



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO/MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS-BOTÂNICA TROPICAL**

**ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO POLÍNICA ATUAL EM SEDIMENTOS  
LAMOSOS DE UM CAMPO SALINO, MUNICÍPIO DE QUATIPURU,  
PARÁ, BRASIL**

**ANNA CHRISTINA RIO DIAS**

**Belém  
2010**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO/MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS-BOTÂNICA TROPICAL**

**ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO POLÍNICA ATUAL EM SEDIMENTOS  
LAMOSOS DE UM CAMPO SALINO, MUNICÍPIO DE QUATIPURU,  
PARÁ, BRASIL**

**ANNA CHRISTINA RIO DIAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Botânica Tropical, para obtenção do título de Mestre em Botânica.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Cristina do Socorro Fernandes de Senna.  
Co-orientador: Prof. MSc. Salustiano Vilar Costa Neto.

**Belém  
2010**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO/MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS-BOTÂNICA TROPICAL

## **ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO POLÍNICA ATUAL EM SEDIMENTOS LAMOSOS DE UM CAMPO SALINO, MUNICÍPIO DE QUATIPURU, PARÁ, BRASIL**

**ANNA CHRISTINA RIO DIAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Botânica Tropical, para obtenção do título de Mestre em Botânica.

### **BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Cristina do Socorro Fernandes de Senna  
Museu Paraense Emílio Goeldi/Coordenação de Ciências da Terra (MPEG/CCTE)  
Orientadora

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Léa Maria Medeiros Carreira  
Museu Paraense Emílio Goeldi/Coordenação de Botânica (MPEG/CBO)  
1º Examinadora

---

Prof. Dr. Francisco Plácido Magalhães Oliveira  
Universidade Federal do Pará/Pólo Altamira (UFPA/FCB-Campus Altamira)  
2º Examinador

---

Prof. Dr. João Ubiratan Moreira dos Santos  
Museu Paraense Emílio Goeldi/Coordenação de Botânica (MPEG/CBO)  
3º Examinador

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria de Nazaré do Carmo Bastos  
Museu Paraense Emílio Goeldi/Coordenação de Botânica (MPEG/CBO)  
Suplente

Á Deus, por me conceder a vida.

À minha família materna, em especial a minha mãe Marina Rio Belber, por sempre me ensinar que uma das melhores maneiras de dar um sentido à vida é fazer tudo com amor e dedicação.

A minha querida irmã, Anna Paula Rio Dias.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me guiar a fazer o curso de Pós-graduação em Botânica Tropical e por me amparar nos momentos mais difíceis, mostrando-me sempre uma saída.

À minha mãe, Marina Rio Belber, e às minhas tias Anna Maria Rio Belber e Elvira Rio, pelas palavras de incentivo e carinho durante toda a minha vida.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristina do Socorro Fernandes de Senna, pela paciência e por sempre ter acreditado e confiado em meu potencial.

Ao meu amigo e coorientador, MSc. Salustiano Vilar da Costa Neto pela sua dedicação e grade ajuda durante a identificação e tratamento dos dados referentes ao inventário florístico das espécies herbáceas que constituem a área de estudo.

À Dr<sup>a</sup>. Márcia Barros, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), pelo auxílio na identificação de meus tipos polínicos e pelas importantes sugestões.

À Dr<sup>a</sup>. Maria Lúcia Absy, por todo incentivo e por ser um grande exemplo de simplicidade e profissionalismo.

Ao amigo e primeiro mentor, Prof. Dr. Francisco Plácido Magalhães Oliveira, Universidade Federal do Pará/Pólo Altamira (UFPA/FCB-Campus Altamira) pelos primeiros ensinamentos sobre os grãos de pólen.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Léa Medeiros Carreira, grande incentivadora, pela amizade e apoio ao longo da realização desse estudo.

Ao amigo e técnico, Álvaro Modesto Santana, laboratorista do Laboratório de Palinologia e Paleoecologia da Amazônia (LAPPAM) pertencente à Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia (CCTE), do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), pela amizade e ajuda imprescindível, durante todas as etapas deste trabalho.

Ao amigo e técnico, José Paulo Sarmento, do Laboratório de solos da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia (CCTE), do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), pela amizade e realização das análises granulométricas realizadas nas amostras sedimentares.

Ao amigo e técnico, Luis Carlos Batista Lobato, da Coordenação de Botânica (CBO), Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), pela identificação das espécies vegetais integrantes da área de estudo.

Ao meu amigo e companheiro de sala: Benedito de Souza Ribeiro Neto, por ter feito parte da minha vida na etapa final de produção desta dissertação, pelos incentivos e por me ajudar todas as vezes que meu computador não me obedecia!

Aos meus amigos Ednaldo Gomes Silva e Elza Gomes Silva, por todo o apoio logístico durante as etapas de coletas de amostras sedimentares e realização do inventário florístico na área de estudo.

Aos meus amigos e companheiros de mestrado: Tonny Medeiros, Alexandre Mesquita, Pedro Glécio Lima, Mara Fonseca e Fábio Leão.

Aos eternos amigos: Davi Jr., Helen Santana, Lenno Alves, Andrey Rabelo e Camila Hosokawa.

Ao Museu Paraense Emilio Goeldi/MCT, na pessoa de Dra. Maria de Lourdes Ruivo por disponibilizar o uso das dependências da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia (CCTE) pela infra-estrutura cedida ao longo do curso e para a realização da dissertação.

À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e ao coordenador do Curso de Botânica Tropical, Dr. João Ubiratan Moreira dos Santos, principalmente, pelo apoio na finalização deste trabalho.

A todos os docentes da pós-graduação em Botânica Tropical.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa.

... e a todos que torceram por mim, MUITO OBRIGADA !!!

“Preocupe-se mais com a sua  
consciência do que com sua  
reputação.

Porque sua consciência é o que você  
é e a sua reputação é o que os outros  
pensam de você.

E o que os outros pensam, é  
problema deles.”

(BoB Marley)

## SUMÁRIO

	<b>p.</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>17</b>
2. 1. A palinologia e os palinomorfos	17
2. 2. Análise polínica de sedimentos superficiais	19
2. 3. Estudo Fitossociológico de Quatipuru	22
2. 4. Caracterização dos ecossistemas da planície costeira	23
2. 4. 1. Manguezal	23
2. 4. 2. Campo salino inundável	25
2. 4. 3. Floresta secundária	26
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>28</b>
3. 1. A zona costeira paraense	28
3. 2. O município de Quatipuru	29
3. 2. 1. Clima	29
3. 2. 2. Geologia	29
3. 2. 3. Relevo	29
3. 2. 4. Hidrografia	30
3. 2. 5. Cobertura vegetal	30
3. 3. Área de estudo: Campo salino inundável Boa Vista	31
3. 4. Inventário florístico do campo salino inundável Boa Vista	34
3. 5. Coleta das amostras de superfície	38
3. 6. Extração e caracterização das sub-amostras superficiais	39
3. 7. Preparação das sub-amostras sedimentares superficiais	39
3. 8. Montagem de lâminas permanentes	41
3. 9. Contagem e identificação de palinomorfos	41
3. 10. Cálculo da abundância relativa e concentração de tipos polínicos	42
3. 11. Índices Ecológicos	43
3. 12. Classificação dos palinomorfos quanto ao habitat	44
3. 13. Classificação dos palinomorfos quanto aos grupos ecológicos	44
3. 13. Estatística multivariada: Ordenação MDS (Multidimensional Scaling)	44
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>45</b>
4. 1. Levantamento florístico da cobertura vegetal do município de Quatipuru	45
4. 2. Análise dados da formação vegetal campo salino Boa Vista	45
4. 2. 1. Composição, florística e fitossociologia	45
4. 3. Análise das amostras sedimentares superficiais	48
4. 3. 1. Caracterização dos sedimentos de superfície	48
4. 4. Análise palinológica	48
4. 4. 1. Amostra P1a	49



## SUMÁRIO

	p.
4. 4. 2. Amostra P1b (réplica)	49
4. 4. 3. Amostra P2a	50
4. 4. 4. Amostra P2b (réplica)	50
4. 4. 5. Amostra P3a	50
4. 4. 6. Amostra P3b (réplica)	51
4. 4. 7. Amostra P4a	51
4. 4. 8. Amostra P4b (réplica)	51
4. 5. Riqueza de espécies e Índices Ecológicos	53
4. 6. Abundância relativa e concentração	54
4. 7. Dispersão e precipitação polínica	62
4. 8. Estatística multivariada	63
4. 8. 1. Aplicação da ordenação MDS para os tipos polínicos autóctones	63
 <b>5. DISCUSSÃO</b>	 <b>65</b>
 <b>6. CONCLUSÃO</b>	 <b>69</b>
 <b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	 <b>71</b>
 <b>8. GLOSSÁRIO</b>	 <b>78</b>
 <b>ANEXOS</b>	 <b>82</b>
Prancha I	83
Prancha II	84
Prancha III	85

## LISTA DE FIGURAS

	p.
<b>Figura 1:</b> Mapa de localização da zona costeira da Amazônia brasileira.	12
<b>Figura 2:</b> Esquema das camadas que constituem o grão de pólen, proposta por Faegri, 1950 e por Erdtman, 1952	18
<b>Figura 3:</b> Diagrama dos diversos tipos de morfologias anatômicas da superfície polínica.	18
<b>Figura 4:</b> Mapa de localização da costa de manguezais dos estados do Amapá, Pará e Maranhão.	23
<b>Figura 5:</b> Mapa de localização dos setores da zona costeira paraense.	28
<b>Figura 6:</b> Mapa de localização da área de estudo, campo salino inundável Boa Vista (círculo preto) inserido na planície costeira do município de Quatipuru, PA.	30
<b>Figura 7:</b> Fisionomia do campo salino inundável Boa Vista, Quatipuru, PA (A); fitossociologia do campo, período chuvoso (B) e período seco (C).	32
<b>Figura 8:</b> Composição herbácea do campo salino inundável Boa Vista. (A) <i>Sesuvium portulacastrum</i> , (B) <i>Sporobolus virginicus</i> e (C) <i>Eleocharis caribaea</i> .	33
<b>Figura 9:</b> Fisionomia do “apicum” pertencente ao campo salino inundável, Quatipuru, PA.	34
<b>Figura 10:</b> Posicionamento das parcelas utilizadas para a realização do inventário florístico das espécies herbáceas do campo salino Boa Vista através da técnica dos quadrados (A). Linha mestra com 50m de comprimento posicionada no sentido norte-sul do campo salino (B). Linha do ponto com 20m de comprimento (C), detalhe do quadrado de dimensões 1 x 1 m <sup>2</sup> (D).	35
<b>Figura 11:</b> Sequência de pontos de coleta das amostras de sedimento superficial ao longo do campo salino e manguezal.	38
<b>Figura 12:</b> Coleta das amostras sedimentares superficiais do campo salino inundável Boa Vista.	39
<b>Figura 13:</b> Grão de pólen exótico <i>Kochia scoparia</i> com aumento de 100x (imersão) em microscópio óptico.	43
<b>Figura 14:</b> Dados de dominância relativa das espécies identificadas no inventário florístico do campo salino inundável, Quatipuru, PA.	46
<b>Figura 15:</b> Distribuição de ocorrência das espécies identificadas no inventário florístico realizado no campo salino inundável, Quatipuru, PA.	47

## LISTA DE FIGURAS

p.

- Figura 16:** Índices de riqueza tendo como base os tipos polínicos encontrados em cada amostra coletada. 53
- Figura 17:** Representação gráfica da relação entre as assembléias polínicas sedimentares ao hábito e as formações vegetais identificadas no município de Quatipuru. 54
- Figura 18:** Dados de abundância dos tipos polínicos autóctones, identificados nas amostras de sedimento superficiais do campo salino inundável Boa Vista, planície costeira de Quatipuru, PA 55
- Figura 19:** Dados de abundância dos tipos polínicos alóctones, identificados nas amostras de sedimento superficiais do campo salino inundável Boa Vista, planície costeira de Quatipuru, PA. 56
- Figura 20:** Dados de concentração dos tipos polínicos autóctones, identificados nas amostras de sedimento superficiais do campo salino inundável Boa Vista, planície costeira de Quatipuru, PA. 57
- Figura 21:** Dados de concentração dos tipos polínicos alóctones, identificados nas amostras de sedimento superficiais do campo salino inundável Boa Vista, planície costeira de Quatipuru, PA. 58
- Figura 22:** Dados de concentração dos tipos polínicos identificados nas amostras sedimentares do campo salino inundável Boa Vista, planície costeira de Quatipuru, PA. 60
- Figura 23:** Dados da frequência de ocorrência das espécies encontradas nas amostras sedimentares do campo salino inundável Boa Vista, planície costeira de Quatipuru, PA. 61
- Figura 24:** Número de espécies autóctones e alóctones por amostra sedimentar do campo salino Boa Vista, planície costeira de Quatipuru/PA. 62
- Figura 25:** Ordenação MDS gerada a partir dos dados de abundância das espécies autóctones presentes na assembléia polínica das amostras sedimentares superficiais do campo salino Boa Vista, planície costeira de Quatipuru/PA. 64

## LISTA DE TABELAS

p.

**Tabela 1:** Inventário florístico do campo salino inundável com os parâmetros fitossociológicos **46**

**Tabela 2:** Tabela de caracterização quanto ao peso, à cor, granulometria e a textura das amostras sedimentares de superfícies coletadas no campo salino inundável e manguezal de Quatipuru **48**

**Tabela 3:** Caracterização dos tipos polínicos encontrados nas sub-amostras de superfície do campo salino inundável de Quatipuru, em destaque as espécies presentes no campo salino inundável Boa Vista, planície costeira de Quatipuru, PA **52**

## RESUMO

Os campos salinos da planície costeira norte da Amazônia são constituídos por espécies herbáceas perenes, que colonizam substratos lamosos, adaptadas ao regime de alagamento periódico pela maré salina, gradiente de elevação topográfica e feições geomorfológicas. Ocorrem geralmente na borda inferior dos manguezais, no contato destes com os ambientes continentais, bordejando os estuários. O objetivo desta dissertação é conhecer o espectro polínico do campo salino de Boa Vista, município de Quatipuru, setor Costa Atlântica do Salgado Paraense e a sua relação com a composição de espécies vegetais autóctones. O método de parcelas foi utilizado no inventário, consistindo na amostragem de 100 quadrados de 1m x 1m, ao longo de cinco transecções de 20m, dispostas perpendicularmente ao gradiente campo salino/manguezal. As técnicas padrão utilizadas na análise palinológica em sedimento foram aplicadas em oito amostras coletadas na superfície lamosa do campo, ao longo da mesma transecção. Os dados do inventário florístico mostraram quatro famílias botânicas, distribuídas em quatro gêneros e cinco espécies, todas de hábito herbáceo e ciclo de vida perene, onde *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth ocorre com maior porcentagem de cobertura (54,25%), *Eleocharis caribaea* (Rottb.) S.F.Blake (25,80%) e *Sesuvium portulacastrum* L. (18,62 %). *Eleocharis mutata* (L.) Roem. Et Schult. (0,87%) e *Blutaparon portulacoides* (St.Hill) Mears (0,48%) ocorrem com valores de cobertura muito baixos. As assembléias polínicas revelaram 38 táxons, integrando 14 famílias, 20 gêneros, 35 espécies identificadas. Quase todas as espécies herbáceas autóctones do campo salino ocorreram nas assembléias polínicas, porém os valores de frequência relativa < 8% ou ausentes e a concentração polínica <  $0,6 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>. O pólen de *E. mutata* foi ausente. Entretanto, *Rhizophora mangle* L., espécie arbórea de mangue alcançou altos valores de frequência (16-50,3%) e concentração (2,1-5,5  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>), dentre os 30 tipos polínicos alóctones, oriundos de outras comunidades vegetais. A frequência relativamente baixa de pólen das plantas herbáceas, em comparação com os altos valores de cobertura destas, pode ser explicada pela produtividade polínica diferenciada, capacidade de dispersão, à deposição favorável ou desfavorável e as condições de conservação dos grãos de pólen.

**Palavras-chave:** campo salino, pólen, estuário amazônico, planície costeira amazônica

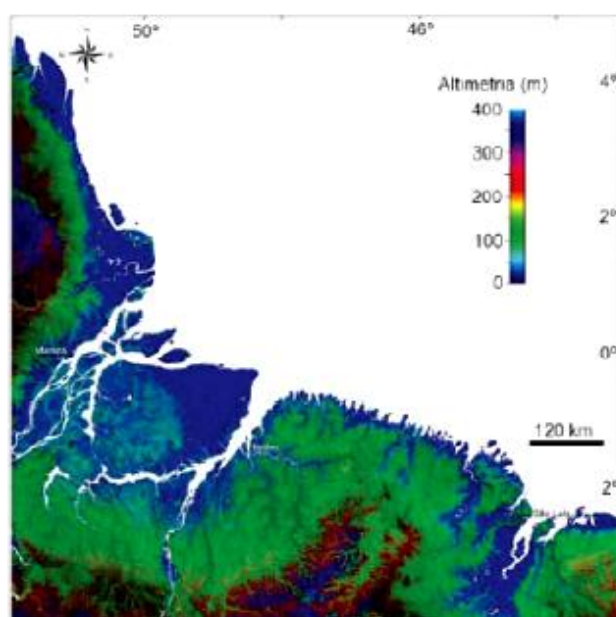
## ABSTRACT

The saltmarshes integrate the North Amazonia coastal plain. The salt marshes are made up of herbaceous perennials species that colonize muddy, adapted to the regime of periodic flooding by the salt tide, high topographic gradient and geomorphological features. Salt marshes usually occur at the lower edge of the mangroves, in contact with the continental setting, bordering estuaries. The aim of this present work is to know the pollen spectrum of the salt marshes of Boa Vista, Quatipuru County, sector of the Costa Atlântica do Salgado Paraense and its relationship to the composition of native plant species. The plot method was used in the inventory, consisting of 100 sample squares of 1m x 1m, over five 20m transects, arranged perpendicular to the gradient saltmarsh/mangrove forest. The standard techniques used to analyze pollen in sediment were applied to eight samples collected from the mudflat surface, along the same transect. Floristic inventory data showed four botanical families, divided into four genera and five species, all of herbaceous and perennial life cycle. *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth occurs with higher coverage (54.25%), followed by *Eleocharis caribea* (Rottb.) SFBBlake (25.80%) and *Sesuvium portulacastrum* L. (18.62%). *Eleocharis mutata* (L.) Roem. Et Schult. (0.87%) and *Blutaparon portulacoides* (St.Hill) Mears (0.48%) occurred with very low values of coverage. The pollen assemblages revealed 38 taxa, integrating 14 families, 20 genera and 35 species identified. Almost all species of native herbaceous that integrated salt marsh occurred in pollen assemblages, but the values of relative frequency <7% or absent and the average pollen concentration <0.6 x10<sup>6</sup> grãos/cm<sup>3</sup>. However, the pollen of *E. mutata* was absent, *Rhizophora mangle* L., mangrove forest species reached the highest value of frequency (16 to 50.3%) and concentration (2.1 to 5.5 x10<sup>6</sup> grãos/cm<sup>3</sup>) among the 30 alloctonous pollen taxa, derived from other plant communities. The relatively low frequency of pollen of herbaceous plants, compared with the high values of coverage of these can be explained: 1) differential pollen productivity and 2) dispersal ability, which can be favorable or unfavorable to the deposition and 3) bad conditions preservation of pollen on sedimentation process.

**Key-words:** salt marshes, pollen, estuary amazonia, coastal plains amazonia

## 1. INTRODUÇÃO

A zona costeira amazônica brasileira (ZCAB), localizada entre os paralelos 4° S e 5° N e os meridianos 43° W e 51° W, abrange desde o Cabo Orange no estado do Amapá até a Ponta de Tubarão no estado do Maranhão, totalizando cerca de 2.250 km de extensão, sem considerar as reentrâncias, recortadas por dezenas de estuários e as ilhas costeiras (SOUZA FILHO *et al.*, 2005) (FIGURA 01). É considerada uma região de alta energia, quando comparada com outras regiões costeiras do Brasil, onde interagem processos ambientais e sociais, como a expressiva descarga de águas continentais, que transporta uma alta concentração de sedimentos orgânicos e inorgânicos, os ventos alíseos de direção NE, as elevadas variações sazonais nas precipitações, as macromarés e a urbanização (PEREIRA, 2007).



**Figura 01.** Mapa de localização da zona costeira da Amazônia brasileira. Fonte: Souza Filho *et al.*, 2005

Os ecossistemas que constituem a ZCAB são denominados zonas úmidas que segundo a convenção de Ramsar, artigos 1.1 e 2.1, consistem de áreas de pântano, charco, turfa ou água, natural ou artificial, permanente ou temporária, com água estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas de água marítima com menos de seis metros de profundidade na maré baixa e cobertura vegetal higrófitas.

As zonas úmidas são caracterizadas como áreas de transição entre ecossistemas terrestres e aquáticos, desempenhando importantes funções como a fixação de carbono, de

biodiversidade e controle do fluxo de macro e micro-nutrientes (MITSCH & GOSSELINK 2009).

Desenvolvem-se em zonas entre marés de margens sedimentares em estuários, lagunas e baías, mas apresentam fisionomias distintas. Estes ambientes também constituem importantes habitats em grandes extensões de zonas costeiras tropicais (COSTA & DAVY, 1992; COSTA, 1997a), onde as limitações de dispersão ou o estresse provocado pela hipersalinidade impedem a colonização por árvores de manguezal (COSTA *et al.*, 2009).

Apesar da reconhecida importância para a manutenção da qualidade ambiental costeira e da sua proteção legal, as Zonas Úmidas da América do Sul vêm sofrendo intensa ação antrópica e têm um futuro incerto devido aos impactos regionais das mudanças climáticas globais (COSTA *et al.*, 2009). Ao longo do século XXI, provavelmente são esperadas grandes modificações na distribuição biogeográfica das Zonas Úmidas, advindas diretamente do aquecimento global, bem como trocas na composição vegetal local, devido à elevação do nível relativo do mar, juntamente com as alterações nos volumes de precipitação pluviométrica.

As zonas úmidas do município de Quatipuru, ao longo dos anos, têm sofrido vários impactos ambientais sejam de ordem climática, segundo relatos fornecidos por moradores locais, representados pelo avanço dos manguezais e consequente diminuição das áreas dos campos naturais, ou de ordem antrópica ocasionada pela prática de queimadas indiscriminadas nas áreas dos campos, realizadas com o intuito de preparação destas para a agricultura local (milho, feijão de corda e mandioca). Alia-se a estas atividades, a coleta não sustentável do camarão, caranguejo e mexilhão. Outro fator de desequilíbrio para estes ecossistemas é a ocupação humana desordenada e a falta de coleta periódica do lixo para estas comunidades que vivem as margens dos campos, com isso todo o lixo doméstico assim como os detritos gerados a partir do beneficiamento do caranguejo e do mexilhão são descartadas diretamente em áreas próximas dos campos. Este acúmulo de lixo por sua vez atrai animais nocivos (ratos, moscas, etc...) que podem vir a transmitir doenças aos moradores destas comunidades. Todas essas ações contribuem para as transformações dos ecossistemas que integram as áreas úmidas, ainda desconhecidos pela comunidade científica, influenciando em seu equilíbrio ecológico.

A compreensão da deposição polínica das associações de plantas existentes nos campos inundáveis e manguezais e em outros ecossistemas que integram a planície costeira, representa o primeiro passo para que se possa entender o funcionamento ecológico desse



sistema, utilizando o método de análise palinológica como ferramenta útil para caracterizar e mensurar os processos de expansão/retração de ecossistemas do município de Quatipuru.

Os estudos palinológicos baseiam-se no fato de que os grãos de pólen e esporos possuem características morfológicas e estruturas típicas e diagnósticas para as espécies vegetais. Tal fato, aliado ao alto grau de preservação da exina, faz dessas variáveis morfológicas e estruturais, excelentes meios para as caracterizações taxonômicas, em diferentes períodos geológicos (LIMA & MEIRA, 2003).

Assim, a análise palinológica vem sendo utilizada com relativo sucesso nos estudos de dinâmicas vegetacionais, interpretações ecológicas e climáticas, modificações e impactos provocados pelo homem na vegetação, caracterização polínica dos méis, manejo de ecossistemas e estudos palinotaxonômicos, fornecendo importantes respostas quanto à relação das espécies vegetais e as condições ambientais, em meio às atuais mudanças do clima (SENNA, 2002).

O grão de pólen é um genoma haplóide, o qual assegura a função de transmitir o material genético masculino, inerente ao processo de reprodução sexual de fanerógamas (IWANAMI *et al.*, 1988 *apud* MIRANDA, 1993; CERCEAU-LARRIVAL, 1990 *apud* MIRANDA, 1993).

A enorme quantidade de pólen e esporos produzida pelas plantas é liberada e flutua no ar, por um maior ou menor período, antes de ser depositada na terra ou na água. Essa flutuação de massas de pólen é referida como chuva polínica e pode ser depositada em diferentes locais, em diferentes anos, devido principalmente ao vento e à turbulência atmosférica (BAUERMANN, 2003). Quando os palinomorfos são depositados em ambientes sedimentares adequados tendem a refletir a vegetação existente ao redor dos mesmos e, conseqüentemente, as variações ocorridas nas comunidades vegetacionais serão detectadas nas assembléias polínicas destes sítios.

Alguns fatores pertencentes à dinâmica do ambiente interferem de forma direta no comportamento do espectro polínico e por isso devem ser investigados com rigor a fim de garantir resultados confiáveis sobre a dinâmica biológica do sistema estudado tais como a produção/representação do pólen das espécies que compõem a área de estudo, bioturbulência e retrabalhamento potencial pelas correntes de maré ou correntes de fortes chuvas que acabam por interferir na redeposição e/ou transporte do pólen.

A representação de tipos polínicos nas assembléias contidas em sedimentos superficiais é dependente, dos diferentes mecanismos de polinização das espécies

correspondentes assim como, do balanço entre os processos de preservação/destruição de pólen.

A produção de grãos de pólen pode ser diferenciada, a partir de quatro mecanismos: (1) A polinização anemófila, com as maiores taxas de produção, atingindo entre 10.000 e 70.000 grãos por antera da flor. Os grãos de pólen são pequenos, lisos ou com baixa ornamentação e geralmente transportados a grandes distâncias; (2) A polinização zoófila que inclui insetos, aves e mamíferos que visitam flores em busca de néctar. A produção de pólen de plantas zoófilas é bem menor do que no grupo precedente, chegando a 1.000 grãos de pólen por antera da flor. Há muitos casos de coevolução entre a espécie animal polinizadora e a espécie vegetal polinizada. Os grãos de pólen são cobertos por fino óleo e fortemente esculpturados, facilitando a sua aderência, sendo então pouco abundantes na chuva polínica e, portanto, sub-representados nas assembléias polínicas; (3) A polinização hidrófila e (4) a autopolinização autogâmica são os mecanismos de menor produção de pólen e a mais baixa representação na chuva polínica, pois a flor só realiza a antese, depois de completado o ciclo reprodutivo, com a germinação do grão de pólen (SENNA, 2002).

Já as condições de conservação ou destruição do pólen estão relacionadas: (1) à degradação mecânica, por meio da abrasão da superfície da exina, levando ao colapso dos grãos de pólen, (2) à ação de agentes biológicos (BRYANT & DERING, 1992 *apud* PEARSALL, 2000), através do ataque de bactérias e fungos assim como os (3) fatores dos ciclos climáticos anuais, com as estações chuvosa e seca, atuam diretamente na produção e precipitação dos palinomorfos, por meio da expansão e retração polínica, pois quanto mais úmido for o ambiente deposicional, maior será a porcentagem de conservação dos grãos de pólen (SENNA, 2002).

O fator de oxidação potencial (EH) dos solos está fortemente relacionado ao pH e também afeta a preservação do pólen, já que a esporopolenina é muito resistente à destruição química. Embora os ambientes alcalinos, com pH variando entre 8-10 sejam os melhores para a preservação de pólen, ainda que associados a condições anaeróbicas, há preservação de tipos polínicos também em solos ácidos com  $\text{pH} < 7$ . A preservação de grãos de pólen em solos é dependente do pH, que deve ser menor que 5, pois em solos básicos com o  $\text{pH} > 6$  não há preservação do pólen. A temperatura parece afetar minimamente a preservação de grãos de pólen, desde que eles ocorram em solos ácidos tropicais (SENNA, 2002).

Os estudos de espectro polínico em sedimentos superficiais são cada vez mais utilizados nas interpretações de dados palinológicos, a fim de entender o funcionamento da flora atual, assim como correlacionar com estudos paleoecológicos e paleoambientais de

testemunhos sedimentares. A identificação dos palinomorfos, geralmente a nível de família ou de gênero e, se possível, de espécie, é realizada pela comparação com equivalentes modernos, a partir de coleções de referência e de literatura especializada como atlas palinológicos e artigos de palinotaxonomia, paleoecologia e melissopalinologia.

Para o estado do Pará os trabalhos de Leão (2007) e Rodrigues (2007) realizados na Ilha do Marajó/PA, utilizaram a análise polínica em sedimentos superficiais para o entendimento do sistema deposicional da planície costeira, utilizando estes dados como base para os estudos paleoclimáticos e paleoecológicos desta área.

Trabalhos recentes em áreas de marismas na zona costeira do Rio Grande do Sul já foram realizados por Medeanic 2004, 2006b, mostrando que os grãos de pólen são elementos fundamentais para o entendimento da produção e dispersão polínica, mecanismos responsáveis pela reprodução sexuada das fanerógamas.

A falta de dados relacionados aos processos de sucessão da flora costeira, correlacionados aos fenômenos climáticos ocorrentes, levanta dúvidas sobre a compreensão dos processos de colonização e adaptabilidade ambiental das zonas úmidas do estado do Pará. A ausência dessas informações nos impossibilita de entender a dinâmica biológica desse ecossistema, que visam primordialmente, à conservação destes ambientes diante dos atuais processos desordenados de ocupação humana, que ao longo de seu desenvolvimento, têm ocasionado graves desequilíbrios para as espécies que colonizam estes ambientes.

O presente estudo teve como objetivo conhecer as assembléias polínicas contidas em sedimentos superficiais de um campo salino, na planície costeira do município de Quatipuru, Setor Costa Atlântica do Salgado Paraense, analisando o efeito da deposição natural dos grãos de pólen ao longo do gradiente campo inundável-manguezal, relacionando as contribuições “*in situ*” e das demais comunidades vegetais de entorno.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2. 1. A palinologia e os palinomorfos

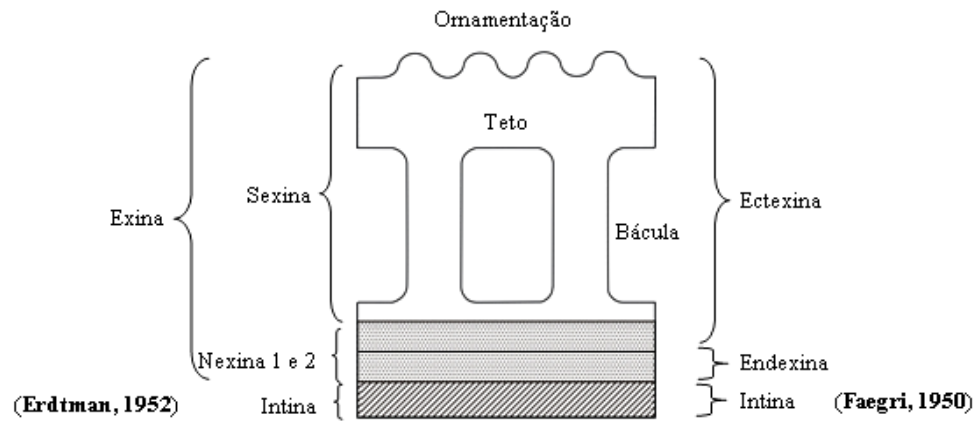
A Palinologia é o estudo dos grãos de pólen, esporos, cistos de algas, e outras partículas biológicas, presentes no ar, nos sedimentos e rochas sedimentares, ou seja, em qualquer matriz orgânica ou inorgânica que os conserve (SALGADO-LABOURIAU, 1994). Os principais elementos constituintes da análise palinológica são os grãos de pólen, esporos e cistos de algas, denominados palinomorfos.

Os estudos palinológicos tiveram origem no século XVII, quando se desenvolveu a microscopia óptica, permitindo assim que essas partes diminutas das plantas pudessem ser observadas com maior precisão. A evolução dessa técnica, aliada a um maior volume de estudos permitiu que se percebesse que os grãos de pólen apresentavam morfologia diferente para cada grupo de espécies de plantas, possibilitando atualmente, que se possa reconhecer a que grupo taxonômico pertence determinado tipo polínico (FREITAS, 2002).

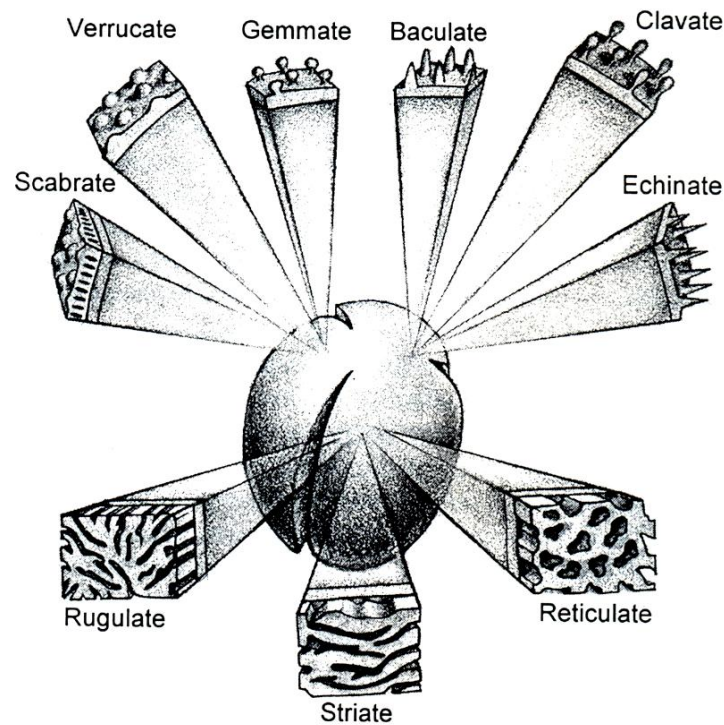
O pólen é o elemento fecundante das plantas superiores e tem a função de proteger o gametófito masculino até o crescimento do tubo polínico no estigma da flor. É constituído por duas membranas: a intina, que envolve o protoplasma e é composta por celulose e pectina; e a exina, membrana externa, formada por composto estável de politerpeno, a esporopolenina, que garante grande resistência e elasticidade à perda de água, bem como, poder fossilizar-se em sedimentos (SENNA, 2000).

Segundo Erdtman (1952), a exina subdivide-se em nexina, camada mais interna e sem ornamentação, representada por nexina 1 e 2; e sexina, cujo padrão de deposição e ornamentação segue código genético característico de cada espécie vegetal. A sexina abrange os elementos tectais ou esculturais, teto e columela (FIGURA 02). As columelas são pequenos cilindros ou bastões de sexina/ectexina que sustentam um teto. Faegri (1956) admite uma nomenclatura baseada na coloração por fucsina: ectexina, que corresponde à sexina e nexina 1 e cora com fucsina; e endexina, correspondente à nexina 2 (SALGADO-LABOURIAU, 2007).

A superfície de grãos de pólen e esporos pode apresentar diferentes padrões de ornamentação: estriada, reticulada, lisa, perfurada, com espinhos, verrugas, pilas, etc. (FIGURA 03). Os tipos com ornamentação mais elaborada, geralmente são entomófilos, enquanto os grãos de pólen lisos ou menos elaborados podem ter dispersão pelo vento e pela água. No entanto, polinização entomófila e anemófila não são tipos invariáveis, ou seja, mutuamente exclusivos (BAUERMANN *et al.*, 2002).



**Figura 02.** Esquema das camadas que constituem o grão de pólen, proposta por Faegri, 1950 e por Erdtman, 1952 (Adaptado de Kapp *et al.*, 2000).



**Figura 03.** Diagrama dos diversos tipos de morfologias anatômicas da superfície polínica (Adaptado de Kapp *et al.*, 2000).

Os esporos são estruturas reprodutivas assexuadas de briófitas e pteridófitas (ABSY, 1975 e ABSY & SERVANT, 1993). Não apresentam divisão sexina-nexina e não têm aberturas. Os tipos trilete e o monolete são cicatrizes de contato entre os grãos de pólen que se conectam em tétrade. Os esporos sem cicatriz são denominados aletes (SALGADO-LABOURIAU, 2007).

Para a análise palinológica são considerados caracteres morfológicos dos grãos de pólen como tamanho, forma, número de aberturas e ornamentação da exina. Em estudos de análise de pólen contido em sedimentos de superfície, os palinomorfos são avaliados, a partir de seus caracteres morfológicos e estruturais, somados à abundância e a frequência de ocorrência dos táxons presentes no sedimento analisado, definindo-se as biozonas a partir das assembléias polínicas, por fim relacionando-os aos impactos naturais e antrópicos, gerando interpretações que auxiliam a compreensão dos processos de deposição e preservação do pólen, úteis em estudos paleoambientais e paleoecológicos.

Tal relação é possível, segundo Absy & Servant (1993), visto que, cada região apresenta um espectro polínico característico de seu tempo e espaço de deposição em camadas sucessivas, resultantes da dispersão de grande quantidade de pólen na atmosfera na forma de “chuva polínica”.

## **2. 2. Análise polínica de sedimentos superficiais**

Estudos relacionados ao aspecto polínico na Costa Rica foram realizados por Rodgers III & Horn, 1996. Para tal investigação foram coletadas 29 amostras em dez ecossistemas existentes no país: Manguezal, Floresta Tropical Seca, Derivado de Savana, Floresta Tropical Úmida, Floresta Tropical Chuvosa, Pântano de Planície de Água Doce, Floresta de Encosta, Floresta Tropical de Montanhas, Pântano, e Páramo. A análise de correspondência retificada (DCA) indicou que os espectros de pólen dos diferentes tipos de vegetação, na Costa Rica são geralmente distintos, sendo os principais tipos polínicos responsáveis por este resultado *Rhizophora* e *Avicennia* para o ecossistema Manguezal; a família Poaceae para o ecossistema Savana; a família Asteraceae, taxons arbóreos e pequena quantidade de grãos de pólen da família Poaceae para a Floresta tropical seca; os gêneros *Cecropia* e *Urticales* para os ecossistemas floresta tropical úmida e floresta tropical chuvosa; as famílias Melastomataceae/Combretaceae, Myrtaceae e os gêneros *Iriarte*, *Piper*, *Alchornea* e *Acalypha* para o ecossistema Pântano de planície de água doce; altos valores de ocorrência da família Poaceae para o sistema floresta de encosta; Pteridophyta e altos valores do grãos de pólen das famílias Asteraceae e Cyperaceae, além da presença abundante do grão de pólen de *Alnus* para o ecossistema Floresta tropical de montanhas e a família Poaceae, os gêneros *Vaccinium*, *Pernetia* e *Comarostaphylos* e a espécie *Chusquea subtessellata* Hitchc. para o ecossistema de Páramo.

Medeanic, 2004 objetivando estudar a distribuição de palinomorfos nos sedimentos superficiais de uma área úmida na margem do estuário da Lagoa dos Patos/RS e estabelecer a

correspondência entre dados palinológicos e dados botânicos da vegetação atual, examinou cinco amostras do fundo da lagoa, sendo três de sedimento arenoso e duas de areia siltica, onde foram identificados grãos de pólen e esporos de plantas terrestres e aquáticas, zigósporos, colônias e cenóbios de algas verdes e esporos de fungos.

Os resultados observados destacam os grãos de pólen de plantas herbáceas como os mais abundantes na assembléia polínica (36,7 a 60,0%) que também destacam-se nos dados botânicos como o hábito vegetal predominante no sistema, enquanto as porcentagens dos grãos de pólen de plantas aquáticas variaram entre 3,2 a 18,9% representadas pelas espécies *Ludwigia* sp. e *Typha dominguensis* Pers. e os esporos de Briófitas e Pteridófitas assumem valores muito baixos (2 a 5%).

As associações de pólen e esporos reconhecidas, em geral, coincidem com composição da vegetação na Planície Costeira da parte sul do Rio Grande do Sul e as discrepâncias entre dados palinológicos e botânicos observados durante as análises podem ser explicadas pelas diferenças na produção polínica das plantas, pela desigualdade na capacidade de transporte e pelas características morfológicas específicas de cada tipo de grão de pólen e esporos, assim como nas condições de deposição e conservação destes no sedimento.

Luz *et al.*, 2005 em seus estudos realizados no fundo da Lagoa do Campelo no Rio de Janeiro analisou quatro amostras de sedimento superficial coletadas em um transecto de 500 m por 500 m de ponta a ponta, na direção nordeste/sudoeste, que coincide com a direção do vento dominante na região. A análise dos grãos de pólen, esporos de pteridófitas e algas foram utilizados para avaliar a variação espacial de deposição e os seus níveis de deteriorização, além de correlacionar a ocorrência dos grãos de pólen e esporos de pteridófitas identificados com a vegetação presente nas proximidades da lagoa.

Grãos de pólen ocorreram em todas as amostras analisadas, mas a área de maior concentração relacionou-se à borda nordeste da lagoa enquanto a borda sudoeste apresentou altas porcentagens de pólen e esporos com a exina degradada e com danos mecânicos ocasionados, provavelmente, porque foram carregados através da lagoa pelas correntes aquáticas impulsionadas pelo vento, confirmando ser a tendência deposicional dos palinomorfos danificados na mesma da direção dos ventos dominantes.

No total, 58 tipos polínicos foram identificados, sendo os mais abundantes os grãos de pólen herbáceos das famílias Cyperaceae, Poaceae e Typhaceae. Entre os tipos polínicos arbóreos e arbustivos, *Alchornea*, Arecaceae, *Cecropia*, *Celtis*, *Clethra* e Myrtaceae foram os dominantes e apresentaram mais de 1.000 grãos por grama de sedimento fresco. A quantidade de esporos de Pteridophyta foi praticamente constante em todas as amostras ( $\pm 10\%$  do total).

de palinómorfos). As algas *Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs e *Mougeotia* ocorreram em todas as amostras, *Spirogyra* somente em três delas. Tal como algas *Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs e *Mougeotia* ocorreram em todas as amostras, *Spirogyra* somente em três delas. Os resultados obtidos fornecem novas informações sobre a riqueza, concentração e distribuição dos palinómorfos na lagoa, representando a vegetação local e regional.

Mao *et al.*, 2006. analisaram amostras superficiais de sedimentos coletados em manguezais costeiros de Dongzhai e Qinglan, situado no norte da ilha de Hainan, na China, afim de revelar a relação entre o pólen moderno depósitos e instalações de sua origem, e para fornecer uma base para a reconstrução da história da dinâmica do Holoceno no ecossistema manguezal. “*Spectrum*” de pólen de superfície mostram ligação estreita entre o pólen e vegetação local. As taxas de pólen no manguezal são aproximadamente organizadas por zonas de vegetação ao longo do transecto. Notadamente, *Rhizophora*, *Ceriops*, *Bruguiera* e *Avicennia* estão bem representadas e localizadas. No entanto, estes resultados sugerem também que outros manguezais comuns são pouco representados por seu pólen nos sedimentos de superfície, incluindo espécies de *Excoecaria*, *Aegiceras*, *Clerodendrum*, *Kandelia*, *Xylocarpus* e *Scyphiphora*. Palinómorfos exóticos também estão presentes na maioria das amostras, entretanto, os tipos dominantes são de fontes locais de manguezal. Assim foi concluído que o pólen de mangue tem uma distribuição local e limitada. Estes resultados fornecem uma base para a interpretação de análises paleoecológicas sendo de fundamental importância para estudos paleoclimáticos e paleoambientais nos pântanos tropicais.

Para o estado do Pará o trabalho de Leão, (2007) realizado na comunidade de pescadores de Cajuúna na Reserva Extrativista Marinha de Soure (RESEX), localizada na zona de intermaré, da planície costeira de Soure, Ilha de Marajó-PA apresentou assembléias polínicas presentes nos registros sedimentares superficiais relacionadas com a composição florística local e regional tendo como bioindicadores das formações vegetais locais os tipos polínicos *Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn. para o ecossistema manguezal; as famílias Poaceae, Cyperaceae, Myrtaceae, Apocynaceae, Araceae e Asteraceae para a formação de restinga e a espécie *Mauritia flexuosa* L. f. para o ambiente de várzea.

Os estudos palinológicos em sedimentos superficiais realizados por Rodrigues (2007), na Fazenda Bom Jesus localizada na Ilha do Marajó/PA, em uma área de ecótono campo inundável e manguezal evidenciaram a dominância de campo inundável acompanhada pela presença de táxons bioindicadores de manguezal. A vegetação de campo inundável está



representada pelos tipos anemófilos, Cyperaceae e Poaceae, acompanhados por elementos de várzea, em baixas porcentagens, como *Macrolobium* e *Mauritia*. Enquanto a ocorrência de táxons característicos de manguezais como *Rhizophora* e, principalmente, *Avicennia* confirma a existência de manguezais nas proximidades do campo.

Para ambos trabalhos, sedimentos e palinomorfos são classificados como de origem flúvio-marinha e a distribuição destes palinomorfos são definidas pelas correntes de maré e ondas em um ciclo climático anual assim como pela megadrenagem de um ambiente de grandes proporções como é a baía de Marajó.

### 2. 3. Estudo Fitossociológico de Quatipuru

Rodrigues (1967), descreveu as principais plantas aquáticas encontradas nos diferentes estádios da sucessão hierárquica primária dos campos pantanosos, periodicamente alagáveis durante a estação chuvosa no município de Quatipuru, estado do Pará. Para o estudo foram escolhidos os seguintes campos inundáveis: campo Grande, campo do Bentevi, campo do Bom Princípio, campo do Careca, campo do Macaco ou Santarém Novo, campo do Bem Bom e campo da Ponta Grande. Os campos em questão foram escolhidos por estes apresentarem condições naturais favoráveis para a ocorrência de focos de *Schistosoma mansoni* Sambon, 1907.

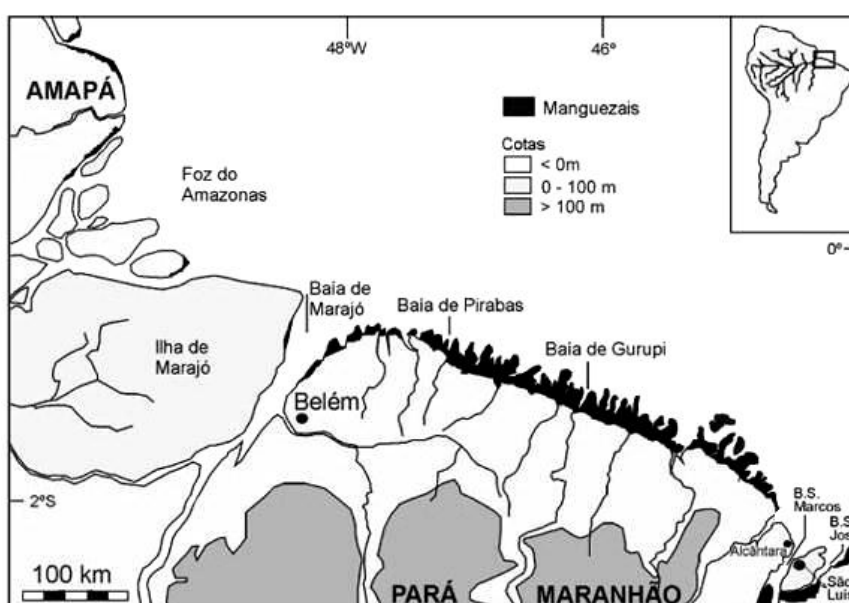
Os estágios de hidrosere observados nos campos foram “anfíbio” ou “emergente” com a predominância das seguintes plantas herbáceas: o “junco” *Eleocharis interstincta* (Vahl) Roem. & Schult., *Pontederia lanceolata* f. *ovalis* (Mart.) Castell., *Cyperus articulatus* L., *C. odoratus* L., *Typha angustifolia* var. *dominguensis* (Pers.) Hemsl. e *Cyperus giganteus* Vahl; “submerso” as espécies mais características observadas foram *Chara zeylanica* var. *diaphana* f. *armata* (F.J.F. Meyen) Zaneveld, *Cabomba piauhiensis* Gardner e *Najas* sp.; “flutuante” as espécies mais comuns foram: *Neptunia oleracea* Lour., *Nymphaea* spp., *Eichornia natans* var. *pauciflora* (Seub.) Solms, *E. azurea* (Sw.) Kunth, *Jussieua natans* Humb. & Bonpl., *Salvinia auriculata* Aubl., *Hydroguianensis* e *Azolla* sp. e no estágio mais desenvolvido depois do “emergente” as espécies principais observadas foram: *Montrichardia arborescens* (L.) Schott, *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott e *Acrostichum aureum* L.

Todas essas espécies acima citadas estavam relacionadas com a ocorrência do caramujo, hospedeiro intermediário do *S. mansoni*.

## 2. 4. Caracterização dos ecossistemas da planície costeira

### 2. 4. 1. Manguezal

Os manguezais ocupam um quarto da planície costeira tropical, o que representa atualmente, 15 milhões de hectares do planeta (CHAPMAN, 1975). Representam o principal ecossistema da planície costeira equatorial do norte da América do Sul, com 270.000 ha de área somente no litoral nordeste do estado do Pará (FIGURA 04), correspondendo a 19% do litoral brasileiro (SENNA & MELLO, 1994). A maior variabilidade estrutural dos manguezais amazônicos é constatada na costa norte, incluindo os estados do Pará, Amapá e Maranhão (FERNANDES, 1997; COSTA NETO *et al.*, 2000).



**Figura 04.** Mapa de localização da costa de manguezais dos estados do Amapá, Pará e Maranhão. Fonte: (Souza Filho *et al.*, 2005a), modificado.

Os manguezais costeiros ocorrem na transição entre ambientes terrestres e marinhos, situados em regiões tropicais e subtropicais, sujeitos aos regimes de marés, ondas e correntes (ADAIME, 1987). São constituídos por espécies vegetais lenhosas típicas, além de micro e macroalgas, adaptadas à flutuação da salinidade e da maré, colonizando solos predominantemente lamosos, com baixos teores de oxigênio (SCHAEFFER – NOVELLI, 1995), retrabalhados a partir de formações geológicas do Neógeno (SENNA, 2002).

Os fatores abióticos são determinantes para a diversidade de espécies e de estruturas dos bosques de manguezais tropicais, destacando-se nesse contexto, as altas temperaturas, substratos aluvionares, costas abrigadas e de baixa energia, o aporte de água doce rica em

nutrientes e amplitudes de maré acima de 4m (CINTRÓN & SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

As espécies exclusivas de florestas de mangue são: *Rhizophora mangle*, *R. racemosa* G.F.Mayer, *R. harrisonii* Leechman, *Avicennia germinans*, *A. schaueriana* Stapf. & Leechman ex. Mold., *Laguncularia racemosa* e *Conocarpus erectus*. Outras espécies vegetais associadas são *Acrosticum aureum*, *Montrichardia arborecens* (L.) Schott, *Pterocarpus rohrii* Vahl., *Bombax aquatica* Aubl., *Mauritia flexuosa*, *Euterpe oleracea*, *Drepanocarpus lunatus* (L. f) G. Mey. e *Annona palustris* L. (SENNA *et al.*, 2005).

O manguezal é considerado um ecossistema de elevada importância ecológica, social e econômica (KJERFVE & LACERDA, 1993), formado por um bosque tropical, onde se misturam a água marinha e a água doce de um ou mais rios (VÉLEZ, 1978), o que facilita certas associações vegetais e anfíbias, lenhosas e perenifólias (SALES, 2000). As árvores desenvolveram várias formas de adaptação que permitiram seu sucesso na colonização do ambiente costeiro, principalmente em relação à regulação das concentrações internas de sais pela raiz e sistemas glandulares capazes de excretar o excesso dos sais absorvidos através das folhas (SALES, 2000).

Os manguezais da região nordeste do Pará são ainda relativamente pouco perturbados, em comparação com outros da costa do Brasil, constituindo um excelente “laboratório” para o estudo do funcionamento atual destas florestas. Uma modificação das condições ambientais, mesmo limitada no tempo e no espaço, pode vir a ter repercussões na vitalidade do ecossistema (SALES, 2000). Há poucas estimativas dos impactos naturais ou antrópicos a que os manguezais estão submetidos, principalmente se comparados a outros manguezais localizados em zonas industriais e de grande concentração populacional (PROST & MENDES, 2001; SENNA *et al.*, 2005).

Os manguezais estão protegidos segundo o código florestal, lei n. 4771, Art. 2, 15/09/1965. Entretanto, a ação antrópica vem intensificando-se sobre este principal ecossistema da planície costeira equatorial do norte da América do Sul, causando transformações no substrato lamoso, onde ocorrem importantes processos físico-químicos dos meios, o que certamente pode afetar a disponibilidade de elementos e compostos químicos presentes nas formas utilizáveis pelas plantas e nas concentrações ótimas, essenciais ao crescimento e saúde das espécies vegetais.

#### 2. 4. 2. Campo salino inundável

Os campos salinos são constituídos por comunidades vegetais dominadas, principalmente, por espécies herbáceas perenes ou “anuais”, adaptadas ao regime de alagamento periódico por águas salinizadas, podendo estar ainda associada a alguns arbustos, ou ainda a manguezais. A maioria das espécies vegetais dos campos naturais da América Latina pertence a gêneros amplamente distribuídos pelas comunidades halofíticas, representantes de um número relativamente reduzido de famílias (COSTA & DAVY, 1992).

Os campos salinos são ecossistemas de transição entre os ecossistemas marinho e terrestre, ocupando as zonas estuarinas em regiões temperadas (OLIVEIRA *et al.*, 2006). Este ecossistema também ocorre na América do Sul, desde a Baía de Cartagena (Colômbia, 10° 24' N) até a região do estreito de Magalhães, no Chile, na latitude de 55° S (COSTA *et al.* 2009).

Segundo Fischer *et al.* (2000), os campos salinos são divididos, quanto à topografia em “high saltmarshes”, onde ocupam áreas localizadas nas porções mais elevadas do terreno, com menor frequência de inundação, apresentando solo arenoso e elevadas concentrações salinas. A exposição do solo ao ar por longos períodos permite intensa evaporação, ocasionando a deposição e elevando os níveis de salinidade, o que condiciona a presença de espécies vegetais, que apresentam adaptações para suportar altas taxas de salinidade. A porção ocupada pelos “low saltmarches” é situada em cotas topográficas mais baixas, apresenta maior frequência de inundação, por conseguinte abriga mais rica e heterogênea biodiversidade de espécies herbáceas, que não sobrevivem quando expostas a condições de estresse hídrico e salino.

Estudos em comunidades vegetais dos campos salinos brasileiros subtropicais temperados concentram-se na estrutura da comunidade vegetal, na heterogeneidade espacial relacionada com a altura topográfica e consequente tempo de submersão/exposição do sedimento (COSTA *et al.* 1997, 1997b).

A distribuição vegetal das espécies herbáceas é determinada em parte pelo efeito que as plantas exercem nas características físicas do meio como: velocidade da corrente e a estabilidade de sedimentos, pois as folhas e hastes das plantas deste ecossistema reduzem o fluxo das correntes e favorecem a deposição do material em suspensão na água de alagamento. A cobertura vegetal e as densas redes de rizomas e raízes previnem a ação remobilizadora das ondas sobre o sedimento (COSTA, 2009). Outro fator importante para o entendimento dessas áreas são as observações feitas sobre as relações ecológicas entre as espécies e entre as comunidades e o substrato, as competição interespecífica e a herbivoria,

todos desempenham importantes papéis estruturadores destas comunidades vegetais (COSTA *et al.*, 2003).

Os apicuns são utilizados para designar habitats restritos no interior do ecossistema dos campos salinos inundáveis, onde estes apresentam características diferenciadas como zona de solo geralmente arenoso, ensolarada, desprovida de cobertura vegetal ou abrigando uma vegetação herbácea, correspondem, portanto, aos “high saltmarshes” descritos por Fischer *et al.* (2000). Em todo o mundo, os apicuns são encontrados em áreas litorâneas intertropicais, sempre associados a manguezais (MARIUS, 1985; LEBIGRE, 2007). Assim, o apicum associa-se aos manguezais formando na realidade um estágio sucessional natural do ecossistema (SCHAEFFER-NOVELLI, 1989).

O principal fator ambiental que caracteriza estes ecossistemas são as elevadas concentrações salinas de 50 a 140 ups (unidades padrão de salinidade;  $35 \text{ ups} \approx 35 \text{ g NaCl L}^{-1} \approx 600 \text{ mmol NaCl L}^{-1} \approx 55 \text{ dS m}^{-1}$ ), resultantes da combinação de altas taxas de evaporação e alagamentos infreqüentes (ADAM 2002, COSTA *et al.*, 2009).

Apenas arbustos (0,5-2,0 m) de *Avicennia* ocorrem associados aos planos hipersalinos dos apicuns (TOMLINSON 1986, ADAM 2002, COHEN & LARA, 2003). Tanto no litoral do Maranhão como do Pará, as dicotiledôneas *Batis maritima* e *Sesuvium portulacastrum* alternam na dominância dos apicuns com a gramínea *Sporobolus virginicus*.

Os campos salinos inundáveis, como outros habitats entremarés, caracterizam-se como ambientes severos em relação às condições abióticas do meio para com os seus organismos biológicos, principalmente as comunidades vegetais, sujeitas tanto a condições marinhas, com as marés diárias, como também a condições continentais, pela proximidade com a vegetação secundária, ou de mata nativa, com as quais fazem limite.

### 2. 4. 3. Floresta secundária

A floresta secundária forma-se em consequência do impacto humano sobre as florestas tropicais (BROWN & LUGO, 1990). As florestas secundárias “capoeiras” cobrem grandes porções de áreas nos trópicos, aproximadamente 600 milhões de hectares. Na Amazônia, cerca de  $15.000 \text{ km}^2$  de florestas são derrubados anualmente (SKOLE & TUCKER, 1993), sendo a maior parte desta área utilizada na agricultura ou como pastagem por alguns anos, até a exaustão de nutrientes, quando então é abandonada (ADAMS, 1997).

As florestas secundárias são importantes para a conservação dos trópicos, pois reduzem a pressão sobre as florestas primárias e se forem sustentavelmente manejadas,

ajudam a melhorar a qualidade do solo e da água, o qual conserva material genético, nutrientes e matéria orgânica do solo (BROWN & LUGO, 1990).

As capoeiras são frequentes em todo país e são comunidades sucessionais que se instalam a partir da destruição das formações primitivas, seguidas ou não do uso da terra, para cultivo ou pastagens. Pelo mau uso ou abandono, inicia-se a expansão de uma flora ruderal de pouca importância nutritiva, se explorada como pastagem, mas rica em elementos néctar-poliníferos de grande utilização pelas abelhas sociais (BRANDÃO *et al.*, 1985).

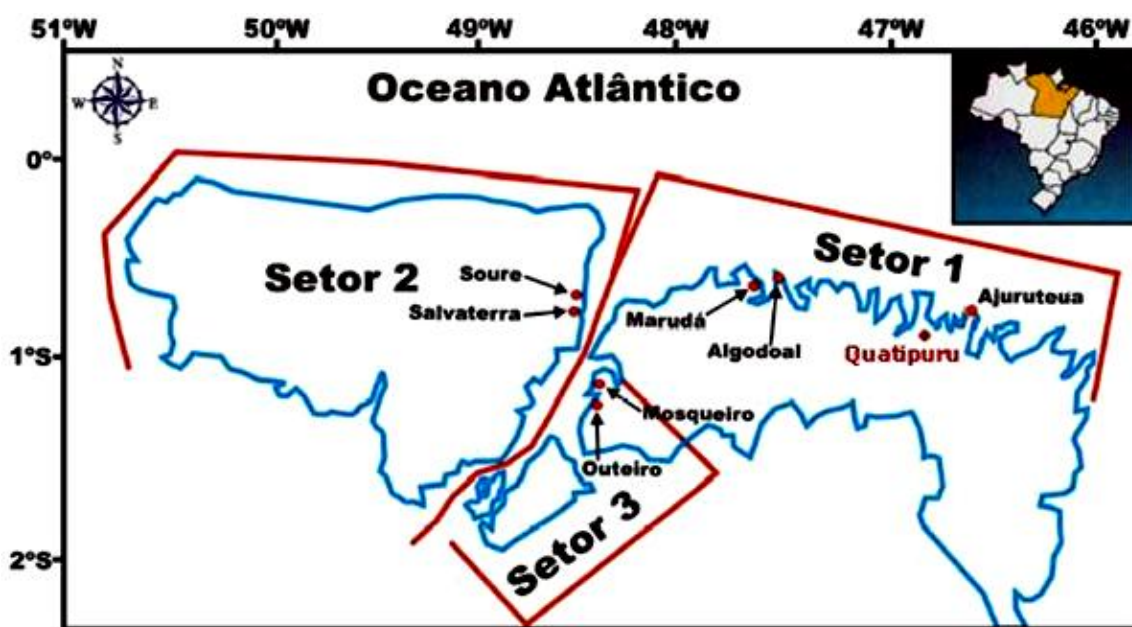
Em algumas áreas da Amazônia Oriental, como a Região Bragantina, distante 106 km<sup>2</sup> a leste de Belém, as atividades antrópicas têm causado a substituição da floresta tropical úmida pela vegetação secundária (PENTEADO, 1967; FALESI *et al.*, 1980; DENICH, 1991; VIEIRA, 1996).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3. 1. A zona costeira paraense

A zona costeira do estado do Pará possui 1.200km de extensão, perfazendo uma superfície de 82.596,43km<sup>2</sup>, entre a foz dos rios Amazonas e Gurupi. A área apresenta-se muito diversa, em termos de cobertura vegetal, sendo composta por florestas de várzea, restingas litorâneas e manguezais. Apresenta duas grandes unidades geomorfológicas: uma costa alta recortada, onde vales estuarinos estreitos estão esculpidos em terrenos do Grupo Barreiras, e uma costa baixa ocupada por extensas planícies de manguezais, recortadas por vales afogados, esculpidas em depósitos holocênicos (EL-ROBRINI *et al.*, 1992 *apud* ALVES *et al.*, 2005).

Segundo Alves *et al.* (2005), apresenta três setores com características fisiográficas diferenciadas: Setor 1 que inclui a Costa Atlântica do Salgado Paraense, entre as baías do Marajó e do rio Gurupi; o Setor 2, Insular Estuarino, com o arquipélago do Marajó e a foz do rio Amazonas; e o Setor 3, Continental Estuarino, composto pelo rio Pará e as baías do Guajará e Marajó. (FIGURA 05)



**Figura 05.** Mapa de localização dos setores da zona costeira paraense. Fonte: (Alves *et al.*, 2005) modificado.

A planície costeira do estado do Pará, com 300 km de extensão, é uma costa de subsistência, ou litoral de rias (PROJETO RADAMBRASIL, 1973/1974), cujo controle estrutural regional é feito por falhas transcorrentes de direção E-W, conectadas por falhas normais NW-SE (COSTA *et al.*, 1996), com duas unidades geotectônicas superimpostas: a

Plataforma Pará e a Bacia Bragança-Viseu (GORINI & BRIAN, 1976). A geologia regional é constituída na base, por depósitos do mesozóico, que na Plataforma Pará, chegam até 2.000 m de espessura (REZENDE & FERRADAES, 1971).

### **3. 2. O município de Quatipuru**

O município de Quatipuru localizado no setor 1 da Zona Costeira Paraense, pertence à Messorregião do Nordeste Paraense e à Microrregião Bragantina, localiza-se na latitude 00°53'49" Sul e longitude 47°00'19" Oeste, com uma altitude de 29 metros, fazendo limite ao Norte, com o oceano Atlântico, a leste com o município de Tracuateua, ao sul com o município de Capanema e a oeste, com os municípios de Primavera e São João de Pirabas (SEPOF-PA, 2007) (FIGURA 06)

#### **3. 2. 1. Clima**

O clima do município é do tipo Awi, segundo a classificação de Köppen, apresentando reduzida amplitude térmica e índice pluviométrico médio anual de cerca de 2.100 mm. Desta pluviosidade, 90% distribuem-se nos seis primeiros meses do ano, produzindo assim, um excedente hídrico anual, entre fevereiro e junho, enquanto a deficiência hídrica ocorre entre agosto e dezembro (SEPOF-PA, 2007).

#### **3. 2. 2. Geologia**

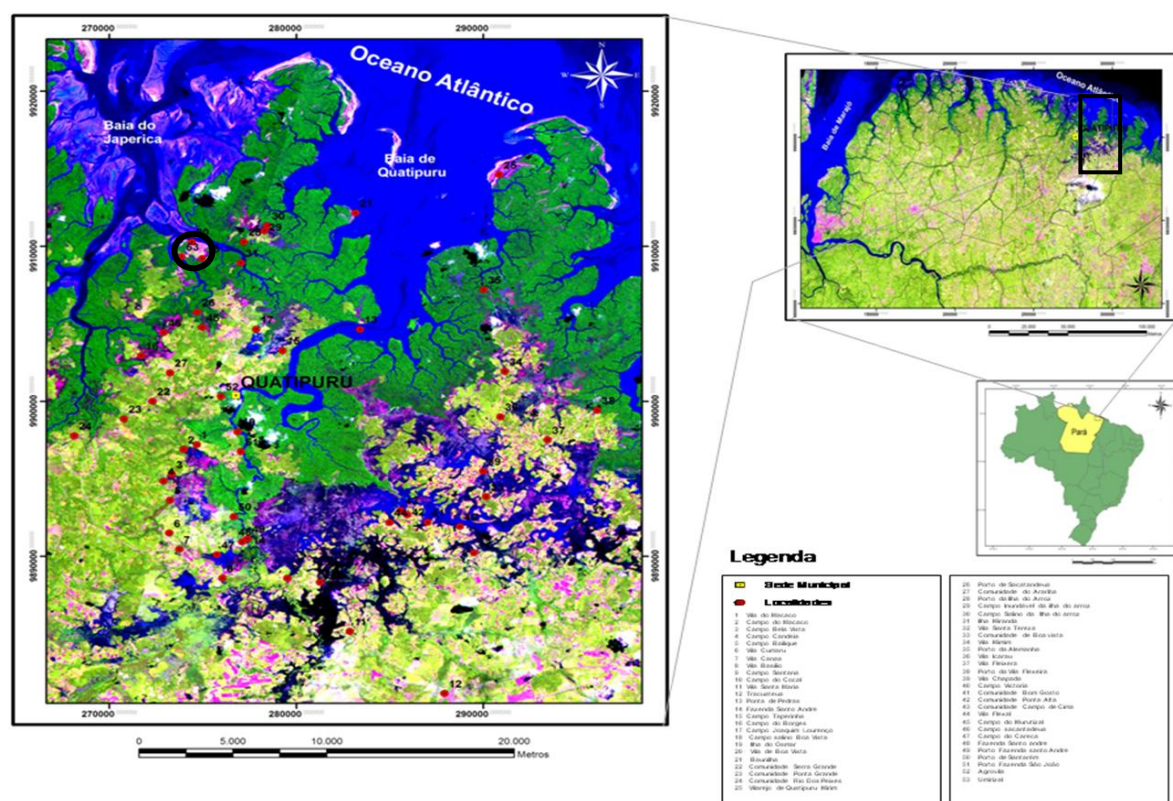
Os depósitos geológicos estão representados principalmente, por sedimentos silissiclásticos inconsolidados da formação barreiras (Mio-Plioceno), enquanto os sedimentos lamosos constituem o substrato de manguezais, os feixes de cordões arenosos formam as restingas costeiras, que fazem limite com as várzeas de maré e campos inundáveis da baía interna de Quatipuru, provavelmente de idade holocênica. Há registros localizados de ocorrência de depósitos fossilíferos constituídos por calcários e paleomangues do Membro Baunilha Grande da Formação Pirabas do Mioceno Inferior, subjacentes à Formação Barreiras (SEPOF-PA, 2007).

#### **3. 2. 3. Relevo**

O relevo do município de Quatipuru, localizado na região Bragantina, relaciona-se com a estrutura geológica, sendo representado por tabuleiros aplainados, terraços e várzeas, que estão inseridos na unidade morfoestrutural Planalto Rebaixado da Amazônia, caracterizado por áreas dissecadas em colinas de topo aplainado, com vales pouco profundos.



A planície flúvio-marinha é conhecida como a "região de rias". A topografia acompanha as formas de relevo, apresentando, na sede, uma cota de 10 metros de altitude, aproximadamente, cujo nível altimétrico, predomina em quase a totalidade de seu território (SEPOF-PA, 2007).



**Figura 06.** Mapa de localização da área de estudo, campo salino inundável Boa Vista (círculo preto) inserido na planície costeira do município de Quatipuru, PA.

### 3. 2. 4. Hidrografia

O rio Quatipuru serve de limite natural, a leste, entre os municípios de Quatipuru e Tracuateua, constituindo a principal drenagem da área de estudo. Outros cursos d'água como os rios Japerica e Primavera fluem para outra baía próxima - a de Japerica, formando um complexo hidrológico-estuarino, que tem grande importância na locomoção e transporte da população ribeirinha e litorânea entre o município de Quatipuru e Bragança (SEPOF-PA, 2007).

### 3. 2. 5. Cobertura vegetal

É constituída, predominantemente, pelas florestas secundárias, em diversos estágios de regeneração, que substituíram a cobertura florestal primária de Floresta Tropical Úmida,

subtipo Densa dos Baixos Platôs. Às margens dos pequenos rios, incide a floresta de várzea ainda preservada, com sua vegetação típica de espécies umbrófilas dicotiledôneas e abundantes palmeiras.

No extenso litoral, que adentra até 40 km em direção ao continente, é nítida a influência da cunha salina, com os bosques de manguezais dominando a paisagem. Nota-se no contato da planície costeira com a terra firme, uma extensa planície inundável, com campos dominados por Poaceae e Cyperaceae, no entanto as observações de campo mostram frequentes e expressivos mosaicos de vegetação de floresta aluvial e de manguezal no campo inundável (SEPOF-PA, 2007).

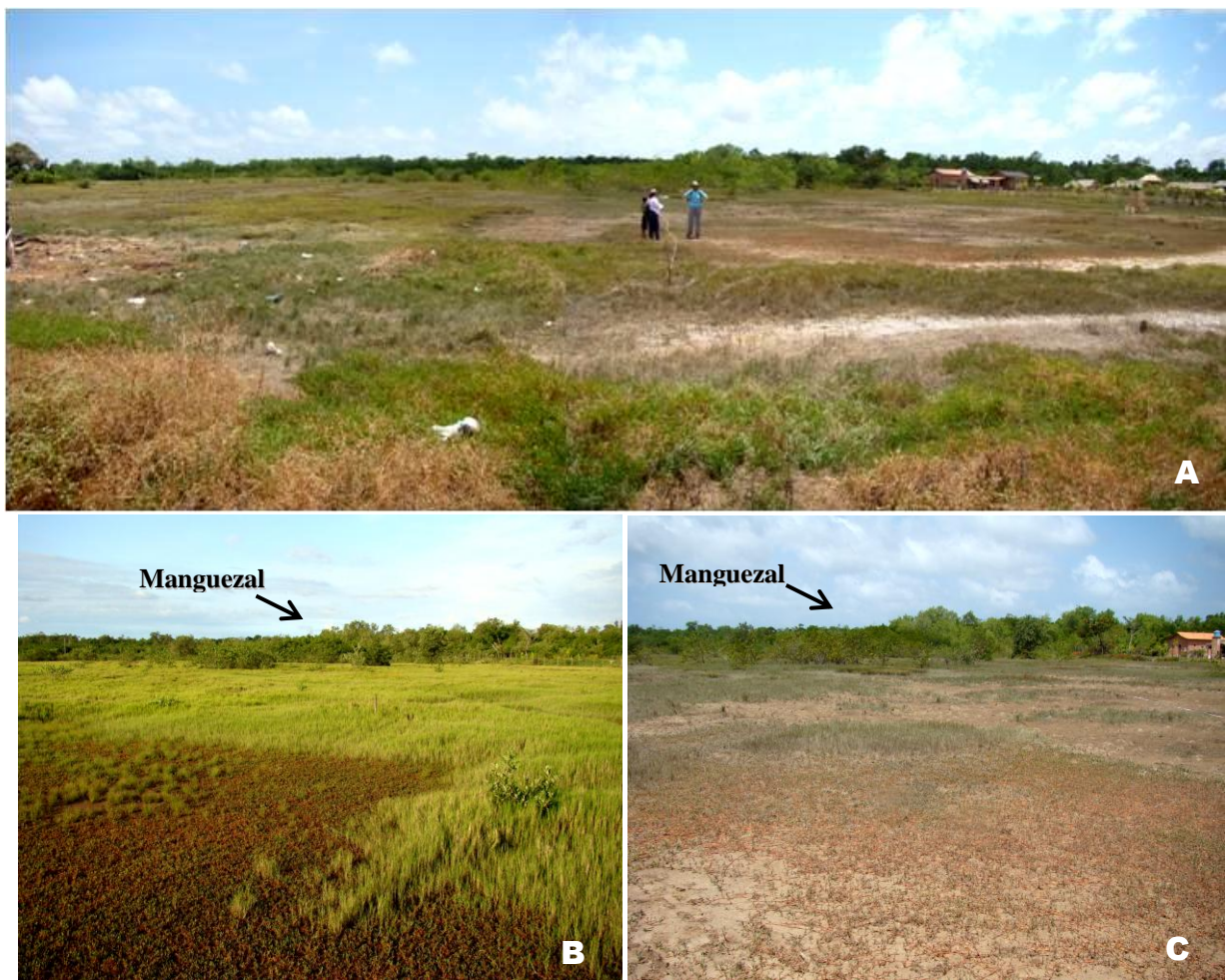
### 3. 3. Área de estudo: Campo salino inundável Boa Vista

No município de Quatipuru, os campos salinos inundáveis estão frequentemente limitados à borda inferior do manguezal, em franjas com ocorrência predominante de espécies herbáceas como *Sporobolus virginicus*, *Sesuvium portulacastrum* e espécies do gênero *Eleocharis*. Estes são utilizados pelos moradores como áreas de criação bovina (gado e búfalos), onde *E. mutata* destaca-se como a principal espécie herbácea utilizada na pastagem dos rebanhos.

O campo herbáceo inundável Boa Vista (FIGURA 07), localizado nas proximidades do distrito de Boa Vista, distante cerca de 5 km da sede do município possui relação vegetacional com o ecossistema manguezal que o circunda em sua totalidade sendo observado ora um contato brusco, ora um contato gradual entre os dois ecossistemas, com a presença de arbustos de *Rhizophora mangle* L. e *Avicennia germinans* (L.) L. nos domínios do campo.

Em Quatipuru, os manguezais localizam-se ao longo do estuário do rio Quatipuru, ocupando parte da planície lamosa estuarina. Caracterizados por uma baixa diversidade de espécies com a presença predominantes de *Rhizophora mangle*, *R. racemosa*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Conocarpus erectus*.

Os manguezais vêm se sobrepondo aos campos salinos ao longo dos anos, segundo relatos dos moradores, e nem mesmo a intervenção do desmatamento e da queimada praticada pela comunidade local tem contido o avanço dessa vegetação. Segundo Bigarella (1947) os campos salinos caracterizam-se como áreas de sucessão ecológica naturais dos manguezais.



**Figura 07.** Fisionomia do campo salino inundável Boa Vista, Quatipuru, PA (A); fitossociologia do campo, período chuvoso (B) e período seco (C).

Por toda a sua extensão o campo salino apresenta varias “manchas fitofisionômicas” onde, as espécies herbáceas características são *Sesuvium portulacastrum* (L.) L., *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth e *Eleocharis caribaea* (Rottb.) S.F. Blake (FIGURA 08).

Outra característica marcante deste campo é a presença de uma grande área sem vegetação, denominada localmente de Apicum, que se configura como uma porção de solo com elevado teor salino, que impede a colonização da vegetação, mesmo durante o período chuvoso. Constituído pela associação vegetal entre as espécies herbáceas *Batis maritima* e *Sporobolus virginicus*, sendo *B. maritima* a espécie predominante. Localizado na porção central do campo em cotas topograficamente mais altas, fazem limite com o manguezal (FIGURA 09).

A presença de inúmeras famílias as margens do campo salino deve-se ao processo erosivo que atualmente ocorre na orla, porção norte, de Boa Vista, originada pela deriva de um canal de maré, que vem ocasionando o deslocamento das famílias que habitam esta área



para a ocupação de porções ainda desocupadas próximas aos campos. Esta sobrevive especificamente da coleta e venda da “massa” do caranguejo e do mexilhão que após o seu processo de beneficiamento todo detrito desta atividade é descartado na maioria das vezes no próprio campo.



**Figura 08.** Composição herbácea do campo salino inundável Boa Vista. (A) *Sesuvium portulacastrum*, (B) *Sporobolus virginicus* e (C) *Eleocharis caribaea*.



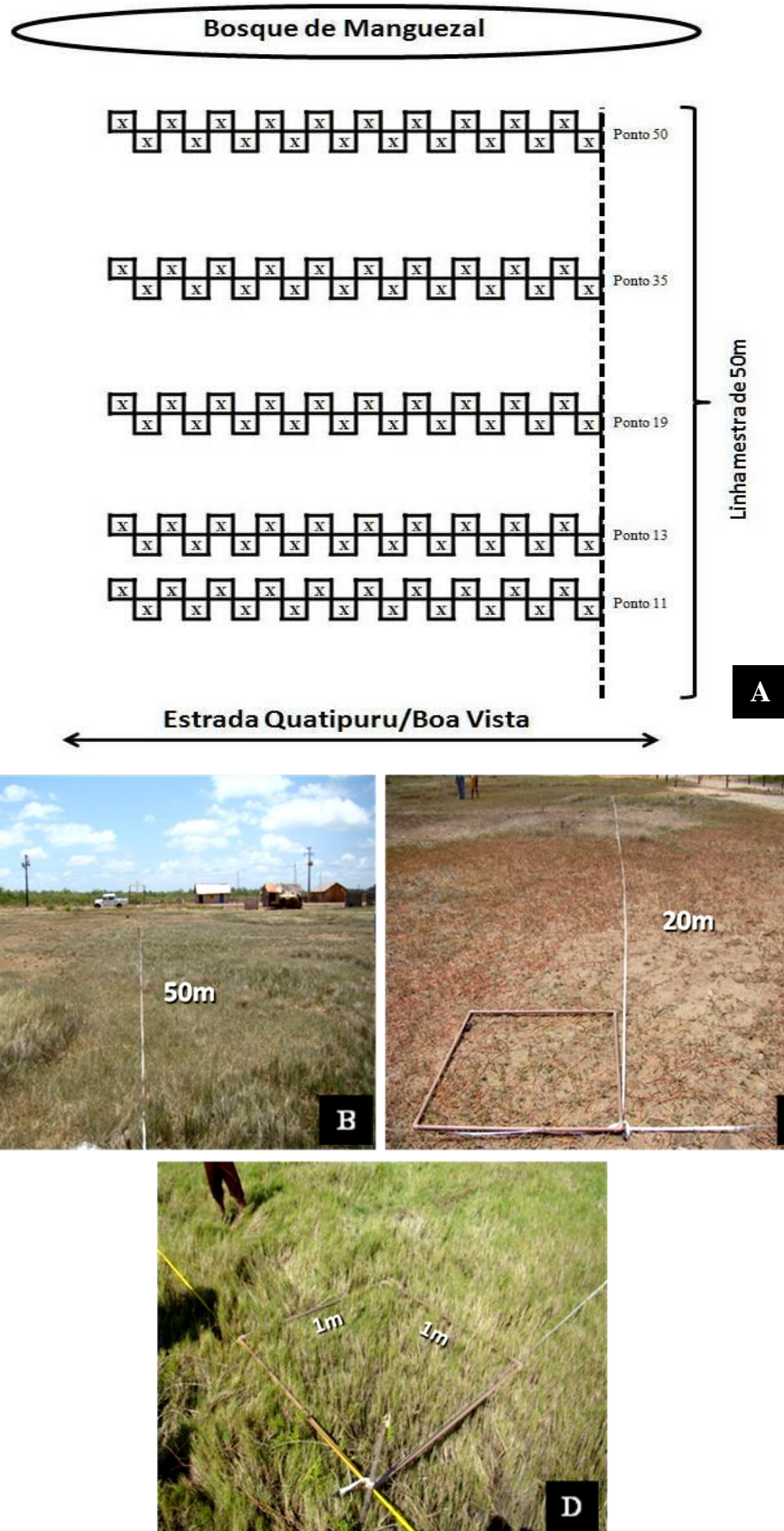
**Figura 09.** Fisionomia do “apicum” pertencente ao campo salino inundável, Quatipuru, PA.

### 3. 4. Inventário florístico do campo salino inundável Boa Vista

Para a realização do inventário florístico das espécies herbáceas presentes no campo salino inundável foi utilizado o método dos quadrados, que consiste na demarcação de uma linha mestra de 50m, sentido norte-sul do campo, a partir do contato entre a estrada Quatipuru/Boa Vista e o campo salino em direção ao bosque de manguezal. Nesta foi feito o sorteio de cinco pontos utilizando a tabela de números aleatórios. Em cada um dos pontos no dispostos perpendicularmente a linha mestra foram estabelecidas parcelas com o auxílio de um quadrado de 1m<sup>2</sup> alternadamente a cada metro, ora ao lado esquerdo e ora ao lado direito ao longo de 20m de comprimento. Foram levados em consideração os dados de composição, riqueza, valor de cobertura e as porcentagens de área desnuda e detritos presentes em cada parcela. (FIGURA 10).

Além da utilização do método dos quadrados foram realizadas coletas e identificações de espécies presentes no campo que encontravam-se fora da área inventariada, como na borda da estrada, as proximidades das casas instaladas no campo e no apicum, presente na porção oeste do campo.





**Figura 10.** Posicionamento das parcelas utilizadas para a realização do inventário florístico das espécies herbáceas do campo salino Boa Vista através da técnica dos quadrados (A). Linha mestra com 50m de comprimento posicionada no sentido norte-sul do campo salino (B). Linha do ponto com 20m de comprimento (C), detalhe do quadrado de dimensões 1 x 1 m<sup>2</sup> (D).

Os parâmetros fitossociológicos determinados foram: densidade (D), densidade relativa (DR), dominância absoluta (DoA), dominância relativa (DoR), frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR), e índice de valor de importância (IVI), segundo com Brower & Zar (1984).

**Densidade (D):** É o número de indivíduos, quer de uma espécie, quer de todas as espécies em conjunto, por unidade de área.

$$D = \frac{Ni}{A}$$

**Ni** – Número total de indivíduos por espécie;  
**A** – Área total da amostra (m<sup>2</sup>).

**Densidade Relativa (DR):** É a proporção do número de indivíduos de uma espécie em relação ao número de indivíduos amostrados, em porcentagem.

$$D = \frac{Di}{Dt} \times 100$$

**Di** – densidade da espécie i;  
**Dt** – densidade total de todas as espécies

**Dominância Absoluta (DoA):** Indica a proporção do terreno ocupado pela projeção vertical das partes aéreas da planta sobre o solo.

$$DoA = \frac{Ci}{A}$$

**C** – Área percentual do total coberta por uma espécie i;  
**A** – Área total da amostra (m<sup>2</sup>).

**Dominância Relativa (DoR):** Representa em porcentagem a relação entre a dominância absoluta de uma determinada espécie e o total das dominâncias absolutas de todas as espécies.

$$DoR = \frac{DoAi}{\sum DoA} \times 100$$

**DoA – Dominância absoluta de uma espécie i;**

**$\sum DoA$  – Somatório da dominância absoluta de todas as espécies.**

**Frequência Absoluta (FA):** Indica a relação entre o número de parcelas onde ocorreu determinada espécie e o número total de parcelas amostradas.

$$FA = \frac{Npi}{Np} \times 100$$

**Npi – Número de unidades amostrais que contem uma espécie e o número total de parcelas amostradas;**

**Np – Número total de unidades amostrais.**

**Frequência Relativa (FR):** Expressa em porcentagem a relação entre a frequência absoluta de uma determinada espécies e a soma das frequências absoluta de todas as espécies.

$$FR = \frac{FAi}{\sum FA} \times 100$$

**FAi – Frequência absoluta de uma espécie i;**

**$\sum FA$  – Total das frequências absolutas de todas as espécies.**

**Valor de Importância (VI):** Obtido por meio da soma dos valores relativos de dominância relativa e frequência relativa de uma determinada espécie.

$$VI = FRi + DoRi$$

**FRi - Frequência relativa da espécie i;**

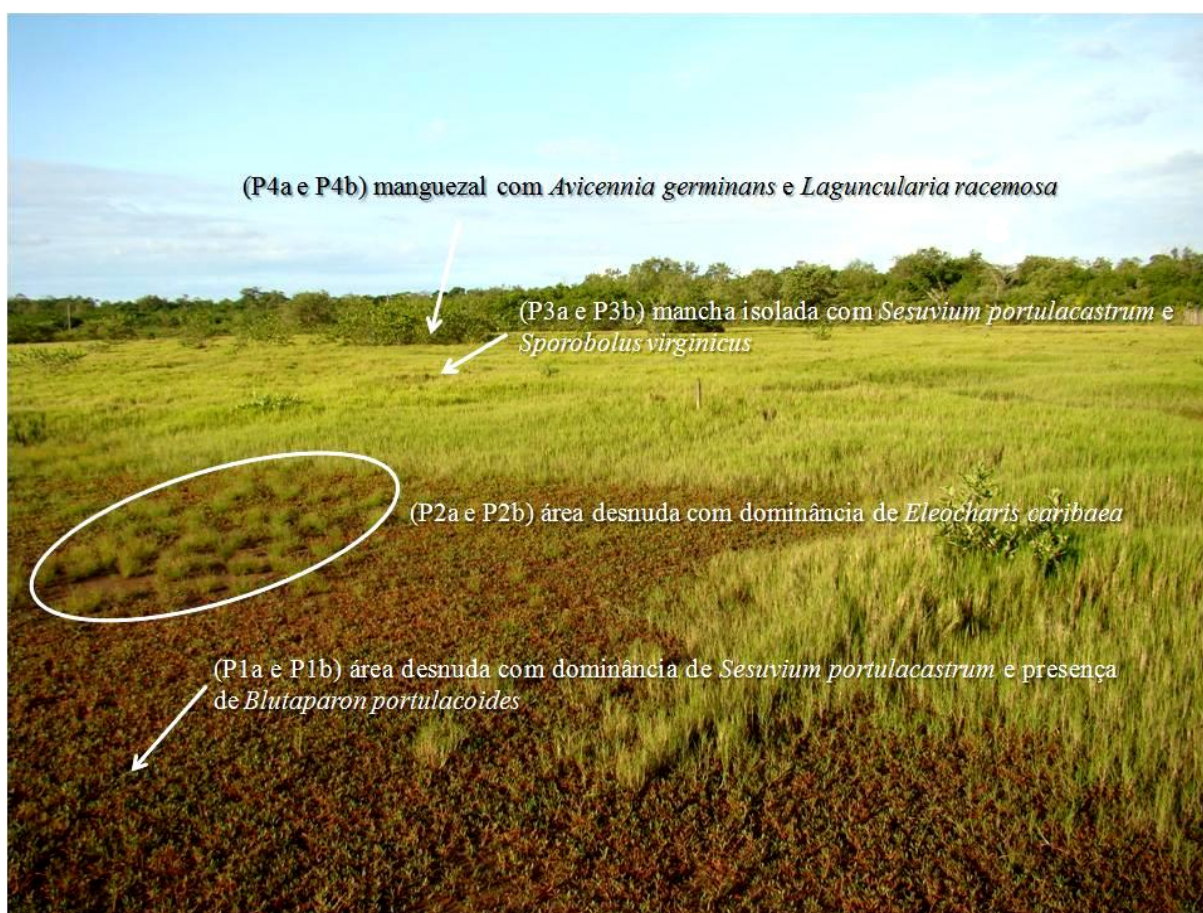
**DoRi – Dominância relativa da espécie i.**



### 3. 5. Coleta das amostras de superfície

As coletas sedimentares foram realizadas em 24 de junho de 2008 durante a máxima do período chuvoso, em quatro pontos distintos com diferentes características fitofisionômicas: **(P1a e P1b)** área desnuda com dominância de *Sesuvium portulacastrum* e presença de *Blutaparon portulacoides* **(P2a e P2b)** área desnuda com dominância de *Eleocharis caribaea* **(P3a e P3b)** mancha com *Sesuvium portulacastrum* e *Sporobolus virginicus* **(P4a e P4b)** manguezal com presença de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, constituindo a coleta **CSQ1** de um ecótono campo salino inundável/manguezal ( $S00^{\circ} 49'13,7''$  e  $W47^{\circ} 01'18,2''$ ) (FIGURA 11).

As áreas de coleta foram escolhidas levando em consideração a distribuição fitossociológica do campo, que ao longo das transecções sentido N45E e N30E, onde tais zonas apresentam-se em forma de manchas “*patches*”, ou seja, manchas ao longo da transecção borda da estrada Quatipuru - Boa Vista em direção a porção interna do campo, fazendo contato com o manguezal.



**Figura 11.** Sequência de pontos de coleta da amostras de sedimento superficial ao longo do campo salino e manguezal.

As coletas foram realizadas com o auxílio de espátula de aço inoxidável, sendo acondicionados em tubos de polietileno de 80ml, sendo retirada de cada ponto duas amostras. (FIGURA 12).



**Figura 12.** Coleta das amostras sedimentares superficiais do campo salino inundável Boa Vista.

### **3. 6. Extração e caracterização das sub-amostras superficiais**

As etapas de extração e caracterização das subamostras sedimentares de superfície foram realizadas no Laboratório de Palinologia e Paleoecologia da Amazônia – LAPPAM, localizado na Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia – CCTE do Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG.

Para a extração das sub-amostras foram, utilizadas seringas descartáveis que serviram de medidas básicas para a extração das sub-amostras. Com o auxílio de espátulas metálicas o sedimento superficial foi compactado alcançando o volume máximo de  $4\text{cm}^3$ , a fim de obter uma concentração satisfatória de palinomorfos para a preparação das lâminas microscópicas. Assim, foram coletadas 08 sub-amostras, sendo quatro pontos com suas respectivas réplicas, com a utilização das seringas, retiradas diretamente dos tubos de polietileno contendo o material sedimentar. A caracterização sedimentar que consiste na determinação da textura e coloração dos sedimentos, foi realizada por meio de percepção manual e da utilização da carta de MUNSELL, 1975 respectivamente.

### **3. 7. Preparação das sub-amostras sedimentares superficiais**

A preparação das amostras baseou-se na metodologia padrão recomendada para a análise palinológica em sedimentos do Quaternário, visando concentrar os palinomorfos, eliminando os demais componentes das amostras sedimentares, assim como o material

citoplasmático dos palinomorfos destacando-se apenas a sua estrutura externa, a exina, que possui os parâmetros responsáveis pela identificação dos mesmos. Para tal foram utilizadas as seguintes etapas:

**1-** Introdução de pólen exótico *Kochia scoparia* (L.) Schrad. (Chenopodiaceae) em 4cm<sup>3</sup> de sedimento acondicionado em cápsulas de porcelana. A quantidade exata de grãos de pólen contidos em um miligrama de pólen é de 60.543,88 (SALGADO-LABOURIAU & RULL, 1986), sendo utilizado para o cálculo de concentração de palinomorfos por volume (cm<sup>3</sup>) de sedimento retirado de cada amostra.

**2-** Adição de Hidróxido de Potássio (KOH) a 10%, dobrando-se o volume inicial da amostra para eliminação dos ácidos orgânicos. A mistura é homogeneizada com bastão de vidro e levada à fervura em chapa aquecedora por 5 minutos.

**3-** Transferência das amostras para tubos de centrífuga de 15ml, através de bateamento, para a eliminação de frações mais grosseiras. O sedimento é continuamente lavado com água destilada e decantado por centrifugação (1000rpm, por 5 minutos), até atingir o pH neutro da água utilizada para a lavagem.

**4-** Tamisação do material, com água destilada, em filó de nylon dobrado quatro vezes (para retirada de macro-restos) colocado em funil de vidro e acoplado a um Becker. Transferência do material para tubos de centrífuga de 15ml.

**5-** Desidratação das amostras com 10ml de ácido acético glacial PA.

**6-** Adição de 10ml de solução de acetólise, produzida a partir da mistura de anidrido acético e ácido sulfúrico, na proporção de 9:1, para dissolução de matéria orgânica, celulose e acetilação da exina (ERDTMAN, 1952, 1960). A utilização do banho-maria por 2 a 5 minutos, afim de promover um efeito catalisador sobre a etapa da acetólise.

**7-** Lavagem do material, uma vez em ácido acético glacial e duas vezes em água destilada, centrifugando-se e decantando-se a cada vez, acrescentando-se a cada etapa aquosa, algumas gotas de etanol para facilitar a decantação dos grãos de pólen e demais palinomorfos. Transferência das amostras para tubos de polietileno com água destilada.

**8-** Adição de 5 ml de ácido fluorídrico PA a 40% (HF) para dissolução de sílica (FAEGRI & IVERSEN, 1950). É realizada a transferência do sedimento para beakers de polietileno, aumentando a superfície de contato do HF por uma noite. Na manhã seguinte é feita a transferência do material para tubos de polietileno de 15ml transferência para tubos de polietileno, lavando uma vez com água destilada. Centrifugar (1000 rpm, por 5 minutos) e decantar.

**9-** Adição de 10 ml de ácido clorídrico a 10% (HCl) para a eliminação de fluoratos. Em seguida, deixar o material em repouso por uma hora. Lavar e centrifugar as amostras com água destilada até atingir o pH da água utilizada na lavagem (pH= 6-7).

**10-** Decantar e etiquetar os tubos

### **3. 8. Montagem de lâminas permanentes**

Para a confecção das lâminas permanentes utilizamos gelatina glicerinada (KISSER, 1935 *apud* ERDTMAN, 1952), num total de três lâminas permanentes por amostra sedimentar. Uma gota do material processado foi colocada sobre a lâmina com uma pequena porção de gelatina, aquecendo-se em lamparina a álcool e misturando-se ligeiramente com auxílio de um estilete previamente flambado para evitar contaminação por uso anterior. A lâmina é recoberta por lamínula de 32 x 32 mm.

Para a lutagem utilizam-se pequenos fragmentos de parafina colocados sobre a lamínula aquecendo-se em lamparina a álcool (MÜLLER, 1947). As lâminas são viradas sobre papel para secagem. O excesso de parafina é então retirado com auxílio de uma lâmina de aço inoxidável e de um pano limpo e seco. As lâminas são etiquetadas e passam a ser analisadas para posterior incorporação à palinoteca do LAPPAM – Laboratório de Palinologia e Paleoecologia da Amazônia/CCTE/MPEG.

### **3. 9. Contagem e identificação de palinomorfos**

Para cada amostra sedimentar de superfície foram contados 300 grãos de pólen, de acordo com Rull (1987), em microscópio ótico MOTIC BA 400, utilizando-se a objetiva de 40x para a contagem e a de 100x para identificação dos palinomorfos, incluindo os grãos de pólen exóticos. Na soma polínica foram considerados apenas os grãos de pólen, excetuando-se as demais categorias taxonômicas definidas. As fotomicrografias foram realizadas com máquina digital Sony 7.2 DSC-W110.

Os palinomorfos (grãos de pólen, esporos de pteridófitas, fungos, algas microscópicas e microforaminíferos) foram identificados por meio de comparação com seus equivalentes modernos, procurando atingir a categoria taxonômica de espécie. Em geral, porém, chega-se a nível de família ou gênero.

A identificação foi realizada observando-se as lâminas permanentes, pertencentes à coleção palinológica do LAPPAM-CCTE/MPEG, assim como pela literatura especializada como Atlas palinológicos, artigos de palinotaxonomia, paleopalinologia e melissopalinologia Absy (1975), Barros *et al.* (1999), Bissa (1998), Bove & Barth (1992), Carreira *et al.* (1991a),

Carreira *et al.* (1991b), Carreira *et al.* (1996), Carreira & Barth (2003), Colinvaux *et al.* (1999), Dias (2005), Dias (2006), Erdtman (1952), Fernandes (2007), More & Webb (1978), Rodrigues (2007), Roubick & Moreno (1991), Salgado-Labouriau (1973), São Thiago (2005), Senna (2002) e Silvestre-Capelato & Melhem (1997) também se constituíram como importantes ferramentas para a identificação dos mesmos.

### 3. 10. Cálculo da abundância relativa e concentração de tipos polínicos

Para o cálculo da abundância relativa e concentração dos palinomorfos encontrados nos sedimentos superficiais foram utilizados o Programa Excel 2007. Onde, o cálculo da abundância relativa expressa à porcentagem de grãos de pólen/ tipo polínico em cada amostra sedimentar analisada, representando as mudanças relativas do conjunto da vegetação, isto é, em função de soma polínica de 100% (300 grãos de pólen), ressaltando o predomínio de um táxon sobre o outro. Contudo, não informa a abundância independente de cada tipo, sendo necessário o cálculo da concentração.

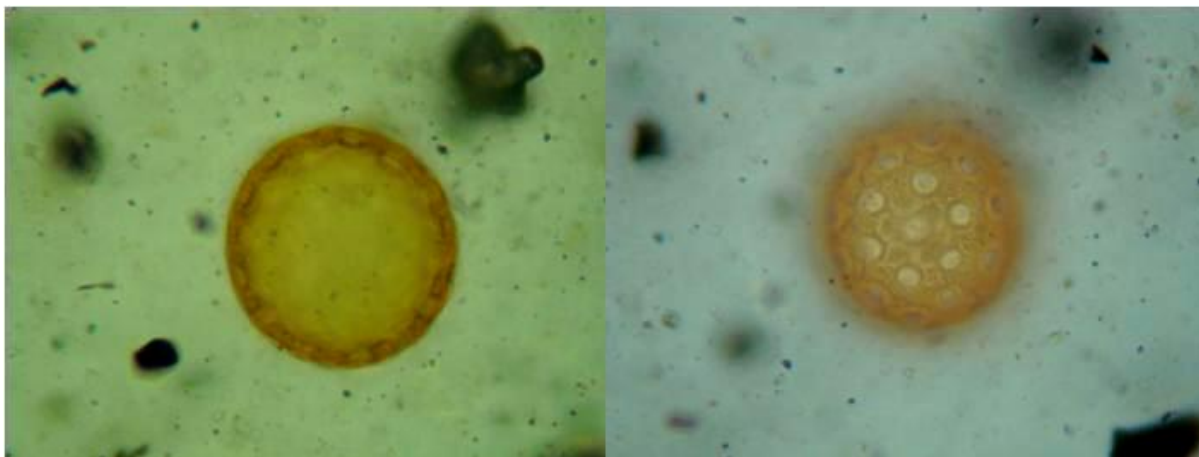
$$\text{Abundância relativa} = \frac{\text{contagem do tipo polínico por amostra} \times 100}{300}$$

O cálculo da concentração expressa o número de palinomorfos/cm<sup>3</sup>, possibilitando a análise de cada tipo independentemente da soma polínica. O total de cada táxon por nível amostrado é relacionado a uma quantidade padrão de pólen exótico *Kochia scoparia* (L.), (**FIGURA 13**) Schrad. contida em 1mg, cujo valor é de 60.543,88, segundo Salgado-Labouriau e Rull (1986), e ao peso de *K. scoparia* utilizada na etapa de tratamento das amostras em laboratório.

Logo, o valor de *K. scoparia* introduzida (KI) na amostra é: 60.543,88 x peso da *K. scoparia* utilizada, estabelecendo-se a concentração de cada palinomorfo a partir da equação (RIBEIRO, 1994):

$$\text{Concentração} = \frac{\text{contagem do tipo polínico por amostra} \times (\text{KI})}{\text{Contagem de } Kochia \text{ por nível}}$$





**Figura 13:** Grão de pólen exótico *Kochia scoparia* com aumento de 100x (imersão) em microscópio óptico.

### 3. 11. Índices Ecológicos

A análise dos índices ecológicos avalia o impacto das mudanças ambientais sobre a comunidade vegetal (PINTO-COELHO, 2003). A diversidade está relacionada com o número de tipos presentes (riqueza), enquanto a equitabilidade expressa à uniformidade de distribuição dos grãos de pólen encontrados entre os tipos polínicos identificados (HURLBERT, 1971 *apud* RULL, 1987). A utilização dos índices ecológicos pode auxiliar na definição das zonas palinológicas e na interpretação das mudanças na abundância relativa dos táxons identificados nas assembléias polínicas. Para o cálculo da diversidade foi medida utilizando-se o Índice de Shannon e o índice de Sheldon para a análise da equitabilidade, a partir do programa PAST 1.40. Os cálculos foram aplicados para todas as amostras sedimentares, com os tipos polínicos identificados a nível de gênero, família e espécie.

**A) Riqueza (S):** Número total de táxons presentes em cada amostra sedimentar.

**B) Diversidade de Shannon (H')**:  $H' = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i$

$(p_i = n_i/N)$  = N ° de indivíduos de cada táxon

$N_i$  = N ° total de organismos

**C) Equitabilidade de Sheldon (E):**  $E = H' / \log_2 S$

$S$  = N ° de espécies

### 3. 12. Classificação dos palinomorfos quanto ao habitat

A identificação da origem palinológica das assembléias polínicas analisadas do campo salino Boa Vista foi realizada por meio de levantamentos florísticos dos ecossistemas fitogeograficamente próximos ao campo estudado, sendo utilizado também artigos relacionados à diversidade botânica do município em questão.

Desta forma os palinomorfos identificados foram relacionados ao grupos ecológicos de acordo com o seu habitat natural tendo como base suas características taxonômicas.

### 3. 13. Classificação dos palinomorfos quanto aos grupos ecológicos

Esta classificação tem como base as características morfológicas e estruturais específicas a cada grupo a seguir:

- a) **Pólen exótico:** caracterizada por tipo polínico alóctone, transportado a grandes distâncias;
- b) **Microforaminíferos:** testa quitinosa de organismos marinhos , forma espiralada, comuns nas amostras sedimentares marinhas e estuarinas.
- c) **Algas:** organismos unicelulares fotossintetizantes.
- d) **Palinomorfos indeterminados:** grãos de pólen ou outros palinomorfos cuja identificação não foi possível em função da má preservação ou do desconhecimento do táxon. Nos sedimentos tratados pelas técnicas padrão em sedimento, ocorreu na forma de testa quitinosa, cistos de algas.
- e) **Pteridófita/Briófita:** Plantas avasculares produtoras de esporos.

### 3. 14. Estatística multivariada: Ordenação MDS (Multidimensional Scaling)

A técnica de ordenação foi empregada a fim de entender a deposição e o comportamento do “*spectrum*” polínico das espécies herbáceas que constituem as manchas fitossociológicas, onde as amostras foram retiradas, tendo em vista a frequência, riqueza e diversidade de cada assembléia polínica, resultantes das informações referentes à abundância relativa dos tipos polínicos autóctones.

## 4. RESULTADOS

### 4. 1. Levantamento florístico da cobertura vegetal do município de Quatipuru

Os dados de cobertura vegetal identificaram cinco tipos de formações vegetais diferenciadas, sendo que todas se encontram fitogeograficamente associadas aos campos inundáveis. Os dados definiram os seguintes ecossistemas:

- a) **Manguezal:** caracterizado por *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* L. e *Acrosticum aureum* Linn.
- b) **Campo Inundável:** *Aeschynomene evenia* C.Wright (A); *Alternanthera* sp.; *Axonopus pubivaginatus* Henrard; *Bacopa aquatica* Aubl.; *Cabomba aquatica* Aubl.; *Ceratopteris* sp.; *Cyperus haspan* L.; *Digitaria* sp.; *Echinodorus* sp.; *Eichornia crassipes* (Mart.) Solms; *Eleocharis interstincta* (Vahl) Roem. & Schult.; *Eleocharis minima* Kunth; *Eleocharis mutata* (L.) Roem. Et Schult.; *Fimbristylis cymosa* R.Br.; *Herpestes* sp.; *Ipomoea asarifolia* (Ders.) Roem. & Schult.; *Irlbachia* sp.; *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn.; *Ludwigia hyssopifolia* (G. Don) Exell.; *Maxilea* sp.; *Neptunia oleraceae* Lour.; *Nymphaea gardneriana* Planchon.; *Nymphoides indica*. (L.) Kuntze.; *Panicum* sp.; *Paspalum vaginatum* Sw.; *Phyllanthus orbicularis* H.B.K.; *Pistia* sp.; *Rhynchospora ciliata* (Vahl) Kük.; *Rhynchospora barbata* (Vahl) Kunth; *Syngonanthus* sp.; *Tonina fluviatilis* Aubl.; *Vigna luteola* (Jacq.) Benth.; *Xyris jupicai* Rich.
- c) **Mata alterada:** caracterizado pelos gêneros: *Andira*, *Aniba*, *Cecropia*, *Coccoloba*, *Croton*, *Inga*, *Licania*, *Mouriri*, *Myrcia*, *Mimosa*, *Nectandra*, *Virola*, *Celtis* e *Spermacoce* e pelas espécies *Euterpe oleracea* Mart., *Tovomita speciosa* Ducke e *Tapirira guianensis* Aubl., entre outros táxons.
- d) **Capoeira :** *Cecropia*, *Vismia*, *Spermacoce*, *Hyptis*, *Tapirira guianensis*, *Myrcia*, *Orbignya phalerata*, Mart., *Orbignya speciosa* (Mart.) Barb. Rodr., *Astrocaryum vulgare* Mart., *Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude, entre outros táxons
- e) **Várzea ou Igapó:** representada pelas espécies: *Abarema cochleata* (Willd.) Barneby & J.W. Grimes, *Aniba citrifolia* (Nees) Mez, *Carapa guianensis* Aubl., *Euplassa pinnata* (Lam.) I.M. Johnst., *Euterpe oleracea*, *Ficus maxima* Mill., *Inga alba* DC., *Inga rubiginosa* (Rich.) DC., *Paquiria aquatica* Aubl., *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin, *Simaruba amara* Aubl., *Sterculia elata* Ducke entre outros táxons.

### 4. 2. Análise de dados da formação vegetal campo salino Boa Vista

#### 4. 2. 1. Composição, florística e fitossociologia

Os resultados do inventário realizado no campo salino Boa Vista mostraram que a sua composição é representada por quatro famílias botânicas, divididas em quatro gêneros e cinco espécies, todas de hábito herbáceo e ciclo de vida perene. As espécies do campo salino apresentam diferentes valores de cobertura expressos em percentagem (TABELA 01). A



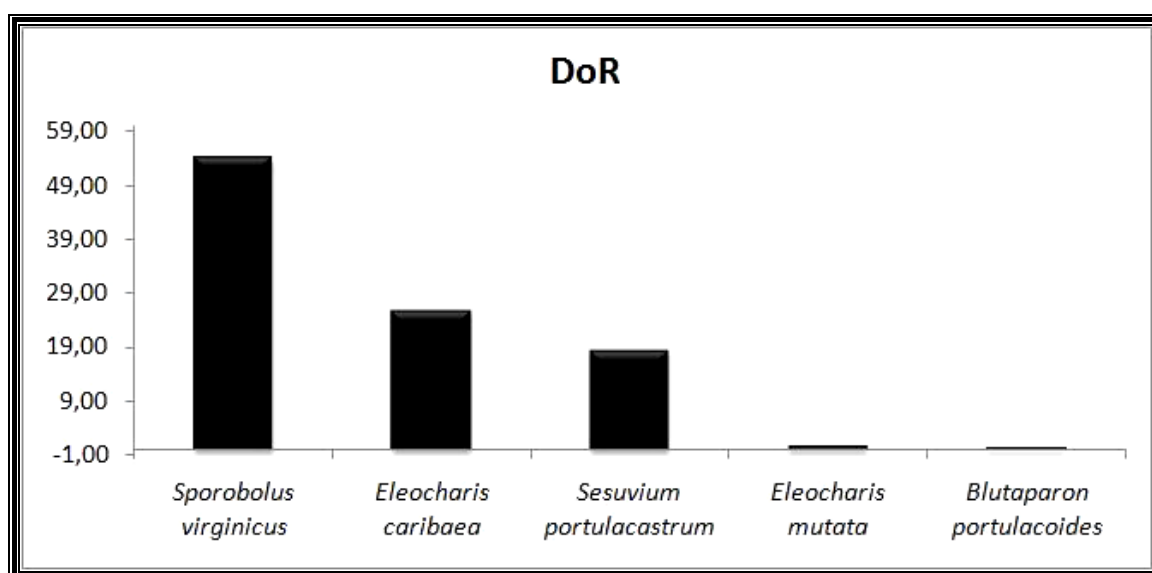
espécie *Sporobolus virginicus* é a espécie com maior dominância relativa (54,24%), seguida por *Eleocharis caribaea* (25,79%) e *Sesuvium portulacastrum* (18,62%) (FIGURA 14). Entretanto, as espécies *Blutaparon portulacoides* e *Eleocharis mutata* ocupam porções restritas e com valores menores que 1% de dominância.

As espécies *Spermacoce latifolia* Aubl., *S. verticillata* L., *Mimosa pudica* L., *M. verrucosa* Benth., identificadas e coletadas ao redor da área de realização do inventário ocorrem como produto de ação antrópica, sendo encontradas próximas da estrada, ao longo de sua extensão e nas proximidades das moradias. A espécie *Batis maritima* ocorre em manchas no apicum, juntamente com *Sporobolus virginicus*.

**Tabela 01.** Inventário florístico do campo salino com os parâmetros fitossociológicos.

Família	Genero/Espécie	Nf	C	D	DR	DoA	FA	DoR	FR	IVI
Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i>	42	1272	0,0084	22,5806	0,254	0,084	18,624	22,581	63,785
Amaranthaceae	<i>Blutaparon portulacoides</i>	4	33	0,0008	2,1505	0,007	0,008	0,483	2,151	4,784
Cyperaceae	<i>Eleocharis caribaea</i>	62	1762	0,0124	33,3333	0,352	0,124	25,798	33,333	92,465
	<i>Eleocharis mutata</i>	3	60	0,0006	1,6129	0,012	0,006	0,878	1,613	4,104
Poaceae	<i>Sporobolus virginicus</i>	75	3705	0,015	40,3226	0,741	0,15	54,246	40,323	134,891
<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL</b>			<b>0,0372</b>		<b>1,366</b>	<b>0,372</b>			

Nf = número de quadrados que contem cada espécie; C = porcentagem de cobertura de cada espécie relativa à 100m<sup>2</sup>; D = Densidade; DR = Densidade Relativa; DoA = Dominância Absoluta; DoR = Dominância Relativa; FA = Frequência Absoluta; FR = Frequência Relativa e IVI = Índice de valor de importância, n=200.

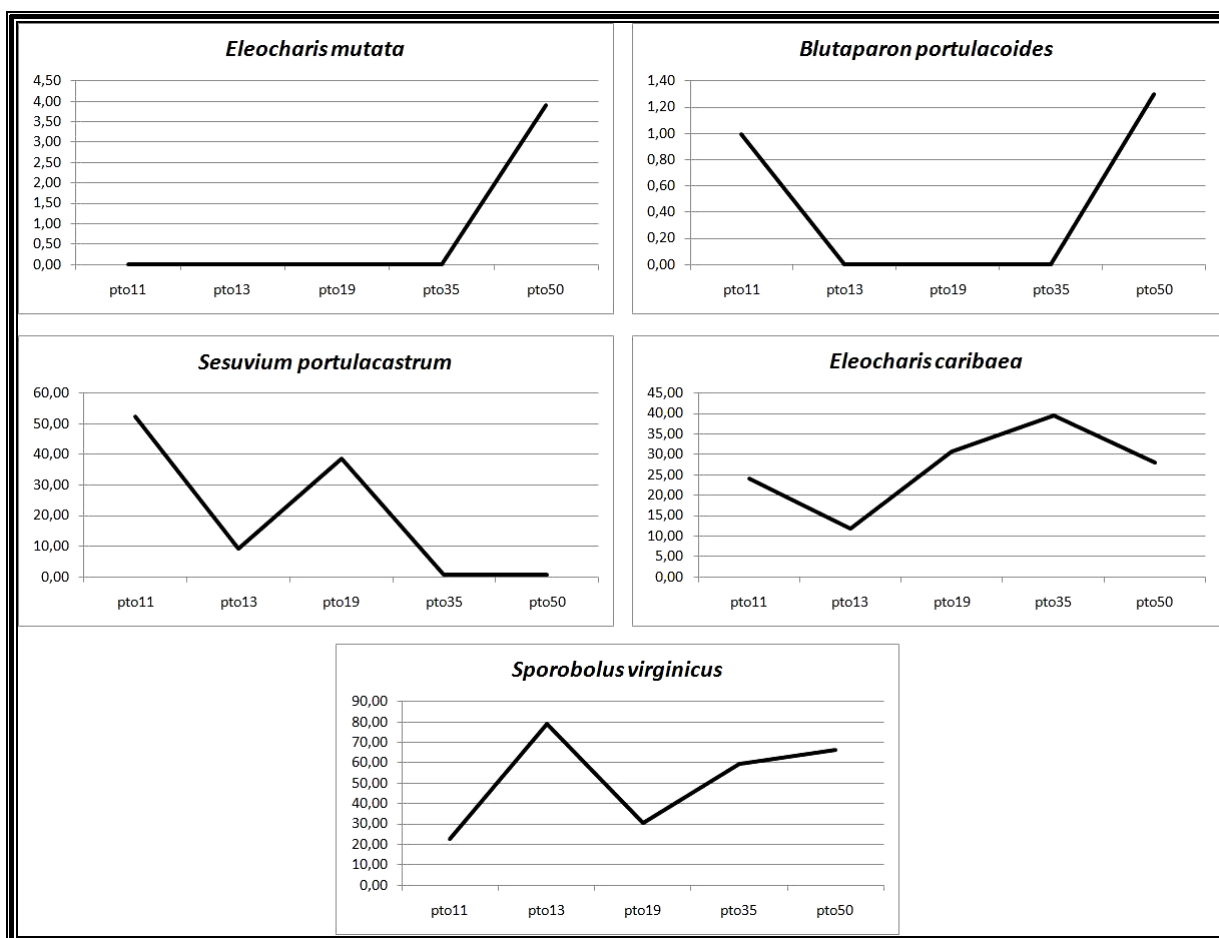


**Figura 14.** Dados de dominância relativa das espécies identificadas no inventário florístico do campo salino inundável, Quatipuru, PA.

Os gráficos de distribuição da dominância das espécies herbáceas do campo salino Boa Vista (FIGURA 15) mostraram que as espécies *Sesuvium portulacastrum*, *Eleocharis*

*caribaea* e *Sporobolus virginicus*, com os maiores valores de DoR, dominam diferentemente o campo, sendo *Sesuvium portulacastrum* e *Sporobolus virginicus* as espécies que apresentam comportamentos inversos de DoR, com os altos valores em pto11 e pto13 respectivamente, enquanto o primeiro reduz bruscamente, ao final da transecção, contrariamente à *Sporobolus virginicus* que cresce em DoR. A espécie *Eleocharis caribaea* a partir do ponto 13, assim como *Sporobolus virginicus* apresenta valores crescentes de DoR obtendo seu valor máximo (40%) no ponto 35 apresentando valores decrescente ao valor de 27,92 % no final da transecção. Entretanto, *Eleocharis mutata* e *Blutaparon portulacoides*, com os menores valores de dominância mostram, de um lado, *Eleocharis mutata* presente, mais fortemente, nos pontos extremos da transecção (pontos 11 e 50), enquanto *Blutaparon portulacoides* ocorre com maior dominância apenas ao final deste.

Assim, baseado no padrão das distribuições das dominâncias das espécies do campo salino, notou-se que as ocorrências destas integram manchas, com associação de duas ou três espécies, provavelmente relacionadas às condições ambientais, às vezes extremas a elas impostas.



**Figura 15.** Distribuição de ocorrência das espécies identificadas no inventário florístico realizado no campo salino inundável, Quatipuru, PA.

### 4. 3. Análise das amostras sedimentares superficiais

#### 4. 3. 1. Caracterização dos sedimentos de superfície

A textura, cor e granulometria das amostras sedimentares de superfície estão expressas na Tabela 02. A cor das amostras variou de 2,5 y 4/1, 2,5 y 5/1 e 7,5 yr 4/3. A textura argilo-arenosa foi predominante nas amostras, entretanto, a presença de areia grossa é expressiva na maioria das amostras, variando entre 15-21 %, salvo as amostras P2a e P2b, com 3%.

Os elevados valores percentuais de silte e argila em todas as amostras variando entre (28-49%) e (12-35%), respectivamente, têm um papel relevante na preservação das amostras sedimentares para a conservação dos grãos de pólen, tendo em vista que dificultam os processos de oxidação dos sedimentos, importantes para a preservação polínica.

**Tabela 02.** Tabela de caracterização quanto ao peso, à cor, granulometria e a textura das amostras sedimentares de superfícies coletadas no campo salino inundável e manguezal de Quatipuru.

AMOSTRA	PESO (g)	COR	GRANULOMETRIA (%)				TEXTURA
			AG	AF	S	A	
P1a	5,7816	2,5 y 4/1	21	16	28	35	Argilo-arenosa
P1b	5,7778	2,5 y 4/1					
P2a	5,9925	7,5 yr 4/3	03	16	49	32	Argilosa com areia
P2b	5,9114	7,5 yr 4/3					
P3a	5,1381	2,5 y 5/1	19	18	37	26	Argilo-arenosa
P3b	5,2711	2,5 y 5/1					
P4a	6,7685	2,5 y 4/1	15	37	36	12	Argilo-arenosa
P4b	7,3466	2,5 y 4/1					

(P1a) = Área desnuda com dominância de *Sesuvium portulacastrum* e presença de *Blutaparon portulacoides*, (P1b) = (réplica); (P2a) = Área desnuda com dominância de *Eleocharis caribaea*, (P2b) = (réplica); (P3a) = mancha com *Sesuvium portulacastrum* e *Sporobolus virginicus*, (P3b) = (réplica) e (P4a) = manguezal com presença de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, (P4b) = (réplica). AG = areia grossa, AF = areia fina, S = silte e A = argila.

### 4. 4. Análise palinológica

Os grãos de pólen provenientes das amostras sedimentares superficiais, incluindo o pólen exótico *Kochia scoparia*, todos observados em microscópio de luz, apresentaram-se em boas condições de preservação, em geral, facilitando a sua identificação em termos taxonômicos, geralmente a nível de gênero e espécie. Vale ressaltar que alguns tipos polínicos da família Cyperaceae encontravam-se dobrados ou amassados, provavelmente associados ao seu tamanho e morfologia, somado ainda, provavelmente, ao processo de confecção das lâminas permanentes.

Além de grãos de pólen e esporos de pteridófitas, foram também observados outros palinomorfos como cistos de algas, fungos e microforaminíferos.

Todas as amostras atingiram a contagem polínica mínima de 300 grãos de pólen/amostra excetuando-se esporos de pteridófitas, cistos de algas, fungos e microforaminíferos.

As contagens dos grãos de pólen exótico, *Kochia scoparia*, mostraram valores médios de 195 grãos/cm<sup>3</sup>/amostra, sendo o menor valor observado na amostra P2b (107 grãos/cm<sup>3</sup>), enquanto o maior valor ocorreu na amostra P4a (288 grãos/cm<sup>3</sup>).

As assembléias polínicas revelaram 38 táxons dentre estes, 34 tipos polínicos foram identificados integrando 14 famílias botânicas, nove gêneros, 15 espécies e 10 tipos identificados apenas a nível de família, onde destacam-se os tipos autóctones *Batis maritima* L., *S. portulacastrum*, *E. caribaea*, *S. virginicus* e *B. portulacoides*, enquanto os demais são alóctones, cujos sete tipos mais abundantes são: *Rhizophora* spp., *Polygalaceae* tipo, *Cyperus* sp. (TABELA 03).

A classificação quanto ao hábito e formação vegetal agrupou os tipos polínicos em 27 ervas 06 e árvores, enquanto 05 não foram classificados. Quanto à formação vegetal 24 tipos foram classificados em: campo inundável 16 tipos, campo salino 05 tipos, manguezal 03 tipos, mata alterada 03 e capoeira 04 tipos, sendo 07 não classificáveis (TABELA 03 e FIGURA 17).

#### 4. 4. 1. Amostra P1a

A amostra de textura argilo-arenosa, distante 24m da estrada Quatipuru/Boa Vista, coletada no campo salino apresentou 24 tipos polínicos classificados em 11 famílias, seis gêneros, 11 espécies e três indeterminados, sendo quatro grãos de pólen autóctones e 17 alóctones. Para os valores de abundância relativa destacaram-se as espécies *Rhizophora* sp.2 (22,67%); *Rhizophora* sp.1 (18%); *Polygalaceae* tipo 1 (16%); *Batis maritima* (11,67%) e *Cyperus* sp. (7,67%), enquanto para os valores de concentração as espécies *Rhizophora* sp.2 ( $3,89 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Rhizophora* sp.1 ( $3,09 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Polygalaceae* tipo 1 ( $2,75 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Batis maritima* ( $2,00 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>) e *Cyperus* sp. ( $1,31 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>). Com índices de diversidade de 2,448 e equitabilidade de 0,7605.

#### 4. 4. 2. Amostra P1b (réplica)

A amostra apresentou 21 tipos polínicos classificados em 11 famílias, seis gêneros, oito espécies e um tipo indeterminado, sendo quatro grãos de pólen autóctones e 16 alóctones.. Para os valores de abundância relativa destacaram-se as espécies *Rhizophora* sp.1 (27%); *Rhizophora* sp.2

(16%); *Batis maritima* (13%); Polygalaceae tipo 1 (12,67%); e *Cyperus* sp. (6%), enquanto para os valores de concentração as espécies *Rhizophora* sp.1 ( $4,19 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Rhizophora* sp.2 ( $2,48 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Batis maritima* ( $2,02 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); Polygalaceae tipo 1 ( $1,97 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); e *Cyperus* sp. ( $0,93 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>). Com índices de diversidade de 2,378 e equitabilidade de 0,7693.

#### 4. 4. 3. Amostra P2a

A amostra de sedimento argiloso com areia está localizada a 25m da estrada Quatipuru/Boa Vista coletada no campo salino e apresentou 25 tipos polínicos classificados em 12 famílias, sete gêneros, 11 espécies e um tipo indeterminado, sendo quatro grãos de pólen autóctones e 20 alóctones. Para os valores de abundância relativa destacaram-se as espécies *Rhizophora* sp.2 (20,67%); Polygalaceae tipo 1 (19,67%); *Rhizophora* sp.1 (14%); *Cyperus* sp. (11%) e Cyperaceae tipo 1 (8,33%), enquanto para os valores de concentração as espécies *Rhizophora* sp.2 ( $3,66 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); Polygalaceae tipo 1 ( $3,49 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Rhizophora* sp.1 ( $2,48 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Cyperus* sp. ( $1,95 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>) e Cyperaceae tipo 1 ( $1,47 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>). Com índices de diversidade de 2,447 e equitabilidade de 0,7510.

#### 4. 4. 4. Amostra P2b (réplica)

A amostra apresentou 26 tipos polínicos classificados em 12 famílias, oito gêneros, 12 espécies e três tipos indeterminados, sendo cinco grãos de pólen autóctones e 18 alóctones. Para os valores de abundância relativa destacaram-se as espécies Polygalaceae tipo 1 (25%); *Rhizophora* sp.2 (20,33%); *Rhizophora* sp.1 (12%); *Cyperus* sp. (8%) e *Eleocharis caribaea* (7%), enquanto para os valores de concentração as espécies Polygalaceae tipo 1 ( $6,84 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Rhizophora* sp.2 ( $5,56 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Rhizophora* sp.1 ( $3,28 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Cyperus* sp. ( $2,19 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>) e *Eleocharis caribaea* ( $1,91 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>) Com índices de diversidade de 2,434 e equitabilidade de 0,7304.

#### 4. 4. 5. Amostra P3a

A amostra de sedimento argilo-arenoso está localizada a 51m da estrada Quatipuru/Boa Vista, coletada no campo salino, apresentou 23 tipos polínicos classificados em 11 famílias, oito gêneros e 10 espécies, destes quatro grãos de pólen autóctones e 19 alóctones. Para os valores de abundância relativa destacaram-se as espécies, *Paspalum* sp. (19,67%); *Rhizophora* sp.2 (16,67%); *Batis maritima* (8,67%); *Rhizophora* sp.1 (7%) e *Andropogon* sp. (6,33%), enquanto para os valores de concentração as espécies *Paspalum* sp. ( $3,12 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Rhizophora* sp.2 ( $2,65$

$\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Batis maritima* (1,37  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Rhizophora* sp.1 (1,11  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>) e *Andropogon* sp. (1,00  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>). Com índices de diversidade de 2,619 e equitabilidade de 0,8352.

#### 4. 4. 6. Amostra P3b (réplica)

A amostra apresentou 17 tipos polínicos classificados em nove famílias, sete gêneros e seis espécies, destes três grãos de pólen autóctones e 14 alóctones. Para os valores de abundância relativa destacaram-se as espécies, *Rhizophora* sp. (2 19,33%); *Paspalum* sp. (16,33%); *Rhizophora* sp. 1 (11,67%); *Batis maritima* (9,33%) e *Sesuvium portulacastrum* (8,67%), enquanto para os valores de concentração as espécies *Rhizophora* sp.2 (2,11  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Paspalum* sp. (1,78  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Rhizophora* sp.1 (1,27  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Batis maritima* (1,02  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>) e *Sesuvium portulacastrum* (0,94  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>). Com índices de diversidade de 2,448 e equitabilidade de 0,8641.

#### 4. 4. 7. Amostra P4a

A amostra de sedimento argilo-arenoso, distante 67m da estrada Quatipuru/Boa Vista coletada no manguezal com predominância de *Laguncularia racemosa* apresentou 23 tipos polínicos classificados em 10 famílias, sete gêneros, oito espécies e um tipo indeterminado, sendo dois grãos de pólen autóctones e 20 alóctones. Para os valores de abundância relativa destacaram-se as espécies, *Rhizophora* sp.2 (38,33%); *Rhizophora* sp.1 (14,67%); *Avicennia germinans* (6%); *Poaceae* tipo 2 (5,33%) e *Alternanthera tenella* (5%) , enquanto para os valores de concentração as espécies *Rhizophora* sp.2 (4,11  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Rhizophora* sp.1 (1,57  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Avicennia germinans* (0,64  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>) *Poaceae* tipo 2 (0,57  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>) e *Alternanthera tenella* (0,53  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>). Com índices de diversidade de 2,266 e equitabilidade de 0,7228.

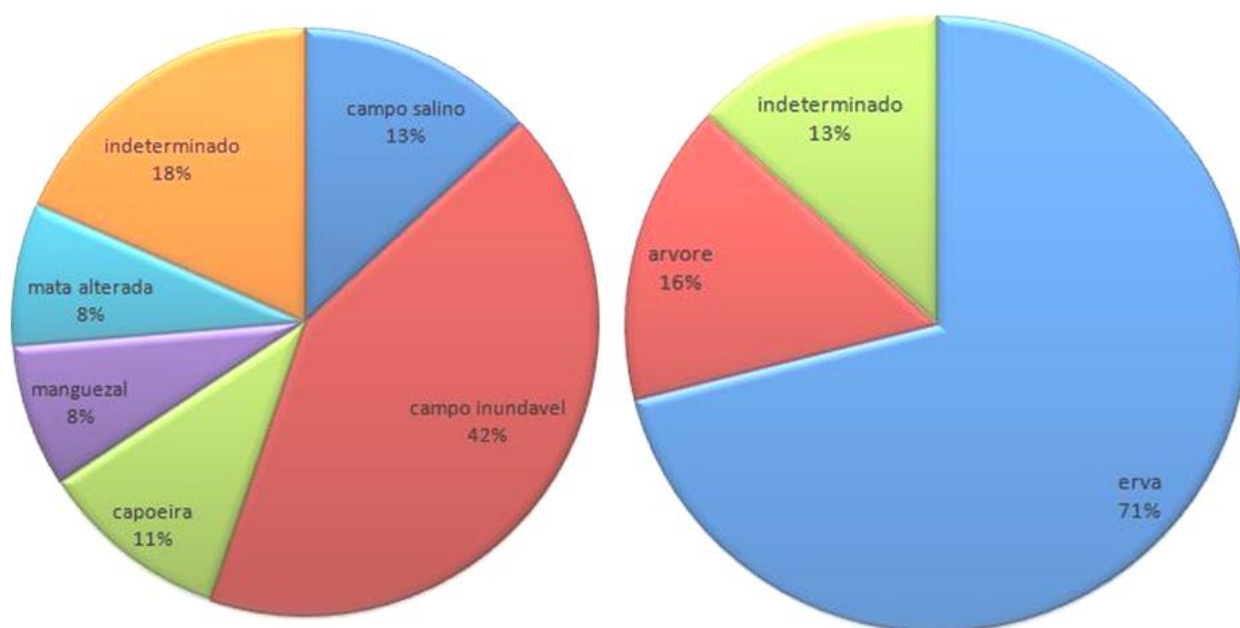
#### 4. 4. 8. Amostra P4b (réplica)

A amostra apresentou 17 tipos polínicos classificados em nove famílias, seis gêneros, seis espécies e um indeterminado, sendo dois grãos de pólen autóctones e 14 alóctones. Para os valores de abundância relativa destacaram-se as espécies, *Rhizophora* sp.2 (50,33%); *Rhizophora* sp. (1 21,33%); *Paspalum* sp. (7,67%); *Panicum* sp. (5,33%) e *Alternanthera tenella* (4,67%), enquanto para os valores de concentração as espécies *Rhizophora* sp.2 (4,84  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Rhizophora* sp.1 (2,05  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Paspalum* sp. (0,73  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>); *Panicum* sp. (0,51  $\times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>) e

*Alternanthera tenella* ( $0,44 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>). Com índices de diversidade de 1,646 e equitabilidade de 0,5810

**Tabela 03.** Caracterização dos tipos polínicos encontrados nas subamostras de superfície do campo salino inundável de Quatipuru, em destaque as espécies presentes no campo salino inundável Boa Vista, planície costeira de Quatipuru, PA.

Família	Táxon	Hábito	Formação vegetal
Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i>	Erva	Campo Salino
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i>	Erva	Campo Inundável
	<i>Blutaparon portulacoides</i>	Erva	Campo Salino
	<i>Attalea maripa</i>	Árvore	Mata Alterada
Arecaceae	<i>Maximilliana martiana</i>	Árvore	Mata Alterada
	tipo 1	Árvore	Mata Alterada
	tipo 1	Erva	-
Asteraceae	<i>Batis maitima</i>	Erva	Campo Salino
Bataceae	<i>Cyperus</i> sp.	Erva	Campo Inundável
	<i>Eleocharis caribaea</i>	Erva	Campo Salino
	<i>Kyllinga</i> sp.	Erva	Campo Inundável
	<i>Rhynchospora</i> sp.	Erva	Campo Inundável
	tipo 1	Erva	Campo Inundável
	tipo 2	Erva	Campo Inundável
	tipo 3	Erva	Campo Inundável
	tipo 4	Erva	Campo Inundável
Leguminosae Caesalpinioideae	tipo 1	-	-
Leguminosae Mimosoideae	<i>Mimosa pudica</i>	Erva	Capoeira
	<i>Mimosa verrucosa</i>	Erva	Capoeira
Leguminosae Papilionoideae	<i>Vigna luteola</i>	Erva	Campo Inundável
Poaceae	<i>Andropogon</i> sp.	Erva	Campo Inundável
	<i>Panicum</i> sp.	Erva	Campo Inundável
	<i>Panicum fasciculatum</i>	Erva	Campo Inundável
	<i>Paspalum</i> sp.	Erva	Campo Inundável
	<i>Setaria</i> sp.	Erva	Campo Inundável
	<i>Sporobolus virginicus</i>	Erva	Campo Salino
	tipo 1	Erva	Campo Inundável
	tipo 2	Erva	Campo Inundável
	tipo 1	Erva	-
	<i>Rhizophora</i> sp.1	Árvore	Manguezal
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora</i> sp.2	Árvore	Manguezal
	<i>Spermacoce latifolia</i>	Erva	Capoeira
Rubiaceae	<i>Spermacoce verticillata</i>	Erva	Capoeira
	<i>Avicennia germinans</i>	Árvore	Manguezal
Verbenaceae	tipo 1	-	-
Palinomorfos Indeterminados	tipo 2	-	-
	tipo 3	-	-
	tipo 4	-	-

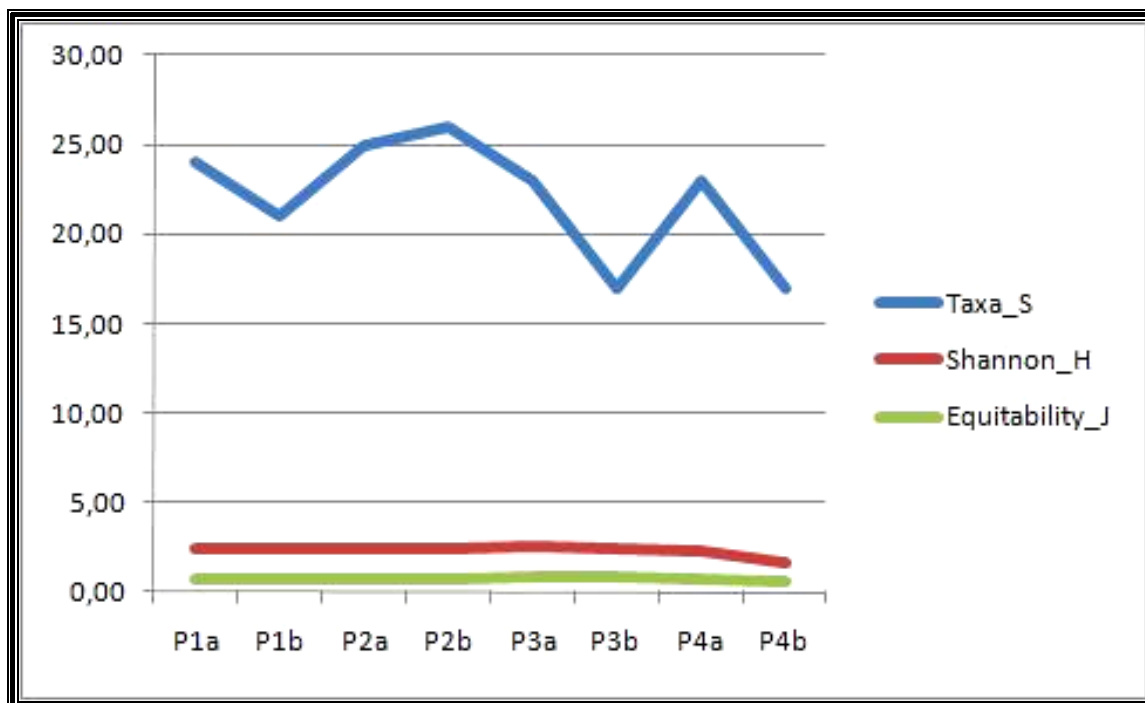


**Figura 16.** Representação gráfica da relação entre as assembléias polínicas sedimentares ao hábito e as formações vegetais identificadas no município de Quatipuru.

#### 4. 5. Riqueza de espécies e Índices Ecológicos

Quanto ao cálculo dos índices ecológicos a taxa (S) que representa a riqueza de tipos por amostra manteve-se variável ao longo do transecto tendo seu maior valor expresso na amostra P2b (26 tipos polínicos), enquanto as amostras P3b e P4b apresentaram os menores valores (17 tipos polínicos por amostra). Os índices de Shannon (H) e de Equitabilidade (J) permaneceram próximos aos valores médios de 2,34 e 0,75 respectivamente em todas as amostras apresentando discreta redução desses índices apenas na amostra P4b (FIGURA 17).

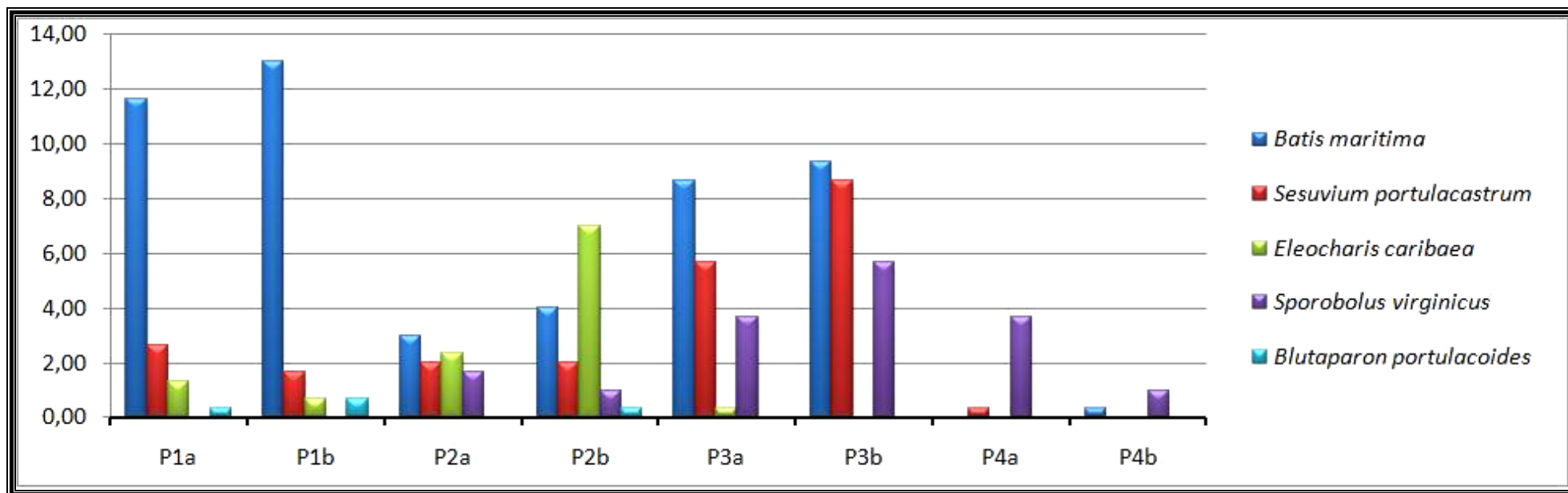




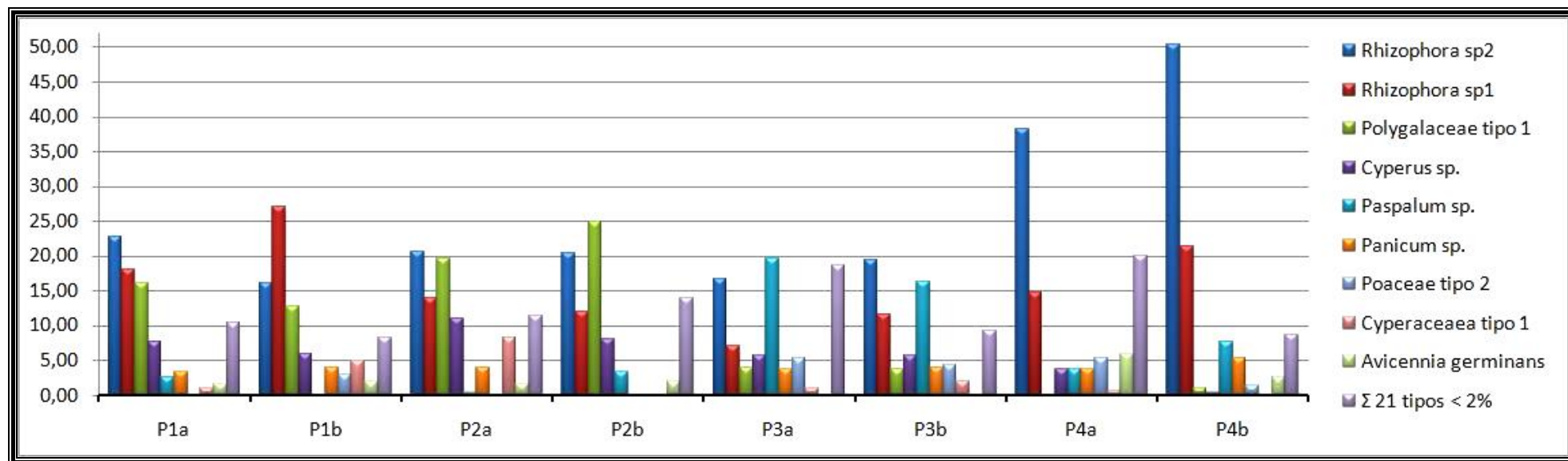
**Figura 17.** Índices de riqueza tendo como base os tipos polínicos encontrados em cada amostra coletada. (P1a) = Área desnuda com dominância de *Sesuvium portulacastrum* e presença de *Blutaparon portulacoides*, (P1b) = (réplica); (P2a) = Área desnuda com dominância de *Eleocharis caribaea*, (P2b) = (réplica); (P3a) = mancha com *Sesuvium portulacastrum* e *Sporobolus virginicus*, (P3b) = (réplica) e (P4a) = manguezal com presença de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, (P4b) = (réplica).

#### 4. 6. Abundância relativa e concentração

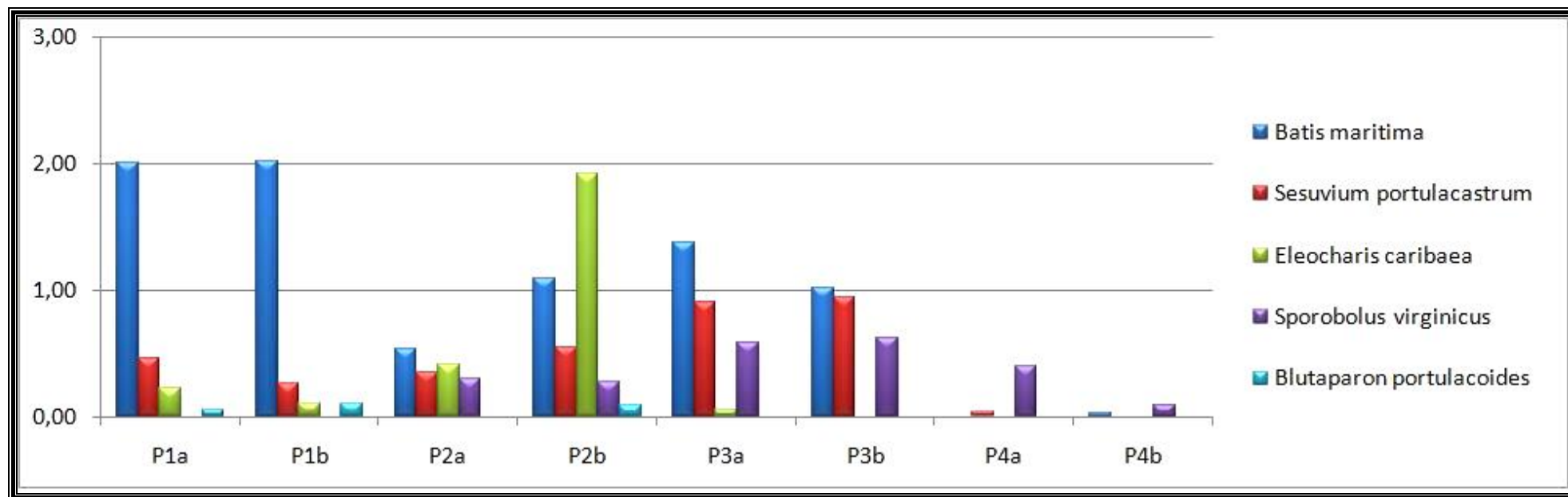
Tanto para o cálculo de abundância relativa (FIGURA 18 e FIGURA 19) quanto para o cálculo de concentração (FIGURA 20 e FIGURA 21) das amostras, destacaram-se como os tipos polínicos mais representativos entre as espécies autóctones os grãos de pólen *Batis maritima*, *Sesuvium portulacastrum* e *Sporobolus virginicus*, e para os tipos alóctones *Rhizophora* sp.1; *Rhizophora* sp.2, Polygalaceae tipo1, *Cyperus* sp. e *Paspalum* sp.



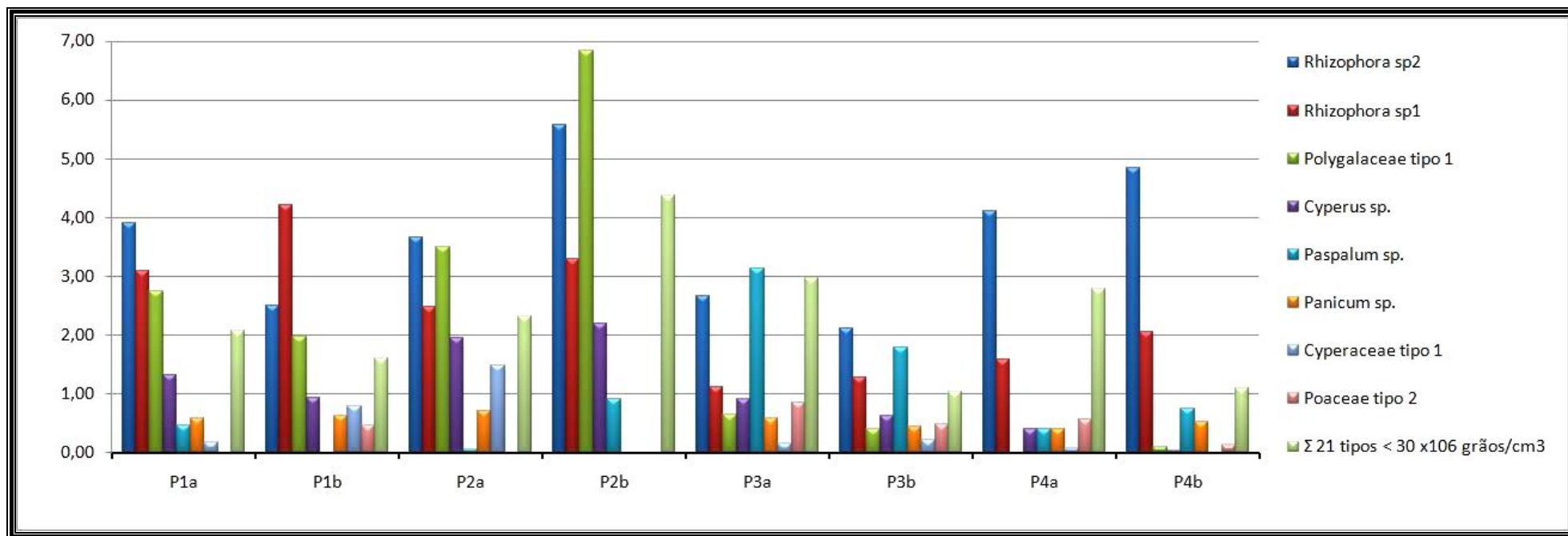
**Figura 18.** Dados de abundância dos tipos polínicos autóctones, identificados nas amostras de sedimento superficiais do campo salino inundável Boa Vista, planície costeira de Quatipuru, PA. (P1a) = Área desnuda com dominância de *Sesuvium portulacastrum* e presença de *Blutaparon portulacoides*, (P1b) = (réplica); (P2a) = Área desnuda com dominância de *Eleocharis caribaea*, (P2b) = (réplica); (P3a) = mancha com *Sesuvium portulacastrum* e *Sporobolus virginicus*, (P3b) = (réplica) e (P4a) = manguezal com presença de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, (P4b) = (réplica).



**Figura 19.** Dados de abundância dos tipos polínicos alóctones, identificados nas amostras de sedimento superficiais do campo salino inundável Boa Vista, planície costeira de Quatipuru, PA. (P1a) = Área desnuda com dominância de *Sesuvium portulacastrum* e presença de *Blutaparon portulacoides*, (P1b) = (réplica); (P2a) = Área desnuda com dominância de *Eleocharis caribaea*, (P2b) = (réplica); (P3a) = mancha com *Sesuvium portulacastrum* e *Sporobolus virginicus*, (P3b) = (réplica) e (P4a) = manguezal com presença de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, (P4b) = (réplica).



**Figura 20.** Dados de concentração dos tipos polínicos autóctones, identificados nas amostras de sedimento superficiais do campo salino inundável Boa Vista, planície costeira de Quatipuru, PA. (P1a) = Área desnuda com dominância de *Sesuvium portulacastrum* e presença de *Blutaparon portulacoides*, (P1b) = (réplica); (P2a) = Área desnuda com dominância de *Eleocharis caribaea*, (P2b) = (réplica); (P3a) = mancha com *Sesuvium portulacastrum* e *Sporobolus virginicus*, (P3b) = (réplica) e (P4a) = manguezal com presença de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, (P4b) = (réplica). Dados expressos em  $\times 10^6/\text{cm}^3$



**Figura 21.** Dados de concentração dos tipos polínicos alóctones, identificados nas amostras de sedimento superficiais do campo salino inundável Boa Vista, planície costeira de Quatipuru, PA. (P1a) = Área desnuda com dominância de *Sesuvium portulacastrum* e presença de *Blutaparon portulacoides*, (P1b) = (réplica); (P2a) = Área desnuda com dominância de *Eleocharis caribaea*, (P2b) = (réplica); (P3a) = mancha com *Sesuvium portulacastrum* e *Sporobolus virginicus*, (P3b) = (réplica) e (P4a) = manguezal com presença de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, (P4b) = (réplica). Dados expressos em  $\times 10^6/\text{cm}^3$

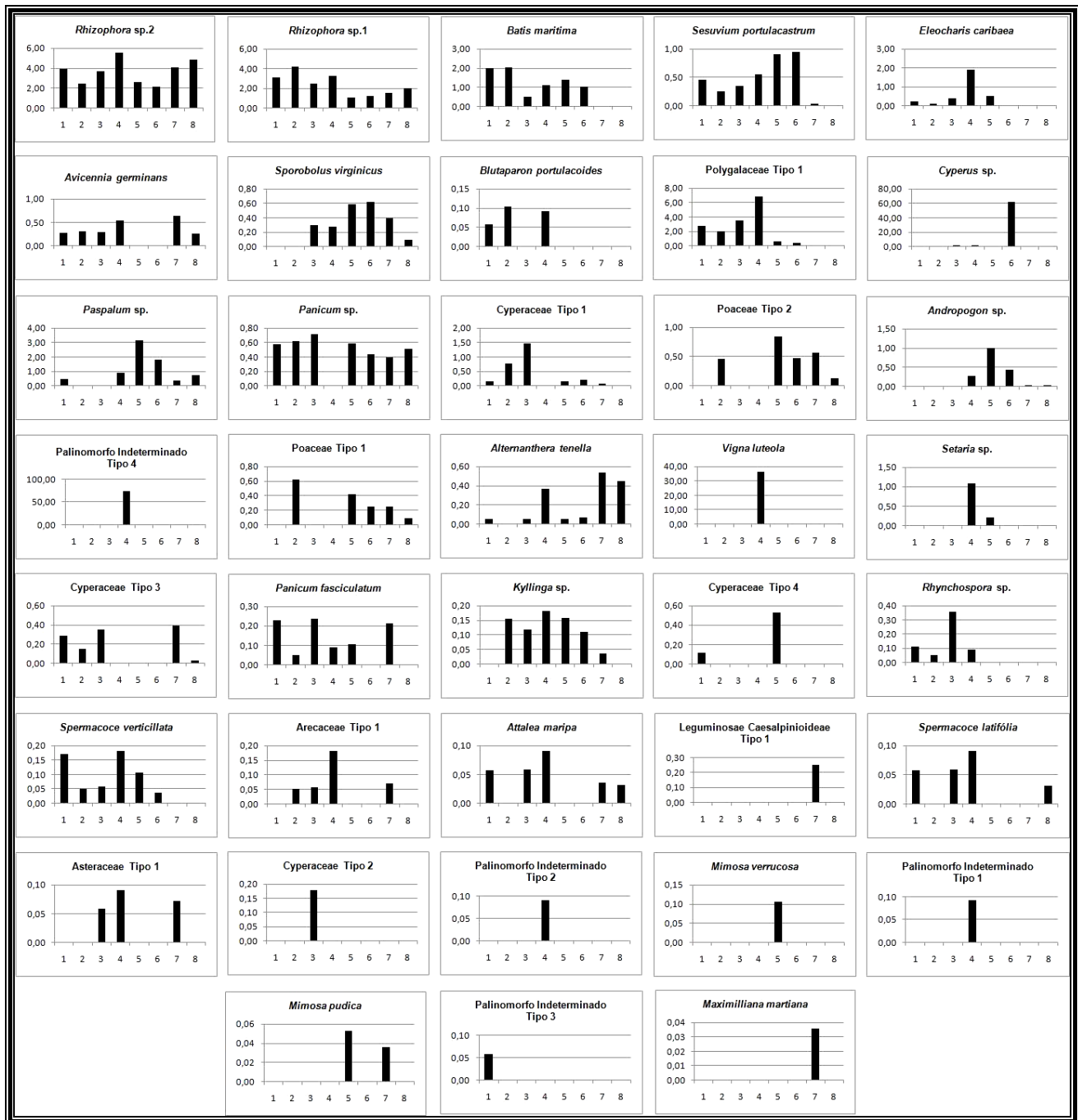
A análise palinológica das amostras sedimentares de superfície do campo salino/manguezal revelou a dominância de grãos de pólen de espécies vegetais características do campo inundável, que juntamente com o manguezal, posiciona-se na transição entre os ecossistemas marinho e terrestre, destacando-se na paisagem costeira da área de estudo, no Setor Costa Atlântica do Salgado Paraense.

A assembléia palinológica é representada por 20 tipos polínicos classificados em 05 famílias (Aizoaceae, Amaranthaceae, Bataceae, Cyperaceae e Poaceae); 07 gêneros (*Cyperus* sp., *Kyllinga* sp., *Rhynchospora* sp., *Andropogon* sp., *Panicum* sp., *Paspalum* sp. e *Setaria* sp.); 06 espécies (*Sesuvium portulacastrum*, *Blutaparon portulacoide*, *Batis maitima*, *Eleocharis caribaea*, *Panicum fasciculatum* Sw. e *Sporobolus virginicus*) e 06 tipos identificados apenas ao nível de família, sendo quatro tipos da família Cyperaceae e dois tipos da família Poaceae. Estes grãos de pólen estiveram presentes em todas as amostras com valores de concentrações diferentes, sendo mais abundantes nas amostras P1a, P1b, P2a, P2b, P3a e P3b.

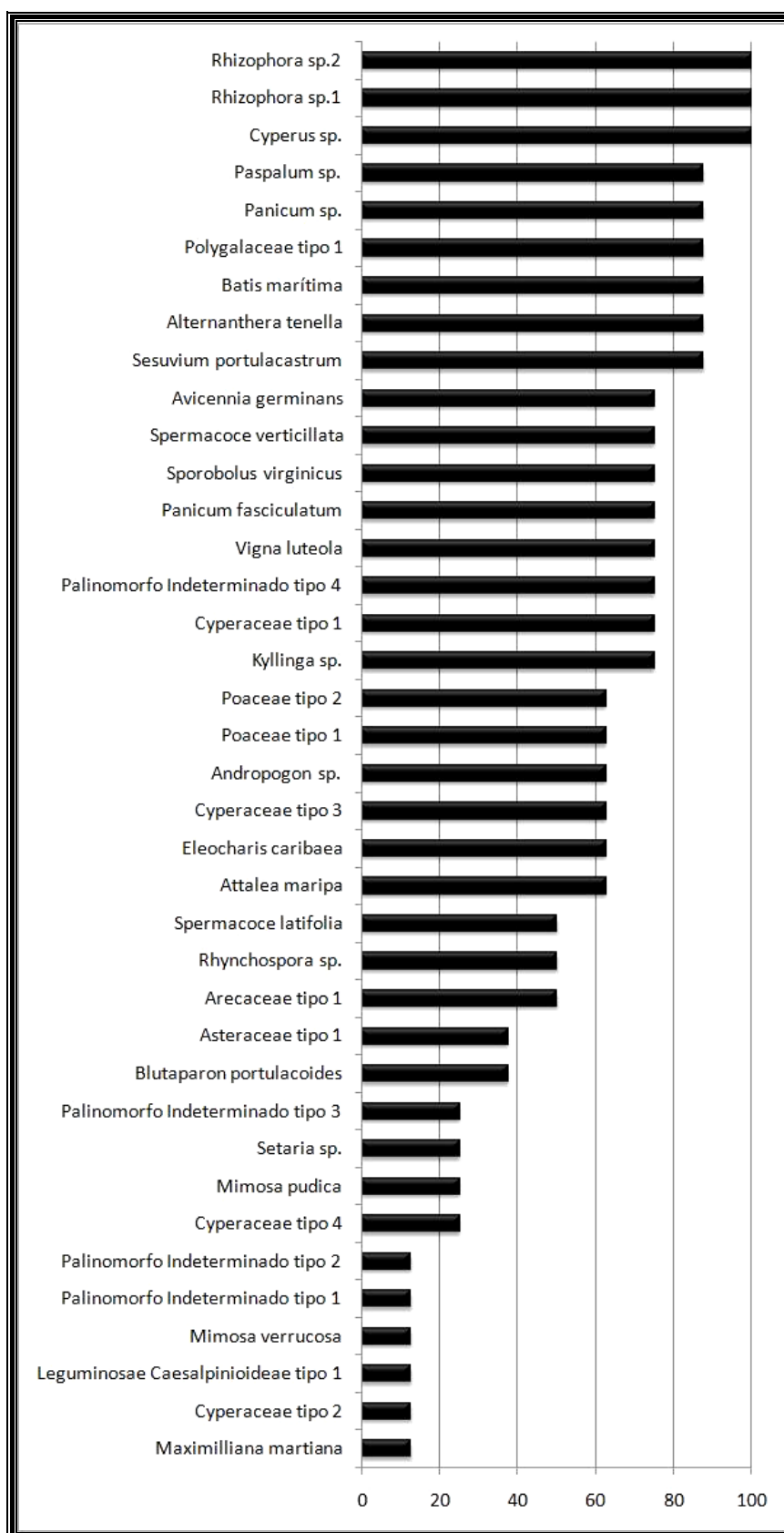
A espécie *Batis maritima*, espécie representativa da porção topográfica mais elevada do campo salino, “high saltmarshes” denominada apicum, apresenta-se com valores crescentes de concentração, conforme as amostras se afastam do seu ponto de ocorrência, sendo assim as amostras P1a, P1b, P3a, P2b, e P3b destacam tal espécie com os seus maiores valores de concentração (FIGURA 22)

O gênero *Rhizophora* (tipo 1 e tipo 2) e a espécie *Avicennia germinans* representa o ecossistema manguezal que circunda o campo salino localizado a uma distância média de 80m da estrada Quatipuru/Boa Vista. O gênero *Rhizophora* ocorreu nas 8 amostras analisadas, porém as amostras P1a e P1b com 251 grãos (41,83%) e P4a e P4b com 374 grãos (62,33%) se sobressaem com as maiores abundâncias relativas, enquanto a espécie *Avicennia germinans* é pouco abundante nas amostras em P1a, P1b, P2a, P2b, e P4a e P4b ocorre um leve acréscimo de valor. Vale destacar que a amostra P4a e P4b são as amostras mais próximas do ecossistema manguezal (FIGURA 21).

Entre os tipos polínicos mais frequentes *Rhizophora* sp.1, *Rhizophora* sp.2 e *Cyperus* sp. ocorreram em todas as amostras, portanto com frequência igual a 100%, enquanto os tipos polínicos Leguminosae Caesalpinoideae tipo1, Cyperaceae tipo2, *Maximilliana martiana*, *Mimosa verrucosa*, Indeterminado tipo 1 e Indeterminado tipo 2 estiveram presentes apenas em uma das amostras analisadas com frequência igual a 12,50% (FIGURA 23).



**Figura 22.** Dados de concentração dos tipos polínicos identificados nas amostras sedimentares do campo salino inundável Boa Vista, planície costeira de Quatipuru, PA.



**Figura 23.** Dados da frequência de ocorrência das espécies encontradas nas amostras sedimentares do campo salino inundável Boa Vista, planície costeira de Quatipuru, PA.

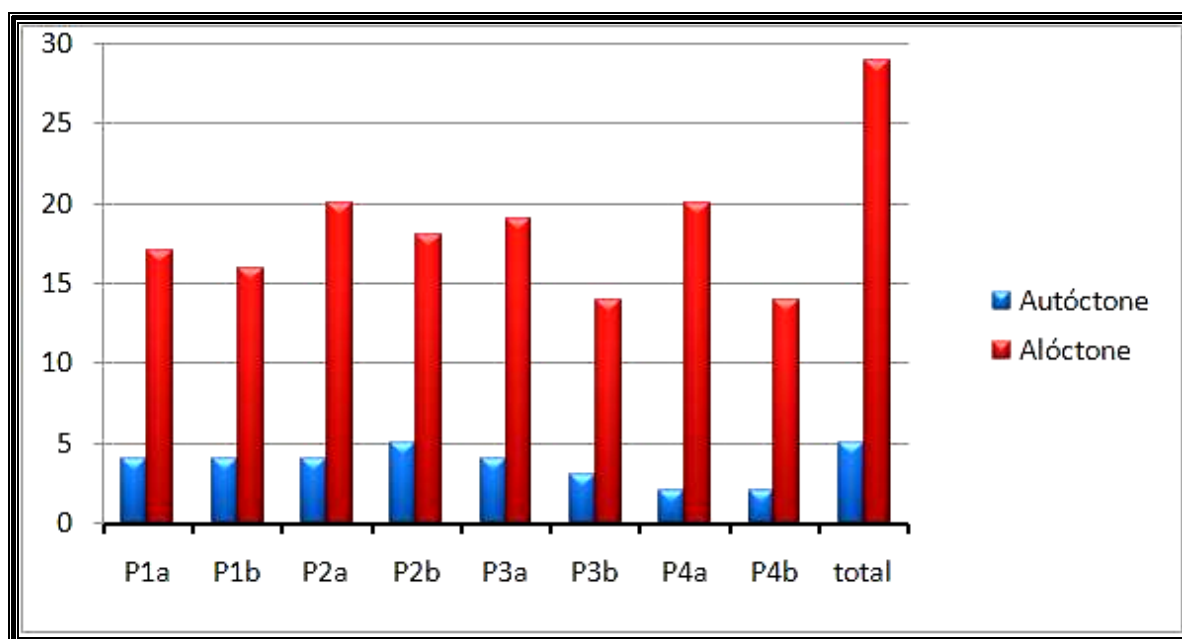


#### 4. 7. Dispersão e precipitação polínica

Quanto à origem, os grãos de pólen foram classificados como autóctones quando estes são produzidos no próprio sitio de deposição sedimentar, o campo salino inundável, sendo as espécies *Sesuvium portulacastrum*, *Eleocharis caribaea*, *Sporobolus virginicus*, *Blutaparon portulacoides* e *Batis maritima*.

São alóctones os palinomorfos produzidos a uma certa distância do sitio de deposição. Ou seja os demais tipos ocorrentes na assembléia que não possuem correspondência com espécies existentes na área de estudo, totalizando 29 tipos polínicos.

A amostra P2b apresentou o valor máximo das espécies identificadas como autóctones (cinco tipos polínicos), enquanto as amostras P4a e P4b apresentaram o menor valor (dois tipos polínicos). Já para as espécies alóctones nenhuma amostra apresentou o valor máximo 29 tipos polínicos, sendo observado nas amostras P2a e P4a os maiores valores 20 tipos polínicos e nas amostras P3b e P4b seus menores valores 14 tipos polínicos cada (FIGURA 24).



**Figura 24.** Número de espécies autóctones e alóctones por amostra sedimentar do campo salino Boa Vista, planície costeira de Quatipuru/PA. (P1a) = Área desnuda com dominância de *Sesuvium portulacastrum* e presença de *Blutaparon portulacoides*, (P1b) = (réplica); (P2a) = Área desnuda com dominância de *Eleocharis caribaea*, (P2b) = (réplica); (P3a) = mancha com *Sesuvium portulacastrum* e *Sporobolus virginicus*, (P3b) = (réplica) e (P4a) = manguezal com presença de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, (P4b) = (réplica).

As espécies *Sesuvium portulacastrum* e *Batis maritima* destacaram-se dos demais tipos polínicos autóctones por apresentarem elevados valores de abundância e concentração e por

apresentarem frequência de ocorrência maior que 80%. Enquanto *Blutaparon portulacoides* apresentou os menores valores de frequência de ocorrência (37,50%) e de abundância e concentração.

#### 4. 8. Estatística multivariada

##### 4. 8. 1. Aplicação da ordenação MDS para os tipos polínicos autóctones

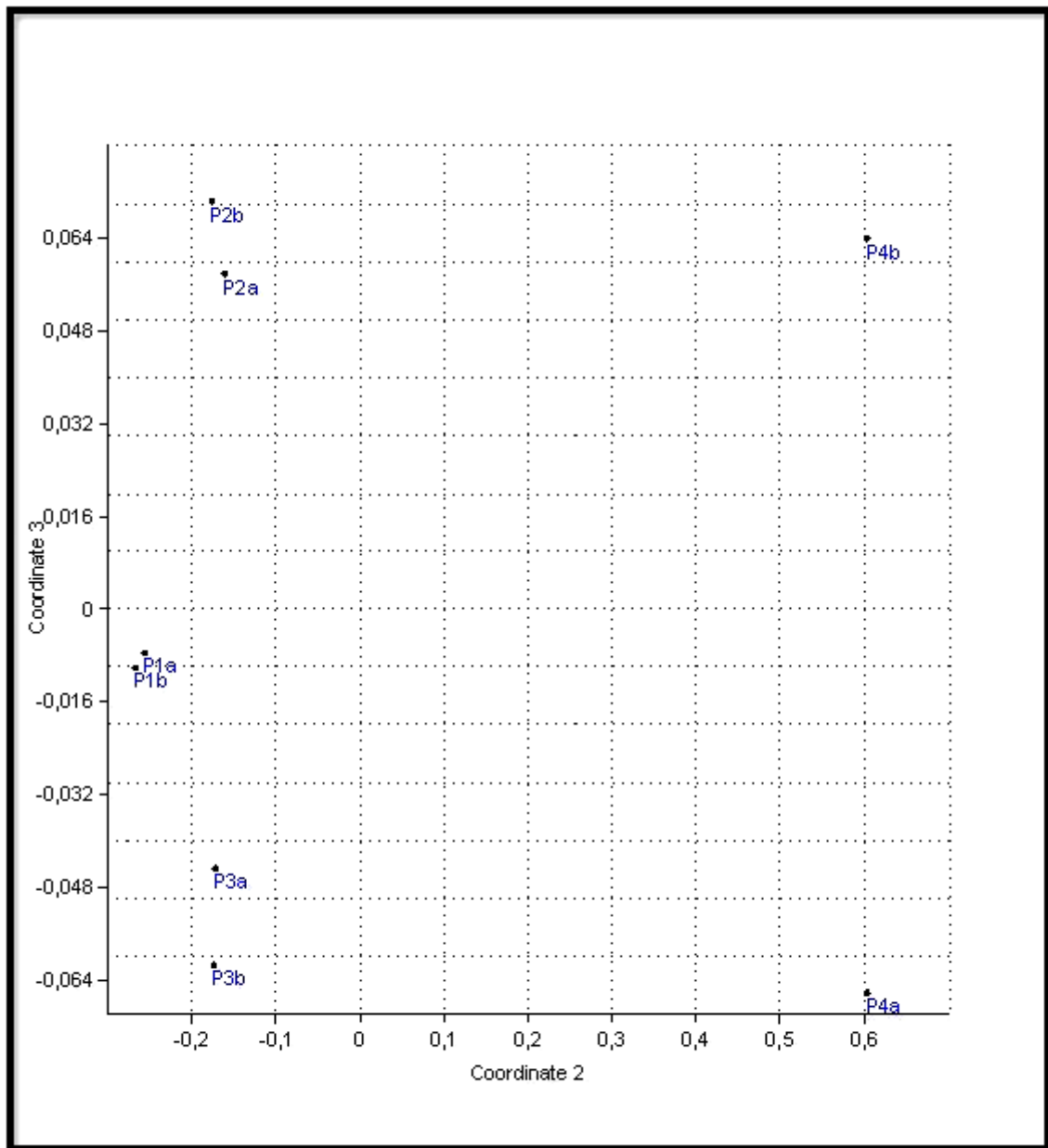
O gráfico a seguir (FIGURA 25) foi gerado a partir dos dados de abundância relativa e da variação na composição dos tipos polínicos autóctones identificados nos sedimentos superficiais do campo salino Boa Vista, foram separados em 4 grupos: Grupo 1 com as amostras P1a e P1b; Grupo 2 com as amostras P2a e P2b; Grupo 3, com as amostras P3a e P3b e Grupo 4 com as amostras P4a e P4b.

No Grupo 1 apresenta valores equivalentes entre suas espécies (*Batis maritima*, *Sesuvium portulacastrum*, *Eleocharis caribaea* e *Blutaparon portulacoides*), sendo evidente a dominância da espécie *Batis maritima*, que possui seus valores de abundância relativa mais altos nas amostras P1a e P1b.

No grupo 2, as porcentagens de abundância relativa para a espécie *Batis maritima* sofrem acentuada diminuição, enquanto *Eleocharis caribaea* apresenta comportamento inverso. O grão de pólen de *Sporobolus virginicus*, surge nas amostras (P2a e P2b) com porcentagens relativamente baixas.

No grupo 3, os tipos polínicos *Batis maritima*, *Sesuvium portulacastrum* e *Sporobolus virginicus* apresentam aumento em suas abundâncias, sendo os maiores valores das espécies *Sesuvium portulacastrum* e *Sporobolus virginicus* encontrados nas amostras desse grupo.

Já o último grupo (Grupo 4), apresenta o tipo polínico *Sporobolus virginicus* em conjunto com baixas porcentagens da espécie *Sesuvium portulacastrum* (P4a) e *Blutaparon portulacoides* para a mostra P4b.



**Figura 25.** Ordenação MDS gerada a partir dos dados de abundância das espécies autóctones presentes na assembléia polínica das amostras sedimentares superficiais do campo salino Boa Vista, planície costeira de Quatipuru/PA. (P1a) = Área desnuda com dominância de *Sesuvium portulacastrum* e presença de *Blutaparon portulacoides*, (P1b) = (réplica); (P2a) = Área desnuda com dominância de *Eleocharis caribaea*, (P2b) = (réplica); (P3a) = mancha com *Sesuvium portulacastrum* e *Sporobolus virginicus*, (P3b) = (réplica) e (P4a) = manguezal com presença de *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*, (P4b) = (réplica).

## 5. DISCUSSÃO

A distribuição e associação das espécies que constituem o campo salino Boa Vista foi classificada como do tipo “*Patch*” ou manchas fitossociológicas que provavelmente estão relacionadas as condições biológicas e físico-químicas dos ciclos climáticos anuais, os quais estas espécies são impostas. *Sporobolus virginicus* apresentou-se como a espécie dominante. Segundo Cohen & Lara (2003), esta espécie juntamente com *Batis maritima* e *Sesuvium portulacastrum* também destacam-se como dominantes nos campos inundáveis do litoral Maranhense. O campo salino Boa Vista em comparação a campos que não sofrem influência direta de maré possui baixa diversidade vegetal devido os altos valores de salinidade que segundo Costa *et al.* (2009) variam entre 50 – 140 ups.

A análise palinológica das amostras sedimentares do campo salino Boa Vista destacam os grãos de pólen das espécies alóctones, quanto a diversidade de tipos, através dos dados de abundância relativa e concentração, como as principais fontes deposicionais do sistema campo salino inundável-manguezal. As variações das composições e riqueza das assembléias polínicas segundo Medeanic, (2004) são relacionadas os fatores de dispersão como as diferentes produções polínicas das plantas, a desigualdade na capacidade de transporte dos grãos de pólen além da distância da fonte de dispersão, a “planta mãe”.

As assembléias palinológicas nas amostras sedimentares de superfície nas manchas fitossociológicas do campo salino/manguezal destacaram a dominância de grãos de pólen de espécies vegetais características do campo inundável, sendo que as famílias Cyperaceae e Poaceae obtiveram os maiores valores de concentração polínica possivelmente devido a sua morfologia ser propícia ao grão de pólen ser carregado pelo vento a longas distâncias e pelo seu mecanismo de dispersão polínica anemófila ser responsável por elevadas taxas de produção, cerca de 10.000 a 70.000 grãos por antera da flor (SENNA, 2002).

Estas famílias também possuem a maior representação polínica de tipos, sendo oito tipos de cada família, totalizando 16 tipos (41%) da assembléia polínica. Segundo Rodgers & Horn, (1996) as famílias Cyperaceae e Poaceae são consideradas importantes bioindicadoras de ecossistemas específicos como savanas e foram de fundamental importância para o entendimento do “*spectrum*” polínico de ecossistemas da Costa Rica não só pela presença ou ausência de seus grãos de pólen, mas também pela concentração dos mesmos nas amostras sedimentares estudadas.

A ocorrência de grãos de pólen característicos de manguezais como *Rhizophora* (tipo 1 e tipo 2) e, principalmente, *Avicennia* confirma a existência de manguezal nas proximidades do campo, pois segundo Müller (1959) e Behling *et al.* (2001), ao contrário de *Rhizophora*, o tipo entomófilo *Avicennia* não é encontrado a grande distância da área fonte. Para Rodgers III & Horn, (1996) a presença dos grãos de pólen do gênero *Avicennia*, mesmo que em pequenas porcentagens nas assembléias polínicas, não deve ser desconsiderada, já que a baixa presença dos mesmos deve-se a flor deste vegetal ser do tipo nectarífera, ou seja, produz mais néctar que grãos de pólen (DIAS, 2005).

Mao (2006) concluiu que em geral, a maior parte da vegetação tropical, não é efetivamente refletido por seu pólen, em grande parte devido à baixa produção de pólen, má conservação, ou mecanismos de polinização desfavoráveis. Este não é o caso da vegetação de manguezais, como foi claramente observado nos registros do pólen na superfície dos manguezais de Dongzhai e Qinglan, situado no norte da ilha de Hainan, na China, assim como para o sistema campo salino-manguezal de Quatipuru.

Hofmann, (2002) em análises palinológicas de sedimentos de superfície no Delta do Orinoco, indica a expansão do campo sobre o manguezal, contrariando o fato de *Rhizophora* ser também tipo anemófilo de alta produção polínica e encontrado a longa distância da área fonte. Tal fenômeno não faz parte da relação campo salino-manguezal em Quatipuru, uma vez que através de observações e relatos dos moradores locais há o avanço do manguezal em direção ao campo sendo representado na assembléia palinológicas pelas altas concentrações do gênero *Rhizophora* em todas as amostras. Müller (1959) sugeriu que o pólen de *Rhizophora*, por apresentar tamanho pequeno e superfície lisa, pode ser transportado mais longe da costa do que outros tipos de pólen maiores e com superfícies esculpidas (SENNA, 2002).

A espécie *Batis maritima* integra a porção topográfica mais elevado do campo salino, denominada apicum, ocorrendo na porção mais interna do manguezal. A espécie destacou-se entre as espécies autóctones por apresentar os maiores valores de concentração com valores médios de  $1,01 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>. Seus dados polínicos revelam que sua dispersão ocorre a longas distâncias já que está localizada próximo ao manguezal e seu maior valor de concentração encontra-se nas duas amostras mais distantes de sua origem (amostras P1a e P1b).

Os grãos de pólen das espécies *Mimosa pudica*, *M. verrucosa*, *Spermacoce latifolia* e *S. verticillata* identificados nos sedimentos superficiais do campo salino são justificados pela

presença dessas espécies as margens da estrada, provavelmente resultantes do processo de ocupação humana da área.

A relação entre espécies autóctones e alóctones presentes nas amostras superficiais é significativa tendo em vista que do total de espécies observadas nas assembléias polínicas 27 tipos (77,17%) não estão presentes na área de estudo. Contudo, as variações de ocorrência dos tipos polínicos entre as amostras estudadas foram menores para os tipos autóctones, podendo ser justificado pela oferta constante e próxima do ponto de dispersão das espécies herbáceas que integram o campo salino Boa Vista.

O tipo polínico *Eleocharis mutata* não foi encontrado nas assembléias polínicas das amostras estudadas, provavelmente, por apresentar no inventário florístico do campo salino valores muito baixos de DoR, sendo desta forma nula a sua representabilidade no sedimento, ou ainda, pode estar incluído no grupo dos quatro tipos polínicos identificados apenas a nível taxonômico de família (Cyperaceae).

O resultado do agrupamento das amostras realizado por meio do tratamento estatístico de ordenação (MDS), separou as amostras em quatro grupos distintos, demonstrando que cada amostra possui oferta e deposição polínica diferenciada dentro do sistema campo salino-manguezal levando-se em conta apenas a distribuição da vegetação herbácea que o constitui.

Tendo em vista as espécies botânicas que constituem as manchas fitossociológicas do campo salino e os dados da ordenação (MDS) para os tipos polínicos autóctones, observamos que todas as amostras possuem valores expressivos para tais espécies vegetais, exceto as amostras P4a e P4b coletada no início do manguezal, onde *Sporobolus virginicus* é o tipo polínico mais relevante, justificado provavelmente, pela proximidade da amostra ao limite do campo, onde a espécie ocorre abundantemente e somado aos altos valores de produção polínica e facilidade de dispersão dos seus grãos de pólen.

A deposição desses tipos polínicos na área de estudo deve-se principalmente ao transporte anemófilo e aos regimes de inundações periódicas que o sistema sofre, com maior intensidade durante o período chuvoso, assim como nas marés de sizígia corroborando aos dados de Mao *et al.*, (2006), onde os ecossistemas pertencentes a zona costeira recebem uma fonte de pólen de três maneiras: a partir do ecossistema local, por depósito proporcionado pelo vento e pela pluviosidade e através do ciclo de maré atual.

Bauermann *et al.* (2002) classificou o transporte fluvial como a principal fonte de palinóforos em ambientes estuarinos que na área de estudo é representada pelo rio Quatipuru, no entanto Hofmann (2002) afirma que a deposição e preservação de grãos de pólen e esporos em ambientes alimentados por canais de drenagem dependem da

hidrodinâmica local, uma vez que, os grãos sofrem redistribuição na superfície do solo durante o período chuvoso sendo o período seco determinante para a deposição seletiva dos grãos de pólen, principalmente esporos, devido à sua exposição dos mesmos a oxidação, preservando somente os palinomorfos que possuem a exina mais espessa e resistente.

## 6. CONCLUSÕES

Os campos salinos da planície costeira norte da Amazônia são constituídos por espécies herbáceas perenes, que colonizam substratos lamosos, adaptadas ao regime de alagamento periódico pela maré salina, gradiente de elevação topográfica e feições geomorfológicas.

A vegetação do campo salino Boa Vista é constituída por quatro famílias botânicas, distribuídas em quatro gêneros e cinco espécies de hábito herbáceo, onde *Sporobolus virginicus* destaca-se como a espécie mais abundante. As espécies herbáceas distribuem-se ao longo do campo salino em forma de manchas fitossociológicas, fato que interfere diretamente na dispersão e consequentemente na deposição polínica destas espécies.

A análise palinológica dos sedimentos superficiais revelou 38 tipos polínicos, representados por 14 famílias, nove gêneros, 15 espécies, totalizando 34 espécies identificadas e 4 tipos indeterminados.

As assembléias polínicas apresentaram valores baixos de abundância relativa para as espécies autóctones (< de 4%), porém o tipo *Batis maritima* se destacou como a espécie autóctone dominante com média de 6%, enquanto que a espécie *Eleocharis mutata* não foi identificada ou é ausente. Para as espécies alóctones *Rhizophora* sp.2, alcançou porcentagens significativas >15% na maioria das amostras. Dados de concentração polínica *Batis maritima* permaneceu como a principal espécie autóctone com valores acima de  $1,00 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup> e *Rhizophora* sp.2 apresentou valores superiores a  $2,00 \times 10^6$  grãos/cm<sup>3</sup>.

O número de espécies alóctones superou o das espécies autóctones tendo em vista que a biodiversidade dos campos salinos inundáveis é considerada baixa em consideração aos campos inundáveis com baixa influência marinha.

As discrepâncias a respeito da deposição polínica em sedimentos superficiais podem ser causadas pelos diferentes mecanismos de produção polínica, disponibilidade de meio de dispersão, as características morfológicas específicas de cada grão de pólen, além das condições biológicas e ambientais que contam para a boa ou má conservação dos tipos polínicos no meio sedimentar.

Os dados palinológicos gerados a partir desse estudo são importantes para futuros trabalhos relacionados a reconstrução paleoambiental de zonas úmidas na planície costeira durante o Holoceno, quanto as mudanças climáticas, por variações do nível do mar e perturbações antrópicas induzidas na vegetação ao longo dos anos.



A produção contínua de estudos sobre a distribuição de grãos de pólen em sedimentos de superfície de outras áreas da planície costeira do estado do Pará pode melhorar a nossa compreensão a respeito da deposição de palinomorfos de diferentes ecossistemas vegetais.

## 7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABSY, M. L. 1975, *Pólen e esporos do Quaternário de Santos, Brasil*, Hoehnea, 5: 1-26,
- \_\_\_\_\_ & SERVANT, M. 1993. *A história do clima e da vegetação pelo estudo do pólen*. Ciência Hoje 16 (93): 26-30.
- ADAIME, R. R. 1987, *Estrutura, produção e transporte em um manguezal*, Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileiros, Síntese de Conhecimentos, Atas, 1 :80-99,
- ADAM, P. 2002, Saltmarshes in a time of change, *Environmental Conservation*, 29(1): 39-61,
- ADAMS, M. *O papel de morcegos na regeneração de florestas em uma paisagem agrícola da Amazônia Oriental*. Belém: UFPA, 1997. 128p. Dissertação (Mestrado).
- ALVES, M. A. M. S; EL - ROBRINI, M; SOUSA FILHO, P. W; FARIAS D. R. & FRANÇA, C. F. 2005, *Morfodinâmica das praias de meso-macromarés da Zona Costeira do Estado do Pará*, In: X Congresso da Abequa - Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Guarapari, ES, CD-ROOM de resumos, nº 0258, pdf.,
- BARROS, M. A. BARTH, O. M. COSTA, K. M. R. 1999, *Catálogo sistemático de pólen das plantas arbóreas do Brasil meridional, XXXII: Anacardiaceae*, Leandra, (14): 17-24,
- BAUERMANN, S. G. *Análises Palinológicas e Evolução Paleovegetacional e Paleoambiental das turfeiras de Barrocas e Águas Claras, Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil*, 2003, 137 f, Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003,
- \_\_\_\_\_; MARQUES-TOIGO, M; NEVES, P. C. P. 2002. *Aspectos tafonômicos em palinologia do Quaternário*. Pesquisas: Botânica, 52: 223-239.
- BEHLING, H; COHEN, M. C. L. & LARA, R. J. 2001. Studies on Holocene mangroveecosystem dynamics of the Bragança Península in Northeastern Pará, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 167: 225-242.
- BIGARELLA, J. J. 1947, *Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná*, B, Geogr., 55: 747-779,
- BISSA, W. M. 1998, *Reconstituição dos paleoambientes de uma planície Holocênica no curso inferior do Rio Ribeira, Município de Iguape, São Paulo*, Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências – Geografia), Universidade de São Paulo, 90p,
- BOVE, C. P; BARTH, O. M. 1992, *Catálogo Sistemático de Pólen das Plantas Arbóreas do Brasil Meridional, XXV: Bignoniaceae*, Rev, Brasil, Biol., 52 (2): 283-292,
- BRANDÃO, M; CUNHA, L. H. S. G A; VILANES, M. L; FERREIRA, P. B. D. *Comunidades antrópicas como fontes de néctar e pólen*. Belo Horizonte: EP AMIG, 1985.32 p. (Documentos, 25).

BROWER, J. E. & ZAR, J. H. 1984. Field & laboratory methods for general ecology. W.C. Brown Publishers, Boston.

BROWN, S., LUGO, A. E. Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology*, v.6, p.1-31, 1990.

CARREIRA, L. M. M; BARTH, O. M. 2003, *Atlas de pólen da vegetação de canga da Serra dos Carajás, Pará*, Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, Coleção Adolpho Ducke, 112p,

\_\_\_\_\_; LOBATO, E. S. P; RAPOSO, R. C. 1991a, *Morfologia polínica de plantas cultivadas no Parque do Museu Goeldi, V, Família Malpighiaceae*, Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi – Botânica, 7 (2):441-453,

\_\_\_\_\_; RAPOSO, R.C.; LOBATO, , E. S. P. 1991b, *Morfologia polínica de plantas cultivadas no Parque do Museu Goeldi, VI, Família Euphorbiaceae*, Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi – Botânica, 7 (1): 157-175,

\_\_\_\_\_; SILVA, M. F; LOPES, J. R. C; NASCIMENTO, L. A. S. 1996, *Catálogo de pólen das Leguminosas da Amazônia Brasileira*, Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, Coleção Adolpho Ducke, 137p,

CHAPMAN, V. J. 1975, *Mangrove biogeography*, In: Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves, vol, 1, G,E, Walsh, S,C, Snedaker & H,J, Teas (Eds.), Gainesville, University of Florida Press, (20):3-22,

CINTRÓN, G. M. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1983, *Introducion a la ecologia dei manglar*, Montevideo, UNESCO-ROSTLAC, 109p,

COHEN, M. C. L. & LARA, R. J. 2003, Temporal changes of mangrove vegetation boundaries in Amazonia: Application of GIS and remote sensing techniques, *Wetlands Ecology and Management*, 11: 223–231,

COLINVAUX, P. A. de OLIVEIRA, P,E.; PATINO, J. E. M. 1999, *Amazon Pollen Manual and Atlas*, Harwood Academic Publishers: Singapore, 330p,

COSTA NETO, S. V; SENNA, C; LOBATO, L. C. 2000, *Estrutura e diversidade de bosques de manguezal da baía de Marapanim, Pará, Brasil*, IN: Conferência Internacional Sobre Estuários e Manguezais 1,/ Manguezais 2000, Recife, ISME,

COSTA, C. S. B. *Impactos Antrópicos e Ameaças à Conservação das Marismas Sulamericanas*, In: 2º Congresso Brasileiro de Biologia Marinha, 2009, Armação de Búzios, Anais do 2º Congresso Brasileiro de Biologia Marinha, Niterói : Associação Brasileira de Biologia Marinha, v, 1, p, 99-104,

\_\_\_\_\_; & DAVY, A. J. 1992, *Coastal saltmarsh communities of Latin America*, In: U, Seeliger (ed.), Coastal Plant Communities of Latin America, San Diego, California, Academic Press, Inc, Cap, 12: 179-199,

\_\_\_\_\_. 1997a, Tidal marshes and Wetlands, In: Ecosystem of subtropical convergence regions: The coast and sea in the warm-temperate southwestern Atlantic (Seeliger, U., Odebrecht, C, & Castello, J,P, Eds), Ecological Studies Series, Berlin, Springer-Verlag, 24-26,

\_\_\_\_\_. 1997b, Irregularly flooded marginal marshes, In: Ecosystem of subtropical convergence regions: The coast and sea in the warm-temperate southwestern Atlantic, (Seeliger, U., Odebrecht, C. & Castello, J.P, Eds) Ecological Studies Series, Berlin, Springer-Verlag, 73-77,

\_\_\_\_\_; IRIBARNE, O. O. & FARINA, J. M. 2009, Human impacts and threats to the conservation of South American salt marshes, In: Salt Marshes Under Global Siege (Silliman, B.R., Grosholtz, T. & Bertness, M. D., Eds.), Chapter 17, University of California Press, Berkeley, 337-359,

\_\_\_\_\_; SEELIGER, U; OLIVEIRA, C. P. L. & MAZO, A. M. M. 1997, Distribuição, funções e valores das marismas e pradarias submersas no Estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil), *Atlântica*, 19: 67-85,

COSTA, J.B,S.; BEMERGUY, R,L.; HASUI, Y.; BORGES, M,S.; FERREIRA JR., C,R,P;; BEZERRA P,E,L.; COSTA, M,L.; FERNANDES, J,M,G, *Neotectônica da região amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais*, Geonomos, v, 4, p, 23-44, 1996.

DENICH, M. *Estudo da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental Brasileira*. Belém: EMBRAPA-CPATU-GTZ, 1991. 284p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias).

DIAS, A. C. R. 2005, Potencial da flora apícola do manguezal para a produção de mel no município de Bragança/Pará. *13º Seminário de Iniciação Científica: O SABER como estratégia para a qualidade de vida e o desenvolvimento da AMAZÔNIA*. Mus. Para. Emílio Goeldi, 47p.

\_\_\_\_\_. 2006. *Análise palinológica de méis de Apis mellifera, produzidos em áreas de transição (manguezal/floresta secundária) no município de Salinópolis/Pará*. Tese de conclusão de curso, Centro Universitário do Estado do Pará, Pará. 31p.

ERDTMAN, G, 1952, *Pollen morphology and plant taxonomy: Angiosperms*, Stockholm, Almqvist & Wiksell, 539p,

ERDTMAN, G, 1960, *The acetolysis method in a revised description*, Sv, Bot, Tidsk Lund, 54(4): 561-564,

FAEGRI, K, & IVERSEN, J, 1950, *Textbook of Modern Pollen Analysis*, E, Munksgaard, Copenhagen, Denmark.

FALESI, I.C., BAENA, A.R.C., DUTRA, S. Consequências da exploração agropecuária sobre as condições físicas e químicas dos solos das microrregiões do nordeste paraense. EMPRAPAICPATU, Belém, *Boi. de Pesquisa* 14, p. 1-49, 1980.

FERNANDES, A. A. F, 2007. *Pólen apícola: Produção e espécies potenciais no município de Santa Isabel, Pará*. Tese de conclusão de curso, Centro Federal de Educação Tecnológica do Pará, Pará. 72p.

FERNANDES, M,E,B, 1997, *The ecology and productivity of mangroves in the Amazon region, Brazil*, Tese de Doutorado apresentada na Universidade de York, Inglaterra, 214p.

FISCHER, E. 2000. *Polinização por morcegos Glossophaginae versus Phyllostominae em floresta de terra firme na Amazônia Central*. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FREITAS, F. O. 2002. *Uso da Palinologia em Amostras Arqueológicas de Própolis na Reconstituição da Vegetação Histórica de uma Região*. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. EMBRAPA - Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília, DF. n. 22.

GORINI M. A. & BRYAN G. M, 1976. *The tectonic fabric of the Equatorial Atlantic and adjoining continental margins: Gulf of Guinea to northeastern Brazil*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48 (suplemento):101-119.

HOFMANN, C. C. 2002. *Pollen distribution in sub-Recent sedimentary environments of the Orinoco Delta (Venezuela) – an actuo-palaeobotanical study*. Review of Palaeobotany and Palynology. 119: 191-217.

KAPP, R.O. 2000. *Pollen and spores*. American Association of stratigraphic palynologists Foundation Publication.

KJERFVE, B, & LACERDA, L,D, 1993, *Mangroves of Brazil*, Pp, 245-272, In: L,D, Lacerda (ed.), Conservation and sustainable utilization of mangrove forests in Latin America and Africa Regions, International Society for Mangrove Ecosystems, Technical reports, v,2, ITTO TS-13, v,1,

LEÃO, A.B.A. 2007, *Análise Palinológica do testemunho Cajuína, Planície Costeira de Soure, Ilha do Marajó, PA*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural da Amazônia/Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém/Pará. 92p.

LEBIGRE, J-M, *Les marais à mangrove et les tannes*, Disponível em: [http://www.futura-sciences.com/fr/print/comprendre/dossiers/doc/t/geographie/d/les-marais-a-mangrove-et-les-tannes\\_683/c3/221/p1/](http://www.futura-sciences.com/fr/print/comprendre/dossiers/doc/t/geographie/d/les-marais-a-mangrove-et-les-tannes_683/c3/221/p1/), Acesso em: 01 nov, 2007,

LIMA, J. S. & MEIRA, V. S. 2003 *Biomonitoramento da Qualidade do ar da Cidade de Salvador /Bahia, Tec, Bahia v,18 n, 1*

LUZ, C. F. P. da; BARTH, O. M; SILVA, C. G. Spatial distribution of palynomorphs in the surface sediments of the Lagoa do Campelo lake, North region of Rio de Janeiro State, Brazil. *Acta bot. Bras.*, São Paulo, v. 19, n. 4, dezembro 2005. Disponível a partir do <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-33062005000400009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062005000400009&lng=en&nrm=iso)>. acesso em 28 de Maio de 2010. doi: 10.1590/S0102-33062005000400009.

MAO, L.; ZHANG, Y., AND BI, H., 2006, Modern pollen deposits in coastal mangrove swamps from northern Hainan Island, China, *Journal of Coastal Research*, 22(6), 1423–1436, West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208,

MARIUS, C, *Mangroves du Senegal et de la Gambie: ecologie – pédologie – géochimie, mise en valeur et aménagement*, Paris: ORSTOM, 1985, (Collection Travaux et Documents, 193),

MEDEANIC, S. 2004. *The distribution of palynomorphs in the superficial sediments on the margin of the Patos Lagoon estuary, RS, Brazil, as compared with the actual vegetation*. *Iheringia*, Ser. Botânica, 59(2):183-200.

\_\_\_\_\_. 2006b. *Freshwater algal palynomorph records from the Holocene deposits in the Coastal Plain of Rio Grande do Sul. Review of Palaeobotany and Palynology*, 141(1-2): 83-101.

MIRANDA, I, P, A, 1993, *A importância da conservação in vitro do pólen da pupunheira (Bactris gasipaes Kunth) Arecaceae para o melhoramento genético*, Pp, 361-171, In: Ferreira, E, J, G; Santos, G, M.; Leão, E, L, M, & Oliveira, L, A, (Eds.), *Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia*, V, 2, SCT/INPA, Manaus,

MITSCH, W.J., GOSSELINK, J.G, 2009, *Wetlands Ecosystems*, New York: John Wiley & Sons, Inc, 295 p,

MORE, P,D, & WEBB, J,A, 1978, *An Illustrated Guide to Pollen Analysis*, Hodder and Stoughton, London, 133p,

MÜLLER, I, 1947, *Die pollen analytische nachweis der menschlichen Besiedlung im Federsee-und bodenseegebiet*, Planta, 36p,

MÜLLER, J, 1959, *Palinology of the Pedawan and Plateau Sandstone formations (Cretaceous-Eocene) in Sarawak, Malaysia*, Micropalaeontology, 14:1-37,

MUNSELL COLORS COMPANY .1975. *Munsell soil colors charts*. Baltimore.

OLIVEIRA, S, C, S, ; NETO, J, S.; GODOI, A ; CASSIANO, C, S, ; OLIVEIRA, M, I, ; FLYNN, M, N, *Fluxo de energia em marisma na região de Cananéia*, Environmental and Health World Congress, Santos, Brazil, 2006, 679-681p,

PEARSALL, D, M, 2000, *Paleoethnobotany: a handbook of procedures*, Academic Press, 280p,

PENTEADO, A.R. *Problemas de colonização e de uso da terra na Região Bragantina do Estado do Pará*. Universidade Federal do Pará, Coleção Amazônica, Série José Verríssimo, 1967.

PEREIRA, L, C, C, *A zona costeira amazônica brasileira: limite e características*, In: Anais da 59ª Reunião Anual da SBPC, 2007, v, 1, p, 405-409,

PINTO-COELHO, R, M, 2003, *Fundamentos em Ecologia*, Ed, Artes Médicas.

PROJETO RADAMBRASIL. Mapa Fitoecológico. Folhas AS-22 Belém, AS-23/24 São Luiz/Fortaleza, SB/SC-22 Araguaia/Tocantins, SB-23/24 Teresina/Jaguaribe, escala 1:1.000.000 1973/1974

PROST, M, T.; MENDES, A, (Orgs.), 2001 *Ecossistemas Costeiros: Impactos e Gestão Ambiental*, Belém-Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, 215 p,

REZENDE, W,M, & FERRADAES, J,O., 1971, *Integração geológica regional da Bacia Sedimentar da Foz do Amazonas*, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., Anais...SBG, Belém 203-214p,

RIBEIRO, M, B, 1994, *Paleovegetação e Paleoclima no Quaternário Tardio da Vereda de Águas Emendadas - DF*, Universidade de Brasília/Instituto de Geociências, Tese de mestrado, Brasília, 110 p,

RODGERS III, J. C. & HORN, S. 1996, Modern pollen spectra from Costa Rica. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. v. 124, p. 53-71

RODRIGUES, L. C. S. 2007. Análise palinológica do testemunho Bom Jesus, planície costeira interna do município de Soure, ilha do Marajó/PA, Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural da Amazônia/Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém/Pará. 102p.

RODRIGUES, W. A. Vegetação aquática dos campos alagáveis de Quatipuru, Estado do Pará. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DO BRASIL, 15., 1964, Porto Alegre, Anais.... Porto Alegre: Sociedade Botânica do Brasil, 1967. p. 221-224.

ROUBIK, D,W, & MORENO, J,E,P, 1991, *Pollen and Spores of Barro Colorado Island*, Monographs in Systematic Botany from Missouri Botanical Garden, Panama, 270 p,

RULL, V,1987, *A note on pollen counting in palaeoecology*, *Pollen et Spores*, v, XXIX (4): 471-480,

SALES, M, E, C, 2000, *Fatores ambientais influenciando no processo de fracionamento de folhas de espécies de mangue (São Caetano de Odivelas, Pará)*, Dissertação de Mestrado, Belém, Faculdade de ciências Agrárias do Pará, 52 p,

SALGADO-LABOURIAU, M, L, & RULL, V, 1986, *A method of introduction exotic pollen for palaeoecological analysis of sediments*, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 47: 97-103,

\_\_\_\_\_,1973, *Contribuição à palinologia dos Cerrados*, Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 291p,

\_\_\_\_\_. 1994. *História Ecológica da Terra*. São Paulo: Edgard Blücher. 307p.

\_\_\_\_\_. 2007. *Critérios e Técnicas para o Quaternário*. São Paulo: Edgard Blüched. 440p.

SÃO THIAGO, L,E,U, 2005, *Análise palinológica no manguezal da área de proteção ambiental (APA) de Guapimirim, Rio de Janeiro, Brasil*, Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências – Geologia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 95p,

SCHAEFFER-NOVELLI, Y, 1995, *Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar*, São Paulo, Caribbean Ecological Research,

\_\_\_\_\_. 1989, *Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o ecossistema manguezal*, Publicação esp, Inst, Oceanogr., S, Paulo, (7): 1-16,

SENNA, C, S, F, 2002, *Mudanças da Paleovegetação e dos Paleoambientes Holocênicos da Planície Costeira da Região Nordeste do Estado do Pará, entre as Baías de Marapanim e Maracanã*, Universidade do Amazonas/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, tese de doutorado, Manaus, 115 p.

\_\_\_\_\_; FERREIRA DE MELLO, C.; FURTADO, L, G, 2002, *Impactos naturais e antrópicos em manguezais do Litoral Nordeste do Estado do Pará*, IN: Gente e Ambiente no Mundo da Pesca Artesanal, Lourdes Gonçalves Furtado e Helena Doris A, Barbosa Quaresma, (Orgs.), Museu Paraense Emílio Goeldi, Coleção Eduardo Galvão, p, 209-238, il,

\_\_\_\_\_; MELLO, C, 1994. Impactos naturais e antrópicos em manguezais do litoral do nordeste do Pará, *II Workshop ECOLAB*, Anais, Amapá, p,9-11,

\_\_\_\_\_; RIBEIRO, F. C. P.; PAIVA, R. 2005. *Análise polinológica e diatomológica em sedimentos holocênicos da Baía de Marapanim-Estado do Pará*. X Congresso da ABEQUA. Workshop Baías. CD-ROM Resumos Expandidos. Guarapari/Espírito Santo. pdf 0296.

SEPOF-PA: *Características ambientais do município de Quatipuru, 2007*, Secretaria de Estado de planejamento, orçamento e finanças do Pará: Endereço Eletrônico: <http://www.sepof.pa.gov.br/> visitado na data: 10 de Março de 2008,

SILVESTRE-CAPELATO, M,S, F; MELHEM, T,S, 1997, *Flora polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil*, Família: 81- Leguminosae, Hoehnea, 24(1): 115-163,

SKOLE, D. & TUCKER, C. 1993. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: Satellite data from 1978 to 1988. *Science*, 260:1905-1910.

SOUZA FILHO, P., W., M.; SALES, M, E, da C.; PROST, M, T, R, da C.; COSTA, F, R.; SOUZA, L, F, M, de O, 2005, *Zona Costeira Amazônica: O cenário regional e os indicadores bibliométricos em C&T*, IN: Souza Filho, P., W., M.; Cunha, E, R, S, P, da; Sales M, E, da C.; Souza, L, F, M, de O.; Costa, F, R, (Org.), *Bibliografia da zona costeira Amazônica*, In: Museu Paraense Emilio Goeldi/Universidade Federal do Pará/Petrobras, Belém: 401 p,

TOMLINSON, P,B, 1986, *The botany of mangroves*, Cambridge: Cambridge University Press,

VÉLEZ, M, V, 1978, *El Ecosistema del manglares*, Uruguai: Com, Soc, Malac, v, n,34 p,347-357

VIEIRA, I.C.G. *Forest succession after shifting cultivation in Eastern Amazonia*. Stirling: University of Stirling, 1996. 205p. Tese (Doutorado).



## 8. GLOSSÁRIO

**Acetólise:** Técnica de procedimento laboratorial usada na análise de grãos de pólen e outros palinomorfos, que consiste na eliminação da intina (membrana interna do grão) e de todo o conteúdo orgânico interno do grão de pólen, clarificando a membrana externa deste, imitando o seu processo natural de fossilização.

**Alóctone:** O que não é originário da região.

**Antese:** É o ato da abertura das flores, quando um de seus órgãos sexuais (ou ambos) amadurece e o perianto abre-se, iniciando o ciclo reprodutivo das flores.

**Assembléia Polínica:** Conjunto de grãos de pólen identificados e quantificados nas amostras sedimentares.

**Autogamia:** Se faz presente nas espécies vegetais que possuem tanto o sexo feminino quanto o masculino no mesmo indivíduo. Na autogamia, verifica-se a fusão de gametas masculino e feminino em um mesmo indivíduo.

**Autopolinização:** É a transferência do pólen da antera para o estigma da mesma flor (caso que só ocorre quando a planta é hermafrodita). É pouco freqüente, ocorre na ervilha, no fumo, no algodão e em muitos cereais, com exceção do milho e centeio.

**Bioturbulência:** Processo pelo qual agentes naturais promovem em diferentes escalas o agitação do sistema.

**Biozonas:** Uma biozona (uma unidade biostratigráfica) é um corpo rochoso (por exemplo, um conjunto de estratos geológicos) definindo ou caracterizado estratigráfica e geograficamente com base no seu conteúdo fossilífero.

**Chuva polínica:** Massa de material polínico disperso na atmosfera que precipita através dos agentes biofísicos como a pressão atmosférica e a pluviosidade.

**Classificação de Köppen:** A classificação climática de Köppen-Geiger, mais conhecida por classificação climática de Köppen, é o sistema de classificação global dos tipos climáticos mais utilizada em geografia, climatologia e ecologia. A classificação foi proposta em 1900 pelo climatologista alemão Wladimir Köppen, tendo sido por ele aperfeiçoada em 1918, 1927 e 1936 com a publicação de novas versões, preparadas em colaboração com Rudolf Geiger (daí o nome *Köppen-Geiger*). A classificação é baseada no pressuposto, com origem na fitossociologia e na ecologia, de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é essencialmente uma expressão do clima nela prevalecente.

**Deposição polínica:** É o acúmulo de grãos de pólen transportados por meio aquático ou eólico em meio sedimentar ocorrendo na medida em que o meio de transporte diminui sua energia.

**Ecótono:** É o nome dado a uma região de transição entre dois biomas diferentes. No ecótono temos uma biodiversidade maior que a dos biomas em transição, pois nela se encontram espécies de ambos os biomas e, por conseguinte, grande número de nichos ecológicos.

**Espectro Polínico:** Registro palinológico, de um grupo taxonômico ou espécie em questão, avaliado através dos valores de frequência, abundância e concentração de um conjunto de amostras.

**Esporos:** As unidades de reprodução das plantas (no sentido da taxonomia de Lineu, ou seja, incluindo não só as plantas verdes, mas também as algas, os musgos e os fungos). São também denominados esporos as formas latentes de muitos animais ou seus embriões, de protistas e de bactérias.

**Estigma:** É a área receptiva do pistilo das flores, onde o grão de pólen inicia a germinação do tubo polínico. Pode estar posicionado no ápice do pistilo, ou lateralmente. É a parte achatada do carpelo, situada na sua extremidade superior; possui um líquido pegajoso que contribui para a fixação do grão de pólen.

**Exina:** É a camada mais externa da parede celular de um grão de pólen ou esporo, constituída de esporopolenina, um composto orgânico altamente resistente à ação de ácidos e bases fortes, o que facilita sua preservação durante o processo de fossilização.

**Gametófito:** A fase haplóide das plantas cujo ciclo de vida apresenta alternância de gerações. O gametófito produz gametas que dão origem ao esporófito, uma planta diplóide multicelular que, por meiose, irá produzir esporos haplóides, que darão origem a novos gametófitos

**Habitat:** É um conceito usado em ecologia que inclui o espaço físico e os factores abióticos que condicionam um ecossistema e por essa via determinam a distribuição das populações de determinada comunidade.

**Halófitas:** São plantas que desenvolvem mecanismos de adaptação à salinidade

**Haplóide:** Diz-se do núcleo celular que possui  $n$  cromossomos (ou seja, a metade do número de cromossomos de um ovo fecundado), como é o caso das células reprodutoras (gametas, por ex.)

**Hidrosere:** Denominação aplicada ao nível da vida vegetal em meio aquoso ou em local úmido, segundo a teoria da sucessão vegetal.

**Melissopalínologia:** É a parte da Palinologia que estuda os grãos de pólen em sedimentos de amostras de mel produzidos pelas abelhas eussociais, incluídas no grupo das Hymenopteras: Apoidea).

**Micron** (plural micra): É uma unidade métrica de tamanho, que é igual a um milionésimo de um metro ( $10^{-6}$ ), sendo representado por  $\mu\text{m}$ , geralmente usada para referir a faixa de tamanho ou dimensão do grão de pólen.

**Paleoclimatologia:** É o estudo das variações climáticas ao longo da história da Terra. Por isso, são estudados vestígios naturais que podem ajudar a determinar o clima em épocas passadas. As observações meteorológicas com a ajuda de instrumentos, tal como as conhecemos hoje em dia, datam de apenas há 100 ou 200 anos, dependendo do lugar. Porém, é um período muito curto relativamente às alterações sofridas pelo clima ao longo dos tempos, pois, trata-se de um período de milhares ou até milhões de anos.

**Paleoecologia:** A paleoecologia utiliza dados a partir de fósseis para reconstruir os ecossistemas do passado. Esta ciência inclui o estudo dos fósseis e os seus organismos bromalites e outros vestígios fósseis, em termos do seu ciclo de vida, suas interações, seu ambiente natural, condições da sua morte e deposição. O objetivo da Paleoecologia, pois, construir o mais detalhado possível o modelo das condições ambientais em que os organismos viviam ; esse trabalho de reconstrução envolve complexa interação entre factores ambientais (temperatura, teia alimentar, do grau de iluminação solar, etc.). Evidentemente grande parte deste complexo de dados são distorcidos ou destruídos pelos processos post-mortem de fossilização , adicionando mais uma nível de complexidade.

**Palinomorfos:** Parte preservada de diversos organismos ou estruturas orgânicas, cujas dimensões variam de 10 micra a 500 micra, estando incluídos esporos, pólen, microrganismos planctônicos e bentônicos

**Palinotaxonomia:** É a parte de palinologia destinada ao estudo taxonômico do grão de pólen.

**Polinização Anemófila:** Tipo de polinização a qual o agente dispersor do pólen é o vento.

**Polinização Hidrófila:** Tipo de polinização a qual o agente dispersor do pólen é a água.

**Polinização Zoófila:** Tipo de polinização a qual o agente dispersor do pólen é de origem animal, incluindo insetos, aves e mamíferos.

**Sedimentação:** Processo de deposição pela gravidade, de material suspenso, levado pela água, vento, água residuária, ou outros líquidos. Processo de formação ou acumulação de sedimentos em camadas.

**Sedimentos Siliciclásticos:** Sedimentos que possuem o Silício como base na sua constituição, normalmente na forma de dióxido de silício, também conhecido como sílica. Ex.: argila, granito, quartzo e areia.

**Silte:** Sedimento clástico inconsolidado, composto essencialmente de pequenas partículas de minerais diversos ou, parte de um solo, de granulometria entre 0,06 e 0,002 mm e entre 0,05 e 0,005

**Solo argiloso:** Solo de granulação muito fina ou a parte de um solo que apresenta características marcantes de plasticidade dentro de uma faixa de umidade, bem como uma elevada resistência à compressão simples. Ou ainda solo constituído essencialmente de hidrossilicatos de alumínio como o caulim

**Solo halomórfico:** Solo cuja qualificação genérica foi muito influenciada pelo excesso de sais, e cujo acúmulo é maior nas depressões

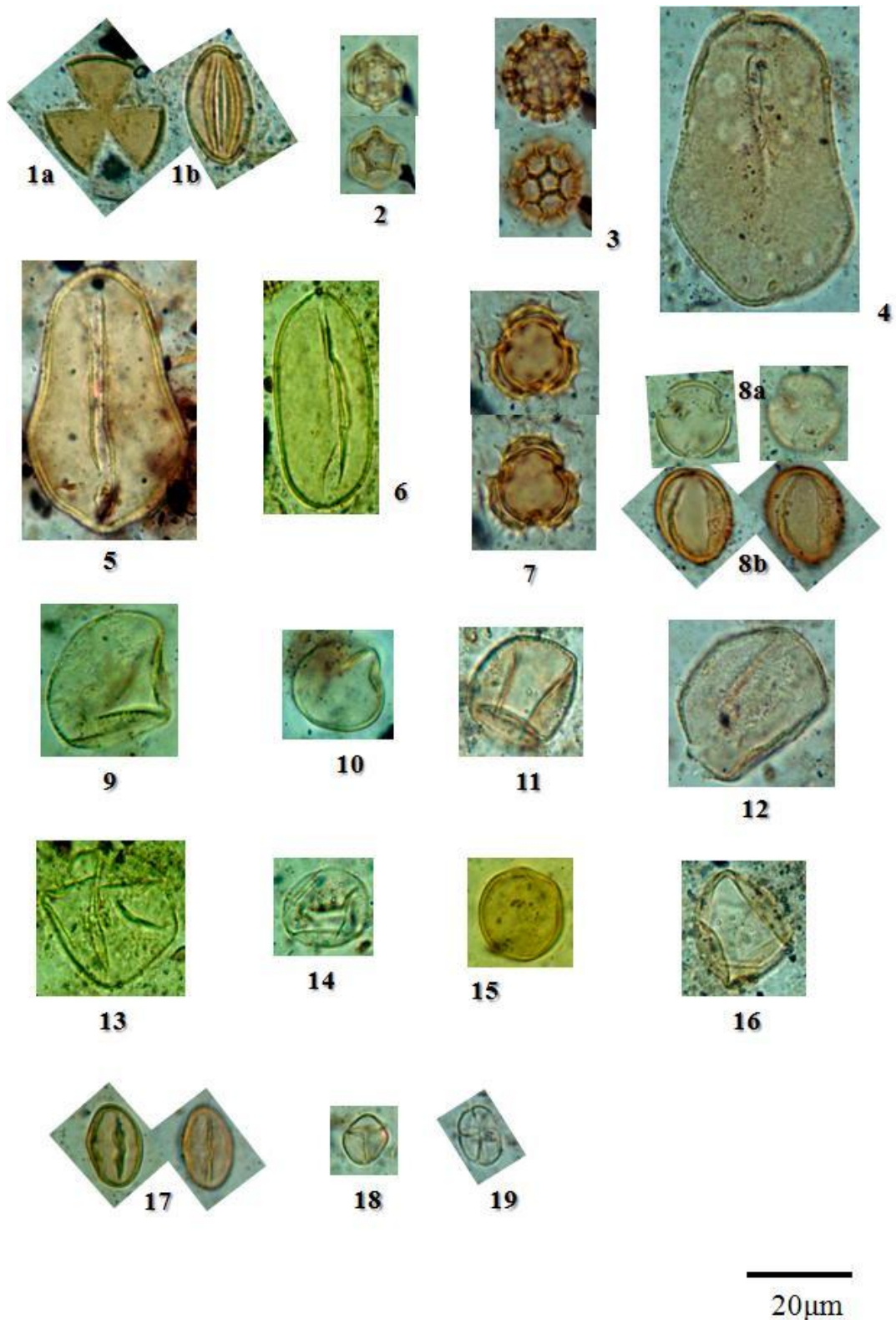
**Solo hidromórfico:** Denominação geral utilizada para solos formados sob condições de drenagem deficiente, em pântanos, brejos, áreas de surgência ou planícies, podendo ser orgânicos ou minerais.

**Tubo Polínico:** É um crescimento celular do grão de pólen em direção ao óvulo, que possibilita a fecundação nas plantas espermatófitas.

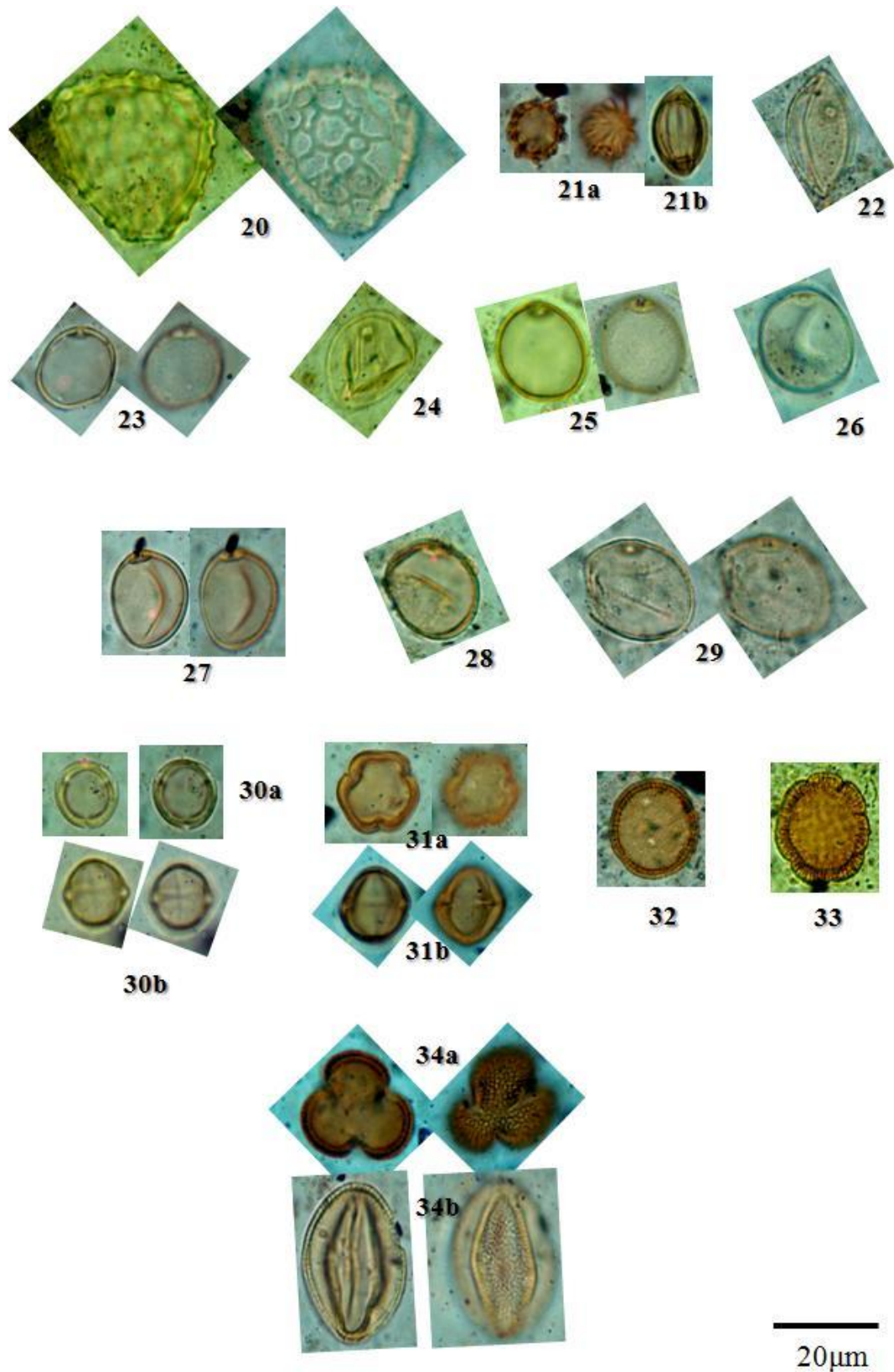
**Vegetação Higrófila:** Vegetação que se desenvolve em ambientes extremamente úmidos com regime de alagamento periódicos.

**Ventos alísios:** São ventos que ocorrem durante todo o ano nas regiões tropicais, sendo muito comuns na América Central. São o resultado da ascensão de massas de ar que convergem de zonas de alta pressão (anticiclônicas), nos trópicos, para zonas de baixa pressão (ciclônicas) no Equador, formando um ciclo. São ventos úmidos, provocando chuvas nos locais onde convergem. Por essa razão, a zona equatorial é a região das calmarias equatoriais chuvosas.

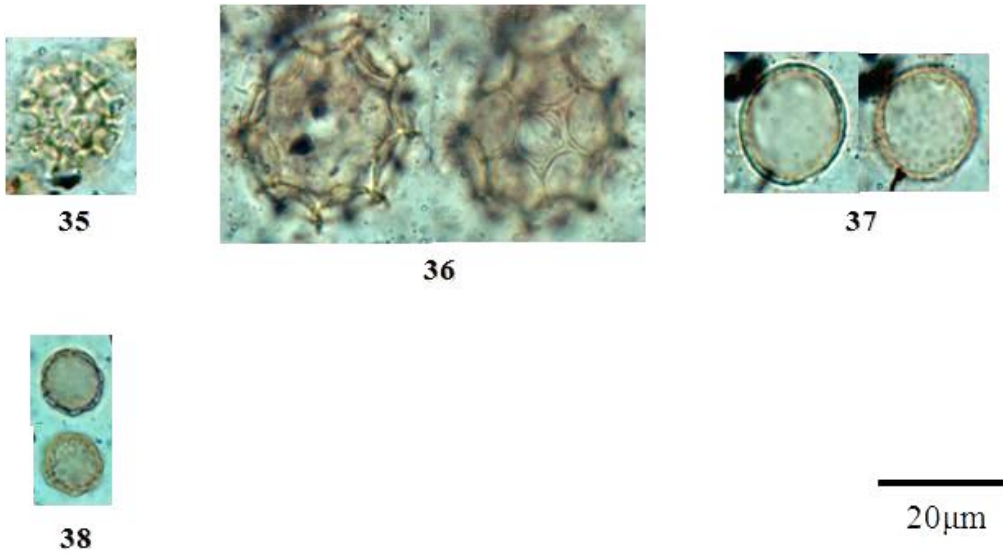
## **ANEXOS**



**Prancha 01.** AIZOACEAE: *Sesuvium portulacastrum* (1a e 1b); AMARANTHACEAE: *Alternanthera tenella* (2), *Blutaparon portulacoides* (3); ARECACEAE: *Attalea maripa* (4), *Maximilliana martiana* (5), Arecaceae tipo 1 (6); ASTERACEAE: Asteraceae tipo 1 (7); BATAACEAE: *Batis maritima* (8a e 8b); CYPERACEAE: *Cyperus* sp. (9), *Eleocharis caribaea* (10), *Kyllinga* sp. (11), *Rhynchospora* sp. (12), Cyperaceae tipo 1 (13), Cyperaceae tipo 2 (14), Cyperaceae tipo 3 (15), Cyperaceae tipo 4 (16); LEGUMINOSAE CAESALPINOIDEAE: Leguminosae Caesalpinoideae tipo 1 (17); LEGUMINOSAE MIMOSOIDEAE: *Mimosa pudica* (18), *Mimosa verrucosa* (19). Sendo “a” vista polar do grão de pólen e “b” vista equatorial do grão de pólen.



**Prancha 02.** LEGUMINOSAE PAPILIONOIDEAE: *Vigna luteola* (20); POLYGALACEAE: Polygalaceae tipo 1 (21a e 21b); POACEAE: *Andropogon* sp. (22), *Panicum* sp. (23), *Panicum fasciculatum* (24), *Paspalum* sp. (25), *Setaria* sp. (26), *Sporobolus virginicus* (27), Poaceae tipo 1 (28), Poaceae tipo 2 (29); RHIZOPHORACEAE: *Rhizophora* sp.1 (30a e 30b), *Rhizophora* sp.2 (31a e 31b); RUBIACEAE: *Spermacoce latifolia* (32), *Spermacoce verticillata* (33); VERBENACEAE: *Avicennia germinans* (34a e 34b). Sendo “a” vista polar do grão de pólen e “b” vista equatorial do grão de pólen.



**Prancha 03.** Palinomorfo Indeterminado tipo 1 (35); Palinomorfo Indeterminado tipo 2 (36); Palinomorfo Indeterminado tipo 3 (37); Palinomorfo Indeterminado tipo 4 (38).