrupamento, *Punctatisporites* sp., *Lundbladispota* sp. e *Cyclogranisporites* sp. formam a tríade mais importante desses ecossistemas, caracterizando-o de tal forma que pode ser usado como sinalizador para ambos os ambientes. Já *Cyclogranisporites* sp., *Calamospora* sp. e *Horriditriletes* sp., compõem o segundo grupo parental a ser encontrado em mangues ou pântanos (Tabela 12).

Tabela 12 – Análise de agrupamento – fase 3 – das amostras de mangue/pântano.



Os grãos de pólen restringem-se à presença de alguns pólen monossacados, quando agrupados em alta resolução. Bem menos representativo, mas existente, está *Cycadopites* sp. (grãos de pólen monocolporados), característico de ambientes quentes e úmidos, próprio de ambientes mesófilos (Hill 2004). Sua presença nas amostras da associação de fácies Es sugerem, para a época da deposição, o estabelecimento de um clima quente e úmido e a existência de terras mais elevadas próximas à área onde se formavam os pântanos e os mangues.

A presença percentual elevada de *Botryococcus braunii* entre os palinomorfos mais representativos dessas fácies reforça a existência de um paleoambiente transicional entre continental e marinho (Batten & Grenfell 1996), de condições de maior umidade e uma certa profundidade do corpo d'água.

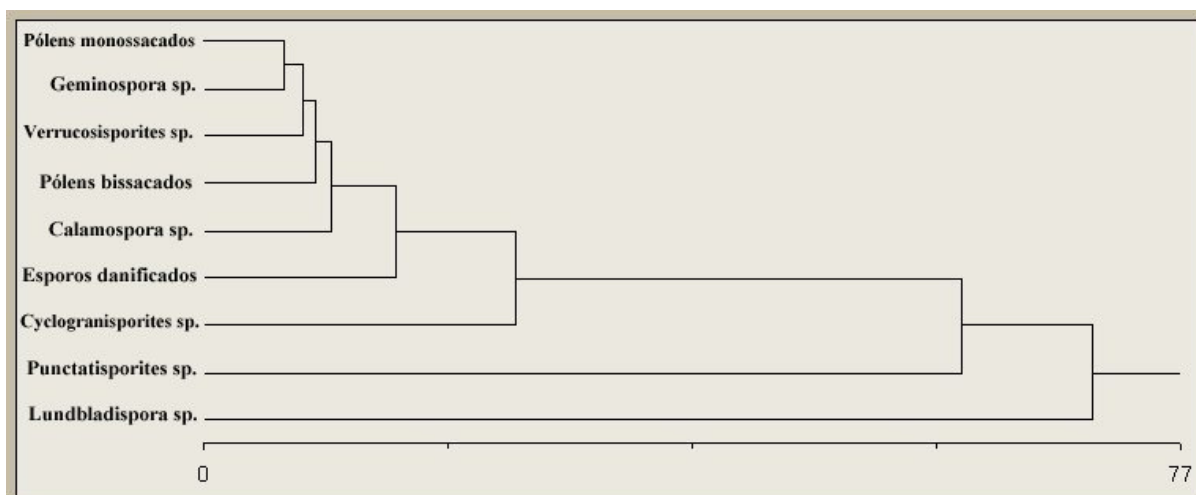
### 6.1.2.2 - Baía estuarina

Estuário é a porção territorial de frente para o mar de um sistema de vale afogado que recebe sedimentos fluviais e marinhos e que contém fácies influenciadas por marés, ondas e processos fluviais (Dalrymple *et al.* 1992). Seu nome deriva do latim *aestus* (maré) e designa ambientes muito especiais que ocorrem ao longo da costa em lugares onde os rios deságuam no mar. Possui circulação mais ou menos restrita, porém muito ligada ao oceano aberto, e correspondem a desembocaduras fluviais afogadas que sofrem diluição significativa de salinidade em virtude do afluxo de água doce (Suguió 1992).

Em termos palinológicos, as amostras coletadas (amostras Palino 17, testemunho de sondagem IC-07-RS; Palino 15, 18, 22, 25, testemunho de

sondagem IC-44-RS; Palino 21, testemunho de sondagem IC-03-RS; Palino 16, testemunho de sondagem IC-12-RS) não diferem muito da assembléia verificada nas fácies indicativas de mangues e pântanos, contendo dominância de filicopsidas sobre licopsidas e esfenopsidas. As presenças associadas de *Verrucosisporites* sp. (*Infraturma Apiculati*) e *Geminospora* sp. (*Infraturma Monopseudosacciti*) parecem ser o diferencial neste sistema. Contudo, segundo a análise de agrupamento, *Punctatisporites* sp., *Lundbladispota* sp. e *Cyclogranisporites* sp. formam também aqui a tríade mais importante das fácies de estuário (Tabela 13). Aos grãos de pólen monossacados juntam-se os bissacados, o que não acontecia em percentual significativo nas fácies anteriores, mas estes se apresentam indiferenciados do total de palinomorfos. Os elementos algálicos praticamente desaparecem, sendo representados unicamente por *Botryococcus braunii* e *Tetraporina* sp. (um exemplar de cada) e dois exemplares indistintos.

Tabela 13 – Análise de agrupamento – fase 3 – das amostras da baía estuarina.



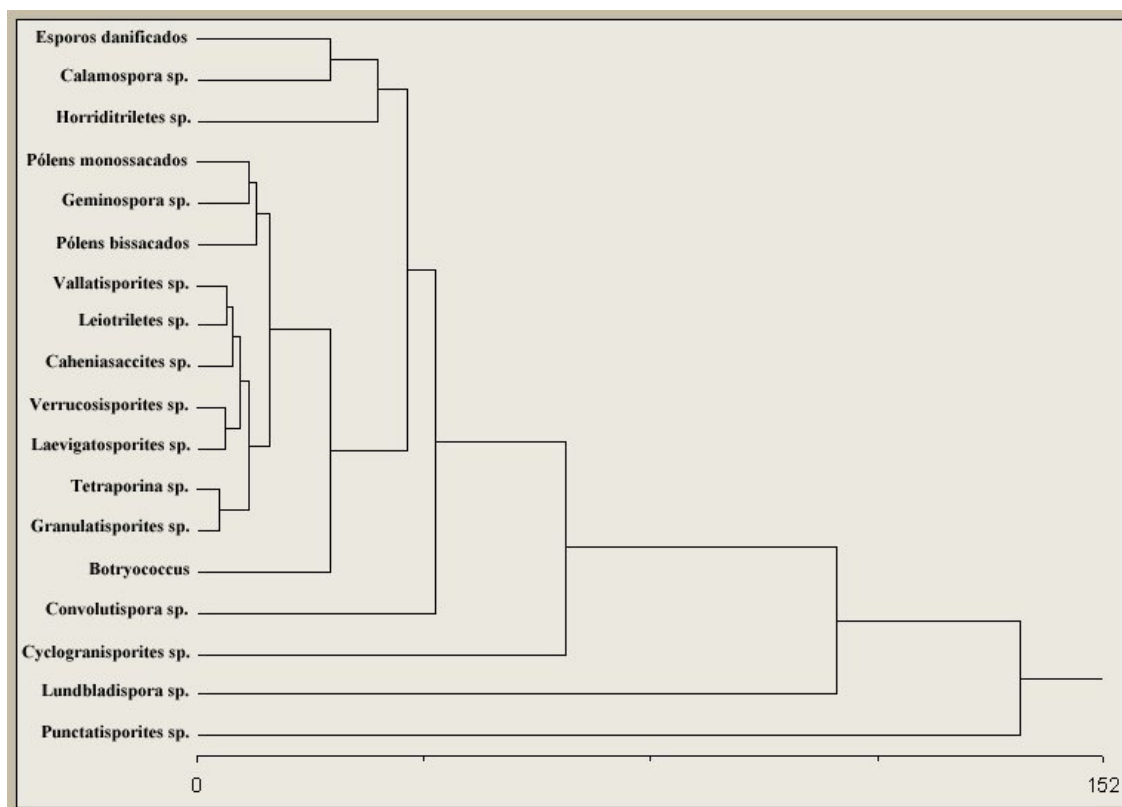
Os resultados dessa análise permitem observar uma similaridade estatística entre aquela realizada nos mangues e pântanos, não só pelo conteúdo paleoicnológico comum, mas também pelo conteúdo palinológico. Por essas características tão similares, a associação de fácies Es foi descrita como uma só. Com isso, conseguiu-se verificar os palinomorfos mais representativos no domínio de águas salobras. Os esporos têm participação absoluta neste sistema e suas afinidades botânicas incluem a presença de licófitas, esfenófitas e filicopsidas, sinalizando, a presença de corpos de água proximais. As licófitas são representadas por *Vallatisporites* sp. e *Lundbladispota* sp., muito embora tenham sido desassociados pela análise de agrupamento, o que significa que, embora importante no

contexto, *Vallatisporites* sp. pode ou não aparecer nesta associação. As filicopsidas são representadas por *Horriditriletes* sp., *Leiotriletes* sp., *Verrucosisporites* sp., *Granulatisporites* sp., *Convolutispora* sp., *Cyclogranisporites* sp. e *Punctatisporites* sp., constituindo-se no grupo botânico mais representativo. Essa maior representatividade das filicófitas é consistente com a interpretação paleoambiental feita por Buatois *et al.* (2001a,b, 2007), definindo-os como um corpo de água raso, influenciado, em certo momento, por marés e ondas, com conexão bem evidenciada com o oceano, marcado por icnofauna característica para ambientes salobros. As esfenófitas possuem pouca representação, que se expressa pela presença de esporos da Infraturma *Laevigati* (*Calamospora* sp. e *Laevigatosporites* sp.). Apesar de ocorrerem em agrupamentos específicos com outros táxons (Tabela 14), são sinalizadores de um sistema de corpos de água rasos e de ambiente com altas taxas de umidade relacionadas (Ianuzzi *et al.* 2006).

A presença de grãos de pólen é bastante relativa nos paleoambientes dessa associação, restringindo-se à ocorrência indiferenciada de grãos monossacados e bissacados, o que sugere uma tendência de distalidade alta (Tyson 1995). Isso significa que foram levados para dentro dos depósitos estuarinos provavelmente pelo vento.

Com o resultado dessas análises verificou-se um padrão de assembléia para os paleoambientes salobros na área de estudo. Ele é composto preferencialmente por quatro esporos *Punctatisporites*, *Lundbladispota*, *Cyclogranisporites* e *Convolutispora*, sendo estes os principais e dominantes componentes das amostras que representam esses ambientes. Os elementos algálicos, principalmente *Botryococcus braunii* e *Tetraporina* sp. associados aos demais esporos das Infraturmas *Apiculati* e *Laevigati*, também contribuem para a determinação da assembléia paleopalínológica para associações de caráter salobro, pela sua capacidade de tolerar ambientes de águas salinas.

Tabela 14 – Análise de agrupamento – fase 3 – das amostras da associação de fácies Es.



### 6.1.3 - Depósitos marinhos – Associação de fácies MRd

São os depósitos formados pelo acúmulo de materiais compostos pela ação marinha, em regiões litorâneas ou de mares profundos (Suguio 1992).

Todas as amostras são compostas por pelitos negros carbonosos contendo, na maioria das vezes, alto grau de bioturbação, podendo chegar até a completa homogeneização dos sedimentos pela ação bioturbadora. Apresentam intercalação de arenitos finos com laminação cruzada por ondas e laminação ondulada (litofácies *Sw/Swy/Fb*). Os intervalos bioturbados exibem uma icnofauna indicativa de Icnofácies Cruziana arquetípica (suite **Crđ**, Bi5-6), contendo icnofábricas de *Asterosoma*, *Chondrites*, *Diplocraterion*, *Helminthopsis*, *Planolites*, *Palaeophycus*, *Rhizocorallium*, *Rosselia*, *Thalassinoides*, *Teichichnus* e *?Zoophycos*. Apesar da maioria dos icnogêneros representados nas icnofábricas observadas possuírem caráter oportunista e adaptarem-se a condições de baixa salinidade, o mesmo não se observa para *Asterosoma*, *Diplocraterion* e *Rosselia*, que suportam no máximo condições polihalinas, e para *Zoophycos*, produzido por organismos de hábito essencialmente estenohalino. A icnofauna registrada sugere deposição em *shoreface* inferior transicionando



para *offshore* (Pemberton *et al.* 2001) e, de acordo com a composição das suítes e a intensidade de bioturbação, podem chegar a representar depósitos de *offshore* inferior, como no testemunho de sondagem IC-12-RS. Nestes intervalos, Buatois *et al.* (2001a,b, 2007) posicionaram a superfície de inundação máxima (SIM) da sucessão estudada.

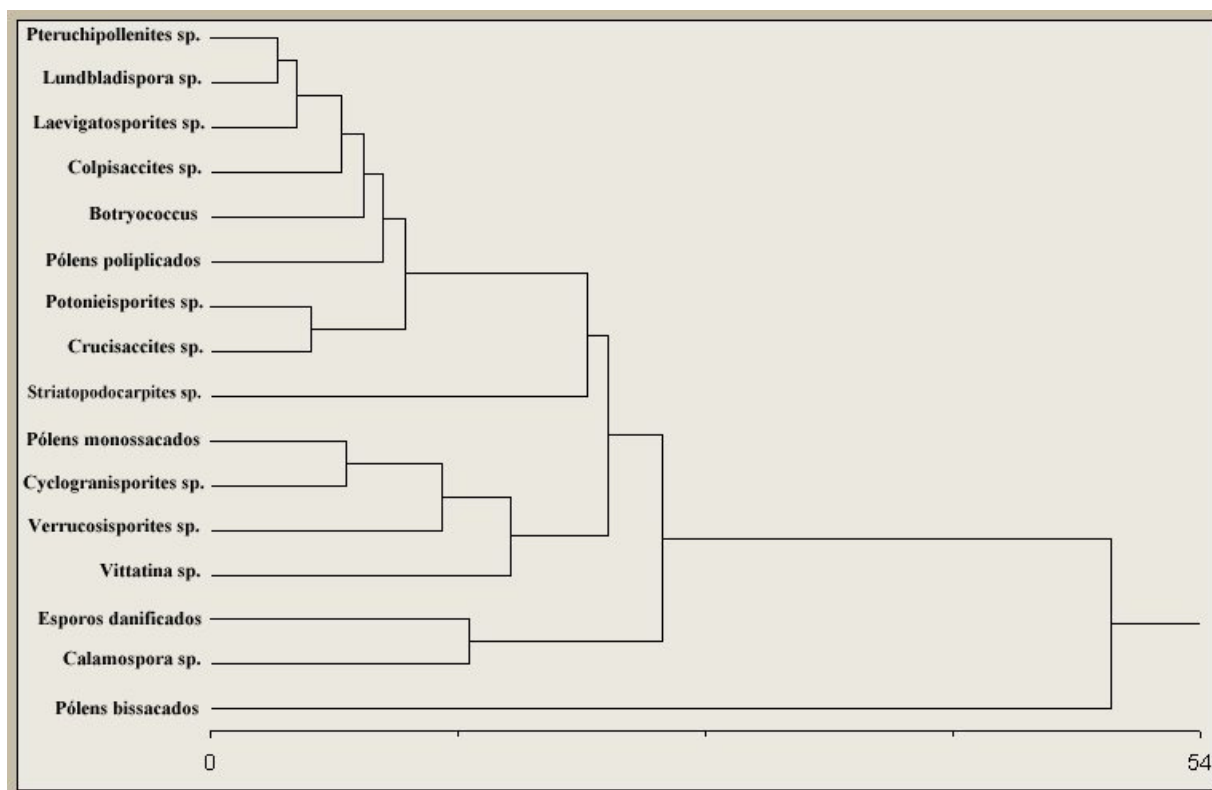
Em termos palinológicos, encontrou-se uma completa inversão estatística em relação às amostras que compõem a associação de fácies Es. As primeiras denotaram uma dominância de esporos sobre grãos de pólen, que, além de ocorrerem em minoria nas amostras da associação de fácies MRd (amostras Palino 5, 8, testemunho de sondagem IC-07-RS; amostra Palino 1, testemunho de sondagem IC-44-RS; amostra Palino 12, testemunho de sondagem IC-03-RS; amostras Palino 3, 24, 26, testemunho de sondagem IC-12-RS), apareceram muitas vezes indiferenciados. Segundo Azcuy (1978), alguns detalhes morfológicos devem contribuir para uma interpretação paleoambiental, em especial as estruturas que servem à dispersão, geralmente verificada nas exinas. A espessura da membrana se apresenta geralmente grossa em regiões áridas e fica mais fina em ambientes aquáticos ou de muita umidade. Os esporos apresentam uma câmara que se enche de ar e facilita o transporte pela água. Nos grãos de pólen, a separação das membranas forma vesículas ou sacos que facilitam a dispersão pelo ar (Figura 48). Assim, a dominância dos grãos de pólen sobre os esporos em praticamente todas as amostras (exceção da amostra Palino 24) dessa associação de fácies é devidamente explicada, pois se tratam de depósitos mais distais às áreas fontes vegetadas que, aparentemente, eram ricas em pteridospermas e gimnospermas.

Os grãos de pólen têm representação em todas as Infraturmas e gêneros estudados neste trabalho (Anexo 2), compondo uma assembléia bastante característica para o cenário do Paleozóico Superior do Gondwana, e que já foi amplamente estudada, principalmente do ponto de vista sistemático (ver Capítulo 1 – Introdução Histórica). Não se trata aqui, portanto, de quem compõe a assembléia, mas de como ela é estruturada.

A análise de agrupamento revelou que grãos de pólen bissacados não teniados e/ou teniados e de poliplicados (*Vitattina* sp.) juntamente com *Calamospora* sp. (com afinidade botânica relacionada à esfenópsidas) constituem o grupo mais relevante da associação de fácies MRd e definem o padrão de assembléia palinológica para ambientes costeiros marinhos (Tabela 15). Representantes das licófitas (*Lundbladispora* sp.), esfenófitas (além de *Calamospora* sp., *Laevigatosporites* sp.) e filicófitas (*Cyclogranisporites* sp. e *Verrucosisporites* sp.) também estão presentes e relacionadas entre si como elementos

residuais da associação de fácies Es, comprovadamente acessórios na associação de fácies MRd.

Tabela 15 – Análise de agrupamento – fase 3 – das amostras da associação de fácies MRd.



A presença de esporos da *Infraturma Apiculati* juntamente com o grupo dos grãos de pólen monossacados deve ser ressaltada, mas não mostra distalidade tão evidente como no grupo dos bissacados e poliplicados, que, pela sua estrutura física e evolutiva, alcançam maiores distâncias quando em chuva polínica. Por isso, conclui-se que próximo à área estudada existiram terras mais elevadas com bosques de Coniferales, Glossopteridales e Gnetales, cujo aporte em chuva polínica se evidencia em zonas mais baixas, passando suavemente sobre o estuário e depositando-se em zona marinha.

Segundo Mendonça Filho (1999), a presença de algas *Chlorophyta*, gênero *Botryococcus*, nas amostras da Formação Palermo não são muito comuns. Entretanto, essas algas foram encontradas em mais de 70% das amostras aqui analisadas, que caracterizam a transição entre as formações Rio Bonito e Palermo e compõem, na área de estudo, a base da Formação Palermo. Os demais elementos algálicos encontrados nas amostras da associação de fácies MRd sugerem depósitos próximos à zona costeira, podendo haver graduações de salinidade variáveis no decorrer do tempo.

Entretanto, em duas amostras (amostra Palino 08, testemunho de sondagem IC-07-RS e amostra Palino 12, testemunho de sondagem IC-03-RS; Figuras 59 e 93), encontraram-se colônias completas de *Botryococcus*. *B. braunii* é uma microalga verde colonial planctônica de caráter onipresente que atua como importante sintetizador de lipídios em ecossistemas de águas doces e salobras, sendo responsável pela síntese da maior parte dos hidrocarbonetos de algumas rochas sedimentares organógenas (Simpson *et al.* 2003). A ação bioquímica dessas microalgas gera componentes poliprenóides tetracíclicos (TPP), que estão presentes em concentrações relativamente altas em hidrocarbonetos e rochas fontes associadas depositadas sob condições de água doce ou salobras, mas, em amostras provenientes de depósitos marinhos ou geradores de carvão, esses componentes ocorrem tipicamente em baixas concentrações (Holba *et al.* 2000, Rao *et al.* 2007).

Brenner & Foster (1994) mencionam que a reprodução de algas Chlorophyta está relacionada à menor salinidade da água, ou seja, o sucesso reprodutivo das colônias de *Botryococcus* estaria relacionado à presença de águas doces ou com muito pouca salinidade no sistema e, sendo assim, as colônias seriam mais adequadamente localizadas em ambientes menos salinos. Contudo, e à exceção de ambientes estagnados, o hábito planctônico de *B. braunii* desfavorece muito a preservação fóssil de colônias intactas. Assim, seria de esperar uma maior ocorrência fóssil das Chlorophyta de hábito salobro, essencialmente bentônicas, o que aumenta consideravelmente as chances de preservação de colônias intactas em corpos de água de baixa energia. Qin (2005), ao testar o impacto de fatores ecológicos limitantes como temperatura, luz e salinidade no crescimento de *B. braunii*, concluiu que o máximo de geração de biomassa e de concentração de lipídios se dá a temperatura média de 23°C, sob irradiação luminosa de 30~60 W/m<sup>2</sup>, em fotoperíodos que alternam 12 h de luz e 12 h de escuridão e em águas com salinidade média 8,775‰ (mesohalinas, contexto salobro, Wightman *et al.* 1987). Na literatura, observa-se que os exemplares encontrados em ambientes mais estagnados preservam-se geralmente em ambientes de águas doces e rasas (Gray 1960, Emberger 1968, Tappan 1980, Guy-Ohlson 1992), podendo ocorrer em águas salobras (Wake & Hillen 1980, Wake 1983, DeDeckker 1988, Testa *et al.* 2001, Ottone *et al.* 2005, Jasper *et al.* 2006, Medeanic 2006, Gandini *et al.* 2007, Borel 2008) ou ocasionalmente em lagos salgados com forte influência marinha (Guy-Ohlson 1992, Vér 1994, Holz & Dias 1998). Cazzulo-Kleipzig (2001) também observou uma boa preservação dessas colônias, mesmo quando o ambiente em que se desenvolvem fica sujeito a periódicas ingressões marinhas.

Assim, a presença de colônias de *Botryococcus* localizadas em duas amostras de pelitos da associação de fácies MRd sugere salinidade da água mais baixa que aquela anunciada pelas suítes de traços fósseis presentes nesses depósitos, pertencentes à Icnofácies Cruziana arquetípica. Sugere também um corpo de água bastante quieto e raso, única situação tafonômica passível de preservar colônias bentônicas intactas (Brenner & Foster 1994).

Ambas as amostras situam-se bem no topo da sucessão analisada e ocorrem em níveis que se assentam sobre outros de mesma natureza litofaciológica, contendo a suíte Cr com Bi5, no testemunho IC-07-RS e Cr<sub>a</sub> com Bi5-6, no testemunho IC-03-RS. A presença dessas suítes indica águas poli a estenohalinas, num contexto tipicamente marinho franco (Bromley 1996, Wightman *et al.* 1987, Pemberton & Whigtman 1992, Pemberton *et al.* 2001, Netto 1994, 1998, 2001, Buatois *et al.* 2001a,b, 2005, 2007). A preservação das colônias de *Botryococcus* nesse intervalo sugere uma redução na salinidade da água, com o estabelecimento de águas oligo a mesohalinas. O contexto transgressivo da sucessão faz com que esse tipo de situação ambiental seja esperado até que ocorra o completo afogamento do sistema marginal marinho. A preservação das colônias de *Botryococcus* nesse intervalo sinaliza que as fácies de *offshore* presentes no topo da sucessão estudada ainda não caracterizam o completo afogamento do sistema, como inicialmente suposto por Buatois *et al.* (2001a,b, 2007). Sugere, mais bem, uma queda do nível de base, com maior afluxo de água doce dentro do sistema, que passaria a se comportar como uma baía estuarina. Como as amostras estão bem no topo do testemunho, não há como avaliar, do ponto de vista faciológico e paleoicnológico, o retorno das condições marginais marinhas. Contudo, o índice Fi-COT baixo (0,24) em ambas as amostras parece ser um indicador do predomínio de águas marinhas no sistema, já que, segundo Holba *et al.* (2000) e Rao *et al.* (2007), são nessas condições (além da geração de carvão) que os componentes orgânicos gerados a partir da decomposição dessas algas ocorrem tipicamente em baixas concentrações.

De acordo com Netto (1994), o testemunho de sondagem CA-74-RS, perfurado a noroeste da área de estudo e que representa o registro mais marinho dessa área, mostra o total estabelecimento das condições marinhas bem antes desse intervalo, a partir de uma superfície de inundação equivalente à principal superfície de inundação marinha registrada por Buatois *et al.* (2001a, b, 2007) (superfície SI, Figura 137). Essa situação também se expressa nos testemunhos de sondagem IC-12-RS (o que melhor representa os depósitos marinhos rasos na seção estudada neste trabalho), CA-61-RS, CA-62-RS (Netto *et al.* 2007, p. 162, fig. 4) e CA-78-RS (R.G. Netto, comunicação pessoal), cuja faciologia e

assinatura paleoicnológica demonstra o pleno estabelecimento das condições marinhas rasas, sem evidência de redução na salinidade da água, e onde Buatois *et al.* (2007) e Netto *et al.* (2007) identificaram uma possível candidata a superfície de inundação máxima (SIM) dessa seção. A correlação faciológica destes testemunhos (Figura 137) permite inferir que o intervalo não recuperado no testemunho IC-03-RS provavelmente caracterize depósitos heterolíticos e pelíticos das associações de fácies MRd contendo suítes de Icnofácies Cruziana arquetípica, como observado nos demais poços. Contudo, os estratos depositados por sobre a SIM no testemunho IC-12-RS mostram a presença recorrente da suíte Glossifungites intercalada às suítes de Icnofácies Cruziana arquetípica (suítes **Cr<sub>p</sub>** e **Cr<sub>d</sub>**), um sinal claro de raseamento, reforçando a idéia de uma queda do nível de base no intervalo correspondente aos níveis de ocorrência das colônias de *Botryococcus* nos testemunhos IC-03-RS e IC-07-RS.

Com base nessas evidências, avalia-se que a SIM proposta por Buatois *et al.* (2007) e Netto *et al.* (2007) esteja intimamente relacionada aos níveis imediatamente abaixo daqueles representados pelas amostras Palino 08 (IC-07-RS) e Palino 12 (IC-03-RS), e que os níveis contendo as colônias de *Botryococcus* caracterizem a expressão marginal marinha da seção condensada associada à SIM, na seção estudada.

## 6.2 – Considerações estratigráficas

A análise paleopalinológica de alta resolução efetuada nas amostras estudadas permitiu tecer algumas considerações estratigráficas que podem contribuir significativamente para: (i) futuras correlações e refinamento das interpretações dos depósitos da jazida carbonífera do Iruí; e (ii) sinalizar situações que podem ser esperadas em outras jazidas e que talvez não sejam perceptíveis sem uma análise integrada da sedimentologia, da paleoicnologia e da paleopalinologia dos depósitos.

A análise temporal das assembléias paleopalinológicas presentes em cada amostra de cada testemunho de sondagem, da mais antiga para a mais jovem, corrobora a tendência transgressiva dos depósitos dessa jazida e áreas adjacentes, já aventadas por estudos prévios (*e.g.*, Lavina *et al.* 1985, Netto & Gonzaga 1985, Aboarrage & Lopes 1986, Lopes *et al.* 1986, 2003a,b, Lavina & Lopes 1987, Lopes & Lavina 1987, 2001, Albuquerque & Lopes 1990, Lopes 1990, 1995, Netto *et al.* 1991, Santos *et al.* 1990, Severiano Ribeiro *et al.* 1993, Netto 1994, 1998, Medeiros 1998, Buatois *et al.* 2001a,b,c, 2007).

Os pelitos mais basais contêm quase que essencialmente esporos e fitoclastos [ficófitas, esfenófitas e filicopsidas] e raros grãos de pólen monossacados

sugerindo um sistema deposicional de caráter mais continentalizado, comportando pequenos corpos lacustres e baixios inundados, tipo pântanos e zonas de geração de turfeiras (Figura 138, caixa 1).

Já os pelitos da porção média da sucessão, associados faciologicamente a um sistema estuarino, ora mostram evidências da manutenção do sistema mais continentalizado, ora deixam antever, pela assembléia paleopalínológica, sinais de transporte e oxidação, com desgaste dos esporomorfos além do aparecimento de grãos de pólen monossacados e bissacados e de elementos que suportam condições de água salobra e encontram aí as condições clímax para seu desenvolvimento, como algas Chlorophyta e, em especial, *Botryococcus braunii*. O aparecimento dos sinais de transporte coincide com a presença de icnofauna sugestiva de águas salobras, nesse intervalo da sucessão.

Os pelitos do topo são caracterizados pelo domínio e pela maior diversidade dos grãos de pólen, com a presença maciça de monossacados, bissacados e poliplicados em relação às amostras temporalmente mais antigas. Ao contrário destas, os esporomorfos nas amostras mais jovens são bastante escassos e mostram-se, invariavelmente, desgastados pela ação do transporte, sugerindo depósitos bastante distais da área fonte vegetal. A presença de assinatura icnológica notadamente marinha, própria de substratos de *shoreface* inferior-*offshore*, nesses depósitos reforça esta distalidade.

Além disso, as amostras que se mostraram pobres em palinomorfos parecem sinalizar aspectos que podem ser úteis para a demarcação superfícies estratigráficas relevantes, mesmo numa escala de menor resolução.

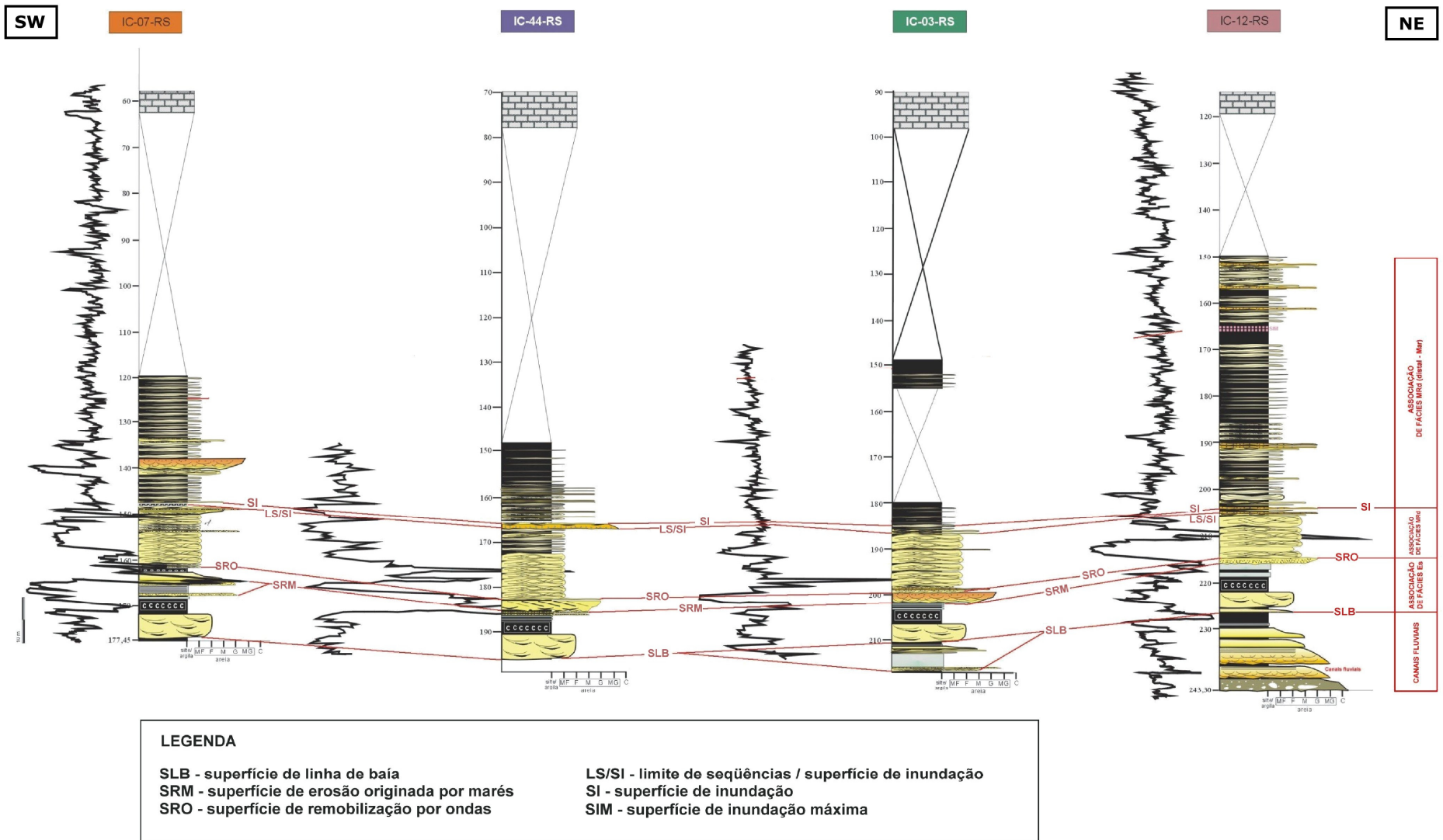


Figura 137 - Correlação estratigráfica composta pelos testemunhos de sondagem IC-12-RS, IC-03-RS, IC-44-RS e IC-07-RS, da sucessão sedimentar Rio Bonito/Palermo na jazida carbonífera do Iruí.

A amostra Palino 23 (testemunho de sondagem IC-44-RS, Figura 56) associada a camadas de carvão e contendo rizobioturbação é bastante pobre na preservação de palinomorfos, permitindo inferir sua deposição em corpos de água anóxicos, como pântanos ou turfeiras. Essa estabilidade dos corpos de água da associação de fácies Es (estuarina) sugere a existência de períodos de quietude e de estabilização do nível de base durante o trato de sistema transgressivo. Situação semelhante é evidenciada pela amostra Palino 20 (testemunho de sondagem IC-12-RS, Figura 111), que se mostra praticamente estéril, sugerindo eventos de exposição, oxidação e modificações químicas do substrato a ponto de eliminar o querogênio. As condições ambientais inferidas para essa amostra são plenamente compatíveis com a interpretação de paleossolos feita por Buatois *et al.* (2001a,b,c, 2007) a partir da presença de rizobioturbação e de evidências de paleoalterações e sinalizam, assim como a amostra Palino 23, período de quietude e de estabilização do nível de base durante o trato de sistema transgressivo (Figura 138, caixa 2).

As amostras Palino 17 (testemunho de sondagem IC-07-RS, Figura 28) e Palino 15 e 25 (testemunho de sondagem IC-44-RS, Figura 56) apresentam como característica comum, a significativa má preservação dos palinomorfos e a rara presença de MOA e elementos algálicos. Estas amostras estão relacionadas a pelitos carbonosos associados ou pertencentes à litofácies *Gmc* (Tabela 6), depositada por fluxos turbulentos, possivelmente gravitacionais. Esses fluxos seriam responsáveis pela degradação dos palinomorfos e dos elementos algálicos depositados junto ao fundo. A não observação de grãos de pólen nas amostras, mesmo que degradados, sugere a deposição desses paraconglomerados em corpos de água nas zonas mais proximais, possivelmente na região mais continental do estuário (Figura 138, caixa 3).

As amostras Palino 24 e Palino 26 (ambas do testemunho IC-12-RS, Figura 111) mostraram domínio de fitoclastos na primeira e índices equilibrados de fitoclastos e palinomorfos, na segunda. A análise da amostra Palino 26 sugere ação de transporte do querogênio para áreas mais distais em relação à área fonte vegetacional. A icnofauna presente nesses depósitos é sugestiva de deposição em contexto de Icnofácies Cruziana distal, o que levou Buatois *et al.* (2001a,b, 2007) a interpretar esses depósitos como de *offshore* inferior. Há que se observar, contudo, que o índice de bioturbação observado nessa suíte (Bi4-5) é mais baixo do que o normalmente esperado para icnofaunas de *offshore*, onde a bioturbação é muito intensa, a ponto de promover a homogeneização dos sedimentos (Bi6) (Bromley 1996, Pemberton *et al.* 2001, Netto 2001, Buatois *et al.* 2005). Essa redução no índice de



bioturbação, somado ao conteúdo da suíte (icnofábricas de *Chondrites*, *Planolites*, *Teichichnus*, *Thalassinoides*), dominada por organismos detritívoros de *tier* (zona de ocupação no substrato, ver Bromley 1996) mais profundo, todos generalistas tróficos que suportam bem flutuações de salinidade, podem ser indicativos de estresse ambiental, causado, muito possivelmente, pela entrada de água doce na zona de *offshore* ou pela rápida inundação de zonas marginais marinhas dominadas por corpos de águas oligohalinas ou doces.

Em ambos os casos, fluxos trativos junto ao fundo poderiam ter sido responsáveis pela remoção ou destruição dos palinomorfos (Figura 138, caixa 4). Contudo, a presença de fitoclastos não opacos bioestururados na amostra Palino 26 sugere transporte pouco erosivo, possivelmente por fluxos gravitacionais. Assim, a hipótese de entrada de água doce, provavelmente provinda de uma inundação catastrófica na zona de *offshore* aventada acima, seria bem plausível.

A ausência de MOA na amostra Palino 24 falseia a hipótese de Buatois *et al.* (2007) e Netto *et al.* (2007) de posicionamento da superfície de inundação máxima (SIM) dessa sucessão sedimentar há, aproximadamente, 165 m no perfil do testemunho IC-12-RS (Figuras 111 e 138, caixa 5). A presença das colônias de *Botryococcus* nas amostras Palino 08 (testemunho de sondagem IC-07-RS, Figura 29) e Palino 12 (testemunho de sondagem IC-03-RS, Figura 31) pode ser uma assinatura da paulatina queda do nível do mar que sucede a este intervalo da sucessão, e possivelmente demarque a reativação do sistema marginal marinho e a formação de uma baía estuarina.

SSE

NNW

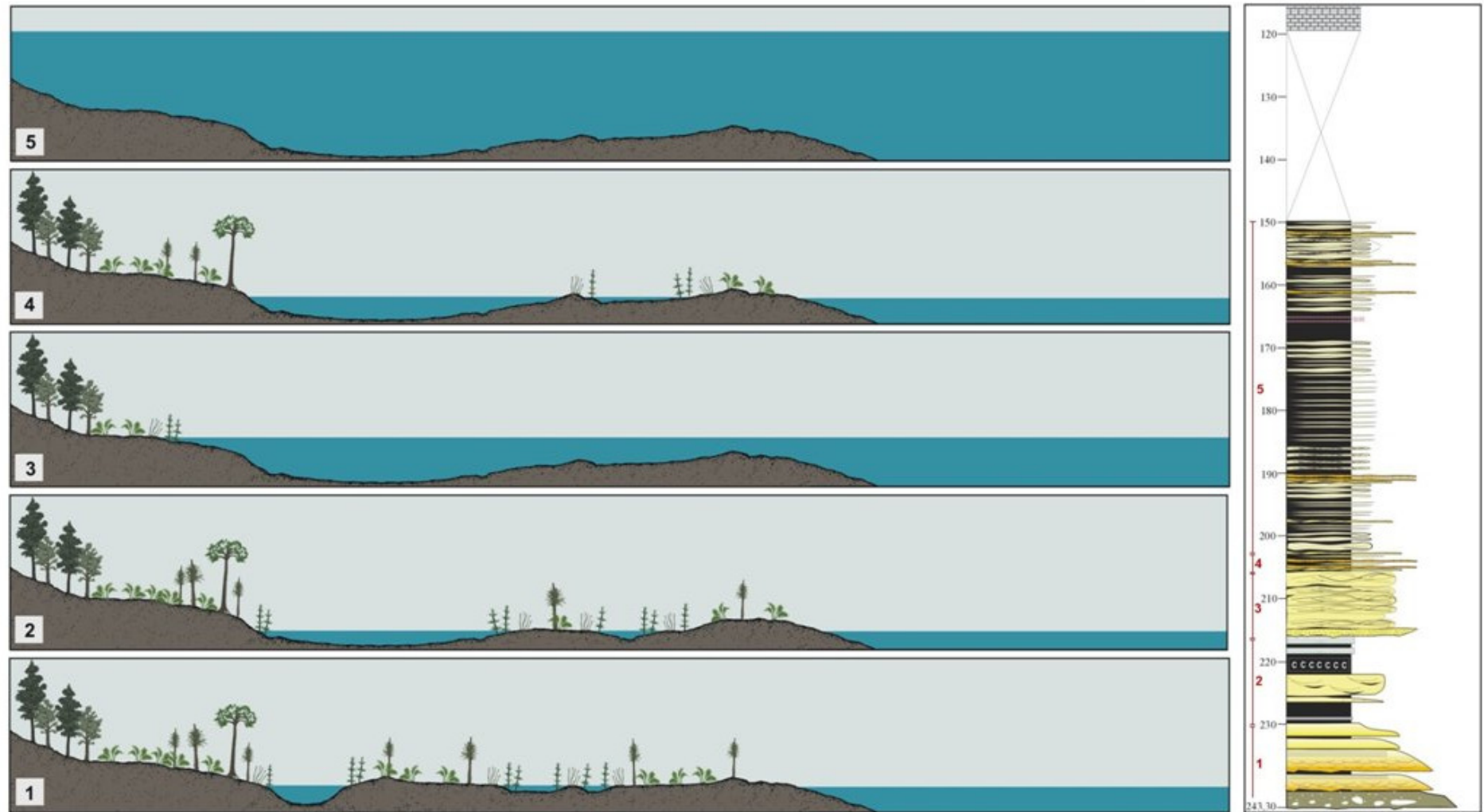


Figura 138 - Modelamento deposicional da sucessão sedimentar Rio Bonito/Palermo na jazida carbonífera Iruí Central, a partir da seção strike (SSE-NNW) composta pelos testemunhos de sondagem IC-12-RS, IC-03-RS, IC-44-RS e IC-07-RS e sua localização estratigráfica com base no perfil IC-12-RS.

A análise palinológica efetuada nesse trabalho permitiu obter as seguintes conclusões:

1. A integração dos dados paleopalinológicos às análises paleoicnológica e sedimentológica feitas anteriormente permitiu refinar as informações encontradas na área de Cachoeira do Sul e comprovou ser de alta significância para (i) explicar padrões não esperados na caracterização da icnofauna, favorecendo à melhor definição das assinaturas icnológicas; (ii) um melhor entendimento da gênese dos depósitos em condições marginais marinhas, onde a flutuação da salinidade dos corpos de água é um fenômeno comum; e (iii) subsidiar interpretações paleoambientais em análises estratigráficas de alta resolução.
2. A dominância de fitoclastos opacos sobre os demais elementos do querogênio é uma característica marcante na sucessão estudada e reforça a natureza erosiva da maioria dos processos que atuaram sobre os principais depósitos pelíticos da Formação Rio Bonito na área de estudo.
3. Dos parâmetros utilizados para a caracterização dos paleoambientes, os mais significativos foram os percentuais de fitoclastos, razão de fitoclastos opacos/não opacos, razão de fitoclastos opacos alongados, percentual de palinomorfos, razão esporos – polens e percentuais de algas *Chlorococcalles*.
4. Os principais controles sobre a distribuição da matéria orgânica total foram a tendência proximal – distal, grau de degradação ou preservação, variação de paleossalinidade e dominância dos componentes orgânicos dos grupos dos fitoclastos e palinomorfos.
5. O parâmetro Fi-COT (relação entre os percentuais de fitoclastos e teores de COT), mostrou valores altos para as amostras associadas a depósitos de tempestades e fluxos turbulentos. A exceção foi à amostra Palino 04 (IC-07-RS), com o percentual mais alto dentre todas, não relacionada a estes eventos.
6. A análise e a descrição dos palinomorfos apenas em nível genérico mostraram-se suficientes para trabalhos de reconhecimento paleoambiental, pois, a partir delas,

podem-se verificar os detalhes estruturais dos palinomorfos e as afinidades botânicas, elementos suficientes para se fazer as inferências paleoecológicas necessárias para o entendimento paleoecológico do material fóssil estudado.

7. A análise paleopalínológica foi determinante para um melhor entendimento dos paleoambientes propostos, estabelecendo padrões específicos de assembléias associadas aos ambientes em que se encontram; assembléias localizadas em ambientes costeiros são caracterizadas pela dominância de esporos, enquanto aquelas associadas a depósitos marinhos têm maior representação de grãos de pólen bissacados não teniados e/ou teniados e de poliplicados.
8. A presença constante das algas Chlorococcales do gênero *Botryococcus braunii*, forneceu dados importantes para a determinação de níveis de paleossalinidade e posicionamento ecológico, mesmo em amostras localizadas na base da Formação Palermo.

- Aboarrage, A.M. & Lopes, R.C. 1986. *Projeto a Borda Leste da Bacia do Paraná: integração Geologica e avaliação econômica*. Porto Alegre, CPRM, 18v.
- Adami-Rodrigues, K., Souza, P.A., Iannuzzi, R., Pinto, I.D. 2004. Herbivoria em floras gonduânicas do Neopaleozóico do Rio Grande do Sul: análise quantitativa. *Revista Brasileira de Paleontologia*, Porto Alegre, 7:(2):93-102.
- Ade, M. B. 1993. Caracterização dos sistemas deposicionais e das camadas de carvão no pacote sedimentar da Malha IV, jazida de Candiota. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 99 p.
- Ade, M.B., Silva, M.B.; Correa da Silva, Z.C. 1996. Palaeoenvironments of coal seams deposition in South Brazil based on maceral composition. *Extended Abstract*: 141-143.
- Ade, M.B.; Silva, M.B.; Correa da Silva, Z.C. 1999. Palaeoenvironments of coal seams deposition in Candiota Coalfield, South Brazil, based on maceral composition. In: Symp. Gondwana coals, 2, Porto, 1998, Lemos de Souza *et. al.* eds. *Proceedings*, 5: 13-24.
- Al-Ameri, T.K., Al-Najar, T.K., Batten, D.J. 2004. Palynostratigraphy and palynofacies indications of depositional environments and source potential for hydrocarbons: the mid Cretaceous Nahr Umr and lower Maaddud formations, Iraq. *Cretaceous Research*, 22:735-742.
- Albuquerque, L.F. de & Lopes, R. da C. 1990. Estudo Paleambiental da Formação Rio Bonito na Região das Jazidas do Leão, Pântano Grande e Nordeste da Jazida do Iruí – RS: Uma análise inicial. *Ciência e Natura*, Santa Maria, 12:35-39.
- Alves, R.G. 1994. Correlação Estratigráfica de Alta Resolução Aplicada ao Permiano Inferior da Bacia do Paraná, na Região de Candiota, Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1v.
- Alves, R.G. & Ade, M.B. 1996. Sequence stratigraphy and coal petrology applied to the Candiota coal field, Rio Grande do Sul, Brazil: A deposicional model. *International Journal of Coal Geology*, 30:231-248.
- Amber, A.N. 1905. *Catalogue of the fossil Plants of Glossopteris Flora*. Department of Geology, British Museum (Natural History), London, 255p.
- Araújo, C.V., Cazzulo-Klepzig, M., Alves, R. 1985. Caracterização petrográfica e palinológica de carvões da jazida carbonífera do Iruí, RS, Brasil In: SBG, Simp. Sul-Brasil. Geol., Florianópolis. *Anais...*, p.449 - 461.
- Archangelsky, S. & Marques-Toigo, M. 1982. La Palinología y el problema del límite Carbónico-Pérmico en el Gondwana Sudamericano. In: Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafia, 2, y Congreso Latinoamericano de Paleontología, 1, 1978, Buenos Aires. *Actas..* Buenos Aires, 4:221-229.
- Assine, M. L., Soares, P. C., Milani, E. J. 1994. Sequências tectono-sedimentares mesopaleozóicas da Bacia do Paraná, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*. São Paulo: 24(2):77-89.

- Azcuy, C. 1978. Posible significado paleoecológico de microfloras gondwánicas del Paleozoico Superior, especialmente Argentinas. *Ameghiniana*, **15**(1-2).
- Balistieri, P. 2003. Paleoicnologia da porção superior do Grupo Itararé na região de Mafra (SC): limitações paleoecológicas, paleoambientais e estratigráficas. Tese de Doutorado. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS.
- Balistieri, P., Netto, R.G., Lavina, E.L.C. 2002. Ichnofauna from the Upper Carboniferous-Lower Permian rhythmites from Mafra, Santa Catarina State, Brazil: Ichnotaxonomy. *Revista da Sociedade Brasileira de Paleontologia*, **4**:13-26.
- Balistieri, P., Netto, R. G., Lavina, E.L.C. 2003. Icnofauna de Ritmitos do topo da Formação Mafra (Permo-Carbonífero da Bacia do Paraná) em Rio Negro, Estado do Paraná (PR), Brasil. *Publicación Especial de la Asociación Paleontológica Argentina*, **9**:131-139.
- Balme, B.E. 1995. Fossil in situ spores and pollen grains: an annotated catalogue. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **87**:81-323.
- Barberena, M.C. 1970. A presença de *Loxomma* na Formação Palermo. Escola de Geologia. *Notas e Estudos*, Porto Alegre, **2**(1):45-49.
- Barrón, E., Gómez, J.J., Goy, A., Pieren, A.P. 2006. The Triassic–Jurassic boundary in Asturias (northern Spain): Palynological characterisation and facies. *Review of Palaeobotany and Palynology* (in press).
- Batten, D.J. 1973. Use of palynology assemblage types in Wealden correlation. *Palaeontology*, **16**:1-40.
- Batten, D.J. & Grenfell, H.R. 1996. Botryococcus. In: Jansonius, J., and McGregori, D.C. (Eds), *Palynology: principles and applications. Am. Assoc. Stratigr. Palynol. Found.*, **1**:205–214.
- Boeira, J. B. & Netto, R.G. 1987. Novas considerações sobre os icnofósseis da Formação Rio Bonito, Cachoeira do Sul, RS. *Estudos Tecnológicos. Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, **11**(25):105-140.
- Bordenave, M.L. & Espitalié, J. 1993. Elemental composition of kerogens, In: Bordenave, M.L. (ed) *Applied Petroleum Geochemistry*, Editions Technip, Paris, p. 334-339.
- Borel, M.C. 2008. Algas no silíceas y acritarcos de depósitos costeros holocenos en el arroyo La Ballenera, Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana*, **44**: 359-366.
- Bortoluzzi, C.A. & Veiga, P. 1981. Considerações sobre a geologia da área de afloramentos fossilíferos de São Sepé - RS. *Pesquisas*, Porto Alegre, **14**:23-36.
- Bortoluzzi, C.A., Piccoli, A.E.M., Corrêa da Silva, Z.C., Cazzulo-Klepzig, M., Dias-Fabício, M.E., Silva Filho, B.C. da, Guerra-Sommer, M., Marques-Toigo, M., Bossi, G.E., Andreis, R.S. 1980. Estudo geológico da bacia carbonífera de Gravataí-Morungava, RS. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 31. Camboriú, 1980. *Anais...* Camboriú: SBG, **1**:266-282.
- Bose, M.N. & Kar, R.K. 1966. Paleozoic Spores dispersae from Congo. 1 – Kindu Kalima and Walikale Region. *Annales Musée Royal de l’Afrique Centrale. Sciences Geologiques*, **8**:99-110.

- Bossi, G.E. & Lenzi, S.R. 1981. Mineralogia das argilas nos Grupos Guatá e Itararé (Permiano) no subsolo de Gravataí - Morungava, no Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, Porto Alegre, **14**:07-21.
- Bossi, G.E. & Picolli, A.E.M. 1978. Análise das seqüências sedimentares - Formação Rio Bonito, Bacia Carbonífera de Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Recife, 1978. *Anais...* Sociedade Brasileira de Geologia, **2**:743-756, 1 tab., 5 figs.
- Bossi, G.E. & Piccoli, A.E.M. 1980. Estudo de seqüências sedimentares, Formação Rio Bonito, Área de Gravataí - Morungava, RS. *Pesquisas*, Porto Alegre, **13**:63-89.
- Bossi, G.E., Andreis, R.R., Vieira, R. 1983. Algumas Considerações sobre os Ciclos Fluviais da Formação Rio Bonito, Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, **15**: 44-65.
- Brenner, W. & Foster, C.B. 1994. Chlorophycean algae from the Triassic of Australia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **80**: 209-234.
- Bromley, R.G. 1996. *Trace fossils. Biology, taphonomy and applications*. Chapman & Hall, Londres, 361 p.
- Buatois, L.A., Netto, R.G. & Mángano, M.G. 2001a. Paleoenvironmental and sequence-stratigraphic analyses of lower permian marginal - to shallow - marine coal - bearing successions of the Paraná Basin in Rio Grande do Sul, Brazil, Based on ichnological data. *Correlação de Seqüências Paleozóicas Sul-Americanas* (J.H.G. Melo & G.J.S. Terra, eds.), Ciência-Técnica-Petróleo, 20.
- Buatois, L.A., Netto, R.G. & Mángano, M.G. 2001b. Reinterpretación paleoambiental de la Formación Rio Bonito (Pérmico de la Cuenca de Paraná) em el yacimiento de carbón de Iruí, Rio Grande do Sul, Brasil: Integración de análisis de facies, icnología y estratigrafía secuencial de alta resolución. *Geogaceta*, 29.
- Buatois, L.A., Netto, R.G., Mángano, M.G. 2001c. Applications of ichnologic studies in paleoenvironmental and sequence stratigraphic analysis of Permian marginal- to shallow-marine coal-bearing successions of the Paraná Basin, Brazil. In: 2001 AAPG Annual Convention, 2001, Denver. *Abstracts*. Denver: AAPG, 2001. v. CD-ROM. p. 1-4.
- Buatois, L.A., Netto, R.G., Mángano, M.G. 2005. Ichnology of Permian Marginal - To Shallow-Marine Coal-Bearing Successions: Rio Bonito and Palermo Formations, Paraná Basin, Brazil. In: MacEachera, J. A.; Gingras, M. K.; Pemberton, S. G. (eds). *Applied Ichnology*. AAPG/SEPM, Short Course, 11p. CD-ROM.
- Buatois, L.A., Netto, R.G., Mágano, M.G. 2007. Ichnology of Permian marginal- to shallow-marine coal-bearing successions: Rio Bonito and Palermo Formations, Paraná Basin, Brazil. In: MacEachern, J.A., Bann, K.L., Gingras, M.K., Pemberton, S.g. (eds.) *Applied Ichnology*. Tulsa, SEPM *Short Course Notes* 52, p. 167-177.
- Buatois, L.A., Netto, R.G., Mángano, M.G., Balistieri, P.R. M. N. 2006. Extreme freshwater release during the late Paleozoic Gondwana deglaciation and its impact on coastal ecosystems. *Geology*, **34**(12):1021-1024.
- Burjack, M.I. 1978. Estudo Palinológico da Jazida Carbonífera de Charqueadas, Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de Mestrado. Goiânia, Ed. Universidade de Goiás, 204p. 7 estampas, 12 figuras.
- Carvalho, P.F. 1932. Reconhecimento Geológico no Estado do Rio Grande do Sul. *Boletim DGM*, (66): 1-73.

- Cauduro, A.D. 1970. Lower Gondwana Miospores from São Sepé outcrop (Rio Grande do Sul, Brazil). *Publicação Especial da Escola de Geologia, UFRGS, Porto Alegre*, **17**:1-34, 20 estampas, 1 mapa.
- Cazzulo-Klepzig, M. 2001a. Paleopalínologia Aplicada à Reconstituição das Unidades de Paisagens e Dinâmica das Turfeiras Formadoras dos Carvões Permianos do Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Cazzulo-Klepzig, M. 2001b. Significado paleoecológico de alguns palinómorfs ocorrentes nos carvões Permianos do Rio Grande do Sul. *Pesquisas*. Porto Alegre – RS, **28**(1):81-97.
- Cazzulo-Klepzig, M. & Dias-Fabrício, M.E. 1987. Ocorrência de *Acritarcha* no Permiano Superior da Bacia do Paraná In: Simpósio Argentino de Paleobotânica y Paleopalínologia, 1987, Buenos Aires. *Actas*, p.37 - 41.
- Cazzulo-Klepzig, M. & Marques-Toigo, M. 1998. Considerações taxonômicas e paleoecológicas sobre o Gênero Portalites no Gondwana Sul-Americano. *Pesquisas*, **25**(2):59-65.
- Cazzulo-Klepzig, M., Barboza, E.G., Guerra-Sommer M., Medeanic, S., Peralba, M.C.R. 2002a. Estudo de turfeiras/solos orgânicos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul: otimização de resultados pela integração de parâmetros de paleopalínologia, geologia, geoquímica orgânica e dados pedogênicos. Estratigrafia. *Boletim do Congresso ABEQUA*.
- Cazzulo-Klepzig, M., Dias-Fabrício, M.E., Marques-Toigo, M. 1982a. Palynological characterization of rocks associated to the coal seams of Santa Rita Coalfield, Rio Bonito and Palermo formations, Paraná Basin, Permian, Rio Grande do Sul, Brazil In: Congresso Geológico Chileno, 1982, Concepción. *Actas*, **1**:65-83.
- Cazzulo-Klepzig, M., Guerra-Sommer, M., Formoso, M.L.L. 2000. Integração de estudos palinoestratigráficos e radiométricos na datação de tonsteins associados a carvões das jazidas de Candiota, Água Boa, Faxinal e Sul do Leão. *Journal of South American Earth Sciences*, **15**:375-380.
- Cazzulo-Klepzig, M., Guerra-Sommer M., Menegat, R. 2003a. Peat-forming accumulation in coastal plain mires; a model for some Permian coals in southernmost Brazil, Candiota Coal seams, RS, Brazil. *The Palaeobotanist* (no prelo).
- Cazzulo-Klepzig, M., Guerra-Sommer, M., Formoso, N. L., Calarge, L. M. 2002b. Geochemical and palynological evidence for the age determination of Permian coals, southern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **15**(3):375-380.
- Cazzulo-Klepzig, M.; Marques-Toigo, M.; Dias-Fabrício, M.E. 1982b. Palynological an palaeoecological characterization of two coal seams, Santa Rita Coalfield, Rio Grande do Sul, Paraná Basin. *Acta Geologica Leopoldensia*. São Leopoldo, **6**:(11):55 - 74.
- Cazzulo-Klepzig, M., Marques-Toigo, M., Dias-Fabrício, M.E. 1984. A Sucessão da Microflora nas Camadas de Carvão da Bacia Carbonífera de Charqueadas, Formação Rio Bonito, RS, Brasil. *Boletim do Instituto de Geociências/USP*. São Paulo, **15**:65-72.
- Cazzulo-Klepzig, M.; Menegat, R.; Guerra-Sommer M. 2003b. Palynology and Palaeobotany applied to the reconstruction of landscape unit model linked to the Candiota coals,RS In: Encontro sobre a Estratigrafia do Rio Grande do Sul:Escudo e Bacias,1, 2003, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Leo Hartmann, p.195-195.



- Césari, S.N., Gutiérrez, P.R., Sabbatini, N., Archangelsky, A., Azcuy, C. L., Carrizo, H.A., Cisterna, G., Crisafulli, A., Cúneo, R.N., Díaz Saravia, P., Pasquo, M. Di, González, R.L., Pagani, M.A., Sterren, A., Taboada, A.C., Vergel, M.M. 2007. Paleozoico Superior de Argentina: um registro fossilífero integral en el Gonwana occidental. Asociación Paleontológica Argentina. Publicación Especial 11, *Ameghiniana* 50º aniversário: 35-54.
- Chaves, H.A.F.; Della-Favera, J.C.; Pereira, E.; Medeiros, M.A.M.; Camara-Filho, L.M. 1993. Eventos cíclicos na seqüência permiana da região de Candiota, RS, Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, Edição Especial, **39**(1):221-234.
- Cirilli, S., Pirini Radrizzani, C., Ponton, M., Radrizzani, S. 1998. Stratigraphical and palaeoenvironmental analysis of the Permian-Triassic transition in the Badia Valley (Southern Alps, Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **138**:85-113.
- Combaz, A. 1964. Les palynofaciès. *Revue de Micropaléontologie*, **7**:205-218.
- Corrêa da Silva, Z.C. 1978. Observações sobre o Grupo Tubarão no Rio Grande do Sul com especial destaque à estratigrafia da Formação Itararé. *Pesquisas*, Porto Alegre, **9**:9-61.
- Corrêa da Silva, Z.C. & Marques-Toigo, M. 1975. Carvão no Brasil: Mina de Candiota. Rio Grande do Sul. In: Congresso Iberoamericano de Geologia Econômica, 2, 1975. Buenos Aires, *Actas...*, Buenos Aires, **1**:263-286.
- Corrêa da Silva, Z.C. & Marques-Toigo, M. 1985. Considerações Petrográficas e Palinológicas sobre a Camada Candiota, Jazida Carbonífera de Candiota, RS. In: Simpósio Sul - Brasileiro de Geologia, 2, Florianópolis. *Anais*. Florianópolis, p.407 - 418.
- Corrêa da Silva, Z.C., Bortoluzzi, C.A., Cazzulo-Klepzig, M., Dias-Fabício, M.E.D., Guerra-Sommer, M., Marques-Toigo, M., Paim, P.S.G., Silva Filho, B.C., Piccoli, A.E.M. 1984. Geology of Santa Rita Coal Basin, Rio Grande do Sul State, Brazil. *International Journal of Coal Geology*. Amsterdam, **3**:383 - 400.
- Corrêa da Silva, Z.C., Marques-Toigo, M., Cazzulo-Klepzig, M., Paim, P.S.G., Dias-Fabício, M.E.D., Henz, G.I. 1982. Características petrográficas e Palinológicas do perfil das camadas de carvão na Sondagem P4, Bacia Carbonífera de Santa Rita - RS. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 23, *Anais...*, Salvador - Bahia.
- Daemon, R.F. & Quadros, L.P. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 24, Brasília, 1970. *Anais...*, SBG:359-412.
- Dalrymple, R.W.; Zaitlin, B.A.; Boyd, R. 1992. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Petrology*, **62**(6):1130-1146.
- DeDeckker, P. 1988. Biological and sedimentary facies of Australian salt lakes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **62**:237-270.
- Delaney, P.J.V. & Goñi, J. 1963. Correlação Preliminar entre as Formações Gondwanicas do Uruguai e Rio Grande do Sul. *Boletim Paranaense de Geografia*, (8/9):1-21.
- Della Fávera, J.C., Chaves, H.A.F., Pereira, E., Medeiros, M.A.M., Camara-Filho, L.M. 1993. Evolução Geologica da seqüência permo-carbonífera da região de Candiota - RS, Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo. **39**(1):235-246 (Edição Especial).

- Denison, C. & Fowler, R.M. 1980. Palynological identification of facies in a deltaic environment. *Proceedings of Sedimentation of North Sea reservoir rocks, Geilo. Norwegian Petroleum Society*, Paper XII, p. 1-22.
- Dettman, M.E. 1963. Upper Mesozoic microfloras from South-Eastern Austrália. *Proceedings of Royal Society of Victoria*, **77**:1-148.
- Dias-Fabício, M.E. 1980. Paleopalinologia da Formação Rio Bonito, na área de Gravataí - Morungava, Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Dias-Fabício, M.E. 1981. Paleopalinologia da Formação Rio Bonito na área de Gravataí - Morungava, Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, Porto Alegre, **14**:69-130.
- Dias-Fabício, M.E. & Cazzulo-Klepzig, M.C. 1986. *Relatório das Análises Palinológicas Efetuadas em Amostras das Sondagens HV-39-RS (Herval), SC-01-RS (Candiota), SG-15-RS (São Gabriel), SS-05-RS (São Sepé) e CA-21-RS (Rio Pardo)*. Porto Alegre, UFRGS, 1v.
- Dias-Fabício, M.E., Guerra-Sommer, M.; Menezes-Piccoli, A.E. 1984. Registro de icnofósseis no Permiano Inferior do Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro De Geologia, 33, Rio de Janeiro, *Anais...*, SBG: Rio de Janeiro, p. 1017.
- DiMichele, W.A. & Phillips, T.L. 1985. Arboresecent lycopod reproduction and paleoecology in a coal-swamp environment of Late Middle Pennsylvanian age (Herrin Coal, Illinois, U.S.A.). *Review of Palaeobotany and Palynology*, **44**:1-26.
- Dutra, T.L. 1998. Composição e História da Vegetação do Cretáceo e Terciário da Ilha Rei George, Península Antártica. Tese de Doutorado. Departamento de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, Brasil.
- Dutra, T.L., Netto, R.G., Nowatzki, C.H., Figueiredo, C.E.Z. 1990. Icnofósseis em afloramentos do Rio Grande do Sul: nota preliminar. *Ciência e Natura*, **12**:71-75.
- Elias, A.R.D. 1999. Estratigrafia de seqüências e proveniência de rochas Eopermianas da Bacia do Paraná na Região Centro-Oeste do Rio Grande do Sul - Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade do Vale dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2v, 182p.
- Elsik, W.C. 1996. Fungi. In: *Palynology – principles and applications*. Jansonius & McGregor eds. American Association of Stratigraphers and Palynology Foundation, **1**(10):207-210.
- Emberger, L., 1968. *Les Plantes fossiles dans leurs rapports avec les Végétaux vivants*. Paris (Masson).
- Felix, C.M.; Premaor, E.; Hermany, G.; Souza, P.A. 2006. Análise palinotaxonômica e bioestratigráfica da Subturma Monosaccites na Bacia do Paraná, Brasil. I: Gêneros Plicatipollenites Lele 1964 e Crucisaccites Lele & Maithy 1965. *Revista Brasileira de Paleontologia*, Porto Alegre, **9**(1):63-72.
- Fernandes, A.C.S., Borghi, L., Carvalho, I.S., Abreu, C.J. 2002. *Guia dos Invertebrados Fósseis do Brasil*. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 258p.
- Fernandes, L.A. & Coimbra, A.M. 1994. O Grupo Caiuá (Ks): revisão estratigráfica e contexto deposicional. *Revista Brasileira de Geociências*, **24**(3):164-176.

- Fernandes, P. 2004. Evolução da matéria orgânica: da original aos carvões e petróleo. Encontro de Professores de Geociências do Algarve, 5º. Vila Real de Santo António. Universidade do Algarve – Faculdade de Ciências do Mar e Ambiente. 3p.
- Ferreira, J.A.F., Süfert, T.; Santos, A.P. 1978. Projeto Carvão no Rio Grande do Sul: relatório final. Porto Alegre: DNPM/CPRM. 16v. (Inédito).
- Fisher, M.J. 1980. Kerogen distribution and depositional environments in the Middle Jurassic of Yorkshire. U.K. *Fourth International Palynological Conference*, Lucknow (1976-1977), 2:574-580.
- Fontes, L.C. da S. & Cava, L.T. 1980. Análise ambiental preliminar do Gondwana na região de Candiota - RS. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 31, Balneário Camboriú, 1980, *Anais...*, Balneário Camboriú: SBG, 2:755-765.
- Formoso, M.L.L. & Figueiredo, P.M.F. 1966. Estudo Sedimentológico do Grupo Guatá. Porto Alegre, *Publicação Especial*, UFRGS. 12:1-55.
- Foster, C.B. 1979. Permian plant microfossils of the Blair Athol Coal Measures, Baralaba Coal Measures and Basai Rewa Formation of Queensland. *Geological Survey of Queensland, Brisbane*, 372(45):1-154.
- Foster, C.B.; Palmieri, V.; Fleming, P.J.G. 1985. Plant microfossils, Foraminiferida and Ostracoda from the Fossil Cliff Formation (Early Permian, Sakmarian), Perth Basin, Western Australia. *Special Publication of South Australia Department of Mines and Energy*, 5:61-105.
- Gamma Jr., E., Bandeira Jr., A.N.; França, A.B. 1982. Distribuição espacial e temporal das unidades litoestratigráficas paleozóicas na parte central da Bacia do Paraná. In: Geologia da Bacia do Paraná, 1982, São Paulo: PAULIPETRO - Consórcio CESP/IPT, *Relatório Final*, p. 19-40.
- Gamermann, N. & Coulon, F.K. 1975. Estudo do diamictito “pedra-areia” e sua influência na gênese do carvão na mina do Leão (RS). *Pesquisas*, 5:167-180.
- Gandini, R. 2008. Assinaturas icnológicas da sucessão sedimentar Rio Bonito no Bloco Central da Jazida Carbonífera de Íruí, Cachoeira Do Sul (RS). *Dissertação de Mestrado*, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 100p.
- Gandini, R., Netto, R.G., Souza, P.A. 2007. Paleoicnologia e a palinologia dos ritmitos do Grupo Itararé na pedra de Águas Claras (Santa Catarina, Brasil). *GAEA*, 3(2):47-59.
- Gonçalves, A.R.L., Santos, M.A.A., Lorandi, R. 1990. *Estudo Faciológico do Supergrupo Tubarão na Região da Barrocada (Cachoeira do Sul - RS)*. São Leopoldo, UNISINOS. 1v. Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Terrenos Sedimentares.
- Gordon Jr., M. 1947. Classification of the Gondwanic Rocks of Paraná, Santa Catarina, and Rio Grande do Sul. *Notas Preliminares e Estudos*, (38): 1-20.
- Gray, J. 1960. Fossil Chlorophycean algae from the Miocene of Oregon. *Journal of Paleontology*, 34(3):453-463.
- Guerra-Sommer, M. 1989. Megaflores ocorrentes em horizontes associados a carvões no Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, 29:93-122.

- Guerra-Sommer, M. & Cazzulo-Klepzig, M. 2000. Early Permian palaeofloras from southern Brazilian Gondwana: a palaeoclimatic approach. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**(3):486-490.
- Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M.; Marques-Toigo, M. 1995a. Gondwanostachyaceae (Equisetopida) no Gondwana Sul-Brasileiro (Formação Rio Bonito) com Mega e Microflora Associadas. *Pesquisas*. Porto Alegre, **22**(1-2):64-73.
- Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Marques-Toigo, M. 1995b. Palaeoclimatic implications of Lycophyta in the Gondwana of Southern Brazil. *Pesquisas*. Porto Alegre, **22**(1-2):21-31.
- Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Menegat, R., Formoso, M.L., Basei, M.A.S., Barboza, E.G., Simas, M.W. 2007. Geochronological data from the Faxinal coal succession, southern Parana Basin, Brazil: a preliminary approach combining radiometric U-Pb dating and palynostratigraphy. *Journal of South America Earth Sciences* (in press).
- Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Santos, J.O.S., Hartmann, L.A., Ketzer, J.M., Formoso, M.L.L. 2008. Radiometric age determination of tonsteins and stratigraphic constraints for the Lower Permian coal succession in southern Paraná Basin, Brazil. *International Journal of Coal Geology*, **74**:13-27.
- Guerra-Sommer, M., Marques-Toigo, M., Corrêa da Silva, Z.C. 1991. Original Biomass and Coal Deposition in Southern Brazil - Lower Permian, Paraná Basin. *Bulletin de la Société Géologique de France*. Paris, **162**(2):227-237.
- Guerra-Sommer, M., Marques-Toigo, M., Paim, P.S.G., Henz, G.I., Silveira, J. B. R., Backheuser, Y. 1984. Estudo microflorístico e petrológico dos carvões da Mina do Faxinal, Formação Rio Bonito (Permiano) RS. *Boletim do Instituto Oceanográfico*. São Paulo, **15**:73 - 83.
- Guerra-Sommer M., Mendonça Filho, J.G., Cazzulo-Klepzig, M., Marques-Toigo, M. 1999. Correlação e calibração de parâmetros obtidos por geoquímica orgânica, petrologia, paleopalínologia, palinofácies e paleobotânica em rochas sedimentares da Bacia do Paraná.
- Guy-Ohlson, D. 1992. Botryococcus as na aid in the interpretation of palaeoenvironment and depositional processes. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **71**:1-15.
- Habekost, N. T. 1978. Paleoambientes da Formação Palermo no Sudeste do Estado de Santa Catarina - Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, **4**:4-177.
- Habekost, N. T. 1983. Paleoambientes da Formação Palermo na Região Central do Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, **7**(16): 43-114.
- Habib, D. 1982. Sedimentary supply origin of cretaceous black shales, In: *Nature and origin of Cretaceous Carbon-rich Facies* (eds. S. O. Schlanger and M. B. Cita ), Academic Press, London. Pg. 113-127.
- Hancock, N.J. & Fisher, M.J. 1981. Middle Jurassic North Sea deltas with particular references to Yorkshire. In: L.V. Illing & G.D. Hobson (eds.) *Petroleum Geology of Continental Shelf of North West Europe*, Heyden & Son, London, p. 186-195.
- Hill, K. 2004. The Cycad pages. Royal Botanic Gardens, Sydney. Australian. Disponível em: <<http://plantnet.rbgsyd.nsw.gov.au/PlantNet/cycad/>>. Acessado em 22/04/2008.

- Holba, A.G., Tegelaar, E., Ellis, L., Singletary, M.S., Albrecht, P. 2000. Tetracyclic polyprenoids: Indicators of freshwater (lacustrine) algal input. *Geology*, **28**(3):251-254.
- Holz, M. 1987. Leques Aluviais – faciologia e ocorrência em sedimentitos do Supergrupo Tubarão (Eo-Permiano) da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, **25**:65-104.
- Holz, M. 1995. O intervalo gonduânico basal (Eo-Permiano) da Bacia do Paraná na região nordeste do Rio Grande do Sul: Um Exercício de Estratigrafia. Tese de Doutorado. UFRGS, Porto Alegre. 2v, 250p.
- Holz, M. 1998. The Eopermian coal seams of the Paraná Basin in southernmost Brazil: an analysis of the depositional conditions using sequence stratigraphy concepts. *International Journal of Coal Geology*, **69**:1-23.
- Holz, M. 2003. Sequence stratigraphy of a lagoonal estuarine system—an example from the lower Permian Rio Bonito Formation, Parana´ Basin, Brazil. *Sedimentary Geology*, **162**:305–331.
- Holz, M. & Carlucci. 2000. Litoestratigrafia, estratigrafia de seqüências e evolução paleofisiográfica da zona de borda da bacia do Paraná no Rio Grande do Sul durante o Eo-Permiano. In: M. Holz & L.F. de Ros (eds.) *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Publicação Especial CIGO/UFRGS, p. 303-322.
- Holz, M. & Dias, M.E. 1998. Taphonomy of palynological records in a sequence stratigraphy framework: an example of the Eo-Permian from the Paraná Basin of Southern Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **99**:217-233.
- Holz, M. & Dias-Flor, M.A. 1984. Análise Estratigráfica da Formação Rio Bonito (Permiano Inferior) na Área de Cachoeira do Sul -RS. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG. P.993-1006.
- Holz, M. & Kalkreuth, W. 2000. Application of sequence stratigraphy to coal research: an example from the Early Permian Rio Bonito Formation of southernmost Brazilian Gondwanaland. AAPG, Annual Meeting, New Orleans, *Abstracts*: 74-80.
- Holz, M. & Kühle, J. 2003. A Formação Rio Bonito no sul da Bacia do Paraná: uma discussão heterodoxa de litoestratigrafia versus estratigrafia de seqüências. In: Escudo e Bacias - I Encontro sobre estratigrafia do RS, 2003, Porto Alegre. *Anais do Escudo e Bacias*. Porto Alegre: SBG, 1:151-157.
- Iannuzzi, R. & Souza, P. A. 2005. Floral succession in the Lower Permian deposits of the Brazilian Paraná Basin: an up-to-date overview. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, Albuquerque, **30**:144-149.
- Iannuzzi, R. & Vieira, C.E.L. 2005. *Paleobotânica*. Ed. UFRGS, 167p.
- Iannuzzi, R.; Scherer, C.M. Dos S.; Souza, P.A.; Holz, M.; Caravaca, G.; Adami-Rodrigues, K.; Tybuschi, G. P.; Souza, J.M.; Smaniotto, L.P.; Fischer, T.V.; Silveira, A.S.; Lykawka, R.; Boardman, D.R.; Barboza, E.G. 2006. Afloramento Morro do Papaléo, Mariana Pimentel, RS. Registro ímpar da sucessão sedimentar e florística pós-glacial do Paleozóico da Bacia do Paraná. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E.T.; Campos, D.A.; Souza, C.R.G.; Fernandes, A.C.S. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet em 11/12/2006 no endereço <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio101/sitio101.pdf>> Acessado em 24/4/2008.

- Jäger, H. 2004. Facies dependence of spore assemblages and new data on sedimentary influence on spore taphonomy. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **130**:121-140.
- Jansonius, J. & Hills, L.V. 1976. *Genera File of Fossil Spores*. Special Publication of Department of Geology. University of Calgary, Canadá.
- Jasper, A., Menegat, R., Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Souza, P.A. 2006. Depositional cyclicity and paleoecological variability in an outcrop of Rio Bonito formation, Early Permian, Paraná Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of South American, Earth Sciences*, **21**:276–293.
- Kalkreuth, W., Holz, M., Cazzulo-Klepzig, M., Marques-Toigo, M., Utting, J., Semkiwa, P. 1999. A comparative study of the geology, petrology and palynology of Permian coals in Tanzania and southern Brazil. *Journal of African Earth Sciences*, **29**(1):91-104.
- Kar, R.K. & Bose, M.N. 1976. Palaeozoic spora dispersa from Zaire (Congo). XII – Assise à couche de houille from Greinerville region. *Annales Musée Royale Afrique Centrale, Sciences Geologiques*, **77**:21-133.
- Lavina, E.L.C. & Lopes, R. da C. 1987. A Transgressão Marinha do Permiano Inferior e a Evolução Paleogeográfica do Supergrupo Tubarão no Estado do Rio Grande do Sul. *Paula-Coutiana*, Porto Alegre, **1**: 51-103.
- Lavina, E.L.C., Nowatzki, C.H., Santos, M.A.A., Leão, H.Z. 1985. Ambientes de Sedimentação do Super-Grupo Tubarão na Região de Cachoeira do Sul, RS. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, **9** (21): 5-75.
- Leinz, V. 1937. Estudos sobre a Glaciação Permocarbonífera do Sul do Brasil. *Boletim do Serviço de Fomento da Produção Mineral*, DNPM, Rio de Janeiro, **21**:1-47.
- Leipnitz, B. 1981. Estudo palinológico da formação Palermo, estado de Santa Catarina, Permiano, Bacia do Paraná, Brasil. Dissertação de Mestrado. UFRGS, Porto Alegre, 141 p.
- Liais, E. 1872. *Climats, Géologie, Faune et Géographie du Brésil*. Paris, Carnier, 640p.
- Lindgren, S. 1980. Algal microfossils of the form genus tetraporina from upper cretaceous clays, southern Sweden. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **30**:333-359.
- Loczy, L. 1964. Problemas de estratigrafia e paleogeografia carbonífera da Bacia do Paraná. Ministério das Minas e Energia, DNPM, Divisão de Geologia e Mineralogia. *Boletim*, RJ, **31**:91-112.
- Lopes, R. da C. 1990. Estudo paleoambiental da Formação Rio Bonito na Jazida do Leão – RS: uma análise inicial. *Acta Geologica Leopoldensia*, **31**:91-112.
- Lopes, R. da C. 1995. *Arcabouço Aloestratigráfico para o Intervalo Rio Bonito- Palermo. (Eopermiano da Bacia do Paraná), entre Butiá e São Sepé; Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 254 p.
- Lopes, R. da C. & Lavina, E.L.C. 1987. A Transgressão Marinha do Permiano Inferior e a Evolução do Supergrupo Tubarão no Estado do Rio Grande do Sul. *Paula Coutiana*, Porto Alegre, **1**:53-103.

- Lopes, R. da C. & Lavina, E.L.C. 2001. Estratigrafia de seqüências nas formações Rio Bonito e Palermo (Bacia do Paraná), na região carbonífera do Baixo Jacuí, Rio Grande do Sul. In: Severiano Ribeiro, H.J.P.S. (org.). *Estratigrafia de seqüências: fundamentos e aplicações*. São Leopoldo, Ed. UNISINOS, p. 391-419.
- Lopes, R. da C., Faccini, U.F., Paim, P.S.G., Garcia, A.J.V., Lavina, E.L.C. 2003a. Barras de Maré na Formação Rio Bonito: elementos arquiteturais e geometria dos corpos (Iruí e Capané - RS). In: PAIM, P. S. G.; FACCINI, U. F.; NETTO, R. G. (org.). *Geometria, Arquitetura e Heterogeneidade de corpos sedimentares - Estudo de Casos*, 2003. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo. P. 78 - 92.
- Lopes, R. da C., Lavina, E.L.C., Signoreli, N. 1986. Fácies Sedimentares e Evolução Paleambiental do Supergrupo Tubarão na Borda Leste da Bacia do Paraná: uma seção regional nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 24, Goiânia, 1986. *Anais ...* Goiânia, SBG, **1**:206-218.
- Lopes, R. da C., Paim, P. S. G., Lavina, E. L. C. 2003b. Modelo de reservatório em arenitos litorâneos: ilha de barreira permiana na Formação Rio Bonito (Minas do Leão - RS). In: Paim, P.S.G.; Faccini, U.F.; Netto, R.G. (org.). *Geometria, Arquitetura e Heterogeneidade de corpos sedimentares - Estudo de Casos*, 2003. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo. P. 58 - 77.
- Machado, E.R. 1961. *Contribuição ao Estudo das Jazidas de Carvão do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, UFRGS. 31p. Publicação Especial, n.3.
- Machado, E.R. 1966. Carvão Sul-Riograndense: súmula da Estratigrafia, jazidas e reservas. *Notas e Estudos*, UFRGS, **1**(1): 5-12.
- Machado, E.R. & Castanho, O.S. 1956. *Pesquisa de Carvão Mineral na Faixa Sedimentar do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Departamento Autônomo de Carvão Mineral. 42p.
- Macphail, M.K., Hill, R.S., Forsyth, S.M., Wells, P.M. 1991. A Late Oligocene – Early Miocene cool climate flora in Tasmania. *Alcheringa*, **15**:87-106. ISSN 0311-5518.
- Marques-Toigo, M. 1988. Paleopalínologia, bioestratigrafia e paleoecologia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Brasil. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 206p.
- Marques-Toigo, M. & Cazzulo-Klepzig, M. 1995. Catálogo de Esporos e Pólenes Fósseis do Paleozóico. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **9**(1):1-151.
- Marques-Toigo, M. & Côrrea da Silva, Z.C. 1983. Considerações sobre a origem dos carvões gondwânicos do Sul do Brasil. In: Congresso Internacional de Geologia Y Estratigrafia del Carbonífero, 10, Madrid.
- Marques - Toigo, M. & Côrrea da Silva, Z.C. 1984. On the origin of Gondwanic South Brazilian coal measures. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*. Lisboa, **70**(2):151-160.
- Marques-Toigo, M. & Picarelli, A.T. 1984. On the morphology and botanical affinities of *Lundbladispora Balme*, 1963, in the Permian of the Paraná Basin, Brazil. *Boletim do Instituto de Geociências da USP*. São Paulo, **15**:46-52.

- Marques-Toigo, M. & Pons, M.E. 1974. Estudo Palinológico do Furo de Sondagem P7 - Malha Oeste da Bacia Carbonífera do Iruí, RS, Brasil. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 28, Porto Alegre, 1974. *Anais...* Porto Alegre, SBG, **2**:277-288.
- Marques-Toigo, M., Côrrea da Silva, Z.C., Herter, G. 1975. Geology and Palynology of Candiota Coal Mine, RS, Brazil. *In: Congresso Argentino de Paleontologia y Bioestratigrafia*, 1, 1975. Tucumán, Argentina, *Actas...* **1**:401-427.
- Marques-Toigo, M., Dias-Fabrício, M.E.D., Cazzulo-Klepzig, M. 1981. Palynological and Palaeoecological characterization of Santa Rita Coalfield, RS Paraná Basin, Lower Permian, Brazil. *Acta Geologica Leopoldensia*. São Leopoldo, **16**(16):55 - 74.
- Marques-Toigo, M., Dias-Fabrício, M.E., Cazzulo-Klepzig, M. 1984. A sucessão da microflora nas camadas de carvão da Bacia Carbonífera de Charqueadas, Formação Rio Bonito, RS, Brasil. *Boletim do Instituto de Geociências da USP*, São Paulo, **15**:65-72.
- Marques-Toigo, M., Dias-Fabrício, M.E., Guerra-Sommer M., Cazzulo-Klepzig, M., Piccoli, A.E.M. 1989. Afloramentos da área de Trombudo Central, Permiano Inferior, Santa Catarina: paleopalínologia, icnologia e sedimentologia. *In: Congresso Brasileiro de Paleontologia*, 11, 1989, *Anais...* Curitiba.
- Matos, L.C.B.B. 1984. Contribuição ao estudo petrográfico e palinológico dos carvões da jazida carbonífera de Chico-Lomã, RS. Dissertação de Mestrado. Engenharia de Energia, Metalurgia e dos Minerais, UFRGS, 132p.
- Medeanic, S. 2006. The palynomorphs from surface sediments of intertidal marshes in the estuarine part of the Patos lagoon. *IHERINGIA*, Sér. Bot., Porto Alegre, **61**(1-2):49-62.
- Medeiros, J.A. 1998. Fácies sedimentares, Estratigrafia de Seqüências e Paleogeografia dos depósitos carbonosos da Mina do Iruí-Central, Município de Cachoeira do Sul – RS. Dissertação de Mestrado. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 81p.
- Medeiros, R.A. & Thomaz Filho, A. 1973. Fácies e ambientes deposicionais da Formação Rio Bonito. *In: Congresso Brasileiro De Geologia*, 27, 1973. Aracajú, *Anais...*, Aracajú: SBG, **3**:247-254.
- Medeiros, R.A., Thomaz-Filho, A., Roncarati, H. 1971. *Projeto Rio Bonito - Fase I*. PETROBRÁS/DESUL, 24p. Relatório Interno, número 402.
- Melo, M.S., Bosetti, E.P., Godoy, L.C.; Pilatti, F. 2002. Vila Velha, PR - Impressionante relevo ruiforme. *In: Schobbenhaus, C., Campos, D.A., Queiroz, E.T., Winge, M., Berbert-Born, M.L.C. (Edits.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 1ª ed. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 1:269-277.
- Mendonça-Filho, J.G. 1999. Aplicação de Estudos de Palinofácies e Fácies Orgânica em rochas do Paleozóico Superior da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2 volumes: volume 1 - texto e estampas, 168p; volume 2 - tabelas e figuras, 181 p.
- Mendonça-Filho, J.G. & Menezes, T.R. 2001. *Curso de Palinofácies & Fácies Orgânica*. IGEO, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 114p.
- Mendonça Filho, J.G., Carvalho, M. A., Menezes, T. R. 2002 *In: T. L. Dutra (ed.) Palinofácies. Técnicas e Procedimentos para o Trabalho com Fósseis e Formas Modernas Comparativas*, 1, Unisinos, pp: 20-24.



- Menezes, E. F. de. 2000. Os Mangues. Disponível em: <http://www.frigoletto.com.br/GeoFis/Vegetacao/mangue.htm>. Acessado em 15/04/2008.
- Menezes, J.R.C. 1994. Estratigrafia de Seqüências em Dados de Sondagem: aplicação ao Permiano da Bacia do Paraná na Região de Candiota (RS). *Dissertação de Mestrado*. Porto Alegre, UFRGS. 1v.
- Menezes, L. 2004. Mapeamento digital de análogos a reservatórios petrolíferos: exemplos para depósitos fluviais da Unidade Açú-3 - Bacia Potiguar. *Dissertação de Mestrado*. Cap. 3 – Arquitetura Depositional. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Pg. 17 – 50.
- Menezes Filho, N.R. de & Brito, P.C. 1982. Estratigrafia da seqüência gonduânica na região de Candiota, RS. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 32, 1982, Salvador. *Anais...*, Salvador: SBG, 4:1392-1405.
- Menezes Filho, N.R. de & Rodrigues, T.L.N. 1983. Faciologia e análise ambiental preliminar da Formação Rio Bonito da região de Grande Candiota, Rio Grande do Sul, Brasil. In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 1, 1983, Porto Alegre, *Atas...*, Porto Alegre: SBG Núcleo RS/SC, p. 371-391.
- Menezes, T.R.; Mendonça Filho, J.G.; de Souza, I.V.A.; Araujo, C.V.; Mendonça, J.O. 2008. *Faciologia orgânica aplicada à exploração de petróleo* (no prelo).
- Meyen, S.V. 1987. *Fundamentals of Palaeobotany*. Chapman and Hall, 431p.
- Meyer, K.E.B. 2004. Mudanças ambientais na Lagoa dos Quadros e Itapeva, Planície Costeira do RS, com base em análises de palinofácies e dados palinológicos. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 59 folhas e anexos.
- Meyer, K.E.B.; Souza, P.A.; Cwik, M.R.; Menezes, T.R.; Buchmann, F.S. 2006. Palinofácies e processos deposicionais em sedimentos de fundo da Lagoa dos Quadros, Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 36:613-622.
- Miall, A.D. 1996. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology*. New York, 582 p.
- Milani, E.J. 1997. Evolução tectono-estratigrafica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), 2v. 255p.
- Milani, E.J., França, A.B., Schneider, R.L. 1994. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da PETROBRÁS*, 8(1):69-82.
- Müller, J. 1959. Palynology of Recent Orinoco delta and shelf sediments: reports of the Orinoco Shelf Expedition. *Micropaleontology*, 5(1):1-32.
- Nahuys, J., Alpern, B., Ybert, J.P. 1968. Estudo palinológico e petrográfico de alguns carvões do Sul do Brasil. *Boletim Técnico do Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, 6:3-61.
- Netto, R.G. 1994. A Paleocnologia como ferramenta de trabalho na seqüência sedimentar Rio Bonito/Palermo. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2v. 272p.

- Netto, R.G. 1996. Análise quantitativa da distribuição das icnofábricas na seqüência sedimentar Rio Bonito/Palermo e seu significado paleoambiental. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 39, 1996, Salvador. *Boletim de Resumos Expandidos*. Salvador: SBG, **1**:276-278.
- Netto, R.G. 1997. Padrão de icnofábricas da seqüência sedimentar Rio Bonito/Palermo no RS e seu valor na diagnose paleoambiental. *In: Congresso Brasileiro de Paleontologia*, 15, 1997, São Pedro. *Resumos*. São Pedro: SBP, **1**:139-139.
- Netto, R.G. 1998. Padrão de icnofábricas da seqüência sedimentar Rio Bonito/Palermo e seu valor na diagnose paleoambiental. *Acta Geologica Leopoldensia*, **46/47**: 209-225.
- Netto, R.G. 2000. Paleicnologia do Rio Grande do Sul. *IN: Holz, M. (ed.) Paleontologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, UFRGS - CIGO - Centro de Investigação do Gondwana. p. 25-43.
- Netto, R.G. 2001. Icnologia e Estratigrafia de Seqüências. *In: Severiano Ribeiro, H.J.P. (ed.), Estratigrafia de Seqüências: fundamentos e aplicações*, Ed. Unisinos, São Leopoldo, p. 219-260.
- Netto, R.G. & Gonzaga, T.D. 1984. Icnofósseis do Permiano Superior e suas implicações paleoambientais.. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 33, 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: SBG, **1**:1026.
- Netto, R.G. & Gonzaga, T.D. 1985. Paleicnologia do Grupo Guatá (Supergrupo Tubarão) nos Sedimentitos da Mina do Iruí, Cachoeira do Sul,RS. *Acta Geologica Leopoldensia*, **21**:77-102.
- Netto, R.G. & Rossetti, D.F. 2003. Ichnology and salinity fluctuations: a case study from the Early Miocene (Lower Barreiras Formation) of São Luís basin, Maranhão, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **6**:5-18.
- Netto, R.G., Buatois, L.A., Mángano, M.G., Balistieri, P.R.M.N. 2007. *Gyrolithes* as a multipurpose burrow: an ethologic approach. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **10**(3):157-168.
- Netto, R.G., Mángano, M.G., Buatois, L.A. 1999. Ichnofabrics from an estuarine to marine transition in a sequence in a sequence-stratigraphic context: the Permian Rio Bonito and Palermo formations of southern Brazil. *In: International Ichnofabric Workshop*, 5, 1999, Manchester. *Abstracts*. Manchester: IIW, **1**: p. s/nº.
- Netto, R.G., Santos, M.A.A., Nowatzki, C.H. 1991. Permian trace fossils from estuarine sequences at Rio Grande do Sul State, Brazil. *In: International Congress On Carboniferous And Permian Geology And Stratigraphy*, 13, 1991, Buenos Aires. *Abstracts*. Buenos Aires: IGCPGS, **1**:98.
- Neves, P.C.P. das, Bauermann, S.G., Bitencourt, A.L.V., Souza, P.A., Marchioreto, M.S., Bordignon, S.A.L., Mauhs, J. 2006. Palinoflora do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Phytolaccaceae R. Br. *Revista Brasileira de Paleontologia*, Porto Alegre, **9**(1):157-164.
- Nowatzki, C.H., Santos, B.R. dos, Santos, M.A.A. dos, Gonzaga, T.D. 1983. Atlas de estruturas sedimentares pré-gondwânicas e gondwânicas do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil - Parte II: Estruturas químicas e orgânicas. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, **15**:5-131.
- Nyambe, I.A. & Utting, J. 1997. Stratigraphy and palynostratigraphy, Karoo Supergroup (Permian and Triassic), mid-Zambezi Valley, southern Zambia. *Journal African Earth Science*, **24**:563-583.
- Oboh-Ikuenobe, F.E. & de Villiers, S.E. 2003. Dispersed organic matter in samples from the western continental shelf of Southern Africa: palynofacies assemblages and depositional environments of

- Late Cretaceous and younger sediments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **201**:67-88.
- Oliveira, E.P. 1916. Geologia do Estado do Paraná. Rio de Janeiro: *Ministério da Agricultura Indústria e Comércio*, p. 67-143.
- Ottone, E.G., Mancuso, A.C., Resano, M. 2005. Miospores and chlorococcalean algae from the Los Rastros Formation, Middle to Upper Triassic of central – western Argentina. *Ameghiniana*, **42**(2):347-362. ISSN 0002-7014.
- Paim, P.S.G., Côrrea da Silva, Z.C., Cazzulo-Klepzig, M., Marques-Toigo, M., Dias-Fabricio, M.E., Henz, G.I. 1983b. Características petrográficas e palinológicas do perfil das camadas de carvão na sondagem P4, Bacia Carbonífera de Santa Rita, RS. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 32. *Anais...* SBG, **4**:1271-1283.
- Paim, P.S.G., Piccoli, A.E.M., Sarturi, J.A.D., Munaro, P., Holz, M., Granitoff, W. 1983a. Evolução paleogeográfica do Supergrupo Tubarão na área de Mariana Pimentel - Faxinal, Guaíba, RS. *In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia*, 1. *Atas...*, Porto Alegre: SBG - Núcleo RS/SC, p. 140-159.
- Pant, D.B. & Srivastava, S.K. 1965. Some Lower Permian miospores from Brazil. *Micropaleontology*, New York, **11**(4):468-478.
- Parry, C.C., Whitley, P.K.J., Simpson, R.D.H. 1981. Integration of palynological and sedimentological methods in facies analysis of Brent Formation. *In: L.V. ILLING & G.D. HOBSON (eds.) Petroleum Geology of Continental Shelf of North West Europe*, Heyden & Son, p. 206-215.
- Pemberton, S.G. & Wightman, D.M. 1992. Ichnological characteristics of brackish water deposits. *In: S.G. Pemberton (ed.) Applications of ichnology to petroleum exploration, a core workshop*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Core Workshop 17, p.141-167.
- Pemberton, S.G., Spilla, M., Pulham, A.J., Saunders, T., Maceachern, J.A., Robbins, D., Sinclair, I.K. 2001. *Ichnology & Sedimentology of Shallow to Marginal Marine Systems*. Ben Nevis & Avalon Reservoirs, Jeanne d'Arc Basin. Short Course Notes, vol. 15.
- Perinotto, J.A. 1992. *Análise Estratigráfica da Formação Palermo (P) na Bacia do Paraná, Brasil*. Tese de Doutorado. Rio Claro: UNESP. Curso de Pós-Graduação em Geociências – UNESP, 2v.
- Picarelli, A.T. 1993. Perspectivas tecnológicas do método de paleopalínologia. *In: Estado da Arte e Perspectivas Tecnológicas, Supep-Divex*, 1ª ed. Petrobrás, 27p.
- Picarelli, A.T. & Marques-Toigo, M. 1990. Reavaliação de algumas espécies de *Cristatisporites* (Potonié & Kremp) Staplin & Jansonius, 1964, Permiano Inferior, Bacia do Paraná, Brasil. *Pesquisas*, Instituto de Geociências, Porto Alegre, **17**(1/2):23-30.
- Piccoli, A.E.M. 1977. Contribuição ao estudo das estruturas sedimentares na Formação Rio Bonito - Estado de Santa Catarina. *Pesquisas*, Porto Alegre, **7**:45-109.
- Piccoli, A.E.M. & Paim, P.S.G. 1982. Estudo de ciclicidade das rochas do Supergrupo Tubarão (Grupo Itararé e Formação Rio Bonito) na área de Santa Rita (RS). *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, **11**:37-54.
- Piccoli, A.E.M., Holz, M., Sarturi, J.A.D., Munaro, P., Granitoff, W. 1984a. Evolução Paleogeográfica da bacia carbonífera de Charqueadas - Santa Rita, RS - Brasil. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 33, Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro: SBG, p. 983-992.

- Piccoli, A.E.M., Holz, M., Sarturi, J.A.D., Munaro, P., Granitoff, W. 1984b. Estratigrafia da bacia carbonífera de Charqueadas - Santa Rita, RS - Brasil. *Pesquisas*, Porto Alegre, **17**:269-310.
- Piccoli, A.E.M., Lopes, R.C., Camozzato, E. 1986. Análise paleoambiental das jazidas de carvão do Estado do Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, **22**(10):35-54.
- Piccoli, A.E.M., Marques-Toigo, M., Dias-Fabrizio, M.E., Cazzulo-Klepzig, M. 1985. Correlação de seqüências sedimentares na Bacia Carbonífera de Charqueadas, RS, com base em dados lito e biofaciológicos. In: Coletânea de Trabalhos Paleontológicos (ed.) Rio de Janeiro: DNPM, **2**:419-426.
- Pinto, I.D. 1955. Série Maricá, Camaquã e Formação Teixeira Soares no Rio Grande do Sul. Histórico, idade e correlação. *Boletim do Instituto de Ciências Naturais*, Porto Alegre, **2**:1-18.
- Pinto, I.D. 1966. *Geology of the State of Rio Grande do Sul - Brasil: synopsis*. Porto Alegre, UFRGS. Mapa Publicação Especial, **11**:1-22.
- Playford, G., Dino, R., Marques-Toigo, M. 2001. The upper Paleozoic miospore genus *Spelaeotriletes* Neves and Owens, 1966, and constituent Gondwana species. *Journal of South American Earth Sciences*, **14**(2001):593-608.
- Pop, J.H. & Soares, P.C. 1984. O Grupo Guatá. In: RÖSLER, O. (Coord.). Revisão de tópicos da geologia e paleontologia da Bacia do Paraná e seu embasamento. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 33. Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro: SBG, p. 1023-1025.
- Potonié, R. 1956. Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae. Beihefte zum *Geologischen Jahrbuch*, Heft, **23**:1-103.
- Potonié, R. 1970. Synopsis der Gattungen der Sporae Dispersae. V Teil: Nachtrage zur allen Gruppen (Turmae). *Geologischen Jahrbuch*, Heft, **87**:1-172.
- Potonié, R. & Kremp, J. 1954. Die Gattungen der Paläozoischen sporae dispersae und ihre Stratigraphie. *Geologischen Jahrbuch*, Heft, **69**:94-111.
- Putzer, H. 1954. Divisão da Formação Palermo no sul de Santa Catarina e tentativa de interpretação genética. *Boletim SBG*, São Paulo, **3**(1):1-28.
- Qin, J. 2005. *Bio-hydrocarbons from Algae: impacts of temperature, light and salinity on algal growth*. Rural Industries Research and Development Corporation, Publication n. 5/25, Kingston, Austrália, 26 p.
- Quadros, L.P. & Melo, J.H.G. 1987. Método prático de preparação palinológica em sedimentos pré-mesozóicos. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **1**(2):205-214.
- Rao, R.A., Dayananda, C., Sarada, R., Shamala, T.R., Ravishankar, G.A. 2007. Effect of salinity on growth of Green alga *Botryococcus braunii* and its constituents. *Bioresource Technology*, **98**:560-564.
- Rigby, J.F. & Heckel, H. 1977. Palynology of the Permian sequence in the Springsure Anticline, central Queensland. Publ. Geol. Survey Queensland 363. *Palaeontological Papers*, **37**:1-76.

- Rosa, C.L.M. da, Grangeiro, M.E., Bocalon, V.L.S., Netto, R.G. 1994. *Craticulichnum iruiensis*: uma nova contribuição à paleoicnologia da seqüência sedimentar Rio Bonito/Palermo no RS. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, **39**(1):33-45.
- Rossetti, D.F. & Netto, R.G. 2006. First evidence of marine influence in the Cretaceous of the Amazonas Basin, Brazil. *Cretaceous Research*, Amsterdam, **27**(27):513-528.
- Salamuni, R. 1962. Algumas notas sobre os orifícios de vermes da formação Geologica Palermo (Carbonífero Superior - Série Tubarão). *Ciência e Cultura*, Curitiba, **14**(3):154-155.
- Salamuni, R. & Alessi, A. H. 1966. Orifícios organógenos e estruturas correlatas na Formação Palermo (Grupo Tubarão). *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, São Paulo, **15**(3):5-21.
- Santos, M.A.A. dos, Gonçalves, A.R.L., Lorandi, R. 1990. Estudo faciológico do Supergrupo Tubarão na região da Barrocada (Cachoeira do Sul - RS). *Ciência e Natura*, **12**:41-46.
- Schneider, R.L., Mühlmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R., Daemon, R.F., Nogueira, A.A. 1974. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, SBG, **1**:41-65.
- Severiano Ribeiro, H.J.P., Lavina, E.L.C., Lopes, R.C., Albuquerque, L.F.F., Rosa, Á.A.S., Goldberg, K., Calarge, L. M., Colombo, M., Villegas, M. B., Bertei, S., Bocalon, V.L.S. 1993. Aplicação do Conceito de Paraseqüência na Mina Abandonada de Carvão da Cascatinha, Bacia do Paraná, Município de Cachoeira do Sul, RS. São Leopoldo, UNISINOS. *Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia*, 1993, Curitiba.
- Silva Filho, B.C. da. 1974. Discordância entre o Subgrupo Itararé e a Formação Rio Bonito do Estado do Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, SBG, **2**:58-67.
- Simpson, A.J., Zang, X., Kramer, R., Hatcher, P.G. 2003. New insights on the structure of algaenan from *Botryococcus braunii* race A and its hexane insoluble botryals based on multidimensional NMR spectroscopy and electrospray-mass spectrometry techniques. *Phytochemistry*, **62**(5):783-796.
- Smith, A.V.H. & Butterworth, M.A. 1967. *Miospores in the coal sequence of the Carboniferous of Great Britain*. London, Special Paper in Palaeontology, 342 p.
- Souza, P.A. 1997. Dados palinológicos do Carbonífero da Bacia do Paraná no Brasil. *Revista da Universidade de Guarulhos*. Guarulhos/SP, **2**: 43-48.
- Souza, P.A. 2000. Palinobioestratigrafia do Subgrupo Itararé, Carbonífero/Permiano, na porção nordeste da Bacia do Paraná (SP/PR, Brasil). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, USP, Brasil.
- Souza, P.A. & Marques-Toigo, M. 2001. Zona Vittatina: Marco Palinobioestratigráfico do Permiano Inferior da Bacia do Paraná. *Ciência, Técnica, Petróleo*. Seção Exploração de Petróleo, Rio de Janeiro, **20**:153-159.
- Souza, P.A. & Marques-Toigo, M. 2003. An overview on the Palynostratigraphy of the Upper Paleozoic strata of the Brazilian Paraná Basin. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, Buenos Aires, **5**(2):205-214.

- Souza, P.A., Amaral, P.G.C., Bernardes de Oliveira, M.E.C. 2006a. A Late Carboniferous palynoflora from the Itararé Subgroup (Paraná Basin) in Campinas, São Paulo State, Brazil. *Revue de Micropaléontologie*, Paris, **49**(2):105-115.
- Souza, P.A.; Felix, C.M.; Fischer, T.V.; Premaor, E.; Smaniotto, L.P.; Abreu, C.A. de.; Longhim, M.E.; Rossi, A.R.; Neregato, R.; Boardman, D.R. 2006b. Taxonomic and biostratigraphic studies on Late Paleozoic strata of the Paraná Basin, Brazil. *CIMP Newsletter*, Bruxelas, p. 15 – 18.
- Souza, P.A., Iannuzzi, R., Scherer, C.M.S., Cardoso, N. 2005. Análises tafonômica e paleoecológica das associações fitofossilíferas do afloramento morro do Papaléo, Rio Grande do Sul (bacia do Paraná, Permiano Inferior). In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 19, Aracajú. CD *Resumos*, p. s/nº.
- Souza, P.A., Iannuzzi, R., Schultz, C. 2004. O Permiano. In: *Antes dos Dinossauros – A Evolução da Vida e seu registro fóssil no Rio Grande do Sul*. Editora da UFRGS. Museu da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 50-69.
- Srivastava, S.C. & Bhattacharya, A.P. 1996. Early Permian microfossils in faunal coalballs from Arunachal Pradesh, India. Phytogeographic and palaeoenvironmental significance. *Geophytology*, **26**(2):75-82.
- Steward, W. N. 1989. *Paleobotany and the Evolution of Plants*. Cambridge University Press, 405p.
- Strohmer, C. & Strauss, C. 1996. Sedimentology and palynofacies of the Zechstein 2 Carbonate (Upper Permian, Northwest Germany) implications for sequence stratigraphic subdivision. *Sedimentary Geology*, **102**:55-77.
- Suguio, K. 1992. *Dicionário de Geologia Marinha: com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol*. São Paulo: T. A. Queiroz. Biblioteca de Ciências Naturais, 171p.
- Tappan, H. 1980. *The Paleobiology of Plant Protists*. San Francisco (W.H. Freeman).
- Taylor, A.M. & Goldring, R. 1993. Description and analysis of bioturbation and ichnofabric. *Journal of the Geological Society*, **150**(1):141-148.
- Taylor, T.N. & Taylor, E.L. 1993. *The Biology and Evolution of Fossil Plants*. Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA. 982 pp. (illustr).
- Testa, M., Gerbaudo, S., Andri, E. 2001. Data report: *Botryococcus* colonies in Miocene sediments in the western Woodlark Basin, southwest Pacific. In: Huchon, P.; Taylor, B., Klaus, A. (Eds.), *Proc. ODP, Sci. Results*, 180:1-6.
- Thomaz Filho, A. & Medeiros, R.A. 1972. Projeto Rio Bonito - Fase II - PETROBRAS /DESUL.
- Tognoli, F.M.W. & Netto, R.G. 2000. Thalassinoides-Ophiomorpha: opportunistic ichnofaunas and their significance in the Rio Bonito and Palermo formations from the Paraná State, Permian of the Paraná Basin. In: Simpósio Brasileiro de Paleoartropodologia, 1 / Simpósio Sudamericano de Paleoartropodologia, 1 / International Meeting On Paleoarthropodology, 1, 2000, Ribeirão Preto. *Abstracts*, **1**:125.
- Tognoli, F.M.W. & Netto, R.G. 2001a. The utilization of ichnofabric analysis to recognize potential source rocks: an example from Palermo Formation (Lower Permian), Eastern of Paraná Basin, Brazil. In: International Ichnofabric Workshop, 6, 2001, Isla Margarita/Puerto La Cruz. *Abstracts*. Isla Margarita/Puerto La Cruz: SVG-PDVSA-CSC, p. 19-19.

- Tognoli, F.M.W. & Netto, R.G. 2001b. Ichnofabric pattern of wave-dominated estuarine deposits from the Permian of Paraná Basin, Brazil. *In: Reunión Argentina de Icnología, 4/Reunión De Icnología Del Mercosur, 2, 2001, San Miguel de Tucumán. Resúmenes. Tucumán: INSUGEO, 1:74-74.*
- Tognoli, F.M.W. & Netto, R.G. 2003. Ichnological signature of Paleozoic estuarine deposits from the Rio Bonito-Palermo succession, eastern Paraná basin, Brazil. *Asociación Paleontológica Argentina. Publicación Especial, Buenos Aires, 9:141-155.*
- Tommasi, E. 1973. Geologia do flanco sudeste da Bacia do Paraná: Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, Aracajú, 1973. Anais..., Aracajú: SBG, 3:179-188.*
- Traverse, A. 1988. *Palaeopalynology*. Academic Division of Unwin Hyman. Ltd. Eds., London, 600p.
- Traverse, A. & Ginsberg, R.M. 1966. Palynology of the surface sediments of Great Bahama Bank, as related to water movement and sedimentation. *Marine Geology, 4:417-459.*
- Tripathi, A. 1997. Representation of acritarchs across the Permian-Triassic boundary in India. *The Palaeobotanist, 46:79-81.*
- Tyson, R.V. 1987. The genesis and palinofácies characteristics of marine petroleum source rocks. *In: Brooks, J. & Fleet, A.J. (eds). Marine Petroleum Source Rocks, Geological Society Special Publication, 26:47-67.*
- Tyson, R.V. 1989. Late Jurassic palinofácies trends, Piper and Kimmeridge Clay Formations, UK onshore and northern North Sea. *The British Micropalaeontological Society, 135-172.*
- Tyson, R.V. 1993. *Palynofacies Analysis*. Kluwer Academic Publishers, p. 153-191.
- Tyson, R.V. 1995. *Sedimentary Organic Matter – Organic facies and palynofacies*. Published by Chapman & Hall, London, 615p.
- Valentin, J.L. 2000. *Ecologia Numérica – Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Ed. Interciências. 117p.
- Van Wagoner, J.C., Mitchum, R.M., Campion, K.M., Rahamanian, V.D. 1990. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops. Oklahoma. AAPG. 55p.
- Vér, A. 1994. LM investigations of different stained fossil *Botryococcus* colonies. *Plant Cell Biology and development (SZEGED), 5:11-19.*
- Wake, L.V. 1983. Characteristics of resting state colonies of the Alga *Botryococcus braunii* obtained from a bloom of the organism. *Australian Journal of Botany, 31(6):605-614.*
- Wake, L.V. & Hillen, L.W. 1980. Study of a "bloom" of the oil-rich alga *Botryococcus braunii* in the Darwin River Reservoir. *Biotechnol. Bioeng., 22:1637-1656.*
- Wightman, D.M., Pemberton, S.G., Singh, C. 1987. Depositional modeling of the Upper Mannville (Lower Cretaceous), central Alberta: implications for the recognition of brackish water deposits. *In: R.W. Tillman & K.J. Weber (eds.) Reservoir Sedimentology. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication 40, p. 189-220.*

- Whitaker, M.F. 1984. The usage of palynostratigraphy and palynofacies in definition of Troll Field geology. *In: Offshore Northern Seas - Reduction Of Uncertainties By Innovative Reservoir Geomodelling. Norwegian Petroleum Society*, Article G6.
- Whitaker, M.F.; Giles, M.R.; Cannon, S.J.C. 1992. Palynostratigraphical review of the Brent Group, UK Sector, North Sea. *In: Morton, A.C.; Haszeldine, R.S.; Giles, M.R.; Brown, S. (eds). Geology of the Brent Group, Geological Society of London Special Publication*, 61:169-202.
- White, I.C. 1908. *Comissão de estudos das minas de carvão de pedra do Brasil: relatório final de 1 de julho de 1904 a 31 de maio de 1906*. Brasília, DNPM. 620 p. (Seventh Gondwana Symposium, São Paulo. 1988, edição fac-similar).
- White, M.E. 1990. *The Glossopteris Flora*. Princeton University Press, New Jersey, 256p.
- Wildner, W. 1983. Análise faciológica de uma porção do Grupo Guatá, na região de Candiota, RS. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, **14**:145-168.
- Williams, G. 1992. Palynology as a palaeoenvironmental indicator in the Brent Group, northern North Sea. *Geological Society of London Special Publications*, **61**:203-212.
- Willis, K.J. & McElwain, J.C. 2001. *The Evolution of Plants*. Oxford University Press, 378p.
- Zamaloa, M.C. 1996. Asociación de zigósporas de Zygnemataceae (Chlorophyta) em el Terciario Medio de Tierra Del Fuego, Argentina. *Ameghiniana*, **33**(2):179-184.
- Zanotto, O.A. 1991. Bacia do Paraná. *In: Gabaglia, G. R. & Milani, E. J. (Eds.) Origem e evolução de bacias sedimentares*. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, p.135-168.



## Anexo 1



Preparação de amostras para Palinologia

## *A1a - Preparação de amostras para análise sistemática*

### 1ª Etapa Laboratorial: Ácido Fluorídrico

#### Material utilizado:

- Peneira, fração areia grossa.
- Beckers de plástico, esterilizados.
- Bastões de plástico, esterilizados.
- Ácido fluorídrico a 48%.
- Medidores de pH.
- Etiquetas e caneta retroprojeter.
- Água destilada.

#### Metodologia:

- a) Trituram-se as amostras, na peneira de malha tamanho areia grossa.
- b) Colocam-se os fragmentos da amostra, em um Becker de plástico, devidamente etiquetado e numerado.
- c) Quando as amostras já estiverem todas em seus respectivos Beckers, colocam-se todas dentro de uma capela. (Materiais de segurança – luvas, guarda-pó e filtro de ar - são requeridos).
- d) Com muito cuidado, derrama-se ácido fluorídrico a 48%, na proporção 2 vezes o volume da amostra. (Uma reação vai ocorrer e por isso, deve-se cuidar com um “possível” espirro. O ácido fluorídrico é altamente inflamável e corrosivo à pele humana e vidro!).
- e) Deixar os Beckers descansando, por uns dois dias, mexendo-as com os bastões de plástico de duas a três vezes ao dia.
- f) Começar o processo de lavagem. Retirar o ácido até o nível do sedimento decantado e substituí-lo por água destilada.
- g) Medir o pH nas lavagens. Para ele se tornar ideal, deve ficar em 6-7 – quase neutro, (amarelo claro, nos medidores).
- h) Quando o pH tornar-se ideal, passa-se a segunda etapa laboratorial.

## 2ª Etapa Laboratorial: Ácido Clorídrico

### Material utilizado:

- Beckers de vidro, esterilizados.
- Bastões de vidro, esterilizados.
- Ácido clorídrico a 100%.
- Termômetros químicos, de precisão.
- Placa aquecedora ou Bico de Bunsen.
- Etiquetas e caneta retroprojeter.
- Água destilada.

### Metodologia:

- a) Quando o pH com as lavagens do ácido fluorídrico chegarem ao neutro, passa-se para a inclusão do ácido clorídrico.
- b) Etiquetar os Beckers de vidro, igualmente aos de plástico.
- c) Retira-se a água da última lavagem e substituem-se os Beckers de plástico pelos de vidro, com o auxílio de água destilada limpa.
- d) Na mesma proporção (duas vezes o volume da amostra), coloca-se ácido clorídrico nas amostras e um termômetro em cada uma a ser trabalhada.
- e) Com o auxílio de uma placa aquecedora ou Bico de Bunsen, esquentam-se cada amostra, até os 60° C.
- f) Com a reação completa (os 60° C atingidos), deixam-se as amostras descansarem por 24 horas para que os sedimentos decantem.
- g) Novamente, procede-se com as lavagens com água destilada até que o pH seja novamente neutralizado em 6-7.

## 3ª Etapa Laboratorial: Passagem nas peneiras

### Material utilizado:

- Luvas cirúrgicas para manuseio das amostras.
- Peneira de malha 0,250.
- Peneira de malha 0,025.
- Água destilada.
- Jatos de água da pia.
- Potes com tampa esterilizados.

- a) Passar o resíduo final (etapa 2) nas peneiras superpostas: malha maior em cima da menor encima de um recipiente de coleta.
- b) A malha maior 0,250 mm servirá para filtrar todos os minerais residuais encontrados. A menor irá deter os pólenes e esporos.
- c) Lavar MUITO BEM.
- d) O que ficar na malha de 0,025 mm, levar para um pote com tampa. As amostras estão prontas para a etapa final.

#### 4ª Etapa Laboratorial: Montagem das Lâminas

##### **Método 1 – Gelatina Glicerizada**

Material utilizado:

- Gelatina glicerizada seg. KAISER (contendo fenol), para microscopia. Marca Merck.
- Lâminas para microscopia.
- Lamínulas para microscopia.
- Mini-potes com tampa e esterilizados.
- Isqueiro.
- Cotonetes.
- Lenços de papel em profusão.
- Álcool.
- Bastão de vidro.
- Uma colher de chá.
- Palitos de dente.
- Etiquetas e caneta retroprojeter.
- Esmalte incolor de unhas.

Metodologia:

- a) Retira-se a água destilada da última lavagem com o ácido clorídrico.
- b) Derrama-se o conteúdo sedimentar final de cada amostra em um mini-pote tampado, devidamente etiquetado e numerado. Esse será o material final para uso em pesquisa.

- c) Se pega, então, as lâminas microscópicas (devidamente limpas e etiquetadas) e coloca-se um fragmento pequeno de gelatina glicerinada em cada, com a ajuda da colher de chá. Recomenda-se fazer de uma em uma amostra.
- d) O método aqui varia: pode-se pegar um palito de dentes, fincá-lo na glicerina e mergulhá-lo no sedimento final da amostra, depositando (glicerina + amostra) na lâmina. Ou pode-se colocar uma ½ gota de amostra diretamente sobre a glicerina, com o auxílio do bastão de vidro.
- e) Com o isqueiro, esquentam-se o fundo da lâmina até que a glicerina derreta, fundindo-se com a amostra.
- f) Depositar uma lamínula delicadamente sobre a lâmina, cuidando para que não fique ar (bolhas) entre uma e outra.
- g) Colocar a lâmina pronta em um lugar horizontal para que seque (o que acontece rapidamente).
- h) Depois de todas as lâminas prontas (recomenda-se três por amostra), limpam-se as mesmas delicadamente com o auxílio de álcool, lenços de papel e cotonetes. O fundo (queimado) deve merecer especial atenção.
- i) Quando todas as amostras estiverem limpas, passa-se para a etapa final de vedação com esmalte incolor de unhas.
- j) Depois de limpas e vedadas com o esmalte, às amostras devem ser depositá-las em uma caixa especial para lâminas microscópicas.

## **Método 2 – Entellan**

Material utilizado:

- Entellan - Marca Merck
- Cellosize
- Lâminas para microscopia
- Lamínulas para microscopia.
- Canudos (para função de micropipetas).
- Ultra-som.
- Placa aquecedora.
- Palitos de dente.

- Caneta de retroprojektor.

Metodologia:

- a) Retira-se a água destilada da última lavagem com o ácido clorídrico.
- b) Derrama-se o conteúdo sedimentar final de cada amostra em um mini-pote tampado, devidamente etiquetado e numerado. Esse será o material final para uso em pesquisa.
- c) Com o auxílio do ultra-som, deixa-se o potinho no aparelho por aproximadamente 30 segundos (cuidar para não virar).
- d) Se pega, então, uma lamínula (devidamente limpa) e coloca-se, com o auxílio do canudo, uma gota do material que acabou de sair do ultra-som.
- e) Com um pequeno bastão ou palito (cuidar para não haver contaminação! – o palito deve ser descartado para cada amostra), pingar uma gota de cellosize na lamínula com o material.
- f) Depositar essa lamínula na placa aquecedora (não muito quente, senão queima o material – uso mínimo) e quando houver retração do material durante o aquecimento, espalhá-lo novamente com palitos limpos até que ela esteja totalmente seca (o material estará fixado/seco), para uniformizar a lamínula.
- g) Se pega, então, uma lâmina (devidamente limpa e etiquetada) e se coloca duas a três gotas de Entellan.
- h) Deposita-se, delicadamente, a lamínula com o material sobre a lâmina com o entellan.
- i) O método não requer que as lâminas sejam seladas com esmalte.
- j) Lâminas prontas para análise.

### ***A1b - Técnicas de preparação das amostras para análise de palinofácies***

#### No laboratório:

- 1) Trituração do material, utilizando moinho manual, em fragmentos de aproximadamente 5 mm.
- 2) As amostras deverão ser acondicionadas em saquinhos plásticos devidamente etiquetados.
- 3) Posteriormente, serão colocadas em bécheres de vidro, devidamente identificados, para o primeiro estágio da maceração por acidificação.

#### 1ª Etapa Laboratorial: Ácido Clorídrico

- 1) Colocar uma parte da amostra em um recipiente de vidro.
- 2) Adicionar ácido clorídrico (HCl) à 20%, esperando-se aproximadamente 18 horas para a ocorrência de uma reação com a fração mineral carbonática possivelmente presente na amostra.
- 3) Lavar as amostras com água destilada, em um processo de decantação, por três vezes consecutivas.
- 1) O resíduo obtido após a lavagem deve ser transportado para bécheres de plástico, devidamente identificados para a próxima etapa de maceração por acidificação.

#### 2ª Etapa Laboratorial: Ácido Fluorídrico

- 1) Adicionar ácido fluorídrico (HF) à 40% ao material (aproximadamente 100 ml ou uma quantidade suficiente para recobrir todo material).
- 2) Deixar em repouso por aproximadamente 24 horas.
- 3) Após essas horas, fazer uma decantação do ácido excedente devendo-se adicionar aproximadamente 200 ml de HCl à 20% para a remoção de cristais de fluoreto que possam ter sido precipitados durante o tratamento com HF. Tal solução deve ser deixada em repouso por alguns minutos (30 min.)
- 4) Deixar decantar a solução de HCl e completar com água destilada, deixando em repouso por mais 24 horas.

- 5) Após tal procedimento, fazer novamente a lavagem do resíduo com água destilada por três vezes consecutivas.
- 6) Após o processo de lavagem, o resíduo deve ser transportado para tubos de ensaio de 50 ml, onde se adiciona, no mínimo, o dobro de sua quantidade de cloreto de zinco, densidade 1,9 a 2,0, preparado com a dissolução de 1 Kg de ZnCl<sub>2</sub> em 350 ml de água destilada.
- 7) Após tal processo, a solução deve ser deixada em repouso por aproximadamente 12 horas, onde ocorre a separação do material em duas frações.
- 8) A fração sobrenadante deve ser retirada dos tubos e transportadas para tubos de 200 ml devidamente identificados. A fração de fundo deve ser descartada.
- 9) À fração adquirida por este processo, serão adicionadas algumas gotas de ácido clorídrico à 20% e água destilada para posterior processo de lavagem, que deve ser efetuado por, no mínimo, três vezes consecutivas. Posteriormente, recolhe-se o resíduo obtido em vidros (30 ml), devidamente identificados, para o procedimento de montagem da lâmina.

*OBS.: Segundo Tyson (1995) e Mendonça-Filho (1999) neste procedimento de preparação do material não devem ser utilizados qualquer processo de peneiramento ou centrifugação. O objetivo principal para a não utilização de peneiras é o de não correr-se o risco de perda de frações importantes do material orgânico.*

### 3ª Etapa Laboratorial: Montagem das Lâminas

- 1) Para a preparação das lâminas organopalinológicas utiliza-se uma lâmina de vidro (24 x 76 mm), devidamente identificada com etiqueta, que receberá uma lamínula (24 x 32 mm) com o material seco.
- 2) Secagem do material: sobre uma chapa aquecida à 40°C, coloca-se a lâmina (24 x 76 mm) com uma gota da solução contendo o material orgânico que, posteriormente, deve ser espalhado sobre a lâmina, utilizando-se de algumas gotas de água destilada.
- 3) Após a secagem do material sobre a lâmina (24 x 76 mm), esta receberá três gotas de Entellan-Merck (resina) ou Bálsamo do Canadá ou Elvacite e a lamínula (24 x 32 mm) para colagem.
- 4) Após a secagem da lâmina com a lamínula sobreposta, faz-se a sua limpeza, eliminando-se o excesso de resíduo de suas bordas. Lâmina pronta para uso.



## Anexo 2

Lista de palinomorfos identificados

<sup>1</sup>**ANTETURMA PROXIGERMINANTES Potonié 1970****Turma Triletes (Reinsch) Dettmann 1963****Subturma Azonoletes (Lüber) Dettman 1963****Infraturma Laevigati (Bennie & Kidston) Potonié 1956****Esporos lisos***Leiotriletes* (Naumova) Potonié & Kremp, 1956 (estampa 1 – fig. 1)*Calamospora* Schopf, Wilson & Bentall, 1944 (estampa 1 – fig. 2 e 3)*Punctatisporites* (Ibrahim) Potonié & Kremp, 1954 (estampa 1 – fig. 4 e 5)*Biretisporites* Delcourt & Sprumont, 1963 (estampa 1 – fig. 6)*Deltoidospora* Miner, 1935 (estampa 1 – fig. 7 e 8)*Laevigatosporites* Ibrahim, 1933 (estampa 1 – fig. 9 - 10)**Infraturma Retusotrileti Streel 1964****Esporos retusóides***Retusotriletes* (Naumova) Streel, 1964 (estampa 2 – fig. 1)**Infraturma Apiculati (Bennie & Kidston) Potonié 1956****Esporos ornamentados***Cyclogranisporites* Potonié & Kremp, 1954 (estampa 2 – fig. 2 e 3)*Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié & Kremp, 1954 (estampa 2 – fig. 4)*Verrucosisporites* (Ibrahim) Smith, 1971 (estampa 2 – fig. 5)*Apiculatisporis* (Ibrahim) Potonié & Kremp, 1956 (estampa 2 – fig. 6)*Apiculatisporites* Ibrahim, 1933 (estampa 2 – fig. 7)*Horriditriletes* Bharadwaj & Salujha, 1964 (estampa 2 – fig. 8 e 9)*Auroraspora* Hoffmeister, Staplin & Malloy, 1955 (estampa 2 – fig. 10)*Brevitriletes* Bharadwaj & Srivastava, 1969 (estampa 3 – fig. 1)

---

<sup>1</sup> O sistema de classificação sistemática baseia-se em Potonié (1970), Foster (1979) e Marques-Toigo & Cazzulo-Klepzig (1995).

***Infraturma Muronati Potonié & Kremp 1954******Esporos muronados***

*Convolutispora* Hoffmeister, Staplin & Malloy, 1955 (estampa 3 – fig. 4)

*Dictyotriletes* Naumova, 1939 ex. Ishchenko, 1952 (estampa 3 – fig. 5)

***Subturma Zonotriletes Waltz 1935******Infraturma Cingulati (Potonié & Klaus) Dettman 1963******Esporos cingulados***

*Reticulatisporites* Ibrahim, 1933 (estampa 3 – fig. 6)

***Subturma Zonolaminatitriletes Smith & Butterworth 1967******Infraturma Cingulicavati Smith & Butterworth 1967******Esporos cingulicavados***

*Cristatisporites* (Potonié & Kremp) Butterworth *et. al.* 1964 (estampa 3 – fig. 2 e 3)

*Lundbladispora* (Balme) Playford, 1965 (estampa 3 – fig. 7, 8 e 9)

*Kraeuselisporites* (Leschik) Jansonius, 1962 (estampa 3 – fig. 10)

*Vallatisporites* Hacquebard, 1957 (estampa 4 – fig. 1)

***Supraturma Pseudosacitriletes Richardson 1965******Infraturma Monopseudosacciti Smith & Butterworth 1967******Esporos monopseudosaccados***

*Spelaeotriletes* Neves & Owens, 1966 (estampa 4 – fig. 2)

*Geminospora* Balme, 1962 (estampa 4 – fig. 3)

*Velamisporites* Bharadwaj & Venkatachala, 1962 (estampa 4 – fig. 4)

***Turma Hilates Dettman 1963******Esporos hilados***

*Psomospora* Potonié & Helby, 1968 (estampa 4 – fig. 5 e 6)

**ANTETURMA VARIEGGERMINANTES Potonié 1970****Turma Saccites Erdtman 1947****Subturma Monosaccites (Chitaley) Potonié & Kremp 1954****Infraturma Triletesacciti Leschik 1955****Pólens monossacados - sim. radial***Cannanoropollis* Potonié & Sah, 1960 (estampa 4 – fig.7)*Plicatipollenites* Lele, 1964 (estampa 4 – fig. 8)*Crucisaccites* Lele & Maithy, 1964 (estampa 5 – fig. 1)**Infraturma Vesiculomonoraditi Pant 1954****Pólens monossacados - sim. bilateral***Potonieisporites* (Bharadwaj) Bharadwaj, 1964 (estampa 5 – fig. 2)*Caheniasaccites* Bose & Kar emend. Azcuy & Di Pasquo, 2000 (estampa 5 – fig.

3)

**Pólens bissacados não teniados***Limitisporites* (Leschik) Schaarschmidt, 1963 (estampa 5 – fig. 4)*Alisporites* Daugherty, 1941 (estampa 5 – fig. 5)*Colpisaccites* Archangelsky & Gamero, 1979 (estampa 5 – fig. 6)*Pteruchipollenites* Couper, 1958 (estampa 5 – fig. 7)*Vestigisporites* (Balme & Hennelly) Hart, 1960 (estampa 5 – fig. 8)**Pólens bissacados teniados***Protohaploxypinus* (Samoilovich) Hart, 1964 (estampa 5 – fig. 9)*Hamiapollenites* (Wilson) Tschudy & Kosanke, 1966 (estampa 6 – fig. 1)*Complexisporites* Jizba, 1962 (estampa 6 – fig. 2)*Lueckisporites* Potonié & Klaus, 1954 (estampa 6 – fig. 3)*Lunatisporites* Leschik, 1956A (estampa 6 – fig. 4)*Staurosaccites* J. H. Dolby in Dolby & Balme, 1976 (estampa 6 – fig. 5)*Striatoabieites* Sedova, 1956 (estampa 6 – fig. 6)

*Striatopodocarpites* Sedova, 1956 (estampa 6 – fig. 6, 7, 8, 9)

***Turma Plicates (Naumova) Potonié 1960***

***Infraturma Costati Jansonius 1962***



***Pólens poliplicados***

*Vitattina* (Lüber) Wilson, 1962 (estampa 6 – fig. 1, 2, 3, 4)

*Marsupipollenites* Balme & Hennelly, 1956 (estampa 6 – fig. 5)

*Striomonosaccites* Bharadwaj, 1962 (estampa 6 – fig. 7)

***Infraturma Monostricolpites Bose & Kar 1966***

***Pólens Monoestriados***

*Fusacolpites* Bose & Kar, 1966 (estampa 7 – fig. 8)

***Subturma Monocolpates Iverson & Troels-Smith 1950***

***Pólens monocolpados***

*Cycadopites* Wodehouse, 1933 (estampa 7 – fig. 9)



**ALGAS**

***Divisão CHLOROPHYTA Pascher 1914***

***Ordem CHLOROCOCCALLES (Marchand) Pascher 1915***

***Família BOTRYOCOCCACEA Wille 1909***

***Gênero Botryococcus Kützting 1849*** (estampa 8 – fig. 1, 2, 3)

***Algas e afins (afinidades botânicas em aberto)***

*Michrystridium echinosum* (estampa 8 – fig. 5)

*Maculatasporites* Tiwari, 1964 (estampa 8 – fig. 6)

*Portalites* Hemer & Nygreen, 1967 (estampa 8 – fig. 7)

*Quadrisporites* Hennelly 1958 ex. Potonié & Lele, 1961 (estampa 8 – fig. 8)

*Tetraporina* Naumova 1939 ex. Bolkhovitina, 1953 (estampa 8 – fig. 9, 10)

*Insertae sedis*

ANEXO 3

**ESTAMPAS**

30  $\mu\text{m}$

**ESTAMPA 1**

1 - *Leiotriletes* (Naumova) Potonié & Kremp, 1956. Amostra 17, localização indeterminada. 50x.

2 - *Calamospora* Schopf, Wilson & Bentall, 1944. Amostra 13, Zeiss B185F. 50x.

3 - *Calamospora* Schopf, Wilson & Bentall, 1944. Amostra 18, Zeiss B271H. 50x.

4 - *Punctatisporites* (Ibrahim) Potonié & Kremp, 1954. Amostra 21, Zeiss B832G. 50x.

5 - *Punctatisporites* (Ibrahim) Potonié & Kremp, 1954. Amostra 21, Zeiss B485G. 50x.

6 - *Biretisporites* Delcourt & Sprumont, 1963. Amostra 05, localização indeterminada. 50x.  
Dois focos para melhor visualização.

7 - *Deltoidospora* Miner, 1935. Amostra 03, Zeiss A895G. 50x.

8 - *Deltoidospora* Miner, 1935. Amostra 13, localização indeterminada. 50x.

9 - *Laevigatosporites* Ibrahim, 1933. Amostra 01, Zeiss B862I. 50x.

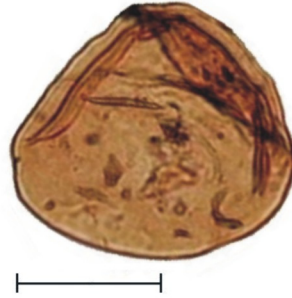
10 - *Laevigatosporites* Ibrahim, 1933. Amostra 03, Zeiss B864A. 50x.

# Estampa 1- ESPOROS

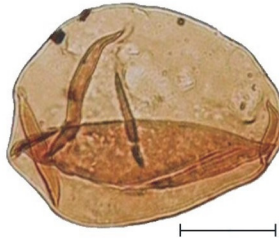
1



2



3



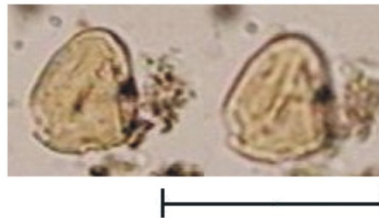
4



5



6



7



8



9



10





**ESTAMPA 2**

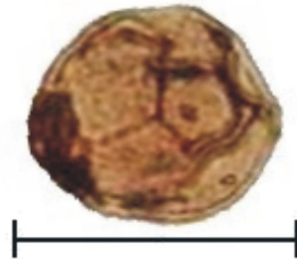
- 1 - *Retusotriletes* (Naumova) Streeel, 1964. Amostra 18, localização indeterminada. 50x.
- 2 - *Cyclogranisporites* Potonié & Kremp, 1954. Amostra 13, LAM.13ENT. Zeiss C364D. 50x.
- 3 - *Cyclogranisporites* Potonié & Kremp, 1954. Amostra 03, LAM.3A. Zeiss B780B. 50x.
- 4 - *Granulatisporites* (Ibrahim) Potonié & Kremp, 1954. Amostra 16, LAM.16GLI. Zeiss B817D. 50x.
- 5 - *Verrucosisporites* (Ibrahim) Smith, 1971. Amostra 03, LAM.3ENT. Zeiss B405G. 50x.
- 6 - *Apiculatisporis* (Ibrahim) Potonié & Kremp, 1956. Amostra 13, LAM.13ENT. Zeiss B514C. 50x.
- 7 - *Apiculatisporites* Ibrahim, 1933. Amostra 17, LAM.17A. Zeiss Sim. A576H. 50x.
- 8 - *Horriditriletes* Bharadwaj & Salujha, 1964. Amostra 13, LAM.13ENT. Zeiss B525F. 50x.
- 9 - *Horriditriletes* Bharadwaj & Salujha, 1964. Amostra 13, LAM.13A. Zeiss A836G. 50x.
- 10 - *Auroraspora* Hoffmeister, Staplin & Malloy, 1955. Amostra 03, localização indeterminada. 50x.

## Estampa 2 - ESPOROS

1



2



3



4



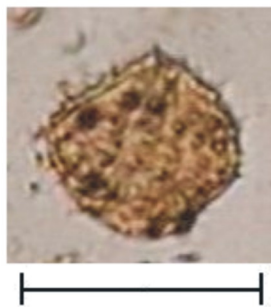
5



6



7



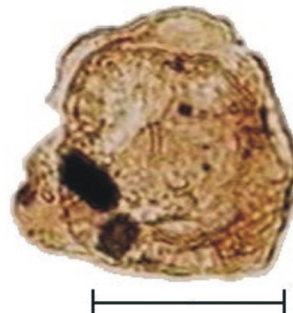
8



9



10



**ESTAMPA 3**

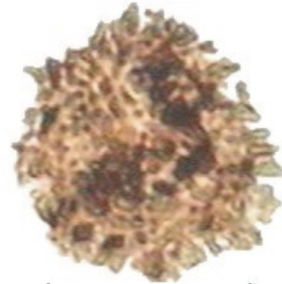
- 1 - *Brevitriletes* Bharadwaj & Srivastava, 1969. Amostra 05, Sim. LAM.06B. Zeiss C874I. 50x.
- 2 - *Cristatisporites* (Potonié & Kremp) Butterworth et. al. 1964. Amostra 01, localização indeterminada. 50x.
- 3 - *Cristatisporites* (Potonié & Kremp) Butterworth et. al. 1964. Amostra 18, LAM.18ENT. Zeiss B893H. 50x.
- 4 - *Convolutispora* Hoffmeister, Staplin & Malloy, 1955. Amostra 06, LAM.6B. Zeiss B634I. 50x.
- 5 - *Dictyotriletes* Naumova, 1939 ex. Ishchenko, 1952. Amostra 18, LAM.18ENT. Zeiss B724A. 50x.
- 6 - *Reticulatisporites* Ibrahim, 1933. Amostra 06, LAM.06GLI. Zeiss B001F. 50x.
- 7 - *Lundbladispota* (Balme) Playford, 1965. Amostra 06, Sim. LAM.06A. Zeiss B873H e C776F. 50x.
- 8 - Tétrade de *Lundbladispota* (Balme) Playford, 1965. Amostra 18, LAM.18ENT. Zeiss B502I. Sim. LAM18GLI - B128A. 50x.
- 9 - Tétrade de *Lundbladispota* (Balme) Playford, 1965. Amostra 18. Zeiss C814C. 50x.
- 10 - *Krauselispotes* (Leschik) Jansonius, 1962. Amostra 16. Zeiss B113A. 50x.

### Estampa 3 - ESPOROS

1



2



3



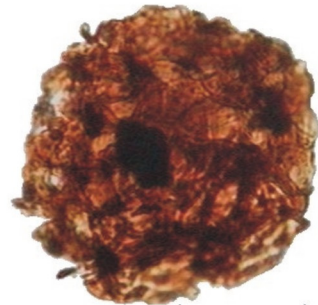
4



5



6



7



8



9



10



**ESTAMPA 4**

1 - *Vallatisporites* Hacquebard, 1957. Amostra 17, LAM.17ENT. Zeiss B049B. 50x.

2 - *Spelaeotriletes* Neves & Owens, 1966. Amostra 18, Zeiss B024B. 50x.

3 - *Geminospora* Balme, 1962. Amostra 18, Sim. LAM.18ENT. Zeiss B152A. 50x.

4 - *Velamisporites* Bharadwaj & Venkatachala, 1962. Amostra 13, Zeiss C124E. 50x.

5 - *Psomospora* Potonié & Helby, 1968. Amostra 13, LAM.13ENT. Zeiss C424E. 50x.

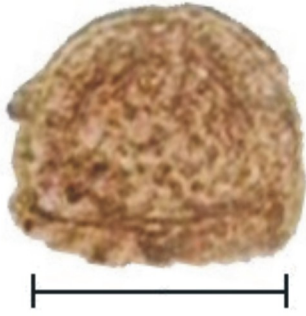
6 - *Psomospora* Potonié & Helby, 1968. Amostra 13, Sim. LAM.13ENT. Zeiss C364F. 50x.

7 - *Cannanaropollis* Potonié & Sah, 1960. Amostra 06, LAM.6GLI. Zeiss B330A. 50x.

8 - *Plicatipollenites* Lele, 1964. Amostra 06, LAM.6ENT. Zeiss B817D. 50x.

# Estampa 4 - ESPOROS

1



2



3



4



5

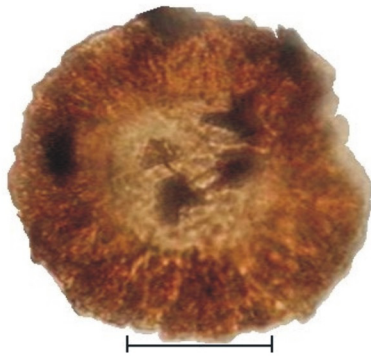


6



# PÓLENS

7



8



**ESTAMPA 5**

- 1 - *Crucisaccites* Lele & Maithy, 1964. Amostra 06, LAM.18ENT. Zeiss B634E. 50x.
- 2 - *Potonieisporites* (Bharadwaj) Bharadwaj, 1964. Amostra 12, LAM.12ENT. Zeiss B353E. 50x.
- 3 - *Caheniasaccites* Bose & Kar emend. Azcuy & Di Pasquo, 2000. Amostra 06, LAM.6GLI. Zeiss A239E. 50x.
- 4 - *Limitisporites* (Leschik) Schaarschmidt, 1963. Amostra 08, LAM.8ENT. Zeiss C451A. 50x.
- 5 - *Alisporites* Daugherty, 1941. Amostra 08, LAM.8GLI. Zeiss B878F. 50x.
- 6 - *Colpisaccites* Archangelsky & Gamero, 1979. Amostra 05, LAM.5A. Zeiss B120F. 50x.
- 7 - *Pteruchipollenites* Couper, 1958. Amostra 03, localização indeterminada. 50x.
- 8 - *Vestigisporites* (Balme & Hennelly) Hart, 1960. Amostra 22. Zeiss B167C. 50x.
- 9 - *Protohaploxypinus* (Samoilovich) Hart, 1964. Amostra 05, LAM.5B. Zeiss A534I. 50x.



# Estampa 5 - PÓLENS

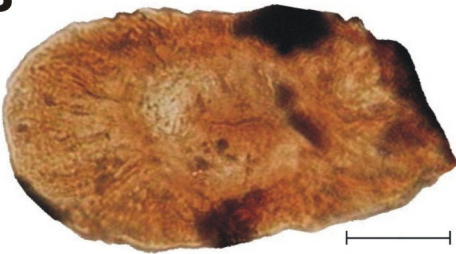
1



2



3



4



5



6



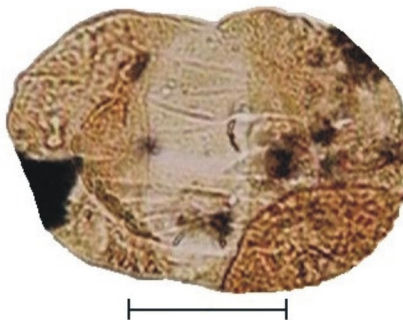
7



8



9





**ESTAMPA 6**

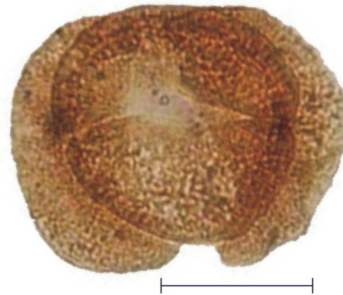
- 1 - *Hamiapollenites* (Wilson) Tschudy & Kosanke, 1966. Amostra 05, LAM.5A. Zeiss B204G. 50x.
- 2 - *Complexisporites* Jizba, 1962. Amostra 12, LAM.12ENT. Zeiss B294B. 50x.
- 3 - *Lueckisporites* Potoniè & Klaus, 1954. Amostra 08, LAM.8ENT. Zeiss B439B. 50x.
- 4 - *Lunatisporites* Leschik, 1956A. Amostra 12, LAM.12A. Zeiss B427G. 50x.
- 5 - *Staurosaccites* J. H. Dolby in Dolby & Balme, 1976. Amostra 12, LAM.12A. Zeiss B444C. 50x.
- 6 - *Striatopodocarpites* Sedova, 1956. Amostra 08, LAM.8B. Zeiss C872H. 50x.
- 7 - *Striatopodocarpites* Sedova, 1956. Amostra 11, LAM.11A. Zeiss A386G. 50x.
- 8 - *Striatopodocarpites* Sedova, 1956. Amostra 01, localização indeterminada. 50x.
- 9 - *Striatopodocarpites* Sedova, 1956. Amostra 12, localização indeterminada. 50x.

# Estampa 6 - PÓLENS

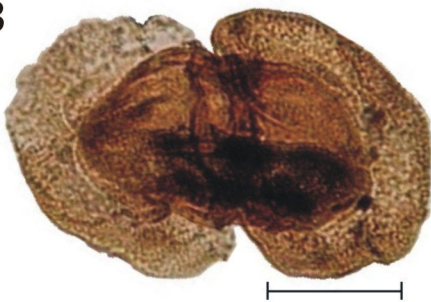
1



2



3



4



5



6



7



8



9



**ESTAMPA 7**

1 - *Vitattina* (Lüber) Wilson, 1962. Amostra 18. Zeiss B827B. 50x.

2 - *Vitattina* (Lüber) Wilson, 1962. Amostra 08, LAM.8ENT. Zeiss B257I. 50x.

3 - *Vitattina* (Lüber) Wilson, 1962. Amostra 12, LAM.12A. Zeiss C515D. 50x.

4 - *Vitattina* (Lüber) Wilson, 1962. Amostra 12, LAM.12A. Zeiss B585G. 50x.

5 - *Marsupipollenites* Balme & Hennelly, 1956. Amostra 03, localização indeterminada. 50x.

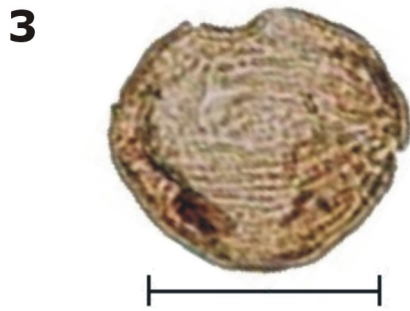
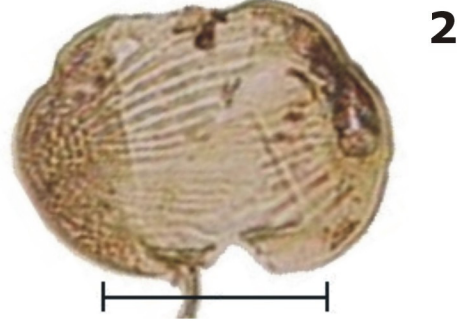
6 - *Striatoabieites* Sedova, 1956. Amostra 12, LAM.12A. Zeiss B580G. 50x.

7 - *Striomonosaccites* Bharadwaj, 1962. Amostra 03, LAM.3B. Zeiss B511F. 50x.

8 - *Fusacolpites* Bose & Kar, 1966. Amostra 12, localização indeterminada.

9 - *Cycadopites* Wodehouse, 1933. Amostra 13, LAM.13A. Zeiss B083D. 50x.

# Estampa 7 - PÓLENS



**ESTAMPA 8**

1 - *Botryococcus braunii* Kützing 1849. Forma juvenil do colpo. Amostra 08. LAM.8A. Sim. Zeiss B622G. 50x.

2 - *Botryococcus braunii* Kützing 1849. Forma juvenil do colpo. Amostra 08. LAM.8A. Sim. Zeiss B499H. 50x.

3 - *Botryococcus braunii* Kützing 1849. Amostra 22, localização indeterminada.

4 - *Michrystridium echinosum* Staplin, 1961. Amostra 01, localização indeterminada.

5 - *Maculatasporites* Tiwari, 1964. Amostra 06. LAM.6GLI. Zeiss A894G. 50x.

6 - *Portalites* Hemer & Nygreen, 1967. Amostra 08. LAM.8A. Zeiss Sim. B520E. 50x.

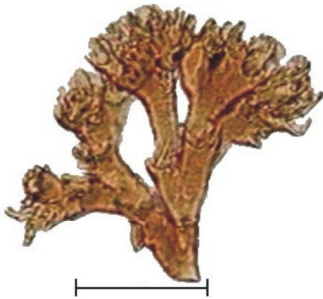
7 - *Quadrisporites* Hennelly 1958 ex. Potonié & Lele, 1961. Amostra 19, localização indeterminada.

8 - *Tetraporina* Naumova 1939 ex. Bolkhovitina, 1953. Amostra 04. LAM.4B. Zeiss B632G. 50x.

9 - *Tetraporina* Naumova 1939 ex. Bolkhovitina, 1953. Amostra 04. LAM.4ENT. Zeiss A475B. 50x.

# Estampa 8 - ALGAS E AFINS

1



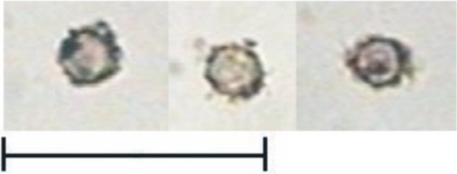
2



3



4



5



6



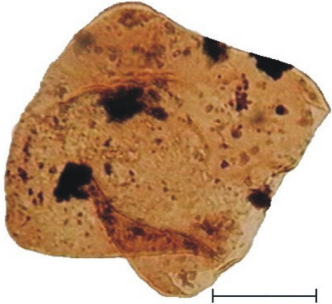
7



8



9



## Anexo 4

### Fotografias das amostras nos Testemunhos





**Palino 04**

A4x1 - Testemunho IC-07-RS, com localização da amostra Palino 04 (169,00 m).



**Palino 10**

A4x2 - Testemunho IC-07-RS, com localização da amostra Palino 10 (168,45 m).





A4x3 - Testemunho IC-07-RS, com localização da amostra Palino 19 (167,80 m).



A4x4 - Testemunho IC-07-RS, com localização da amostra Palino 17 (147,70 m).

**Palino 05**

A4x5 - Testemunho IC-07-RS, com localização da amostra Palino 05 (128,60 m).

**Palino 08**

A4x6 - Testemunho IC-07-RS, com localização da amostra Palino 08 (120,50 m).





**Palino 13**

A4x7 - Testemunho IC-44-RS, com localização da amostra Palino 13 (190,70 m).



**Palino 23**

A4x8 - Testemunho IC-44-RS, com localização da amostra Palino 23 (187,80 m).



**Palino 07**

A4x9 - Testemunho IC-44-RS, com localização da amostra Palino 07 (187,30 m).



**Palino 15**

A4x10 - Testemunho IC-44-RS, com localização da amostra Palino 15 (165,60 m).





**Palino 25**

A4x12 - Testemunho IC-44-RS, com localização da amostra Palino 18 (165,00 m).



**Palino 18**

A4x12 - Testemunho IC-44-RS, com localização da amostra Palino 18 (165,00 m).



**Palino 22**

A4x13 - Testemunho IC-44-RS, com localização da amostra Palino 22 (164,20 m).



**Palino 01**

A4x14 - Testemunho IC-44-RS, com localização da amostra Palino 01 (151,10 m).





**Palino 02**

A4x15 - Testemunho IC-03-RS, com localização da amostra Palino 02 (213,60 m).



**Palino 21**

A4x16 - Testemunho IC-03-RS, com localização da amostra Palino 21 (206,55 m).



Palino 09

A4x17 - Testemunho IC-03-RS, com localização da amostra Palino 09 (203,60 m).



Palino 06

A4x18 - Testemunho IC-03-RS, com localização da amostra Palino 06 (201,60 m).



**Palino 14**

A4x19 - Testemunho IC-12-RS, com localização da amostra Palino 14 (240,60 m).

**Palino 11**

A4x20 - Testemunho IC-12-RS, com localização da amostra Palino 11 (222,00 m).



**Palino 20**

A4x21 - Testemunho IC-12-RS, com localização da amostra Palino 20 (216,50 m).



**Palino 16**

A4x22 - Testemunho IC-12-RS, com localização da amostra Palino 16 (205,20 m).





**Palino 03**

A4x23 - Testemunho IC-12-RS, com localização da amostra Palino 03 (189,80 m).



**Palino 26**

A4x24 - Testemunho IC-12-RS, com localização da amostra Palino 26 (181,00 m).



A4x25 - Testemunho IC-12-RS, com localização da amostra Palino 24 (165,40 m).

## **Anexo 5**

### **Tabelas de distribuição dos palinomorfos nos Testemunhos estudados**