

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI



**ANÁLISE PALINOLÓGICA DO TESTEMUNHO CAJUÚNA, PLANÍCIE COSTEIRA
DE SOURE, ILHA DO MARAJÓ, PARÁ**

ANA BERNADETTE ARRUDA LEÃO

BELÉM – PA
2007



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI**



**ANÁLISE PALINOLÓGICA DO TESTEMUNHO CAJUÚNA, PLANÍCIE COSTEIRA
DE SOURE, ILHA DO MARAJÓ, PARÁ**

ANA BERNADETTE ARRUDA LEÃO

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: Dr^a. Cristina do Socorro Fernandes de Senna

**BELÉM – PA
2007**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI



**ANÁLISE PALINOLÓGICA DO TESTEMUNHO CAJUÚNA, PLANÍCIE COSTEIRA
DE SOURE, ILHA DO MARAJÓ, PARÁ**

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 Botânica0

ANA BERNADETTE ARRUDA LEÃO

Aprovada em 30 de Outubro de 2007

COMISSÃO JULGADORA:

Presidente Orientadora: Dra. Cristina do Socorro Fernandes de Senna

Primeiro Examinador: Dra. Márcia Aguiar de Barros

Segundo Examinador: Dr. João Ubiratan Moreira dos Santos

Terceiro Examinador: Dr. Francisco Plácido Magalhães Oliveira

Coordenador do Curso: Dr. João Ubiratan Moreira dos Santos

Secretária: Maria Dagmar Sena Mariano

Dra. Cristina Senna (**MPEG**); Dr. Plácido Oliveira (**UFPA**); Dr. João Ubiratan Moreira dos Santos (**UFRA/MPEG**); Dra. Márcia Aguiar de Barros (**UFRJ**).

Leão, Ana Bernadette Arruda

Análise palinológica do testemunho Cajuúna, planície costeira de Soure, Ilha do Marajó, Pará/ Ana Bernadette Arruda Leão; Orientação de Cristina do Socorro Fernandes de Senna – Belém, 2007.

62 fl : il.

Dissertação apresentada a Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-graduação em Botânica Tropical.

Pólen – Análise – Brasil – Amazônia 2. Esporos – Análise 3. Palinomorfos - Sedimentação (Ilha do Marajó. Soure, Pará). I. Senna, Cristina do Socorro Fernandes, Orient.

CDD 571.845209811

Ao meu pai, Atualpa Rodrigues Leão (*in memorian*) pelo bonito exemplo de vida, por ter me ensinado que uma das melhores maneiras de dar um sentido à vida é fazer tudo com afeto e dedicação e por todo amor compartilhado.

Aos meus muito amados filhos, Rafael Leão Correia e Tiago Leão Correia, por me ajudarem a permanecermos juntos e bem, apesar de tantas dificuldades.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar e por me amparar nos momentos mais difíceis, mostrando-me sempre uma saída.

À minha orientadora, Drª. Cristina do Socorro Fernandes de Senna, que em sua missão de orientar me recebeu sem pré-julgamentos e com essa oportunidade, concluí meu curso de mestrado.

Ao Dr. João Ubiratan Moreira dos Santos, por incentivar-me e apoiar-me durante todo o meu curso de mestrado, pela compreensão e pela amizade.

À Drª. Helen Sótão pelo incentivo e pela simpatia que sempre me dedicou.

À Drª. Graça Zoghib pela atenção, sempre que precisei.

À Drª. Alba Lins por atender sempre com presteza minha necessidade de usar os microscópios do Centro de Botânica - CBO do Museu Paraense Emilio Goeldi - MPEG.

À Drª. Carmena Ferreira de França e Drª. Maria Teresa Prost por terem me aceitado como aluna em sua disciplina, fundamental para meu trabalho e pela atenção que me deram. Em especial à Drª. Carmena por ter cedido o testemunho com o qual trabalhei.

Ao Dr. Rosildo Paiva, pela gentileza de facilitar a confecção das fotomicrografias do meu material em seu laboratório na Universidade Federal do Pará - UFPA.

Ao Msc. Marcelo Moreno Alves da Silva, pela ajuda em minha viagem ao Marajó, no reconhecimento de minha área de trabalho e pela amizade.

À minha amiga Lívia Rodrigues (Lic), pela amizade, pelo bom humor, pelas longuíssimas conversas ao telefone, me animando e por compartilhar comigo a crença de que “entre o Céu e a Terra existem muito mais coisas do que supõe nossa vã filosofia”

Ao meu amigo Cleberson Marques Serrão (Cleber), por sua ajuda sempre presente, sua muito boa amizade e seu carinho durante todo o meu curso de mestrado.

À minha amiga Silvana Rocha por dividir comigo sua grande força interior e me ajudar na fase final do meu trabalho.

Aos meus amigos: Brenda Costa (Brendix), Elves Barreto (Elvislino), Ligia Nassar (Liginha), Marilia Santos e Sheyla Ferreira, por toda a motivação nos momentos de desânimo e dificuldade, por me apoiarem com sensatez e bom humor (muito bom humor mesmo) durante todo esse ano.

Aos meus amigos, Genilson , Alison, Eliane, Sebastião, Jefferson, Maria José e Rai, que mesmo sendo de outras turmas, sempre davam um jeitinho de estarem comigo, tecendo uma boa amizade.

Ao meu amigo Rolf Júnior Ferreira da Silva por sua amizade e por sua ajuda em meu “abstract”.

Ao Álvaro Modesto Santana do Laboratório de Paleoecologia e Palinologia da Amazônia – LAPAN/CCTE pela ajuda no laboratório e pela amizade

À Márcia Sousa (CCTE) pelo carinho e atenção com que sempre me tratou.

À Daguimar Mariano (Dag), por ter me feito “seu peixinho”, apesar da gente negar sempre.

À Lúcia (Lucita) e Wanda, (CBO/MPEG), pela atenção nos meus trabalhos no herbário e pelas orações.

À D. Maria do CCTE e D. Raimunda do CBO/MPEG, pelos cafezinhos, feijoadas, mingaus, etc. e pelos cumprimentos carinhosos á minha chegada de manhã.

À instituição MPEG/CBO e à Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA por me fornecerem toda infra-estrutura necessária para a realização desse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de ensino que facilitou muito a realização deste trabalho.

Ao Projeto Potenciais Impactos e Ricos Ambientais da Indústria do Petróleo e Gás no Amazonas -PIATAM- mar, na pessoa de seu coordenador, Dr. Pedro Walfir M. Souza Filho, pela concessão de bolsa do referido projeto, via Fundação e Amparo ao Desenvolvimento da Pesquisa FADESP, importante para a finalização desta pesquisa.

Ao Museu Paraense Emilio Goeldi / Ministério da Ciência e Tecnologia e às Coordenações de pesquisa CBO e CCTE - Centro de Ciências da Terra, na pessoa de seus respectivos coordenadores, Dra. Maria de Nazaré Bastos e Dr. Mário Jardim e Dra. Maria de Lourdes Ruivo, por me fornecerem toda infra-estrutura necessária para a realização dessa dissertação.

Aos meus amigos e vizinhos Mariza Felipe, por todo apoio, incentivo, e-mails adoráveis e boas conversas e Daniel Moraes, pelas caronas imprescindíveis até ao Museu.

À amiga e vizinha Cely Nunes, pelo apoio, carinho e amizade.

À amiga e vizinha Maria Eliete Oliveira, pela amizade e conversas “espirituais”.

.À amiga e vizinha Renata Soares pelo apoio “espiritual” e pela boa amizade.

Aos meus filhos Rafael e Tiago, por tornarem a informática tão “simples” para mim e por relevarem meus momentos de destempero, (um pouco mais freqüentes), nessa última fase do meu trabalho.

À minha mãe, Maria de Nazareth Arruda Leão, por ter me educado com rigor, sempre “ali, com rédeas curtas,” e assim, me preparado para a vida com propriedade

À minha tia Dora Carolina de Arruda Santos, pelo incentivo em longas conversas ao telefone, pelas orações e carinho.

Enfim, a todos que diretamente ou não, estiveram comigo nesse caminho, que sabem como é difícil e não desacreditaram um instante sequer de que eu seria capaz de toda superação. Foi fundamental a força de vocês nesse período desafiador; estou mais forte por isso. E foram vocês que me deram esse “lastro”, em alto e bom “som”.

Obrigada, do fundo do meu coração,
Berna.

“Quando se viaja em direção a um objetivo, é muito importante prestar atenção no caminho. O caminho é o que sempre nos ensina a melhor maneira de chegar, e nos enriquece, enquanto o estamos cruzando”.

Paulo Coelho, em “O diário de um Mago”.

RESUMO

Análise palinológica do testemunho Cajuúna, Planície Costeira de Soure, Ilha do Marajó, Pará.

Este trabalho apresenta uma análise dos palinomorfos (pólen e esporos), contidos em sedimentos holocênicos do testemunho Cajuúna da Planície de Maré de Soure, Ilha do Marajó, Pa. Foram identificados e quantificados, no mínimo, 300 grãos de pólen por subamostra, além dos esporos e pólen exótico, resultando em 21 táxons. A leitura das flutuações dos palinomorfos ao longo dos níveis estratigráficos, nos diagramas polínicos, possibilitou a individualização de eventos climáticos e também de possíveis mudanças na composição vegetal da área estudada. A análise palinológica foi realizada em um testemunho de 3,80 m da porção de supra maré da planície de maré de Soure. Desse testemunho, foi analisada a porção de 2,06m até o topo do testemunho. Quatro zonas palinológicas foram identificadas observando-se a mudança e composição dos palinomorfos ao longo da seqüência sedimentar, datada na base em 2,767 anos \pm 40 anos A.P. e no topo, 564 anos A.P. A dominância de ambiente de manguezal ao longo de todo testemunho é registrada pela presença do pólen de *Rhizophora*, que apresentou abundância máxima de 95,33%. A variação ocorrente na hidrodinâmica e hidrologia, tanto regional como local, parecem ter provocado a redução da dominância do pólen de *Rhizophora* tipo 1 e o incremento de *Rhizophora* tipo 2, o que veio acompanhado de um aumento da abundância de outros tipos polínicos indicadores de ambientes de restinga e várzea. Através da análise polínica dos sedimentos de superfície foi possível conhecer a atual deposição de palinomorfos e novamente a dominância evidente do manguezal. Os índices ecológicos avaliaram as mudanças ocorridas através das análises de riqueza, diversidade e eqüitabilidade. De modo que esse registro polínico pretende fornecer dados para a informação da evolução do Holoceno superior na zona costeira paraense.

Palavras-chave: Palinomorfos terrestres, processos de sedimentação, manguezal, zona costeira.

ABSTRACT

Analysis of the witness palinológica Cajuúna, Coastal Plain of Soure, Island of Marajó, Pará

This paper presents an analysis of palinomorfos (pollen and spores), contained in the sediments holocénicos testimony Cajuúna the Plain of Tide dE Soure, Island of Marajó, Pa. Have been identified and quantified, as a minimum, 300 grains of pollen per sub-sample, in addition to the spores and pollen exotic, resulting in 21 taxa. The reading of fluctuations of palinomorfos over the stratigraphic levels in pollen diagrams, enabled the individualization of weather events as well as possible changes in plant composition of the area studied. The analysis palinológica was made in a testimony to the portion of 3.80 m above the plains of tide tide of Soure. That testimony was considered a portion of 2.06 m to the top of the witness. Four areas were identified pollen and there is a change and composition of palinomorfos along the sedimentary sequence, dated on the basis of 2.767 years \pm 40 years A.P. And at the top, 564 years A.P. The dominance of the environment largely over all testimony is recorded by the presence of pollen from Rhizophora, who presented abundance maximum of 95.33%. The change occurring in the hydrodynamic and hydrology, both regionally and locally, seem to have caused a reduction in the dominance of the pollen of Rhizophora type 1 and the increase of Rhizophora type 2, which was accompanied by an increase in the abundance of other kinds of pollen indicators environments restinga and the várzea. Through the analysis of sediments in the area were unable to meet the current deposition of palinomorfos and again the dominance of the largely evident. The indices evaluated ecological changes through the analysis of richness, diversity and equitability. In order that registration guide aims to provide data for the information of the evolution of Holocene higher in the coastal zone of Paraense.

Key-words: Palynomorphs, process of sedimentation, mangrove, coast zone of Pará state

SUMÁRIO

	p.
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	9
3.1.1. O Litoral Paraense.....	9
3.1.2. Localização e acesso à área de estudo.....	10
3.1.3. Condições climáticas e meteorológicas.....	11
3.1.4. Solo.....	11
3.1.5. Condições hidrográficas.....	11
3.1.6. Relevo.....	12
3.1.7. Vegetação.....	15
a) Manguezal.....	15
b) Restinga litorânea.....	17
c) Várzeas de maré (Igapó).....	19
3.2. ATIVIDADES DE CAMPO.....	20
3.2.1. Coleta do Testemunho.....	20
3.2.2. Coleta de amostras de superfície do solo.....	21
3.2.3. Coleta de fragmentos de material botânico.....	22
3.3. PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS	22
3.3.1. Descrição do testemunho.....	22
TESTEMUNHO CAJUÚNA.....	23
3.3.2. Datação ¹⁴ C.....	24
3.3.3. Análise palinológica.....	24
a) Extração de sub-amostras.....	25
b) Introdução de pólen exótico.....	25
c) Técnica de KOH - 10%.....	26
d) Tamisação.....	26
e) Acetólise.....	26
f) Técnica de HF.....	27
g) Técnica de HCL.....	27
h) Montagem e lutagem de lâminas permanentes.....	27
i) Identificação e contagem de palinomorfos.....	27
j) Fotomicrografias.....	28
3.3.4. Índices ecológicos.....	28
3.3.5. Abundância relativa e concentração de tipos polínicos.....	29
3.3.6. Diagramas palinológicos.....	30
3.3.7. Associação das assembléias polínicas com as formações vegetais	30
a) Manguezal.....	30
b) Restinga.....	30
c) Várzea / Igapó.....	31
d) Pólen não identificado.....	31
e) Briófitas / Pteridófitas.....	31

f) microforaminíferos.....	31
4. RESULTADOS.....	31
4.1. AMOSTRAS DE SUPERFÍCIE.....	31
a) Amostra CJ 9.....	32
b) Amostra CJ 10.....	32
c) Amostra CJ 11.....	33
d) Amostra CJ 12.....	33
e) Amostra CJ 13.....	33
f) Amostra CJ 15.....	34
4.2. TESTEMUNHO CAJUÚNA (TC).....	39
4.2.1. Descrição sedimentar.....	39
4.2.2. Datação ¹⁴ C.....	40
4.2.3. Descrição das zonas palinológicas e análise dos índices ecológicos das amostras do testemunho Cajuúna (TC).....	41
5. DISCUSSÃO.....	47
5.1. DEPOSIÇÃO ATUAL DE SUPERFÍCIE.....	47
5.2. O TESTEMUNHO TC.....	48
6. CONCLUSÕES.....	53
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
8. ANEXOS.....	61
9. GLOSSÁRIO	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Testemunhos de sondagem na zona costeira do Estado do Pará, com a análise de palinomorfos. Os sítios são: BJ=Bom Jesus; Cj=Cajuúna; Pq=Pesqueiro; BV=Barra Velha; It=Itupanema; LC=Lagoa Curuçá; LCr=Lago Crispim; LA=Lago do Aranha; Tb=Taperebal; PB=Península de Bragança (Senna <i>et al</i> , 2007).....	4
Figura 2.	Mapa de localização dos Setores da Zona Costeira Paraense (Alves <i>et al.</i> , 2005).....	9
Figura 3.	Localização da área de estudo (Landsat TM 1995, composição 5R4G3B), com o ponto de coleta do testemunho TC assinalado. Adaptado de França (2003).....	10
Figura 4.	Mapa morfológico da zona costeira de Soure e Salvaterra, elaborado a partir da interpretação de fotografias aéreas de 1996 e imagem Landsat TM 5 de 1995 (França, 2003).....	14
Figura 5.	Manguezal no município de Soure, ilha de Marajó (PA). Alves (2006).....	16
Figura 6.	Mapa da zona costeira paraense destacando a distribuições dos manguezais. Adaptado de Souza Filho (2005).....	17
Figura 7.	Restinga no município de Soure, ilha de Marajó (PA). Fonte: Alves (2006).....	18
Figura 8.	Mata de várzea no município de Soure, ilha de Marajó (PA). Fonte: Alves (2006).....	20
Figura 9.	Coleta de testemunho por vibra-core. Fonte: Senna (2002).....	21
Figura 10.	A) Coleta de amostra de superfície, dezembro/2006 e B) Material botânico fértil. (Rhizophoraceae), junho/2006.....	22
Figura 11.	Perfil estratigráfico “Cajuúna” (TC): a) base: areia fina cinza-esbranquiçada com estratificação planoparalela, inclinada de baixo ângulo e acanalada (AP), intercalada com camadas delgadas de estratificação heterolítica <i>lenticular</i> e <i>wave a flaser</i> (HL e HWF), marcas onduladas; b) porção média: acamamento heterolítico <i>lenticular</i> (HL) com estruturas de bioturbação, <i>wave</i> e <i>flaser</i> (HWF), intercalações de areia fina plano-paralela a inclinada de baixo ângulo (AP); c) topo: lama cinza <i>stripe lamination</i> (SL) e lama maciça cinza escura a negra com abundância de raízes (LO),(França, 2003).....	23
Figura 12.	Corte esquemático longitudinal (do TC, ressaltado). Adaptado de França (2003).....	24
Figura 13.	Coleta das amostras sedimentares do testemunho Cajuúna (TC), janeiro/2006.....	25
Figura 14.	Amostra de superfície segundo a riqueza (S) do Testemunho Cajuúna.....	34
Figura 15.	Amostra de superfície segundo diversidade (H') do TC.....	35
Figura 16.	Amostra de superfície segundo equitabilidade (E) do TC.....	35
Figura 17.	Diagrama palinológico de abundância dos táxons encontrados nas amostras de superfície sedimentar do TC.....	36

Figura 18.	Diagrama palinológico de concentração dos táxons encontrados nas amostras de superfície sedimentar do TC.....	37
Figura 19.	Diagrama palinológico de presença dos táxons encontrados nas amostras de superfície sedimentar do TC.....	38
Figura 20.	Litologia do testemunho sedimentar Cajuúna com nova descrição.	40
Figura 21.	Diagrama palinológico de abundância relativa dos táxons encontrados nas amostras do testemunho TC. (Beta- 232412-2.730 anos A.P. - 0,4 mm / ano).....	44
Figura 22.	Diagrama palinológico de concentração dos táxons encontrados nas amostras do testemunho TC. (Beta- 232412-2.730 anos A.P.- 0,4 mm / ano).....	45
Figura 23.	Diagrama palinológico de presença dos táxons encontrados nas amostras do testemunho TC. (Beta- 232412-2.730anos- 0,4 mm / ano).....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Correlação dos eventos de variação do nível do mar, suas datações, ambiente característico e tipo polínico dominante em alguns estudos palinológicas realizados na zona costeira paraense (modificado de Rodrigues 2007).....	8
Tabela 2.	Descrição morfológica das amostras de superfície área de intermaré, planície de Soure, ilha de Marajó-PA.....	32
Tabela 3.	Descrição peso, cor e textura dos intervalos sedimentares do testemunho Cajuúna (TC) planície de maré de Soure, Ilha de Marajó-PA.....	39
Tabela 4.	Idade calibrada para o testemunho Cajuúna (CJ), com base no testemunho Bom Jesus (TBJ), planície de maré de Soure, Ilha de Marajó-PA.....	41
Tabela 5.	Lista dos tipos palinológicos identificados nos sedimentos de superfície e profundidade, quanto ao hábito e a formação vegetal.....	44

1. INTRODUÇÃO

A Terra experimentou eventos de glaciação, há aproximadamente entre 2,5 e 1,7 milhões de anos AP (antes do presente), época que teve início o Pleistoceno, que se caracterizou por uma alternância entre condições climáticas úmidas e semi-áridas nas regiões tropicais e subtropicais, que corresponderam às fases glaciais e interglaciais nas regiões de altas latitudes.

O Pleistoceno (entre 1,7 a 2 milhões de anos) começou com profundas mudanças mundiais, caracterizadas por glaciações onde houve queda de temperatura, com rebaixamento do nível do mar, consequentemente mudando o padrão de distribuição geográfica dos organismos. O último desses rebaixamentos terminou há cerca de 10 mil anos e deu início ao Holoceno (SALGADO-LABOURIAU, 2007).

O Holoceno também trouxe mudanças ambientais, há aproximadamente 10 mil anos e as alterações climáticas não foram tão fortes quanto no Pleistoceno. A umidade retornou e o novo regime de precipitações propiciou inundações, alterações do nível relativo do mar e dos lagos e a instalação de curtas fases mais secas que a atual. Houve um rápido levantamento do nível do mar no início desse período interglacial (RODRIGUES, 2006; SALGADO-LABOURIAU, 2007).

O aumento do conhecimento relacionado aos eventos que ocorreram durante o Neógeno Superior, principalmente no que se refere às mudanças climáticas, estimulou inúmeros especialistas a buscar, em vários ramos da ciência, evidências que pudessem elucidar a distribuição atual de plantas e animais, relacionando-se à sua história evolutiva (SALGADO-LABOURIAU, 1994). Dentre esses ramos destacamos a Palinologia, que é um dos ramos da Botânica que estuda a morfologia dos grãos de pólen e de esporos, além dos mecanismos de dispersão, deposição e preservação dos mesmos.

A análise do pólen contido em sedimentos é uma das abordagens científicas que têm sido usadas para detectar as mudanças de vegetação e do clima no decorrer do tempo em uma região, levando ao conhecimento dos ecossistemas pretéritos e fornecendo subsídios à compreensão de sua evolução ecológica e de sua susceptibilidade a alterações (SENNA, 2002). Se à análise do pólen, juntarmos a análise dos esporos de pteridófitas e briófitas que se encontram preservados nestes mesmos sedimentos, o quadro fica ainda mais completo. (SALGADO-LABOURIAU, 1994).

A evolução da análise palinológica, aliada a um maior volume de estudos permitiu que se percebesse que os grãos de pólen apresentam morfologia diferente para cada grupo de

espécies de plantas, possibilitando atualmente, que se possa reconhecer a que grupo taxonômico pertence determinado tipo polínico (SALGADO-LABOURIAU, 1994).

Para que este estudo seja possível, é necessária uma seqüência de tratamentos químicos e físicos que permitam eliminar, ou reduzir muito os outros componentes do sedimento, tais como silicatos, carbonatos, lignina, celulose, e outros. Dentre estes processos, podemos destacar a acetólise, responsável pela destruição da camada celulósica do grão de pólen e outras partículas, resultando na melhor visualização deste grão.

O pólen é o elemento fecundante das plantas superiores e tem a função de proteger o gametófito masculino até que haja o desenvolvimento do tubo polínico no estigma da flor. Assim sendo, 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 (MIRANDA, 1993).

A parede externa do grão de pólen, denominada exina, é constituída por um polímero de extrema ductibilidade, a esporopolenina (composto estável de politerpeno), é a substância responsável pela elevada resistência desta camada. A exina é formada por duas camadas; a nexina, mais interna e sem ornamentação e a sexina cujo padrão de deposição e ornamentação segue código genético característico do grão de pólen, apresentando estruturas definidas geneticamente, que podem ser usadas para uma caracterização taxonômica (SALGADO-LABOURIAU, 1973).

Esporos são as estruturas reprodutivas assexuadas de plantas vasculares inferiores como briófitas e pteridófitas (Absy, Absy & Servant, 1993). Possuem a estrutura da parede da exina muito diferente das angiospermas e gimnospermas. Não há divisão sexina-nexina, bem como, feições correlatas a aberturas, presentes nos grãos de pólen (ABSY, ABSY & SERVANT, 1993).

A identificação e a classificação de pólen e esporos seguem um padrão de análise morfológica que considera forma, tamanho, número de aberturas, arranjo dos grãos e ornamentação da exina (FAEGRI & IVERSEN, 1950). Essas características fazem com que pólen e esporos tornem-se excelentes instrumentos para a reconstituição da história vegetacional pretérita do Neógeno.

A reconstituição de paleoambientes torna-se possível quando se relaciona o pólen fóssil com gêneros ou espécies modernas, o que faz do Holoceno o período mais apropriado para este tipo de análise uma vez que não ocorreu a extinção significativa de plantas. (SALGADO-LABORIAU, 1994).

Umas das vantagens do uso do grão de pólen e esporos como biomarcadores deve-se ao fato de os mesmos serem produzidos em grande quantidade, suas paredes externas são

muito resistentes à decomposição e podem ficar preservados por milhões de anos (SALGADO-LABORIAU, 1994).

A abordagem multidisciplinar que a Palinologia e a Paleoecologia propiciam, fornecem muitas informações sobre a migração de plantas, a composição da vegetação e as flutuações climáticas durante o Holoceno.

As variações da vegetação de uma região ao longo de sua história podem ocorrer por uma série de fatores, como as alterações climáticas; mudanças na riqueza e abundância de animais presentes no local, os quais influenciam na paisagem através do consumo, polinização e disseminação de plantas, pólen e sementes. Ainda há fatores de maior impacto como terremotos, maremotos, erupções vulcânicas e até mesmo queda de asteróides que podem causar profundas transformações no ambiente fazendo com que muitas espécies de plantas, antes presentes e adaptadas ao ambiente, com as mudanças das condições destes, não consigam mais sobreviver, sendo suplantadas por outras espécies (FREITAS, 2002).

O levantamento de informações paleoecológicas pode levar ao conhecimento dos ecossistemas pretéritos, fornecendo subsídios à compreensão da evolução ecológica de uma região e de sua susceptibilidade a alterações. Essas podem ocorrer naturalmente em função de mudanças climáticas ou por interferência antrópica. Com isso é possível prever novas modificações e planejar atividades futuras (RIBEIRO, 1994).

Conhecer melhor a dinâmica de funcionamento dos ambientes costeiros permitirá acessar dados científicos e tecnológicos importantes para o monitoramento e manejo dessas áreas, uma vez que não se pode conservar de modo satisfatório os ambientes sem conhecê-los, assim como entender a relação entre o homem e os diversos ambientes.

Deste modo, este trabalho pretende contribuir com dados palinológicos holocênicos oriundos da planície costeira do município de Soure da ilha de Marajó no estado do Pará, que se somando aos estudos já realizados na zona costeira paraense, vise a importante reconstrução paleoambiental, paleoecológica e paleoclimática da área em questão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A evolução holocênica dos ecossistemas costeiros amazônicos certamente integra eventos globais de variação do nível do mar, ainda pouco conhecidos. Estudos realizados nas ultimas décadas demonstraram diferentes tendências de variação do nível do mar, em escala global, regional e local, durante os últimos 7.000 anos A.P., com fortes impactos na composição e na distribuição da biota costeira (SENNA & ABSY, 2003).

Conforme Senna (2003), as pesquisas palinológicas na Amazônia estão concentradas tanto nas áreas continentais quanto costeiras, considerando os biomas amazônicos e o litoral norte, porém ainda com poucos pontos estudados (Figura 1). Assim, serão apresentadas, algumas das principais pesquisas efetivadas na zona costeira paraense, necessárias à compreensão da história da paleovegetação costeira holocênica, suas relações com outros biomas e a composição das espécies.

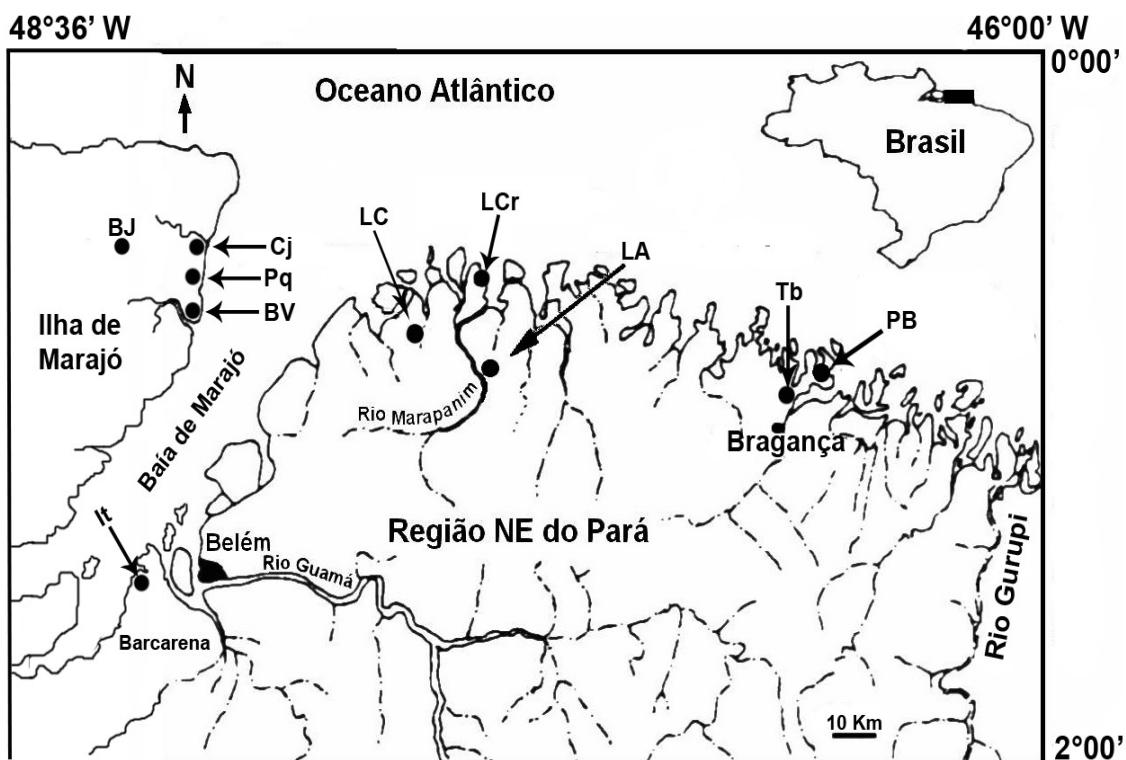


Figura 1. Testemunhos de sondagem na zona costeira do Estado do Pará, com a análise de palinomorfos. Os sítios são: BJ=Bom Jesus; Cj=Cajuúna; Pq=Pesqueiro; BV=Barra Velha; It=Itupanema; LC=Lagoa Curuçá; LCr=Lago Crispim; LA=Lago do Aranha; Tb=Taperebal; PB=Península de Bragança (Senna *et al*, 2007).

Na Planície Costeira do Estado do Pará, a análise palinológica em sedimentos de manguezais holocênicos encontra nos trabalhos de Behling & Costa (2001); Behling *et al.* (2001); Senna (2002); Senna & Oliveira (no prelo); Behling *et al.* (2004) alguns de seus registros mais recentes, juntamente com os de Cohen *et al.* (2005) e Vedel *et al.* (2006).

Na Lagoa Curuçá, de acordo com Behling (2001), os registros palinológicos apontam a ocorrência de mangue, principalmente indicado pela presença de *Rhizophora* sp., entre 7.250 – 5.600 anos A.P. A redução na quantidade de pólen de *Rhizophora* sp. e a substituição de mangue a partir de 5.500 anos A.P. por tipos polínicos de palmeiras, *Mauritia/Mauritiella*, sugere evento regressivo. Novo período transgressivo é evidenciado a partir de 3.100 anos A.P., considerando ainda presença de *Byrsonima* e *Poaceae*, devido provavelmente, à ação antrópica na região (BEHLING, 2001).

Os diagramas polínicos para o lago do Crispim, município de Marapanim, revelaram três zonas de mudança na cobertura vegetal, da base para o topo do testemunho, influenciadas pelas variações do nível do mar (BEHLING & COSTA, 2001). A partir de 7.640 anos A.P., a vegetação do lago, outrora uma floresta densa representada pelo pólen de *Sympmania*, *Virola*, *Mabea*, *Moraceae/Urticaceae*, ainda com a presença de alguns elementos de restinga, como *Byrsonima*, *Clusia* e *Copaifera*, foi substituída por elementos de mangue, com dominância do pólen de *Rhizophora* e *Avicennia*, que cobriram a área do lago nessa época. Na zona intermediária, há um decréscimo das espécies de mangue, ao contrário de um gradual aumento de elementos de um pântano, evidenciado pelo pólen das palmeiras *Mauritia/Mauritiella*, indicando provável regressão marinha (6.620 – 3.630 anos A.P.). Na zona superior, a partir de 3.630 anos A.P., houve provavelmente outra transgressão marinha, entretanto, a vegetação de mangue esteve próxima ao lago do Crispim. Houve a substituição de palmeiras por *Cyperaceae*, formando um pântano herbáceo, além do recobrimento de florestas e restingas por campos salinos (BEHLING & COSTA, 2001).

Na península de Bragança, segundo Behling *et al.* (2001), a partir de sondagens em três áreas de manguezal realizadas em um Bosque de *Avicennia*, Campo Salino e Furo do Chato, houve substituição de um ecossistema florestal, caracterizado pela presença de pólen de *Virola*, *Anacardium*, *Mimosa* e *Myrtaceae* anterior há 5.200 anos A.P. por manguezais, caracterizado por pólen de *Rhizophora* e de *Avicennia*. Registros datados em torno de 5.120 A.P. apontam a cobertura da porção mais elevada da península por mangue, sugerindo mais alto nível marinho (BEHLING *et al.*, 2001).

Segundo Senna (2002), no Lago da Aranha, município de Magalhães Barata, a análise palinológica demonstrou a ocorrência de três fases de mudança na paleovegetação. A mais antiga datada de 6.850 ± 40 anos A.P. (Beta-157303), apresenta dominância de manguezal pela presença de pólen de *Rhizophora*. Em 4.943 ± 40 anos A.P. (Beta-157302) houve a redução de pólen de mangue, indicando a substituição desta vegetação por espécies vegetais de pântanos de água doce, cujas assembleias são representadas principalmente pelo pólen de *Dioclea*, *Mauritia* e *Sympmania*, associadas a uma provável regressão marinha. A zona superior do diagrama polínico mostra uma nova transgressão marinha, com nova implantação

de florestas de mangue mais diversificadas, com *Avicennia* como tipo polínico dominante, seguido pelo pólen de *Rhizophora*, entretanto este manguezal ocorria juntamente com elementos de várzea como *Machaerium*, *Euterpe*, *Hibiscus* e *Pterocarpus*, datados a partir de 2.350 ± 40 anos A.P. (Beta -1057300).

A abundância, composição e os índices ecológicos, riqueza, diversidade específica e equabilidade de tipos polínicos ao longo do testemunho Lago da Aranha, coletado no limite mangue/várzea do estuário do rio Marapanim, Estado do Pará, são discutidos em outro artigo (SENNA & OLIVEIRA, no prelo). As três paleozonas ecológicas definidas através de análises palinológicas (Senna, 2002) são reavaliados em termos dos impactos que as variações do nível do mar tiveram sobre as comunidades vegetais integrantes dos ecossistemas costeiros e subcosteiros do funil estuarino, ao longo do Holoceno. Ainda, segundo esses autores, a diversidade avaliada através do Índice de Shannon, alcançou os menores valores no manguezal basal ($H'=0,4$), resultante da transgressão marinha, com duas espécies, enquanto os valores de diversidade no igapó sobrejacente, a partir de fenômenos regressivos, foram bem maiores ($H'=3,34$), com 57 espécies. Na porção superior, com nova transgressão marinha, o manguezal que ocorre juntamente com a várzea apresentou diversidade próxima do igapó ($H'=3$), com 30 espécies.

A composição polínica foi comparada através de análise de similaridade (Índice de Jaccard), com vários paleoambientes holocênicos costeiros ao longo da costa leste da América do Sul. Assim, através do registro polínico fóssil, obtiveram-se estimativas quantitativas da história holocênica de ecossistemas costeiros neotropicais, em associação com diversos outros ecossistemas amazônicos.

Senna *et al.* (2005), em análise conjunta de pólen e diatomáceas no mesmo testemunho do Lago da Aranha, definiram 105 tipos polínicos e 73 espécies de diatomáceas. As análises palinológicas individualizaram três biozonas, fortemente relacionadas com as variações do nível do mar durante o Holoceno (SENNA & OLIVEIRA, no prelo). As análises de diatomáceas, entretanto, mostraram mudanças na composição das espécies, definindo cinco biozonas.

No estudo do ecossistema de manguezal da Península de Bragança, Estado do Pará, as análises dos sedimentos e polínica, foram usadas com sucesso como indicadores de antigos níveis marinhos, revelando dois eventos transgressivos, que definiram a distribuição espacial do manguezal nesta área durante o Holoceno (COHEN, 2003). O autor evidencia que a área de estudo foi inundada por um rápido aumento pós-glacial do nível do mar. A estabilização desse nível de mar ao redor de 5.100 anos A.P. resultou no desenvolvimento de manguezais na Península de Bragança. Provavelmente, entre 1.800 e 1.400 anos A.P. ocorreu uma descida máxima em torno de 1m abaixo do nível do mar atual, seguindo um gradual aumento até

1.000 anos A.P, quando foi restabelecido o atual nível. Entre 5.100 e 1.000 anos A.P, o nível relativo do mar em Bragança, provavelmente, nunca superou o atual.

Nesse trabalho foram integrados dados de estratigrafia com dados palinológicos, indicando dois períodos secos com relativa baixa freqüência de inundação durante os últimos 1.000 anos. O primeiro evento provavelmente se estendeu por um período de 500 anos e ocorreu entre 860 e 370 anos A.P. O segundo começou 200 anos A.P. e terminou provavelmente por volta de 100 anos A.P. Estes dois eventos secos estão temporalmente sincronizados com “A Pequena Idade do Gelo”, caracterizada por períodos secos na América do Sul e avanço de geleiras. Este estudo também indica que os manguezais de Bragança encontram-se migrando para zonas topográficas mais elevadas da península durante as últimas décadas, sugerindo um aumento do nível relativo do mar (COHEN, 2003).

Nos estudos de Behling *et al.* (2004), para a Barra Velha e Praia do Pesqueiro na ilha de Marajó-Pará, a análise dos testemunhos indica a ocorrência de vegetação de mangue em Barra Velha a 2.750 anos A.P., enquanto que na Praia do Pesqueiro ocorreu este mesmo processo a 650 anos A.P., com dominância de pólen de *Rhizophora* e rara ocorrência de *Avicennia* e *Laguncularia*. A ocorrência de vestígios de vegetação herbácea e arbustiva em período intermediário entre 2.750 – 740 A.P. em Barra Velha e entre 650 -530 A.P. na Praia do Pesqueiro e a substituição desta vegetação por espécies de mangue, com redução das áreas de restinga, sugere maior influência de descarga do rio Amazonas e uma elevação do nível do mar durante os últimos 200 – 250 anos A.P.

Costa *et al.* (2004) analisaram sedimentos de mangue de Bragança (PA) através de estudo multidisciplinar, incluindo dados palinológicos, mineralógicos, geoquímicos e datações radiocarbônicas. Foram identificadas três zonas duas referentes à porção superficial do perfil, depositadas sob baixa taxa de sedimentação durante os últimos 1770 anos A.P. A terceira zona está relacionada a sedimentos alcalinos oxidantes depositados sob altas taxas de sedimentação entre 2170 e 1770 anos A.P. O diagrama polínico evidencia predomínio de clima úmido, contribuição marinha, forte oxidação e evaporação próximas à superfície que foram evidenciadas através da composição química e mineralógica dos sedimentos.

O testemunho Taperebal, analisado por Vedel *et al.* (2006), com 450 cm de profundidade, foi coletado em uma área de mangue na planície costeira adjacente à península de Bragança, no nordeste do Estado do Pará, onde foram caracterizados com base na composição polínica e em datações ^{14}C , três ecossistemas: manguezal, floresta tropical amazônica e restinga. As áreas de floresta tropical amazônica e de restinga diminuíram nesse período, conforme as mudanças de vegetação registradas, o que reflete um aumento relativo do nível do mar ao redor de 6.500 e 5.950 A.P. Percebe-se ainda um hiato no intervalo entre 115 e 85 cm, iniciado ao redor de 5.950 e 5.750 A.P., sugerindo uma diminuição relativa do

nível do mar. Se a cronologia estiver correta, isso explicaria o desenvolvimento recente de manguezais, quando comparado a outros locais do litoral brasileiro. A partir da análise desses sedimentos e da assembléia de pólen encontrada, com a predominância de *Rhizophora*, percebe-se um aumento relativo do nível do mar. A atividade antropogênica parece não ter tido qualquer impacto nestes ecossistemas durante o período estudado (VEDEL *et al*, 2006).

Os estudos palinológicos em depósitos sedimentares holocênicos na zona costeira paraense se encontram representados na tabela 1.

Tabela 1. Correlação dos eventos de variação do nível do mar, suas datações, ambiente característico e tipo polínico dominante em alguns estudos palinológicas realizados na zona costeira paraense (modificado de Rodrigues 2007).

Evento Marinho	Datações (anos A. P.)	Local	Ambiente	Tipo Polínico	Palinomorfos
Transgressão	Ultimas décadas	Taperebal (Vedel <i>et al.</i> , 2006)	Mangue	<i>Rhizophora</i>	 <i>Rhizophora</i>
	650 -530	Pesqueiro (Behling <i>et al.</i> , 2004)	Mangue	<i>Rhizophora</i>	
	A partir de 1.000	Península de Bragança (Cohen, 2003)	Mangue	<i>Rhizophora</i>	
	2.170 - Atual	Bragança (Behling <i>et al.</i> , 2001)	Mangue	<i>Avicennia/Rhizophora</i>	
	2.350 - Atual	Lago da Aranha (Senna 2002)	Mangue	<i>Avicennia</i>	
	2.750 - 740	Barra Velha (Behling <i>et al.</i> , 2004)	Mangue	<i>Rhizophora</i>	
	3.130 - Atual	Lagoa Curuçá (Behling, 2001)	Mangue	<i>Rhizophora</i>	
Regressão	3.630 - Atual	Lago Crispim (Behling & Costa, 2001)	Mangue	<i>Rhizophora</i>	 <i>Avicennia</i>
	A partir de 2.000				
	4.943 - 2.350	Lago da Aranha (Senna, 2002)	Pântano, água doce	<i>Mauritia</i>	
	5.600 - 3.100	Lagoa Curuçá (Behling, 2001)		<i>Mauritia</i>	
	5.950 - 5.750	Taperebal (Vedel <i>et al.</i> , 2006)		<i>Rhizophora</i>	
Transgressão	6.620 - 3.630	Lago Crispim (Behling & Costa, 2001)	Pântano, água doce	<i>Mauritia</i>	 <i>Mauritia</i>
	Anterior a 6.500	Taperebal (Vedel <i>et al.</i> , 2006)	Mangue	<i>Avicennia/Rhizophora</i>	
	6.850 - 4.943	Lago da Aranha (Senna, 2002)	Mangue	<i>Rhizophora</i>	
	7.250 - 5.600	Lagoa Curuçá (Behling, 2001)	Mangue	<i>Rhizophora</i>	
	7.640 - 6.620	Lago Crispim (Behling & Costa, 2001)	Mangue	<i>Rhizophora</i>	

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

3.1.1. O litoral paraense

A zona costeira do Estado do Pará tem 1.200 km de extensão, totalizando uma superfície de 82.596,43 km², entre a foz dos rios Amazonas e Gurupi. Apresentando três setores com características fisiográficas diferenciadas: (1) Setor Costa Atlântica do Salgado Paraense, situada entre a baía do Marajó e o rio Gurupí; (2) Setor insular estuarino entre a ilha do Marajó e a foz do rio Amazonas; (3) Setor continental estuarino o que abrange o rio Pará e a Baía do Marajó (ALVES *et al.*, 2005) (Figura 2).

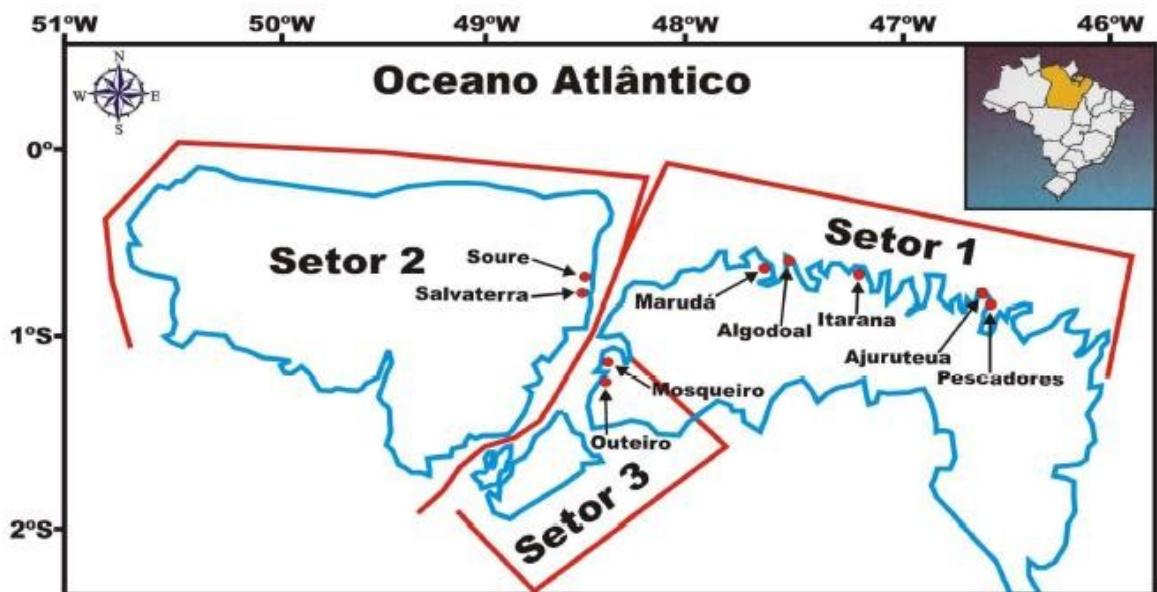


Figura 2. Mapa de localização dos Setores da Zona Costeira Paraense (Alves *et al.*, 2005).

Dentre esses setores a área de estudo encontra-se situada no setor insular estuarino subdividido em duas unidades morfológicas: 1) planalto costeiro (Salvaterra) e 2) planície costeira (Soure). As principais características da Zona Costeira Paraense são as endentações que alcançam até 45 km no continente. No setor litorâneo orientado segundo a direção NW-SE e NE-SW destacam-se grandes reentrâncias (baías e estuários) responsáveis pela configuração extremamente recortada da linha de costa, sendo por essa característica denominada de “litoral de rias” (BARBOSA & PINTO, 1973).

3.1.2. Localização e acesso à área de estudo

O município de Soure localiza-se na margem oriental da Ilha do Marajó, Estado do Pará, entre as coordenadas geográficas $00^{\circ} 43' 40''$ S e $48^{\circ} 31' 02''$ W. Sua distância é de aproximadamente 86 km da cidade de Belém, e o acesso é feito através de via fluvial, aérea ou rodoviária (Figura 3).

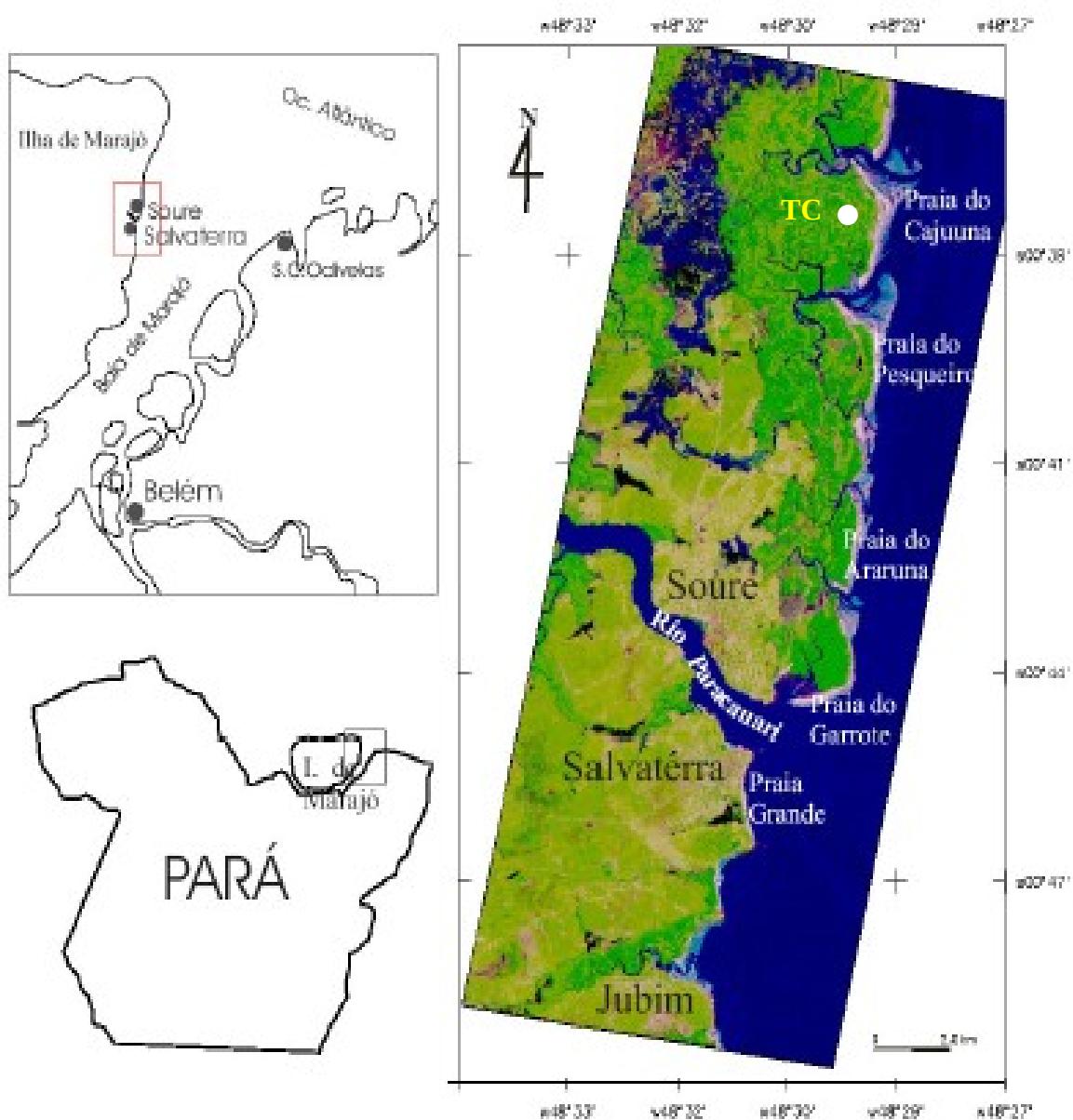


Figura 3. Localização da área de estudo (Landsat TM 1995, composição 5R4G3B), com o ponto de coleta do testemunho TC assinalado. Adaptado de França (2003).

3.1.3. Condições climáticas e meteorológicas

O clima da região é classificado como tropical úmido “Awi”, conforme a classificação de Köppen, apresentando temperatura média anual de 27,3 °C com variação máxima de 32,4° e mínima de 22° e pluviosidade anual superior a 3.000 mm (MIRANDA, 1993). Divide-se em dois períodos sazonais: um período chuvoso (Dezembro a Maio) com precipitação média de 2.566mm, representando 86% do total anual precipitado e a velocidade média do vento de 6,2 m/s, sendo o período de maior influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). O outro período é menos chuvoso (Junho a Novembro), com média de 414,3mm, equivalentes a 14% do total pluviométrico anual; a redução das chuvas favorece a maior penetração das marés, tornando salobra a água superficial (FRANÇA, 2003).

3.1.4. Solo

Os solos do município de Soure são do tipo halomórfico, desenvolvendo-se a partir de solos marinhos e fluviais, com predominância de frações finas, argila e silte, elevada quantidade de matéria orgânica e sais solúveis em decorrência do contato com o mar (FREITAS, 2005).

São solos próprios das planícies baixas amazônicas, de características predominantemente hidromórficas, catalogados dentro dos Gleis Húmicos, diretamente condicionados pelos aspectos geológicos e geomorfológicos da região (SILVA JUNIOR, 2003). A região é dominada por um regime de meso e macromarés de 3,6 a 4,7m (ALVES *et al.*, 2005).

3.1.5. Condições hidrográficas

Os rios que deságuam na Baía de Marajó são de pequeno porte apresentam cursos retilíneos e meandrantes e orientações preferenciais NE-SW e E-W. O regime é influenciado pela pluviosidade e pelas marés da drenagem principal, aqui se destaca o rio Paracauari, que separa as cidades de Soure e Salvaterra, com trajeto influenciado por elementos estruturais do quadro neotectônico.

Na planície costeira, a rede de drenagem é composta por canais de maré e o fluxo e refluxo das marés provocam inversão dos cursos e correntes de maré, favorecendo os processos erosivos e contribuindo com aporte sedimentar para as praias. Os canais de maré têm orientação preferencial W-E e S-N, e deltas de maré vazante com orientação S-N. (FRANÇA, 2003).

3.1.6. Relevo

O relevo dessa região é constituído por duas unidades morfológicas: 1) o planalto costeiro e 2) planície costeira.

O planalto costeiro em Salvaterra é formado por arenitos e argilitos terciários e quaternários, apresentando cotas topográficas acima de 5m. Já a planície costeira, em Soure, abrange cerca de 380 km² e é caracterizada por posição longitudinal, com larguras que variam de 1.500 a 4.400 m, é constituída por sedimentos argilosos e arenosos holocênicos de origem flúvio-marinha, apresentando cotas abaixo de 5m, sendo alcançados pelas marés e ondas da Baía de Marajó, favorecendo o desenvolvimento de manguezais, cordões de praias e praias barreiras de areias bem finas (FRANÇA, 2003).

A planície costeira é a área de interface entre o ambiente terrestre e o marinho, afetada pela ação de ondas, correntes e marés, o que determina uma linha de costa flutuante a todo o momento (SENNA, 2002). As planícies de maré são regiões alagadas cicличamente pelas marés, são importantes desde o ponto de vista do funcionamento hidrodinâmico do sistema estuarino e para o ecossistema local. Apresentam condições particularmente propícias para a deposição de sedimentos finos. Assim as planícies de maré são ambientes importantes na produção primária e acolhem diversas espécies vegetais. (FRANÇA, 2003).

A planície costeira se subdivide em terraços arenosos, planície de supramaré coberta por campos inundáveis, planície lamosa de intermaré coberta por manguezais, cordões arenosos antigos, cordões de dunas e praias atuais, canais de maré e deltas de maré vazante (FRANÇA, 2003).

Ainda segundo França (2003), a planície costeira de Soure é definida por diferentes processos deposicionais. Durante o Holoceno Médio e Superior ocorreu o estabelecimento de processo progradacional caracterizado por deposição lamosa com subsequente colonização por floresta de mangue. Entretanto, a ocorrência de curtos períodos erosivos é evidenciada pela presença de antigas linhas de costa (Figura 4), sendo formadas sob condições de maior energia com o retrabalhamento de sedimentos costeiros indicando retrogradação ou o recuo da linha de costa gerando depósitos arenosos, colonizados pela vegetação de restinga.

Desta maneira, França (2003) afirma que o monitoramento do movimento da linha de costa (maré alta de sizígia) na margem lesta da ilha de Marajó, indica o setor Cajuúna como o

setor de maior erosão de manguezais dos últimos 15 anos. A retrogradação costeira estaria relacionada, a partir da interação com a hidrodinâmica da baía do Marajó, com o soterramento de árvores adultas de mangue e com o surgimento de terraços lamosos.

Na porção interna da planície costeira, próximo à linha de maré mais alta de sizígia (zona de supramaré), a sedimentação é lamosa, em função da atuação das correntes de baixa energia, por tempo mais prolongado. A linha de costa é representada pelos limites dos manguezais com os cordões praiais (FRANÇA, 2003).

França (2003), afirma que a planície de supramaré corresponde aos campos naturais ou campos inundáveis, na porção interior da planície costeira, formando faixas entre 200 e 2.300m de largura, entre o planalto costeiro e a planície lamosa de intermaré. É constituído por sedimentos clásticos quaternários, cuja origem está relacionada aos processos de afogamento e colmatagem de paleocanais, que ligavam o interior da Ilha à Baía do Marajó e ao Oceano Atlântico, entre o Pleistoceno Superior e o Holoceno (Figura 4).

A morfologia das praias da zona costeira paraense está condicionada pela ação das ondas a partir de meso-macromarés entre 3,5 e 6,5m, sendo, portanto modeladas por processos de erosão e progradação da linha de costa, seguindo o controle estrutural da Ilha do Marajó (ALVES *et al.*, 2005).

Em Soure, as praias são estreitas de declividade acentuada e possuem berma praial bem definida (ALVES *et al.*, 2005). As praias desse setor (insular estuarino) são caracterizadas pela forma retilínea com a ocorrência de canais de maré, restingas e manguezais associados e se apresentam com larga faixa de areia (250 m) de declividade moderada a suave (1,5° a 3°), com gradientes 1:52 a 1:95 e suas areias são unimodais quartzozas finas e bem selecionadas (FRANÇA, 2003).

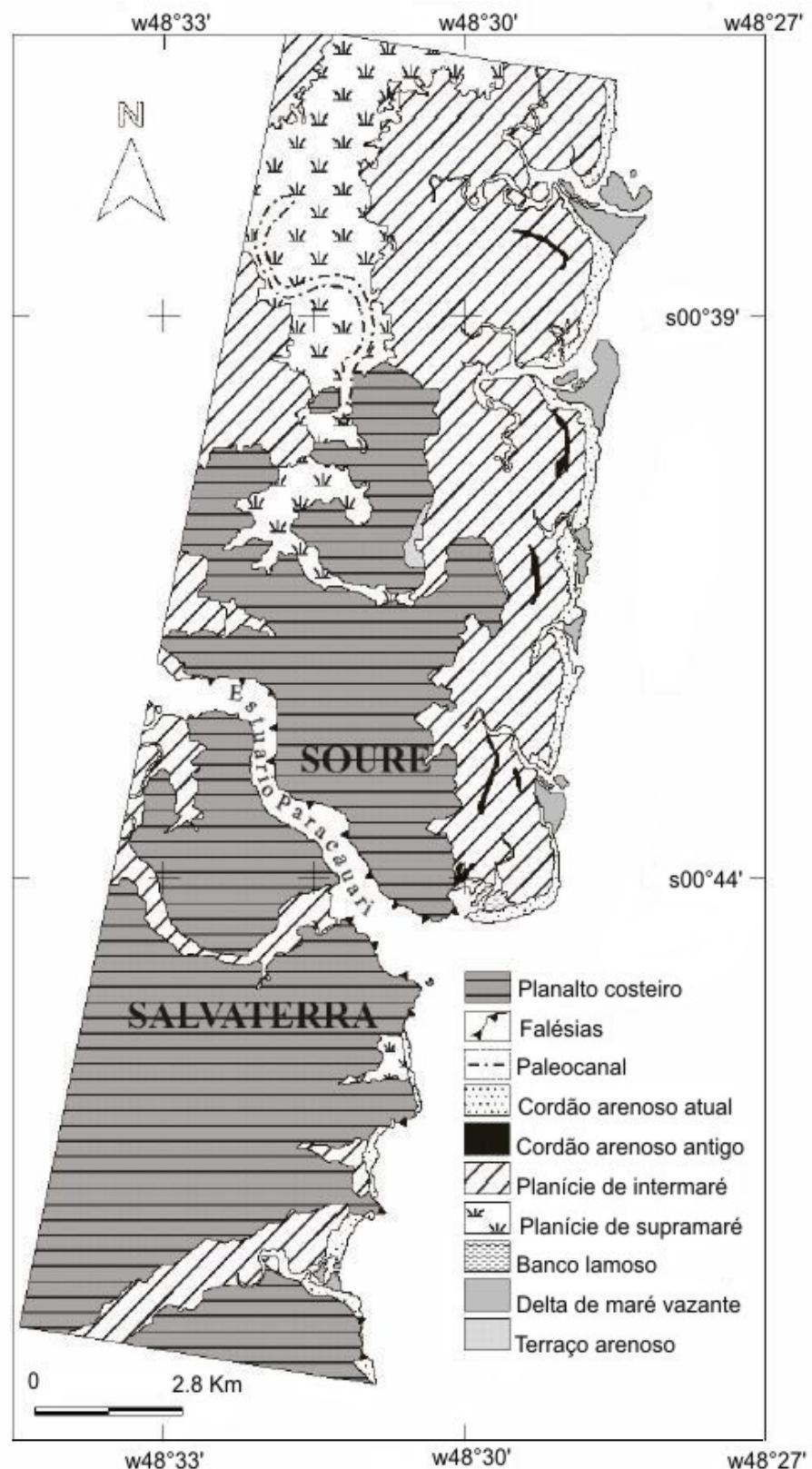


Figura 4. Mapa morfológico da zona costeira de Soure e Salvaterra, elaborado a partir da interpretação de fotografias aéreas de 1996 e imagem Landsat TM 5 de 1995 (França, 2003).

3.1.7. Vegetação

Eventos geológicos e climáticos tiveram forte papel na estruturação e funcionamento dos ecossistemas costeiros amazônicos que indicam variações paleoambientais e paleohidrológicas com mudanças temporais de longo prazo na composição, riqueza e diversidade de espécies das formações vegetais dos ecossistemas costeiros cujas causas principais são as variações relativas do nível do mar no Holoceno.

Os ecossistemas costeiros são integrados por Manguezais – ecossistema dominante, Restingas Litorâneas e Várzeas de Maré (Igapó). Os manguezais e as restingas são duas unidades de paisagem que se destacam no âmbito da planície costeira (SCHAEFFER-NOVELLI 1995). O manguezal é o ecossistema dominante, associado à planícies lamosas, típicas de costas estuarinas, enquanto as restingas, integrantes de planícies arenosas, estão associadas a costas de alta energia, em frente ao oceano Atlântico (SUGUIO & TESSLER 1984).

Segundo Amaral *et al.* (2007), o conjunto vegetacional da ilha de Marajó é composto por campos naturais, florestas de terra firme, florestas úmidas suscetíveis à inundação durante o inverno, manguezais, restingas, várzeas e igapós.

a) Manguezal

O ecossistema manguezal consiste num sistema ecológico costeiro tropical, dominado por espécies vegetais típicas, as quais se associam outros componentes da flora e da fauna, microscópicos e macroscópicos, adaptados a um substrato periodicamente inundado pelas marés, com grande variação de salinidade (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). Este ecossistema está distribuído na zona intermaré, configurando-se como área de transição entre os ambientes continentais e marinhos (AQUINO, 1987).

Segundo estudos de Souza Filho (2005), através da integração de dados como os de sensores remotos, permitiu o reconhecimento de cinco setores geomorfológicos que abrangem uma superfície total de 7.591 Km² de manguezais da Amazônia. Essa área representa a maior faixa de manguezais contínuos do planeta e corresponde a 56,6% dos manguezais do Brasil.

As florestas de mangue na Amazônia são constituídas por plantas lenhosas halófilas exclusivas, tais como *Rhizophora mangle* L., *R. racemosa*, *R. harissonii*, *Avicenia germinans* (L.) Stearn, *A. shaueriana*, *Laguncularia racemosa* L. Gaertn e *Conocarpus erectus* L. (SENNA, 2002), com desenvolvimento ótimo, próximo ao Equador (ADAIME, 1987; SENNA, 2002). Em geral, colonizam sedimentos predominantemente argilosos, com baixos

teores de oxigênio, retrabalhados a partir de formações geológicas do Terciário (SENNA, 2002). Apresentam uma diversidade vegetal relativamente baixa, embora com elevada densidade de indivíduos. Entretanto, há outras espécies vegetais lenhosas e herbáceas associadas aos manguezais amazônicos tais como *Hisbicus* sp; *Acrosticum aureum* L.; *Montrichardia arborescens* (L.) Schott; *Pterocarpus rohrii* Vahl; *Bombax aquatica* Aubl.; *Mauritia flexuosa* Mart., *Euterpe oleracea* Mart; *Drepanocarpus lunatus*, *Anona palustris* L e *Crinum undulatum* (SENNA, 2002) (Figura 5).



Figura 5. Manguezal no município de Soure, ilha de Marajó (PA). Alves (2006).

Apesar do regime de macromarés semidiurnas (> 4 m), os manguezais paraenses encontram-se bem conservados, relativamente bem protegidos por restingas e abrigados no interior dos estuários, apresentando maior permanência de condições de desenvolvimento no tempo e no espaço. Áreas onde os manguezais estão submetidos à erosão por ação de ondas e correntes são observadas ao longo da costa paraense (SOUZA FILHO, 2001) (Figura 6).

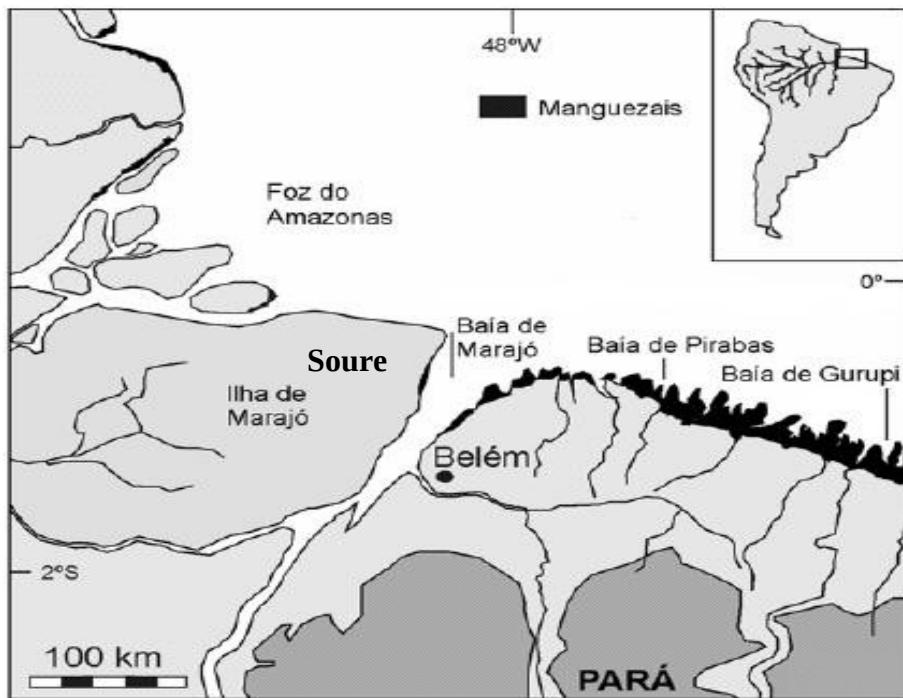


Figura 6. Mapa da zona costeira paraense destacando a distribuições dos manguezais. Adaptado de Souza Filho (2005).

Esta região, inserida no bioma Ecossistema Costeiro, é considerada de extrema prioridade para a conservação das zonas costeira e marinha brasileiras no contexto de sua biodiversidade, aliada aos fatores tais como o incipiente conhecimento e a intensidade das pressões oriundas da ocupação humana (SOUZA FILHO, 2001).

A planície costeira de intermaré é caracterizada pela vegetação de mangues e restingas. Dentre as espécies de mangue destacam-se: *Rizophora racemosa* G. F. W. Meyer, *Rizophora mangle* L., *Avicennia schaweriana* Stapf & Leech, *Avicennia germinas* L. Stearn e *Laguncularia racemosa* Gaertn, entre outras. A vegetação dos manguezais é altamente especializada e representada por espécies arbóreas altamente adaptadas á condições de solos alagados, com baixas concentrações de oxigênio (ambiente redutor) e de salinidade variável. Estas espécies apresentam estruturas de adaptação aos sedimentos lamosos pouco consistentes, tais como raízes escora responsáveis pela sustentação das árvores sobre o sedimento e glândulas excretoras de sais, que conferem tolerância às elevadas concentrações de sais (ROSSI & MATTOS, 1992).

b) Restinga litorânea

Dentre os ecossistemas costeiros destaca-se a planície arenosa conhecida no Brasil sob a denominação de restinga (SUGUIO & TESSLER, 1984). As restingas representam um

conjunto de feições geomorfológicas integrantes da planície costeira tais como cristas, praias, ilhas barreira, barras, etc. Essas unidades geomorfológicas guardam uma estreita relação com os depósitos arenosos litorâneos e, segundo Suguio & Tessler (1984) são formadas a partir da conjunção de alguns fatores: disponibilidade de sedimentos arenosos, flutuações do nível do mar e outras feições costeiras que propiciam a retenção de sedimentos arenosos. As restingas apresentam uma interação de duas ou mais vias entre a geomorfologia, a pedologia e a vegetação, que ocorre em uma escala de tempo relevante para questões ecológicas (BASTOS *et al.*, 1995).

As restingas constituem em termos fitogeográficos uma gama variada de formações vegetais encontradas ao longo de toda costa brasileira e que guardam forte relação com as feições geomorfológicas costeiras repousando sobre um substrato arenoso próximo ao oceano (ARAÚJO, 1992).

As matas de restinga ocorrem no contato com o grupo barreiras ou com o manguezal e as espécies vegetais apresentam, em geral, altura média de 4-5m, sendo constituída de árvores e arbustos de troncos finos e copas pouco densas que permitem a penetração de luz. A família Myrtaceae é abundante tanto em número de espécies como em indivíduos. Entre as famílias que também se destacam têm-se Anacardiaceae, Rubiaceae, Sapotaceae e Leguminoseae (BASTOS *et al.*, 2002) (Figura 7).



Figura 7. Restinga no município de Soure, ilha de Marajó (PA).
Fonte: Alves (2006).

Nas restingas da ilha de Marajó são comuns: *Chrysobalanus icaro* L., *Anacardium occidentale* L. e *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth. (LISBOA *et al.*, 1993), espécies comuns também nas demais restingas do Estado do Pará.

c) Várzeas de maré (Igapó)

Este ecossistema constitui-se de mata de várzeas alta, mata de várzea baixa e igapó. Dos três tipos de vegetação das áreas inundáveis que ocorrem nos trechos dos rios livres da influência da água salgada, é na mata de várzea alta que aparece a maior diversidade de espécies. Isso se deve pela elevação do nível do solo, que condiciona o aparecimento de espécies que se destacam quer pelo valor econômico ou pelo índice de freqüência, dentre elas, com uma maior relevância, *Euterpe oleácea* (açaí) Mart, *Mauritia flexuosa* (buriti) L. f., *Carapa guianensis* (andiroba) Aubl. e *Virola surinamensis* Warb (LIMA *et al.*, 2000).

No Igapó, o encharcamento mesmo no período seco, e a inundação na estação chuvosa dão lugar a uma vegetação diferente onde prevalecem o açaí (*Euterpe oleácea*) e o buriti (*Mauritia flexuosa*) formando povoamentos puros, ou com dominância em associação com outras espécies típicas como o anani (*Sympiphonia globulifera*) L.f., a corticeira (*Quecrus súber*) L. e a palmeira caraná (*Copernica alba*) M..Os solos encharcados têm um papel significativo nas interações entre a vegetação e a geomorfologia. Segundo Lima *et al.* (2000), na várzea da ilha de Marajó destacam-se o açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), o buritizeiro (*Mauritia flexuosa* L. f.), a andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e ucuúba (*Virola surinamensis* Warb.) (Figura 8).

A profundidade do lençol freático e consequentemente a disponibilidade de água para as plantas são fortemente correlacionadas à extensão e topografia da planície arenosa. A salinidade da água do solo dependerá, sobretudo, da susceptibilidade local a inundações de maré, sendo tudo controlado pela topografia. (RASTETTER, 1992).

A mata de várzea baixa é um revestimento intermediário entre os dois ecossistemas descritos acima. Encontram-se nela associados exemplares tanto da várzea alta quanto do igapó porque a várzea baixa é, na realidade, uma transição entre estes dois tipos de ecossistemas (LIMA *et al.*, 2000).



Figura 8. Mata de várzea no município de Soure, ilha de Marajó (PA).
Fonte: Alves (2006).

3.2. ATIVIDADES DE CAMPO

3.2.1. Coleta do Testemunho

A coleta do testemunho Cajuúna (TC), foi realizada pela Dra. Carmena França, do Centro de Geografia da Universidade Federal do Pará-UFPA, durante o desenvolvimento de sua tese de doutorado (período de 19 a 22 de Dezembro de 2001), e cedido para a presente análise palinológica. O testemunho de sondagem foi coletado na porção de intermaré da planície costeira de Soure, nas coordenadas geográficas 00° 37' 36" S e -48° 29' 2" W próximo da comunidade de pescadores Cajuúna, inserida na Reserva Extrativista Marinha de Soure(RESEX) (Figura3).

O testemunho de sondagem Cajuúna TC, medindo 3,83m de profundidade, foi obtido através da técnica de sondagem vibratória com tubos de alumínio de 6m de comprimento e 7,5 cm de diâmetro. O equipamento de amostragem consiste em um motor à gasolina, que transmite vibrações a 700 rpm a um cabeçote de aço firmemente acoplado a um tubo de alumínio. O princípio dessa técnica baseia-se no fato de que as vibrações transmitidas ao tubo de alumínio desagregam a areia e fluidificam a argila, que aderem à parede do tubo, permitindo sua inserção no pacote sedimentar (MENDES, 1994) (Figura 9). O material

utilizado nesta análise encontrava-se depositado e devidamente acondicionado no Laboratório de Palinologia e Paleoecologia da Amazônia do Centro de Ciências da Terra e Ecologia do Museu Paraense Emílio Goeldi - LAPPAM/CCTE/MPEG.



Figura 9. Coleta de testemunho por vibra-core. Fonte: Senna (2002).

3.2.2. Coleta de amostras de superfície do solo

Para a análise polínica de superfície foram coletadas nove amostras sedimentares, na planície costeira do município de Soure/Ilha de Marajó-PA, durante a etapa de campo no período de 20 a 23 de Dezembro de 2006. Entretanto, seis amostras foram coletadas em pontos próximos ao local de coleta do testemunho TC, escolhidos aleatoriamente e três foram coletadas na praia do Cajuúna, objetivando-se a análise conjunta, com fins de comparação. Os sedimentos foram coletados utilizando-se espátula de aço inoxidável e transferidos para tubos de polietileno etiquetados (Figura 10A).

3.2.3. Coleta de fragmentos de material botânico

Foi coletado também material botânico contendo botões florais fechados e intactos que representam o conjunto da vegetação da área em questão, visando à confecção de exsicatas e lâminas de referência (Figura 10B).

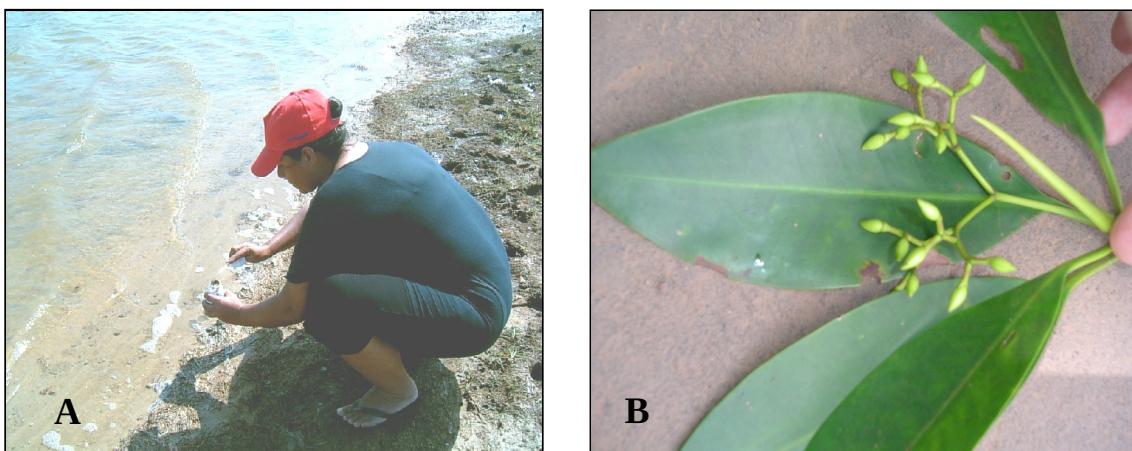


Figura 10. A) Coleta de amostra de superfície, dezembro/2006 e B) Material botânico fértil (Rhizophoraceae), junho/2006.

3.3. PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

3.3.1. Descrição do testemunho

No laboratório do Centro de Geografia da UFPA a Prof^a. Carmena França realizou a descrição e análise do testemunho de acordo com Figueiredo Júnior (1990), ressaltando as estruturas sedimentares, a granulometria e sucessão de *facies* (Figura 11). Entretanto, nova descrição sedimentar foi realizada pela Dra. Cristina Senna no LAPPAM. Para a análise palinológica foram utilizados apenas 2,6 m do testemunho total, subdivididos em TC1 (0 cm a 80,5 cm) TC2 (82,00 cm a 93,00 cm) e TC3 (174,5 cm a 206 cm). Na figura 12 o testemunho Cajuúna é mostrado em corte esquemático (FRANÇA, 2003).

TESTEMUNHO CAJUÚNA

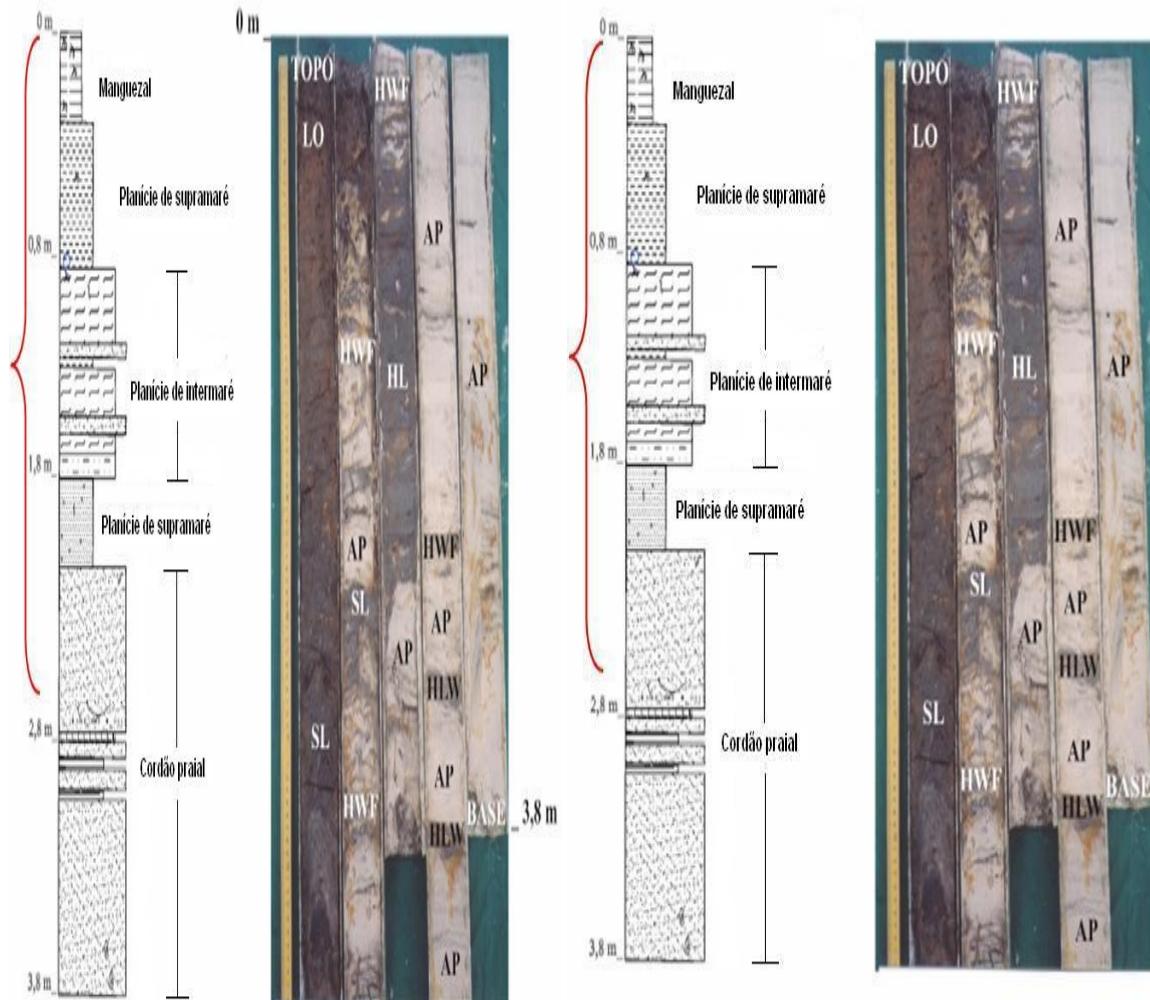


Figura 11. Perfil estratigráfico “Cajuúna” (TC): a) base: areia fina cinza-esbranquiçada com estratificação planoparalela, inclinada de baixo ângulo e acanalada (AP), intercalada com camadas delgadas de estratificação heterolítica *lenticular* e *wave a flaser* (HL e HWF), marcas onduladas; b) porção média: acamamento heterolítico *lenticular* (HL) com estruturas de bioturbação, *wave* e *flaser* (HWF), intercalações de areia fina plano-paralela a inclinada de baixo ângulo (AP); c) topo: lama cinza *stripe lamination* (SL) e lama maciça cinza escura com abundância de raízes (LO), (França, 2003).

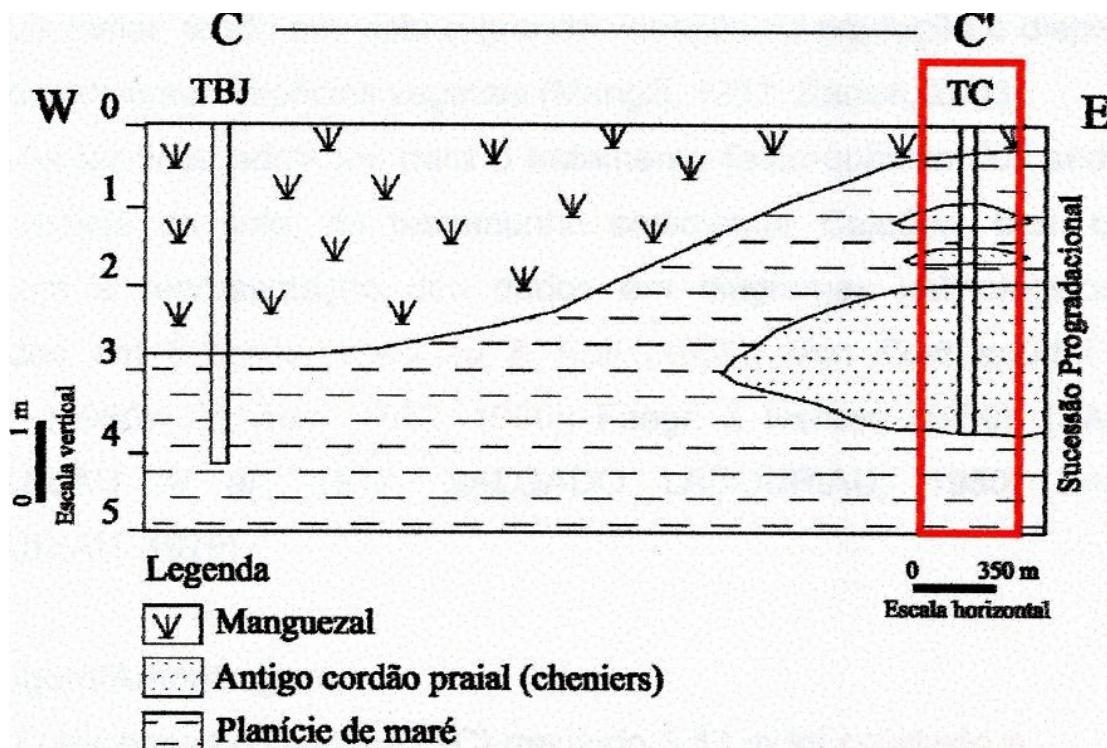


Figura 12. Corte esquemático longitudinal (do TC, ressaltado). Adaptado de França (2003).

3.3.2. Datação ^{14}C

Duas amostras sedimentares situadas nos intervalos de 82 cm a 93 cm foram coletadas no LAPAM e enviadas para datação no Laboratório de Datação Radiocarbônica Beta Analytic, Flórida – EUA, para análise por ^{14}C , através de acelerador de partículas (Accelerator Mass Spectrometry-MAS Standard Analysis).

3.3.3. Análise palinológica

A Palinologia do Pleistoceno e Holoceno (Neógeno Superior) estudam a integração e análise de palinomorfos (pólen, esporos e cistos de algas) contidos em sedimentos, com enfoque paleoambiental, paleoecológico e paleoclimático. Isso tem contribuído para a reconstrução ambiental, possibilitando a formação de um registro contínuo de mudanças nesses ambientes. Portanto, esses estudos esclarecem as relações entre as assembléias palinológicas e os ambientes preferidos, cuja associação é imprescindível à reconstrução

paleoambiental (SENNA, 2002). Desta forma, pode-se inferir se a espécie, representada pelo grão de pólen em sedimento, se faz parte da vizinhança imediata do local amostrado ou se é encontrada a uma distância maior, tendo em vista a grande variação na produção e dispersão de pólen das diversas espécies vegetais (BARROS, 1999).

As técnicas adotadas para o tratamento físico-químico dos sedimentos de superfície do solo, e do testemunho sedimentar Cajuúna, seguiram metodologia padrão em análise palinológica de sedimentos segundo Faegri & Iversen (1950); Erdtman (1952; 1960) Rull (1987) e Salgado-Labouriau (1973; 1994; 2007).

a) Extração de sub-amostras

Dos testemunhos de sondagem TC1, TC2 e TC3 foram retiradas amostras sedimentares com auxílio de espátulas de aço inoxidável, em intervalos regulares, ou de acordo com modificações de textura e coloração, sendo acondicionadas em cubos de acrílico de 8cm³. Destes, foram coletadas sub-amostras de 2cm³ para a análise palinológica, totalizando 26 níveis sedimentares. O mesmo procedimento foi realizado para as amostras de superfície do solo, ambos no LAPPAM /CCTE/MPEG (Figura 13).



Figura 13. Coleta das amostras sedimentares do testemunho Cajuúna (TC), janeiro/2006.

b) Introdução de pólen exótico

Para a análise de concentração de palinomorfos por meio dos diagramas polínicos, foi utilizado o marcador exótico *Kochia scoparia* (Chenopodiaceae), cuja quantidade exata de grãos contidos em um miligrama de pólen, segundo Rull (1986) é de 60.543,88. A quantidade

de pólen exótico pesada está relacionada à quantidade de sedimento em cm^3 , retirada de cada nível, de maneira que o número de pólen exótico tenha uma proporção balanceada em relação aos grãos de pólen a ser identificados e quantificados (Vicentini, 1993).

c) Técnica de KOH - 10%

De acordo com Von Post (1916, *apud* Faegri e Iversen, 1950), esta técnica objetiva a eliminação dos ácidos orgânicos ou húmicos, contidos nas amostras. A solução de Hidróxido de Potássio (KOH) a 10% é preparada e adicionada aos sedimentos em cápsulas de porcelana, dobrando-se o volume inicial. A mistura é homogeneizada com bastão de vidro, e as cápsulas levadas à fervura em chapa aquecedora por 5 minutos. O material é transferido para tubos de centrífuga de 25 ml, através de bateamento, para a eliminação de frações mais grosseiras. O sedimento é continuamente lavado com água destilada e decantado por centrifugação, até atingir o pH da água destilada, utilizada para a lavagem.

d) Tamisação

A tamisação tem a finalidade de separação de macro-restos, utilizando-se uma rede de tamis, ou um filó de nylon dobrado quatro vezes, com a menor malha possível. O sedimento da etapa anterior é colocado no funil de vidro contendo o filó de nylon e acoplado a um becker, sendo lavado cuidadosamente com água destilada, de modo que os macro-restos fiquem detidos no fundo do funil e todo o material para análise passe para o becker. O material é centrifugado e decantado, jogando-se fora o sobrenadante.

e) Acetólise

De acordo com Erdtman (1952, 1960) esta técnica elimina a membrana interna (intina) e o conteúdo celular do grão de pólen, acetilizando a membrana externa (exina), em meio ácido, permitindo a análise e descrição das características estruturais. A solução de acetólise consiste na mistura de uma parte de ácido sulfúrico PA concentrado, adicionado lentamente a nove partes de anidrido acético PA. A reação é exotérmica e a mistura é altamente reativa em meio aquoso, sendo necessária a desidratação prévia da amostra com ácido acético glacial PA. Cerca de 10 ml da solução são adicionados às amostras em tubos de centrífuga e levados ao banho-maria por 2 a 5 minutos. O material deve esfriar para ser centrifugado e decantado. As amostras são lavadas 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. Leva-se, então, o material para observação ao microscópio.

f) Técnica de HF

Nesta técnica criada por Assarson e Granhund em 1924, (Faegri e Iversen, 1950) o ácido fluorídrico é adicionado às amostras sedimentares para dissolução de sílica. As amostras da etapa anterior são transferidas com água destilada para tubos de polietileno. O material é centrifugado e decantado. Adiciona-se a cada amostra, 5 ml de ácido fluorídrico PA a 40%, cuja reação é exotérmica. Em seguida, transfere-se o material para beckers de polietileno, aumentando a superfície de contato entre o reagente e o sedimento. O material é deixado em repouso por uma noite, sendo novamente transferido para os tubos de polietileno, lavado uma vez com água destilada, centrifugado e decantado.

g) Técnica de HCL

Técnica utilizada para a eliminação de fluoratos que possam se formar no tratamento com ácido fluorídrico. É adicionada uma solução de ácido clorídrico a 10% nas amostras, deixando descansar por uma hora. O material é lavado e centrifugado com água destilada até atingir o pH da água utilizada na lavagem (pH= 6-7).

h) Montagem e lutagem de lâminas permanentes

Para a montagem de lâminas e análise palinológica foi utilizada gelatina glicerinada preparada segundo Kissner (1935). Uma gota do material processado é 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. A lâmina é então recoberta por lamínula de 24 x 32 mm. A lutagem foi realizada segundo Müller (1959) utilizando-se pequenos fragmentos de parafina colocados sobre a lamínula e aquecidos em lamparina a álcool. As lâminas são viradas sobre papel filtro para secagem. O excesso de parafina é então retirado com auxílio de uma lâmina de aço e de um pano limpo e seco. Para cada nível sedimentar foram confeccionadas três lâminas que foram numeradas e incorporadas à palinoteca do LAPPAM/CCTE/MPEG.

i) Identificação e contagem de palinomorfos

A leitura das lâminas tem como finalidade a identificação e a contagem de grãos de pólen e esporos presentes nos sedimentos de superfície e profundidade do solo e nos níveis do testemunho analisados.

Nessa etapa, as lâminas de microscopia foram observadas em microscópio de luz Zeiss Axiolab SWR, com objetivas de 40X para a contagem dos palinomorfos e 100X (em imersão com óleo) para a identificação dos mesmos. Foram contados, quando possível, em média de 300 grãos de pólen, excetuando-se os grãos de pólen exótico, que são contados à parte, para o cálculo da concentração de tipos polínicos.

Os palinomorfos foram identificados, baseando-se em suas características morfológicas (número, tipo e posição de aberturas, tamanho, forma, tipo de superfície/ornamentação, estratificação da exina), através da comparação com seus equivalentes modernos, procurando atingir a categoria taxonômica mais baixa possível (espécie). Em geral, porém, chega-se em nível de família ou gênero (Salgado-Labouriau, 1984a). Para comparação foi utilizada a coleção de referência do LAPPAM / CCTE / MPEG, ou seja, lâminas de grãos de pólen e esporos acetolisados de espécies vegetais taxonomicamente definidas.

Foi utilizada literatura especializada como atlas palinológicos e artigos de palinotaxonomia, paleopalinologia e melissopalinologia, destacando-se: Erdtman (1952), Salgado-Labouriau (1973), Absy (1985 e 1979), Carreira *et al* (1996, 2003), Senna (2002), Roubick & Moreno (1991), Oliveira (1997) e Colinvaux *et al.* (1999).

j) Fotomicrografias

As fotomicrografias dos palinomorfos, em microscopia de luz, foram obtidas em câmera digital Sony Cyber-shot DSC-S500, acoplada a um microscópio Zeiss, Axiolab SWR, com aumento constante para todos os palinomorfos (100x). Os palinomorfos mais representativos das localidades analisadas estão ilustrados em anexo.

3.3.4. Índices ecológicos

São fórmulas que expressam a relação entre valores de qualquer medida ou a relação (ou razão) de uma quantidade ou dimensão, para outra (AB'SABER *et al*, 1997). Os indicadores ecológicos vêm sendo utilizados há algum tempo para detectar mudanças na natureza, mas a maturação científica do desenvolvimento de indicadores, tem ocorrido durante os últimos quarenta anos. Atualmente, indicadores são principalmente usados para

avaliar as condições do ambiente, dando sinais antecipados de problemas ecológicos e como barômetros para tendências em recursos ecológicos (NIEMI; MAC DONALD, 2004). Uma variedade de diferentes índices pode ser utilizada como medida de diversos atributos da estrutura de uma comunidade. Existem índices mais simples, como os índices de riqueza, que consistem em uma medida relacionada ao número total de espécies presentes na amostra. (CLAKE; WARWICK, 1994). A medida de eqüitabilidade (índice de Pielou J'), expressa o quanto uniformemente os indivíduos estão distribuídos entre as diferentes espécies. Os índices de diversidade são amplamente utilizados em estudos de comunidades e simplificam a análise estatística, (CLARCKE e MACDONALD, 1994). Por exemplo, o índice de diversidade Shannon (H') é um conjunto de como algumas espécies estão presentes na coleção de dados (riqueza) e quanto similar é sua abundância (eqüitabilidade) (RICE, 2000)

A diversidade é uma função do número de tipos presentes (riqueza) e a equitabilidade é a uniformidade com a qual os grãos estão distribuídos entre esses tipos (RULL, 1987).

No testemunho Cajuúna, foi utilizado o Índice de diversidade de Shannon, aplicado para todos os níveis sedimentares, com os tipos polínicos identificados em nível de família, em sua maioria, tendo também alguns *táxons* sendo identificados até o nível de espécie. Para análise da equitabilidade, foi utilizado o índice de Sheldon. Estes cálculos foram realizados no programa PAST 1.40.

Diversidade: Shannon (H)

$$H' = -\sum pi \log_2 pi \quad (pi = ni/N) = N^o \text{ de indivíduos de cada táxon}$$

Ni = N ^o total de organismos

Equitabilidade: Sheldon (E)

$$E = H' / \log_2 S \quad S = N^o \text{ de espécies}$$

3.3.5. Abundância relativa e concentração de tipos polínicos

Na análise estatística foi utilizado o Programa Tília (GRIMM, 1987), para o cálculo da abundância relativa expressa em porcentagens e das concentrações de palinomorfos. O cálculo da abundância relativa de cada tipo polínico, expressa o número de grãos de pólen/tipo polínico em cada amostra sedimentar analisada. A abundância relativa, que representa as

mudanças relativas do conjunto da vegetação, não informa a concentração de cada tipo polínico, de forma independente (Salgado-Labouriau *et al.*, 1988), necessitando-se integrar às interpretações, o cálculo da concentração.

O cálculo da concentração de tipos polínicos, expresso em grãos/ cm³ é elaborado a partir do somatório dos tipos polínicos de cada nível analisado, relacionado a uma quantidade padrão conhecida de pólen exótico, introduzido na etapa de tratamento das amostras, utilizando-se também o programa Tília Graph (Grimm, 1987). Desta forma é estabelecida a quantificação de grãos de pólen /peso de sedimento para cada tipo identificado, de forma independente (SALGADO-LABOURIAU & RULL, 1986).

3.3.6. Diagramas palinológicos

Para a construção de diagramas palinológicos são utilizados os programas Tília e Tília Graph (Grimm, 1987), onde é representado o resultado da análise quantitativa e qualitativa dos palinomorfos. São realizadas as correlações bioestratigráficas e a definição de paleoecozonas, considerando as abundâncias relativas e absolutas, curva de saturação e concentração dos grãos de pólen e esporos. Estão associadas aos diagramas, as datações ¹⁴C obtidas junto aos laboratórios especializados. Esses diagramas mostram as variações das concentrações dos palinomorfos ao longo dos níveis estratigráficos e desse modo, podem indicar as principais mudanças da vegetação através do tempo.

Os diagramas polínicos são construídos, seguindo primeiramente o cálculo da abundância relativa de cada tipo polínico, expressa em percentagem, além do somatório destes, ao longo dos níveis estratigráficos, utilizando-se o programa Tília Graph (GRIMM, 1987). O diagrama de abundância relativa, que representa as mudanças relativas do conjunto da vegetação, não informa a concentração de cada tipo polínico, de forma independente (SALGADO-LABOURIAU *et al.*, 1988), necessitando-se integrar às interpretações, o diagrama de concentração

3.3.7. Associação das assembléias polínicas com as formações vegetais

A partir do conhecimento dos valores relativos (abundância relativa) e absolutos (concentração) de cada tipo polínico, associam-se a estes resultados os dados florísticos e

fitossociológicos das formações vegetais integrantes da área de estudo. Assim, os tipos polínicos identificados e contados são integrados aos grupos ecológicos (de acordo com o seu habitat natural), ou taxonômicos (de acordo com suas afinidades taxonômicas). Os grupos são:

a) Manguezal

Encontra-se nas zonas de intermaré, estando protegido em estuários e ambientes associados. Nessa unidade, temos três gêneros a destacar: *Rhizophora* (tipo 1 e tipo 2), *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*.

b) Restinga

Área sujeita à influência de fatores ambientais, como marés, ventos, chuvas e ondas, o que faz com que seja uma região dinâmica. Parte da vegetação é considerada pioneira, colonizando espaços abertos em outras áreas, iniciando o processo de sucessão. É uma região de baixa diversidade de espécies. Entre elas destacam-se as famílias: Poaceae, Cyperaceae e Anacardiaceae.

c) Várzea / Igapó

Vegetação característica da áreas sujeitas a pulsos de inundação anual, ou ainda à inundação por marés. Situa-se em terrenos baixos e próximos de rios que são constantemente inundados. As espécies vegetais encontradas são adaptadas a terrenos alagadiços. As principais famílias encontradas nesse ecossistema são: *Leguminoseae* *Caesalpinoideae*, *Euphorbiaceae* e *Arecaceae*.

d) Pólen não identificado

Grãos de pólen cuja identificação não foi possível.

e) Briófitas / Pteridófitas

São os esporos. As Briophytas, grupo de vegetais não-vasculares, composto pelas embriófitas, os musgos, por ex. Pteridófitas, grupo de vegetais vasculares, são divididos em raiz, caule e folhas. Foi o primeiro grupo de vegetais vascularizados (menos derivados), as samambaias. Nas Pteridófitas, o esporófito é a fase dominante de maior porte, ao contrário do que acontece no restante das plantas verdes, inclusive as Briófitas e cuja fase é o gametófito

f) Microforaminíferos

São organismos unicelulares (protistas), que deixaram fósseis em sedimentos.

4. RESULTADOS

4.1. AMOSTRAS DE SUPERFÍCIE

As nove amostras usadas para a análise de superfície do solo foram coletadas na proximidade do local de coleta do testemunho; próximo da comunidade de pescadores de Cajuúna na Reserva Extrativista Marinha de Soure (RESEX), localizada em área de intermaré, na planície de maré de Soure, Ilha de Marajó-PA. Dentre as nove amostras coletadas, somente seis foram selecionadas, uma vez que só estas atingiram a contagem palinológica mínima de trezentos (300) grãos de pólen, excetuando o pólen exótico. As três amostras que não foram utilizadas apresentaram uma grande deposição arenosa, assim sendo, a contagem satisfatória não foi atingida. A descrição desses sedimentos encontra-se representada na tabela 2.

Tabela 2. Descrição morfológica das amostras de superfície área de intermaré, planície de Soure, ilha de Marajó-PA.

Amostra	Peso	Peso (Kochia)	Cor (Munsell)	Textura
CJ 9	3,0299	0,00144	25y3/2	Lamoso
CJ10	2,8700	0,00127	10yr3/2	Lamoso
CJ11	3,0966	0,00111	5y7/4	Lamoso
CJ12	3,1197	0,00100	25y3/3	Lamoso
CJ13	2,8029	0,00123	10yr5/3	Lamoso
CJ15	2,7556	0,00117	4/10y	Lamoso + areia fina

a) Amostra CJ 9

Amostra constituída essencialmente de sedimento lamoso, coletada na zona de intermaré da planície costeira de Soure próximo da comunidade de pescadores de Cajuúna, Reserva Extrativista Marinha de Soure (RESEX).

Nessa amostra, a riqueza de espécies é representada pela ocorrência de 10 táxons, cuja dominância de tipos polínicos é relacionada ao ambiente de manguezal, representado pela abundância de pólen de *Rhizophora* tipo 2, correspondendo a 74% dos tipos polínicos (222 grãos de pólen $\times 10^3/\text{cm}^3$) e *Laguncularia racemosa*, 10% (30 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$). A diversidade (H') é de 1,03, enquanto a equitabilidade (E) dessa amostra é baixa 0,44, tendo em vista a forte dominância de *Rhizophora* tipo 2. O ambiente de restinga é representado principalmente por Poaceae 4,67% (14 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$).

Os esporos de Pteridophyta/Briophyta correspondem a 3% do total e os tipos não identificados correspondem a 1% do pólen analisado.

b) Amostra CJ 10

Amostra constituída de sedimento lamoso coletada na porção de intermaré da planície costeira de Soure. Nesse material estão presentes 9 táxons, a predominância é de ambiente de manguezal, com o pólen de *Rhizophora* tipo 2 correspondendo a 45,67% (137 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$) *L. racemosa* a 8,67% (26 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$) e *A. germinans* a 6% (18 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$), o ambiente de restinga é representado por Poaceae 35% (105 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$) Cyperaceae, 1,68% (5 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$) e Myrtaceae 1% (3 grão $\times 10^3/\text{cm}^3$). Os esporos representam 2,35% (7 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$). A diversidade (H') foi de 1,32 e a equitabilidade (E) é de 0,60 a predominância foi de dois tipos polínicos *Rhizophora* tipo 2 e Poaceae.

c) Amostra CJ 11

Essa amostra é constituída de sedimento lamoso. Nesse material estão presentes 9 táxons, a predominância também é de ambiente de manguezal, com o pólen de *Rhizophora* tipo 2 correspondendo a 70% (210 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$) *L. racemosa* a 6,33% (19 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$).

$10^3/\text{cm}^3$) e *A. germinans* a 3,67% (11 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$), o ambiente de restinga é representado por Poaceae 8% (24 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$), Apocynaceae 7, 33% (22 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$) e Cyperaceae a 1% (3 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$).

Os esporos representam 6,33% (19 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$) e os tipos não identificados, 1% (1 grão $\times 10^3/\text{cm}^3$). Esta amostra apresentou diversidade (H') em torno de 1, 134 e a equitabilidade (E) é de 0,52.

d) Amostra CJ 12

A constituição dessa amostra é de sedimento lamoso. Aqui estão presentes 10 táxons, aqui a predominância continua sendo de ambiente de manguezal, com o pólen de *Rhizophora tipo 2* correspondendo a 54,33% (163 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$), *Laguncularia racemosa* a 11,33% (34 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$) e *Avicennia germinans* a 3,67% (11 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$). No ambiente de restinga a representação é feita por *Cyperaceae* 7,67% (23 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$), Poaceae 6,67% (20 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$), Apocynaceae a 5,65% (17 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$), Araceae, 3,33% (10 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$), Asteraceae com 3,00% (9 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$). Os esporos representam 5,97% (19 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$) os tipos não identificados aqui não alcançaram 1%. A diversidade (H') de espécies nessa amostra alcança um valor máximo de 1,606 e a equitabilidade (E) de 0,70.

e) Amostra CJ 13

Essa mostra é constituída por sedimento lamoso. Apresenta 7 táxons, a predominância do ambiente de manguezal, é do pólen de *Rhizophora tipo 2* correspondendo a 41,33% (124 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$) e *Avicennia germinans* a 6% (18 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$). No ambiente de restinga a representação é feita por *Cyperaceae* 22,67% (68 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$), Poaceae 20% (60 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$), Apocynaceae, 3,33% (10 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$), mostrando um aumento dos dois primeiros em relação às amostras anteriores. Os esporos representam 11% (33 grãos $\times 10^3/\text{cm}^3$) os tipos não identificados foram abaixo de 1%. A diversidade (H') foi de 1, 508 e a equitabilidade (E), de 0,77.

f) Amostra CJ 15

Nessa última amostra a composição é de sedimento lamoso, com laminas de areia fina, diferente das anteriores. O número de táxons alcança seu valor mais elevado, 11 táxons, o maior dentre as amostras.

Nesta amostra o ambiente que predomina é o de restinga, apresentando o incremento dos grãos de pólen de espécies característicos desse ambiente. Assim temos Poaceae representada com 40% (120 grãos x $10^3/cm^3$) dos tipos polínicos dessa amostra, Apocynaceae, 17% (51 grãos x $10^3/cm^3$), Cyperaceae, com 7,02% (21 grãos x $10^3/cm^3$), Bignoniaceae, 2,34% (7 grãos x $10^3/cm^3$). A vegetação característica de mangue só é notada com o polén de *Laguncularia* com 26,42% (79 grãos x $10^3/cm^3$) dos grãos. Um tipo característico de ambiente de várzea aparece aqui de forma expressiva, o polén de *Mauritia flexuosa*, 5% (15 grãos x $10^3/cm^3$) dos grãos nessa amostra. O registro de esporo é de 1,67% (5 grãos x $10^3/cm^3$) e tipos polínicos não identificados foi abaixo de 1%. Já a diversidade (H') foi de 4, 567 e a equitabilidade (E) nessa amostra é de 0,65.

Os índices ecológicos de riqueza (S), diversidade (H') e equitabilidade (E) encontram-se representados nas figuras 14, 15 e 16.

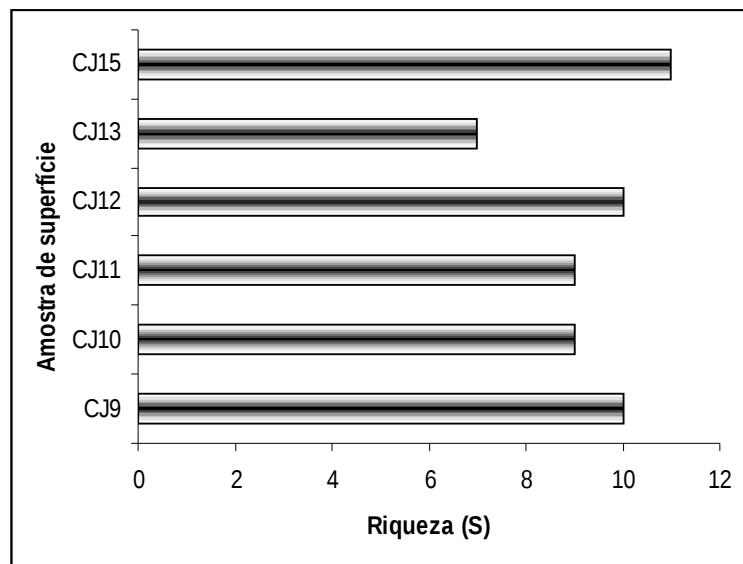


Figura 14. Amostra de superfície segundo a riqueza (S) do Testemunho Cajuúna.

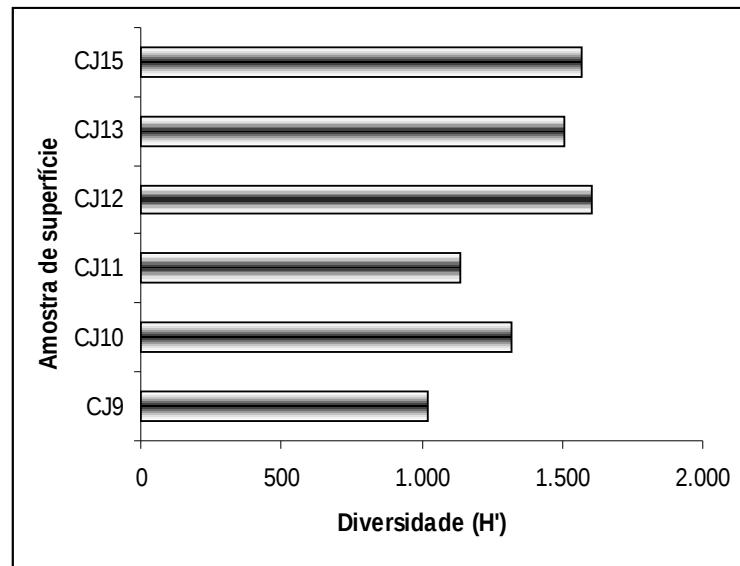


Figura 15. Amostra de superfície segundo diversidade (H') do TC

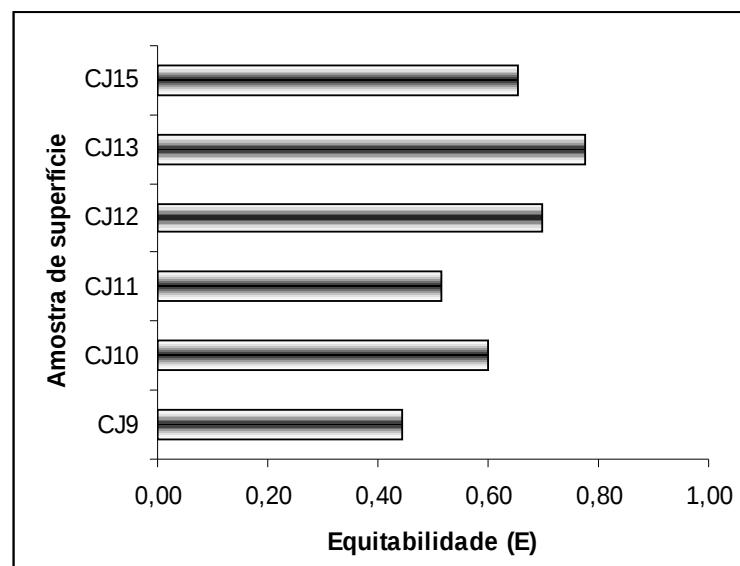


Figura 16. Amostra de superfície segundo eqüitabilidade (E) do TC.

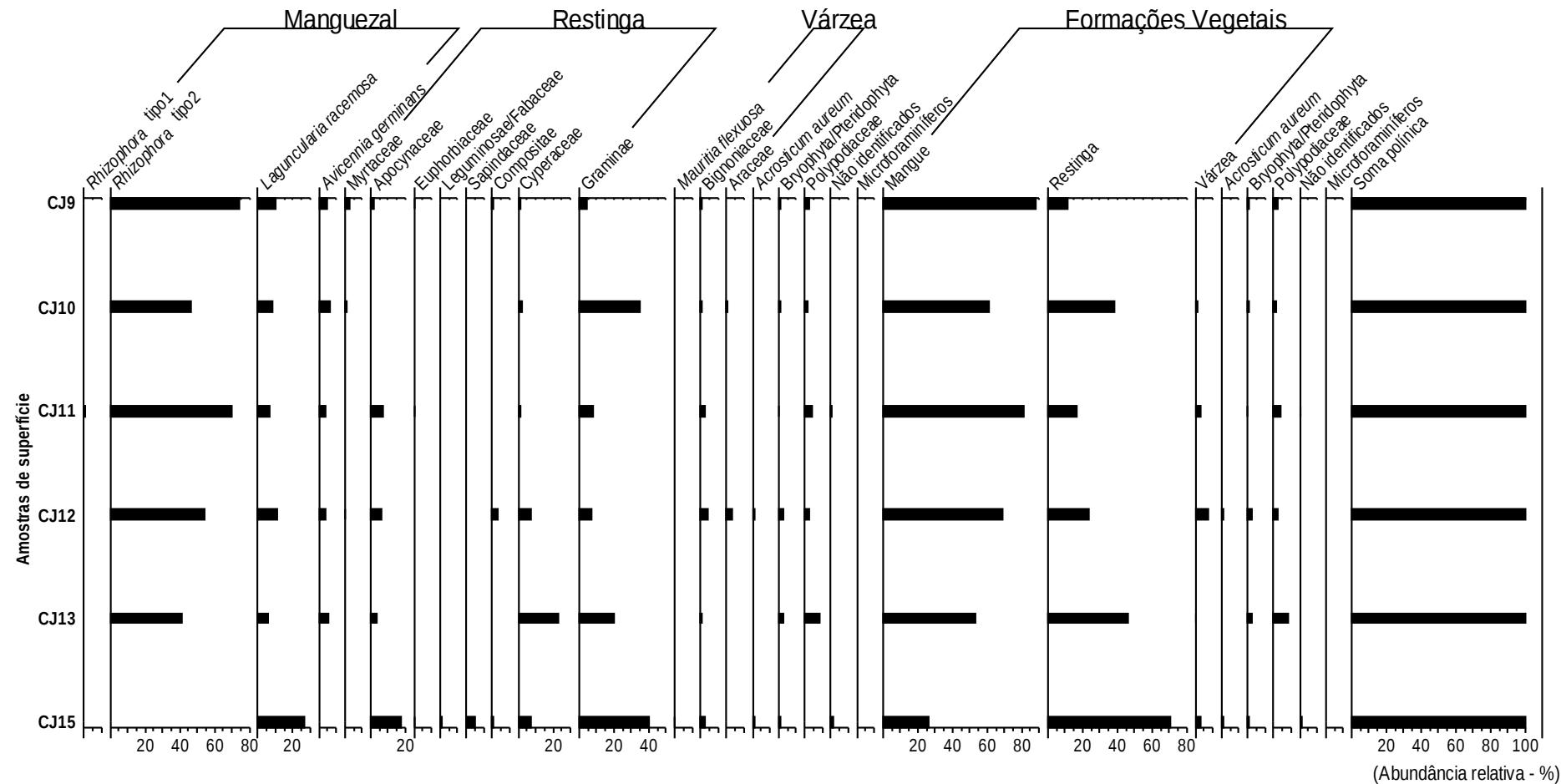


Figura 17. Diagrama palinológico de abundância dos táxons encontrados nas amostras de superfície sedimentar do TC

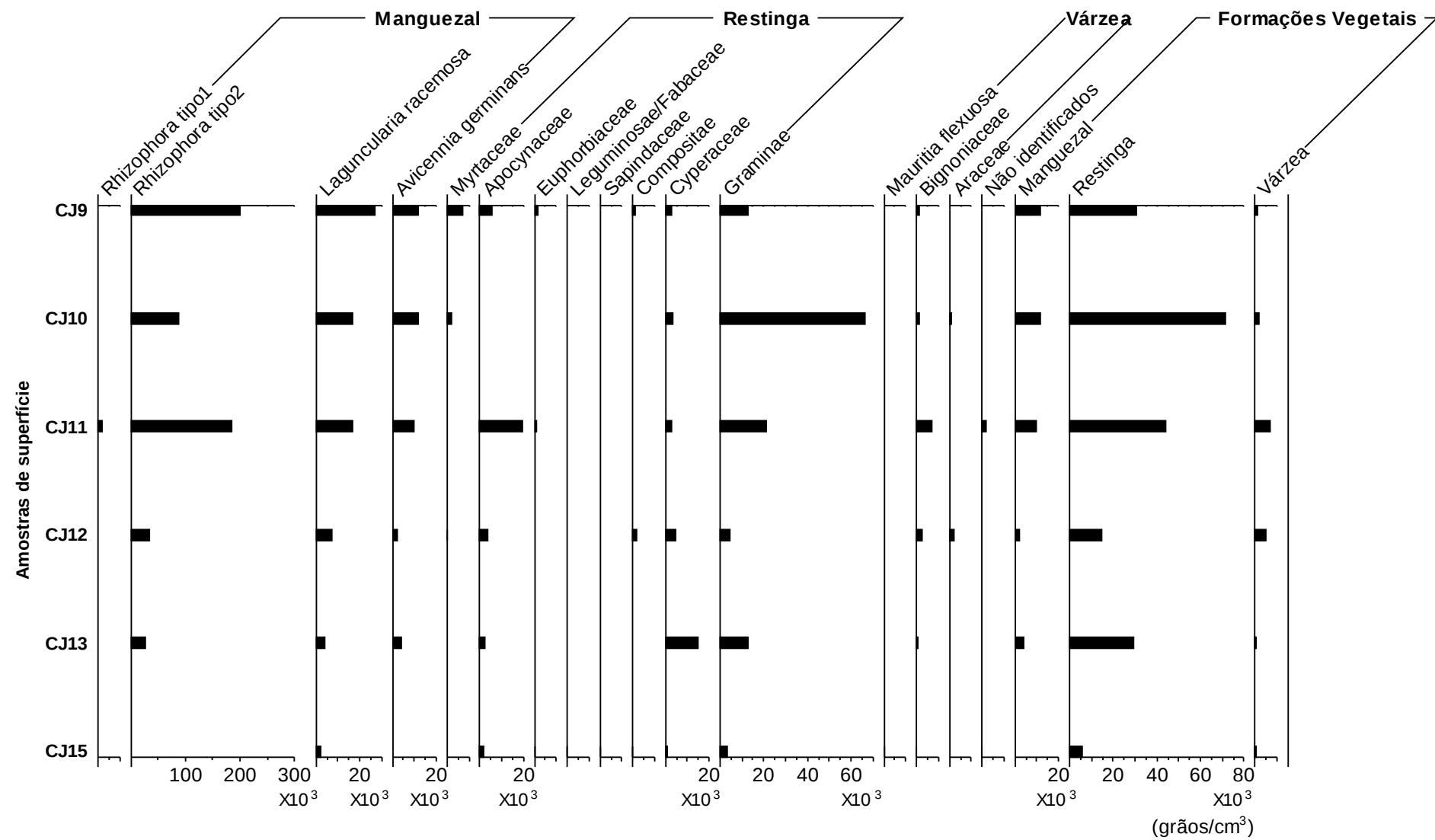


Figura 18. Diagrama palinológico de concentração dos táxons encontrados nas amostras de superfície sedimentar do TC

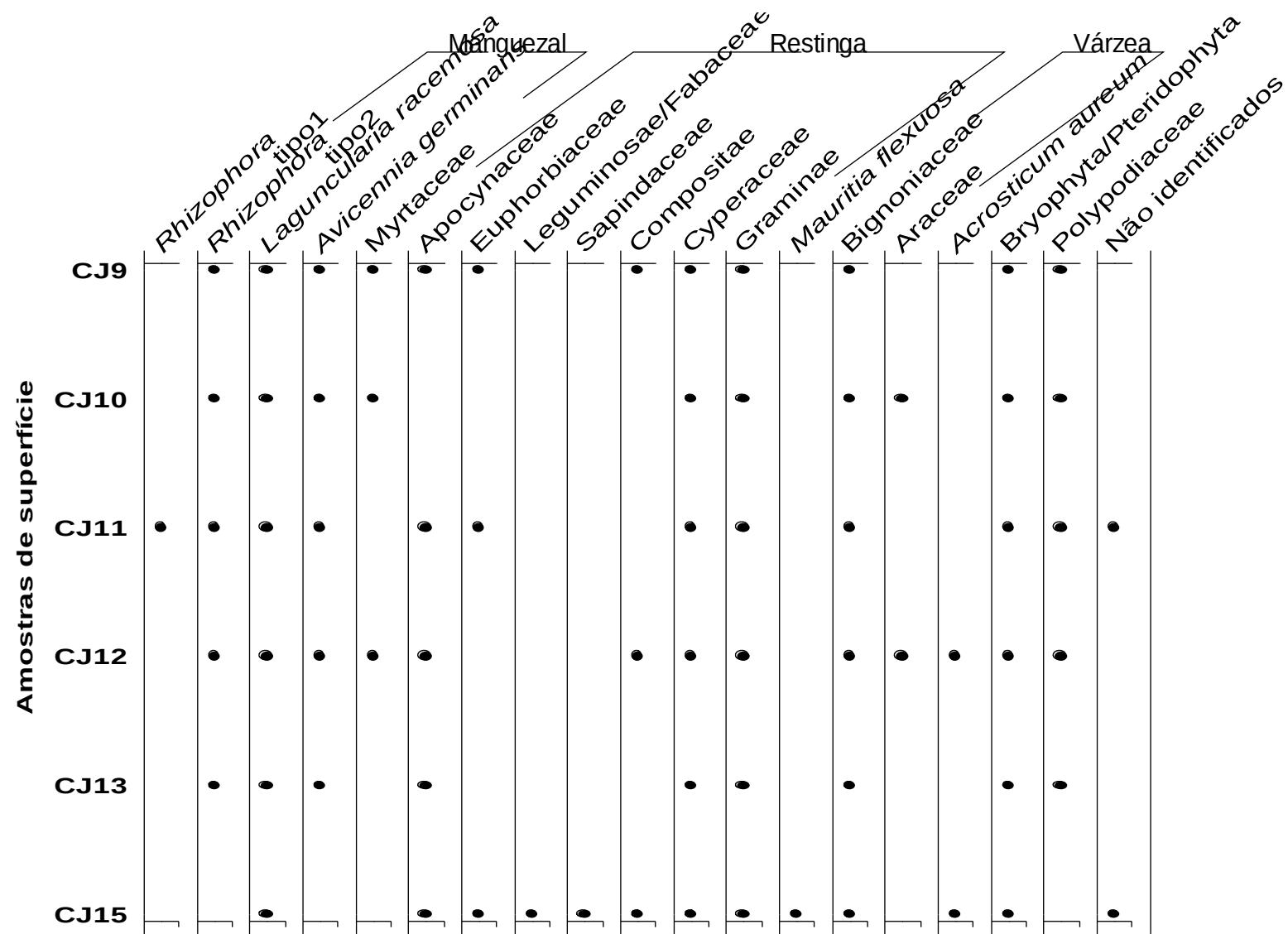


Figura 19. Diagrama palinológico de presença dos táxons encontrados nas amostras de superfície sedimentar do TC.

4.2. TESTEMUNHO CAJUÚNA (TC)

Dentre os 26 níveis sedimentares constituintes do testemunho Cajuúna (TCJ), subdividido em TC1, TC2 e TC3, quase todos alcançaram a média satisfatória de 300 grãos na contagem polínica, com exceção dos dois níveis TC1 - 55 a 53 cm e TC1 - 65 a 63 cm. O polén exótico não foi incluído nessa contagem.

4.2.1. Descrição sedimentar

Na tabela 3 são descritos o peso, a cor e a textura dos níveis sedimentares do testemunho Cajuúna (TC). Na figura 20 encontra-se representada a figura esquemática do testemunho Cajuúna com nova descrição sedimentar definida pela Dra. Cristina Senna em Dezembro de 2006.

Tabela 3. Descrição peso, cor e textura dos intervalos sedimentares do testemunho Cajuúna (TC) planície de maré de Soure, Ilha de Marajó-PA.

Intervalos (cm)	Peso (g/cm ³)	Cor (Munsell)	Textura
0-2,3	3,0624	10yr5/3	AO
05-07	3,1247	10yr5/3	AO
10-12	3,2852	10yr5/3	AO
15-17	3,2028	10yr5/3	AO
20-22	3,3574	10yr5/3	AO
25-27	2,5141	10yr5/3	AO
30-32	3,0036	10yr5/3	AO
34,5-36	3,1269	10yr5/3	AC
38-40	3,4865	10yr5/2 a 7/2	AC
43-45	3,5533	10yr5/2 a 7/2	AC
48-50	3,1716	10yr5/2 a 7/2	AC
53-55	3,6536	10yr5/2 a 7/2	AC
58-60	3,3919	10yr5/2 a 7/2	AC
63-65	3,4057	10yr5/2 a 7/2	AC
68-70	3,0597	10yr5/2 a 7/2	AC
73-75	3,7177	10yr5/2 a 7/2	AC
79-80,5	3,6633	10yr5/2 a 7/2	AC
82-84	3,5454	10yr3/1	AQL
91-93	3,5187	10yr3/1	AQL
174,5-176	3,1599	10yr4/1	AQL
179-181	3,0735	10yr4/1	ACL
184-186	2,8724	Gley13/n	ACL
189-191	3,0735	Gley13/n	ACL
194-196	3,1385	Gley13/n	ACL
199-201	3,3554	Gley13/n	ACL
204-206	2,9485	Gley13/n	ACL

Legenda: AO – Argila Orgânica; AC - Argila Cinza; AQL - Areia quartzosa com níveis lamosos; ACL – Argila Cinza Laminada.

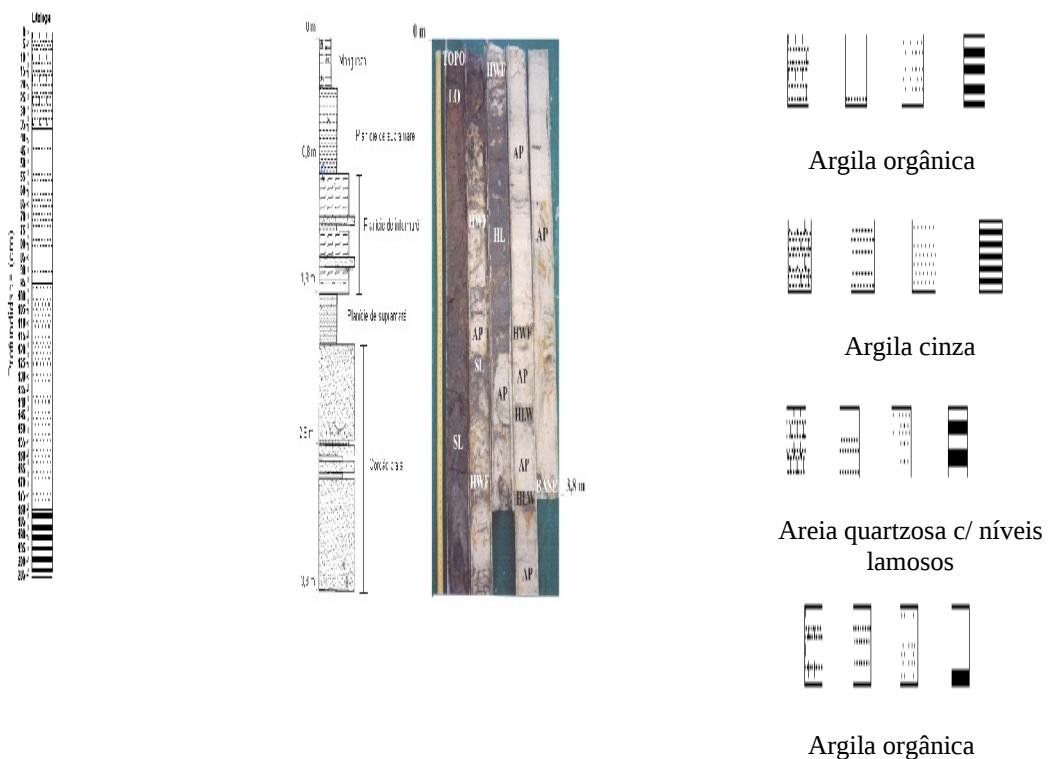


Figura 20. Litologia do testemunho sedimentar Cajuúna com nova descrição.

4.2.2. Datação ^{14}C

Um dos métodos utilizados para medir a idade dos fósseis é chamado de datação pelo radiocarbono. Este sistema de datação mede a taxa de decomposição do carbono radioativo a partir do momento da morte do organismo, assim, ele não mais absorve novo dióxido de carbono de seu meio ambiente e a proporção do isótopo se reduz com o tempo, à medida que ele sofre decomposição radioativa. Com base em uma análise sofisticada e conhecendo-se a quantidade de carbono total existente no espécime analisado, os pesquisadores estabelecem a idade de um organismo morto, ao medirem o nível de emissões *betas*, e calculam quanto tempo ele levou (ou levará) para ser reduzido à metade.

A datação por ^{14}C obtida em laboratório especializado deve ser apresentada nos diagramas palinológicos. A partir desse dado é calculada a taxa de sedimentação do testemunho, utilizando-se uma regra de três entre a profundidade e a datação obtida. O objetivo é definir o tempo necessário para sedimentar 1 cm de sedimento. A partir desse resultado é calculada a taxa de sedimentação correspondente a 1 ano. O conhecimento dessa

taxa possibilita a datação extrapolada ou a idade estimada (calculada a partir do método de extração, onde inferências são feitas além de um alcance conhecido e baseada em certas variáveis dentro do alcance conhecido), dos intervalos de base de todas as zonas palinológicas definidas. Para a datação da base do testemunho TC e demais zonas palinológicas foi utilizada a datação do intervalo 117-121 cm do testemunho TBJ, distante 4 km do testemunho Cajuúna em linha reta, realizada no Laboratório Beta Analytic, Flórida, EUA, a partir de acelerador de partículas (AMS).

Na tabela 4 encontra-se representado o resultado para as amostras sedimentares a partir do acelerador de partículas (AMS) datadas no Laboratório Beta Analytic, Florida EUA.

Equação para calculo de taxa de sedimentação

Profundidade (cm) -----datação ^{14}C obtida

1 cm ----- X

X = Resultado em anos

Resultado em anos ----- 1 cm

1 ano ----- X

X = Taxa (cm/ano)

Tabela 4. Idade calibrada para o testemunho Cajuúna (CJ), com base no testemunho Bom Jesus (TBJ), planície de maré de Soure, Ilha de Marajó-PA,

Profundidade (cm)	Código	Idade ^{14}C	Taxa de sedimentação
117 a 121 cm	Beta-232412	2.730anos A.P.	0,4 mm/ano

4.2.3. Descrição das zonas palinológicas e análise dos índices ecológicos das amostras do testemunho Cajuúna (TC)

Através da análise dos 26 intervalos do testemunho Cajuúna (TCJ) foram identificadas quatro zonas palinológicas, que correspondem a mudanças na composição, abundância relativa e concentração de grãos de pólen das assembléias polínicas, que refletem as mudanças na paleovegetação, basicamente composta de manguezal e restinga, com alguma contribuição de elementos de várzea, ocorridas nos últimos 2.767 anos A.P., na planície costeira do município de Soure, Ilha do Marajó. Foram registrados 26 palinomorfos, sendo 21 tipos polínicos, 3 tipos de esporos e 2 microforaminíferos, restando 9 tipos polínicos não identificados.

A zona palinológica 1 (206-175 cm), apresenta sedimentos compostos por argila cinza laminada com dominância de mangue representado por *Rhizophora* tipo 1, que é predominante ao longo de todo o intervalo, com abundância variando entre (95,33% e 57,67%). Entretanto, o tipo polínico *Rhizophora* tipo 2 torna-se expressivo a partir do intervalo (186-184 cm) com abundância de (30,33%), enquanto *Rhizophora* tipo 1, vai decrescendo (57,67%) em relação aos intervalos anteriores. Outros tipos polínicos também característicos de mangue como *Laguncularia* e *Avicennia* ocorrem, porém ambos com baixas percentagens, em torno de 1,33%. Elementos de restinga como Poaceae (6%) e Cyperaceae (4%) atingem baixa percentagem e concentração. A base do testemunho é datada de 2.767 anos AP (idade estimada)

Entre as zonas palinológicas 1 e 2 (180 a 95 cm) observa-se a deposição de areia quartzosa com níveis lamosos, cujo ambiente pode ser associado à formação de cordão arenoso praial, em condições de maior energia, com a presença de restinga. Provavelmente, a alta porosidade desse tipo de sedimento e as condições oxidantes do ambiente não favoreceram a preservação de grãos de pólen. A datação da base dessa porção é de 2.180 anos A.P. (idade estimada).

A zona palinológica 2 (95 a 65 cm) é novamente constituída de sedimento lamoso, a argila cinza, típica de uma planície de maré lamosa, em condições de menor energia. A dominância é de manguezal cuja vegetação é representada principalmente pelo pólen de *Rhizophora* tipo 1 (94,33% a 14,29%). No intervalo (80,5 a 79 cm) há um aumento abrupto

de *Rhizophora* tipo 2. Entre os outros tipos polínicos de manguezal, como *Laguncularia* e *Avicennia* observam-se um relativo aumento percentual. Essa zona palinológica apresentou a datação de 2.143 anos A.P. (idade estimada).

A zona palinológica 3 (60 a 25 cm) apresenta um sedimento composto de argila cinza com matéria orgânica (restos vegetais). A *Rhizophora* tipo 1 cai a uma percentagem inexpressiva em relação a *Rhizophora* tipo 2 (55,33%) que apresenta um incremento considerável. Além desses, o pólen de *L. racemosa* também começa a apresentar aumento marcante, acompanhado por *A. germinans*. Os elementos de restinga continuam apresentando um aumento gradativo, destacando-se o pólen de *Poaceae* e *Cyperaceae*, enquanto *Euphorbiaceae* é outro tipo polínico de ocorrência comum em restinga, que apresenta valores mais expressivos. Assim, o ambiente de restinga inicia um crescimento notável. Essa zona palinológica é datada em 1.196 anos A.P. (idade estimada).

A zona palinológica 4 (25 a 0 cm) já no topo do testemunho, onde se observa um sedimento argiloso rico em matéria orgânica (MO), é qualificado nessa descrição sedimentar como argila orgânica. Nessa zona palinológica observa-se o percentual de *Rhizophora* tipo 2, alcançando o seu valor máximo, seguida do pólen de *Laguncularia* e *Avicennia*, enquanto o pólen de *Rhizophora* do tipo 1 expressa percentual quase inexpressivo. As espécies características de restinga *Cyperaceae* e *Poaceae* ocorrem de forma expressiva, principalmente essa última. Neste intervalo, *Cyperaceae* tem o seu valor máximo ao longo de todo o testemunho. Assim, embora o ambiente de manguezal ainda predomine, os elementos de restinga destacam-se, evidenciando um provável aumento da energia no sistema, associada a um processo erosivo, ainda observado, atualmente. A zona palinológica 4 é datada em 564 anos A.P. (idade estimada).

Na tabela 5 encontram-se descritos todos os tipos polínicos e outros palinomorfos identificados relacionados quanto ao hábito e ao tipo de formação vegetal onde foram encontrados. Dos 21 palinomorfos identificados, cinco são de ecossistema de manguezal, 13 de restinga, quatro de várzea/igapó e um de ampla distribuição, além de esporos de briófitas e pteridófitas e microforaminíferos.

Tabela 5. Lista dos tipos palinológicos identificados nos sedimentos de superfície e profundidade, quanto ao hábito e a formação vegetal.

Família	Espécies	Hábito	Formação vegetal
Apocynaceae		Árvore	Restinga
Araceae		Erva	Várzea/Igapó
Bignoniaceae		Árvore/liana	Várzea/Igapó
Compositae		Erva/Arbusto	Restinga
Cyperaceae		Herbáceo	Restinga
Eupobiaceae		Herbáceo/subarbusto	Restinga
Poaceae		Herbáceo	Restinga
Leguminoseae/Caesalpinoidea e		Herbáceo	Restinga
Leguminoseae/Fabaceae		Herbáceo	Restinga
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis sp</i>	Arbusto/liana	Restinga
Melastomataceae		Árvore	Restinga
Myrtaceae		Liana	Restinga
Palmae	<i>Mauritia flexuosa</i>	Árvore/Arbusto	Várzea/Igapó
Polygonaceae		Arbusto/liana	Restinga
Polypodiaceae	<i>Acrostichum aureum</i>	Erva	Mangue
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora</i> tipo 1	Árvore	Mangue
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora</i> tipo 2	Árvore	Mangue
Rubiaceae		Herbáceo	Restinga
Sapindaceae		Arbusto/liana	Restinga
Ulmaceae	<i>Celtis sp</i>	Arbusto/liana	Várzea/Igapó
Verbenaceae	<i>Avicennia germinans</i>	Árvore	Mangue
Pteridophyta/Briophyta		Herbáceo	Ampla distribuição
Microforaminífero		Marinho	

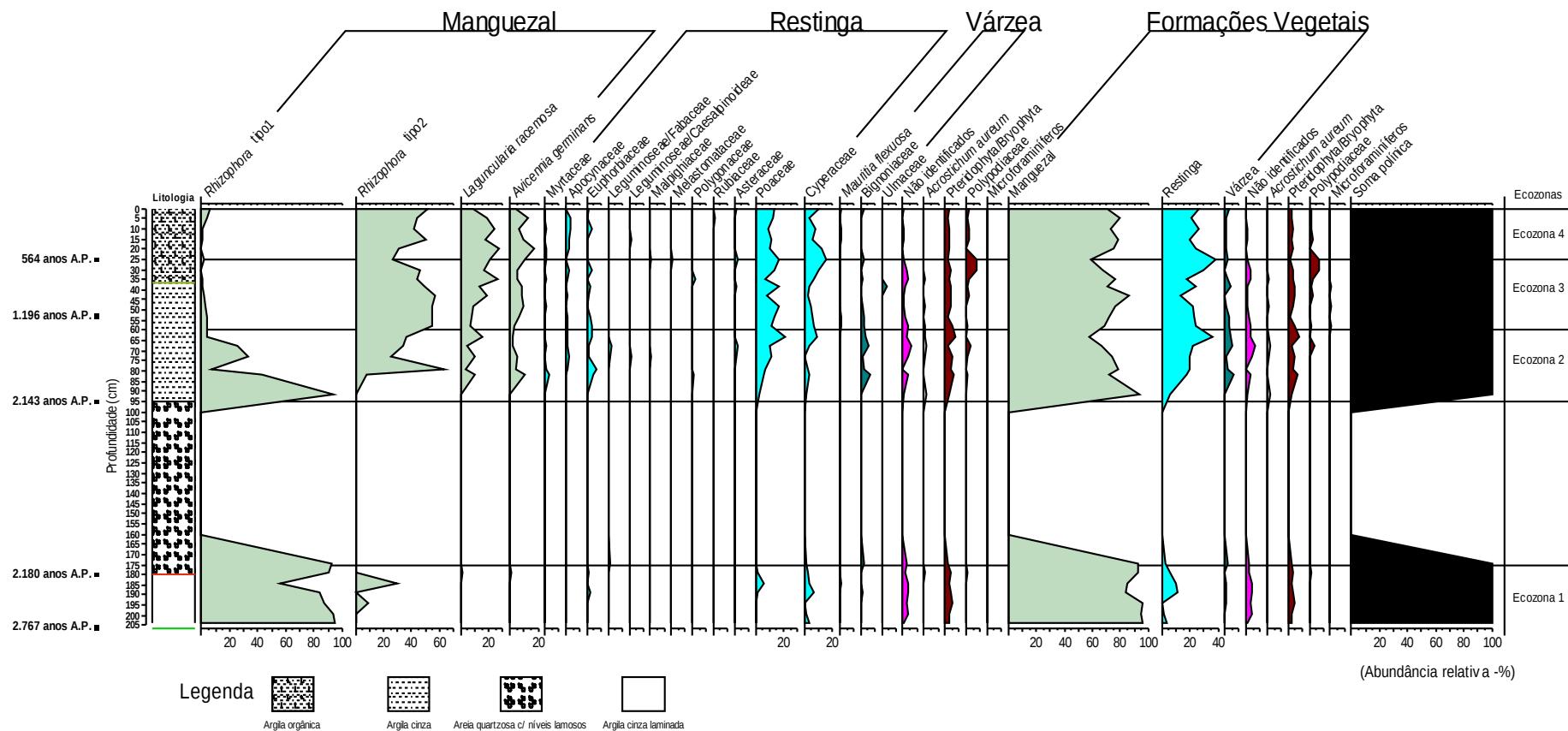


Figura 21. Diagrama palinológico de abundância relativa dos táxons encontrados nas amostras do testemunho TC. (Beta- 232412-2.730 anos A.P. - 0,4 mm / ano)

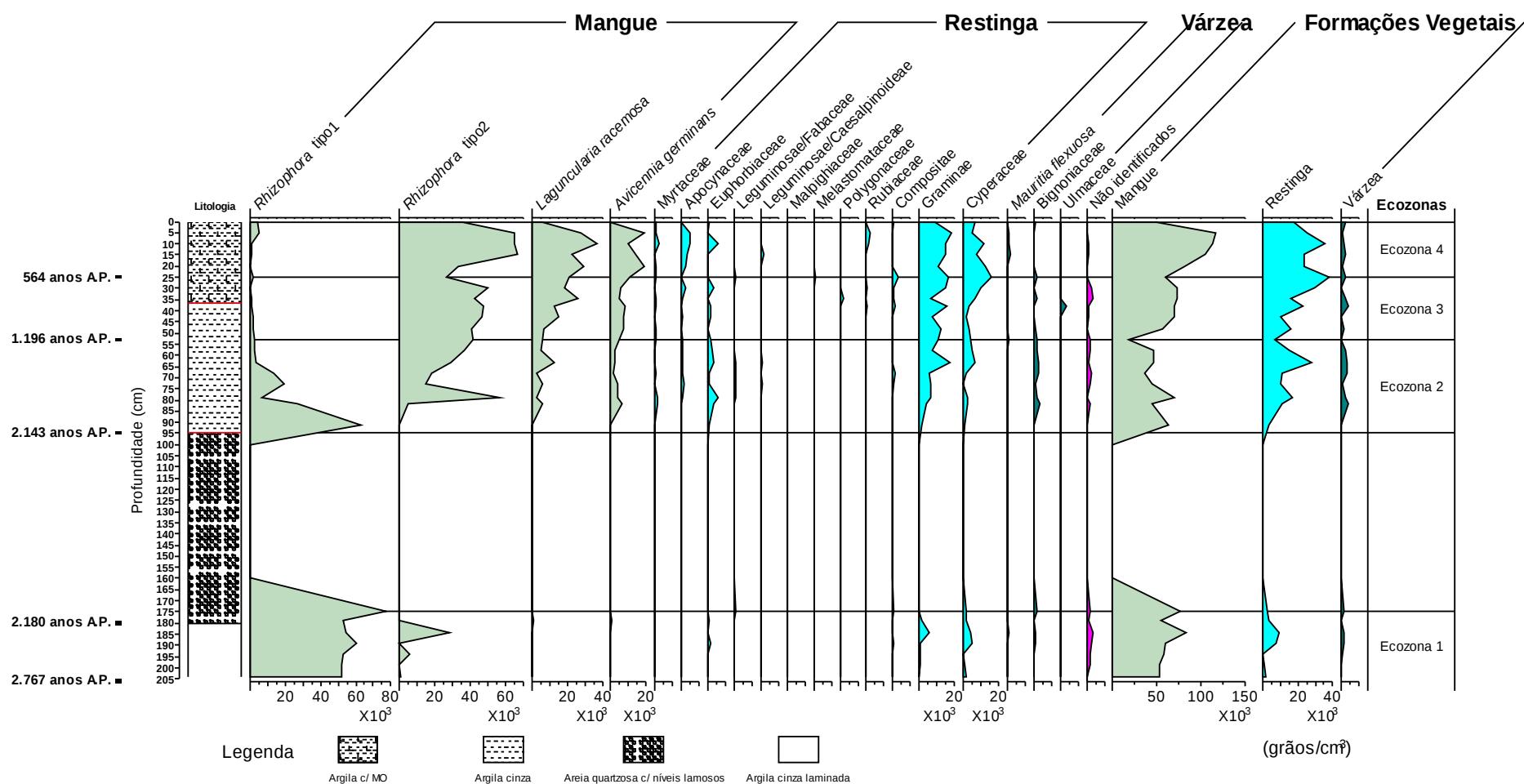


Figura 22. Diagrama palinológico de concentração dos táxons encontrados nas amostras do testemunho TC. (Beta- 232412-2.730 anos A.P.- 0,4 mm / ano)

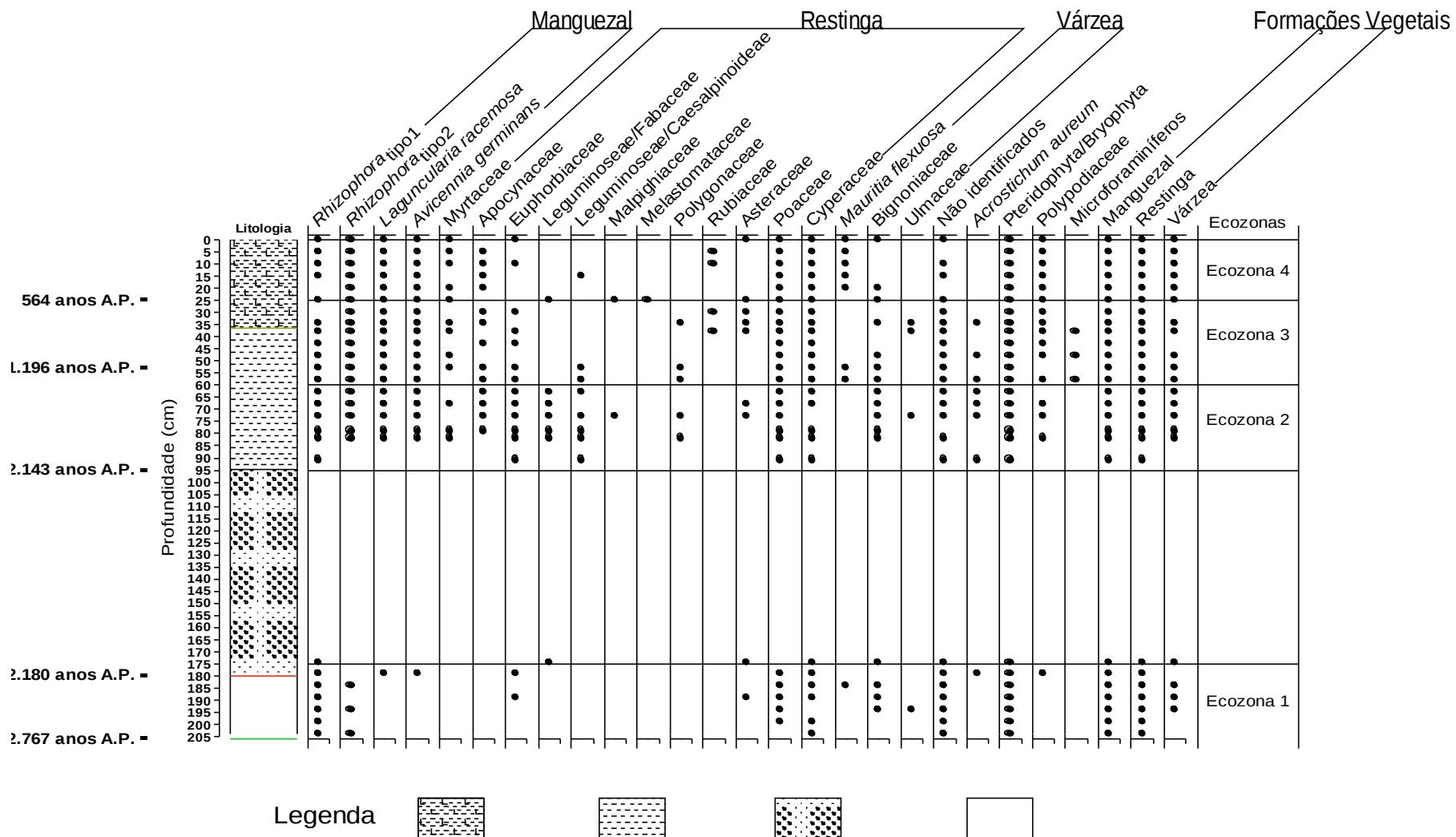


Figura 23. Diagrama palinológico de presença dos táxons encontrados nas amostras do testemunho TC. (Beta- 232412-2.730anos- 0,4 mm / ano)

5. DISCUSSÃO

5.1. DEPOSIÇÃO ATUAL DE SUPERFÍCIE

A deposição e preservação de grãos de pólen e esporos em ambientes alimentados por megacanais de drenagem, em um sistema estuarino de grandes proporções, como é a planície costeira do Marajó, depende fortemente da hidrodinâmica local, uma vez que os grãos de pólen e esporos sofrem redistribuição na superfície dos depósitos sedimentares, principalmente durante o período chuvoso, quando o aporte de sedimentos é maior, trazido pelas correntes de maré e ondas. Durante o período seco, no entanto, a deposição seletiva de grãos, principalmente esporos, provavelmente, devido à sua exposição frente aos processos de oxidação, ficando preservados somente aqueles com paredes mais grossas e resistentes (HOFMANN, 2002 e RULL, 1987).

Nas amostras de superfície do testemunho TCJ, os palinomorfos foram encontrados em bom estado de conservação, sugerindo que os grãos não sofreram exposição ao ar, tendo a sedimentação ocorrida em prováveis condições de redução (São Thiago, 2003). Somente pouquíssimos grãos de pólen e esporos apresentaram-se danificados, talvez pelo atrito da energia das marés, ou ainda por estarem expostos durante a estiagem.

No conjunto de amostras analisadas, há aquelas onde o ambiente predominante é o de manguezal (CJ9, CJ10, CJ11, CJ12, CJ13). Apenas na amostra CJ15, a predominância é de restinga, embora nas amostras CJ12 e CJ13 já se observe altos valores de percentuais e de concentração de elementos anemófilos de restinga, como Poaceae e Cyperaceae, além de uma ocorrência maior de espécies de restinga.

Nos gráficos dos índices ecológicos observa-se que em CJ 15 a riqueza de espécies é maior (11 táxons) enquanto na amostra CJ13 o número diminui (7 táxons). Quanto à diversidade percebe-se que CJ9, CJ10 e CJ11 apresentam valores muito próximos entre si (1, 024; 1,319; 1,134) respectivamente, enquanto que em CJ12, CJ13 e CJ15 os valores são próximos entre si, porém mais elevados que nas amostras anteriores (1,606; 1,508; 1,567) respectivamente. No que se refere à equitabilidade, observa-se que CJ9 e CJ11 apresentam os menores valores (0,44 e 0,52), pois os valores de abundância relativa estão concentrados em praticamente uma única espécie de manguezal – *Rhizophora* tipo 2 (Figura 10).

A análise palinológica das seis amostras de sedimento de superfície mostrou que a formação vegetal que predominou foi a de manguezal, à exceção da amostra CJ15. Nessa amostra identificamos a presença do pólen de Gramínea, Apocynaceae e Cyperaceae mais abundantes, caracterizando um ecossistema de restinga. Foram encontrados nessa amostra,

elementos de várzea, com o pólen de Sapindaceae e *Mauritia flexuosa*, porém a percentagem é baixa. A ocorrência de táxons característicos de mangue, como *Laguncularia racemosa*, com a percentagem de 26,42%, demonstra a existência de ecossistema de manguezal, mesmo que somente essa espécie seja expressiva.

No que se refere aos índices ecológicos, a riqueza de táxons é maior em CJ9, CJ12 e CJ15. Nessa amostra a dominância de manguezal que ocorre nas outras amostras, dá lugar a um ambiente de restinga, conforme indicado pelos índices de diversidade (1,567) e de equitabilidade (0,65).

Nas amostras CJ9 e CJ11, a equitabilidade é baixa ($E = 0,44$ e $0,52$, respectivamente), o que corresponde a um ambiente de manguezal, que tem baixa diversidade e altas concentrações em espécies anemófilas como *Rhizophora* tipo 1 e *Rhizophora* tipo 2.

A equitabilidade aponta uma distribuição mais uniforme das abundâncias entre os táxons na amostra CJ13, indicando ainda a prevalência de manguezal, mas favorecendo o aparecimento de novas espécies de restinga pelo estabelecimento de condições favoráveis, tendo em vista o processo erosivo atual observado na praia de Cajuúna. Nos gráficos de percentagem e concentração de grãos de pólen (Figuras. 17 e 18), a vegetação de manguezal está representada pelo tipo polínico *Rhizophora*, de dispersão anemófila, bastante expressiva.

Os tipos polínicos *Avicennia* e *Laguncularia*, de dispersão entomófila também são expressivos. A ocorrência de táxons característicos de restinga como *Poaceae* e *Cyperaceae* evidencia a existência dessa formação vegetal presente nas proximidades do manguezal, ocupando parte dos cordões arenosos praiais.

Os elementos de várzea são observados a partir da presença do pólen de Sapindaceae, que ocorre somente na amostra CJ15 ocorre, mesmo assim, em baixas porcentagens. Além desse, o pólen de *Mauritia flexuosa*, tipo polínico de tamanho grande, geralmente encontrado sempre próximo da planta mãe (Müller, 1959), também é encontrado em CJ15, reforçando assim, a presença de elementos de várzea nessa amostra.

Estão em anexo as fotomicrografias dos táxons encontrados nas amostras de superfície e do testemunho TC.

5.2. O TESTEMUNHO TC

As quatro zonas palinológicas definidas através da análise do testemunho TC combinam a composição e a abundância relativa de tipos polínicos, associados à composição sedimentar e datações ^{14}C , mostrando diferentes eventos ambientais em um sistema flúvio-marinho de grandes proporções como é o caso da planície costeira de Soure na ilha de Marajó,

Pará. Esta influência é a principal fonte de palinomorfos, oriundos de dois ecossistemas dominantes na costa paraense: o manguezal, típico de planícies lamosas em um sistema deposicional de baixa energia, enquanto o outro ecossistema, a restinga ocorre em planície arenosa, em sistema erosivo, de alta energia.

Portanto, as assembléias polínicas encontradas nas quatro diferentes zonas palinológicas definidas ao longo do testemunho TC estão fortemente relacionadas com a composição local da vegetação costeira (manguezal e restinga), cujas maiores contribuições são de tipos polínicos anemófilos, que embora sejam produzidos em grande quantidade, podendo ser transportados a grandes distâncias, conferem às interpretações paleoambientais, o caráter autóctone das maiores contribuições de pólen (Müller, 1959), embora haja uma baixíssima contribuição de outros ambientes, como as várzeas.

Tais resultados apontam para a dominância de manguezal, cujos bosques são fortemente dominados pela presença de espécies do gênero *Rhizophora*, resultado corroborado pela análise de superfície, também relacionado com a drenagem local, ratificando assim, a influência flúvio-marinha no aporte de sedimentos e de palinomorfos.

A dominância de elementos arbóreos de mangue ao longo de todo o testemunho sedimentar é representada pela elevada abundância do pólen de *Rhizophora*. Os valores de abundância desse táxon típico de manguezal, variando entre 55% a 95% ao longo da seqüência sedimentar indicam a adaptação deste ecossistema à hidrodinâmica local. O estabelecimento desse ecossistema, provavelmente, em período mais antigo, durante o Máximo Transgressivo Holocênico a partir de 5.000 anos A.P. foi observado na porção interna da planície costeira do Marajó (RODRIGUES, 2007).

Entretanto, os estudos palinológicos para a costa norte amazônica, evidenciam através das assembléias polínicas, a ocorrência de três eventos climáticos significativos durante o Holoceno Médio a Superior, cuja predominância de manguezais é um fato (SENNA, 2002; BEHLING *et al.*, 2001; BEHLING *et al.*, 2004; VEDEL *et al.*, 2006).

A dominância de *Rhizophora* é ainda facilitada por sua elevada produção polínica e dispersão anemófila, potencializada pela brisa marinha da zona costeira (HOFMANN, 2002).

O último evento de transgressão marinha registrado para a costa norte amazônica, através de análise polínica delineia uma nova retomada dos espaços com composição florística característica de ambientes de água doce, pelos bosques de mangue, com dominância de *Rhizophora* no Marajó (2.750 anos A.P), segundo Behling *et al.* (2004), e *Avicennia*, seguida de pólen de *Rhizophora* nas Guianas (Van Der Hammen, 1963) e lago da Aranha (2.350 ± 40 anos A.P.) SENNA (2002).

Entretanto, a análise do testemunho TC aponta eventos descontínuos de progradação da linha de costa, interrompidos por pulsos erosivos de curto período e de intensidade moderada, causando mudanças na hidrodinâmica local, consequentemente com a deposição de cordões arenosos praiais, havendo, portanto uma substituição do ecossistema precedente, o manguezal, por restingas, durante o período avaliado. A análise palinológica evidencia uma periodicidade na mudança da comunidade vegetal, definida nas assembléias polínicas, pela diminuição ou aumento na dominância de mangue, representado pelo pólen de *Rhizophora*, acompanhados por aumento e diminuição da abundância de bioindicadores característicos de restinga como Poaceae e Cyperaceae, acompanhado de outros elementos como Myrtaceae, Apocynaceae e Asteraceae.

No diagrama de porcentagem por formação vegetal (Figura 17) observa-se na zona palinológica I (2.767 anos A. P. idade estimada), a presença de manguezal cuja dominância de *Rhizophora* tipo 1 ao longo do intervalo (206-175 cm). Entretanto, as flutuações ambientais observadas, com a diminuição da dominância de mangue são acompanhadas pelo incremento na abundância relativa de tipos polínicos biomarcadores de restingas costeiras, principalmente herbáceas como Poaceae e Cyperaceae.

Neste contexto, a diminuição da dominância de mangue é refletida pelo incremento na riqueza de espécies, indicando que nestes períodos as condições ambientais foram mais favoráveis a colonização por outros táxons como Poaceae e Cyperaceae, característicos de restinga, associados ainda a outros elementos como Euphorbiaceae e Compositae. A expansão desse ambiente de maior energia e substrato arenoso sobre o mangue é mais bem observado na porção final do intervalo. Logo acima da seqüência ocorre um depósito típico de cordão arenoso praial, entretanto sem registro polínico.

A zona palinológica 2 (95 a 65 cm) com substrato lamoso (argila cinza) é típica de uma planície de maré lamosa, em condições de menor energia. Esta nova condição ambiental favoreceu a colonização de manguezal, ainda representado principalmente pelo pólen de *Rhizophora* tipo 1, cujos altos percentuais (94,33%) ocorrem apenas na base do intervalo. Entretanto, a partir de 80,5 e chegando até o final do intervalo (65 cm), observa-se o aumento abrupto de *Rhizophora* tipo 2., associada à outros tipos polínicos de manguezal, como *Laguncularia* e *Avicennia*, provavelmente em ambiente com maior aporte de areia fina quartzosa, fato que é evidenciado pela presença de ervas como Poaceae e Cyperaceae, típicas de restinga, intercalados à redução do manguezal, sempre associados à flutuações ambientais, típicas de fases erosivas. Essa zona palinológica apresentou a datação de 2.143 anos A.P. até 1.196 anos A. P. (idade estimada).

A zona palinológica 3 (60 a 25 cm) cujo sedimento composto de argila cinza com matéria orgânica (restos vegetais), remete a um ambiente mais calmo, de planície lamosa de intermaré, mostra que a espécie *Rhizophora* tipo 1 cai a uma valores percentuais inexpressivos em relação a *Rhizophora* tipo 2 (55,33%) cujo aumento considerável indica uma colonização que alcançou sucesso. O mesmo ocorre com *L. racemosa* com presença marcante, acompanhada por *A. germinans*. O período também é marcado pelas flutuações entre a predominância de manguezal e de restinga, que tem os táxons associados apresentando um aumento gradativo, destacando-se associação de Poaceae, Cyperaceae e Euphorbiaceae, com valores cada vez mais expressivos. Assim, o ambiente de restinga inicia um processo de colonização, em condições oxidantes, com energia cada vez mais notável. Essa zona palinológica é datada em 1.196 anos A.P. chegando até 564 anos A. P. (idades estimadas).

A zona palinológica 4 (25 a 0 cm) ocorre no topo do testemunho, onde o sedimento argiloso rico em matéria orgânica (MO), mostra ambiente deposicional mais calmo. Nessa zona palinológica observa-se o percentual de *Rhizophora* tipo 2, alcançando o seu valor máximo, seguida do pólen de *Laguncularia* e *Avicennia*, enquanto o pólen de *Rhizophora* tipo 1 praticamente é inexistente. Entretanto, em direção à superfície, as espécies das famílias Cyperaceae e Poaceae que ocorrem com os maiores valores percentuais, principalmente nesse intervalo, parecem diminuir quantitativamente. Assim, embora o ambiente de manguezal ainda predomine, os elementos de restinga destacam-se, evidenciando um provável aumento da energia no sistema, associada a um processo erosivo, ainda observado, atualmente, que permite maior oxidação e erosão de todos os elementos polínicos, principalmente se depositados em substrato arenoso. A zona palinológica 4 é datada em 564 anos A.P. (idade estimada).

Varias interpretações são possíveis tendo em vista a ocorrência de dois ambientes costeiros como o manguezal e a restinga, que ocorrem em condições ambientais bastante díspares. A aplicação de análise palinológica, realizada em intervalos mais curtos, de 5 em 5 cm, possibilitaram o registro quase contínuo das variações da vegetação e de uma maneira mais detalhada, das flutuações recorrentes, indicando processos de deposição e erosão também recorrentes, provavelmente relacionados a pulsos climáticos ou de mudanças hidrodinâmicas na foz do rio Amazonas, afetando a ilha do Marajó. Desta forma, a escala de observação utilizada para o testemunho sedimentar TC, evidencia um evento de curto período, citado por França e Souza Filho (2003), controlado pela hidrodinâmica da baía do Marajó.

Deve-se considerar também, que o testemunho sedimentar TC próximo da atual linha de costa foi coletado a 4 km do testemunho TC (Rodrigues, 2007), na planície costeira de

Soure, entre os canais do Cajuúna e Pesqueiro, que segundo França e Souza Filho (2003), apresenta as maiores taxas de erosão da porção leste da ilha do Marajó. Os processos erosivos estão documentados nos diagramas polínicos, refletindo prováveis soterramentos de árvores adultas de mangue, com a formação de terraços lamosos, com sedimentação arenosa, em condições de maior energia. A mudança de sedimentação, em períodos recorrentes, é registrada sob a forma de cordões arenosos, registrados ao longo do testemunho analisado, indicando antigas linhas de costa. A colonização destas áreas é feita por vegetação adaptada à sedimentação arenosa, justificando a ocorrência de restinga, intercalada com o mangue de planície lamosa de intermaré.

Desta forma, os processos erosivos atuantes na linha de costa da planície costeira de Soure são registrados de maneira mais marcante nessa porção da planície costeira, sendo mais sutis na sua porção interna (Rodrigues, 2007). As descrições sedimentares realizada por França (2003), para a porção intermediária do testemunho de sondagem TC apontam a ocorrência de sedimentação arenosa com níveis de areia, corroborando a hipótese de formação de linhas de costa sucessivas, em processo progradacional, provavelmente descontínuo.

Tal situação corrobora a hipótese de Rodrigues (2007) que associa a variação de composição e abundância relativa de tipos polínicos à alternância entre períodos úmidos e secos, influenciados provavelmente, pela variação climática, responsável também pelas prováveis mudanças na hidrodinâmica local. Vale ressaltar que atualmente, a salinidade medida próximo à linha de costa da planície costeira de Soure varia entre 8 e 0, entre o período seco e o úmido, respectivamente.

A datação ^{14}C da base do testemunho TC (2.760 anos A.P.), calculadas a partir da taxas de sedimentação do testemunho TBJ (Rodrigues, 2007) reforça a correspondência entre os eventos marinhos ocorridos na zona costeira paraense, principalmente, os registros de Behling *et al.* (2004) para Barra Velha, na ilha do Marajó, cuja datação radiocarbônica da base do testemunho de sondagem é de 2.750 anos AP.

Desta mesma forma, conforme corroborado por Rodrigues (2007), o processo erosivo, caracterizado por sedimentação arenosa sob condições de maior energia, segundo França e Souza Filho (2003), durante os últimos 15 anos na planície costeira de Soure está correlacionado com a última fase transgressiva citada. A análise polínica, de alta resolução, aplicada ao testemunho sedimentar TC evidenciou a alternância, entre períodos de diminuição na dominância de mangue com incremento da abundância de bioindicadores de restinga e a relação destes eventos recorrentes de curto período, com mudanças na hidrodinâmica da Baía do Marajó.

Pode-se afirmar, portanto, que a partir da análise palinológica do testemunho TC, associada às datações ^{14}C , aos índices ecológicos e à correlação com outros registros polínicos holocênicos realizados ao longo da costa norte amazônica, os eventos registrados para a planície costeira do município de Soure, está inserido em evento regional de transgressão marinha, registrado por toda a zona costeira paraense no Holoceno Superior.

6. CONCLUSÕES

A partir das análises palinológicas de superfícies de sedimentos lamosos da praia de Cajuúna e de sedimentos holocênicos do Testemunho Cajuúna (TC): foi observado:

- Os dados de abundância relativa e concentração mostraram a predominância do pólen de *Rhizophora* (acima de 55%), ao longo de todo o testemunho, caracterizando a presença predominante do ecossistema de manguezal.

- As assembléias polínicas registradas estão relacionadas com a composição florística local e regional. O aporte de sedimentos e palinomorfos são de origem flúvio-marinha. A distribuição destes palinomorfos é definida pelas correntes de maré e ondas, em um ciclo climático anual e pela megadrenagem de um ambiente de grandes proporções como é a baía de Marajó.

- O processo erosivo de retrogradação atual da linha de costa, ao qual a margem leste da ilha do Marajó está submetida, é registrado de maneira marcante, na porção externa da planície costeira interna e está relacionado provavelmente com a dominância do manguezal e com a presença de tipos polínicos de restinga, detectada nas assembléias de pólen das amostras de superfície de diferentes substratos.

- Os tipos polínicos de mangue são dominados pela ocorrência de *Rhizophora* tipo 1 e *Rhizophora* tipo 2, registrada ao longo de todo o testemunho sedimentar. Entretanto, sua dominância de *Rhizophora* tipo 1 sofreu decréscimo, substituída por *Rhizophora* tipo 2, concomitante ao provável incremento de areia, acompanhado de maior abundância relativa de elementos de restinga, podendo ser influenciada por pulsos climáticos de curta duração, definindo quatro zonas palinológicas, integradas a um evento transgressivo descontínuo, de maior duração.

- Os eventos climáticos ocorridos no Holoceno Superior parecem ter atingido a margem leste da ilha do Marajó como um todo. Entretanto, para o restante da costa norte amazônica é necessário incrementar os estudos palinológicos, utilizando a análise palinológica, em intervalos cada vez menores para interpretações paleoecológicas mais detalhadas e consistentes, considerando as características fisiográficas de cada região, separadamente, aliado ao maior conhecimento da flora costeira.
- Fazem-se necessárias mais pesquisas sobre a morfologia polínica do gênero *Rhizophora*.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N.; TUNDISI, J. G; .FORNERIS, L. **Glossário de Ecologia**, ACIESP no.103. 1997 352p
- ABSY, M. L. **A palynological study of Holocene sediments in the Amazon basin.** University of Amsterdam. 1979. 86p.
- _____. Palynology of Amazônia. **The history of the forest as revealed by the palynological record.** In: Prance G. T. Lovejoy, T. E. (Eds.) *Amazonia*. Pergamon Press. Oxford. p. 72-82. 1985.
- _____. & ABSY & SERVANT, M. A história do clima e da vegetação pelo estudo do pólen. **Ciência Hoje** 16 (93): p. 26-30. 1993.
- ADAIME, R R. **Estrutura, produção e transporte em um manguezal.** Simpósio sobre ecossistemas da costa sul e sudeste brasileiros. Síntese de Conhecimentos (1): p. 80-99. 1987.
- ALVES, M. A. M. S.; EL-ROBRINI, M.; SOUSA FILHO, P. W.; FARIAS D. R. & FRANÇA, C. F. **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. 2005.
- AMARAL, D.D.; VIEIRA, I. C.; SALOMÃO, R. P.; ALMEIDA, S. S.; SILVA; COSTA NETO, S. V.; SANTOS, João Ubiratan Moreira; CARREIRA, L. M.; BASTOS, Maria de Nazaré Do Carmo. **Campos e florestas das bacias dos rios Atuá e Anajás, ilha do Marajó, Pará.** 01. Ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2007. v. 01. 110 p.
- AQUINO, M. C. **A importância biológica do mangue.** Apicultura no Brasil, v. 4. p. 8. 1987.
- ARAÚJO, D.S.D. **Vegetation types of sandy coastal plains of tropical Brazil: A first approximation** p 337. In Seeliger. U. ((Ed) *Coastal plant communities of Latin America*. Academic Press. S.Diego
- BARBOSA, G V.& PINTO, M.N. **Geomorfologia da Folha AS-3 (S.Luiz)** In: Brasil, Projeto RADAM – Brasil, Rio de Janeiro, cap. 1, 37f. 1973.
- BARROS, M.A.; BARTH, O.M.; COSTA, K. M. R. **Catálogo sistemático de pólen das plantas arbóreas do Brasil meridional. XXXII: Anacardiaceae. Leandra**, (14): 17-24. 1999.
- BASTOS, M. N. C.; ROSÁRIO, C. S.; LOBATO L. C. D. **Caracterização fitofisionomica da restinga de Algodoal- Maracanã Pará Brasil.** Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, Serie Botânica. Belém, 11 (2): p. 176-195. 1995.
- BASTOS, M.N. C; SENNA, C.S. F; COSTA NETO, S.V. **Comunidades vegetais em paisagens litorâneas do Estado do Pará: as restingas do Crispim e de Algodoal.** In: Gente

e Ambiente. Org. por Lurdes Gonçalves Furtado & Helena Doris A. Barbosa Quaresma. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. 239-258. 2002.

BEHLING, H. & COSTA, M. L. **Holocene vegetational and coastal environmental changes from the Lago Crispim record in northeastern Pará state, eastern Amazônia.** Review of Paleobotany and Palynology. p. 145-155. 2001.

_____, **Late quaternary environmental changes in the Lagoa Curuça region (eastern Amazônia, Brazil) and evidence of Podocarpus in the Amazon lowland.** Vegetation History and Archaeobotany.10. :p. 175 -183. 2001.

_____, COHEN, M. C. L. & LARA, R. J. **Studies on Holocene mangrove ecosystem dynamics of the Bragança Peninsula in notheastern Pará, Brazil.** Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 40: p. 255-309. 2001.

_____, COHEN, M. C. L. & LARA, R. J. **Late Holocene mangrove dynamics of Marajó Island in Amazônia, northern Brazil.** Vegetation History and Archaeobotany. Published online in 20 February. 2004. 12p

CLARK R. K.; WARWICK. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation** UK: Plymouth marine laboratories, 144p, 1994.

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

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

COHEN, M. C. L. **Past and current Mangrove evolution of the Bragança Peninsula-Northern Brazil.** Tese de Doutorado. Alemanha: Universitat Bremen, U.B., 2003. 10p.

_____, BEHLING, H.; LARA, R. J. **Amazonian mangrove dynamics during the last millennium: The relative sea-level and the Little Ice Age.** Review of Palaeobotany and Palynology Volume: 136, Issue: 1-2 September, RJ, 2005. p. 93-108

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

COSTA, M. L.; BEHLING, H.; BERREDO, J. F; CARMO, M S; SIQUEIRA, N. V. M. **Mineralogical, geochemical and palynological studies of late Holocene mangrove sediments from northeastern Pará State.** Revista Brasileira de Geociências, v. 34, p. 479-488, 2004.

ERDTMAN, G. **Polén Morphology and Plant Taxonomy-Angiosperms.** Stockholm Almquist e Wiksell. 1952. 538 p.

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

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

FRANÇA C. F. **Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da ilha de Marajó-Pa.** Tese de doutorado. Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, 2003. 144p.

FREITAS, F. O. **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.º 22. 2002.

GRIMM, E.C. CONISS: A fortan 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of the incremental sumo squares. **Computer and Geosciences**, 13: p. 13-35. 1987.

HOFMANN, C. C. **Pollen distribution in sub-Recent sedimentary environments of the Orinoco Delta (Venezuela) – an actuo-palaeobotanical study.** Review of Palaeobotany and Palynology. 119: p.191-217.2002.

KISSE, J. **Bemerkuen zum Einschluss in glycerin gelatine.** Z. Wiss. Mikr. 1935. 51p.

LIMA, J. S. E.; MEIRA, V. S. **Biomonitoramento da Qualidade do ar da Cidade de Salvador /Bahia.** Tec. Bahia v.18 n.º1 2000.

LISBOA, P.L.B.; LISBOA, R.C.L.; ROSA, N.A. & SANTOS, M.R. **Padrões de diversidade florística na reserva ecológica do Bacurizal, em Salvaterra, ilha do Marajó, Pará.** Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica, v. 9 (2): p 223-248. 1993.

NIEMI, G.J; MAC DONALD, M.E. **Application of a ecological indicators.** A Review of Ecology, Evolution and Systematic, 35:89-111, 2004.

MENDES, A. C. **Estudos sedimentológico e estratigráfico dos sedimentos holocênicos da costa do Amapá.** Dissertação de Mestrado. Belém: Universidade Federal do Pará. 1994. 318p.

MIRANDA, I. P. A. **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. 1993.

MÜLLER, I. **Die pollent analttische nachweis der menschlichen Besiedlung im Federsee- und bodenseegebiet..** Planta. 1959. 36p

RASTETTER, E. B & SHAVER, G. R. **A model of multiple element limitation for acclimating vegetation.** Ecology. v 73.p 1157-1174. 1992.

RIBEIRO, M. B. **Paleovegeção e Paleoclima no Quaternário Tardio da Vereda de Águas Emendadas- D. F.** Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade de Brasília / Instituto de Geociências. 110 p. 1994

RICE, J.C., **Evaluating fisheys impacts using metrics of community structure.** ICES Journal of Marine Science, 57:682-688 .2000.

RODRIGUES, I. D. **Estudos Palinológicos em sedimentos do Holoceno do Lago Caracaranã, Roraima Brasil. Dissertação de Mestrado.** INPA/UFAM. Manaus Amazonas, 2006. 120 p.

RODRIGUES, L. S. C. **Analise Palinológica do testemunho Bom Jesus, Planície Costeira interna de Soure, Ilha do Marajó-PA.** Dissertação (Mestrado em Botânica Tropical), Universidade Federal da Amazônia (UFRA)/ Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG). 2007.

ROSSI, M. & MATTOS, I. F. A. O ecossistema mangue: uma análise dos solos e da vegetação no Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, v.4, 1992. p. 930-936. (Edição especial).

ROUBICK, D. W. & MORENO, J. P. E. **Pollen and Spores of Barro Colorado Island. Monographs in Systematic Botany from Missouri Botanic Garden, Panamá.** 1991. p. 270.

RULL, V. **A note on pollen counting in palaeoecology.** Pollen et Spores, v. XXIX (4): 471-480.1987.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **Contribuição à palinologia dos Cerrados.** Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências. 1973. 291p

_____; **História Ecológica da Terra.** São Paulo: Edgard Blücher. 1994. 30p.

_____; **Conceitos e técnicas para o Quaternário** São Paulo: Edgard Blücher. 2007. 387p

SÃO THIAGO, L. E.U. **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. 2005.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar; [S.I] Caribe Ecological Research.** 1995.64p.

SENNA. C, S. F.; **Mudanças da Paleovegetação e dos Paleoambientes Holocênicos da Planície Costeira da Região Nordeste do Estado do Pará, entre as baías de Marapanim e Maracanã.** Tese de doutorado apresentada á Universidade do Amazonas / Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus - Amazonas, 2002. 115 p.

_____; **O Estudo de Pólen Fóssil e sua Contribuição para a História da Diversificação e Distribuição da Flora no Cenozóico da Amazônia.** In: Desafios da

Botânica brasileira no Novo Milênio: Inventário, Sistematização e Conservação da Diversidade Vegetal. 54º Congresso Nacional de Botânica. 2003. p. 74-79.

_____; & ABSY, M. L. **Paleoecologia**. In: Fernandes, M. E. B. (org.). **Os manguezais da costa norte brasileira**. São Luis. Fundação Rio Bacanga. p 29-44. 2003.

_____; MELLO, C. F.; FURTADO, L. G. **Impactos naturais e antrópicos em manguezais do litoral nordeste do estado do Pará**. In: Furtado, L. G.; Quaresma, H. D. A. B. (org.). Gente e Ambiente: no mundo da pesca artesanal. Belém. Museu Paraense Emilio Goeldi. Coleção Eduardo Galvão. 2002. 209 p.

_____; & OLIVEIRA, D. S. **Composição, abundância e diversidade de tipos polínicos em paleoambientes holocênicos do estuário do Rio Marapanim, Estado do Pará**. In: PROST, M. T. MENDES A. (Org) Ecossistemas Amazônicos: Dinâmicas, impactos e valorização de recursos naturais, UFPA/MPEG. (no prelo).

_____; RIBEIRO, F. C. P.; PAIVA, R. **Análise palinológica 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. 0296 2005.

SILVA JR. R. S. **Concentração e fluxo de CO₂ sobre pastagem na Região Amazônica** Dissertação (Mestrado em Meteorologia), 2003. Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

SOUZA FILHO, P. W. M. **Análise Multitemporal e Multisensor (TM Landsat e Radarsat) da Dinâmica de Ambientes Costeiros dominados por macromaré na Planície Costeira de Bragança – Pará**. UFPA/ CG. 2001. 219 p.

_____; Costa de Manguezais de Macro maré da Amazônia: Cenários Morfológicos, Mapeamento e Quantificação de Áreas usando dados de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**. v. 23 (4) 2005.8 p.

SUGUIO, K. & TESSLER, M. G. **Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura**. IN: Lacerda *et al* (orgs). **Restingas: Origem, estrutura e processos**. Niterói, CEUF, p. 15-25. 1984.

VAN DER HAMMEN, T. **A palynological study on the Tertiary and Upper Cretaceous of British Guiana**. Review paleobotany and palinologic 60: 1 – 21. Elsevier.1963

VEDEL, V. BEHLING, H.; COHEN, M.; LARA, R. J. . **Early Holocene mangrove dynamics and sea-level changes in northern Brazil, inferences from the Taperebal core in northeastern Pará State**. Vegetation History And Archaeobotany, v. 15, p. 115-123, 2006.



Anexos



**Fotomicrografias (anexo1)
e
Glossário (anexo2)**

ANEXO 01

FOTOMICROGRAFIAS



01



02



03



04



05



06



07



08



09

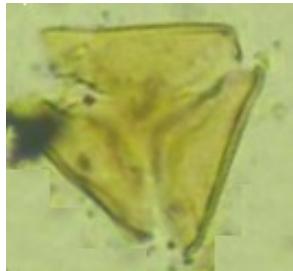
PRANCHA 01

Tipos polínicos bioindicadores de ambiente de manguezal

Rhizophora tipo 1 - 01*Rhizophora* tipo 2 - 02*Laguncularia racemosa* - 03 e 04*Rhizophoraceae* - 05 e 06*Avicennia germinans* - 07, 08 e 09

ANEXO 01

FOTOMICROGRAFIAS



08



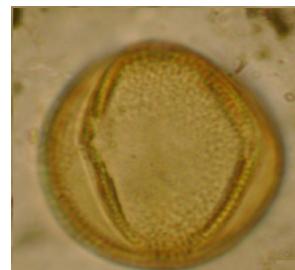
09



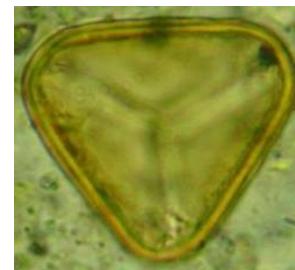
10



11



12



13



14



15



16

PRANCHA 02

Tipos polínicos bioindicadores de ambientes de restinga

Myrtaceae - 08

Apocynaceae - 09

Euphorbiaceae - 10

Leguminosae/Fabaceae - 11

Leguminosae/Caesalpinoideae - 12

Sapindaceae - 13

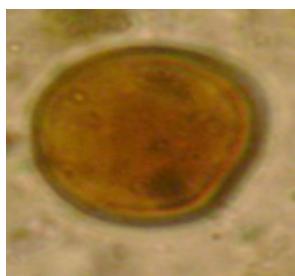
Malpighiaceae - 14

Melastomataceae - 15

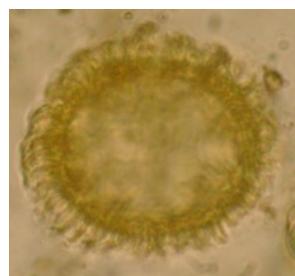
Polygonaceae - 16

ANEXO 01

FOTOMICROGRAFIAS



17



18



19



20



21



22



23



24



25



26

PRANCHA 03

Tipos polínicos bioindicadores de ambientes de várzea

- | | |
|------------------------------|-----------------------|
| Rubiácea -17 | Bignoniaceae - 22 e23 |
| Asteraceae -18 | Ulmaceae - 24 |
| Poaceae -19 | Mimosóidea - 25 |
| Cyperaceae - 20 | Arecaceae -26 |
| <i>Mauritia flexuosa</i> -21 | |

ANEXO 01

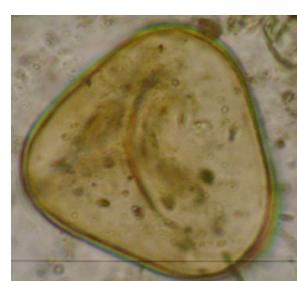
FOTOMICROGRAFIAS



26



27



28



28



29



30



31



32



33

PRANCHA 04

Esporos e Microforaminíferos

Acrostichum aureum - 26 Esporos monolete - 30

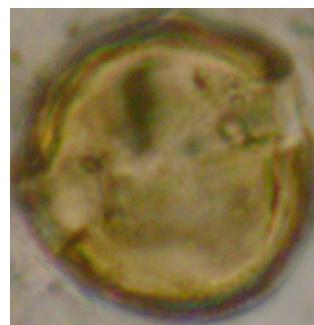
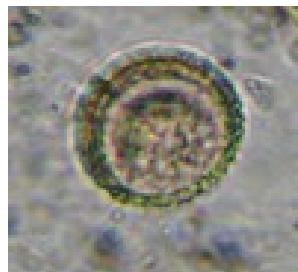
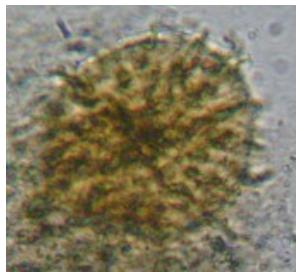
Pteridófita/Briófita - 27 Esporos trilete - 33

Polypodiaceae - 28 e 29

Microforaminífero - 31 e 32

ANEXO 01

FOTOMICROGRAFIAS



PRANCHA 05

Tipos polínicos não identificados

ANEXO 02

GLOSSÁRIO

ACETÓLISE - procedimento laboratorial que elimina a membrana interna e o conteúdo celular do grão de pólen, clarificando a membrana externa

BERMA PRAIAL - área de pós-praia constituída de uma área plana e quase horizontal até uma inclinação suave em direção ao mar

BIOMARCADORES - são espécies de animais ou vegetais que indicam precocemente as modificações bióticas (orgânicas) ou abióticas (físico/químicas) de um ambiente

CARBONO 14 - isótopo radioativo do carbono comum (Carbono 12) e que se forma na atmosfera pelo choque dos raios cósmicos com o nitrogênio. Combina-se rapidamente com o oxigênio, gerando óxido de carbono radioativo. Nos vegetais e animais a proporção entre os dois isótopos do C é mais ou menos a mesma da atmosfera. Após a morte dos seres vivos esta proporção tende a modificar-se, havendo um decréscimo da quantidade do carbono radioativo em comparação com o carbono natural, em virtude da desintegração. Após 5.730 anos a proporção entre os dois cai pela metade do valor inicial. O conhecimento dessa proporção permite calcular a idade do material analisado. Através desse método podem ser datados fósseis com até 50.000 anos

COMPARTIMENTO MORFOTECTÔNICO MARAJOARA – tipo de formação rochosa cuja evolução está vinculada a movimentação de placas tectônicas do Terciário Superior que se prolongou até o Quaternário, e controla a estruturação e organização da paisagem da ilha de Marajó

DATAÇÃO - é a técnica de classificação etária de objetos (como minerais, fósseis...) que utiliza a lei de decaimento radioativo de um determinado nuclídio. Pode ser relativa (como a estratigrafia) e absoluta (p/ ex. a datação radiométrica).

ESTRATIFICAÇÃO - estrutura dos sedimentos caracterizada por lâminas paralelas ou não

ESTUÁRIOS - termo que indica o interior de um ambiente costeiro onde ocorre o encontro das águas fluviais com a do mar transportada pelas correntes de maré estendendo-se rio acima até o limite da influência da maré

FALÉSIAS - forma geográfica litorânea, caracterizada por um abrigo encontro da terra com o mar

FALHAS DEXTRAIS - tipo de falha geológica decorrente de movimentação de placas tectônicas por choques entre elas

FALHAS TRANSCORRENTES - tipo de falha geológica decorrente de movimentação de placas tectônicas por deslizamentos laterais

GENOMA - é o conjunto completo de fatores hereditários contidos nos cromossomos

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.)

LEPTOCÚRTICAS - relativo à distribuição de sedimentos, (distribuição granulométrica) típica de áreas de transporte de maior energia

MARÉ DE SIGIZIA - marés muito altas, que coincidem com a fase de lua cheia

MOVIMENTAÇÃO TRANSTENSIVA - padrão de movimento das placas tectônicas e que controla a estruturação e organização da paisagem (deslizamentos laterais)

PLATICÚRTICAS - relativo à distribuição de sedimentos, (distribuição granulométrica) típica de áreas de transporte de menor energia

PALEOAMBIENTES - correspondem aos ambientes antigos em que ocorreu a formação das rochas

PALEOCANAIS – são descritos como corpos arenosos descontínuos e irregulares de topos convexos que se destacam na planície argilosa (via de regra c/ altura de 1 a 2 m, controlados por árvores de médio porte)

PALINOMORFO - parte preservada de diversos organismos ou estruturas orgânicas, cujas dimensões variam de 10 micra a 500 micra, estando incluídos esporos, polens, microrganismos planctônicos e bentônicos

PLANÍCIE DE INTERMARÉ - área aplainada, com suave mergulho em direção ao mar, dissecada por canais de maré e tidal crecks, podendo ocorrer associada a outros sistemas como estuários, lagunas, baías, deltas, atrás de ilhas barreiras ou outras barras arenosas. Desenvolve-se em regiões costeiras, em áreas onde dominam os ciclos de maré e a energia das ondas é baixa.

PLANÍCIE DE MARÉ - área baixa, plana, situada ao longo da costa ou em estuários e baías, constantemente sob o efeito das marés

PLATICÚRTICAS - relativo à distribuição de sedimentos, (distribuição granulométrica) típica de áreas de transporte de menor energia

PLACAS TECTÔNICAS - fragmento da litosfera que flutua sobre o manto astenosférico, com movimentos relativos que induzem aos diversos regimes tectônicos

PROCESSOS PROGRADACIONAIS - são processos de deposição sedimentar

PROCESSOS RETROGRADACIONAIS - são processos de erosão sedimentar

PROGRADAÇÃO - avanço em direção ao mar, resultando em sedimentação fluvial na região próxima à praia

PROMONTÓRIO - porção saliente e elevada de qualquer área continental que avança para dentro de um corpo aquoso

RIAS - acidente geográfico, parte da área costeira que se apresenta como se fossem “recortadas”, conformação de zona costeira que originam promontórios e falésias

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 CLÁSTICOS - depósito sedimentar, conglomerado de cascalhos, areias, argilas, mal selecionados e parcialmente consolidados

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.

 **SUPERFICIE DE FALHA** - superfície ao longo da qual ocorreu o deslocamento

TECTÔNICA DE PLACA - conjunto de processos geológicos responsáveis pela formação e separação dos continentes ao longo do tempo geológico

ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL - zona estreita onde se encontram (e se chocam) os ventos alíseos dos dois hemisférios

ZONA DE INTERMARÉ - porção da planície de maré, pouco inclinada, e que se apresenta totalmente exposta na baixa-mar e quase inteiramente coberta na preamar.