

ANTONIO ALVARO BUSO JUNIOR

Dinâmica ambiental holocênica (vegetação, clima e nível relativo marinho)
baseada em estudos interdisciplinares de alta resolução, no litoral norte do
estado do Espírito Santo

Dissertação apresentada ao Centro de Energia
Nuclear na Agricultura da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Área de Concentração: Energia Nuclear na
Agricultura e Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Ruiz Pessenda

Piracicaba

2010

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Buso Junior, Antonio Alvaro

Dinâmica ambiental holocênica (vegetação, clima e nível relativo marinho) baseada em estudos interdisciplinares de alta resolução, no litoral norte do estado do Espírito Santo / Antonio Alvaro Buso Junior; orientador Luiz Carlos Ruiz Pessenda. - - Piracicaba, 2010.

190 f.: il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Carbono 14 2. Ecossistemas de mangue 3. Florestas tropicais 4. Holoceno 5. Isótopos estáveis 6. Paleoambientes 7. Paleobiogeografia 8. Paleoclimatologia 9. Paleocologia 10. Palinologia – Mata Atlântica I. Título

CDU 551.794:902.67(815.2)

AGRADECIMENTOS

Aqui agradeço às muitas pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução desse trabalho.

Aos meus pais Alvaro e Margarida, pelo exemplo de vida e apoio incondicional.

Ao prof. Pessenda, pela oportunidade, orientação e entusiasmo.

Aos amigos do Laboratório ¹⁴C, pela convivência: Aline Briques, Rodrigo Pinegone, Jaime Rissi, Mariah Francisquini, Suzy Gouveia, Soraya Saia, Marcos Borotti, Thiago Barrios, Liz Mary, Gláucia, Rodrigo, Fernanda, Elaine Vidotto, Cláudia.

Ao prof. Paulo Eduardo de Oliveira, pelo apoio nos trabalhos de campo e análise polínica.

À professora Sonia de Oliveira e à professora Cecília Volkmer, pelo apoio durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao prof. Vinícius Castro Souza, pelo apoio na implantação da palinoteca.

Aos funcionários do CENA/USP, pelo suporte em suas respectivas áreas.

Aos funcionários da Biblioteca Central da ESALQ/USP.

Aos funcionários da Reserva Natural Vale, pelo acolhimento e suporte durante as visitas: Renato Jesus, Alessandro, Geovane, Domingos Foli, Neneco e muitos outros.

Aos amigos de longa data: Alexandre Marques, Cássio de Negri, Cristiano Morini, Ivo Toledo.

Este trabalho contou com apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (processo 2007/06222-4).

RESUMO

BUSO JUNIOR, A. A. **Dinâmica ambiental holocênica (vegetação, clima e nível relativo marinho) baseada em estudos interdisciplinares de alta resolução, no litoral norte do estado do Espírito Santo**. 2010. 190 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

Com base em um estudo interdisciplinar, os objetivos deste trabalho foram: estudar a dinâmica da vegetação e do nível relativo marinho e inferir o clima, durante o Holoceno, na região nordeste do estado do Espírito Santo. Para tanto foram analisados: (i) vegetação atual (caracterização botânica e $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$); (ii) matéria-orgânica do solo ($\delta^{13}\text{C}$, C elementar e datação ^{14}C); (iii) sedimento lacustre (litologia, C e N elementar, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, datação ^{14}C da matéria-orgânica, pólen e diatomáceas). Os pontos de amostragem estão localizados na Reserva Natural Vale e na Reserva Biológica de Sooretama, região de predomínio de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, com fragmentos de Savana e áreas ocupadas por vegetação pioneira. As principais conclusões foram: (i) o local de estudo não apresentou retração florestal durante o Holoceno; (ii) o clima foi inferido como predominantemente úmido; (iii) a dinâmica da vegetação durante o Holoceno no interior e nas proximidades do vale do Rio Barra Seca foi influenciada pelas flutuações do nível relativo marinho: com a transgressão marinha (há aproximadamente 7700 anos cal. A.P.) iniciou-se o deslocamento da vegetação florestal e a instalação do manguezal; entre aproximadamente 4700 até 3000 anos cal. A.P., o período de maior influência marinha, ocorreu o maior distanciamento do manguezal em relação ao ponto estudado; com a regressão marinha, a colonização do vale por vegetação pioneira ocorreu a partir de, aproximadamente, 2300 anos cal. A.P.; há cerca de 1200 anos cal. A.P. ocorreu a instalação do atual ambiente lacustre com a floresta em seu entorno; (iv) o local atualmente ocupado pela Lagoa do Macuco, no interior do vale do Rio Barra Seca, foi caracterizado por um ambiente estuarino durante o período aproximado de 7700 a 3000 anos cal. A.P.

Palavras-chave: Datação ^{14}C . Isótopos estáveis de C e N. Pólen. Holoceno. Mata Atlântica. Manguezal. Savana. Nível relativo marinho. Paleoclimas.

ABSTRACT

BUSO JUNIOR, A. A. **Holocene environmental dynamics (vegetation, climate and relative sea level) based on high resolution interdisciplinary studies, at northern coast of Espírito Santo state.** 2010. 190 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

Based on an interdisciplinary study, the objectives of the present work were to study the vegetation and relative sea-level dynamics and to infer the climate during the Holocene, at northeastern region of Espírito Santo State. The materials and respective analyses were: (i) modern vegetation (botanic identification, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$); (ii) soil organic matter (total organic carbon, $\delta^{13}\text{C}$ and ^{14}C dating); (iii) lake sediment (lithology, total organic carbon and total nitrogen, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$, ^{14}C dating, pollen and diatoms). The sampling points were located at Vale Natural Reserve and Sooretama Biologic Reserve, region of tropical rainforest vegetation dominance, with savanna fragments and pioneer vegetation patches. The main conclusions were: (i) the forest retreatment was not observed in the study site during the Holocene (ii) the climate was predominantly humid (iii) vegetation dynamics inside the Barra Seca River valley and surroundings were influenced by relative sea-level fluctuations: at ca. 7700 cal. yr B.P., the forest vegetation started its retreatment and the mangrove ecosystem was installed; from ca. 4700 to ca. 3000 cal. yr B.P., the period of higher marine influence, occurred the higher mangrove detachment from the sampling point; with the marine regression, the valley colonization by the pioneer vegetation started at ca. 2300 cal. yr B.P.; at ca. 1200 cal. yr B.P. started the installation of modern lacustrine environment, with the forest in the surroundings; (iv) the present location of Lagoa do Macuco was characterized by an estuarine environment during the period from \sim 7700 to ca. 3000 cal. yr B.P.

Key-words: ^{14}C dating. C and N stable isotopes. Pollen. Holocene. Atlantic Rainforest. Mangrove. Savanna. Relative sea-level. Paleoclimates.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1	Datação por ^{14}C	11
2.2	Ciclos fotossintéticos C3, C4 e CAM.....	14
2.2.1	Ciclo C3 (Ciclo de Calvin).....	14
2.2.2	Ciclo C4 (Via Hatch-Slack).....	15
2.2.3	Plantas CAM (<i>crassulacean acid metabolism</i>).....	15
2.2.4	Implicações ecológicas dos diferentes ciclos fotossintéticos.....	15
2.2.5	Composição isotópica do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) resultante dos ciclos fotossintéticos.....	16
2.3	Isótopos do carbono e nitrogênio em estudos paleoambientais.....	17
2.3.1	Dinâmica da vegetação com base no $\delta^{13}\text{C}$ da matéria-orgânica dos solos.....	17
2.3.2	Flutuações do nível relativo marinho com base em C/N, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$	17
2.4	Tipos de vegetação mais relevantes para o presente estudo.....	19
2.4.1	Manguezal.....	19
2.4.2	Mata de tabuleiro.....	22
2.4.3	Vegetação de muçununga.....	23
2.5	Nível relativo marinho.....	24
2.5.1	Flutuações do nível relativo marinho durante o Holoceno no litoral sudeste do Brasil.....	25
2.6	Dinâmica da vegetação e paleoclimas holocênicos nas regiões sudeste e nordeste do Brasil.....	27
2.6.1	Região sudeste.....	27
2.6.2	Região nordeste.....	28
2.6.3	Modelo paleoclimático para as regiões sudeste e nordeste durante o Holoceno.....	29
3	HIPÓTESES.....	30
4	ÁREA DE ESTUDO.....	31
4.1	Fisiografia regional.....	34
4.2	Geologia.....	34
4.2.1	Depósitos quaternários marinhos.....	34
4.2.2	Depósitos quaternários continentais.....	35
4.3	Solos.....	35
4.4	Clima.....	37

4.5	Vegetação	38
4.5.1	Floresta Ombrófila Densa.....	38
4.5.2	Savana.....	39
4.5.3	Formações Pioneiras.....	39
4.6	Caracterização dos pontos amostrados	41
4.6.1	Lagoa do Macuco (MAC)	42
4.6.2	Brejo da Imbiriba (BI)	43
4.6.3	Mata da Bicuíba (MB e MBT)	44
4.6.4	Nativo da Gávea (NGI)	45
4.6.5	Nativo da Gávea (NGI.1)	46
4.6.6	Nativo da Gávea (NG4).....	46
4.6.7	Floresta da Gávea (NG5).....	46
4.6.8	Nativo da Gávea (NG7).....	46
4.6.9	Muçununga da Gávea (MUGI).....	47
4.6.10	Mata de Tabuleiro (MT1).....	48
4.6.11	Nativo da Mantegueira (NMI).....	48
4.6.12	Nativo da Bomba d'Água (NB).....	49
4.6.13	Mata da Bomba d'Água (MBA).....	50
4.6.14	Córrego Travaglia (CT).....	50
4.6.15	Mata da Joeirana Vermelha (MJ)	50
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	51
5.1	Coletas	51
5.1.1	Plantas.....	51
5.1.2	Serapilheira.....	51
5.1.3	Solo.....	51
5.1.4	Sedimento	52
5.2	Descrição do testemunho sedimentar	53
5.3	Análise granulométrica de solo	53
5.4	Análises isotópicas e elementares.....	53
5.4.1	Plantas.....	54
5.4.2	Serapilheira.....	54
5.4.3	Solo.....	54
5.4.4	Sedimento	55
5.5	Datação ¹⁴ C.....	55

5.5.1	Matéria-orgânica do solo	55
5.5.2	Matéria-orgânica sedimentar	56
5.6	Bioindicadores	57
5.6.1	Grãos de pólen e esporos	57
5.6.2	Diatomáceas	59
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
6.1	Coletas realizadas	60
6.2	Pontos sob floresta	62
6.2.1	Composição isotópica da vegetação	62
6.2.2	Análise granulométrica	63
6.2.3	Datação da matéria-orgânica do solo	63
6.2.4	Análises isotópicas e elementares da matéria-orgânica do solo	64
6.3	Pontos sob vegetação não florestal	69
6.3.1	Composição isotópica da vegetação	69
6.3.2	Datação da matéria-orgânica do solo	70
6.3.3	Análises isotópicas e elementares da matéria-orgânica do solo	70
6.4	Lagoa do Macuco	75
6.4.1	Composição isotópica da vegetação	75
6.4.2	Descrição do testemunho sedimentar	77
6.4.3	Datações da matéria-orgânica sedimentar	78
6.4.4	Análises isotópicas e elementares de C e N da matéria-orgânica sedimentar	80
6.4.5	Palinologia	86
6.4.6	Diatomáceas	102
6.5	Integração dos dados	102
6.5.1	Dinâmica da vegetação	102
6.5.2	Nível relativo marinho	106
6.5.3	Interpretação paleoclimática	108
7	CONCLUSÕES	110
	REFERÊNCIAS	111
	ANEXOS	120

1 INTRODUÇÃO

Os estudos sobre os paleoclimas do Holoceno, além de permitirem uma melhor compreensão da evolução pretérita dos componentes biótico e abiótico atuais, em relação à sua distribuição e diversidade, também servem de base para as tentativas de prognóstico das futuras mudanças ambientais (SUGUIO, 1999). Assim, como um de seus objetivos principais, esses estudos buscam uma caracterização cada vez mais precisa e detalhada das variações do paleoclima, tanto temporal quanto espacialmente.

Classificado como a última época do Quaternário, o Holoceno corresponde, aproximadamente, aos últimos 11 mil anos. As mudanças paleoclimáticas do Holoceno se relacionam com o componente abiótico e com a distribuição da fauna e da flora. A história climática é um dos fatores que determina a atual distribuição e composição das comunidades vegetais e animais de uma região.

Atualmente a gama de ferramentas utilizadas nos estudos paleoambientais é bem diversa, tais como a interpretação da geomorfologia, a análise de grãos de pólen e esporos preservados em sedimentos, análises isotópicas e elementares da matéria-orgânica do solo etc. De um modo geral os dados obtidos em tais análises devem ser relacionados a uma cronologia, normalmente estabelecida por métodos de datação, e constituem a base das inferências paleoclimáticas.

Com relação às regiões sudeste e nordeste do Brasil, os trabalhos até agora realizados têm conduzido a um modelo da evolução paleoclimática holocênica para essas regiões. De acordo com esse modelo, o período entre o Holoceno inferior e o Holoceno médio é caracterizado por climas menos úmidos que o atual em ambas as regiões. A partir do Holoceno médio até o presente, a tendência é de climas mais úmidos, semelhantes ao atual (SERVANT et al., 1989; LEDRU, 1993; LEDRU et al., 1998; PESSENDA et al., 2004a; 2009).

Outra importante questão paleoambiental holocênica, se refere às flutuações do nível relativo marinho na costa leste brasileira durante a última transgressão. Atualmente, distintas curvas são apresentadas e debatidas (MARTI et al., 2003; ANGULO et al., 2006), as quais divergem, basicamente, com relação ao início da transgressão holocênica, seu nível mais alto, e a existência ou não de flutuações de alta frequência.

Com base no exposto acima, o presente trabalho tem por objetivo estudar a dinâmica da vegetação, os paleoclimas e as flutuações do nível relativo marinho, durante o Holoceno, na região nordeste do estado do Espírito Santo, por meio de um enfoque interdisciplinar, cujas

principais ferramentas são a datação ^{14}C , a análise isotópica de carbono e nitrogênio e a palinologia.

A região escolhida para o estudo apresenta características bastante interessantes, pois é uma área de transição entre as regiões nordeste e sudeste, possui vegetação natural bem preservada, além de lagoas e pântanos propícios para a obtenção dos dados paleoambientais. Além desses aspectos, o local de estudos situa-se próximo à costa e apresenta uma geomorfologia apropriada aos estudos sobre a última transgressão marinha.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica apresenta inicialmente a base teórica da datação ^{14}C , ferramenta fundamental para o desenvolvimento desse trabalho. Em seguida são tratados conceitos importantes sobre os ciclos fotossintéticos C3, C4 e CAM, que servirão de base para muitas interpretações. O ciclo fotossintético de uma planta é um dos fatores que determina os tipos de ambientes nos quais a planta possui vantagem competitiva. Por outro lado, cada ciclo fotossintético pode deixar um sinal isotópico ($\delta^{13}\text{C}$) típico na matéria-orgânica vegetal, que é preservado na matéria-orgânica fóssil e é utilizado para a interpretação paleoambiental.

Em seguida serão tratados aspectos ecológicos sobre o manguezal, a floresta de tabuleiros e a vegetação de muçununga, os tipos de vegetação mais relevantes para a interpretação dos resultados do estudo aqui apresentado.

Ao final da revisão bibliográfica é apresentado um resumo sobre estudos relacionados às flutuações do nível relativo marinho, à dinâmica da vegetação e aos paleoclimas holocênicos das regiões nordeste e sudeste brasileiras.

2.1 Datação por ^{14}C

O método de datação por ^{14}C foi desenvolvido por Willard Frank Libby, pesquisador da Universidade da Califórnia, em 1949 (LIBBY et al., 1949).

O isótopo radioativo ^{14}C (composto por 8 nêutrons e 6 prótons) é formado naturalmente na alta atmosfera pela colisão de um nêutron, originado da ação de raios cósmicos, com um átomo de ^{14}N (composto por 7 nêutrons e 7 prótons). Essa colisão faz com que o ^{14}N perca um próton e ganhe um nêutron, convertendo-se em ^{14}C (Equação 1) (BROECKER, 2003).



Devido ao fato de ser instável o ^{14}C sofre decaimento radioativo, com meia-vida aproximada de 5730 anos. No decaimento, um átomo de ^{14}C emite um elétron (partícula beta), um nêutron é convertido em próton, e é originado um átomo de ^{14}N (Figura 1).

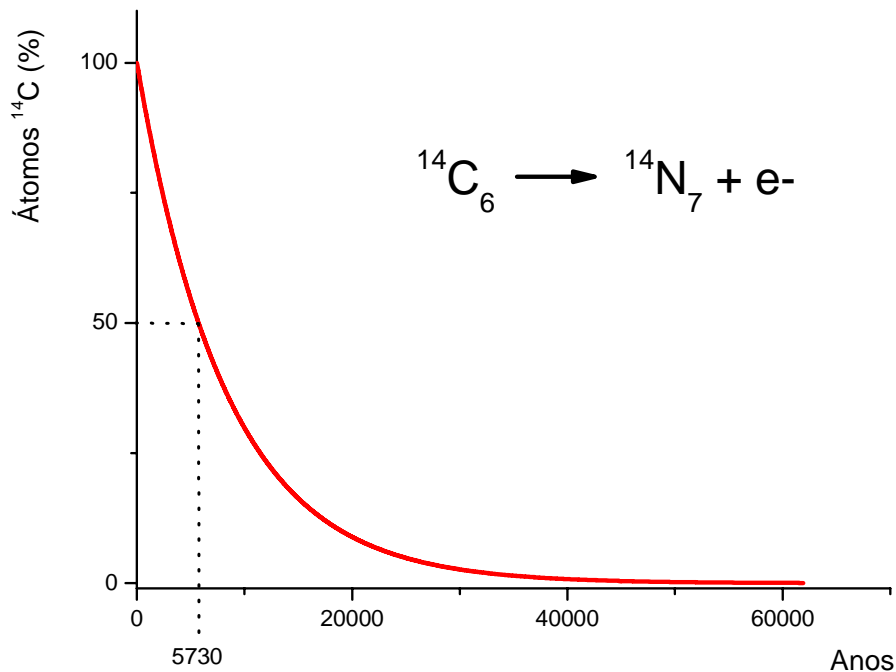


Figura 1 – Curva de decaimento radioativo do ^{14}C

Uma vez formado na atmosfera o ^{14}C é oxidado a CO_2 e entra no ciclo global do carbono, juntamente com os isótopos estáveis desse elemento, ^{12}C e ^{13}C . Nesse ciclo, o carbono é incorporado aos organismos vivos pela fotossíntese e pela cadeia alimentar. Como a taxa de produção de ^{14}C na alta atmosfera é tida como relativamente constante, a relação $^{14}\text{C}/^{12}\text{C} \approx 1,3 \times 10^{-12}$ encontrada no estoque de carbono atmosférico é muito próxima àquela encontrada nos organismos vivos (BROECKER, 2003; NAVE, 2006).

Enquanto a planta ou o animal vivem, continuamente incorporam os diferentes isótopos de carbono aos seus tecidos, mantendo a sua relação $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$. No entanto, com a morte do organismo cessa a incorporação de carbono. A partir desse momento somente a desintegração radioativa do ^{14}C ocorrerá, o que resulta, ao longo do tempo, na redução do conteúdo de ^{14}C na matéria-orgânica restante (BROECKER, 2003).

O método de datação por meio do ^{14}C fundamenta-se na mensuração da quantidade do isótopo radioativo restante em materiais de origem orgânica que em algum momento do passado incorporavam o carbono atmosférico. A partir da medição da quantidade de ^{14}C restante é possível calcular o tempo decorrido desde a morte do organismo, conforme a equação 2 (OKUNO et al., 1986; TEIXEIRA et al., 2009).

$$N = N_0 \left[2^{-\left(t/T_{1/2}\right)} \right] \quad (2)$$

Onde: N é o número de átomos de ^{14}C que ainda não se desintegraram;

N_0 é o número de átomos presentes no instante $t = 0$;

$T_{1/2}$ é a meia vida do ^{14}C ;

t é o intervalo de tempo.

Por apresentar meia-vida relativamente curta, o ^{14}C permite a datação de amostras de até cerca de 57 mil anos (PESSENDA, 2010 – comunicação pessoal).

A medição da quantidade de ^{14}C em uma amostra pode ser realizada pela mensuração da radioatividade emitida pelos átomos restantes, como, por exemplo, na cintilação líquida. Nessa técnica, quanto menor a radioatividade detectada, menor a quantidade de ^{14}C . Mais recentemente, a datação ao ^{14}C passou também a ser realizada pela técnica de “Accelerator Mass Spectrometry” – AMS. Essa técnica se baseia na contagem dos próprios átomos de ^{14}C existentes na amostra. Em comparação com a técnica de cintilação líquida a técnica de AMS permite a datação de amostras um pouco mais antigas, menores e com menor margem de erro (BROECKER, 2003).

deVries (1958) foi o primeiro a detectar imperfeições na escala de tempo obtida com as datações ao ^{14}C . Ele verificou que as idades obtidas não correspondiam às idades de calendário conhecidas para algumas amostras. de Vries atribuiu tais desvios a alterações na relação $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ do CO_2 atmosférico, causadas por perturbações no fluxo de raios cósmicos para a atmosfera terrestre (BROECKER, 2003).

Com essa descoberta foram iniciados os trabalhos de calibração das idades obtidas pelas datações ao ^{14}C com os anos de calendário. Uma das fontes de comparação das idades de ^{14}C com os anos de calendário são os anéis de crescimento de árvores, a dendrocronologia. Essa calibração é aplicada a amostras de origem terrestre, cuja fonte de CO_2 é a atmosfera (REIMER et al., 2004). As idades não calibradas obtidas pela datação ao ^{14}C são expressas pela unidade anos antes do presente – anos A.P., enquanto que as respectivas idades calibradas são expressas pela unidade anos calendário antes do presente – anos cal. A.P.

A partir dos anos de 1950 e 1960 os testes nucleares realizados pelos Estados Unidos e União Soviética causaram o aumento da concentração de ^{14}C na atmosfera. Em janeiro de 1963 a concentração de ^{14}C na atmosfera havia dobrado em relação ao período anterior aos testes nucleares (BROECKER, 2003). Como consequência da alteração na relação $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$

causada pelo ^{14}C de origem antrópica, as idades obtidas pelas datações ao carbono radioativo consideram o ano de 1950 como o presente.

A datação com base no ^{14}C tornou-se uma poderosa ferramenta em estudos arqueológicos e em investigações sobre paleoclimas recentes, pois permitiu pela primeira vez a datação de materiais orgânicos (TEIXEIRA et al., 2009).

2.2 Ciclos fotossintéticos C3, C4 e CAM

A fotossíntese é o processo bioquímico responsável pela fixação do carbono, a conversão de CO_2 atmosférico em compostos orgânicos.

Dois etapas compõem a fotossíntese: (i) etapa dependente de luz, quando a energia luminosa, absorvida por pigmentos fotossintetizantes tais como a clorofila, é convertida em energia química; (ii) etapa não dependente de luz, quando a energia química da etapa anterior é utilizada para redução do carbono e ligação deste a uma molécula orgânica (RAVEN et al., 1996). A classificação das plantas em C3, C4 ou CAM se refere às características fisiológicas e bioquímicas da etapa não dependente de luz.

As diferenças fisiológicas existentes entre as plantas C3, C4 e CAM possuem implicações ecológicas, na medida em que constituem adaptações a condições ambientais distintas. Além disso, podem resultar em diferenças nas composições isotópicas de carbono da matéria-orgânica vegetal, principalmente entre plantas C3 e C4.

A seguir são descritos, resumidamente, os ciclos fotossintéticos C3, C4 e CAM, além de suas implicações ecológicas e as composições isotópicas do carbono relacionadas a tais ciclos.

2.2.1 Ciclo C3 (Ciclo de Calvin)

No Ciclo C3, ou Ciclo de Calvin, a fixação do carbono do CO_2 em moléculas orgânicas é catalisada pela enzima Rubisco. (RAVEN et al., 1996). Todas as plantas utilizam o Ciclo de Calvin para fixação do carbono, no entanto, as plantas que utilizam apenas esse ciclo são denominadas plantas C3.

2.2.2 Ciclo C4 (Via Hatch-Slack)

Uma outra forma de redução e fixação do carbono em moléculas orgânicas utiliza a enzima PEP-carboxilase (RAVEN et al., 1996). As plantas que utilizam a via Hatch-Slack, sempre em conjunto com o Ciclo de Calvin, podem ser denominadas plantas C4. Cerca de 20 famílias de angiospermas apresentam espécies C4, entre elas *Poaceae* e *Cyperaceae*, famílias que apresentam tanto espécies C3 quanto C4.

2.2.3 Plantas CAM (*crassulacean acid metabolism*)

As plantas CAM, assim como as plantas C4, utilizam tanto a via C4, quanto a via C3. No entanto, nas plantas CAM a fixação do carbono pela PEP-carboxilase ocorre somente na ausência de luz. À noite os estômatos abrem, o que permite a entrada do CO₂ e sua fixação pela PEP-carboxilase (RAVEN et al., 1996). No período seguinte, agora na presença de luz, ocorre a refixação do carbono pela Rubisco (RAVEN et al., 1996).

Espécies de plantas CAM ocorrem em pelo menos 23 famílias de angiospermas, como exemplo nas cactáceas e nas bromeliáceas (RAVEN et al., 1996).

2.2.4 Implicações ecológicas dos diferentes ciclos fotossintéticos

A Rubisco, enzima que catalisa a fixação do carbono no Ciclo de Calvin, também pode causar a oxidação do carbono quando na presença do O₂. Dessa forma, as plantas C3, as quais utilizam somente o Ciclo de Calvin para fixação do carbono, podem ter até 50% de seu carbono já fixado reoxidado a CO₂ pelo processo de fotorrespiração (RAVEN et al., 1996).

No caso das plantas C4, o sítio de atuação da Rubisco possui alta concentração de CO₂, o que ocasiona taxas muito pequenas de fotorrespiração e, conseqüentemente, alta eficiência fotossintética (RAVEN et al., 1996).

A enzima PEP-carboxilase, que promove a carboxilação na via Hatch-Slack, não é inibida pelo O₂. Assim, as plantas C4 utilizam com maior eficiência o CO₂ disponível na atmosfera. Em conseqüência, mesmo com menor abertura estomática as plantas C4 podem atingir a mesma taxa fotossintética que as plantas C3, e ainda obter o benefício de economia de água (RAVEN et al., 1996).

Além disso, a evolução das plantas C4 ocorreu inicialmente em regiões tropicais, portanto elas são especialmente adaptadas a altas intensidades luminosas, temperaturas mais

elevadas e climas mais secos quando em comparação com as plantas C3. A temperatura ótima para a atividade fotossintética das plantas C4 é maior que a das plantas C3 (RAVEN et al., 1996).

Nas plantas CAM, o fechamento dos estômatos durante os períodos luminosos ocasiona reduzida capacidade de fixação de CO₂ e crescimento lento. Em contrapartida as plantas CAM apresentam alta eficiência no uso da água (RAVEN et al., 1996).

2.2.5 Composição isotópica do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) resultante dos ciclos fotossintéticos

A composição isotópica de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) das amostras analisadas em um espectrômetro de massas é medida em comparação com a composição isotópica do padrão Viena Pee Dee Belemnite – PDB, um molusco fóssil. A razão molar $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ do padrão VPDB é igual a 0,01124 (FARQUHAR et al., 1989).

A composição isotópica de uma amostra ($\delta_{amostra}$) em comparação com o padrão VPDB é dada pela equação 3.

$$\delta_{amostra} = \frac{R_{amostra} - R_{PDB}}{R_{PDB}} = \frac{R_{amostra}}{R_{PDB}} - 1 \quad (3)$$

Assim, $\delta_{amostra}$ indica o desvio da razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ da amostra ($R_{amostra}$) em relação à razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ do padrão VPDB (R_{PDB}).

Por envolver números geralmente pequenos, é costume na literatura multiplicar o resultado obtido na equação 3 por mil:

$$\delta_{amostra}(\text{‰}) = \left(\frac{R_{amostra}}{R_{PDB}} - 1 \right) \times 1000 \quad (4)$$

Bender (1971) dividiu as plantas vasculares em dois grupos, de acordo com a composição isotópica do carbono de sua matéria-orgânica: (i) plantas de ciclo fotossintético C3, cujo $\delta^{13}\text{C}$ normalmente está entre -33‰ e -22‰; (ii) plantas de ciclo fotossintético C4, com $\delta^{13}\text{C}$ entre -20‰ e -10‰.

As plantas CAM, por outro lado, podem apresentar valores de $\delta^{13}\text{C}$ muito variáveis. As espécies que apresentam o metabolismo CAM obrigatório possuem valores de $\delta^{13}\text{C}$

comparáveis aos das plantas C4, enquanto que aquelas espécies que apresentam metabolismo CAM facultativo possuem valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -28‰ e -10‰, indistinguíveis daqueles encontrados nas plantas C3 ou C4 (BOUTTON, 1996).

2.3 Isótopos do carbono e nitrogênio em estudos paleoambientais

2.3.1 Dinâmica da vegetação com base no $\delta^{13}\text{C}$ da matéria-orgânica dos solos

Como visto anteriormente, plantas vasculares podem ser divididas em dois grupos de acordo com sua composição isotópica, plantas C3 e plantas C4 (BENDER, 1971), as quais representam grupos com diferentes características ecológicas. De acordo com Troughton et al. (1974) a composição isotópica do carbono da matéria-orgânica preservada no perfil do solo reflete a ocorrência de plantas C3 e plantas C4 nas comunidades vegetais pretéritas. Essa informação tem sido utilizada como registro das mudanças de vegetação e como base para inferências paleoclimáticas.

Mais à frente serão apresentados alguns estudos sobre a dinâmica da vegetação durante o Holoceno nas regiões sudeste e nordeste do Brasil. Nesses trabalhos várias metodologias foram aplicadas, entre elas a análise de isótopos de carbono na matéria-orgânica do solo.

2.3.2 Flutuações do nível relativo marinho com base em C/N, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$

O uso das composições elementar e isotópica do carbono e do nitrogênio no estudo das flutuações do nível relativo marinho se baseia na determinação da origem da matéria-orgânica preservada nos sedimentos, a qual pode representar diversas fontes, tais como fitoplâncton marinho ou de água doce, e plantas vasculares C3 ou C4 (WILSON et al, 2005a).

Plantas vasculares possuem valores da razão C/N em torno de 20 ou mesmo maiores, devido ao alto conteúdo de celulose e lignina, enquanto que a matéria-orgânica originada de fitoplâncton apresenta valores menores, entre 4 e 10 (MEYERS, 1994).

Com relação à composição isotópica do carbono, as plantas vasculares podem ser divididas em dois grupos (BENDER, 1971), conforme descrito em item anterior.

Rau et al. (1989) relaciona o $\delta^{13}\text{C}$ do fitoplâncton marinho à concentração de CO_2 dissolvido, a qual, por sua vez, se relaciona com a temperatura da água. Em latitudes subtropicais o fitoplâncton marinho apresenta $\delta^{13}\text{C}$ ao redor de -21‰ (RAU et al., 1989). Em um

ambiente costeiro no sudeste do Brasil, Matsuura e Wada (1994) obtiveram valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -21,7‰ e -20,5‰ para o fitoplâncton marinho e entre -22,4‰ e -20,9‰ para sedimento marinho.

Em ambientes aquáticos continentais o CO_2 dissolvido é geralmente influenciado por matéria-orgânica de origem terrestre (DEINES, 1980). Em um estudo com isótopos estáveis em um ecossistema de lagos de água-doce no Brasil, Wada et al. (1989) encontraram valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -14,2‰ e -10,2‰ para o carbono inorgânico dissolvido, entre -37,2‰ e -28,3‰ para matéria-orgânica planctônica, e valores entre -33,5‰ e -32‰ para o sedimento lacustre.

O nitrogênio inorgânico dissolvido, o qual constitui a principal fonte para o fitoplâncton tanto marinho quanto de água-doce, tende a ser enriquecido em ^{15}N entre 7‰ e 10‰ quando comparado com a fonte de nitrogênio disponibilizado para as plantas terrestres pela fixação biológica. Essa diferença de $\delta^{15}\text{N}$ entre o fitoplâncton e as plantas terrestres pode ser preservada nos sedimentos (MEYERS, 2003). Matsuura e Wada (1994) encontraram valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre 4,1‰ e 6‰ para sedimento marinho do litoral sudeste do Brasil. Wada et al. (1989) encontraram valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre 2,6‰ e 3,5‰ para sedimentos lacustres do Vale do Rio Doce.

Entretanto, o processo de decomposição pode causar alterações nos valores de C/N, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ da matéria-orgânica sedimentar residual. A decomposição tende a produzir convergência das razões C/N do material degradado de origem marinha e terrestre (THORNTON e MCMANUS, 1994). A matéria-orgânica residual tende a ser enriquecida em ^{13}C devido a efeitos cinéticos relacionados à decomposição (MACKO e ESTEP, 1984), enquanto que o material residual rico em lignina tende a ser empobrecido em ^{13}C quando comparado à fonte não decomposta (BENNER et al., 1987). Diversos processos bioquímicos (como amonificação, nitrificação, denitrificação etc) produzem fracionamento cinético do ^{15}N , causando enriquecimento de ^{15}N na matéria-orgânica residual (OWENS, 1987).

Alguns estudos mensuraram as composições isotópica e elementar do carbono e do nitrogênio em sedimentos e na matéria-orgânica particulada (MOP) ao longo de estuários, com o objetivo de caracterizar a fonte de matéria-orgânica. Thornton e McManus (1994) sugerem somente o $\delta^{13}\text{C}$ como um bom indicador, pois o $\delta^{15}\text{N}$ e a razão C/N seriam suscetíveis a grandes variações devido a processos diagenéticos. Mariotti et al. (1984) sugerem que o $\delta^{15}\text{N}$ é um bom indicador da origem da matéria-orgânica em suspensão no estuário do Rio Scheldt, Inglaterra. Esses autores distinguiram um componente marinho, com $\delta^{15}\text{N}$ médio de 8‰, um componente continental com valores de 1,5‰, e matéria-orgânica de origem estuarina, produzida “in situ” durante o verão, com valores de $\delta^{15}\text{N}$ maiores que

aqueles encontrados para as fontes marinha e continental. Middelburg e Nieuwenhuize (1998) distinguiram quatro fontes de MOP no estuário do Rio Scheldt: terrestre (C/N \approx 21, $\delta^{13}\text{C} \approx$ -26‰, $\delta^{15}\text{N} \approx$ +3,5‰), marinha (C/N \approx 8, $\delta^{13}\text{C} \approx$ -18‰, $\delta^{15}\text{N} \approx$ +9‰), estuarina (C/N \approx 8, $\delta^{13}\text{C} \approx$ -29‰, $\delta^{15}\text{N} \approx$ +15‰) e fluvial (C/N \approx 7,5, $\delta^{13}\text{C} \approx$ -30‰, $\delta^{15}\text{N} \approx$ +9‰).

Wilson et al. (2005b) concluíram que a elevação do terreno dentro do nível de variação da maré é o principal fator que controla a contribuição relativa de MOP marinha e terrestre para sedimentos superficiais estuarinos. Os autores argumentam que essa relação pode também ser aplicada em estudos de flutuações do nível relativo marinho. Wilson et al. (2005a) sugerem que o $\delta^{13}\text{C}$ e a razão C/N, quando utilizados em conjunto, são indicadores muito úteis em estudos de oscilações do nível relativo marinho, sendo que as mudanças graduais nos valores obtidos, e as direções indicadas por essas mudanças, são o fator mais importante a ser considerado. Wilson et al. (2005a) também sugerem que sedimentos com baixo conteúdo orgânico apresentam alterações mínimas no $\delta^{13}\text{C}$ devido à decomposição.

2.4 Tipos de vegetação mais relevantes para o presente estudo

2.4.1 Manguezal

Manguezais são ecossistemas costeiros tropicais, dominados por espécies arbóreas adaptadas morfológica e fisiologicamente a condições inter-marés. As principais condições ambientais que favorecem o pleno desenvolvimento do manguezal são a topografia adequada, alta amplitude de marés, alta pluviosidade, grande aporte de água doce, nutrientes e sedimentos (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990).

O padrão de zonação entre as espécies de manguezal é função de suas diferentes adaptações. Segundo Cronk e Fennessy (2001) os manguezais da Flórida e de Porto Rico apresentam o seguinte padrão: *Rhizophora mangle* coloniza as áreas mais próximas ao mar, sob maior influência das marés; mais para o interior, em áreas um pouco mais elevadas e com menor influência das marés, ocorre *Avicennia germinans*, a qual é mais tolerante a substratos com maior concentração salina; *Laguncularia racemosa* ocorre em áreas com menor concentração salina e melhor drenagem.

No Brasil os manguezais ocorrem desde 4°30'N até 28°30'S, sob uma grande diversidade de condições ambientais (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990). Como conseqüência da ampla dispersão geográfica e da diversidade de condições ambientais, os manguezais brasileiros apresentam diferentes características estruturais. Como exemplo, na

região norte, onde as condições ambientais são ótimas para seu desenvolvimento, o gênero *Rhizophora* pode apresentar indivíduos de até 40 metros de altura, enquanto que no sul do país o gênero pode estar presente na forma de arbustos de 1,5 metro de altura (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990).

Os manguezais neotropias apresentam baixa diversidade, no Brasil ocorrem apenas quatro gêneros e sete espécies. Os principais gêneros são *Rhizophora*, *Laguncularia* e *Avicennia*, os quais apresentam espécies arbustivas e arbóreas. Schaeffer-Novelli et al. (1990) realizaram um estudo sobre a variabilidade dos ecossistemas de manguezal ao longo da costa brasileira. Segundo esses autores, embora o clima influencie a colonização e o desenvolvimento dos manguezais, o padrão de zonação encontrado entre as espécies é função da topografia, das características edáficas e hidrológicas de cada local. Os autores também não encontraram evidências de processos sucessionais nos padrões de zonação encontrados. Assim, de acordo com Schaeffer-Novelli et al. (1990), os três principais gêneros arbóreos possuem o seguinte padrão de distribuição: *Rhizophora* na maioria das vezes ocupa áreas com maior influência das marés, locais geralmente mais baixos, com maior frequência e duração das inundações; *Avicennia* e *Laguncularia* colonizam áreas mais elevadas, com menor frequência e duração das inundações pelas marés, sendo que *Laguncularia* pode ser mais frequente em áreas de sedimentação mais recente.

2.4.1.1 Palinologia de manguezais

Segundo Ellison (2008), algumas características dos manguezais são muito favoráveis à obtenção de um registro polínico de seu desenvolvimento ao longo do tempo. A vegetação densa, a localização em locais abrigados da ação das ondas, e a influência das marés, criam condições adequadas à sedimentação. A umidade presente no substrato cria condições redutoras que favorecem a preservação da matéria-orgânica e dos grãos de pólen e esporos. Portanto, apesar de os manguezais não constituírem um sistema fechado, tais como lagoas e turfeiras, onde tradicionalmente a análise polínica é realizada, ainda assim os resultados obtidos permitem interpretações relativas a mudanças ambientais.

A interpretação palinológica em relação aos ambientes de manguezais tem sido baseada na análise de diagramas polínicos de porcentagem, onde valores superiores a 45% ou 50% de táxons de manguezal indicam a presença desse ambiente exatamente no local estudado (ELLISON, 2008). Behling et al. (2001) em um estudo de chuva polínica realizado no litoral nordeste do estado do Pará, encontraram as seguintes concentrações:

- pólen de *Rhizophora*: concentrações superiores a 90% em manguezal dominado por esse táxon e em manguezal misto com *Avicennia*; concentrações entre 60% a 85% em manguezal de *Avicennia*; concentrações entre 15% e 40% em ecossistemas de campo e restinga adjacentes a manguezais;

- pólen de *Avicennia*: concentrações entre 2% e 5% em manguezal misto com *Rhizophora*; ente 15% e 35% em manguezal dominado por *Avicennia*; concentrações menores que 1% em ecossistemas adjacentes;

Urrego et al. (2009) correlacionam a assembléia polínica moderna à estrutura e à composição dos manguezais da Baía de Cispatá, Colômbia. *Rhizophora* apresentou as maiores concentrações polínicas, seguida de *Laguncularia* e *Avicennia*. Concentrações de *Rhizophora* em torno de 70% foram encontradas em áreas ocupadas por populações antigas (cerca de 300 anos) e bem desenvolvidas dessa espécie, com indivíduos de altura média de 25 metros. Concentrações menores, de até 58%, foram encontradas em manguezais dominados por *Rhizophora*, mas em estágio sucessional menos avançado. Concentrações de *Laguncularia* em torno de 30% ocorreram em áreas onde a população da espécie apresentava avançado desenvolvimento estrutural. *Avicennia* apresentou as concentrações mais baixas (normalmente em torno de 2%) mesmo em áreas onde a população era dominante. Segundo os autores, mesmo ocorrendo em concentrações menores, grãos de pólen de *Laguncularia* e *Avicennia* podem ser utilizados como indicadores ambientais. O primeiro indicaria perturbações em manguezais localizados em locais de baixa salinidade, enquanto que *Avicennia* indicaria manguezais desenvolvidos sobre áreas com maior concentração salina.

No entanto, estudos de chuva polínica moderna em manguezais da costa sudeste brasileira têm mostrado valores de concentração bastante diferentes. Em Itanhaém, São Paulo, do Amaral et al. (2006) relatam concentrações de 2% para *Rhizophora* e 0,4% para *Avicennia* em amostras de chuva polínica coletadas no interior do manguezal e ausência de pólen de táxons de manguezal na chuva polínica de ecossistemas adjacentes. Além disso, os autores verificaram a grande concentração de pólen alóctone na chuva polínica depositada no manguezal, tal como *Myrtaceae* (10%), *Poaceae* (20% ou mais), *Arecaceae* (8%) e esporos (30%), o que, segundo os autores poderia ser explicado pela proximidade (15 km) das encostas montanhosas da Serra do Mar, recobertas pela Floresta Ombrófila Densa.

A localização dos manguezais em ambientes inter-marés permite que seu registro sedimentar seja utilizado como um preciso indicador de mudanças do nível relativo marinho (ELLISON, 2008).

2.4.2 Mata de tabuleiro

De acordo com Rizzini (1997) a floresta dos tabuleiros se estende desde Pernambuco até o Rio de Janeiro, com área central, representada pela floresta mais imponente, localizada ao sul da Bahia e norte do Espírito Santo. Ocorre sobre estreita faixa litorânea formada pelos depósitos terciários da Formação Barreiras. O nome floresta dos tabuleiros é derivado, segundo o autor, da topografia suavemente ondulada com altitudes entre 20 e 200 metros acima do nível do mar.

Em sua classificação da vegetação brasileira, Veloso et al. (1991) incluem as florestas de tabuleiro em dois tipos de vegetação: (i) Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas e (ii) Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas. A diferenciação entre os dois tipos de vegetação se dá com base nos parâmetros de temperatura e pluviosidade. No primeiro tipo não há período biologicamente seco, e no segundo há dupla estacionalidade climática, com uma estação de chuvas intensas e outra com seca fisiológica provocada pelo frio do inverno.

Rizzini (1997) aborda a semelhança estrutural entre a floresta dos tabuleiros e as florestas amazônicas de terra firme. Segundo o autor a mata de tabuleiros apresenta um dossel em torno de 30 metros de altura, com árvores emergentes de até 40 metros. Estão presentes também um estrato arbóreo inferior, com cerca de 20 metros de altura, um ou dois estratos arbustivos e um estrato herbáceo não muito denso. A sub-mata apresenta grande abundância de palmeiras, mas com baixa riqueza de espécies. Plantas epífitas são pouco abundantes e samambaias arborescentes, tais como as da família *Cyatheaceae*, são ausentes (RIZZINI, 1997).

Em relação à composição florística da mata de tabuleiro, Rizzini (1997) aborda a ocorrência de elementos (gêneros e espécies) típicos das florestas amazônicas, elementos endêmicos, e elementos comuns às outras florestas do sudeste brasileiro. Como exemplos:

- gêneros amazônicos: *Bixa*, *Crudia*, *Duroia*, *Erisma*, *Glycydendron*, e outros;
- gêneros endêmicos: *Arapatiella*, *Basiloxylon*, *Goniorhachis*, *Hydrogaster*, *Paradrypetes* e *Paratecoma*;
- espécies endêmicas: *Rinorea bahiensis*, *Macrolobium latifolium*, *Vataireopsis araroba* e outras;

A existência de táxons vegetais endêmicos nas florestas de tabuleiros levou vários autores a sugerir a região entre o sul da Bahia e o norte do Espírito Santo como um dos centros de endemismo das florestas tropicais costeiras do Brasil (MORI et al., 1981; PRANCE, 1982; RIZZINI, 1997; THOMAS et al., 1998).

2.4.3 Vegetação de muçununga

Intercaladas na floresta de tabuleiros, principalmente ao longo da costa norte do Espírito Santo, ocorrem formações vegetais florística e fisionomicamente distintas da matriz dominante, as comunidades vegetais de muçununga. Essas formações ocorrem sobre manchas de solo arenoso, com presença de camada impermeável a cerca de um a dois metros de profundidade, que provoca alagamento em períodos chuvosos (SIMONELLI, 1998; THOMAS, 2003; MEIRA NETO et al., 2005).

As comunidades vegetais de muçununga podem apresentar características florísticas e fitofisionômicas bastante distintas entre si, sendo que os poucos trabalhos que tratam sobre tais comunidades relatam fisionomias desde campestres até florestais (SIMONELLI, 1998; MEIRA NETO et al., 2005). Nesses estudos as fisionomias florestais são caracterizadas por um dossel por vezes descontínuo, formado por microfanerófitos de no máximo 20 metros de altura, com florística semelhante às restingas arbóreas. Nesses mesmos trabalhos as fisionomias campestres e subarborescentes são caracterizadas por muitas espécies hemicriptofíticas, sendo outras vezes denominadas campos nativos, como por exemplo, em Peixoto e Gentry (1990).

Em um estudo realizado em muçunungas na cidade de Caravelas, BA, Saporetto Jr. (2009) concluiu que as variáveis ambientais explicam a maior parte da variação da abundância de espécies entre muçunungas. Muçunungas de fisionomia graminóide apresentaram correlação positiva com solos mais rasos e com areia de maior granulometria, enquanto que as muçunungas gramíneo-lenhosas e arborizadas se correlacionaram positivamente com solos mais profundos e com areia de menor granulometria. Esse comportamento, segundo o autor, estaria associado ao estresse de alagamento em período de chuvas, mais acentuado em solos mais rasos, e à seca em período de estiagem, mais acentuada em solos arenosos de maior granulometria. As espécies colonizadoras de ambientes mais sujeitos ao alagamento e à seca seriam mais tolerantes a tais estresses, enquanto que as espécies das muçunungas gramíneo-lenhosas e arborizadas possuiriam maior capacidade de competição em locais com menores estresses ambientais.

IBGE (1987) apresenta um modelo sobre a origem e o desenvolvimento da vegetação de muçununga. O ambiente de formação dos solos remonta ao Quaternário recente, quando cursos d'água barrados pela acumulação fluviomarinha causaram o alagamento de depressões rasas, ocasionando a formação de lagoas e áreas pantanosas. Com o assoreamento dessas

áreas, ocorreu a formação de uma camada laterítica impermeável. A posterior abertura de novos canais de drenagem possibilitou a colonização dessas áreas com vegetação arbustiva e arbórea. Sequencialmente instalou-se vegetação campestre intercalada por nanofanerófitos, culminando nas áreas mais bem drenadas, no desenvolvimento da Savana Parque.

2.5 Nível relativo marinho

Suguio et al. (1985) trata da complexidade dos fatores que regem as variações do nível relativo do mar (Figura 2). As informações a seguir são fundamentadas nesse artigo.

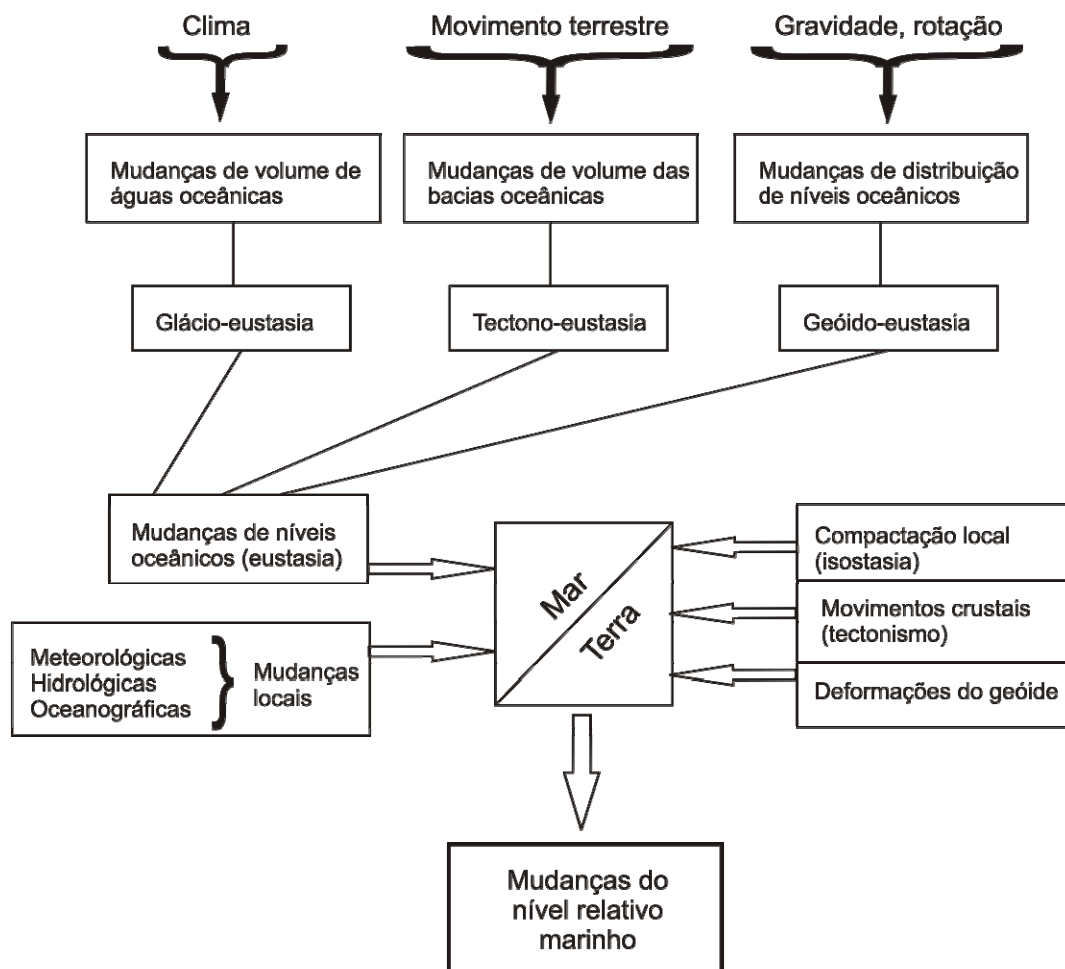


Figura 2 – Fatores que regem as flutuações do nível relativo marinho (extraído de Suguio et al., 1985)

As flutuações do nível relativo marinho são resultado de variações reais do nível marinho (eustasia) e de variações do nível dos continentes (isostasia e tectonismo).

As variações eustáticas, ou variações reais do nível marinho são controladas pelos seguintes fatores:

- a) Glacio-eustasia: variação do volume das águas oceânicas, em função das glaciações e deglaciações.
- b) Tectono-eustasia: variação do volume das bacias oceânicas, em função do movimento das placas tectônicas.
- c) Geóido-eustasia: deformação da superfície dos oceanos, a qual é controlada por um componente oceanográfico e um componente geofísico. O componente oceanográfico compreende as marés, as correntes marinhas e turbilhonamentos, e variações de declividade em consequência da pressão atmosférica, ventos, temperatura e salinidade da água. O componente geofísico é relacionado a diferenças de densidade do interior do planeta, as quais podem causar enormes concavidades e intumescências na superfície oceânica.

As variações dos níveis dos continentes podem ser resultado de:

- a) Isostasia: os movimentos isostáticos estão relacionados a variação de carga em função da formação ou desaparecimento de geleiras, erosão dos continentes e acumulação de depósitos sedimentares, e transgressões e regressões marinhas sobre as plataformas continentais.
- b) Tectonismo: movimentos que afetam a crosta terrestre e que podem ser tanto verticais como horizontais.
- c) Deformações do geóide continental, o qual é a referência da altitude em relação ao nível do mar.

Os efeitos das variações glacio-eustáticas e tectono-eustáticas são percebidos em escala global. Por outro lado os efeitos geóido-eustáticos e aqueles causados pelas variações do nível dos continentes são percebidos em escalas local ou regional (SUGUIO et al., 1985).

2.5.1 Flutuações do nível relativo marinho durante o Holoceno no litoral sudeste do Brasil

Flutuações do nível relativo marinho na costa brasileira foram propostas por diversos estudos que se basearam em evidências sedimentológicas, como depósitos arenosos, biológicas, como vermetídeos e conchas de ostras, e pré-históricas, como os sambaquis (SUGUIO et al., 1985; MARTIN et al., 2003; ANGULO et al., 2006).

Conforme apresentado na Figura 3, em relação ao trecho da costa brasileira que engloba o litoral da região sudeste, esses estudos indicam que a primeira vez que o atual nível relativo marinho foi ultrapassado durante o Holoceno ocorreu por volta de 7800 e 6700 anos cal. A.P. O nível máximo médio-holocênico, que ocorreu por volta de 5500 anos cal. A.P. e alcançou entre dois a cinco metros acima do nível atual, foi seguido ou por uma queda contínua durante o Holoceno superior (ANGULO et al., 2006), ou por oscilações de alta frequência e uma posterior queda contínua até o nível atual (MARTIN et al., 2003).

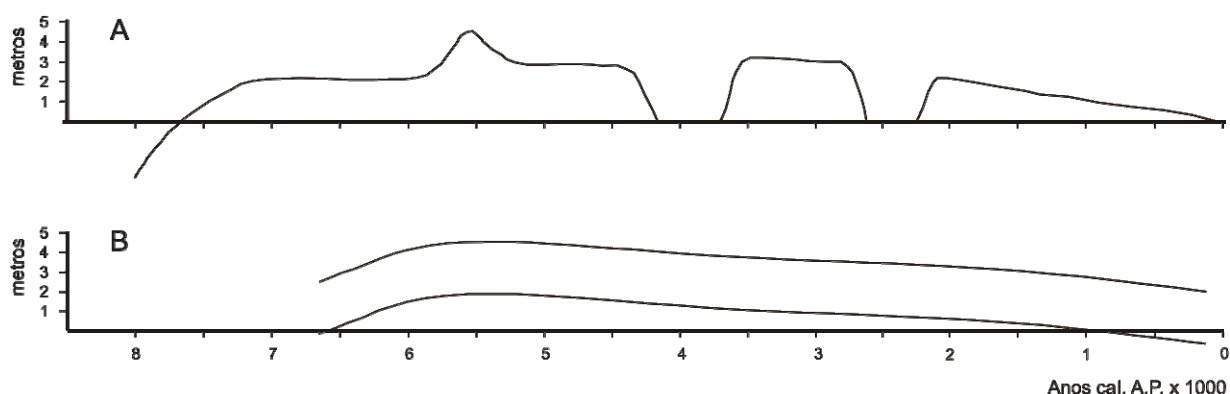


Figura 3 – Curvas de variação do nível relativo marinho para a costa sudeste do Brasil, segundo Martin et al. (2003) (A) e Angulo et al. (2006) (B)

Conforme o modelo apresentado em Suguio et al. (1985), durante o máximo da última transgressão, a região hoje compreendida no litoral norte do estado do Espírito Santo foi constituída por um sistema lagunar nas desembocaduras dos principais cursos d'água. Com a posterior retração marinha essas lagunas evoluíram para lagoas e pântanos de água doce, muitos dos quais existem até hoje na região.

Ybert et al. (2003), com base em análise palinológica realizada em um testemunho sedimentar coletado no sul do estado de São Paulo, inferiram que o nível relativo marinho local esteve continuamente de 1,2 a 2 metros acima do atual no período de 4900 a 3470 anos cal. AP.

Nagai et al. (2009) estudaram foraminíferos e indicadores abióticos em um testemunho marinho da plataforma continental próximo a Cabo Frio, Rio de Janeiro. Entre 9000 até cerca de 7000 anos cal. A.P., a assembléia de foraminíferos sugeriu que o nível relativo marinho localizava-se abaixo do atual. Entre 7000 e 5000 anos cal. A.P. a assembléia de foraminíferos e a maior granulometria do sedimento foram interpretadas como indicativos de nível relativo marinho mais alto que o atual. Para o período entre 5000 e 3000 anos cal. A.P., os autores

sugeriram um nível relativo marinho inferior ao do período anterior, mas ainda entre 1 e 2 metros acima do atual.

2.6 Dinâmica da vegetação e paleoclimas holocênicos nas regiões sudeste e nordeste do Brasil

2.6.1 Região sudeste

Servant et al. (1989), baseados em estudos geomorfológicos e datações ao ^{14}C , inferiram períodos mais secos que o atual durante o Holoceno para a região do vale do Rio Doce em Minas Gerais, em altitudes de 1300 metros acima do nível do mar. Esses estudos revelaram intensa erosão entre 9000 e 8000 anos A.P., que seria explicada por uma cobertura florestal reduzida devido ao clima mais seco de então.

Com base em estudo palinológico na região de Salitre, Minas Gerais, a cerca de 1050 m acima do nível do mar, Ledru (1993) identificou dois eventos de retração da cobertura florestal durante o Holoceno, um há cerca de 10500 anos A.P. e outro em torno de 4500 anos A.P. Esses períodos foram inferidos como relativamente mais secos pela autora. Pessenda et al. (1996a), realizaram na mesma área um estudo isotópico da matéria-orgânica do solo. Concluíram que durante o Holoceno a região foi dominada por plantas C3, mesmo durante os períodos mais secos identificados por Ledru (1993).

Ledru et al. (1998) dividiram o Holoceno do sudeste brasileiro em três períodos caracterizados por assembléias polínicas e climas distintos. Entre 12000 e 8000 anos cal. A.P. a maioria dos locais estudados, com exceção de Salitre, foi marcada por retração da cobertura florestal, provavelmente sob um clima mais seco que o atual. Entre 8000 e 4500 anos cal. A.P., a expansão da cobertura florestal foi inferida como um clima mais úmido que o período anterior. Entre 4500 anos cal. A.P. e o presente, os autores inferiram clima mais úmido que o período anterior, mas com sazonalidade mais acentuada, com base na expansão florestal indicada pela palinologia. Como explicação para o padrão observado Ledru et al. (1998) sugerem que a ITCZ localizava-se mais ao norte durante o início do Holoceno, o que poderia causar redução na precipitação. Por outro lado, a localização da ITCZ nessa época permitia que massas polares trouxessem umidade e temperaturas mais baixas para regiões tropicais. Após 4500 anos cal. A.P., com o deslocamento da ITCZ mais ao sul, as massas polares não mais alcançam latitudes tropicais. Assim, o clima passa a ser mais úmido e mais quente.

Isótopos de carbono da matéria-orgânica do solo permitiram inferir que durante o período compreendido entre o Holoceno inferior e o Holoceno médio, as atuais regiões de Piracicaba, Jaguariúna e Londrina estiveram sob um clima mais seco que o atual, devido à maior contribuição de matéria-orgânica originada de plantas C4 (PESSENDA et al., 2004b).

Pessenda et al. (2009) inferiram clima mais seco que o atual durante o Holoceno inferior ao Holoceno médio para a região de Curucutu, São Paulo, a 800 metros de altitude. Durante esse período os isótopos de carbono da matéria-orgânica do solo indicam a expansão de plantas C4 para alguns pontos estudados. Posteriormente, a partir do Holoceno médio ao superior, dados palinológicos e isotópicos indicam expansão da vegetação florestal, os quais foram interpretados como condições climáticas mais quentes e úmidas.

Em um estudo palinológico na Cratera de Colônia, São Paulo, 900 metros acima do nível do mar, Ledru et al. (2009) inferiram um clima com umidade sazonal para o período entre 9000 e 6600 anos cal. A.P, no entanto, com mais umidade que o Holoceno inferior e marcado por expansão florestal. O clima para o período seguinte, entre 6200 e 3700 anos cal. A.P., foi inferido como mais seco, com base na menor frequência de táxons florestais e maior frequência de *Asteraceae*. A última zona polínica, que compreende de 3500 anos cal. A.P. até o presente, apresentou aumento na frequência dos táxons arbóreos e sugeriu o estabelecimento da atual vegetação florestal, estabelecida sob um clima bem mais úmido.

2.6.2 Região nordeste

Com base em palinologia e datações de termoluminescência de depósitos eólicos em região de caatinga no vale do rio Icatu, estado da Bahia, De Oliveira et al. (1999) interpretaram que o clima local no final do Pleistoceno apresentava maior umidade e temperaturas mais amenas que o clima atual. No início do Holoceno a região deveria apresentar abundantes florestas de galeria, mas o clima tendia a redução da umidade. O período entre 6790 e 6230 anos A.P. foi inferido como de umidade bastante reduzida. Os autores inferiram clima oscilante para o período aproximado de 6000 a 4000 anos A.P. A partir de 4000 anos A.P. são inferidas condições climáticas bem menos úmidas, com o desenvolvimento da atual vegetação de caatinga.

Behling et al. (2000), com base em palinologia de testemunho sedimentar marinho, coletado próximo a Fortaleza, CE, inferiram clima semi-árido para o nordeste brasileiro durante o Holoceno inferior.

Resultados de estudos palinológicos realizados em sedimento lacustre, e isotópicos, realizados na matéria-orgânica do solo, foram interpretados como o estabelecimento de um clima mais úmido durante o final do Pleistoceno para região de Barreirinhas, estado do Maranhão (PESSENDA et al., 2004a; 2005). O registro polínico indicou a interrupção da expansão florestal há cerca de 10 mil anos, com o estabelecimento da savana arborizada a partir de então. A composição isotópica do carbono da matéria-orgânica do solo foi interpretada como clima menos úmido no período compreendido entre o Holoceno inferior ao médio, e como aumento de umidade a partir do Holoceno médio até o presente.

2.6.3 Modelo paleoclimático para as regiões sudeste e nordeste durante o Holoceno

Pelos estudos expostos acima é possível generalizar um modelo para a evolução dos paleoclimas holocênicos das regiões sudeste e nordeste brasileiras, segundo o qual, o período entre o Holoceno inferior e o Holoceno médio é caracterizado por climas menos úmidos que o atual, tanto no sudeste quanto no nordeste do Brasil. No período seguinte, do Holoceno médio até o presente, há a tendência de climas mais úmidos nas duas regiões.

3 HIPÓTESES

Com base nas questões paleoambientais abordadas na revisão bibliográfica, as quais se relacionam às flutuações do nível relativo marinho, à dinâmica da vegetação e aos paleoclimas holocênicos, são elaboradas duas hipóteses de trabalho:

- (i) Alterações climáticas ocorridas durante o Holoceno influenciaram a dinâmica da vegetação na região nordeste do estado do Espírito Santo, com expansão das áreas ocupadas por plantas de ciclo fotossintético C4 durante os períodos menos úmidos;
- (ii) O local atualmente ocupado pela Lagoa do Macuco, nordeste do estado do Espírito Santo, foi caracterizado por um ambiente estuarino durante a última transgressão marinha.

4 ÁREA DE ESTUDO

Os locais de estudo compreendem pontos localizados na Reserva Biológica de Sooretama – ReBio Sooretama e na Reserva Natural Vale – RNCV, ambas situadas ao norte do Estado do Espírito Santo, conforme mapa apresentado na Figura 4.

Inicialmente é fornecida uma descrição da região na qual a ReBio Sooretama e a RNCV estão inseridas, com as principais características da fisiografia, da geologia, dos solos, do clima e da vegetação. Em seguida são descritos os pontos de amostragem utilizados nesse estudo, com relação às suas características de vegetação e solo, de acordo com observações realizadas em campo.

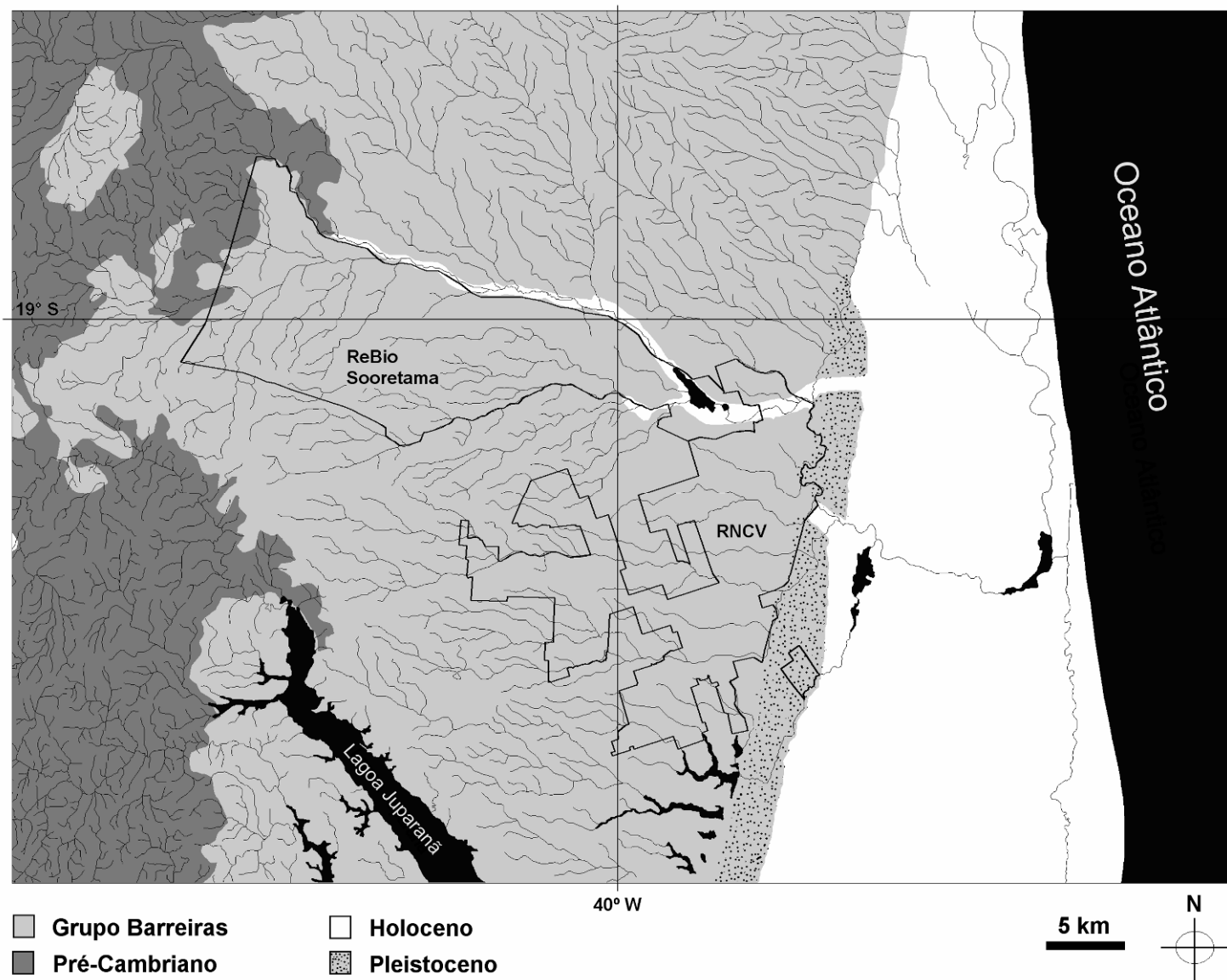


Figura 4 – Mapa de localização da ReBio Sooretama e da RNCV. De acordo com IBGE (1979a; 1979b; 1987)

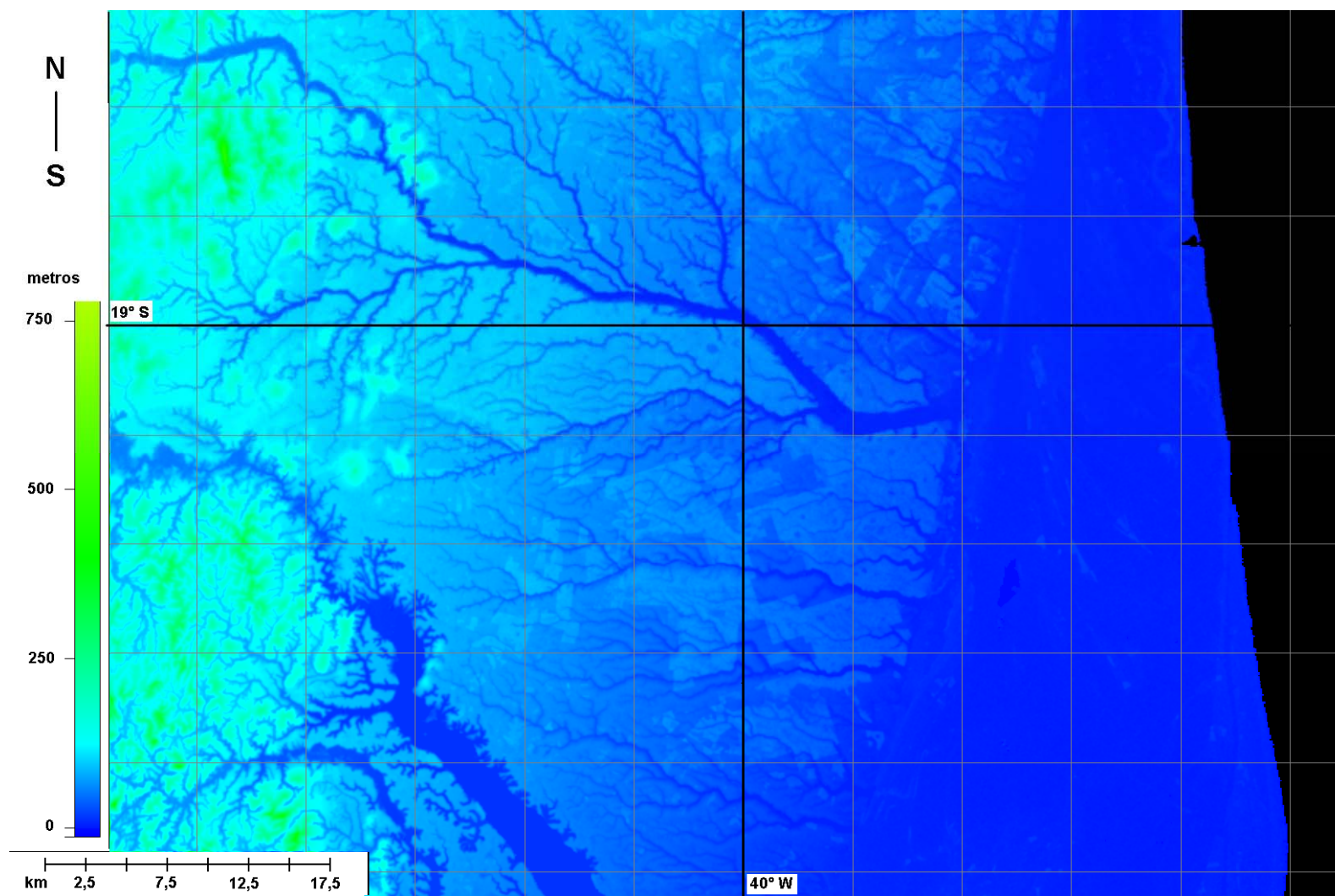


Figura 5 – Imagem SRTM da área de estudo

4.1 Fisiografia regional

Conforme Suguio e Martin (1981), na costa norte do estado do Espírito Santo podem ser identificadas três províncias geomorfológicas (Figuras 4 e 5). Na porção localizada mais a oeste, ergue-se uma cadeia montanhosa de origem pré-cambriana, que apresenta um padrão dendrítico de drenagem. A leste da cadeia montanhosa ocorrem os depósitos terciários do Grupo Barreiras, os quais formam uma planície suavemente inclinada em direção ao mar, recortada por uma rede de drenagem angular subparalela. A planície costeira, de origem quaternária, possui um padrão de drenagem difuso e é formada por sedimentos arenosos marinhos e sedimentos argilo-arenosos fluviais, em alguns locais recobertos por uma camada turfosa pouco profunda.

4.2 Geologia

Conforme o mapeamento geológico realizado no âmbito do projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1987), a geologia da área de estudo é composta por rochas metamórficas e ígneas do pré-Cambriano, sedimentos terciários do Grupo Barreiras e depósitos quaternários pleistocênicos e holocênicos (Figura 4).

O Grupo Barreiras constitui os tabuleiros costeiros do norte do Espírito Santo. Sua origem é atribuída ao Terciário superior, pela sedimentação em ambiente continental de material clástico originário de rochas metamórficas e ígneas pré-cambrianas localizadas a oeste (IBGE, 1987).

Os depósitos quaternários podem ser classificados em dois grupos: marinhos e continentais (IBGE, 1987).

4.2.1 Depósitos quaternários marinhos

4.2.1.1 Terraços Arenosos Pleistocênicos

São encontrados afastados vários quilômetros da atual linha de costa e se relacionam com o final da penúltima transgressão marinha (IBGE, 1987).

4.2.1.2 Terraços Arenosos Holocênicos

Ocupam grande parte da planície costeira quaternária. São áreas com altitudes menores que os Terraços Pleistocênicos, normalmente entre alguns centímetros e pouco mais de quatro metros acima do nível do mar. Apresentam bem evidentes as cristas dos cordões litorâneos, finas, próximas e paralelas entre si (IBGE, 1987).

4.2.1.3 Pântanos e Manguezais Holocênicos

Da mesma forma que a unidade anterior, esta também é bastante representativa da planície costeira quaternária do norte do Espírito Santo. Representa sedimentação de planície deltaica, que inclui ambientes como pântanos, lagoas, canais fluviais e áreas de inundação. A litologia é representada por areias quartzosas, areias sílticas e siltes argilosos com matéria orgânica e depósitos rasos de turfa (IBGE, 1987; PETRÓLEO BRASILEIRO, 1972).

4.2.2 Depósitos quaternários continentais

4.2.2.1 Holoceno fluviolagunar

Distribuem-se nas calhas dos cursos d'água. Incluem não somente sedimentos de origem fluvial, mas também originários de antigas lagoas e manguezais que se desenvolveram desde o início da última transgressão marinha. Litologia constituída principalmente por areias e siltes argilosos ricos em matéria orgânica (IBGE, 1987).

Os depósitos holocênicos continentais e marinhos da costa norte do Espírito Santo foram denominados em Petróleo Brasileiro (1972) por Formação Linhares. As litofácies e os ambientes descritos para essa formação são planícies de inundação, canais fluviais, pântanos, cordões litorâneos e manguezais que tiveram início após a última transgressão marinha e a regressão subsequente.

4.3 Solos

Santos et al. (2004) realizou um levantamento expedito de solos da Reserva Biológica de Sooretama e da RNCV, onde os tipos de solos mapeados estão relacionados na Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos de solos mapeados na ReBio Sooretama e na RNCV

Reserva Biológica de SooretamaLatossolo Vermelho-escuro

Latossolo Vermelho Distrófico argissólico A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia/subcaducifólia relevo suave ondulado e ondulado.

Argissolo Amarelo

Argissolo Amarelo Distrófico típico A moderado textura arenosa/média/argilosa fase floresta tropical subperenifólia/subcaducifólia relevo plano e suave ondulado.

Argissolo Amarelo Distrófico típico A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subperenifólia/subcaducifólia relevo ondulado.

Argissolo Amarelo Distrófico típico A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subperenifólia/subcaducifólia relevo forte ondulado.

Gleissolos

Gleissolos Indiscriminados + Organossolos textura indiscriminada fase campo tropical higrófilo de várzea ou floresta tropical higrófila de várzea relevo plano de várzea.

Reserva Natural da Companhia ValeArgissolo Amarelo

Argissolo Amarelo Distrófico típico A moderado textura arenosa/média/argilosa fase floresta tropical subperenifólia/subcaducifólia relevo plano e suave ondulado.

Argissolo Amarelo Distrófico típico A moderado textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia/subcaducifólia relevo plano.

Argissolo Amarelo Distrófico típico A moderado textura média/argilosa fase floresta tropical subperenifólia/subcaducifólia relevo plano e suave ondulado.

Espodossolo

Espodossolo Ferrocárbico Órtico dúrico A proeminente fase floresta tropical subperenifólia de restinga relevo plano.

Espodossolo Ferrocárbico Órtico dúrico A proeminente fase campo tropical de restinga relevo plano.

Espodossolo Ferrocárbico Órtico dúrico A proeminente fase campo tropical higrófilo de várzea relevo plano de várzea.

Espodossolo Ferrocárbico Órtico espessarênico A moderado fase floresta tropical subperenifólia/subcaducifólia relevo plano.

Gleissolos

Gleissolos Indiscriminados + Organossolos textura indiscriminada fase campo tropical higrófilo de várzea ou floresta tropical higrófila de várzea relevo plano de várzea.

Neossolo Quartzarênico

Neossolo Quartzarênico fase floresta tropical subperenifólia de restinga relevo plano.

Fonte: Santos et al. (2004).

4.4 Clima

Peixoto e Gentry (1990), baseados nos dados meteorológicos do período entre 1975 e 1983, classificaram o clima regional na região climática Am de Köppen, quente e úmido, com média anual de precipitação de 1403 mm e estação seca bastante suave entre maio e setembro. Em outro trabalho, Peixoto, Rosa e Joels (1995), com base em dados climáticos do período de 1982 e 1991, classificaram o clima na região Am, quente e úmido, com média anual de precipitação de 1093 mm, com estação seca suave de maio a setembro.

Com base em dados da estação meteorológica existente na RNCV para os períodos de 1992 a 2002 e de 1975 a 2002, a época do ano de menor precipitação ocorre entre os meses de maio a agosto, conforme mostrado nas Tabelas 2 e 3 e Figuras 6 e 7. No entanto, é interessante observar o período de seca ($Precipitação \leq 2 \times Temperatura$) no mês de fevereiro, para os anos de 1992 a 2002. O clima local pode ser classificado como Aw de Köppen, com médias anuais de precipitação de 1190 mm no período de 1992 a 2002, e de 1215 mm no período de 1975 a 2002. De acordo com os critérios de Nimer (1979) o clima local é classificado como tropical, quente e úmido, com três meses de estação seca entre 1992 e 2002, e dois meses de estação seca entre 1975 e 2002.

Tabela 2 – Precipitação e temperatura médias mensais para o período de 1992 a 2002

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ano
P (mm)	116	51	139	85	55	40	52	36	73	83	266	195	1190
T (°C)	26,2	26,2	25,7	24,5	22,5	21,0	20,6	20,6	22,1	23,6	24,5	25,7	23,6

Dados obtidos da estação meteorológica da RNCV

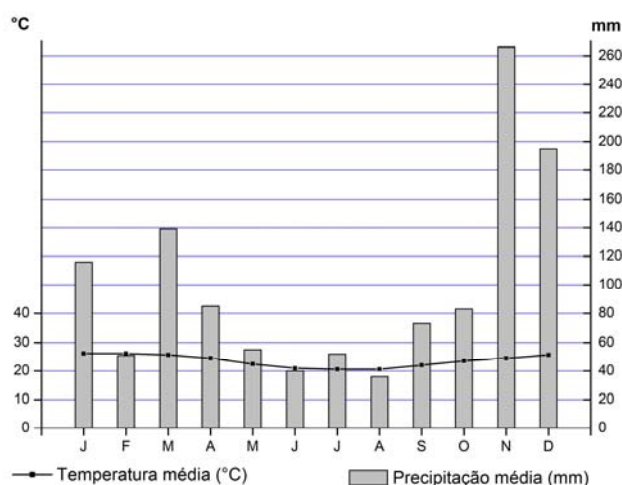


Figura 6 – Diagrama climático mensal para o período de 1992 a 2002, com base em dados coletados pela estação meteorológica da RNCV

Tabela 3 – Precipitação e temperatura médias mensais para o período de 1975 a 2002

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Ano
P (mm)	163	82	135	84	54	35	48	41	70	114	214	173	1215
T (°C)	25,7	25,9	25,4	24,0	22,3	20,7	20,2	20,5	21,7	23,3	24,3	25,4	23,3

Dados obtidos da estação meteorológica da RNCV

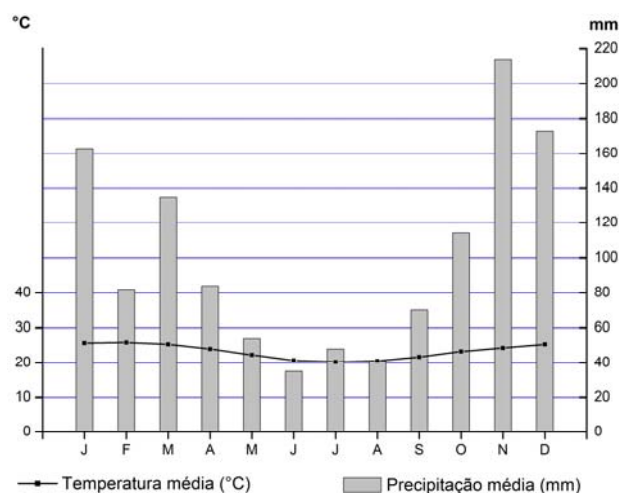


Figura 7 – Diagrama climático mensal para o período de 1975 a 2002, com base em dados coletados pela estação meteorológica da RNCV

4.5 Vegetação

Para a caracterização da vegetação dos locais de estudo serão utilizadas informações provenientes do estudo fitogeográfico realizado pelo projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1987). Quando pertinente, informações complementares de outros autores e observações pessoais de campo serão acrescentadas.

De um modo geral, a cobertura vegetal natural da região nordeste do Espírito Santo é representada principalmente pela Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas e pelas Formações Pioneiras de fisionomia herbácea com influência fluviomarinha, no entanto outras formações menos representativas também estão presentes (IBGE, 1987).

4.5.1 Floresta Ombrófila Densa

A principal formação florestal da área de estudo é a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, também conhecida como floresta dos tabuleiros. (IBGE, 1987). O estrato

superior é formado por macrofanerófitos de até 40 metros de altura e a submata é aberta (PEIXOTO, ROSA e JOELS, 1995; THOMAS, 2003).

Em um levantamento florístico realizado na RNCV Peixoto e Gentry (1990) encontraram grande riqueza de espécies, até mesmo maior que muitas regiões da Amazônia. A composição florística encontrada foi similar às de outras florestas neotropicais úmidas de baixada, como a riqueza de espécies da família *Fabaceae* e a presença de *Annonaceae*, *Sapotaceae*, *Rubiaceae*, *Euphorbiaceae* e *Bignoniaceae* entre as 10 famílias com maior número de espécies. A família *Myrtaceae* também apresentou grande número de espécies, característica compartilhada com outras florestas da costa atlântica brasileira. No entanto, a baixa riqueza de espécies de *Myristicaceae* e de *Arecaceae* é uma característica que diferenciou a mata de tabuleiro da RNCV de outras florestas neotropicais. Peixoto e Gentry (1990) também destacam, como atributo estrutural, a alta densidade de árvores e lianas com diâmetro igual ou superior a 10 cm na área da RNCV, característica pouco comum em florestas neotropicais.

O estrato arbóreo dominante da floresta dos tabuleiros localizada entre o paralelo 18°30'S e a foz do Rio Doce apresenta diferenças estruturais em relação à floresta de tabuleiros do sul da Bahia, com espécies com evidentes adaptações a deficiência hídrica do solo, como folhas coriáceas e troncos de casca grossa (IBGE, 1987).

4.5.2 Savana

A Savana Parque, formação vegetal herbácea intercalada por nano e microfanerófitos, ocorre principalmente na região localizada ao norte da cidade de Linhares. Ocupa manchas de solos arenosos álicos e lixiviados em meio à vegetação florestal dos tabuleiros (IBGE, 1987).

4.5.3 Formações Pioneiras

As principais formações pioneiras da área de estudos são aquelas com influência marinha, influência fluviomarinha e influência fluvial. Apresentam fisionomias variáveis, de herbácea a arbórea (IBGE, 1987).

4.5.3.1 Formações pioneiras om influência marinha

São as áreas próximas ao litoral, sobre solos arenosos de origem quaternária. Recebem a denominação geral de restingas e podem apresentar fisionomias arbórea, arbustiva e herbácea (IBGE, 1987).

A restinga arbórea ocorre nas áreas próximas aos tabuleiros costeiros. Seu componente arbóreo apresenta microfanerófitos em torno de sete metros de altura, com copas irregulares, por vezes espaçadas, e abundância de plantas epífitas. Nessas áreas podem ocorrer indivíduos de espécies da Floresta Ombrófila Densa tolerantes às condições ambientais locais (IBGE, 1987).

Sobre os cordões litorâneos, em áreas raramente atingidas pelas marés, ocorre a restinga arbustiva. Essa vegetação é composta por micro e nanofanerófitos e possui densidade variável. Algumas espécies comumente encontradas são *Ipomoea pes-caprae*, *Hancornia speciosa*, *Chrysobalanus icaco*, *Hirtella americana* e cactáceas como *Cereus fernambucensis* (IBGE, 1987).

Áreas mais próximas ao mar, algumas vezes com solos salinos, são ocupadas pela restinga herbácea. Como exemplos de espécies representativas dessa vegetação têm-se *Polygala cyparissias*, e *Remirea maritima* (IBGE, 1987).

Formações pioneiras com influência fluviomarinha

A planície costeira quaternária é extensamente ocupada pelas Formações Pioneiras de influência fluviomarinha. Em alguns locais ocorrem manguezais, onde as espécies arbóreas típicas são *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia germinans*. No entanto, a maior parte da planície, constituída por áreas alagadas salobras, é ocupada por vegetação herbácea representada por gêneros como *Typha* sp., *Cyperus* sp. e *Montrichardia* sp. Em áreas da planície costeira com topografia mais elevada podem ocorrer agrupamentos de indivíduos arbóreos com presença de espécies generalistas como *Tapirira guianensis* e *Symphonia globulifera* (IBGE, 1987).

4.5.3.2 Formações pioneiras com influência fluvial

Planícies aluviais, áreas de relevo deprimido ao longo dos rios, permanentemente ou periodicamente inundáveis, com solos encharcados, são ocupadas pelas Formações Pioneiras

com influência fluvial. A vegetação é geralmente herbácea e graminóide, podendo ocorrer algumas espécies arbustivas e arbóreas nos locais de solo menos encharcado. Gêneros herbáceos muito comuns nessas áreas são *Hypolytrum* sp. e *Panicum* sp. (IBGE, 1987).

4.5.3.3 Vegetação de muçununga e campo nativo

Os diferentes tipos de muçununga atualmente encontradas na área de estudo, sejam florestais ou campestres, são formações pioneiras que constituem etapas da sucessão que culmina no desenvolvimento da Savana Parque (IBGE, 1987).

4.6 Caracterização dos pontos amostrados

Com objetivo de melhor caracterizar a área de estudo, são apresentadas descrições dos pontos de coleta (Figura 8), em período seco (julho) com exceção da Lagoa do Macuco, em época chuvosa. A Tabela 4 apresenta as coordenadas geográficas e as siglas adotadas para cada ponto. Na descrição dos pontos de coleta é apresentada uma classificação da vegetação (IBGE, 1987) e do solo (SANTOS et al., 2004), de acordo com as observações realizadas em campo.

Tabela 4 – Relação dos pontos amostrados durante os trabalhos de campo

Sigla	Nome	Coordenadas geográficas
MAC	Lagoa do Macuco	19°02,584'S e 39°56,695'W
BI	Brejo da Imbiriba	19°12,302'S e 39°52,585'W
MB	Mata da Bicuíba	19°09,376'S e 40°02,542'W
MBT	Mata da Bicuíba	19°09,205'S e 40°02,748'W
NGI	Nativo da Gávea	19°12,680'S e 39°57,842'W
NGI.1	Nativo da Gávea	19°12'36,5''S e 39°57'48,1''W
NG4	Nativo da Gávea	19°12'30,20''S e 39°57'53,50''W
NG5	Floresta da Gávea	19°13'25,40''S e 39°58'15,30''W
NG7	Nativo da Gávea	19°13'12,90''S e 39°58'09,50''W
MUGI	Muçununga da Gávea	19°12,486'S e 39°57,722'W
MT1	Mata de tabuleiro	19°12,331'S e 39°57,636'W
NMI	Nativo da Mantegueira	19°09,197'S e 40°03,939'W
NB	Nativo da Bomba d'Água	19°06'36,10''S e 39°53'19,80''W
MBA	Mata da Bomba d'Água	19°06'34,55''S e 39°53'28,90''W
CT	Córrego Travaglia	19°05'14,80''S e 39°54'18,50''W
MJ	Mata da Joeirana Vermelha	19°04'56,30''S e 39°53'15,30''W

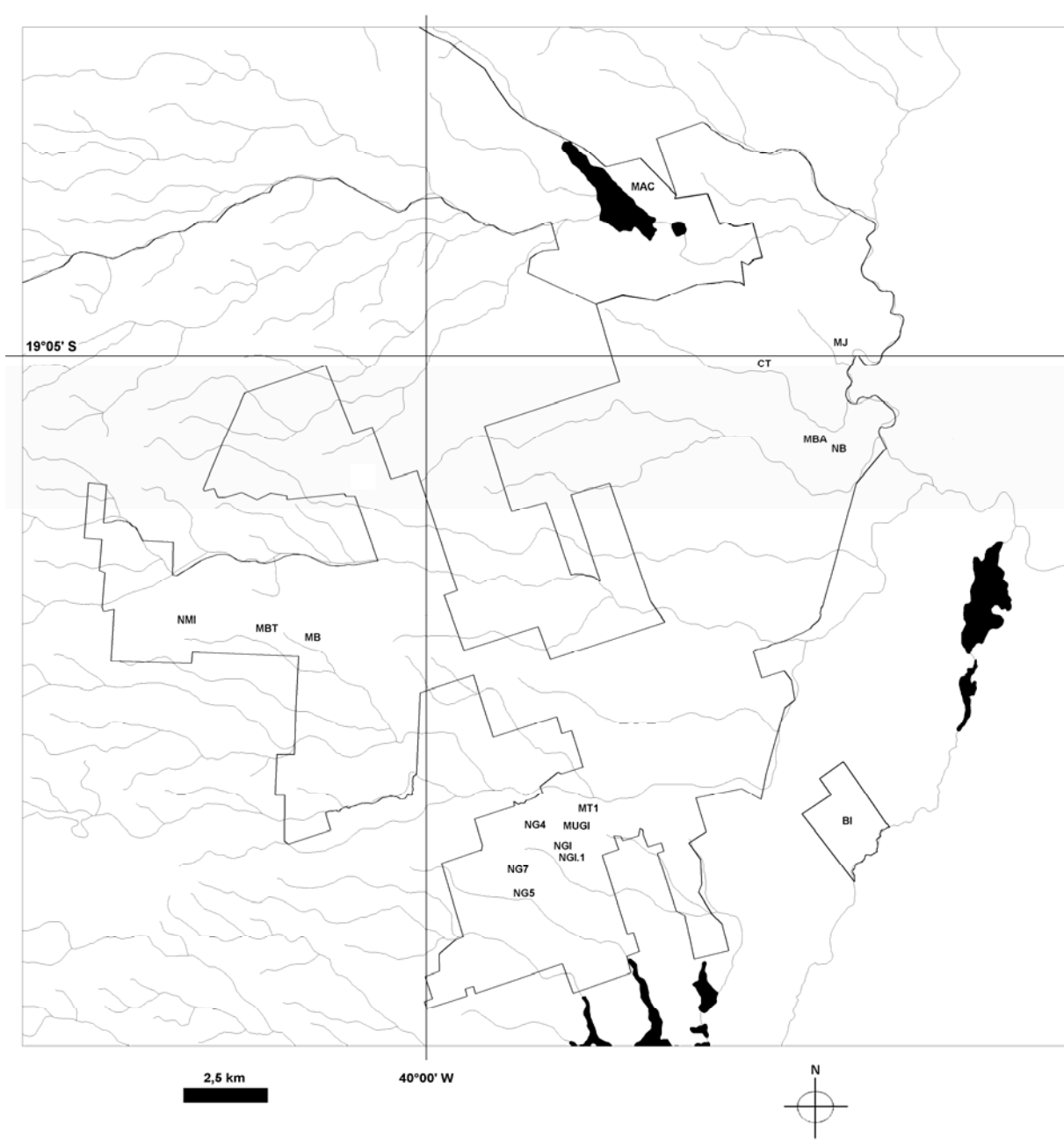


Figura 8 – Pontos amostrados durante os trabalhos de campo. Mapa baseado em IBGE (1979a; 1979b; 1987)

4.6.1 Lagoa do Macuco (MAC)

Localizada na Reserva Biológica de Sooretama, encaixada em um vale na bacia do Rio Barra Seca (Figuras 4, 5, 8 e 9). O nível da superfície da água, está em torno de 1 metro acima do atual nível médio do mar, de acordo com medições realizadas no local em novembro de 2009, por meio de aparelho GPS marca Garmin, modelo 76CSx.

Apresenta vegetação aquática, como *Ninfea* sp., *Salvinia* sp. e *Cabomba* sp., além de muitas herbáceas semi-aquáticas em suas margens, como espécies da família *Cyperaceae* e *Poaceae*. Foram observadas ilhas de vegetação flutuante, com indivíduos arbóreos com cerca de cinco metros de altura. Medições feitas em alguns pontos em época chuvosa (novembro) indicaram coluna d'água de cerca de três metros. A comunidade vegetal local, de acordo com as observações realizadas, pode ser classificada como Formação Pioneira com influência fluvial.



Figura 9 – Ponto MAC – Lagoa do Macuco

Ilha de vegetação flutuante, vegetação aquática e a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no entorno

4.6.2 Brejo da Imbiriba (BI)

Local alagado, dominado por *Cyperus* sp, o qual forma densa cobertura herbácea monoespecífica de cerca de dois metros de altura (Figura 10). Próximo ao local ocorre uma pequena elevação onde cresce vegetação de fisionomia arbórea. Substrato composto por areia fina, com pequena camada de matéria orgânica na parte superior, classificado como Gleissolo indiscriminado por Santos et al. (2004). Corresponde a uma Formação Pioneira com influência fluviomarinha de fisionomia herbácea.



Figura 10 – Ponto BI – Brejo da Imbiriba

Em primeiro plano a vegetação herbácea constituída principalmente por *Cyperus* sp. Ao fundo, terreno mais elevado, formando uma ilha de vegetação de fisionomia florestal

4.6.3 Mata da Bicuíba (MB e MBT)

Vegetação de fisionomia florestal, árvores com cerca de até 30 metros de altura (Figura 11). Submata aberta, de fácil penetração. No ponto MBT onde foi aberto um poço para coleta de solo, foi encontrada uma camada laterítica de impedimento, com coloração avermelhada, a cerca de dois metros de profundidade. No ponto MB, no entanto, foi realizada uma tradagem até quatro metros de profundidade sem que a camada de impedimento fosse encontrada. A vegetação local pode ser classificada como Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, o solo é classificado como Argissolo.



Figura 11 – Ponto MBT – Mata da Bicuíba
Poço aberto para coleta de amostras de solo

4.6.4 Nativo da Gávea (NGI)

Uma extensa área de vegetação graminóide contínua, com raras ocorrências de agrupamentos de nanofanerófitos em seu interior (Figura 12). As espécies herbáceas dominantes são *Panicum cf. lagostachyum* e *Lagenocarpus rigidus*, no entanto várias outras espécies herbáceas estão presentes. As regiões mais periféricas apresentam vegetação arbustivo-arbórea com nanofanerófitos de até cinco metros de altura sobre um estrato herbáceo graminóide descontínuo. O solo foi classificado como Espodossolo (SANTOS et al., 2004).



Figura 12 – Ponto NGI – Nativo da Gávea

Em primeiro plano vegetação herbácea constituída principalmente por *Lagenocarpus rigidus*. Ao fundo a vegetação florestal que circunda o campo

Essa comunidade vegetal é caracterizada como uma Formação Pioneira, mas em um estágio sucessional muito próximo a uma Savana Parque. Em sua região periférica, no entanto, a Savana Parque está bem caracterizada.

4.6.5 Nativo da Gávea (NGI.1)

Esse ponto localiza-se a cerca de 100 metros do ponto NGI. No entanto, a amostragem realizada no ponto NGI.1 parte da camada endurecida (camada de impedimento) localizada a cerca de 70-80 cm de profundidade, encontrada também no ponto NGI. Abaixo dela o solo parece ser essencialmente arenoso, mas escurecido pela presença de matéria-orgânica..

4.6.6 Nativo da Gávea (NG4)

Vegetação herbáceo-arbustiva, com nanofanerófitos de até cinco metros de altura. O estrato herbáceo e constituído principalmente por vegetação graminóide. Esse ponto está localizado às margens da área de vegetação graminóide representada pelo ponto NGI. Solo arenoso e bastante úmido mesmo em período seco (Espodossolo). Trata-se, provavelmente, de uma Formação Pioneira relacionada às fases iniciais da sucessão ecológica sobre solos originários de áreas assoreadas da última transgressão.

4.6.7 Floresta da Gávea (NG5)

Ponto localizado em formação com fisionomia florestal. Árvores não muito altas, com no máximo 20 a 25 metros de altura, submata um pouco fechada. Durante a tradagem de solo (Argissolo) foi alcançada camada laterítica a 3,5 metros de profundidade. A vegetação pode ser classificada como Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas.

4.6.8 Nativo da Gávea (NG7)

Formação herbácea arborizada, com domínio de vegetação graminóide composta principalmente por *Panicum cf. lagostachyum*, presença de nanofanerófitos esparsos, localmente conhecida como campo nativo (Figura 13), classificada como Savana Parque. O solo é arenoso na superfície, classificado como Espodossolo. A tradagem, realizada até a profundidade de três metros, ultrapassou a camada laterítica de impedimento.



Figura 13 – Ponto NG7 – Nativo da Gávea
A gramínea da foto é *Panicum cf. lagostachyum*

4.6.9 Muçununga da Gávea (MUGI)

Local arborizado, com nano e microfanerófitos de até quinze metros de altura (Figura 14). Presença abundante de arbustos em área de vegetação arbórea descontínua. Também não ocorre estrato graminóide contínuo. Solo com areia média-fina, classificado como Espodossolo.



Figura 14 – Ponto MUGI – Muçununga da Gávea

4.6.10 Mata de Tabuleiro (MT1)

Fisionomia florestal com macrofanerófitos de mais de 30 metros de altura (Figura 15). Submata aberta, presença de cipós lenhosos de grande diâmetro. Durante a tradagem de solo (Argissolo) até três metros de profundidade não foi alcançada camada de impedimento. A 2,3 metros e a 2,7 metros de profundidade foram encontrados fragmentos de carvão. A vegetação local é Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas.

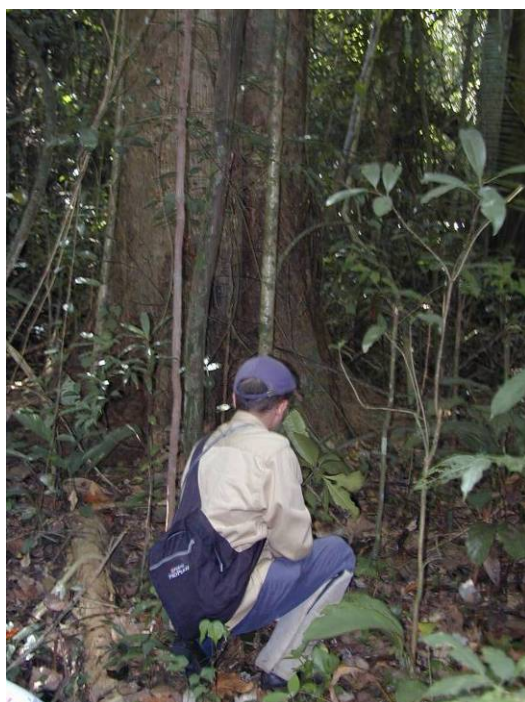


Figura 15 – Ponto MT1 – Mata de Tabuleiro

4.6.11 Nativo da Mantegueira (NMI)

Mancha de vegetação graminóide contínua dominada por *Panicum cf. lagostachyum* (Figura 16). Presença esparsa de nanofanerófitos de dois a três metros de altura. No entorno ocorre a vegetação arbórea de muçununga típica. Solo arenoso (Espodossolo), com matéria orgânica em suas camadas superiores. A tradagem foi interrompida por camada de impedimento localizada a 1,8 metro de profundidade, com presença de água. De acordo com a classificação apresentada pelo projeto RADAMBRASIL essa vegetação pode ser considerada como um estágio sucessional muito próximo a uma Savana Parque.



Ponto 16 – Ponto NMI – Natio da Mantegueira

4.6.12 Nativo da Bomba d'Água (NB)

Local de fisionomia herbáceo-arbustiva adjacente a vegetação de Floresta Ombrófila Densa (Figura 17). É possível verificar a transição abrupta existente entre o solo da área de tabuleiro e o solo arenoso da área em questão. Presença de *Panicum cf. lagostachyum* em meio a nanofanerófitos, com locais sem cobertura vegetal. Vegetação classificada como uma Formação Pioneira com Influência Marinha de fisionomia arbustiva, solo classificado como Neossolo Quartzarênico por Santos et al. (2004).



Figura 17 – Ponto NB – Nativo da Bomba d'Água

4.6.13 Mata da Bomba d'Água (MBA)

Formação florestal, com fanerófitos de mais de 30 metros de altura, submata bastante aberta (Figura 18). Grandes árvores existentes no local: *Ficus* sp., *Eriotheca macrophylla* e *Caryodendron grandifolium*. Tradagem de solo (Argissolo) até 1,5 metro de profundidade, interrompida por camada de impedimento laterítica. Vegetação classificada como Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas.



Figura 18 – Ponto MBA – Mata da Bomba d'Água
A árvore da foto é *Ficus* sp.

4.6.14 Córrego Travaglia (CT)

Fisionomia florestal, classificada como Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas. Presença de grandes árvores, tais como *Hydrogaster trinervis* e *Rinorea bahiensis*. Poço até 2,2 metros de profundidade foi aprofundado até 3 metros por meio de tradagem. Solo classificado como Argissolo. Presença de fragmentos de carvão entre 70 e 90 centímetros de profundidade.

4.6.15 Mata da Joeirana Vermelha (MJ)

Fisionomia florestal, classificada como Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas. Submata bem aberta. Presença de árvores com até 30 metros de altura, tais como *Sloanea* sp. Tradagem até 3 metros de profundidade.

5 MATERIAL E MÉTODOS

As hipóteses anteriormente apresentadas serão testadas com base em três metodologias principais: (i) análises isotópicas de carbono e nitrogênio, (ii) datação ^{14}C da matéria-orgânica e (iii) análise de bioindicadores. Os materiais analisados compreendem amostras de plantas, serapilheira, solo e sedimento lacustre.

A seguir são apresentados os métodos utilizados na coleta e na análise de cada tipo de amostra.

5.1 Coletas

5.1.1 Plantas

Em cada ponto com amostragem de solo ou sedimento foi realizada uma amostragem da vegetação dominante, com coleta de folhas e caules localizados até dois metros de altura, para identificação botânica pelo nome científico ou popular, com auxílio de técnicos da Companhia Vale, e posterior caracterização do $\delta^{13}\text{C}$.

5.1.2 Serapilheira

Uma pequena quantidade de serapilheira foi coletada no entorno dos pontos de coleta de solo, cujo material foi homogeneizado e acondicionado em sacos plásticos identificados para análise de carbono orgânico total e $\delta^{13}\text{C}$.

5.1.3 Solo

Amostras de solo sob diferentes formações vegetais foram coletadas através do uso de trado ou abertura de poço, até aproximadamente três metros quando possível, conforme descrito no item 'coletas realizadas'. A amostragem foi feita a cada dez ou vinte centímetros de profundidade, sendo o material acondicionado em sacos plásticos identificados com o código do ponto de coleta e a profundidade da amostra.

5.1.4 Sedimento

Para a coleta de sedimento na Lagoa do Macuco foi utilizado um coletor de pistão (LIVINGSTONE, 1955), montado sobre plataforma flutuante (COLINVAUX et al., 1999), conforme apresentado na Figura 19. Os tubos coletores de alumínio apresentavam pouco mais de um metro de comprimento e cerca de seis centímetros de diâmetro interno.



Figura 19 – Coleta do sedimento lacustre por meio de amostrador Livingstone; (A) montagem da plataforma flutuante; (B) Posicionamento e estabilização da plataforma para coleta; (C) Pistão do coletor Livingstone; (D) Tubo coletor com sedimento após coleta

A amostragem foi realizada em um ponto localizado aproximadamente no centro da lagoa. Os tubos contendo o sedimento coletado foram vedados em suas extremidades, identificados, e mantidos em ambiente resfriado até o momento de sua abertura.

5.2 Descrição do testemunho sedimentar

Os tubos coletores, com o testemunho sedimentar em seu interior, foram abertos longitudinalmente em duas metades. Características tais como cor, presença de fragmentos vegetais, estrutura e textura do material sedimentar foram anotadas e relacionadas às respectivas profundidades, determinadas com auxílio de fita métrica. Para a definição da cor foi utilizada a carta de Munsell de cores para solos (MACBETH DIVISION OF KOLLMORGEN CORPORATION, 1995).

5.3 Análise granulométrica de solo

Amostras de solo coletadas por meio de tradagem no ponto MB, localizado sob fisionomia florestal, foram encaminhadas para análise granulométrica, pelo método do densímetro (KIEHL, 1979), no Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ-USP.

5.4 Análises isotópicas e elementares

Os resultados das análises isotópicas de carbono e de nitrogênio são expressos pela unidade relativa “ δ ”, determinada em relação ao padrões internacionais VPDB, para o carbono, e ar atmosférico, para o nitrogênio, conforme mostrado nas equações 5 e 6:

$$\delta^{13}C (\text{‰}) = \frac{R_{amostra} - R_{VPDB}}{R_{VPDB}} \times 1000 \quad (5)$$

Onde $R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ para a razão isotópica do carbono.

$$\delta^{15}N (\text{‰}) = \frac{R_{amostra} - R_{ar}}{R_{ar}} \times 1000 \quad (6)$$

Onde $R = {}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$ para a razão isotópica do nitrogênio.

As análises elementares envolvem a mensuração do carbono orgânico total – COT e do nitrogênio total – N total, expressos em porcentagem do peso seco da amostra. Através desses valores são também calculadas as razões C/N para amostras de sedimento. As análises foram realizadas no Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA-USP, em espectrômetro de massas ANCA GSL, com uma precisão de 0,1% e 0,02%, respectivamente.

O procedimento adotado no pré-tratamento das amostras utilizadas para análises isotópicas e elementares foi baseado em métodos descritos em Pessenda et al. (1996b) e Saia (2006). O pré-tratamento dos diferentes tipos de materiais é descrito a seguir.

5.4.1 Plantas

As amostras de plantas foram lavadas em água desionizada e posteriormente secas em estufa a uma temperatura não superior a 50° C. Em seguida foram trituradas em moinho e homogeneizadas.

Para realização da análise isotópica e elementar de carbono foi utilizada uma quantidade entre 0,5 e 1 miligrama de amostra. As plantas aquáticas coletadas na Lagoa do Macuco foram analisadas também em relação ao nitrogênio elementar e $\delta^{15}\text{N}$, sendo utilizados cerca de 10 miligramas de amostra homogeneizada.

5.4.2 Serapilheira

Fragmentos vegetais constituintes da serapilheira foram lavados em água desionizada e secos em estufa a temperatura não superior a 50° C. Em seguida, o material seco foi triturado em moinho e homogeneizado. Para a análise isotópica de C foram utilizados entre 0,5 e 1 miligrama do material.

5.4.3 Solo

As amostras de solo foram secas ao ar, peneiradas em malha de 210 μm , limpas de raízes e outros fragmentos vegetais e animais e homogeneizadas. Entre 40 e 70 mg do material peneirado foram utilizados para a análise. As amostras originárias de solo sob mata de tabuleiro (Floresta Ombrófila Densa) foram analisadas a intervalos de 20 cm, e as amostras originárias de solo sob formações pioneiras foram analisadas a intervalos de 10 cm.

5.4.4 Sedimento

O testemunho sedimentar coletado na Lagoa do Macuco foi submetido às análises isotópica e elementar de carbono e nitrogênio a cada 2 centímetros. Das amostras de sedimento foram retirados raízes e outros fragmentos vegetais. Em seguida as amostras foram secas em estufa a cerca de 50° C. Massas entre 2 e 30 mg para análises de carbono e entre 15 e 60 mg para análise de nitrogênio foram utilizadas.

5.5 Datação ¹⁴C

5.5.1 Matéria-orgânica do solo

Amostras de argissolo coletadas em um poço aberto sob vegetação de fisionomia florestal (ponto MBT) e amostra de espodossolo sob vegetação campestre (ponto NGI.1) foram selecionadas para datação ao ¹⁴C da matéria orgânica, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5 – Amostras de solo selecionadas para datação da matéria-orgânica	
Código da amostra	Profundidade (cm)
MBT 40-50	40-50
MBT 90-100	90-100
MBT 190-200	190-200
NGI.1 340-350	340-350

A datação da matéria-orgânica do solo foi realizada na fração humina, conforme o método descrito em Pessenda et al. (1996b). As amostras de solo coletadas no poço foram inicialmente secas ao ar, em temperatura ambiente, destorroadas e manualmente removidos materiais como insetos, carvão, raízes e outros pequenos fragmentos vegetais que poderiam contaminar as amostras. Em seguida foram peneiradas em malha de dois milímetros e submetidas ao processo de flutuação em solução de HCl 0,01 M para remoção de outros contaminantes ainda presentes.

Cerca de 800 g de cada amostra peneirada foram submetidos à hidrólise em solução de HCl 0,5 M a 60° C durante um período de quatro horas para remoção de ácidos fúlvicos. Após várias lavagens com água desionizada para a remoção dos ácidos e neutralização do pH, foi realizado o processo de extração alcalina. Nessa fase foi utilizada solução de Na₄P₂O₇ e

NaOH 0,1M a frio para remoção de ácidos húmicos. Novamente as amostras foram lavadas em água desionizada para a remoção dos ácidos e neutralização do pH. A última fase do tratamento químico consistiu em hidrólise em solução de HCl 3,0 M a 90°C, durante 12 horas, para remoção de materiais orgânicos residuais.

Após esse tratamento o resíduo obtido foi seco em estufa a 50°C para posterior combustão, coleta do CO₂ e envio para datação AMS no exterior, como descrito em detalhes a seguir.

5.5.2 Matéria-orgânica sedimentar

Camadas de dois centímetros ao longo do testemunho sedimentar foram selecionadas para datação ¹⁴C. O procedimento adotado no pré-tratamento das amostras de fragmentos vegetais e do sedimento foi baseado em Pessenda et al. (2008) e apresentado de modo resumido na Tabela 6.

Tabela 6 – Amostras do testemunho selecionadas para datação e tratamento utilizado

Código da amostra	Profundidade (cm)	Tipo de material	Hidrólise (concentração; temperatura; tempo)
Mac1C4-6	4 – 6	Sedimento	HCl 2%; 60° C; 4 h
Mac1C20-22	20 – 22	Sedimento	HCl 2%; 60° C; 4 h
Mac1C48-50	48 – 50	Sedimento	HCl 2%; 60° C; 4 h
Mac1C64-66	64 – 66	Sedimento	HCl 2%; 60° C; 4 h
Mac1C68-70	68 – 70	Sedimento	HCl 2%; 60° C; 4 h
Mac1C72-74	72 – 74	Sedimento	HCl 4%; 60° C; 4 h
Mac1C76-78	76 – 78	Sedimento	HCl 4%; 60° C; 4 h
Mac1C80-82	80 – 82	Sedimento	HCl 4%; 60° C; 4 h
Mac1C92-94	92 – 94	Sedimento	HCl 4%; 60° C; 4 h
Mac1C108-110	108 – 110	Sedimento	HCl 4%; 60° C; 4 h
Mac2C12-14	122 – 124	Sedimento	HCl 4%; 60° C; 4 h
Mac2C16-18	126 – 128	Sedimento	HCl 4%; 60° C; 4 h
Mac2C24-26	134 – 136	Sedimento	HCl 4%; 60° C; 4 h
Mac2C28-30	138 – 140	Sedimento	HCl 4%; 60° C; 4 h
Mac2C60-62	170 – 172	Sedimento	HCl 4%; 60° C; 4 h
Mac2C88-90	198 – 200	Fragmentos vegetais	HCl 4%; 60° C; 4 h

Amostras de sedimentos e solos pré-tratadas foram submetidas à combustão a 600°C na linha de síntese de benzeno do Laboratório ^{14}C para obtenção do CO_2 . O gás foi acondicionado a vácuo em ampolas de vidro identificadas e encaminhado para datação AMS no Laboratório IsoTrace, Canadá, ou na Universidade da Geórgia, Estados Unidos.

As datações em anos A.P. obtidas para as amostras de sedimento e solo foram calibradas de acordo com Reimer et al. (2004), utilizando-se o intervalo 2σ , e os resultados são expressos em anos cal. A.P.

A cronologia estabelecida pelas datações do testemunho sedimentar foi utilizada para construção das curvas de profundidade x idade calibrada, com base na proposta apresentada por Walanus (2008). As curvas de profundidade x idade calibrada serviram como base para determinação das curvas de taxa de sedimentação.

5.6 Bioindicadores

5.6.1 Grãos de pólen e esporos

As operações de abertura e coleta de sub-amostras do testemunho sedimentar da Lagoa do Macuco foram realizadas no Laboratório de ^{14}C do CENA-USP. O testemunho foi aberto por meio de um corte longitudinal e separado em duas metades. As sub-amostras, constituídas por 1 cm^3 de sedimento, foram colhidas em intervalos de dois centímetros ao longo do testemunho e acondicionadas em frascos de acrílico identificados. Ao final, o material foi guardado em geladeira.

O tratamento polínico utilizado baseou-se no método apresentado por Colinvaux et al. (1999). As sub-amostras foram submetidas a tratamento físico-químico para promover a concentração dos grãos de pólen e esporos presentes no sedimento lacustre. As centrifugações mencionadas entre cada etapa do processo descrito a seguir foram realizadas a 3000 rpm durante três minutos.

Inicialmente, as sub-amostras foram transferidas para tubos de centrífuga identificados, com capacidade para 15 ml. A cada sub-amostra, foram adicionadas concentrações conhecidas de um marcador exótico, conforme metodologia estabelecida por Benninghoff (1962). Para tanto foram utilizadas em cada sub-amostra duas pastilhas de *Lycopodium*, cada uma com concentração média de 18583 grãos, adquiridas junto ao Departamento de Geologia da Universidade de Lund, na Suécia. Foram adicionados cerca de 5 ml de HCl 10% para a dissolução das pastilhas. O material contido em cada tubo foi homogeneizado e centrifugado.

A adição do marcador exótico é necessária à realização da análise polínica absoluta, que tem por premissa o conhecimento do número de grãos de pólen contidos em um volume conhecido de sedimento.

Após lavagens com água desionizada, foram adicionados 10 ml de HF 48% a cada sub-amostra. A reação com o ácido foi realizada em banho-maria, a cerca de 90° C, durante 30 minutos. Após, completou-se o volume dos tubos com solução de HCl 10% e procedeu-se a centrifugação, o descarte do material em solução e a lavagem com água desionizada. O ataque com HF promove a dissolução da sílica presente no sedimento. A solução de HCl permite a remoção da sílica coloidal e de fluoretos de sílica.

A seguir as sub-amostras foram submetidas a um banho-maria em solução de KOH 5% durante três a cinco minutos. Após centrifugação a solução foi descartada e o material lavado com água desionizada. Um ataque de KOH a quente, permite a remoção de ácidos húmicos do sedimento.

As sub-amostras foram desidratadas com HAc e, posteriormente, acetolisadas em solução constituída por nove partes de $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ e uma parte de H_2SO_4 concentrado (total de 10 ml) em banho-maria a cerca de 90° C, durante 15 minutos. Após, o volume de cada tubo de centrífuga foi completado com HAc para redução da força reativa da solução. As sub-amostras foram centrifugadas e a solução descartada. Os objetivos principais da acetólise são a remoção da celulose presente no sedimento e a coloração dos grãos de pólen e esporos.

Na seqüência as sub-amostras foram lavadas com água desionizada e desidratadas com etanol absoluto. Após centrifugação, o excesso de etanol foi removido e o resíduo sedimentar resultante homogeneizado com a adição de algumas gotas de glicerina bidestilada, seco em estufa a 50° C para remoção do etanol ainda presente e acondicionado em frascos de acrílico identificados. O material foi guardado em geladeira para posterior montagem das lâminas de microscopia. O processo de desidratação das sub-amostras propicia um maior tempo de vida útil às lâminas de microscopia utilizadas na análise polínica.

Após o tratamento físico-químico foram montadas lâminas de microscopia óptica para todas as sub-amostras do testemunho MAC-C. O meio de montagem utilizado foi glicerina líquida. O resíduo foi colocado sobre a lâmina em um espaço delimitado por parafina. A lamínula foi vedada em suas bordas e identificadas com o código de cada sub-amostra.

A leitura dos palinomorfos encontrados (grãos de pólen e esporos) foi realizada em um microscópio Zeiss Axisokop 40, com objetiva Achroplan 100x. A identificação com base em comparações com as coleções de referência do Laboratório de ^{14}C do CENA/USP e do

Laboratório de Palinologia e Paleobotânica da UnG. Quando necessário, a identificação foi realizada com base em consulta a bibliografia especializada, conforme indicado no Anexo A.

Para a contagem foram utilizadas pelo menos três lâminas de microscopia para cada amostra. Foram contados todos os grãos de pólen e esporos encontrados e também todos os esporos de *Lycopodium* marcador até se atingir um mínimo de 300 grãos de pólen identificados como pertencentes a táxons arbóreos.

A partir dos dados obtidos pela contagem e identificação dos tipos polínicos, foram utilizados os softwares Tilia e Tilia Graph View para a confecção de diagramas de concentração relativa (%), concentração absoluta (grãos/cm³) e taxa de acumulação polínica (grãos/cm²/ano, conforme Davis e Deevey Jr., 1964). A concentração relativa foi calculada com base na soma total de grãos de pólen (inclusive plantas aquáticas) e esporos. A delimitação das zonas polínicas foi realizada com o programa CONISS (GRIMM, 1987) com base em todos os táxons, exceto os tipos indeterminados. A nomenclatura dos táxons de angiospermas foi baseada em APGII.

5.6.2 Diatomáceas

As sub-amostras para análises de diatomáceas também foram coletadas em intervalos de 2 cm ao longo do testemunho sedimentar da Lagoa do Macuco. As sub-amostras, constituídas por 1 cm³ do sedimento, foram acondicionadas em frascos identificados.

O tratamento para extração das diatomáceas consistiu em reagir as sub-amostras com peróxido de hidrogênio (H₂O₂) 30 volumes, a cerca de 50° C, até o término da reação para a remoção da matéria-orgânica. Em seguida as sub-amostras foram lavadas com água desionizada até se obter um pH próximo ao neutro. Posteriormente as sub-amostras reagiram com HCl 10% a cerca de 50° C. Ao final foram realizadas novamente lavagens com água desionizada até um pH próximo ao neutro. Após o tratamento os resíduos foram acondicionados em frascos de acrílico com água desionizada, e mantidos em geladeira.

Para montagem das lâminas de microscopia, pequenas quantidades dos resíduos foram pipetadas sobre lamínulas e deixadas para secar em temperatura ambiente. Uma gota de Naphrax foi colocada sobre uma lâmina pré-aquecida e sobre ela foi colocada a lamínula com o resíduo seco. A lâmina foi colocada sobre uma chapa aquecedora, a uma temperatura não maior que 50° C, e a lamínula foi pressionada para remoção das bolhas.

A análise de diatomáceas foi realizada apenas em algumas sub-amostras e foi restrita a um levantamento qualitativo de alguns tipos encontrados.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente são sintetizadas informações sobre as coletas realizadas em cada ponto de amostragem. Os pontos são agrupados conforme a fisionomia da vegetação de cobertura, isto é, pontos sob fitofisionomia florestal e pontos sob fitofisionomia não-florestal. O ponto MAC, Lagoa do Macuco, é tratado à parte, devido à natureza do substrato amostrado (sedimento lacustre).

Em seguida são apresentados, discutidos e interpretados os resultados de cada grupo. Primeiramente os pontos sob floresta, em seguida os pontos sob fitofisionomia não-florestal e, ao final o ponto MAC (Lagoa do Macuco).

Ao final do tópico ‘resultados e discussão’ é apresentada a integração dos dados, quando os resultados dos três grupos são interpretados em conjunto, com foco na dinâmica da vegetação, nas flutuações do nível relativo marinho e nos paleoclimas holocênicos.

6.1 Coletas realizadas

A Tabela 7 sintetiza informações as coletas realizadas. No total são 16 pontos de amostragem, sendo: (i) 7 pontos em floresta sobre Argissolo, (ii) 6 pontos em fitofisionomia não-florestal sobre Espodossolo, (iii) 1 ponto em vegetação monoespecífica de *Cyperus* sp. sobre Gleissolo, (iv) 1 ponto em fitofisionomia não-florestal sobre Neossolo Quartzarênico e (v) 1 ponto em ambiente lacustre.

Tabela 7 – Pontos de coleta, vegetação de cobertura, substratos e amostragens realizadas

Ponto	Substrato	Amostragens
<u>Pontos sob fitofisionomia florestal</u>		
MB	Argissolo	Tradagem de solo até 4 m. Plantas do entorno e serapilheira.
MBT	Argissolo	Coleta de solo em poço de 2 m de profundidade.
MT1	Argissolo	Tradagem de solo até 3 m e poço até 2,8 m. Plantas do entorno e serapilheira.
NG5	Argissolo	Tradagem de solo até 3,5 m. Plantas do entorno e serapilheira.
MBA	Argissolo	Tradagem de solo até 1,5 m. Plantas do entorno e serapilheira.
CT	Argissolo	Poço e tradagem até 3 m.
MJ	Argissolo	Tradagem até 3 m.
<u>Pontos sob fitofisionomia não-florestal</u>		
BI	Gleissolo	Planta dominante (<i>Cyperus</i> sp.)
NGI	Espodossolo	Tradagem de solo até 1 m. Plantas do entorno.
NGI.1	Espodossolo	Tradagem de solo a partir de 0,7 m de profundidade até 3,7 m.
NG7	Espodossolo	Tradagem de solo até 3 m. Plantas do entorno.
MUGI	Espodossolo	Tradagem de solo até 1,3 m. Plantas do entorno e serapilheira.
NMI	Espodossolo	Tradagem de solo até 1,8 m. Plantas do entorno.
NG4	Espodossolo	Tradagem de solo até 0,8 m. Plantas do entorno.
NB	Neossolo quartzarênico	Tradagem de solo até 1,6 m. Coleta de plantas do entorno.
<u>Lagoa do Macuco</u>		
MAC	Sedimento	Testemunho sedimentar de 2 m de profundidade (MAC-C). Plantas aquáticas e plantas localizadas no entorno da lagoa.

6.2 Pontos sob floresta

6.2.1 Composição isotópica da vegetação

A Tabela 8 apresenta a composição isotópica de carbono das amostras de plantas coletadas nos pontos sob floresta. Todas as amostras apresentam composição isotópica típica de plantas de ciclo fotossintético C3 (BENDER, 1971).

Tabela 8 – Composição isotópica do carbono das plantas coletadas no entorno dos pontos sob mata

Identificação	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
<u>Ponto MB</u>	
<i>Palicourea fulgens</i>	-33,74
<i>Piptadenia fruticosa</i>	-35,05
<i>Sebastiania</i> sp.	-35,46
<i>Sterculia speciosa</i>	-31,18
<i>Calathea linharesana</i>	-35,82
<i>Eriotheca macrophylla</i>	-35,59
<u>Ponto MBA</u>	
<i>Marlierea excoriata</i>	-33,86
<i>Trichilia casaretti</i>	-33,78
<i>Quararibea penduliflora</i>	-33,58
<i>Trichilia lepidota</i>	-33,39
<i>Moldenhawera papillanthera</i>	-32,60
<u>Ponto MT1</u>	
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i>	-34,29
<i>Carpotroche brasiliensis</i>	-32,83
<i>Amphirrhox longifolia</i>	-33,50
<i>Heliconia</i> sp.	-34,71
<i>Eriotheca macrophylla</i>	-34,09
<i>Polyandrococos caudescens</i>	-31,98
<u>Ponto NG5</u>	
<i>Atalea humilis</i>	-32,95
<i>Pouteria</i> sp.	-33,82
<i>Cecropia</i> sp.	-33,21

6.2.2 Análise granulométrica

Os resultados da análise granulométrica das amostras de solo do ponto MB, localizado sob floresta, são apresentados na Tabela 9. A camada superficial (0-10 cm) apresentou textura arenosa, enquanto que as demais apresentaram texturas argilosa ou médio-argilosa.

Tabela 9 – Resultados da análise granulométrica de solo sob mata, ponto MB

Profundidade (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classe de textura
0-10	82	4	14	Arenosa
20-30	68	4	28	médio-argilosa
40-50	65	4	31	médio-argilosa
60-70	66	4	30	médio-argilosa
80-90	64	4	32	médio-argilosa
100-110	60	4	36	Argilosa
120-130	60	4	36	Argilosa
140-150	58	4	38	Argilosa
160-170	55	4	41	Argilosa
180-190	57	4	39	Argilosa
200-210	57	4	39	Argilosa
220-230	63	4	33	médio-argilosa
240-250	63	4	33	médio-argilosa
260-270	59	4	37	Argilosa
280-290	61	4	35	Argilosa
300-310	59	4	37	Argilosa
320-330	59	4	37	Argilosa
340-350	60	4	36	Argilosa
360-370	62	4	34	médio-argilosa
380-390	64	4	32	médio-argilosa
390-400	62	4	34	médio-argilosa

6.2.3 Datação da matéria-orgânica do solo

A Tabela 10 apresenta os valores das datações ^{14}C realizadas na matéria-orgânica do solo (fração húmica) do ponto MBT, sendo de ~7000 anos A.P. (~7700 anos cal. A.P.) na base até ~2720 anos A.P. (~2800 anos cal. A.P.) a 40-50 cm.

As datações obtidas para o ponto MBT servirão de base para estimativa da idade da matéria-orgânica do solo nos demais pontos, seja em ambiente florestal ou não, pois as amostras datadas são representativas dos solos dominantes na área de estudo (Argissolo), e, por outro lado, Espodossolo e Neossolo Quartzarênico não possuem matéria-orgânica suficiente para a análise via AMS.

Através dos resultados é possível estimar que a idade da matéria-orgânica presente nas camadas mais profundas (~300 cm) represente pelo menos o Holoceno inferior, de acordo com outros estudos feitos em distintas regiões brasileiras (PESSENDA et al., 1996a; VIDOTTO et al., 2007).

Tabela 10 – Resultados das datações realizadas na matéria-orgânica do solo do ponto MBT

Código laboratório	Material	Profundidade (cm)	Idade ± erro (anos A.P.)	Idade calibrada (anos cal. A.P.; 2σ)
UGAMS4270	M.O. do solo	40-50	2720 ±25	2860-2764
UGAMS4271	M.O. do solo	90-100	6240 ±30	7254-7154
UGAMS4272	M.O. do solo	190-200	6960 ±30	7856-7696

*UGAMS - Laboratório AMS Universidade da Geórgia, Estados Unidos.

As datações da fração humina da matéria-orgânica do solo do ponto MBT foram muito mais jovens que os obtidos em Cambissolos em Curucutu por Pessenda et al. (2009), onde a 100-110 cm e a 50-60 cm as idades foram 9840±110 e 6090±150 anos A.P. No entanto, foram próximos aos valores obtidos em Latossolo Vermelho Amarelo em Salitre, Minas Gerais, com 6940±80 anos A.P. a 200 cm e 3700±80 anos A.P. em torno de 100 cm (PESSENDA et al., 1996a), e em Argissolos Amarelos no sul do Amazonas, com 6770±60 e 6560±100 anos A.P. em torno de 100 cm e 3730±110 e 3290±70 anos A.P. a 40-50 cm (VIDOTTO et al., 2007).

6.2.4 Análises isotópicas e elementares da matéria-orgânica do solo

Os resultados das análises isotópicas e elementares realizadas em amostras de serapilheira e solo nos pontos sob floresta são apresentados na Tabela 11 e na Figura 20.

Todos os pontos sob floresta apresentaram redução da concentração de carbono orgânico com o aumento da profundidade (Figura 20). A concentração de carbono orgânico, em torno de 45% da massa seca da serapilheira, sofre redução para valores em torno de 2% na camada superficial (0-10 cm) e para valores de até 0,16% nas camadas mais profundas,

consequência da oxidação da matéria-orgânica (PESSENDA et al., 1996a). Essa mesma tendência de redução da concentração de carbono orgânico com o aumento da profundidade foi observada em outros estudos realizados no Brasil (PESSENDA et al., 1996a; 2004b; 2009; VIDOTTO et al., 2007).

Em todos os pontos sob floresta a composição isotópica de carbono da serapilheira, em torno de -30‰, reflete a vegetação de cobertura, composta por plantas de ciclo fotossintético C3 (Tabela 11). No entanto, é observado enriquecimento de 2 a 3‰, resultado do fracionamento isotópico causado pela decomposição da matéria-orgânica (MACKO e ESTEP, 1984). Os valores isotópicos ao longo dos perfis de solo dos pontos sob floresta também refletem matéria-orgânica de origem de plantas C3. As camadas superficiais (0-10 cm) apresentaram valores entre -28 e -26‰, com enriquecimento de cerca de 3‰ em relação à serapilheira, resultado do fracionamento isotópico causado pela decomposição da matéria-orgânica (MACKO e ESTEP, 1984). Há a tendência geral de enriquecimento isotópico com o aumento da profundidade (Figura 20), que também pode ser interpretada como resultado do fracionamento isotópico causado pela decomposição da matéria-orgânica originada de plantas C3 (NATELHOFFER e FRY, 1988).

Portanto, considerando a idade de 6960 ± 30 anos AP (ou 7856-7696 anos cal. AP) obtida para a fração humina do ponto MBT, a 190-200 cm de profundidade, podemos considerar que a composição isotópica da matéria-orgânica dos solos nos pontos localizados sob floresta não indica mudança de fisionomia florestal para campestre durante o Holoceno, na região estudada, que compreende a área atualmente ocupada pela Reserva Natural Vale, com cerca de 25000 hectares (Figura 4).

Tabela 11 – Carbono orgânico total e $\delta^{13}\text{C}$ da serapilheira e da matéria-orgânica do solo dos pontos sob floresta

Profundidade (cm)	Ponto MB		Ponto MT1		Ponto NG5		Ponto MBA		Ponto CT		Ponto MJ	
	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
Serapilheira	41,96	-29,22	45,02	-29,93	42,16	-30,18	41,31	-28,93	42,82	-29,62	47,04	-30,57
0-10	1,32	-27,39	2,65	-27,93	1,84	-27,76	2,10	-26,00	2,00	-26,58	2,30	-26,35
10-20	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
20-30	0,82	-26,16	1,92	-27,98	1,90	-27,25	1,47	-26,63	1,82	-26,45	1,38	-26,50
30-40	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
40-50	0,63	-25,73	1,06	-26,61	1,49	-26,74	1,10	-26,33	1,18	-26,37	1,05	-26,33
50-60	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
60-70	0,52	-25,43	0,83	-26,56	1,05	-26,47	0,84	-25,84	0,67	-25,63	0,62	-25,75
70-80	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
80-90	0,49	-25,47	0,55	-25,97	0,67	-25,89	0,64	-25,38	0,58	-25,41	0,47	-25,66
90-100	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
100-110	0,43	-25,21	0,49	-25,47	0,60	-25,94	0,71	-25,64	0,53	-25,27	0,48	-25,21
110-120	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
120-130	0,40	-25,19	0,51	-25,16	0,58	-25,78	0,67	-25,67	0,41	-25,11	0,62	-25,55
130-140	...	...	...	...	...	...	0,64	-25,63	...	...	...	...
140-150	0,35	-25,18	0,56	-25,25	0,58	-25,92	0,73	-26,00	0,39	-25,11	0,47	-24,82
150-160	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
160-170	0,37	-25,21	0,49	-25,13	0,49	-25,62	...	...	0,34	-25,08	0,42	-24,70
170-180	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
180-190	0,35	-25,72	0,43	-25,00	0,46	-25,50	...	...	0,30	-25,21	0,40	-25,02
190-200	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
200-210	0,25	-25,46	0,41	-25,25	0,36	-25,24	...	...	0,29	-25,15	0,34	-24,78

continua

Tabela 11 – Carbono orgânico total e $\delta^{13}\text{C}$ da serapilheria e da matéria-orgânica do solo dos pontos sob floresta

Profundidade (cm)	Ponto MB		Ponto MT1		Ponto NG5		Ponto MBA		Ponto CT		Ponto MJ	
	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
210-220	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
220-230	0,17	-24,97	0,41	-25,39	0,39	-25,79	...	...	0,23	-25,23	0,28	-24,50
230-240	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
240-250	0,20	-25,20	0,44	-25,71	0,29	-25,40	...	...	0,22	-25,13	0,27	-24,92
250-260	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
260-270	0,17	-25,00	0,39	-25,01	0,22	-24,96	...	...	0,21	-25,11	0,26	-25,09
270-280	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
280-290	0,20	-25,40	0,35	-25,03	0,24	-25,13	...	...	0,21	-25,30	0,25	-24,78
290-300	...	...	0,31	-25,07	...	...	...	...	0,21	-25,21	...	...
300-310	0,16	-25,23	...	...	0,28	-24,83	...	...	...	...	0,27	-25,06
310-320	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
320-330	0,22	-26,10	...	...	0,31	-24,58	...	...	...	...	...	...
330-340	...	...	...	...	0,33	-24,87	...	...	...	...	...	...
340-350	0,20	-25,25	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
350-360	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
360-370	0,19	-25,29	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
370-380	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
380-390	0,16	-24,95	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
390-400	0,16	-24,99	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

... (dado numérico não disponível).

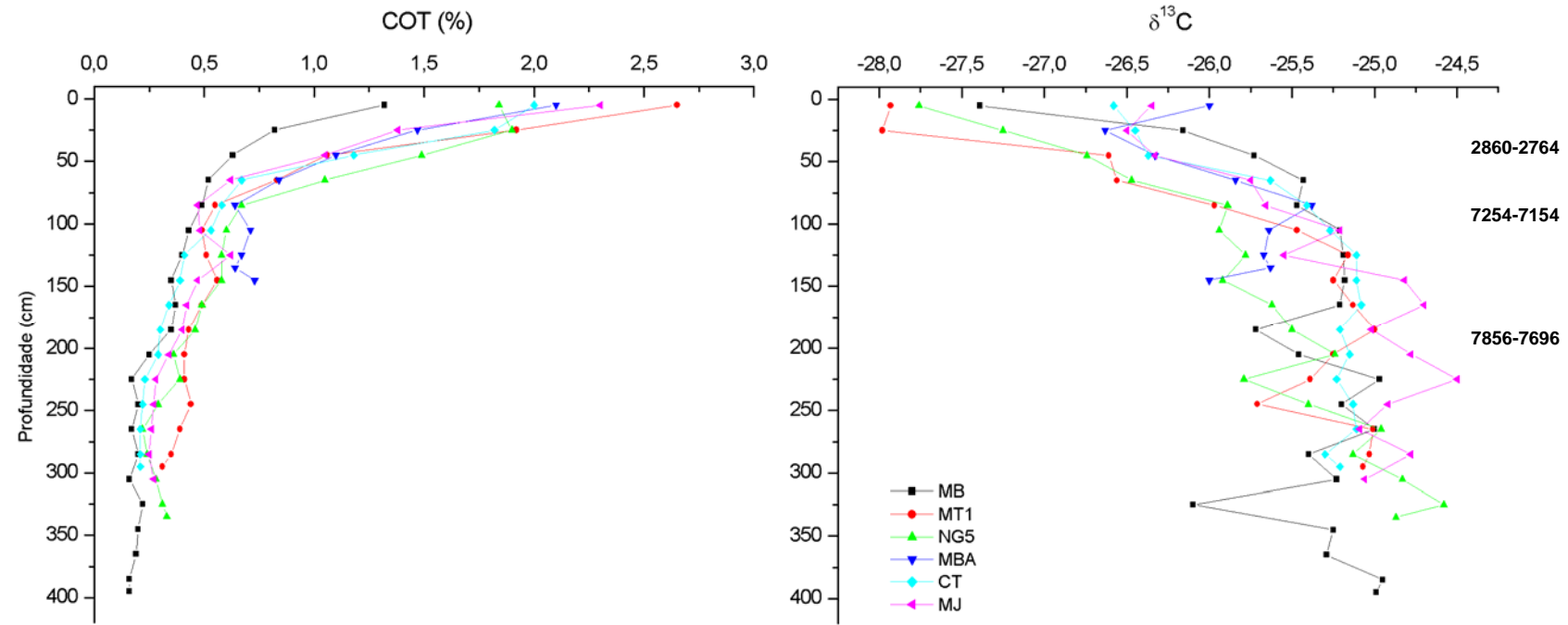


Figura 20 – Carbono orgânico total (COT), $\delta^{13}\text{C}$ e datação ^{14}C (anos cal. AP) da matéria-orgânica do solo dos pontos sob floresta, em relação à profundidade

6.3 Pontos sob vegetação não florestal

6.3.1 Composição isotópica da vegetação

Conforme mostrado na Tabela 12 a maior parte das plantas coletadas nos pontos sob cobertura não florestal apresenta composição isotópica de plantas de ciclo fotossintético C3. As únicas exceções são *Lagenocarpus verticellatus* e *Cyperus* sp. (*Cyperaceae*), cujos valores são típicos de plantas C4 (BENDER, 1971).

Tabela 12 – $\delta^{13}\text{C}$ das plantas coletadas no entorno dos pontos sob vegetação não florestal

Identificação	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
<u>Ponto NGI</u>	
<i>Bonnetia anceps</i>	-27,48
<i>Doliocarpus lancifolius</i>	-29,03
<i>Eupatorium harvardianum</i>	-29,06
<i>Lagenocarpus rigidus</i>	-28,44
<i>Ocotea</i> sp.	-30,30
<i>Paepalanthus tortilis</i>	-29,82
<i>Xyris ciliata</i>	-29,40
<u>Ponto MUGI</u>	
<i>Byrsonima</i> sp.	-32,42
<i>Lagenocarpus verticellatus</i>	-13,44
<i>Machaerium uncinatum</i>	-30,88
<i>Vriesea</i> sp.	-30,90
<u>Ponto NMI</u>	
<i>Panicum</i> cf. <i>lagostachyum</i>	-28,86
<u>Ponto NB</u>	
<i>Ocotea notata</i>	-31,04
<i>Panicum</i> cf. <i>lagostachyum</i>	-25,35
<i>Tabebuia elliptica</i>	-25,33
<i>Kielmeyera albopunctata</i>	-29,08
<i>Humiria balsamifera</i> var. <i>parvifolia</i>	-29,01
<i>Lagenocarpus rigidus</i>	-25,04
<u>Ponto BI</u>	
<i>Cyperus</i> sp.	-12,36

6.3.2 Datação da matéria-orgânica do solo

A datação ^{14}C da fração humina da amostra NGI.1 340-350 não foi concluída a tempo de ser incluída no trabalho. A amostra ainda encontra-se na fase de pré-tratamento químico.

6.3.3 Análises isotópicas e elementares da matéria-orgânica do solo

A Tabela 13 e a Figura 21 apresentam os resultados das análises isotópicas e elementares da matéria-orgânica dos solos localizados sob vegetação de fitofisionomia não-florestal. Ao contrário dos pontos localizados sob floresta, os pontos sob cobertura não-florestal não apresentavam acúmulo de serapilheira na superfície, motivo pelo qual esse componente não foi analisado.

A concentração de carbono orgânico ao longo do perfil do solo no ponto NB reduz com o aumento da profundidade (Figura 21). A camada superior 0-10 cm apresenta concentração de 4,08%, enquanto que a camada mais profunda, 150-160 cm 0,04%. Pessenda et al. (2004a) em um estudo realizado com solos arenosos, de origem eólica, no estado do Maranhão, encontraram tendência semelhante para a maioria dos pontos analisados. De acordo com IBGE (1987), o ponto NB deve estar localizado sobre um terraço arenoso de origem pleistocênica, formado durante o evento regressivo que seguiu a penúltima transgressão marinha há cerca de 123000 anos A.P. (SUGUIO, 1999).

Os demais pontos sob vegetação não-florestal apresentam tendência distinta da observada acima. Tais pontos apresentam de início uma redução no conteúdo de carbono orgânico, mas seguida de um aumento da concentração em determinada profundidade (Figura 21). O ponto NGI apresenta aumento da concentração de carbono a partir de 60-70 cm, com 6% a 80-90 cm. O ponto MUGI apresenta aumento da concentração entre as profundidades 60 e 90 cm com valores por volta de 3%. O ponto NMI, apresenta duas profundidades com aumento da concentração de carbono, 130-140 cm, com 1%, e 170-180 cm, também com 1%. O ponto NG4 apresenta concentração de 14% a 20-30 cm, seguido por redução na concentração até 0,39% na camada 70-80 cm. O ponto NGI.1, apresenta 0,078% de carbono orgânico a 70-80 cm, seguido de dois picos, 9% a 90-100 cm, e 13% a 110-120 cm. O ponto NG7 apresenta redução do conteúdo de carbono orgânico total até a profundidade de 180-190 cm, a partir da qual ocorre um aumento, com 4% na camada 220-230 cm, seguido por um posterior decréscimo até 0,39% na camada 360-370 cm.

Tabela 13 - Carbono orgânico total e composição isotópica do carbono da matéria-orgânica do solo dos pontos sob vegetação não florestal

Profundidade (cm)	Ponto NGI		Ponto MUGI		Ponto NMI		Ponto NG4		Ponto NB		Ponto NGI.1		Ponto NG7	
	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
0-10	2,66	-28,42	4,42	-26,79	5,81	-28,75	12,32	-28,45	4,08	-28,34	...	...	2,58	-26,71
10-20	0,66	-28,22	3,67	-26,83	3,93	-28,65	8,68	-28,66	0,83	-28,63	...	...	...	...
20-30	0,18	-27,85	3,05	-26,73	1,93	-28,65	13,75	-28,98	0,48	-28,63	...	...	0,81	-26,27
30-40	0,09	-27,80	2,26	-26,76	0,70	-28,71	5,45	-28,80	0,29	-28,45	...	...	...	...
40-50	0,07	-27,48	1,36	-26,93	0,44	-28,76	1,14	-28,41	0,18	-28,04	...	...	0,38	-26,01
50-60	0,10	-28,08	1,54	-27,01	0,14	-28,43	0,66	-28,22	0,12	-28,18	...	...	...	...
60-70	1,07	-27,76	2,45	-26,97	0,26	-28,89	0,60	-28,42	0,12	-28,59	...	...	0,07	-25,39
70-80	4,06	-27,90	2,48	-27,01	0,03	-28,09	0,39	-28,15	0,07	-28,55	0,08	-27,09	...	...
80-90	5,84	-27,81	2,68	-27,10	0,03	-27,94	...	...	0,03	-28,10	...	...	0,06	-25,04
90-100	5,45	-27,68	2,00	-27,08	0,02	-28,40	...	...	0,03	-28,27	8,54	-27,16	...	...
100-110	...	...	1,44	-26,85	0,05	-28,36	...	...	0,12	-28,25	6,88	-26,89	0,06	-25,28
110-120	...	...	1,70	-26,52	0,02	-27,93	...	...	0,04	-27,04	13,14	-25,28	...	...
120-130	...	...	1,46	-26,45	0,09	-28,75	...	...	0,03	-27,86	6,90	-26,47	0,02	-24,14
130-140	...	...	...	...	0,68	-28,61	...	...	0,03	-26,96	3,46	-26,37	...	...
140-150	...	...	...	...	0,08	-28,44	...	...	0,04	-27,46	...	...	0,03	-25,36
150-160	...	...	...	...	0,09	-28,35	...	...	0,04	-27,29	2,10	-26,36	...	...
160-170	...	...	...	...	0,13	-28,21	...	...	...	...	1,68	-26,30	0,02	-24,94
170-180	...	...	...	...	0,99	-27,57	...	...	...	...	1,68	-26,30	...	...
180-190	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1,48	-26,46	0,03	-25,25
190-200	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
200-210	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1,52	-26,42	0,78	-24,70

continua

Tabela 13 - Carbono orgânico total e composição isotópica do carbono da matéria-orgânica do solo dos pontos sob vegetação não florestal

Profundidade (cm)	Ponto NGI		Ponto MUGI		Ponto NMI		Ponto NG4		Ponto NB		Ponto NGI.1		Ponto NG7	
	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
210-220
220-230	1,64	-26,61	4,26	-24,46
230-240
240-250	1,55	-26,85	2,87	-24,38
250-260
260-270	1,94	-26,79	1,43	-24,28
270-280
280-290	2,77	-27,06	1,17	-24,04
290-300
300-310	1,92	-26,85	1,18	-23,69
310-320	1,24	-26,46	...	...
320-330	0,73	-24,06
330-340	1,08	-26,51	...	...
340-350	1,30	-26,47	0,50	-24,35
350-360	1,19	-26,31	...	...
360-370	1,20	-26,35	0,39	-24,59

... (dato numérico não disponível).

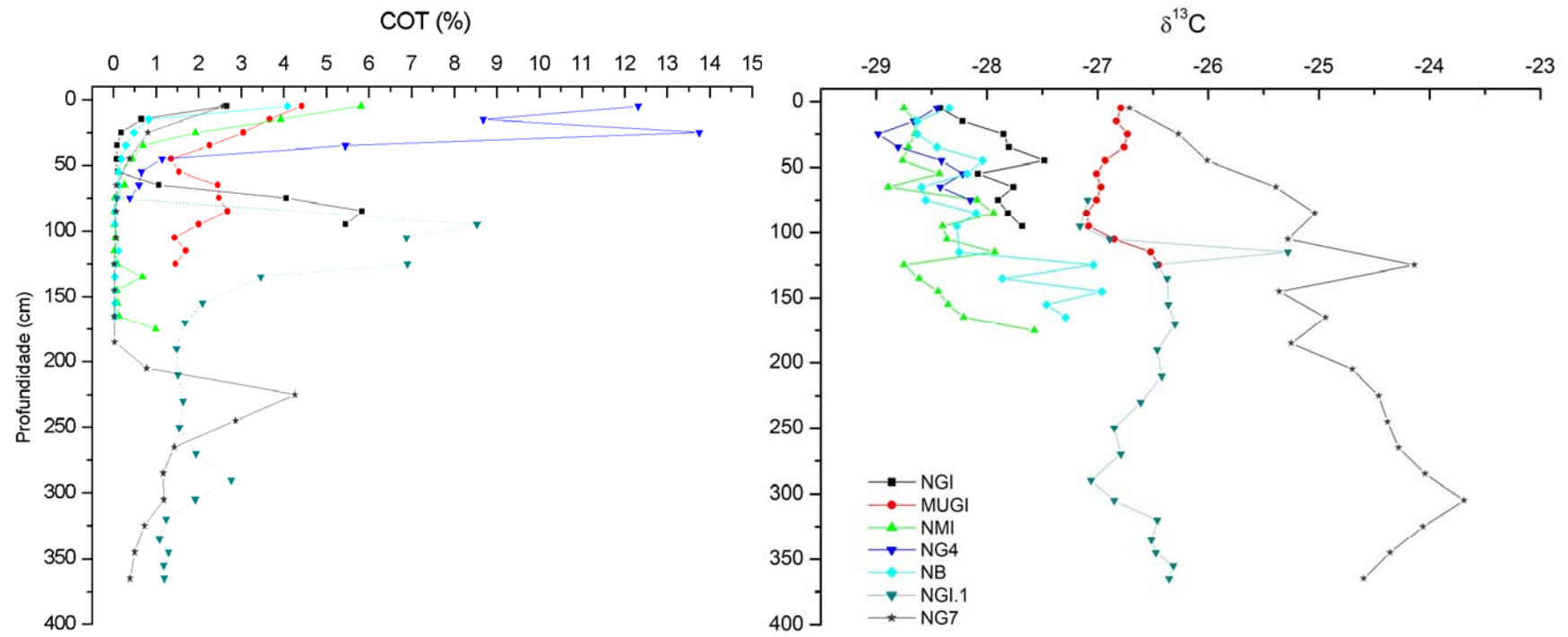


Figura 21 – Carbono orgânico total (COT) e $\delta^{13}\text{C}$ da matéria-orgânica do solo dos pontos sob vegetação não florestal, em relação à profundidade

Oliveira (2007), em um estudo sobre pedogênese de Espodossolos em ambientes da Formação Barreiras no sul da Bahia, verificou aumento nos teores de carbono orgânico nos horizontes B espódicos. Embora o presente trabalho não tenha tido por objetivo nem por metodologia a descrição dos horizontes dos solos, é possível supor que alguns dos aumentos de concentração de carbono descritos acima se relacionem aos horizontes B espódicos citados por Oliveira (2007). Assim, a matéria-orgânica lixiviada a partir da superfície do solo é acumulada logo acima da camada de impedimento localizada a diferentes profundidades nos pontos estudados.

Em todos os pontos analisados sob vegetação de fisionomia não-florestal, os valores isotópicos da camada superficial 0-10 cm ($\delta^{13}\text{C}$ entre -29‰ e -27‰) indicam matéria-orgânica originada de plantas de ciclo fotossintético C3 (Figura 21). Esses resultados concordam com os valores obtidos nas análises isotópicas realizadas na vegetação de cobertura, representada basicamente por plantas C3 (Tabela 13).

A composição isotópica do carbono ao longo dos perfis analisados é bastante variável, mas, de modo geral, as camadas mais inferiores apresentam valores menos empobrecidos que as superficiais, comportamento atribuído ao fracionamento isotópico causado pela decomposição da matéria-orgânica (MACKO e ESTEP, 1984). O ponto NG7 apresenta enriquecimento um pouco mais significativo na camada 300-310 cm, com $\delta^{13}\text{C}$ igual a -23,7‰, valor que pode ser interpretado como influência maior de matéria-orgânica originada de plantas C4, mas ainda num ambiente dominado por plantas C3. De acordo com as datações da matéria-orgânica do solo obtidas para o ponto MBT e com os valores isotópicos obtidos nos perfis analisados, é possível concluir que as áreas atualmente ocupadas por vegetação de fisionomia não-florestal em meio a mata de tabuleiro na área de estudo, não foram dominadas por plantas de ciclo fotossintético C4 durante o Holoceno.

Por outro lado, com base na composição isotópica da camada superficial (0-10 cm) os pontos sob vegetação de fisionomia não-florestal podem ser divididos em dois grupos: os pontos NG1, NMI, NG4 e NB formam um grupo com valores mais empobrecidos, em torno de -28,5‰; os pontos MUGI e NG7 formam outro grupo, com valores da camada 0-10 cm em torno de -27‰ (Figura 21).

Os pontos MUGI e NG7 localizam-se na periferia do Nativo da Gávea, caracterizado pelo ponto NG1 (Figura 21), e possuem vegetação mais arborizada que este último. A presença de uma vegetação mais arborizada pode indicar condições ambientais locais favoráveis a colonização por espécies distintas daquelas que ocorrem no interior da área campestre (ponto NG1). Entre as espécies favorecidas estariam tanto as arbustivas e arbóreas

quanto espécies herbáceas, até mesmo de ciclo fotossintético C4, que explicariam os valores de $\delta^{13}\text{C}$ mais enriquecidos nas camadas superiores dos pontos MUGI e NG7. Na análise isotópica da vegetação o ponto MUGI apresentou uma espécie C4 (Tabela 12). Com base no trabalho realizado por Saporetti Jr. (2009) é possível supor que os pontos MUGI e NG7 devem apresentar estresses ambientais relacionados à seca e ao alagamento menos severos que o ponto NGI, o que permite a colonização desses locais por espécies arbustivo-arbóreas e herbáceas C4, fato que se reflete na composição isotópica da matéria-orgânica do solo.

6.4 Lagoa do Macuco

6.4.1 Composição isotópica da vegetação

Os resultados das análises isotópicas realizadas nas plantas coletadas no interior e entorno da Lagoa do Macuco são apresentados na Tabela 14. Com exceção de *Paspalum* sp. (*Poaceae*) todas as demais plantas analisadas possuem composição isotópica típica de plantas de ciclo fotossintético C3 (BENDER, 1971).

Tabela 14 – Composição isotópica das plantas coletadas na Lagoa do Macuco

Identificação	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
<u>Plantas aquáticas e semi-aquáticas</u>		
<i>Fuirena umbellata</i>	-28,53	...
<i>Tonina fluviatilis</i>	-31,95	0,55
<i>Eleocharis interstincta</i>	-30,79	2,14
<i>Ceratopteris thalictroides</i>	-30,63	3,95
<i>Typha</i> sp.	-29,82	5,02
<i>Rhynchospora gigantea</i>	-30,15	...
<i>Panicum</i> cf. <i>stoloniferum</i>	-30,31	2,64
<i>Cabomba</i> sp.	-32,16	2,01
<i>Utricularia</i> sp.	-33,29	4,85
<i>Oxycaryum cubense</i>	-31,01	6,61
<i>Salvinia</i> sp.	-31,89	1,20
<u>Plantas terrestres (do entorno)</u>		
<i>Caperonia palustris</i>	-29,75	...
<i>Costus</i> sp.	-29,01	...
<i>Tabebuia cassinoides</i>	-27,14	...
<i>Thelypteris</i> sp.	-29,22	...
<i>Ludwigia nervosa</i>	-31,44	...
<i>Paspalum</i> sp.	-13,64	...
<i>Panicum</i> sp.	-30,76	...
<i>Nephrolepis bisserrata</i>	-30,60	...
<i>Blechnum</i> sp.	-28,60	...
<i>Smilax brasiliensis</i>	-30,27	...
<i>Piper hispidum</i>	-31,03	...
<i>Blechnum serrulatum</i>	-27,92	...
<i>Anemia</i> sp.	-31,52	...
<i>Poaceae</i> sp.	-32,02	...
<i>Lygodium volubile</i>	-30,20	...
<i>Sapium glandulosum</i>	-29,43	...
<i>Rapanea rubra</i>	-28,64	...
<i>Pityrogramma calomelanos</i>	-30,18	...
<i>Alchornea triplinervia</i>	-29,51	...
<i>Achrosticum aureum</i>	-26,50	...

... (dado numérico não disponível).

6.4.2 Descrição do testemunho sedimentar

A descrição litológica do testemunho MAC-C é apresentada na Tabela 15. A base do testemunho é constituída por material lamoso com coloração cinza esverdeada escura, juntamente com areia de alta granulometria. Após uma transição abrupta a camada superior apresenta inicialmente muitos fragmentos vegetais macroscópicos. A partir de 198 cm a consistência lamosa torna-se mais evidente, mas ainda com presença de muitos fragmentos vegetais, no entanto de menor tamanho. Até 138 cm a coloração é cinza esverdeada escura, a consistência é esponjosa devido à alta concentração de fragmentos vegetais e há a presença de areia. De 138 cm até cerca de 78 cm a litologia é maciça, composta por material lamoso muito plástico, sem estrutura evidente, de coloração cinza e granulometria aparentemente muito fina. O intervalo entre 78 e 70 cm apresenta coloração gradualmente mais escura, provavelmente devido à maior concentração de matéria-orgânica, evidenciada pelo aumento da concentração de fragmentos vegetais. A consistência continua lamosa, mas cada vez menos plástica. A partir de 68 cm até o topo do testemunho o material apresenta coloração negra, com muitos fragmentos vegetais e de consistência gelatinosa frágil.

Tabela 15 – Descrição litológica do testemunho sedimentar MAC-C da Lagoa do Macuco

Intervalo (cm)	Profundidade (cm)	Descrição
Primeiro tubo		
0 a 70	0 a 70	Lama de consistência gelatinosa, desmancha com facilidade. Presença de fragmentos vegetais e areia fina. Coloração 10YR 2/1, “preto”.
70 a 73	70 a 73	Lama, mais consistente e mais clara que o intervalo anterior. Coloração 7.5YR 2.5/1, “preto”.
73 a 77	73 a 77	Lama, mais consistente e mais clara que o intervalo anterior. Coloração 2.5R 4/1 “cinza avermelhado escuro”.
77 a 110	77 a 110	Lama argilosa (muito plástica) com areia fina. Em 78 cm foram encontrados cristais com cerca de 1 a 2 mm de diâmetro. Presença de fragmentos vegetais em todo o intervalo Coloração 5YR 5/1, “cinza”.
Segundo tubo		
0 a 28	110 a 138	Lama argilosa (muito plástica) com areia fina. Coloração 5YR 4/1 “cinza escuro”.
28 a 36	138 a 146	Região lamosa com limites pouco definidos. Presença de manchas verticais mais escuras, talvez relacionado a turbação. Coloração “cinza esverdeada escura” 1 10Y 2.5/1.
36 a 88	146 a 198	Lama argilosa com fragmentos vegetais e areia fina. Em 49 cm ocorre fragmento vegetal bastante decomposto. Presença de lâminas compostas por fragmentos vegetais, como no intervalo de 50 a 56 cm e 65 a 67 cm. A partir de 70 cm há maior presença de fragmentos vegetais, os quais dão ao material consistência esponjosa. Coloração “cinza esverdeada escura” 1 10Y 2.5/1.
88 a 90	198 a 200	Material de consistência turfosa com muitos fragmentos vegetais. Coloração 5Y 2.5/1 “cinza escuro”.
90 a 93	200 a 204	Lama com areia grossa. Presença de restos vegetais e prováveis cristais de quartzo com até 2 mm. Intervalo visualmente mais claro que o anterior. Coloração 5Y 3/2 “cinza esverdeado escuro”.

6.4.3 Datações da matéria-orgânica sedimentar

Os resultados das datações realizadas no testemunho sedimentar MAC-C são apresentados na Tabela 16. A camada 198-200 cm, localizada próxima à base do testemunho, foi datada em 7700-7438 anos cal. A.P. A camada 4-6 cm, localizada próximo ao topo foi datada como de idade moderna. Não ocorreram inversões nas datações realizadas. A alta definição obtida nos resultados das datações permitiram a construção das curvas de idade x profundidade e de taxa de sedimentação, apresentadas na Figura 22. A curva idade x profundidade será utilizada na interpolação das idades quando da interpretação dos resultados obtidos no testemunho MAC-C.

Tabela 16 – Resultados das datações realizadas nos testemunhos coletados na Lagoa do Macuco

Código laboratório	Material	Profundidade (cm)	Idade ± erro (anos A.P.)	Idade calibrada (anos cal. A.P.; 2σ)
UGAMS3405	Sedimento	4 – 6	Moderna	Moderna
UGAMS3406	Sedimento	20 – 22	100 ±30	146-14
UGAMS3407	Sedimento	48 – 50	110 ±30	148-12
UGAMS4265	Sedimento	64 – 66	290 ±25	437-350
TO13702	Sedimento	68 – 70	1090 ±90	1184-795
UGAMS3408	Sedimento	72 – 74	1430 ±30	1376-1293
TO13483	Sedimento	76 – 78	2440 ±70	2624-2350
UGAMS4266	Sedimento	80 – 82	3260 ±25	3561-3441
UGAMS4267	Sedimento	92 – 94	3820 ±25	4296-4146
TO13699	Sedimento	108 – 110	4560 ±60	5330-5037
TO13700	Sedimento	122 – 124	4580 ±120	5488-4958
UGAMS4268	Sedimento	126 – 128	5460 ±30	6304-6208
UGAMS4269	Sedimento	134 – 136	5780 ±30	6656-6498
TO13484	Sedimento	138 – 140	6100 ±80	7173-6773
TO13701	Sedimento	170 – 172	6470 ±70	7506-7260
TO13485	Fragmentos vegetais	198 – 200	6730 ±80	7700-7438

*UGAMS - Laboratório AMS Universidade da Geórgia, Estados Unidos.

**TO - Isotrace Laboratory - Universidade de Toronto, Canadá.

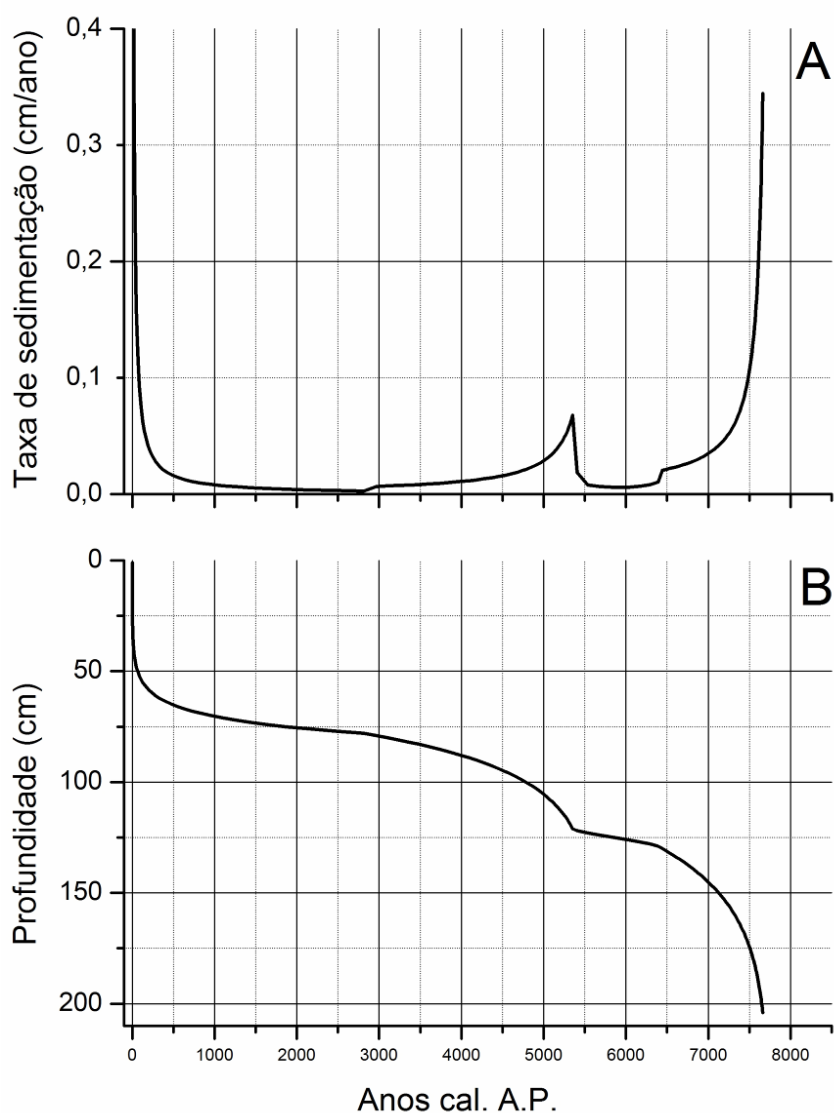


Figura 22 – Gráficos de taxa de sedimentação (A) e idade x profundidade (B) para o testemunho sedimentar MAC-C

Há cerca de 7700 anos cal. A.P. a taxa de sedimentação se apresentava em torno de 0,35 cm/ano, com tendência decrescente até 6500 anos cal. A.P. para cerca de 0,02 cm/ano. Entre 6400 e 5600 anos cal. A.P. a taxa de sedimentação diminuiu para valores em torno de 0,008 cm/ano. A aproximadamente 5400 anos cal. A.P. observa-se um aumento abrupto para valores em torno de 0,07 cm/ano e, a partir de 5300 anos cal. A.P. nova tendência de queda gradual até 0,007 cm/ano, há cerca de 3000 anos cal. A.P. (Figura 22 A).

Scholl et al. (1969) demonstraram a correlação positiva entre a taxa de sedimentação e a taxa de submersão da costa da Flórida, resultado da elevação do nível marinho. Caso essa correlação seja tomada como válida também para o presente estudo, alguns paralelos podem

ser traçados entre a taxa de sedimentação obtida para o testemunho MAC-C e as flutuações do nível relativo marinho indicadas por Martin et al. (2003) ilustradas na Figura 3.

A curva proposta por Martin et al. (2003) sugere elevação de cerca de 2 metros do nível relativo marinho no período aproximado de 7700 e 7200 anos cal. A.P., o que representa uma taxa média de submergência igual a 0,4 cm/ano, um valor próximo ao da taxa de sedimentação de 0,35 cm/ano encontrada no presente estudo para a idade de 7700 anos cal. A.P.

No período aproximado de 7700 a 7100 anos cal. A.P. a curva apresentada por Martin et al. (2003) indica taxas decrescentes de submergência, com estabilização do nível relativo marinho no período de 7000 a 6000 anos cal. A.P. O testemunho MAC-C apresenta taxas decrescentes de sedimentação para o período de 7700 a 6500 anos cal. A.P., e taxas muito baixas para o período de 6400 a 5600 anos cal. A.P. que podem ser interpretadas como consequência de nível relativo marinho estabilizado.

Martin et al. (2003) sugerem um rápido evento transgressivo no período aproximado de 6000 a 5500 anos cal. A.P. A taxa de sedimentação obtida para o testemunho MAC-C sofre rápida elevação há cerca de 5400 anos cal. A.P., que pode ser interpretada, segundo Scholl et al. (1969), como consequência da elevação do nível relativo marinho.

Após esse evento transgressivo Martin et al. (2003) sugerem um evento regressivo, iniciado há cerca de 5500 anos cal. A.P. e terminado há cerca de 5200 anos cal. A.P. A taxa de sedimentação do testemunho MAC-C apresenta tendência de queda a partir de 5400 anos cal. A.P., que pode ser interpretada, de acordo com Scholl et al. (1969), como um evento de elevação do nível relativo marinho a taxas cada vez menores. A partir de então, não foi possível verificar correlações positivas entre as taxas de sedimentação obtidas para o testemunho MAC-C e as curvas de variação do nível relativo marinho propostas por Martin et al. (2003).

6.4.4 Análises isotópicas e elementares de C e N da matéria-orgânica sedimentar

Os resultados das análises isotópicas e elementares do testemunho MAC-C da Lagoa do Macuco são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Resultados das análises isotópicas e elementares realizadas no testemunho MAC-C

Profundidade (cm)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	N total (%)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C/N
0-2	17,83	-30,14	1,13	2,47	15,78
2-4	20,92	-29,97	1,30	2,37	16,09
4-6	19,18	-29,99	1,21	2,25	15,85
6-8	21,94	-29,42	1,35	1,94	16,25
8-10	23,79	-29,25	1,41	2,22	16,87
10-12	24,45	-28,73	1,31	2,57	18,66
12-14	28,37	-28,47	1,36	2,50	20,86
14-16	28,33	-28,35	1,30	2,42	21,79
16-18	27,58	-28,34	1,37	2,75	20,13
18-20	28,66	-28,40	1,37	2,40	20,92
20-22	28,37	-28,36	1,37	2,62	20,71
22-24	28,04	-28,40	1,37	2,61	20,47
24-26	28,14	-28,52	1,34	2,49	21,00
26-28	28,78	-28,45	1,33	2,42	21,64
28-30	31,22	-28,56	1,41	2,49	22,14
30-32	29,54	-28,50	1,44	2,77	20,51
32-34	30,54	-28,52	1,35	2,56	22,62
34-36	27,90	-28,51	1,39	2,53	20,07
36-38	29,95	-28,51	1,33	2,29	22,52
38-40	28,38	-28,52	1,40	2,43	20,27
40-42	29,53	-28,47	1,31	2,25	22,54
42-44	26,17	-28,53	1,36	2,70	19,24
44-46	27,70	-28,61	1,35	2,33	20,52
46-48	26,95	-28,50	1,32	2,33	20,42
48-50	26,74	-28,62	1,28	2,42	20,89
50-52	27,19	-28,69	1,36	2,58	19,99
52-54	27,01	-28,63	1,30	2,24	20,78
54-56	28,95	-28,39	1,27	1,86	22,80
56-58	32,17	-28,31	1,30	1,66	24,75
58-60	30,83	-28,28	1,28	1,66	24,09
60-62	31,72	-28,30	1,22	1,40	26,00
62-64	28,37	-28,40	1,26	2,20	22,52
64-66	24,00	-28,25	1,11	2,03	21,62
66-68	14,72	-27,97	0,66	2,51	22,30
68-70	7,75	-27,12	0,40	3,13	19,38
70-72	5,31	-27,07	0,27	3,42	19,67
72-74	2,80	-26,65	0,16	3,92	17,50
74-76	1,33	-27,76	0,09	4,70	14,56

continua

Tabela 17 – Resultados das análises isotópicas e elementares realizadas no testemunho MAC-C

Profundidade (cm)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	N total (%)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C/N
76-78	1,18	-26,26	0,08	3,87	14,75
78-80	0,81	-25,71	0,06	4,97	13,50
80-82	0,74	-25,51	0,06	4,69	12,33
82-84	0,73	-25,74	0,06	5,47	12,17
84-86	0,64	-25,54	0,05	5,42	12,80
86-88	0,82	-26,12	0,06	4,90	13,67
88-90	0,52	-25,79	0,04	4,10	13,00
90-92	0,89	-26,08	0,06	5,19	14,83
92-94	0,74	-26,12	0,06	4,38	12,33
94-96	0,68	-25,39	0,05	4,77	13,60
96-98	0,85	-26,30	0,06	4,92	14,17
98-100	0,79	-26,00	0,05	5,45	15,80
100-102	0,93	-26,50	0,06	5,57	15,50
102-104	1,02	-26,73	0,07	5,13	14,57
104-106	1,36	-26,83	0,07	5,16	19,43
106-108	1,10	-26,42	0,06	5,12	18,33
108-110	1,26	-26,58	0,07	5,32	18,00
110-112	1,67	-26,92	0,09	5,12	18,56
112-114	1,90	-26,96	0,10	4,70	19,00
114-116	1,86	-26,76	0,09	4,56	20,67
116-118	2,01	-26,93	0,09	4,90	22,33
118-120	3,64	-27,63	0,12	4,62	30,33
120-122	2,11	-26,75	0,10	3,90	21,10
122-124	2,33	-26,83	0,10	3,74	23,30
124-126	2,51	-26,79	0,10	3,70	25,10
126-128	2,44	-26,89	0,10	3,88	24,40
128-130	3,25	-27,08	0,11	4,06	29,55
130-132	3,46	-27,68	0,12	4,10	28,83
132-134	3,31	-27,27	0,12	4,25	27,58
134-136	3,07	-27,23	0,11	4,19	27,91
136-138	2,67	-27,06	0,11	4,13	24,27
138-140	3,85	-27,56	0,12	4,78	32,08
140-142	4,53	-27,66	0,13	4,35	34,85
142-144	4,66	-27,69	0,14	4,23	33,29
144-146	5,46	-27,89	0,15	3,87	36,40
146-148	7,38	-27,50	0,14	2,92	52,71
148-150	7,39	-27,58	0,17	3,48	43,47
150-152	7,31	-27,86	0,19	3,39	38,47

continua

Tabela 17 – Resultados das análises isotópicas e elementares realizadas no testemunho MAC-C

Profundidade (cm)	COT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	N total (%)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C/N
152-154	7,42	-27,88	0,14	3,10	53,00
154-156	7,08	-27,82	0,18	3,42	39,33
156-158	8,23	-28,04	0,18	3,25	45,72
158-160	7,39	-27,93	0,18	3,22	41,06
160-162	12,95	-27,98	0,19	1,64	68,16
162-164	13,85	-27,92	0,33	2,10	41,97
164-166	5,87	-27,88	0,24	3,00	24,46
166-168	10,73	-28,01	0,26	2,71	41,27
168-170	8,85	-27,75	0,24	2,97	36,88
170-172	8,02	-27,88	0,17	3,26	47,18
172-174	8,21	-27,86	0,22	3,29	37,32
174-176	11,97	-27,97	0,25	2,66	47,88
176-178	8,43	-27,87	0,19	3,16	44,37
178-180	8,37	-27,84	0,18	3,38	46,50
180-182	11,66	-28,04	0,14	1,95	83,29
182-184	15,92	-28,18	0,28	2,22	56,86
184-186	15,99	-28,17	0,25	2,10	63,96
186-188	14,19	-27,96	0,27	1,94	52,56
188-190	16,19	-28,05	0,31	2,01	52,23
190-192	15,73	-27,97	0,31	1,83	50,74
192-194	20,66	-28,10	0,30	1,34	68,87
194-196	21,16	-28,07	0,31	1,33	68,26
196-198	18,17	-27,90	0,30	1,29	60,57
198-200	8,28	-25,92	0,12	3,21	68,45
200-202	21,12	-29,17	0,28	1,02	75,43
202-204	5,60	-27,95	0,23	1,55	24,35

Em 7700-7438 anos cal. A.P., os valores ($C/N \approx 60$; $\delta^{13}\text{C} \approx -28\text{‰}$; $\delta^{15}\text{N} \approx +1,3\text{‰}$) sugerem que a matéria-orgânica sedimentar é originada de plantas terrestres vasculares de ciclo fotossintético C3. A partir de então, até 5690 anos cal. A.P. (124 cm, idade interpolada), é observada uma tendência geral de redução dos valores de C/N para cerca de 25, enriquecimento nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ até -27‰ e enriquecimento nos valores de $\delta^{15}\text{N}$ até cerca de $+4\text{‰}$ (Figura 23). Essa tendência pode estar associada a uma maior contribuição de matéria-orgânica fitoplanctônica, predominantemente de água-doce, talvez associada à elevação do nível de base local, ocasionado pela influência da transgressão marinha. De

acordo com Martin et al. (2003) o atual nível relativo marinho foi superado, pela primeira vez no Holoceno, por volta de 7800 anos cal. A.P. Angulo et al. (2006) sugerem que esse evento ocorreu entre 7550 e 6700 anos cal. A.P.

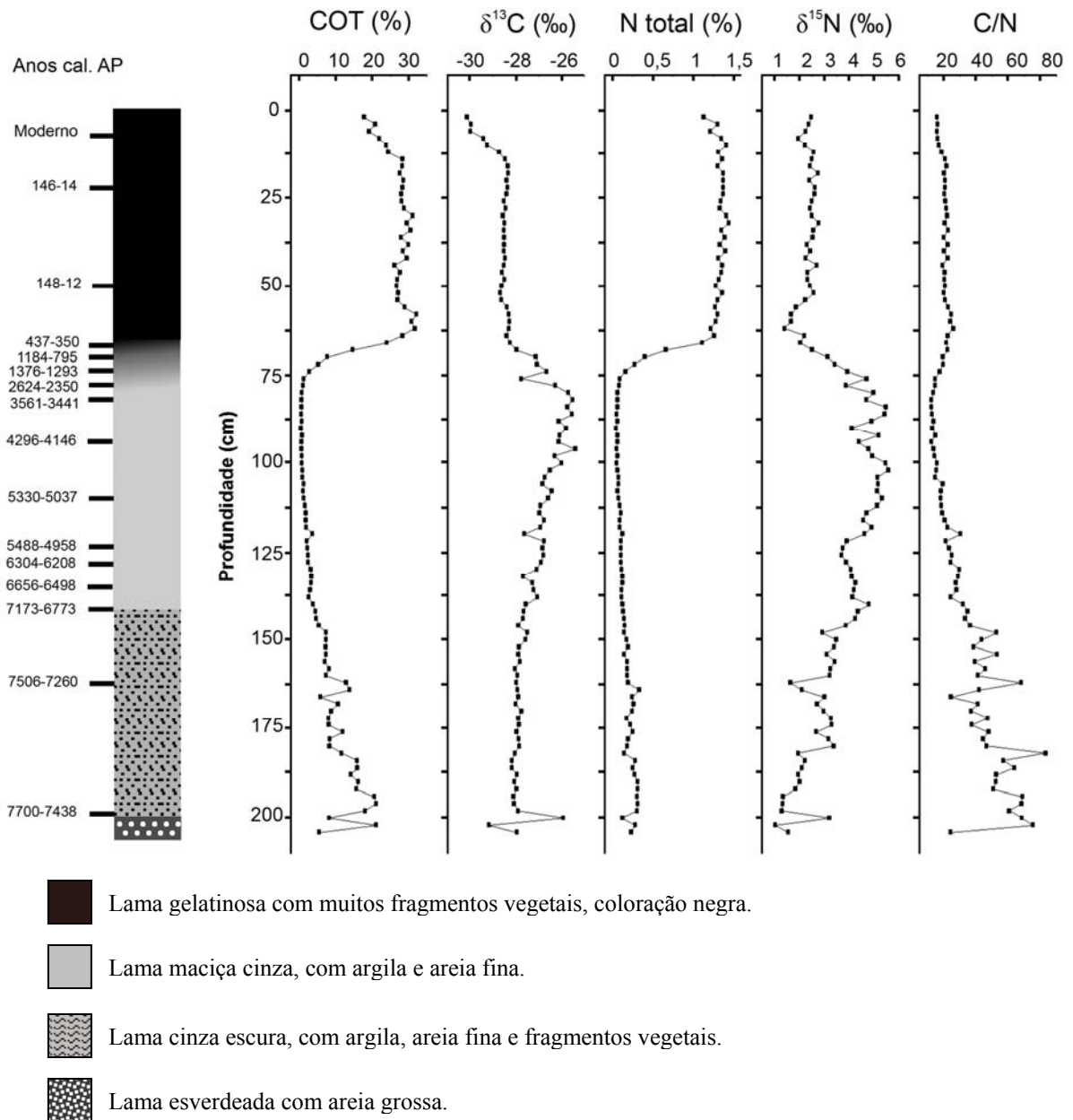


Figura 23 – Descrição litológica, datação ^{14}C e análises isotópicas e elementares realizadas no testemunho MAC-C

Por volta de 120 cm (5407 anos cal. A.P., interpolados) até 100 cm (ou 4784 anos cal. A.P., interpolados) os valores de $\delta^{15}\text{N}$ enriquecem até +5,6‰, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ continuam em uma tendência de enriquecimento até -26‰, e a razão C/N reduz até valores em torno de 15. A tendência dos indicadores isotópicos e elementares nesse intervalo (enriquecimento

isotópico de ^{15}N , redução de valores C/N e enriquecimento isotópico de ^{13}C) sugere aumento da contribuição de matéria-orgânica fitoplanctônica marinha (MEYERS, 2003; WILSON et al., 2005a; 2005b). Martin et al (2003) propõem que por volta de 5700 anos cal. A.P. teve início um segundo evento transgressivo, culminando em um nível relativo marinho máximo para o Holoceno, em torno de 5500 anos cal. A.P. Angulo et al. também propõem nível relativo marinho máximo holocênico por volta de 5500 anos cal. A.P.

De 4784 anos cal. AP até 3561-3441 anos cal. AP, os valores de C/N reduzem até aproximadamente 12, indicativo de ainda maior influência de matéria-orgânica fitoplanctônica (Meyers, 2003). Em conjunto com valores mais enriquecidos de $\delta^{13}\text{C}$ (-25,5‰) e valores de $\delta^{15}\text{N}$ em torno de +4,7‰, são interpretados como mistura de matéria-orgânica de plantas vasculares C3 e de fitoplâncton, provavelmente de origem marinha ou estuarina (MEYERS, 2003; WILSON et al., 2005a; 2005b).

Martin et al. (2003) e Angulo et al. (2006) sugerem que após o nível máximo holocênio há cerca 5500 anos cal. A.P. ocorre tendência de regressão marinha. Martin et al. (2003) sugerem até mesmo um nível relativo abaixo do atual entre 4200 e 3700 anos cal. A.P. Os dados elementares e isotópicos de carbono e nitrogênio obtidos no presente trabalho não permitem inferir queda no nível relativo marinho no período de 4784 a 3561-3441 anos cal. A.P. Nesse mesmo sentido, Ybert et al. (2003), com base em análise palinológica no sul do estado de São Paulo, inferiram que o nível relativo marinho local esteve continuamente de 1,2 a 2 metros acima do atual no período de 4900 a 3470 anos cal. AP. Nagai et al. (2009) estudaram foraminíferos da plataforma continental em Cabo Frio, RJ, e concluíram que no período entre 5000 e 3000 anos cal. A.P. o nível relativo marinho local estaria 1 a 2 metros acima do atual. De qualquer forma, o sedimento depositado entre 4784 anos cal. A.P. e 3561-3441 anos cal. A.P. no testemunho MAC-C está localizado a cerca de três metros abaixo do nível relativo atual, o que poderia evitar que uma eventual regressão marinha fosse registrada no sinal isotópico.

No intervalo entre 3561-3441 anos cal. A.P. e 2350 anos cal. A.P. os valores de C/N aumentaram até cerca de 15, os valores de $\delta^{15}\text{N}$ oscilam entre +4,7‰ e +3,9‰, e os valores de $\delta^{13}\text{C}$ empobrecem até -28‰. Esses dados indicam a redução da influência marinha (MEYERS, 2003; WILSON et al., 2005a; 2005b). Martin et al. (2003) propõem que o período entre 2600 e 2300 anos cal. A.P. foi marcado por um nível relativo marinho mais baixo que o atual, enquanto que Angulo et al. (2006) propõem regressão marinha para esse mesmo período, mas com nível relativo marinho entre 4 e 1 metro acima do atual.

No intervalo entre 2350 anos cal. A.P. e 437-350 anos cal. A.P. os valores de C/N aumentaram até 22 ao final do período. Ocorre, inicialmente, um enriquecimento no $\delta^{13}\text{C}$ até -26,7‰, seguido de empobrecimento até -28,4‰. Os valores de ^{15}N mostram tendência de queda contínua até cerca de +2‰. Essas variações sugerem redução na influência de matéria-orgânica de origem marinha, inferido pelos valores mais empobrecidos de $\delta^{13}\text{C}$, e aumento na contribuição de matéria-orgânica originada de plantas vasculares C3, inferido pelos valores mais empobrecidos de $\delta^{15}\text{N}$ e maiores da razão C/N (MEYERS, 2003; WILSON et al., 2005a; 2005b). Ao final desse período os valores isotópicos refletem basicamente a influência de matéria-orgânica originada de plantas vasculares C3. Essa interpretação concorda com as curvas propostas por Martin et al. (2003) e Angulo et al. (2006) que indicam queda constante do nível relativo marinho para esse período.

A partir de 437-350 anos cal. AP há a estabilização dos valores de C/N, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ em torno de 22, -28‰ e +2‰, respectivamente, o que sugere plantas vasculares C3 como a principal fonte de matéria-orgânica sedimentar (MEYERS, 2003; WILSON et al., 2005a; 2005b), e o estabelecimento de condições ambientais muito similares ao atual sistema lacustre. As amostras superficiais do testemunho (C/N \approx 16; $\delta^{13}\text{C} \approx$ -30‰; $\delta^{15}\text{N} \approx$ +2,5‰) apresentam valores semelhantes aos encontrados por Wada et al. (1989) em sedimentos lacustres superficiais do Vale do Rio Doce. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ das amostras superficiais também se assemelham aos valores obtidos para as plantas coletadas no interior da lagoa e com a maioria daquelas coletadas em seu entorno (Tabela 14).

6.4.5 Palinologia

A Tabela 18 apresenta as 16 amostras do testemunho MAC-C nas quais a análise palinológica foi realizada, as quantidades de grãos arbóreos e de *Lycopodium* exótico contados.

Tabela 18 – Quantidades de grãos arbóreos e grãos de marcador exótico contados nas amostras de análise palinológica do testemunho MAC-C

Profundidade (cm)	Grãos arbóreos	Grãos de marcador exótico
04	309	438
66	311	572
68	307	227
70	308	371
72	334	228
74	318	329
76	316	1565
78	319	1784
92	322	1595
100	324	642
108	336	507
116	333	541
124	313	628
132	340	524
176	228	680
202	268	851

Foram contados e identificados 234 tipos polínicos, classificados como manguezal, arbóreos/arbustivos, herbáceos, aquáticos ou esporos. A descrição morfológica, fonte utilizada para identificação e características ecológicas desses tipos polínicos são apresentadas no Anexo A. Pranchas com fotografias desses tipos são apresentadas no Anexo B.

Os 234 tipos polínicos acima mencionados foram agrupados em 108 tipos polínicos operacionais, sendo três de manguezal, 69 arbóreo-arbustivos, 15 herbáceos, seis aquáticos e 15 tipos de esporos, conforme os critérios apresentados abaixo:

- tipo *Anacardiaceae*: inclui todos os tipos pertencentes a essa família;
- tipo *Araliaceae*: inclui os tipos pertencentes a essa família;
- tipo *Arecaceae*: inclui os tipos pertencentes a essa família;
- tipo *Cyperaceae*: inclui os tipos pertencentes a essa família;
- tipo *Fabaceae-Mimosoideae* inclui todos os tipos pertencentes a essa subfamília;
- tipo *Myrtaceae*: inclui todos os tipos pertencentes a essa família;
- tipo *Sapotaceae*: inclui os tipos *Manilkara*, *Micropholis* 1 e 2, *Pouteria* 1 e 2, e *Pradosia*;
- tipo *Urticaceae/Moraceae*: inclui os tipos *Moraceae/Urticaceae* 1 a 4, *Coussapoa* e *Pourouma*;
- tipo Monoletes: inclui todos os esporos monoletes não identificados em alguma família ou gênero;
- tipo Triletes: inclui todos os esporos triletes não identificados em alguma família ou gênero;

- os demais tipos polínicos operacionais recebem o nome dos tipos que agrupam;

Os tipos polínicos operacionais foram utilizados na elaboração dos diagramas polínicos detalhados, em concentração relativa (Anexo D) e concentração absoluta (Anexo E). As concentrações, em grãos/cm³, dos tipos polínicos operacionais são apresentadas na Tabela 19. Diagramas polínicos resumidos, em concentrações relativa e absoluta e em taxa de acumulação polínica, dendrograma gerado pela análise do CONISS e zonas polínicas são apresentados nas Figuras 24, 25 e 26.

A análise de agrupamentos do CONISS permitiu a definição de três zonas polínicas: a primeira zona polínica (I) inclui as amostras 202 cm a 100 cm e corresponde ao período aproximado de 7700 a 4146 anos cal. A.P. A zona polínica II engloba as amostras 92 cm até 68 cm e corresponde ao período de 4146 anos cal. A.P. até 795 anos cal. A.P. As amostras 66 cm e 4 cm estão localizadas na zona polínica III que compreende o período entre 795 anos cal. A.P. e o presente. Essas zonas polínicas são discutidas e interpretadas a seguir.

Tabela 19 – Tipos polínicos do testemunho MAC-C e suas respectivas concentrações em grãos/cm³

	Profundidade (cm)															
	4	66	68	70	72	74	76	78	92	100	108	116	124	132	176	202
Manguezal																
<i>Avicennia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	722	1042	1833	687	533	922	109	44
<i>Laguncularia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	117	4516	6304	2542	592	497	601	218
<i>Rhizophora</i>	0	65	0	0	0	0	0	0	140	6715	9750	8793	6688	10497	7761	5066
Total manguezal	0	65	0	0	0	0	0	0	979	12273	17887	12022	7813	11916	8471	5328
Arbóreos/arbustivos																
<i>Abuta</i>	0	0	328	0	0	0	0	0	47	116	73	206	0	0	0	44
<i>Acalypha</i>	85	130	0	0	0	0	0	21	0	0	0	69	59	71	55	0
<i>Alchornea/Aparisthium</i>	2546	5003	3438	2304	2445	113	48	83	233	1389	1393	1511	651	1773	164	742
<i>Alibertia/Amaioua</i>	0	0	0	0	163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anacardiaceae</i>	170	195	0	100	0	0	0	63	47	290	147	0	237	426	55	175
<i>Anthodiscus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	55	0
<i>Apeiba/Hydrogaster</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	147	137	59	71	0	0
<i>Araliaceae</i>	0	0	164	0	0	0	0	0	0	174	147	69	0	71	0	87
<i>Arecaceae</i>	339	325	0	0	652	0	24	0	280	868	367	962	651	426	0	44
<i>Ayenia/Byttneria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0
<i>Bathysa</i>	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bonnetia</i>	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Borismene</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	0	0	0	0
<i>Byrsonima</i>	0	130	0	0	163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
<i>Cecropia</i>	12304	7277	21776	1102	0	0	0	63	47	232	147	550	2071	1560	383	699
<i>Chrysophyllum</i>	594	260	164	200	0	0	0	0	23	116	147	0	59	142	109	0
<i>Copaifera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	147	0	0	0	0	0
<i>Crepidospermum/Protium</i>	0	0	164	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Croton</i>	0	0	0	0	163	0	0	42	0	232	220	69	118	0	0	0
<i>Dalbergia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0
<i>Dioclea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	47	0	0	0	0	0	0	0
<i>Emmotum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	0
<i>Eriotheca</i>	0	65	164	0	0	0	0	21	47	116	147	0	0	0	0	0
<i>Fabaceae-Mimosoideae</i>	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	414	284	0	87
<i>Ficus</i>	170	65	328	301	0	0	0	0	0	116	220	0	414	213	109	349
<i>Forsteronia</i>	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	513	412	237	71	109	44
<i>Gallesia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	142	55	0
<i>Glycydendron</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	0	0	0	0

continua

Tabela 19 – Tipos polínicos do testemunho MAC-C e suas respectivas concentrações em grãos/cm³

	Profundidade (cm)															
	4	66	68	70	72	74	76	78	92	100	108	116	124	132	176	202
<i>Gordonia</i>	0	0	0	0	652	113	119	167	70	0	0	69	0	0	0	0
<i>Hedyosmum</i>	1018	520	0	0	0	0	0	42	0	58	0	0	118	142	273	0
<i>Helicteres</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	0	0	0	0
<i>Heliocarpus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	0
<i>Hyeronima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0
<i>Ilex</i>	255	520	2620	2004	9129	3389	618	938	1002	290	293	756	118	71	55	0
<i>Lamanonia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116	293	137	0	71	55	44
<i>Machaerium</i>	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Macoubea</i>	0	0	0	0	163	339	48	42	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Malpighiaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	118	213	0	0
<i>Margaritaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
<i>Melanoxylum</i>	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melastomataceae/Combretaceae</i>	1952	2469	13589	9617	9944	1695	119	542	1398	347	440	1305	59	426	109	87
<i>Meliaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0
<i>Myroxylon</i>	0	65	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i>	849	1884	2456	5810	1956	1243	71	63	233	0	293	618	888	851	219	1398
<i>Peritassa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87
<i>Piperaceae</i>	85	130	0	0	0	0	0	0	0	232	73	206	237	355	109	44
<i>Podocarpus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0
<i>Prockia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0
<i>Proteaceae/Sapindaceae</i>	85	0	164	1503	652	226	0	83	163	174	73	412	296	142	0	0
<i>Pseudobombax</i>	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	71	0	0
<i>Pterocarpus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0
<i>Rapanea</i>	509	325	328	0	326	113	0	0	70	58	0	69	118	71	164	87
<i>Rinorea</i>	85	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	355	109	0
<i>Sapotaceae</i>	85	0	164	100	163	0	24	21	23	0	0	0	178	142	0	44
<i>Sebastiania</i>	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142	55	0
<i>Senefeldera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	142	55	87
<i>Simarouba</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	87
<i>Sloanea</i>	85	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	137	59	71	0	0
<i>Solanaceae</i>	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0
<i>Symphonia</i>	0	0	0	0	326	565	71	21	47	0	0	0	0	0	0	0
<i>Symplocos</i>	85	0	4257	6512	27386	28129	6365	4396	2656	174	147	412	59	0	0	44
<i>Tetracera</i>	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tocoyena</i>	0	0	164	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trema</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	213	219	44

continua

Tabela 19 – Tipos polínicos do testemunho MAC-C e suas respectivas concentrações em grãos/cm³

	Profundidade (cm)															
	4	66	68	70	72	74	76	78	92	100	108	116	124	132	176	202
<i>Urticaceae/Moraceae</i>	4412	585	0	902	0	0	0	0	23	1158	1173	2405	2604	2908	1257	1965
<i>Virola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	23	58	147	137	296	0	0	0
<i>Vochysia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0
<i>Weinmannia</i>	85	0	0	0	163	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0
<i>Zanthoxylum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	59	213	0	0
Total arbóreos/arbustivos	26223	20208	50268	30855	54446	35925	7507	6650	6525	6488	6747	10855	10708	12204	3992	6377
Herbáceos																
<i>Amaranthaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	206	0	0	55	0
<i>Apium</i>	0	0	0	0	489	0	0	21	23	116	0	0	59	0	0	0
<i>Asteraceae</i>	255	390	164	301	326	0	0	21	186	1274	953	618	888	142	164	87
<i>Begônia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	142	0	0
<i>Borreria</i>	85	455	1637	5309	2771	452	48	63	186	232	0	344	0	0	0	44
<i>Caperonia</i>	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coccocypselum/Declieuxia</i>	0	130	491	3005	1304	113	48	21	326	0	0	69	0	0	0	0
<i>Cyperaceae</i>	17310	22612	6877	7614	1630	678	24	125	280	1505	147	618	1598	922	0	175
<i>Malvaceae</i>	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0
<i>Poaceae</i>	2885	9422	52720	37567	43034	1356	24	417	746	1563	2126	4122	6273	2199	765	437
<i>Polygonum</i>	0	65	328	401	815	565	71	21	140	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sauvagesia</i>	0	325	3929	8215	2282	565	24	42	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Smilax</i>	0	65	41423	18934	38796	10958	2470	3729	3379	4052	220	69	0	0	0	0
<i>Xyris</i>	170	0	6549	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Zornia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	47	0	0	0	0	0	0	0
Total herbáceos	20790	33529	114118	81346	91447	14687	2709	4460	5313	8742	3519	6046	8877	3405	984	743
Aquáticos																
<i>Hydrocleys</i>	339	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laurembergia</i>	0	0	164	301	489	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nymphaeaceae/Pontederiaceae</i>	679	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potamogetom</i>	16886	2079	164	401	978	0	0	0	23	0	0	0	59	0	0	0
<i>Typha</i>	85	65	0	0	163	0	0	0	0	637	293	206	533	567	55	0
<i>Utricularia</i>	0	0	164	100	163	0	0	0	0	58	0	0	59	0	0	0
Total aquáticos	17989	2144	492	1002	1793	0	0	21	23	695	293	206	651	567	55	0
Esporos																
<i>Anemia</i>	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Blechnum</i>	85	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratopteris</i>	0	455	0	0	0	0	0	0	0	0	220	0	0	0	0	0
<i>Cyatheaaceae</i>	0	65	0	100	489	0	48	125	1212	3358	3299	2061	1480	1844	0	0

continua

Tabela 19 – Tipos polínicos do testemunho MAC-C e suas respectivas concentrações em grãos/cm³

	Profundidade (cm)															
	4	66	68	70	72	74	76	78	92	100	108	116	124	132	176	202
<i>Dennstaedtiaceae</i>	424	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dryopteridaceae</i>	0	195	164	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lycopodiaceae</i>	0	0	0	100	0	0	0	21	47	116	0	0	237	0	0	0
<i>Marattiaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	186	405	0	69	237	567	55	44
Monoletes	2206	3184	5567	3707	7498	1017	119	271	932	1389	2419	1511	1835	1490	164	218
<i>Osmundaceae</i>	424	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0	0
<i>Polypodiaceae</i>	0	390	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	414	0	0	44
<i>Pteridaceae</i>	1697	1235	1310	1302	2119	1017	119	146	140	58	0	69	0	0	0	0
<i>Salvinia</i>	509	650	12116	5309	19072	3615	475	521	1165	0	0	0	0	0	0	0
<i>Selaginella</i>	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	59	0	0	0
Triletes	170	325	1637	1503	3097	678	95	2083	1235	2721	1613	1992	2012	851	109	175
Total esporos	5600	6629	20794	12321	32275	6327	856	3167	4940	8047	7551	5771	6333	4752	328	481
Indeterminados	4412	3314	18501	11020	18257	2259	95	1021	3239	6947	4985	5084	8877	7447	2678	1747
Total geral	75014	65889	204173	136544	198218	59198	11167	15319	21019	43192	40982	39984	43259	40291	16508	14676

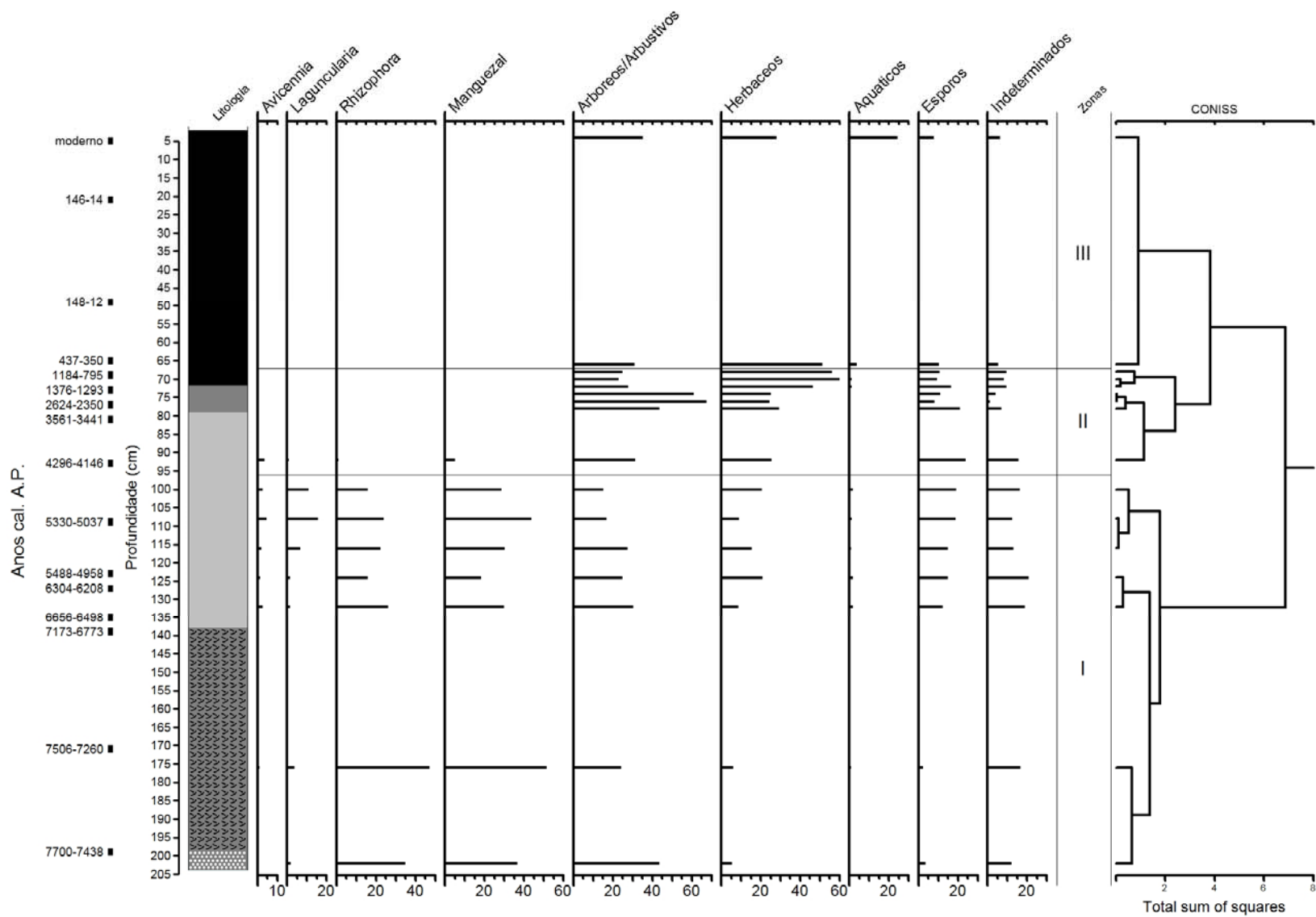


Figura 24 – Diagrama polínico resumido de concentrações relativas (%). Legenda da litologia na Figura 23

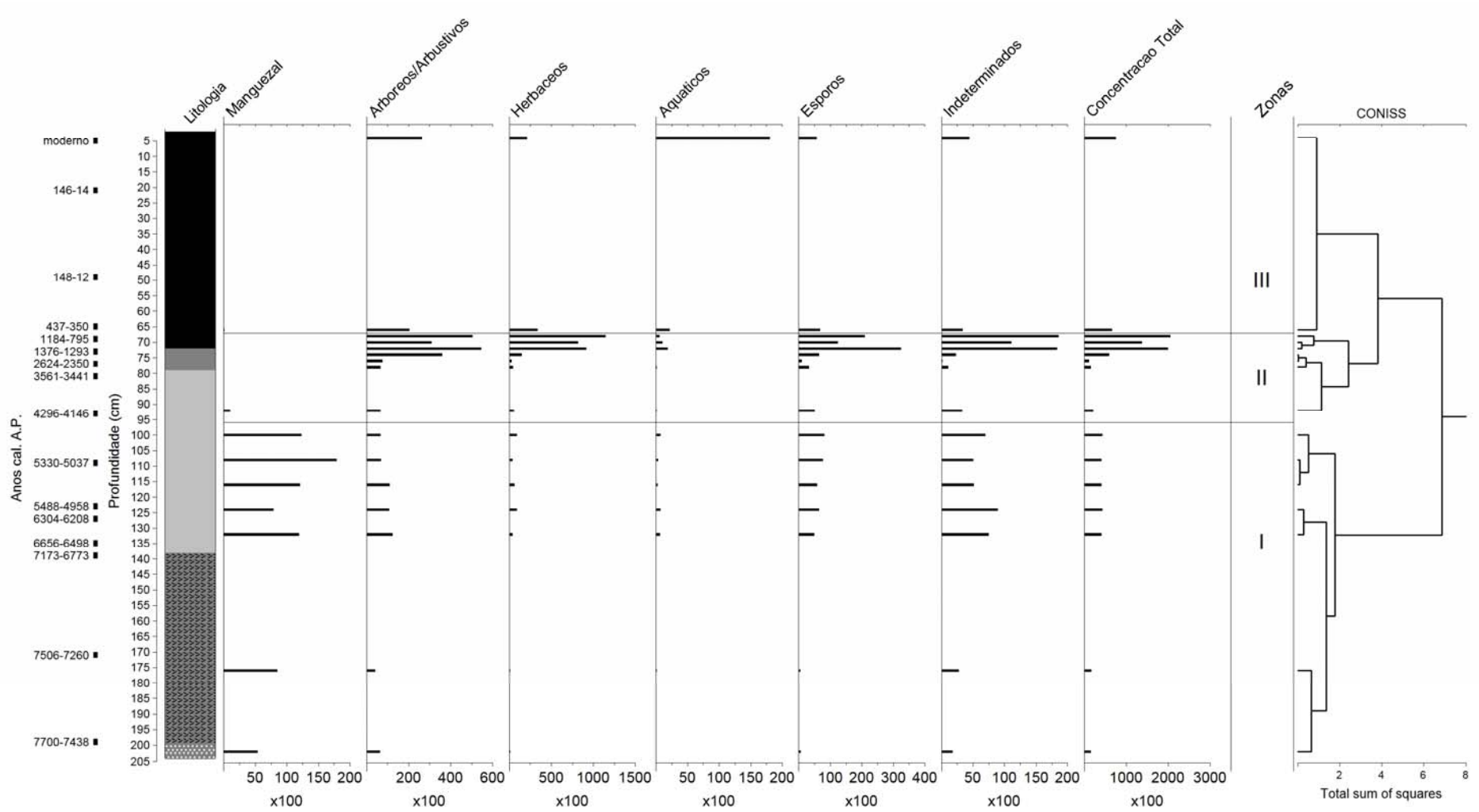


Figura 25 – Diagrama polínico resumido de concentrações absolutas (grãos/cm³). Legenda da litologia na Figura 23

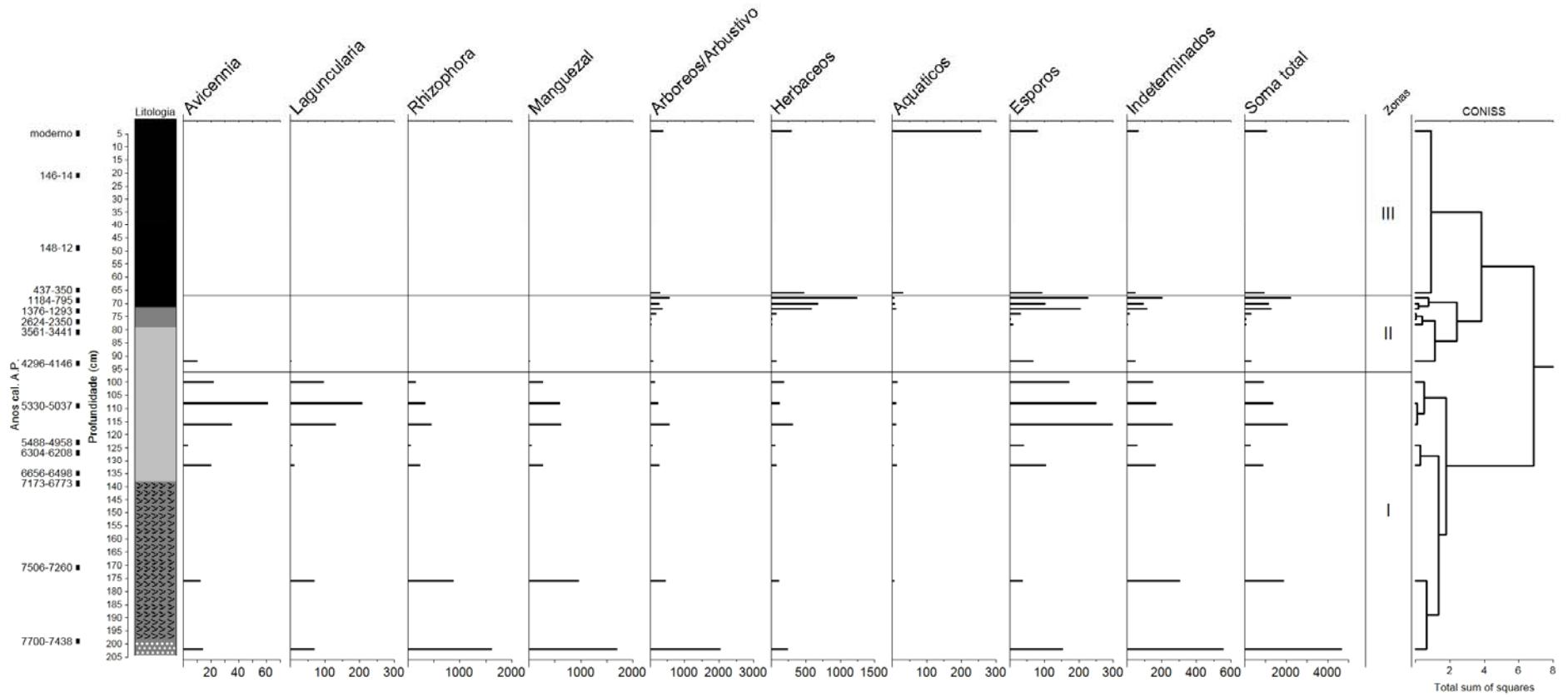


Figura 26 – Diagrama polínico resumido de taxa de acumulação polínica (grãos/cm²/ano). Legenda da litologia na Figura 23

6.4.5.1 Zona polínica I (de 7700-7438 a 4296-4146 anos cal. A.P.)

O início dessa zona é marcado por uma concentração de táxons arbóreos/arbustivos de 6377 grãos/cm³ (43%) na camada 202 cm. Nesse mesmo momento os táxons de manguezal estão presentes em uma concentração de 5328 grãos/cm³, (ou 36%, influxo de 1694 grãos/cm²/ano). Táxons herbáceos (5%), esporos (3%) e indeterminados (12%) correspondem ao restante dos tipos encontrados para o início da zona polínica.

De acordo com Behling et al. (2001) e Ellison (2008) a concentração de táxons de manguezal de 36%, representados por *Rhizophora* (34,5% e 1610 grãos/cm²/ano), *Laguncularia* (1,48%) e *Avicennia* (0,2%) pode ser interpretada como a presença do manguezal nas adjacências do ponto estudado há cerca de 7700 anos cal. A.P.

Por outro lado, se tomarmos como base a relação *Rhizophora/Avicennia* e os percentuais encontrados para manguezais da região sudeste do Brasil, podemos interpretar o início da zona polínica I como representativa do interior de um manguezal dominado por *Rhizophora*. Behling et al. (2001) encontraram valores da relação *Rhizophora/Avicennia* iguais a 115 para a chuva polínica moderna de um manguezal dominado por *Rhizophora* no Pará, valor igual ao encontrado na camada 202 cm (Tabela 20). Em Itanhaém, do Amaral et al. (2006) encontraram concentrações de 2% e 0,4% para *Rhizophora* e *Avicennia*, respectivamente, na chuva polínica moderna, e 6% de pólen de manguezal no sedimento superficial, no interior de um manguezal, valores muito menores que os encontrados no início da zona polínica I.

Tabela 20 – Relação *Rhizophora/Avicennia* para algumas profundidades do testemunho MAC-C com suas respectivas idades

Profundidade (cm)	Idade (anos cal. A.P)	<i>Rhizophora/Avicennia</i>
92	4296-4146	0,2
100	4784*	6,4
108	5330-5037	5,3
116	5271*	12,8
124	5488-4958	12,5
132	6533*	11,4
176	7516*	71,2
202	7656*	115,1

* idades interpoladas

Se considerarmos a altitude em relação ao atual nível médio marinho medida na superfície da Lagoa do Macuco (1 metro) e a altura da coluna d'água no local de coleta do

testemunho (3 metros), concluímos que o sedimento da camada 202 cm foi depositado sob uma coluna d'água de pelo menos 4 metros. Portanto, o manguezal não deveria localizar-se exatamente sobre o ponto estudado, mas sim em suas adjacências. A existência do manguezal no local de estudo há cerca de 7700 anos cal. A.P. concorda com as curvas de nível relativo marinho para o litoral sudeste brasileiro apresentadas por Martin et al. (2003) e Angulo et al. (2006).

A partir de seu início até 124 cm (ou 5488-4958 anos cal. A.P.), a zona polínica I apresenta tendência de redução da taxa de acumulação polínica de táxons de manguezal. Essa tendência é consequência da redução da taxa de acumulação de *Rhizophora*, cujos valores chegam a 231 grãos/cm²/ano em 132 cm, e 43 grãos/cm²/ano em 124 cm. A relação *Rhizophora/Avicennia* calculada para esse intervalo (Tabela 20) indica o aumento da proporção de *Avicennia*, no entanto, a baixa taxa de acumulação desse táxon ao final do período (apenas 3 grãos/cm²/ano) pode ser interpretada como uma maior distância do manguezal em relação ao ponto estudado (BEHLING et al., 2001).

Em 116 cm e 108 cm, período entre 5271 anos cal. A.P (interpolados) até 5080 anos cal. A.P (interpolados), ocorre aumento na taxa de acumulação polínica de *Avicennia* e *Laguncularia*, cujos valores máximos chegam a 61 grãos/cm²/ano e 208 grãos/cm²/ano, respectivamente. Nesse intervalo há redução na relação *Rhizophora/Avicennia* (Tabela 20), indicativo de maior importância relativa de *Avicennia* no manguezal. Os baixos influxos polínicos, no entanto, sugerem que o manguezal se desenvolvia ainda há alguma distância do ponto estudado (BEHLING, 2001).

Behling et al. (2001) interpretaram o aumento da concentração polínica de *Avicennia* como indicativo de regressão do nível relativo marinho, devido à criação de áreas com menor frequência de inundações pelas marés e com maior salinidade. Se aplicarmos a mesma interpretação ao sedimento da Lagoa do Macuco, o aumento da concentração relativa e da taxa de acumulação de *Avicennia* observados entre 124 cm e 108 cm (entre 5488 e 5080 anos cal. A.P.) indicariam um evento de regressão marinha. Tal interpretação concorda tanto com Martin et al. (2003) quanto com Angulo et al. (2006), que apontam para esse período um evento regressivo após um nível máximo holocênico há cerca de 5600 anos cal. A.P.

Em 100 cm, 4784 anos cal. A.P. (interpolados), ocorre tendência de redução na taxa de acumulação polínica de todos os táxons de manguezal. A relação *Rhizophora/Avicennia* (Tabela 20) indica abundância relativa de *Avicennia* semelhante ao intervalo anterior. No entanto, os influxos de pólen de manguezal são mínimos, o que pode ser interpretado como uma distância ainda maior das espécies de manguezal em relação ao ponto de estudo.

6.4.5.2 Zona polínica II (de 4296-4146 a 1184-795 anos cal. A.P.)

A primeira camada (92 cm, 4323 anos cal. A.P., interpolados) dessa zona polínica apresenta valores muito baixos de influxo polínico total, com apenas 287 grãos/cm²/ano. Percentualmente, os tipos de manguezal correspondem a 5%, os arbóreos e arbustivos correspondem a 31%, os herbáceos 25%, os esporos 24% e os indeterminados 15%. A baixa concentração relativa de tipos de manguezal, quando em comparação com os resultados obtidos para as camadas inferiores permite concluir que o manguezal localizava-se distante do ponto estudado.

No intervalo entre 90 e 80 cm (entre 4172 e 3108 anos cal. A.P., interpolados), os raros grãos de pólen e esporos encontrados estavam muito mal preservados. Portanto, não foi possível realizar a análise polínica nessas camadas.

As duas próximas camadas (78 cm e 76 cm, 2815 e 2141 anos cal. A.P., interpolados) apresentam taxas de acumulação polínica muito baixas (42 e 41 grãos/cm²/ano). Os táxons de manguezal estão ausentes e o predomínio é de táxons arbóreos e herbáceos, com grãos destruídos e mal preservados. O baixo influxo polínico, aliado à baixa concentração absoluta de grãos de pólen e esporos e seu estado de preservação, pode ser indicativo de exposição do sedimento ao ar no período de 2624-2350 anos cal. A.P. Martin et al. (2003) relatam nível relativo marinho abaixo do atual para a região sudeste do Brasil entre 2600-2200 anos cal. A.P.

Na camada 74 cm (1636 anos cal. A.P., interpolados) ocorre aumento da concentração polínica absoluta (59198 grãos/cm³), representada principalmente por táxons arbóreos e arbustivos (61%), herbáceos (25%) e esporos (11%). Entre os arbóreos/arbustivos os tipos mais frequentes são *Symplocos* (48% do total geral, influxo de 137 grãos/cm²/ano) e *Ilex* (6% do total geral, com influxo de 16 grãos/cm²/ano). Entre os tipos herbáceos *Smilax* é o principal (19% do total geral, influxo de 53 grãos/cm²/ano). A presença de *Smilax* pode estar relacionada a colonização de áreas abertas, em um processo de regeneração natural incipiente (BORING et al., 1981; LONDRÉ; SCHNITZER, 2006; SHONO et al., 2006; RAYOL et al., 2008), que pode ser relacionada ao rebaixamento do nível relativo marinho e consequente liberação de novas áreas para a colonização vegetal. *Salvinia* é o esporo mais comum, representa 6% do total geral, com influxo de 18 grãos/cm²/ano. A presença de *Salvinia* e *Ilex* pode indicar áreas alagadas ou brejosas (JOLY, 1998; GROppo JUNIOR e PIRANI, 2002).

As curvas de variação do nível relativo marinho elaboradas por Martin et al. (2003) e Angulo et al. (2006) indicam que há 1600 anos cal. A.P. o nível relativo do mar estaria entre um e três metros acima do atual. A camada 74 cm localizava-se, então, entre 3,7 e 5,7 metros abaixo do nível relativo marinho da época. A ausência de influência marinha na palinologia da camada 74 cm pode ser explicada pela sedimentação costeira originada do período regressivo anterior, que impediria a chegada da influência marinha ao local de estudo.

As camadas 72 cm a 68 cm (1376 a 795 anos cal. A.P) apresentam aumento da concentração absoluta e do influxo de grãos de pólen e esporos. Os tipos arbóreos/arbustivos apresentam redução da concentração relativa para valores em torno de 25% do total geral. Os tipos herbáceos, por outro lado, aumentam sua representatividade para valores entre 46% e 60% do total. As concentrações de esporos variam entre 16% e 10%.

A maior representatividade de tipos herbáceos pode ser explicada pelo aumento da taxa de acumulação de *Poaceae* (até 574 grãos/cm²/ano e cerca de 25% do total geral) e *Smilax* (até 451 grãos/cm²/ano e 20% do total geral). Outros táxons herbáceos também passam a ser mais representativos, tais como *Sauvagesia* e *Cyperaceae*. A presença de *Poaceae* e *Smilax* em quantidades mais representativas pode ser interpretada como a existência de locais abertos, dominados por ervas, talvez com a presença de arbustos de *Ilex*, *Myrtaceae* e *Melastomataceae/Combretaceae*, táxons que também são relativamente frequentes no registro polínico. A presença de *Cyperaceae*, *Sauvagesia* e *Xyris*, juntamente com concentrações e influxos maiores de *Salvinia*, e incipientes concentrações de táxons aquáticos, podem ser interpretados como maiores duração e frequência de inundações por água-doce no período entre 1376 e 795 anos cal. A.P.

O período entre 1376 e 795 anos cal. A.P. é marcado por um evento regressivo, segundo Martin et al. (2003) e Angulo et al. (2006), com o nível do mar chegando muito próximo ao atual. A deposição sedimentar litorânea que ocorreu concomitantemente à regressão marinha deve ter causado o barramento dos cursos d'água que corriam pelo vale onde hoje se localiza a Lagoa do Macuco, propiciando a formação de uma área brejosa, precursora da atual lagoa.

Ao final da zona polínica II (cerca de 795 anos cal. A.P.) o táxon arbóreo *Cecropia* passa a ser bastante representativo, chegando a 11% do total de grãos de pólen e esporos contados. *Cecropia* é um táxon pioneiro, que coloniza áreas abertas após algum distúrbio, e marca o início da regeneração florestal.

6.4.5.3 Zona polínica III (de 1184-795 anos cal. A.P. ao presente)

Essa zona polínica é caracterizada pela maior representatividade de táxons arbóreos/arbustivos e aquáticos, e menor representatividade, de táxons herbáceos.

Os táxons arbóreos/arbustivos aumentam sua representatividade para 31% e, posteriormente, para 35% do total de grãos de pólen e esporos contados. No início da zona polínica (camada 66 cm) os principais táxons arbóreos são *Cecropia*, *Alchornea/Aparisthium* e *Melastomataceae/Combretaceae*, com 11%, 8% e 4% do total geral, respectivamente. Ao final do período (camada 4 cm) os principais táxons arbóreos/arbustivos são *Cecropia*, *Urticaceae/Moraceae* e *Alchornea/Aparisthium*, com 16%, 6% e 3% do total geral.

Ao final da zona polínica, que representa a vegetação atual do local de estudo, os tipos aquáticos são bastante representativos (24% do total geral), sendo *Potamogeton* o mais abundante, seguido de *Nymphaeaceae/Pontederiaceae*. Entre os táxons herbáceos *Cyperaceae* compõe uma fração importante (23% do total geral ao final do período) seguido de *Poaceae* (3,85%). Conforme observado nas atividades de campo, a vegetação atual no interior e no entorno da Lagoa do Macuco possui muitas ciperáceas e gramíneas, conforme mostrado na Tabela 14. Dessa forma, tanto a grande representatividade de táxons aquáticos, quanto a importância dos táxons *Cyperaceae* e *Poaceae* na zona polínica III são interpretados como o estabelecimento do atual ambiente lacustre a partir de aproximadamente 795 anos cal. A.P.

Com a utilização do programa CONISS (GRIMM, 1987) foi realizada uma análise de agrupamento, no entanto, sem a limitação da estratigrafia, conforme Hansen et al. (2001). O resultado, apresentado na Figura 27, mostra o agrupamento das zonas I e III o que indica a recorrência de uma assembléia polínica. Assim, a vegetação da zona polínica I é interpretada como semelhante à da zona polínica III.

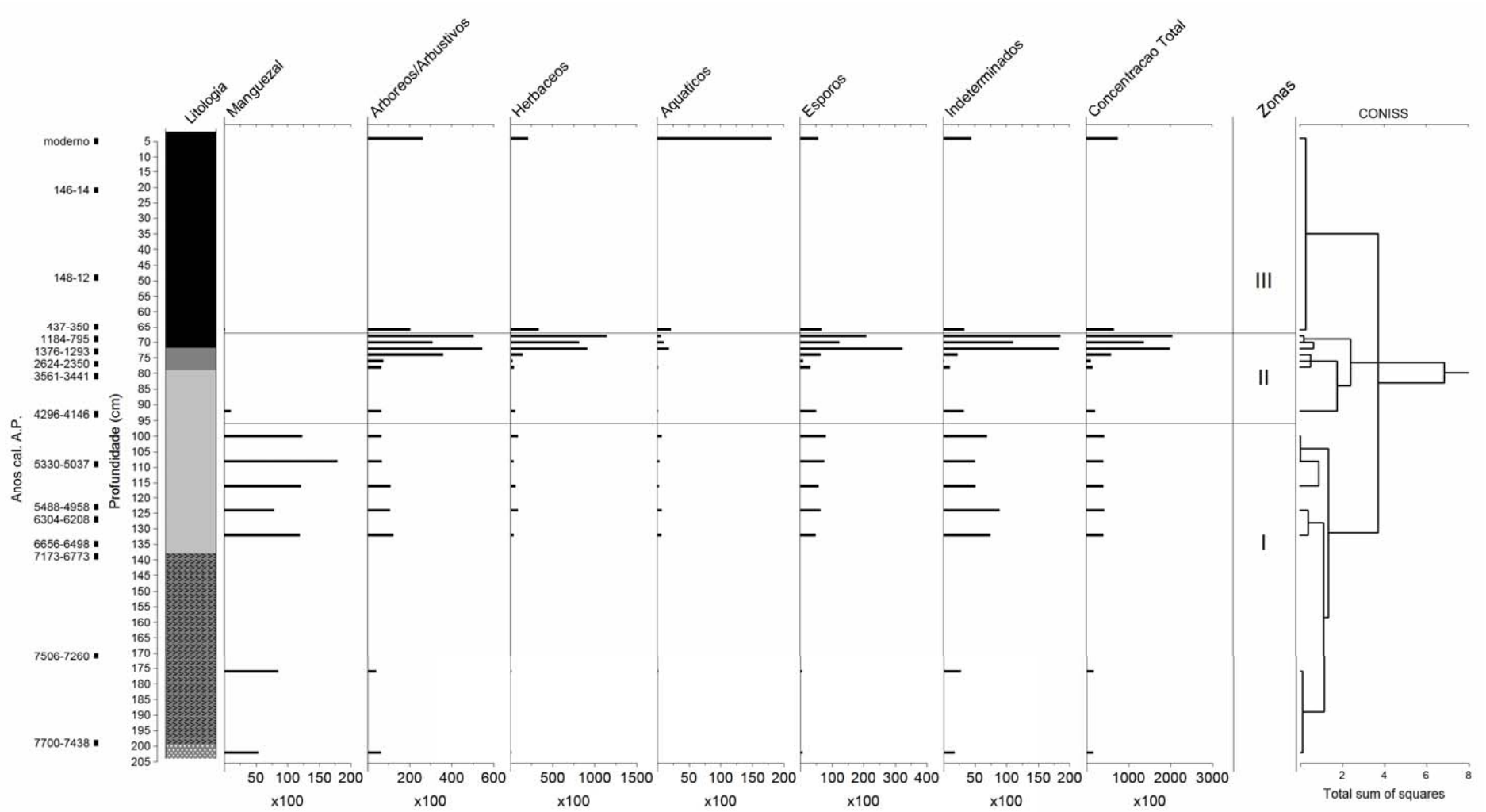


Figura 27 – Diagra polínico de concentração absoluta (grãos/cm³) com análise CONISS não limitada pela estratigrafia. Legenda da litologia na Figura 23

6.4.6 Diatomáceas

A análise foi realizada nas camadas 78, 84 e 92 cm. Pranchas dos tipos encontrados são apresentadas no Anexo C. A Tabela 21 mostra a ocorrência dos tipos nas camadas e a classificação do ambiente quanto à salinidade, segundo Moro e Fürstenberger (1997).

Tabela 21 – Ocorrência de tipos de diatomáceas nas amostras do testemunho MAC-C

Camada	Tipos encontrados	Classificação do ambiente quanto à salinidade
78 cm	<i>Terpsinoe</i> sp.	Água salobra
	<i>Surirella</i> sp.	Água doce
84 cm	<i>Plagiogramma</i> sp.	Água salobra
	<i>Terpsinoe</i> sp.	Água salobra
	<i>Eunotia didyma</i>	Água doce e água salobra
	<i>Diploneis</i> sp.	Água salobra
	<i>Pinnularia</i> sp. 1	Não foi possível definir
	<i>Surirella</i> sp.	Água doce
92 cm	<i>Terpsinoe</i> sp.	Água salobra
	<i>Surirella</i> sp.	Água doce
	<i>Pinnularia</i> sp. 2	Não foi possível definir

As diatomáceas apresentaram-se, na maioria das vezes, desgastadas e destruídas. Entre os tipos encontrados estão táxons de água doce e táxons de água salobra.

6.5 Integração dos dados

6.5.1 Dinâmica da vegetação

A estrutura da vegetação na região parece não ter sofrido grandes alterações durante o Holoceno. De acordo com as análises isotópicas nos solos, durante o Holoceno a vegetação foi predominantemente composta por plantas C3, provavelmente com as florestas e campos nos mesmos locais atuais. A palinologia da Lagoa do Macuco sugere a presença de florestas em contato próximo aos manguezais há 7700 anos cal. A.P. (concentrações relativas de 43% para táxons arbóreos/arbustivos e 36% para manguezal; taxas de acumulação polínica semelhantes, cerca de 2000 grãos/cm²/ano, Figura 28). Em relação à composição de espécies, a análise CONISS apresentada na Figura 27 mostra a recorrência de assembléia polínica, interpretado como o restabelecimento de um tipo de vegetação semelhante ao existente anteriormente a um distúrbio.

Parece que a maior alteração em termos de estrutura e composição da vegetação ocorreu no interior do vale ocupado pela Lagoa do Macuco, em função da transgressão marinha. A vegetação florestal há cerca de 8000 anos deveria ocorrer no entorno, nas encostas e no interior do vale do Rio Barra Seca. No entanto, durante o evento transgressivo a vegetação florestal do interior do vale foi deslocada, dando lugar a um manguezal. O deslocamento da vegetação florestal pode ser inferido pela redução na taxa de influxo de pólen florestal, que de 2027 grãos/cm²/ano (43% do total) no início da zona polínica I, passou para 138 grãos/cm²/ano (15% do total) ao final dessa zona polínica, há 4200 anos cal. A.P.

O estabelecimento do manguezal no interior do vale ocorreu inicialmente com o domínio de *Rhizophora* (taxa de acumulação polínica de 1610 grãos/cm²/ano e relação R/A de 115 no início da zona polínica I). No entanto, a expansão das áreas permanentemente alagadas no interior do vale, inferido pelo aumento do $\delta^{15}\text{N}$ (Figuras 28 e 29), deslocou também o manguezal. Ao mesmo tempo, com a acumulação de sedimentos (em torno de 1 metro para a zona polínica I, Figura 27) surgiram ambientes com menor influência das marés, propícios à colonização por *Avicennia*. Assim, logo após o início da zona polínica II até cerca de 4200 anos cal. A.P., os manguezais tenderam ao aumento da abundância de *Avicennia*. No entanto, tais manguezais foram restritos a áreas menores, pois o fundo do vale estava alagado. O aumento da abundância de *Avicennia* e a redução das áreas dos manguezais fica claro pela redução dos valores da relação R/A e pela redução do influxo polínico (Figura 29).

O período entre 4200 e 2350 anos cal. A.P. é marcado pelo escasso registro polínico, com presença de grãos destruídos e mal preservados. Os valores isotópicos e elementares de carbono e nitrogênio e a baixa taxa de sedimentação (0,01 cm/ano) sugerem que entre 4200 e cerca de 3000 anos cal. A.P. o ponto estudado estava sob influência marinha em um ambiente de baixa energia (Figura 29). A baixa energia do ambiente pode ter contribuído para a baixa deposição de pólen nesse período. Ybert et al. (2003) correlacionaram a presença de diatomáceas marinhas e a baixa concentração absoluta de pólen e esporos à existência de uma laguna entre 4900 e 3470 anos cal. A.P. em um local na planície costeira de Cananéia-Iguape.

Entre 3441 e 2350 anos cal. A.P. a redução dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 29) sugerem redução da influência marinha na área de estudos. A baixa concentração absoluta de grãos de pólen e esporos entre 2624-2350 anos cal. A.P. e a ocorrência de grãos destruídos e mal preservados pode ser interpretada como exposição do sedimento a condições oxidantes. Essa interpretação concorda com a curva de variação do nível do mar proposta por Martin et al. (2003) que indica nível relativo marinho mais baixo que o atual entre 2600 e 2200 anos cal. A.P. (Figura 29).

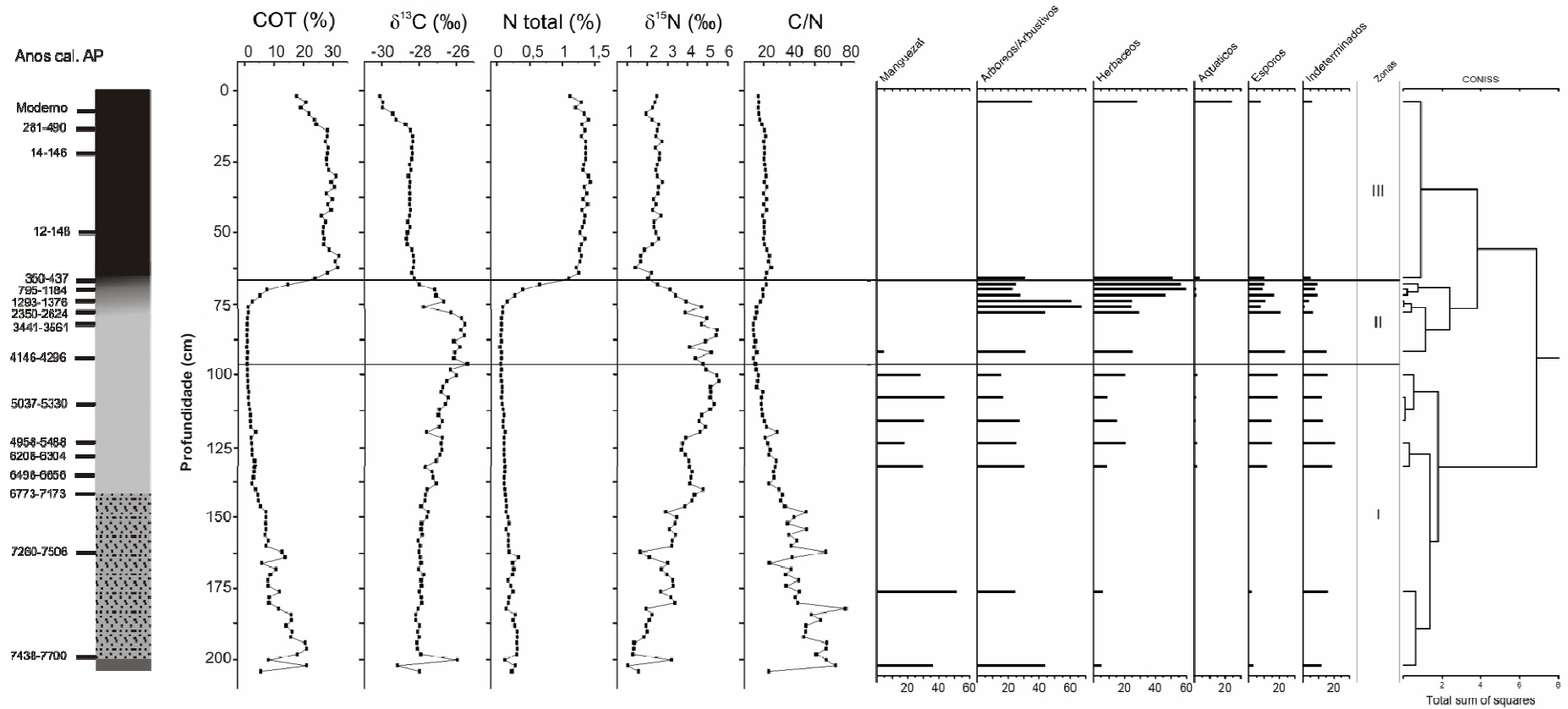


Figura 28 – Resultados das análises isotópicas e elementares realizadas no testemunho MAC-C e diagrama polínico de concentração relativa (%). Legenda da litologia na Figura 23

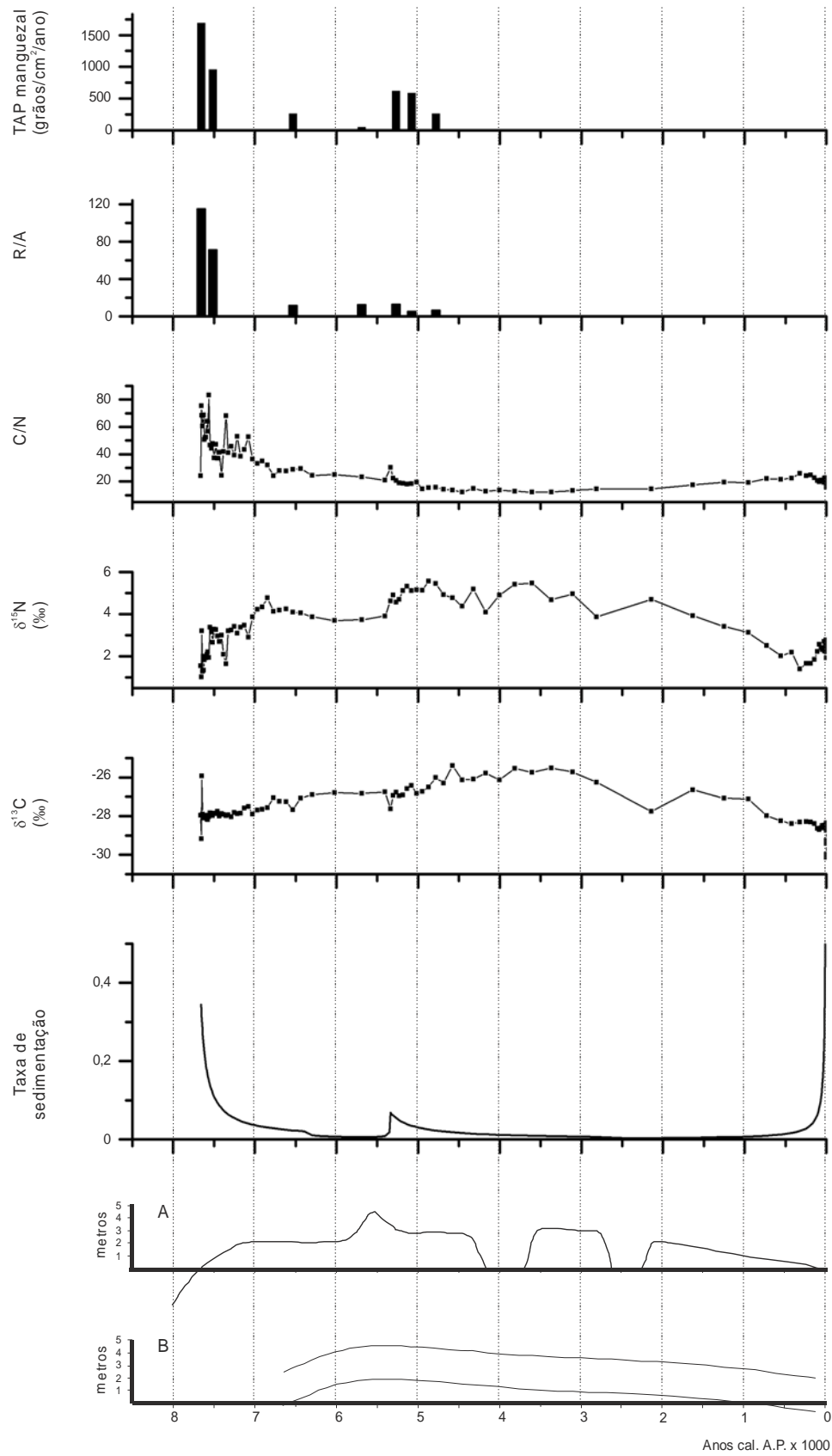


Figura 29 – Taxa de acumulação polínica, relação *Rhizophora/Avicennia* (R/A), razão C/N, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$, taxa de sedimentação e curvas de variação do nível relativo marinho para o litoral sudeste do Brasil segundo (A) Martin et al. (2003) e (B) Angulo et al. (2006)

Logo após 2350 anos cal. A.P., o enriquecimento em ^{15}N e o empobrecimento isotópico de ^{13}C (Figuras 28 e 29) podem ser interpretados como aumento da influência de matéria-orgânica fitoplanctônica de água-doce (MEYERS, 2003; WILSON et al., 2005a; 2005b). O interior do vale deveria apresentar condições mais úmidas. A partir de 1636 anos cal. A.P. (interpolado) o registro polínico passa a ser mais abundante. Até o final da zona polínica II (entre 1184 e 795 anos cal. A.P.) há aumento da concentração relativa de táxons herbáceos (Figura 28), inicialmente com maior representatividade de *Smilax* e, posteriormente, também *Poaceae* e *Xyris*. A vegetação herbácea provavelmente iniciava a recolonização vegetal do interior do vale. Áreas alagadas e áreas alagáveis seriam colonizadas por táxons como *Borreria*, *Polygonum*, *Laurembergia*, *Sauvagesia*, *Utricularia* e *Salvinia*. O enriquecimento dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ observados a partir de cerca de 1500 anos cal. A.P. (Figura 28) pode ser resultado da colonização das regiões não alagadas por gramíneas C4.

A última zona polínica, iniciada entre 1184 e 795 anos cal. A.P. representa o estabelecimento da vegetação atual, conforme indicado pela análise do CONISS (Figura 28). A vegetação florestal recolonizou as áreas das encostas do vale, que haviam anteriormente sido abandonadas devido à influência marinha. Mesmo no interior do vale a vegetação florestal se estabeleceu em ilhas de vegetação flutuante que são atualmente encontradas na Lagoa do Macuco. A vegetação aquática colonizou o lago recém formado e se expandiu. O empobrecimento isotópico tanto de ^{15}N quanto de ^{13}C e o aumento da razão C/N (Figura 28) demonstram o aporte de matéria-orgânica de plantas C3 ao sedimento do fundo da lagoa. A alta taxa de sedimentação (Figura 29) é consequência da deposição de restos vegetais das plantas aquáticas e do entorno, com a formação de sedimento rico em fragmentos vegetais.

6.5.2 Nível relativo marinho

O início do evento transgressivo proposto por Martin et al. (2003) há cerca de 7600 anos cal. A.P. (Figura 29) é bastante aparente na análise polínica do testemunho MAC-C. Há cerca de 7700 anos cal. A.P. os manguezais estavam bem representados no local de estudo, provavelmente dominados por *Rhizophora* (Figura 29, relação R/A). Os valores isotópicos do intervalo entre 7700 a cerca de 7000 anos cal. A.P. (Figura 29) concordam com a interpretação anterior. Altas razões C/N e valores de $\delta^{13}\text{C}$ típicos de plantas C3, refletem o aporte de matéria-orgânica do manguezal, e valores de $\delta^{15}\text{N}$ tendendo ao enriquecimento, refletem tanto o maior aporte de matéria-orgânica fitoplanctônica quanto a ocorrência de processos bioquímicos como a denitrificação (OWENS, 1987), comum em ambientes

redutores. A alta taxa de sedimentação (cerca de 0,35 cm/ano há 7700 anos cal. A.P., Figura 29) indica condições propícias à acumulação de sedimentos, originadas pela elevação do nível de base (SCHOLL et al., 1969), e se assemelha à taxa média de 0,4 cm/ano calculada para a curva apresentada por Martin et al. (2003) para o período entre 7700 a 7200 anos cal. A.P.

Os valores isotópicos e elementares obtidos no período entre 7000 e 5600 anos cal. podem ser interpretados como nível relativo marinho estabilizado (Figura 29). A mesma interpretação pode ser feita com base na taxa de sedimentação para o período (SCHOLL et al., 1969). É também observado aumento na abundância relativa de *Avicennia* pela redução na relação R/A. Behling et al. (2001) interpretaram uma situação semelhante como indicativo de redução do nível relativo marinho. No vale do Rio Barra Seca essa tendência pode ser interpretada também como uma redução do nível relativo marinho, mas causada pela acumulação de sedimentos no fundo do vale em um momento de nível relativo regional estabilizado. A curva apresentada por Martin et al. (2003) indica nível relativo marinho estabilizado para o período aproximado de 7000 a 5800 anos cal. A.P (Figura 29).

Por volta de 5400 anos cal. A.P. (interpolados), ocorre súbito enriquecimento isotópico de ^{15}N e aumento na taxa de sedimentação, juntamente com maior influxo polínico de manguezal (Figura 29). Tomando como base principalmente os valores isotópicos e a taxa de sedimentação, essa situação pode ser interpretada como um novo evento transgressivo, em concordância com Martin et al. (2003) que indicam nova transgressão marinha entre 5800 e 5500 anos cal. A.P.

Há cerca de 5400 até cerca de 4800 anos cal. A.P. ocorre redução na relação R/A que pode ser interpretada como redução no nível relativo marinho, segundo Behling et al. (2001). No entanto, os valores isotópicos não permitem essa interpretação. Martin et al. (2003) propõem queda no nível relativo marinho nesse período, até um nível um pouco superior ao existente no período anterior ao nível máximo de 5500 anos cal. A.P. Angulo et al. (2006) também propõem um leve evento regressivo para esse período (Figura 29).

Entre 4800 e 3500 anos cal. A.P. aproximadamente, os valores isotópicos e elementares de carbono e nitrogênio são interpretados como indicadores de influência fitoplanctônica marinha, o que sugere um nível relativo marinho mais alto que o atual. A influência marinha é reforçada pela presença de diatomáceas de águas salobras na camada 84 cm (3605 anos cal. A.P., interpolados), tais como *Plagiogramma* sp., *Terpsinoe* sp. e *Diploneis* sp. A palinologia indica redução do influxo polínico, que pode ser resultado tanto do distanciamento da vegetação quanto da baixa taxa de sedimentação do período (Figura 29). Ybert et al. (2003) interpretaram a baixa concentração polínica e presença de diatomáceas

marinhas como indicativos da presença de uma laguna, em Cananéia-Iguape, no período de 4900 e 3470 anos cal. A.P.

Os dados obtidos no testemunho MAC-C para o período entre 4800 e 3500 anos cal. A.P. podem ser interpretados como um ambiente de influência fluvio-marinha de baixa energia no interior do vale do Rio Barra Seca. Dessa forma o nível relativo marinho mais baixo que o atual proposto por Martin et al. (2003) para esse período não pôde ser verificado, ficando a interpretação mais próxima à curva proposta por Angulo et al. (2006) (Figura 29). No entanto, é importante ressaltar que as amostras do testemunho MAC-C correspondentes ao período entre 4800 e 3500 anos cal. A.P. localizam-se abaixo (2 a 3 metros) do nível relativo marinho atual, o que pode ser a causa da não observação de indícios do nível relativo marinho mais baixo proposto por Martin et al. (2003).

Entre aproximadamente 3500 e 2300 anos cal. A.P. os valores isotópicos e elementares de carbono e nitrogênio sugerem redução da influência marinha. A palinologia apresenta baixo influxo polínico e grãos de pólen mal preservados no intervalo entre 2624-2350 anos cal. A.P. Esses dados podem ser interpretados como um evento regressivo, com exposição dos sedimentos a condições oxidantes por volta de 2500 anos cal. A.P., o que poderia ser resultado de um nível relativo mais baixo que o atual. Martin et al. (2003) propõem nível relativo mais baixo que o atual entre 2600-2200 anos cal. A.P.

A partir de 2300 anos cal. A.P. os valores isotópicos não mais podem ser interpretados como indicativos de influência marinha. A palinologia indica que após um período de recolonização de áreas anteriormente perturbadas ocorreu a instalação de um ambiente influenciado por água doce. Essa interpretação concorda com as curvas de variação do nível relativo marinho apresentadas na Figura 29, as quais indicam regressão marinha para o período.

6.5.3 Interpretação paleoclimática

O sinal isotópico da matéria-orgânica dos solos sugere a manutenção da fisionomia florestal como dominante na área de estudos durante todo o Holoceno. A palinologia da Lagoa do Macuco, embora muito influenciada pelas flutuações do nível relativo marinho, indica que no início da zona polínica I, há cerca de 8000 anos cal. A.P., a floresta encontrava-se muito próxima ao ponto estudado. Os resultados palinológicos indicam ainda que após o início da transgressão marinha os táxons florestais, embora deslocados do interior do vale, ainda continuaram presentes em suas cercanias, e, ao longo da zona polínica III,

recolonizaram parte das áreas anteriormente abandonadas. Assim, os resultados acima descritos permitem a inferência de condições climáticas propícias à manutenção das florestas ao longo de todo o Holoceno na região estudada.

No entanto, uma análise mais atenta dos resultados obtidos com a palinologia permite perceber um aumento das concentrações e taxas de acumulação polínica de *Cyatheaceae* nas camadas 132 a 100 cm (Tabela 19 e Anexos D e E), correspondentes ao período aproximado de 6500 a 4800 anos cal. A.P.

Segundo Lorscheitter et al. (1999), a família *Cyatheaceae* é frequente nos ambientes florestais úmidos, e, segundo Marchant et al. (2002) o gênero *Cyathea* é um bom indicador de condições ambientais permanentemente úmidas. As informações obtidas junto ao Herbário da RNCV reportam a existência de espécies do gênero *Cyathea* em várzeas e matas ciliares na área da RNCV atualmente. Entretanto, nas atividades de campo não foram observadas espécies da família *Cyatheaceae* em nenhum dos pontos de amostragem, e na análise palinológica o táxon não foi encontrado nas amostras da zona polínica III, com exceção de um único grão na camada 66 cm (Anexos D e E).

Assim, pela presença de *Cyatheaceae* nas camadas de 132 a 100 cm pode ser inferido um clima relativamente mais úmido para o período entre 6500 a 4800 anos cal. A.P. nas proximidades da atual Lagoa do Macuco, embora não possa ser descartada a possibilidade de tal umidade ter sua origem na maior proximidade do mar, decorrente do evento transgressivo.

De um modo geral, a interpretação paleoclimática sugere que durante o Holoceno inferior a região nordeste do estado do Espírito Santo não deve ter apresentado clima menos úmido como sugerido por diversos estudos realizados na região sudeste e nordeste do Brasil (SERVANT et al., 1989; LEDRU, 1993; LEDRU et al., 1998; BEHLING et al., 2000; PESSENDA et al., 2004a; 2009). Alternativamente, um eventual clima menos úmido não influenciou de modo significativo a abertura da vegetação florestal durante o Holoceno inferior e médio, conforme observado nesses estudos. Sugere também um período de umidade relativamente maior para o período entre 6500 a 4800 anos cal. A.P. nas proximidades da Lagoa do Macuco, interpretação que concorda com Ledru (1998) para a região de Salitre, MG.

7 CONCLUSÕES

- a) A dinâmica da vegetação na região nordeste do estado do Espírito Santo não apresentou expansão das áreas ocupadas por plantas de ciclo fotossintético C4 e retração florestal durante o Holoceno;
- b) O clima regional durante o Holoceno foi predominantemente úmido;
- c) As alterações em termos de estrutura e composição da vegetação ocorreram no interior do vale do Rio Barra Seca devido à transgressão marinha holocênica e podem ser descritas da seguinte forma: (i) deslocamento da vegetação florestal e ocupação dessa área por manguezal; (ii) deslocamento do manguezal com o aumento da influência marinha; (iii) colonização do vale por espécies pioneiras quando da regressão marinha; (iv) colonização por espécies aquáticas e retorno da vegetação florestal para regiões mais próximas ao interior do vale, agora ocupado, em parte, por uma lagoa.
- d) O local ocupado atualmente pela Lagoa do Macuco foi caracterizado por um ambiente estuarino no período aproximado de 7700 a 3000 anos cal. A.P.

REFERÊNCIAS

- ABSY, M. L. Pólen e esporos do Quaternário de Santos (Brasil). **Hoehnea**, São Paulo, v. 5, p. 1-26, 1975.
- ANGULO, R. J.; LESSA, G. C.; DE SOUZA, M. C. A critical review of mid- to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. **Quaternary Science Reviews**, Oxford, v. 25, p. 486-506, 2006.
- BARTH, O.M. Pollen morphology of Brazilian *Symplocos* species (*Symplocaceae*). **Grana**, Stockholm, v. 18, p. 99-107, 1979.
- BARTH, O. M.; SILVA, S. A. F. Catálogo sistemático dos pólenes das plantas arbóreas do Brasil meridional. IV – *Cunoniaceae*, *Rosaceae* e *Connaraceae*. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 61, n. 3, p. 411-428, 1963.
- BARTH, O. M.; SILVA, S. A. F. Catálogo sistemático dos pólenes das plantas arbóreas do Brasil meridional. VII – *Thymelaceae*, *Lythraceae*, *Lecythidaceae*, *Rhizophoraceae* e *Combretaceae*. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 63, p. 255-274, 1965.
- BENDER, M.M. Variations in the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios of plants in relation to the pathway of photosynthetic carbon dioxide fixation. **Phytochemistry**, Oxford, v. 10, p. 1239-1244, 1971.
- BENNER, R. et al. Depletion of ^{13}C in lignin and its implications for stable carbon isotope studies. **Nature**, London, v. 329, n. 22, p. 708-710, 1987.
- BENNINGHOFF, W. S. Calculation of pollen and spores density in sediments by addition of exotic pollen in known quantities. **Pollen et Spores**, Paris, v. 4, p. 332-333, 1962.
- BEHLING, H. et al. Late Quaternary vegetational and climate dynamics in northeastern Brazil, inferences from marine core GeoB 3104-1. **Quaternary Science Reviews**, Oxford, v. 19, p. 981-994, 2000.
- BEHLING, H.; COHEN, M. C. L.; LARA, R. J. Studies on Holocene mangrove ecosystem dynamics of the Bragança Peninsula in north-eastern Pará, Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 167, p. 225-242, 2001.
- BORING, L. R.; MONK, C. D.; SWANK, W. T. Early regeneration of a clear-cut southern Appalachian forest. **Ecology**, Brooklyn, v. 62, n. 5, p. 1244-1253, 1981.
- BOUTTON, T. W. Stable carbon isotope ratios of soils organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change. In: BOUTTON, T. W.; YAMASAKI, S. I. (Ed.). **Mass spectrometry of soils**. New York: Marcel Dekker, 1996, p. 47-82.
- BROECKER, W. S. Radiocarbon. In: TUREKIAN, K. K.; HOLLAND, H. D. (Ed.). **Treatise on geochemistry**. 1. ed. San Diego: Elsevier, 2003. v. 4, p. 245-260.

BURN, M. J.; MAYLE, F. E. Palynological differentiation between genera of the *Moraceae* family and implications for Amazonian palaeoecology. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 149, p. 187-201, 2008.

COHEN, M. C. L.; LARA, R. J. Temporal changes of mangrove vegetation boundaries in Amazonia: application of GIS and remote sensing techniques. **Wetlands Ecology and Management**, Dordrecht, v. 11, p. 223-231, 2003.

COLINVAUX, P.; DE OLIVEIRA, P. E.; PATIÑO, J. E. M. **Amazon pollen manual and atlas. Manual e atlas palinológico da Amazônia**. Amsterdam: Harwood Academic Publishers, 1999, 332 p.

CRONK, J. K.; FENNESSY, M. S. Coastal forested wetlands: mangrove swamps. In: _____. **Wetland plants: biology and ecology**. Boca Raton: Lewis Publishers, 2001. pt. I, chap. 2, p. 44-48.

DAVIS, M. B.; DEEVEY JUNIOR, E. S. Pollen accumulation rates: estimates from Late-Glacial sediment of Rogers Lake. **Science**, Washington, v. 145, n. 3638, p. 1293-1295, 1964.

DE OLIVEIRA, P. E.; BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K. Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 152, p. 319-337, 1999.

DEVRIES, H. L. Variation in concentration of radiocarbon with time and location on Earth. **Proceedings Koninklijke Nederlandse Akademie Wetenschappen B**, Amsterdam, v. 61, p. 94-102, 1958.

DEINES, P. The isotopic composition of reduced organic matter. In: FRITZ, P., FONTES, J.C. (Ed.). **Handbook of environmental isotope geochemistry**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing, 1980. v. 1, p. 329-406.

DO AMARAL, P. G. et al. Late Holocene development of a mangrove ecosystem in southeastern Brazil (Itanhaém, state of São Paulo). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 241, p. 608-620, 2006.

ELLISON, J.C. Long-term retrospection on mangrove development using sediment cores and pollen analysis: a review. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 89, p. 93-104, 2008.

FARQUHAR, G. D.; EHLERINGER, J. R.; HUBICK, K. T. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 40, p. 503-537, 1989.

FERRAZZO, M.; BAUERMANN, S. G.; LEIPNITZ, I. I. Palinomorfos não polínicos provenientes de depósitos quaternários do delta do Rio Doce, Espírito Santo, Brasil. Parte 1. **Gaea – Journal of Geoscience**, São Leopoldo, v. 4, n. 2, p. 78-87, 2008.

GARAY, I.; RIZZINI, C. M. (Org.). **A floresta Atlântica de Tabuleiros: diversidade funcional da cobertura arbórea**. Petrópolis: Vozes, 2003. 255 p.

GRIMM, E. C. CONISS: A Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. **Computers & Geosciences**, Elmsford, v. 13, n. 1, p. 13-35, 1987.

GROPPO JUNIOR, M.; PIRANI, J. R. *Aquifoliaceae*. In: WANDERLEY, M. G. L. et al. (Ed.). **Flora fanerogâmica do estado de São Paulo**. São Paulo: FAPESP; HUCITEC, 2002. v. 2, p. 31-37.

HANSEN, B. C. S.; GRIMM, E. C.; WATTS, W. A. Palynology of the Peace Creek site, Polk County, Florida. **GSA Bulletin**, Boulder, v. 113, n. 6, p. 682-692, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta do Brasil**. Folha SE-24-Y-B-V São Mateus. Rio de Janeiro: IBGE, 1979a. Escala 1:100.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta do Brasil**. Folha SE-24-Y-D-II Rio Doce. Rio de Janeiro: IBGE, 1979b. Escala 1:100.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta do Brasil**. Folha SE-24 Rio Doce: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 1987. 548 p. (Projeto RADAMBRASIL).

JING-QUAN, W. A study of pollen morphology of *Potamogeton*, *Zannichellia* and *Triglochin* from China. **Acta Phytotaxonomica Sinica**, Beijing, v. 28, n. 5, p. 372-378, 1990.

JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. 12. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1998. 777 p.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relações solo/planta. São Paulo: Ceres, 1979.

LEDRU, M. P. Late Quaternary environmental and climatic changes in Central Brazil. **Quaternary Research**, San Diego, v. 39, n. 1, p. 90-98, 1993.

LEDRU, M. P.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; LORSCHREITER, M. L. Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10,000 yr B.P. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 99, p. 131-142, 1998.

LEDRU, M. P.; MOURGUIART, P.; RICCOMINI, C. Related changes in biodiversity, insolation and climate in the Atlantic rainforest since the last interglacial. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 271, p. 140-152, 2009.

LIBBY, W. F.; ANDERSON, E. C.; ARNOLD, J. R. Age determination by radiocarbon content: worldwide assay of natural radiocarbon. **Science**, Washington, v. 109, p. 227-228, 1949.

LIVINGSTONE, D. A. A lightweight piston sampler for lake deposits. **Ecology**, Brooklyn, v. 36, n. 1, p. 137-139, 1955.

LONDRÉ, R. A.; SCHNITZER, S. A. The distribution of lianas and their change in abundance in temperate forests over the past 45 years. **Ecology**, Brooklyn, v. 87, n. 12, p. 2973-2978, 2006.

LORSCHUITTER, M. L. et al. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil, Part I. **Palaeontographica, Abt. B**, Stuttgart, v. 246, p. 1-113, 1998.

LORSCHUITTER, M. L. et al. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil, Part II. **Palaeontographica, Abt. B**, Stuttgart, v. 251, p. 7-235, 1999.

MACBETH DIVISION OF KOLLMORGEN CORPORATION. **Munsell soil color charts**. Baltimore, 1995.

MACKO, S. A.; ESTEP, M. L. Microbial alteration of stable nitrogen and carbon isotopic compositions of organic matter. **Organic Geochemistry**, Amsterdam, v. 6, p. 787-790, 1984.

MAGALHÃES E SILVA, F. H.; RIBEIRO DOS SANTOS, F. A. Pollen morphology of the shrub and arboreal flora of mangroves of Northeastern Brazil. **Wetlands Ecology and Management**, Dordrecht, v. 17, n. 5, p. 423-443, 2009.

MARCHANT, R. et al. Distribution and ecology of parent taxa of pollen lodged within the Latin American Pollen Database. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 121, p. 1-75, 2002.

MARIOTTI, A.; LANCELOT, C.; BILLEN, G. Natural isotopic composition of nitrogen as a tracer of origin for suspended organic matter in the Scheldt estuary. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, New York, v. 48, p. 549-555, 1984.

MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. Fluctuating Holocene sea-levels in eastern and southeastern Brazil: evidence from multiple fossil and geometric indicators. **Journal of Coastal Research**, Tallahassee, v. 19, p. 101-124, 2003.

MATSUURA, Y.; WADA, E. Carbon and nitrogen stable isotope ratios in marine organic matters of the coastal ecosystem in Ubatuba, southern Brazil. **Ciência e Cultura**, Rio de Janeiro, v. 46, p. 141-146, 1994.

MEIRA NETO, J. A. A. et al. Composição florística, espectro biológico e fitofisionomia da vegetação de muçununga nos municípios de Caravelas e Mucuri, Bahia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 139-150, 2005.

MEYERS, P. A. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. **Organic Geochemistry**, Amsterdam, v. 34, p. 261-289, 2003.

MEYERS, P. A. Preservation of source identification of sedimentary organic matter during and after deposition. **Chemical Geology**, Amsterdam, v. 114, p. 289-302, 1994.

MIDDELBURG, J. J.; NIEUWENHUIZE, J. Carbon and nitrogen stable isotopes in suspended matter and sediments from the Schelde Estuary. **Marine Chemistry**, Amsterdam, v. 60, p. 217-225, 1998.

MORI, S. A.; BOOM, B. M.; PRANCE, G. T. Distribution patterns and conservation of Eastern Brazilian coastal forest tree species. **Brittonia**, New York, v. 33, n. 2, p. 233-245, 1981.

MORO, R. S.; FÜRSTENBERGER, C. B. **Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas**. Ponta Grossa: Editora da Universidade Estadual de Ponta Grossa, 1997. 282 p.

NAGAI, R. H. et al. Paleoproductivity changes during the Holocene in the inner shelf of Cabo Frio, southeastern Brazilian continental margin: benthic foraminifera and sedimentological proxies. **Quaternary International**, Oxford, v. 206, p. 62-71, 2009.

NATELHOFFER, K. J.; FRY, B. Controls on natural nitrogen-15 and carbon-13 abundances in forest soil organic matter. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 52, p. 1633-1640, 1988.

NAVE, C. R. **Hypersphysics**. Atlanta: Georgia State University, 2006. Disponível em: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>. Acesso em: 27 mar. 2010.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. p. 265-313.

OKUNO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. São Paulo: Harbra, 1986. 43 p.

OLIVEIRA, A. P. de. **Pedogênese de espodossolos em ambientes da Formação Barreiras e de restinga do sul da Bahia**. 2007. 102 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

OWENS, N. J. P. Natural variations in ^{15}N in the marine environment. **Advances in Marine Biology**, London, v. 24, p. 389-451, 1987.

PEIXOTO, A. L.; GENTRY, A. Diversidade e composição florística da mata de tabuleiros na Reserva Florestal de Linhares (Espírito Santo, Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 19-25, 1990.

PEIXOTO, A. L.; ROSA, M. M. T.; JOELS, L. C. M. Diagramas de perfil e de cobertura de um trecho da floresta de tabuleiro na Reserva Florestal de Linhares (Espírito Santo, Brasil). **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 177-193, 1995.

PESSENDA, L. C. R. et al. The use of carbon isotopes (^{13}C , ^{14}C) in soil to evaluate vegetation changes during the Holocene in central Brazil. **Radiocarbon**, New Haven, v. 38, n. 2, p. 191-201, 1996a.

PESSENDA, L. C. R. et al. Natural radiocarbon measurements in Brazilian soils developed on basic rocks. **Radiocarbon**, New Haven, v. 38, n. 2, p. 203-208, 1996b.

PESSENDA, L. C. R. et al. Vegetation dynamics during the late Pleistocene in the Barreirinhas region, Maranhão State, northeastern Brazil, based on carbon isotopes in soil organic matter. **Quaternary Research**, San Diego, v. 62, p. 183-193, 2004a.

PESSENDA, L. C. R. et al. Holocene fire and vegetation changes in southeastern Brazil as deduced from fossil charcoal and soil carbon isotopes. **Quaternary International**, Oxford, v. 114, p. 35-43, 2004b.

PESSENDA, L. C. R. et al. Holocene palaeoenvironmental reconstruction in northeastern Brazil inferred from pollen, charcoal and carbon isotope records. **The Holocene**, Thousand Oaks, v. 15, n. 6, p. 814-822, 2005.

PESSENDA, L. C. R. et al. Interdisciplinary paleovegetation study in Fernando de Noronha Island (Pernambuco State), northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 80, n. 4, p. 677-691, 2008.

PESSENDA, L. C. R. et al. The evolution of a tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since 28000 ^{14}C yr BP based on carbon isotopes and pollen records. **Quaternary Research**, San Diego, v. 71, p. 437-452, 2009.

PETRÓLEO BRASILEIRO. **Projeto Rio Doce**: geologia da parte continental. Brasília, 1972. 62p. (Relatório DIREX, 1582).

PRANCE, G. T. A review of the phytogeographic evidences for Pleistocene climate changes in the Neotropics. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, St. Louis, v. 69, n. 3, p. 594-624, 1982.

RAO, T. S.; RAO, R. R. Pollen morphology of *Pontederiaceae*. **Pollen et Spores**, Paris, v. 3, p. 45-47, 1962.

RAU, G. H.; TAKAHASHI, T.; DES MARAIS, D. J. Latitudinal variations in plankton $\delta^{13}\text{C}$: implications for CO_2 and productivity in past oceans. **Nature**, London, v. 341, p. 516-518, 1989.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996, 728 p.

RAYOL, B. P.; ALVINO, F. O.; SILVA, M. F. F. Estrutura e composição florística da regeneração natural de duas florestas secundárias em Capitão Poço, Pará, Brasil. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v. 4, n. 7, p. 103-116, 2008.

REIMER, P. J. et al. INTCAL04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0–26 cal kyr BP. **Radiocarbon**, New Haven, v. 46, n. 3, p. 1029-1058, 2004.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições, 1997. 747 p.

ROUBIK, D. W.; PATIÑO, J. E. M. **Pollen and spores of Barro Colorado Island**. St. Louis: Missouri Botanical Garden, 1991. 268 p.

SAIA, S. E. M. G. **Reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) no Quaternário tardio com base em estudo multi/interdisciplinar no Vale do Ribeira (sul do estado de São Paulo)**. 2006. 119 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

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

SANTOS, R. D. et al. **Levantamento expedito dos solos das reservas florestais de Linhares e Sooretama no estado do Espírito Santo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 66 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 49).

SAPORETTI JR, A. W. **Vegetação e solos de muçununga em Caravelas, Bahia**. 2009. 139 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. **Estuaries**, Solomons Island, v. 13, n. 2, p. 204-218, 1990.

SCHOLL, D. W.; CRAIGHEAD, F. C.; STUIVER, M. Florida submergence curve revised: its relation to coastal sedimentation rates. **Science**, Washington, v. 163, n. 3867, p. 562-564, 1969.

SERVANT, M. et al. Sécheresse holocène au Brésil (18-20° latitude Sud). Implications paléométéorologiques. **Comptes Rendus de la Academia de Science**, Paris, v. 309, série II, p. 153-156, 1989.

SHONO, K.; DAVIES, S. J.; KHENG, C. Y. Regeneration of native plant species in restored forests on degraded lands in Singapore. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 237, p. 574-582, 2006.

SIMONELLI, M. **Composição florística e estrutura do estrato arbóreo de uma muçununga na Reserva Florestal de Linhares, Espírito Santo**. 1998. 101 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APGII**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 704 p.

STAFFORD, P. J. The Northwest European pollen flora, 58. *Azollaceae*. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 123, p. 9-17, 2003a.

STAFFORD, P.J. The Northwest European pollen flora, 59. *Salviniaceae*. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 123, p. 19-25, 2003b.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. Passado + Presente = Futuro? 1. ed. São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999. 53 p.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Significance of Quaternary sea-level fluctuations for delta construction along the Brazilian Coast. **Geo-Marine Letters**, Stroudsburg, v. 1, p. 181-185, 1981.

SUGUIO, K. et al. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 273-286, 1985.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C.; TAIOLI, F. (Org.). **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. 303 p.

THOMAS, W. W. et al. Plant endemism in two forests in southern Bahia, Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 7, p. 311-322, 1998.

THOMAS, W. W. Natural vegetation types in southern Bahia. In: PRADO, P. I. et al. **Corredor de biodiversidade da Mata Atlântica do sul da Bahia**. Ilhéus: IESB; CI; CABS; UFMG; UNICAMP, 2003. 1 CD-ROM.

THORNTON, S. F.; MCMANUS, J. Application of organic carbon and nitrogen stable isotope and C/N ratios as source indicators of organic matter provenance in estuarine systems: evidence from the Tay Estuary, Scotland. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, London, v. 38, p. 219-233, 1994.

TROUGHTON, J. H.; STOUT, J. D.; RAFTER, T. Long-term stability of plant communities. **Yearbook of the Carnegie Institute of Washington**, Washington, v. 73, p. 838-845, 1974.

URREGO, L. E.; BERNAL, G.; POLANÍA, J. Comparison of pollen distribution patterns in surface sediments of a Colombian Caribbean mangrove with geomorphology and vegetation. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, v. 156, p. 358-375, 2009.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.

VIDOTTO, E. **Reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) no Parque Estadual da Ilha do Cardoso – SP durante o Quaternário tardio**. 2008. 199 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

VIDOTTO, E. et al. Dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 385-400, 2007.

WADA, E. et al. Stable isotopic studies on the Rio Doce Valley lake ecosystem in Brazil. In: SAIJO, Y.; TUNDISI, J. G. (Ed.). **Limnological studies in Rio Doce Valley Lakes, Brazil**. Chikusa-Ku: Nagoya University, 1989. p. 71-76.

WALANUS, A. Drawing the optimal depth-age curve on the basis of calibrated radiocarbon dates. **Geochronometria**, Gliwice, Poland, v. 31, p. 1-5, 2008.

WILSON, G. P. et al. Variability of organic $\delta^{13}\text{C}$ and C/N in the Mersey Estuary, U.K. and its implications for sea-level reconstructions studies. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, London, v. 64, n. 4, p. 685-698, 2005a.

WILSON, G. P. et al. $\delta^{13}\text{C}$ and C/N as potential coastal palaeoenvironmental indicators in the Mersey Estuary, UK. **Quaternary Science Reviews**, Oxford, v. 24, p. 2015-2029, 2005b.

YBERT, J. P. et al. Environmental and sea-level variations on the southeastern Brazilian coast during Late Holocene with comments on prehistoric human occupation. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 189, p. 11-24, 2003.

ZAPPI, D. C.; LUCAS, E. *Sauvagesia nitida* Zappi & E. Lucas (*Ochnaceae*) – a new species from Catolés, Bahia, NE Brazil, and notes on *Sauvagesia* in Bahia & Minas Gerais. **Kew Bulletin**, London, v. 57, p. 711-717, 2002.

ZAVADA, M. Pollen morphology of *Ulmaceae*. **Grana**, Stockholm, v. 22, p. 23-30, 1983.

ANEXOS

ANEXO A – Morfologia, biologia e ecologia dos tipos polínicos

Relação dos tipos polínicos identificados, com descrição morfológica, fonte utilizada para identificação e informações biológicas e ecológicas dos mesmos.

A sigla P indica o comprimento do eixo polar, a sigla E o comprimento do eixo equatorial. O código ESA corresponde a uma exsicata depositada no Herbário da ESALQ/USP, o código CVRD corresponde a uma exsicata depositada no Herbário da Reserva Vale, em Linhares/ES. O número que segue esses códigos é o da respectiva exsicata. Material polínico dessas exsicatas faz parte da palinoteca do Laboratório de ^{14}C do CENA/USP.

a) Esporos

Blechnaceae

Blechnum

Prancha 1:1

Monolete gemado.

ESA 70531 *Blechnum serrulatum* Rich.

Gênero constituído por samambaias de hábito herbáceo, mas com algumas espécies arborescentes (MARCHANT et al., 2002).

Cyatheaceae

Cyatheaceae tipo 1

Prancha 1:2

Trilete psilado, 60 μm em vista proximal.

Cyatheaceae tipo 2

Prancha 1:3

Trilete psilado, 60 μm em vista proximal, lesão com estrias.

Cyatheaceae tipo 3

Prancha 1:4

Trilete verrucado, 55 μm em vista proximal.

Roubik e Patiño (1991), Colinvaux et al. (1999).

ESA 70487 *Alsophila sternbergii* (Sternb.) Conant.

ESA 70600 *Cyathea atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Domin.

ESA 29251 *Trichipteris atrovirens* (Langsd. & Fisch.) Tryon.

Cyatheaceae é constituída por samambaias arborescentes, frequentes nos ambientes florestais úmidos (LORSCHREITTER et al., 1999). Os gêneros *Cyathea* e *Alsophila* são os

mais comuns no Brasil (JOLY, 1998). O gênero *Cyathea* é um bom indicador de condições ambientais permanentemente úmidas (MARCHANT et al., 2002).

Dennstaedtiaceae Prancha 1:5

Trilete psilado, 27 µm, amb semi-côncavo, em vista proximal.

ESA 79728 *Dennstaedtia* cf. *cicutaria* (Sw.) Moore

Dryopteridaceae Prancha 2:6

Monolete densamente equinado.

Vidotto (2008)

Lycopodiaceae Prancha 2:7

Trilete reticulado/rugulado, 37 µm em vista proximal.

CVRD 4063 *Lycopodiella cernua* (L.) Pic. Serm.

Ervas terrestres (LORSCHÉITTER et al., 1998).

Marattiaceae Prancha 2:8

Monolete equinado.

ESA 61863 *Danaea elliptica* Sw.

ESA 95622 *Marattia laevis* Sm.

Marattia laevis é representada por ervas terrestres. No Rio Grande do Sul a espécie habita interior de florestas e é relativamente rara (LORSCHÉITTER et al., 1998).

Osmundaceae Prancha 2:9

Trilete tuberculado, 63 µm em vista proximal.

ESA 86421 *Osmunda regalis* L.

Segundo Lorscheitter et al. (1998), no Rio Grande do Sul *Osmunda regalis* é representada por ervas em habitat terrestre, tais como locais alagáveis e enconstas úmidas.

Polypodiaceae Prancha 2:10

Monolete verrucado.

CVRD 5928 *Microgramma lycopodioides* (L.) Copel.

Pteridaceae

- Ceratopteris* tipo 1 Prancha 3:11
Ceratopteris tipo 2 Prancha 3:12
 CVRD 8101 *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn.
 Triletes fossulados.
Pteridaceae tipo 1 Prancha 3:13
 Trilete reticulado, 47 µm em vista proximal.
Pteridaceae tipo 2 Prancha 3:14
 Trilete rugulado em vista distal, 45 µm, com lesão estriada
Pteridaceae tipo 3 Prancha 4:15
 Trilete reticulado, 65 µm em vista proximal.
 CVRD 4485 *Pteris brasiliensis* Raddi.
 CVRD 1426 *Pteris schuwarckeana* Christ
 CVRD 5936 *Pityrogramma calomelanos* (L.) Link

Salviniaceae

- Salvinia* tipo 1 Prancha 4:18
 Trilete psilado, 23 µm em vista proximal, amb circular.
Salvinia tipo 2 Prancha 4:19
 Trilete reticulado 25 µm em vista proximal.
Salvinia tipo 3 Prancha 4:20
 Trilete psilado, 22 µm em vista proximal.
Salvinia tipo 4 Prancha 4:21
 Trilete psilado, 17 µm em vista proximal.
 Stafford (2003a; 2003b)

Frequente em todo o Brasil. Os esporófitos adultos são plantas aquáticas flutuantes livres (JOLY, 1998).

Schizaeaceae

- Anemia* Prancha 5:22
 Esporo trilete com cicatrizes e báculas, cerca de 70 µm em vista distal.
 CVRD 8546 *Anemia luetzelburgii* Rosenst.
 CVRD 7416 *Anemia phyllitidis* (L.) Sw.

O gênero *Anemia* é representado por plantas terrestres com caule pouco desenvolvido (JOLY, 1998). No Rio Grande do Sul *Anemia phyllitidis* ocorre em habitats bastante diversos, mas geralmente em locais sombreados (LORSCHUITTER et al., 1998).

Selaginellaceae

Selaginella tipo 1 Prancha 5:23

Esporo trilete verrucado, 33 µm (dimensão equatorial).

Selaginella tipo 2 Prancha 5:24

Esporo trilete equinado.

Lorscheitter et al. (1998), Colinvaux et al. (1999) e Ferrazo et al. (2008).

O gênero *Selaginella* compreende ervas terrestres em habitats diversos (LORSCHUITTER et al. 1998).

Monoletes

Monolete tipo 1 Prancha 5:25

Monolete tipo 2. Psilado. Prancha 5:26

Monolete tipo 3. Reticulado. Prancha 5:27

Monolete tipo 4. Equinado. Prancha 6:28

Monolete tipo 5. Psilado. Prancha 6:29

Monolete tipo 6 Prancha 6:30

Monolete tipo 7. Reticulado. Prancha 6:31

Monolete tipo 8 Prancha 6:32

Monolete tipo 9. Psilado. Prancha 6:33

Monolete tipo 10 Prancha 6:34

Monolete tipo 11. Psilado. Prancha 6:35

Monolete tipo 12. Psilado. Prancha 6:36

Monolete tipo 13. Verrucado. Prancha 7:37

Monolete tipo 14 Prancha 7:38

Monolete tipo 15. Reticulado. Prancha 7:39

Monolete tipo 16. Psilado. Prancha 7:40

Monolete tipo 17. Micro-equinado. Prancha 8:41

Monolete tipo 18. Verrucado. Prancha 8:42

Triletes

Trilete tipo 1. Psilado.	Prancha 8:43
Trilete tipo 2. Psilado.	Prancha 9:44
Trilete tipo 3.	Prancha 9:45
Trilete tipo 4. Psilado.	Prancha 9:46
Trilete tipo 5. Reticulado.	Prancha 9:47
Trilete tipo 6. Psilado.	Prancha 9:48
Trilete tipo 7. Reticulado.	Prancha 9:49
Trilete tipo 8. Densamente micro-verrucado.	Prancha 9:50
Trilete tipo 9. Reticulado.	Prancha 10:51
Trilete tipo 10. Psilado.	Prancha 10:52
Trilete tipo 11. Psilado.	Prancha 10:53
Trilete tipo 12	Prancha 10:54
Trilete tipo 13. Reticulado.	Prancha 10:55
Trilete tipo 14. Reticulado.	Prancha 11:56
Trilete tipo 15. Reticulado.	Prancha 11:57
Trilete tipo 16. Reticulado.	Prancha 11:58

b) Grãos de pólen***Avicennia***

Avicennia tipo 1 Prancha 12:59

Tricolporado, reticulado, circular em vista equatorial. P = 25-26 μm ; E = 25-26 μm .

Avicennia tipo 2 Prancha 12:60

Tricolporado, reticulado, prolado. P = 29-30 μm ; E = 21-22 μm .

Absy (1975); Magalhães e Silva e Ribeiro dos Santos (2009).

É um dos três gêneros arbóreos que ocorre nos manguezais brasileiros. Com denominação popular de siriúba, possui raízes respiratórias denominadas pneumatóforos (JOLY, 1998; SOUZA e LORENZI, 2008). Ocorre atrás da zona dominada por *Rhizophora* em áreas com menor frequência e duração de inundações pelas marés (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990; MARCHANT et al., 2002).

Amaranthaceae

Amaranthaceae tipo 1 Prancha 12:61

Esférico, lofado. Diâmetro = 24-25 μm .

Amaranthaceae tipo 2 Prancha 12:62

Esférico, periporado. Diâmetro = 22 μm .

Colinvaux et al. (1999)

Família representada por ervas, menos frequentemente lianas, subarbustos ou arbustos. No Brasil as espécies da família são comumente encontradas em ambientes abertos, tais como cerrados e dunas litorâneas. Algumas espécies dos gêneros *Celosia* e *Cyathula* podem ser encontradas no interior de florestas, principalmente em áreas perturbadas (SOUZA e LORENZI, 2008).

Anacardiaceae

Astronium Prancha 12:63

Tricolporado, reticulado, poro lalongado. P = 24-25 μm ; E = 22-23 μm .

Spondias Prancha 12:64

Tricolporado, reticulado, sub-prolado. P = 42 μm ; E = 32-33 μm .

Anacardiaceae tipo 1 Prancha 12:65

Tricolporado, estriado no sentido do eixo polar, prolado. P = 30 μm ; E = 18-19 μm .

Anacardiaceae tipo 2 Prancha 12:66

Tricolporado, reticulado/estriado, poro lalongado. P = 24-25 μm ; E = 23-24 μm .

Anacardiaceae tipo 3 Prancha 13:67

Tricolporado, estriado no sentido do eixo polar, poro lalongado. P = 24-25 μm ; E = 21-22 μm .

Colinvaux et al. (1999)

CVRD 102 *Spondias* cf. *macrocarpa* Engl.

ESA 48175 *Astronium* cf. *graveolens* Jacq.

CVRD 3153 *Schinus terebinthifolia* Raddi

CVRD 6570 *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.

A família compreende principalmente arbustos ou árvores, raramente lianas ou ervas (SOUZA e LORENZI, 2008).

As espécies de *Astronium* são árvores adaptadas a florestas com clima estacional (MARCHANT et al, 2002).

Spondias compreende espécies arbóreas principalmente de terras baixas do noroeste da Amazônia, mas algumas espécies são também adaptadas climas menos úmidos e ocorrem em savanas e caatingas (MARCHANT et al., 2002).

Apiaceae

Apium Prancha 13:68

Tricolporado, prolado, amb circular, escabrado. P = 23-24 μm ; E = 14-16 μm .

ESA 11284 *Apium* cf. *sellowianum* Wollf.

Gênero de plantas herbáceas ruderais muito comuns por todo o Brasil (JOLY, 1998). Algumas espécies podem ocorrer em margens de lagos e pântanos, algumas podem suportar condições salinas (MARCHANT et al., 2002).

Apocynaceae

Forsteronia Prancha 13:69

Triporado, esférico, poro anulado, escabrado. Diâmetro = 21-23 μm .

Macoubea Prancha 13:70

Dicolporado, psilado.

ESA 46550 *Macoubea sprucei* (Müll. Arg.) Markgr.

CVRD 4680 *Forsteronia leptocarpa* (Hook. & Arn.) A. DC.

CVRD 6664 *Forsteronia montana* Müll. Arg.

O gênero *Forsteronia* compreende árvores tropicais de florestas de terras baixas, ocorrem desde a Mata Atlântica até a Amazônia (MARCHANT et al., 2002).

Macoubea é representado por árvores de grande porte (MARCHANT et al., 2002).

Aquifoliaceae

Ilex tipo 1 Prancha 13:71

Tricolporado, circular em vista equatorial, clavado. P = 39-40 μm ; E = 38-40 μm .

Ilex tipo 2 Prancha 13:72

Tricolporado, sub-oblado, clavado. P = 23-25 μm ; E = 25-26 μm .

Ilex tipo 3 Prancha 13:73

Grãos clavados, deformados.

ESA 16521 *Ilex amara* (Vell.) Loes.

Gênero representado por árvores, arbustos a subarbustos. As espécies ocorrem nas mais diversas formações vegetais. Podem ser encontradas em restingas, campos, matas

ciliares, banhados, topos de morros, bordas ou interiores de matas (GROPPO JR. e PIRANI, 2002).

Araliaceae

Dendropanax Prancha 13:74

Tricolporado, reticulado, sub-prolado, poro lalongado. P = 25 µm; E = 23-24 µm.

Didymopanax Prancha 13:75

Tricolporado, reticulado, sub-oblado, poro lalongado. P = 24-25 µm; E = 26-27 µm.

Colinvaux et al. (1999)

ESA 36144 *Dendropanax cuneatum* Decne & Plench.

Família composta por representantes arbustivos ou arbóreos. *Dendropanax cuneatum* é espécie bastante comum, principalmente em matas ciliares (SOUZA e LORENZI, 2008).

Areceaceae

Desmoncus Prancha 14:76

Monosulcado, escabrado/micro-reticulado, parede com cerca de 1,8 µm de espessura.

Areceaceae tipo 1 Prancha 14:77

Monosulcado, reticulado.

Areceaceae tipo 2 Prancha 14:78

Monosulcado, escabrado.

Areceaceae tipo 3 Prancha 14:79

Monosulcado, sulco assemelhado a uma abertura trilete, reticulado.

Areceaceae tipo 4 Prancha 14:80

Monosulcado, reticulado.

Areceaceae tipo 5 Prancha 14:81

Monosulcado, reticulado.

Colinvaux et al. (1999)

CVRD 1696 *Desmoncus orthacanthos* Mart.

CVRD 1766 *Attalea humilis* Mart. ex Spreng.

A família compreende palmeiras, com estipe geralmente lenhoso. Essencialmente tropical. No Brasil ocorrem em praticamente todas as formações vegetais (SOUZA e LORENZI, 2008).

Asteraceae

Asteraceae tipo 1 Prancha 14:82

Tricolporado, equinado, sub-prolado. P = 21-23 μm ; E = 21-22 μm .

Asteraceae tipo 2 Prancha 14:83

Tricolporado, equinado, sub-oblado, amb circular; P = 19 μm ; E = 21-22 μm .

Asteraceae tipo 3 Prancha 15:84

Tricolporado, equinado.

Asteraceae tipo 4 Prancha 15:85

Tricolporado, equinado.

Colinvaux et al. (1999)

Família composta por ervas, subarbustos, arbustos, menos frequentemente árvores ou lianas. Bem representada no Brasil, especialmente em formações abertas. No interior de florestas densas a família é pouco comum e poucos gêneros podem ser encontrados. Espécies arbustivas e arbóreas podem ser comuns em florestas secundárias (SOUZA e LORENZI, 2008).

Begoniaceae

Begonia Prancha 15:86

Tricolporado, prolado, estriado no sentido do eixo polar. P = 14 μm ; E = 10-11 μm .

ESA 83714 *Begonia angularis*

Gênero composto por ervas, menos frequentemente subarbustos ou arbustos, raramente epífitas. No Brasil as espécies nativas concentram-se na Mata Atlântica, são raras as espécies amazônicas (SOUZA e LORENZI, 2008).

Bonnetiaceae

Bonnetia Prancha 15:87

Tricolporado, sincolpado, amb triangular, reticulado. E = 49 μm .

Material coletado durante as viagens de campo.

As espécies do gênero são arbustos ou arvoretas. *Bonnetia stricta* é uma espécie que ocorre em áreas de dunas do litoral da Bahia (SOUZA e LORENZI, 2008).

Burseraceae

Crepidosperum/Protium Prancha 15:88

Tricolporado, poro lalongado, sub-prolado, psilado. P = 26 μm ; E = 22-23 μm .

CVRD 714 *Crepidospermum atlanticum* Daly

CVRD 2593 *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March.

Família com espécies principalmente arbóreas, com menor frequência arbustivas. A maioria das espécies é nativa da Amazônia. *Protium* é o gênero mais amplamente distribuído pelo Brasil (SOUZA e LORENZI, 2008).

Cannabaceae

Trema

Prancha 15:89

Diporado, poro anulado, escabrado.

Zavada (1983).

Trema micrantha é uma espécie arbórea com ampla ocorrência no Brasil, comum em florestas secundárias (SOUZA e LORENZI, 2008).

Caryocaraceae

Anthodiscus

Prancha 15:90

Tricolporado, poro lalongado, escabrado/reticulado, sub-prolado. P = 20-22 μm ; E = 17-19 μm .

CVRD 2313 *Anthodiscus amazonicus* Gleason & A.C. Sm.

A família apresenta espécies de hábito arbóreo a arbustivo (SOUZA e LORENZI, 2008). As espécies do gênero *Anthodiscus* são grandes árvores com ocorrência disjunta na Amazônia e na Mata Atlântica ao sul da Bahia (MARCHANT et al., 2002; SOUZA e LORENZI, 2008).

Celastraceae

Peritassa tipo 1

Prancha 15:91

Tricolporado, poro incospícuo, reticulado, oblado. P = 20 μm ; E = 21 μm .

Peritassa tipo 2

Prancha 16:92

Tricolporado, poro lalongado, reticulado, sub-prolado. P = 18-19 μm ; E = 16-17 μm .

ESA 16231 *Peritassa campestris* (Cambess.) A.C. Sm.

Chloranthaceae

Hedyosmum

Prancha 16:93

Inaperturado, amb circular, clavado. Diâmetro aproximado de 35 μm .

ESA 86002 *Hedyosmum brasiliense* Mart. ex Miq.

Hedysosmum brasiliense é a espécie mais comum no Brasil. Ocorre em áreas alagáveis de altitude em quase todo o território, exceto na Amazônia e no nordeste. Planta lenhosa de pequeno porte (SOUZA e LORENZI, 2008).

Clusiaceae

Symphonia Prancha 16:94

Pentaporado, micro reticulado, parede com cerca de 4,5 µm de espessura. E = 49 µm.

CVRD 284 *Symphonia globulifera* L.F.

Gênero de espécies arbóreas, com grandes árvores na Amazônia, em solos pobres de terra firme, mas também na restinga da costa atlântica brasileira (MARCHANT et al., 2002).

Combretaceae

Laguncularia tipo 1 Prancha 16:95

Tricolporado, reticulado, sub-prolado, poro com constrição equatorial. P = 20-21 µm; E = 19-20 µm.

Laguncularia tipo 2 Prancha 16:96

Tricolporado, psilado, circular em vista equatorial, poro com constrição equatorial. P = 23-24 µm; E = 23-24 µm.

Laguncularia tipo 3 Prancha 16:97

Tricolporado, escabrado, oblado, poro retangular. P = 19-20 µm; E = 20-22 µm.

Laguncularia tipo 4 Prancha 16:98

Tricolporado, micro-reticulado, poro visível somente em corte óptico, sub-prolado. P = 21 µm; E = 18-19 µm.

ESA 5066 *Laguncularia racemosa*

Barth e Silva (1965), Magalhães e Silva e Ribeiro dos Santos (2009)

Laguncularia racemosa é uma das espécies arbóreas típicas dos manguezais brasileiros, conhecida como mangue-branco. Ocorre tanto no interior dos manguezais como na sua transição para a floresta de restinga. Apresenta raízes com pneumatóforos, que permitem a oxigenação dos tecidos mesmo no solo alagável (SOUZA e LORENZI, 2008).

Cunoniaceae

Lamanonia tipo 1 Prancha 16:99

Dicolporado, reticulado, sub-prolado. P = 12-13 µm.

Lamanonia tipo 2 Prancha 16:100

Dicolporado, escabrado, sub-prolado. P = 10-11 μm .

ESA 18060 *Lamanonia cuneata* (Camb.) Kuntze

Barth e Silva (1963)

Weinmannia

Prancha 17:101

Tricolporado, reticulado. P = 10 μm ; E = 10 μm .

ESA 13980 *Weinmannia paulliniifolia* Pohl. ex Seringe

Os gêneros *Lamanonia* e *Weinmannia* são representados por espécies arbóreas ou arbustivas. As espécies ocorrem principalmente em florestas de altitude do sul e sudeste, mas algumas podem ocorrer em outras formações florestais, principalmente na restinga (SOUZA e LORENZI, 2008).

Cyperaceae

Eleocharis

Prancha 17:102

Provavelmente inaperturado, reticulado.

Cyperaceae tipo 1

Prancha 17:103

Monoaperturado, reticulado.

Cyperaceae tipo 2

Prancha 17:104

Inaperturado, reticulado.

Cyperaceae tipo 3

Prancha 17:105

4 ou 5-aperturado, reticulado.

Colinvaux et al. (1999); Roubik e Patiño (1991)

CVRD 8333 *Eleocharis interstincta* (Vahl.) Roem. & Schult.

ESA 43203 *Cyperus diffusus* Vahl.

ESA 43200 *Ascolepis brasiliensis* (Kunth.) Benth. ex Clarbe

A família é representada por ervas de pequeno a grande porte, raramente lianas ou plantas arborescentes. No Brasil as espécies são encontradas principalmente em áreas abertas e alagáveis (SOUZA e LORENZI, 2008). O gênero *Cyperus* pode ocorrer em áreas com influência fluviomarinha, em ambientes salobros (IBGE, 1987).

Dilleniaceae

Tetracera

Prancha 17:106

Inaperturado, reticulado, presença de áreas onde a parede é mais delgada.

ESA 71698 *Tetracera willdenowiana* Steud.

Na área de estudo ocorre *Tetracera lasiocarpa*, um cipó lenhoso (CVRD 4428).

Elaeocarpaceae*Sloanea*

Prancha 17:107

Tricolporado, psilado/escabrado, circular em vista equatorial. P = 14-15 µm; E = 14-15 µm.

ESA 29325 *Sloanea guianensis* (Aubl.) Benth.

Geralmente árvores de dossel com raízes tabulares (SOUZA e LORENZI, 2008). Segundo Marchant et al. (2002) as espécies do gênero ocorrem do Panamá até a região amazônica. Já Rizzini (1997) considera um gênero com ocorrência disjunta, na Amazônia e na Mata Atlântica brasileira.

Euphorbiaceae*Acalypha* tipo 1

Prancha 17:108

Tricolporado, circular em vista equatorial, amb circular, escabrado. P = 11-12 µm; E = 11-12 µm.

Acalypha tipo 2

Prancha 17:109

Tricolporado, oblado, escabrado, amb triangular. P = 11-12 µm; E = 15-16 µm.

ESA 38001 *Acalypha diversifolia* Jacq.ESA 77630 *Acalypha multicaulis* Muell. Arg.*Alchornea/Aparisthium* tipo 1

Prancha 18:110

Tricolporado, presença de opérculo, circular em vista equatorial, escabrado. P = 16-17 µm; E = 16-17 µm.

Alchornea/Aparisthium tipo 2

Prancha 18:111

Tricolporado, presença de opérculo, peroblado, verrucado. P = 14-15 µm; E = 25-26 µm.

Alchornea/Aparisthium tipo 3

Prancha 18:112

Tricolporado, presença de opérculo, prolado, escabrado. P = 22-23 µm; E = 17-19 µm.

Alchornea/Aparisthium tipo 4

Prancha 18:113

Tricolporado, presença de opérculo, circular em vista equatorial, reticulado. P = 20-21 µm; E = 20-21 µm.

Alchornea/Aparisthium tipo 5

Prancha 18:114

Tricolporado, presença de opérculo, oblado, escabrado, engrossamento da parede na região equatorial. P = 19-20 µm; E = 22-23 µm.

Colinvaux et al. (1999)

Caperonia

Prancha 18:115

Tricolporado, oblado-esferoidal, reticulado, simplicolumelado. P = 25-26 µm; E = 26-28 µm.

CVRD 5032	<i>Caperonia palustris</i> A. St.-Hil.	
Padrão	<i>Croton</i>	Prancha 18:116
Colinvaux et al. (1999)		
	<i>Glycydendron</i>	Prancha 18:117
Tricolporado, poro visível somente em corte óptico, clavado, sub-prolado. P = 36-37 µm; E = 34-35 µm.		
CVRD 810	<i>Glycydendron amazonicum</i> Ducke	
	<i>Sebastiania</i> tipo 1	Prancha 19:118
Tricolporado, sub-oblado, reticulado. P = 16-17 µm; E = 18-20 µm.		
	<i>Sebastiania</i> tipo 2	Prancha 19:119
Tricolporado, oblado-esferoidal, reticulado; P = 26-27; E = 26-28 µm.		
	<i>Sebastiania</i> tipo 3	Prancha 19:120
Tricolporado, prolado-esferoidal, poro lalongado, reticulado. P = 34-35 µm; E = 33 µm.		
Colinvaux et al. (1999)		
	<i>Senefeldera</i>	Prancha 19:121
Tricolporado, prolado-esferoidal, poro lalongado, reticulado. P = 25 µm; E = 22-24 µm.		
CVRD 91	<i>Senefeldera multiflora</i> Mart.	

O gênero *Acalypha* é representado por ervas lenhosas ou arbustos com ampla dispersão, tanto em áreas mais úmidas quanto em áreas mais secas (MARCHANT et al., 2002).

O gênero *Alchornea* é representado principalmente por espécies arbóreas, com ocorrência em diversos tipos de vegetação, tais como savanas e florestas. *Alchornea triplinervea* é uma espécie de ampla distribuição, em quase todas as formações naturais (SOUZA e LORENZI, 2008).

As espécies de *Caperonia* são ervas aquáticas e semi-aquáticas, principalmente em regiões tropicais de baixa altitude (MARCHANT et al., 2002).

O gênero *Croton* é comum em quase todos os ecossistemas, compreende espécies arbustivas e arbóreas (MARCHANT et al., 2002). Destaque para *Croton urucuana*, típico de formações ciliares (SOUZA e LORENZI, 2008). No entanto, o padrão *Croton* pode indicar espécies de gêneros diversos, tais como *Manihot* (MARCHANT et al., 2002).

O gênero *Glycydendron* é de origem amazônica (RIZZINI, 1997). *Glycydendron amazonicum* é espécie arbórea com distribuição disjunta, na Amazônia e na Floresta dos Tabuleiros (GARAY e RIZZINI, 2003).

O gênero *Sebastiania* é representado por espécies arbustivas, principalmente em florestas ciliares (MARCHANT et al., 2002).

De acordo com Rizzini (1997), o gênero *Senefeldera* é comum às florestas Amazônica e Atlântica. *Senefeldera multiflora* ocorre somente no norte do Espírito Santo. Habita Florestas de Tabuleiro, onde é muito frequente em matas primárias e secundárias (GARAY e RIZZINI, 2003).

Fabaceae

Copaifera Prancha 19:122

Tricolporado, amb triangular, reticulado. P = 23 μm ; E = 22 μm .

CVRD 3023 *Copaifera langsdorfii* Desf.

CVRD 6425 *Copaifera lucens* Dwyer

Dalbergia Prancha 19:123

Tricolporado, presença de constrição equatorial, reticulado. P = 19-20 μm ; E = 16-17 μm .

Magalhães e Silva e Ribeiro dos Santos (2009).

Dioclea Prancha 19:124

Tricolporado, oblado, poro lalongado, parede com espessura de até 5 μm , psilado. P = 28 μm ; E = 41 μm .

ESA 69391 *Dioclea bicolor* Benth. s.l.

ESA 40985 *Dioclea* cf. *erecta* Hoehne

CVRD 4236 *Dioclea virgata* (Rich.) Amsh.

Anadenanthera tipo 1 Prancha 20:125

Políade com 16 grãos micro-verrucados.

Anadenanthera tipo 2 Prancha 20:126

Políade com 16 grãos psilados.

ESA 20768 *Anadenanthera colubrina*

CVRD 8561 *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.

Mimosa Prancha 20:127

Tétrade, grãos psilados.

CVRD 7134 *Mimosa ceratonia* L. var. *pseudo-obovata* (Taub.) Barneby

CVRD 8153 *Mimosa velloziana* Mart.

Mimosoideae tipo 1 Prancha 20:128

Políade com 8 grãos psilados.

Mimosoideae tipo 2 Prancha 20:129

Políade com 16 grãos micro-verrucados.

Mimosoideae tipo 3 Prancha 20:130

Políade com 12 grãos psilados.

Colinvaux et al. (1999)

Machaerium Prancha 20:131

Tricolporado, poro elíptico, prolado-esferoidal, reticulado. P = 20-21 μm ; E = 19-20 μm .

ESA 66286 *Machaerium acutifolium* Vog.

Melanoxylum Prancha 20:132

Tricolporado, poro circular/elíptico, prolado-esferoidal, reticulado. P = 28-29 μm ; E = 27-28 μm .

CVRD 163 *Melanoxylum brauna* Schott.

Myroxylon Prancha 21:133

Tricolporado, constrição equatorial, prolado-esferoidal, psilado. P = 17-18 μm ; E = 15-16 μm .

ESA 40291 *Myroxylon peruiferum* L.f.

Pterocarpus Prancha 21:134

Tricolporado, prolado, reticulado. P = 22-23 μm ; E = 13-14 μm .

ESA 71311 *Pterocarpus violaceus* Vogel

Zornia Prancha 21:135

Tricolpado ou tricolporado, com opérculo, prolado, reticulado. P = 25 μm ; E = 17-19 μm .

ESA 7064 *Zornia latifolia* Sm.

As espécies do gênero *Copaifera* são grandes árvores das florestas Amazônica e Atlântica, mas podem também ocorrer em savanas (MARCHANT et al., 2002).

Dalbergia é um gênero composto por árvores e lianas, com características ecológicas muito amplas (MARCHANT et al., 2002).

As espécies do gênero *Dioclea* são lianas (MARCHANT et al., 2002). Na área de estudo *Dioclea* é representada por lianas lenhosas, de acordo com as exsiccatas depositadas no herbário da Companhia Vale, em Linhares.

O gênero *Anadenanthera* é representado na área de estudo por espécies de hábito arbóreo, denominadas popularmente por angico, de acordo com as exsiccatas depositadas no herbário da Companhia Vale, em Linhares.

A subfamília *Mimosoideae* compreende plantas de hábito subarborescente, arbustivo ou arbóreo (JOLY, 1998).

Machaerium é um gênero arbóreo com ocorrência em diversos biomas (MARCHANT et al., 2002).

Melanoxylum é um gênero arbóreo da Mata Atlântica (RIZZINI, 1997).

Myroxylon compreende árvores da Mata Atlântica, mas *Myroxylum peruiferum* ocorre na Amazônia (MARCHANT et al., 2002).

Pterocarpus é gênero arbóreo que ocorre na Amazônia e na Mata Atlântica (RIZZINI, 1997).

Zornia é gênero herbáceo de savanas (MARCHANT et al, 2002) e campos (RIZZINI, 1997).

Haloragaceae

Laurembergia Prancha 21:136

5-aperturado, escabrado/reticulado.

CVRD 5059 *Laurembergia tetrandra* Kanitz.

Gênero de ervas aquáticas de áreas alagáveis (SOUZA e LORENZI, 2008).

Icacinaceae

Emmotum Prancha 21:137

Tricolporado, subprolado, poros elípticos, psilado. P = 23-24 µm; E = 21-23 µm.

ESA 87327 *Emmotum affine* Miers

As espécies da família são árvores, arbustos ou lianas, principalmente da Amazônia, mas com algumas espécies na Mata Atlântica e nas savanas (SOUZA e LORENZI, 2008).

Lentibulariaceae

Utricularia tipo 1 Prancha 21:138

10-colporado, oblado, escabrado/reticulado, poro lalongado. P = 22-23 µm; E = 29-30 µm.

Utricularia tipo 2 Prancha 21:139

Talvez 10 colpos, oblado-esferoidal, psilado, talvez zonorado. P = 14-15 µm; E = 14-15 µm.

Utricularia tipo 3 Prancha 22:140

Talvez 18 ou 20 colpos, psilado/escabrado. P = 44 µm; E = 38 µm.

ESA 43871 *Utricularia cucullata* A. St. Hil. & Girard.

ESA 73550 *Utricularia neottioides* A. St. Hil. & Girard.

CVRD 6649 *Utricularia foliosa* L.

Ervas aquáticas ou de áreas muito úmidas, com estruturas denominadas utrículos que capturam pequenos animais aquáticos (SOUZA e LORENZI, 2008).

Limnocharitaceae*Hydrocleys*

Prancha 22:141

Inaperturado, micro-equinado, esférico. Diâmetro em torno de 25 µm.

CVRD 6793 *Hydrocleys nymphoides* (Willd.) Buch.

As espécies do gênero *Hydrocleys* são ervas aquáticas com folhas flutuantes (SOUZA e LORENZI, 2008).

Malpighiaceae*Byrsonima* tipo 1

Prancha 22:142

Tricolporado, prolado-esférico, poro lalongado, micro-reticulado. P = 15-16 µm; E = 14-15 µm.

Byrsonima tipo 2

Prancha 22:143

Tricolporado, prolado-esférico, psilado, poro lalongado, amb circular. P = 14 µm; E = 12-13 µm.

Malpighiaceae tipo 1

Prancha 22:144

5-porado, ou talvez com colpos inconspícuos, poros circulares, parede com cerca de 3,2 µm, grãos esféricos. Diâmetro = 33 µm.

Malpighiaceae tipo 2

Prancha 22:145

4 a 6-colporado, parede com 3,5 µm de espessura, reticulado.

Malpighiaceae tipo 3

Prancha 22:146

5 a 7 colporado, grão esférico, poros circulares. Diâmetro = 31 µm.

Malpighiaceae tipo 4

Prancha 22:147

4-colporado, psilado, parede com 3 µm de espessura.

ESA 45062 *Byrsonima crispa* A. Juss.ESA 38941 *Banisteriopsis prancei* B. GatesESA 29126 *Barnebya dispar* (Griseb.) W. Anders & GatesESA 41563 *Bunchosia pallescens* SkottsbergESA 40764 *Camarea ericoides* St. Hill.ESA 45095 *Clonodia ovata* Nied.ESA 12649 *Heteropterys anceps* Nied.ESA 2335 *Hiraea fagilifolia* (DC) Adr. Juss.ESA 83251 *Stigmaphyllon ciliatum* A. Juss.ESA 45130 *Peixotoa cordistipula* A. Juss.

Byrsonima é um gênero de pequenas árvores com ampla distribuição geográfica (MARCHANT et al., 2002).

Com exceção do gênero *Camarea* cujas espécies são herbáceas, os demais gêneros, identificados com os tipos polínicos *Malpighiaceae* tipo 1 a *Malpighiaceae* tipo 4, são compostos por espécies arbustivo/arbóreas ou cipós lenhosos, conforme informações obtidas nas exsicatas dos herbários ESA e CVRD.

Malvaceae

Apeiba/Hydrogaster Prancha 23:148

Tricolporado, prolado-esferoidal, amb circular, reticulado. P = 35 µm; E = 35 µm.

ESA 49493 *Apeiba* sp.

CVRD 152 *Hydrogaster trinervis* Kuhlmann.

Ayenia/Byttneria Prancha 23:149

Triporado, amb triangular, reticulado, poros circulares. P = 25-26 µm; E = 26-28 µm.

ESA 21543 *Ayenia blanchetiana* K. Schum.

ESA 47515 *Byttneria benensis* Britt.

Eriotheca tipo 1 Prancha 23:150

3-aperturado, reticulado, amb circular. E = 31 µm.

ESA 66350 *Eriotheca gracilipes* (K. Schum.) H. Robyns.

Eriotheca tipo 2 Prancha 23:151

4-aperturado, reticulado. E = 41 µm.

CVRD 10431 *Eriotheca candolleana* (K. Schum.) A. Robyns.

Helicteres Prancha 23:152

Triporado, verrucado, amb triangular, oblado, poro circular. P = 20-21 µm; E = 31-34 µm.

ESA 76238 *Helicteres brevispira* A. St. Hil.

ESA 47525 *Helicteres guazumaefolia* H.B.K.

ESA 75083 *Helicteres lhotzkyana* (Schott. & Endl.) K. Schum.

Heliocarpus Prancha 24:153

Tricolporado, poro lalongado, sub-prolado, reticulado. P = 53 µm; E = 44 µm.

Pseudobombax Prancha 24:154

Tricolporado, reticulado, amb triangular. E = 68 µm.

ESA 28735 *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns.

Waltheria Prancha 24:155

Tetracolporado, poro lalongado, amb quadrangular, reticulado. P = 31 µm; E = 36 µm.

CVRD 6858 *Waltheria cinerescens* St. Hilaire

Malvaceae tipo 1

Prancha 24:156

Equinado.

ESA 84188 *Abutilon amoenum*

ESA 86990 *Herissantia crispa*

ESA 36583 *Hibiscus brackenridgei*

O gênero *Apeiba*, de espécies arbóreas, é tipicamente amazônico, mas algumas espécies ocorrem no nordeste (RIZZINI, 1997; MARCHANT, 2002).

Hydrogaster é gênero arbóreo exclusivo das matas de tabuleiro do sul da Bahia e norte do Espírito Santo (RIZZINI, 1997).

Ayenia engloba espécies arbustivas (MARCHANT et al., 2002).

Byttneria engloba espécies arbustivas e lianas (MARCHANT et al., 2002).

Eriotheca é um gênero de espécies arbóreas comuns nas savanas (MARCHANT et al., 2002).

Helicteres é gênero de espécies arbóreas/arbustivas comuns nas vegetações campestres do planalto central do Brasil (RIZZINI, 1997 e herbários ESA e CVRD).

Heliocarpus é um gênero de espécies arbustivas/arbóreas (MARCHANT et al., 2002).

As espécies do gênero *Pseudobombax* são árvores muito comuns em diversos tipos de vegetação (SOUZA e LORENZI, 2008).

Waltheria é um gênero arbustivo comum em savanas (MARCHANT et al., 2002).

Melastomataceae/Combretaceae

Melastomataceae/Combretaceae tipo 1

Prancha 24:157

Heterocolpado, prolado-esferoidal, psilado. P = 17 μ m; E = 16 μ m.

Melastomataceae/Combretaceae tipo 2

Prancha 24:158

Heterocolpado, prolado, escabrado. P = 27-28 μ m; E = 13-15 μ m.

Melastomataceae/Combretaceae tipo 3

Prancha 25:159

Heterocolpado, com opérculo, prolado, psilado. P = 25 μ m; E = 15-16 μ m.

Melastomataceae/Combretaceae tipo 4

Prancha 25:160

Heterocolpado, poro lalongado, escabrado. P = 26-27 μ m.

Melastomataceae/Combretaceae tipo 5

Prancha 25:161

Heterocolpado, psilado, poro visível somente em corte óptico, prolado. P = 19 μ m; E = 11 μ m.

Colinvaux et al. (1999)

ESA 39301 *Miconia albicans* (Sw.) Triana

Melastomataceae inclui ervas, arbustos, árvores, e, menos frequentemente, epífitas ou lianas (SOUZA e LORENZI, 2008).

Combretaceae inclui árvores, arbustos ou lianas (SOUZA e LORENZI, 2008).

Meliaceae

Cedrela/Trichilia Prancha 25:162

5-colporado, psilado; E = 35 µm.

ESA 12697 *Cedrela fissilis* Vell.

CVRD 314 *Cedrela odorata* Linn.

ESA 32664 *Trichilia claussenii* C. DC.

Família representada por arbustos ou árvores (SOUZA e LORENZI, 2008).

Menispermaceae

Abuta Prancha 25:163

Tricolporado, poros inconspícuos, sub-prolado, reticulado. P = 16-17 µm; E = 14-15 µm.

ESA 45199 *Abuta concolor* Poepp. & Endl.

Borismene Prancha 25:164

Tricolpado, sub-prolado, reticulado. P = 20 µm; E = 17 µm.

CVRD 4920 *Borismene japurensis* (Mart.) Barneby

O gênero *Abuta* é composto por espécies arbóreas da Amazônia e da Mata Atlântica (RIZZINI, 1997). Na área de estudo as espécies do gênero são trepadeiras lenhosas (herbário CVRD).

Borismene japurensis é uma trepadeira lenhosa que ocorre na área de estudo (herbário CVRD).

Moraceae

Ficus tipo 1 Prancha 25:165

Diporado, psilado.

Ficus tipo 2 Prancha 25:166

Diporado, escabrado.

ESA 32740 *Ficus enormis* (Mart. ex Miq.) Miq.

Burn e Mayle (2008)

Árvores robustas, que se destacam na paisagem. A maioria das espécies é hemiepífita, emitem raízes que ao atingirem o solo espessam-se e sufocam a árvore hospedeira (SOUZA e LORENZI, 2008).

Moraceae/Urticaceae

Moraceae/Urticaceae tipo 1 Prancha 25:167

Triporado, amb triangular, escabrado. P = 16-17 µm; E = 19-20 µm.

Moraceae/Urticaceae tipo 2 Prancha 25:168

Tetraporado, escabrado. P = 17-18 µm; E = 21 µm.

Moraceae/Urticaceae tipo 3 Prancha 26:169

Diporado, poro circular, escabrado.

Moraceae/Urticaceae tipo 4 Prancha 26:170

Diporado, escabrado.

Colinvaux et al. (1999)

CVRD 1895 *Clarisia ilicifolia* (Spreng.) Lanj. & Rossb.

CVRD 3494 *Naucleopsis oblongifolia* (Kuhlm.) Carauta

ESA 45380 *Helicostylis tomentosa* (Poeppig & Endl.) Rushy

ESA 73069 *Sorocea jureiana* Romaniuk Neto

ESA 37712 *Urera baccifera* (L.) Gaudich.

Na área de estudo as espécies pertencentes aos gêneros identificados com os tipos polínicos *Moraceae/Urticaceae* tipo 1 a tipo 4 são representados por indivíduos de hábito arbóreo, conforme exsicatas depositadas no Herbário da Companhia Vale, em Linhares, ES.

Myristicaceae

Virola Prancha 26:171

Monosulcado, reticulado.

ESA 29603 *Virola gardneri* (A. DC.) Warb.

ESA 46220 *Virola pavonis* (A. DC.) AC Smith.

Na região extra-amazônica destacam-se *Virola sebifera*, comum em cerrados e cerradões, e *Virola bicuhyba*, árvore de grande porte da Mata Atlântica (SOUZA e LORENZI, 2008).

Myrsinaceae

Rapanea tipo 1 Prancha 26:172

Tetracolporado, prolado, poros inconspícuos, micro-reticulado. P = 19-20 μm ; E = 15 μm .

Rapanea tipo 2

Prancha 26:173

Tetracolporado, oblado, escabrado; P = 20-21 μm ; E = 27-28 μm .

ESA 9013 *Rapanea coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. et Schult.

ESA 91996 *Rapanea gardneriana* C. DC.

É um gênero de pequenas árvores muito comuns nas matas do sudeste brasileiro (SOUZA e LORENZI, 2008).

Myrtaceae

Calyptranthes

Prancha 26:174

Tricolporado, sincolpado, amb triangular, peroblado, reticulado. P = 10 μm ; E = 25 μm .

Myrtaceae tipo 1

Prancha 26:175

Tricolporado, sincolpado, amb triangular, peroblado, escabrado. P = 10 μm ; E = 16-17 μm .

Myrtaceae tipo 2

Prancha 26:176

Tricolporado, sincolpado, amb triangular convexo, peroblado, escabrado. P = 9 μm ; E = 19-20 μm .

CVRD 1740 *Calyptranthes brasiliensis* (Berg.) C.D. Legrand

Colinvaux et al. (1999)

Árvores ou arbustos, raramente subarbustos. É uma das famílias mais comuns na maioria das formações vegetais brasileiras, especialmente na Floresta Atlântica e na Floresta de Restinga (SOUZA e LORENZI, 2008).

Nymphaeaceae/Pontederiaceae

Nymphaeaceae/Pontederiaceae tipo 1

Prancha 26:177

1 ou 2-sulcado, reticulado.

Nymphaeaceae/Pontederiaceae tipo 2

Prancha 27:178

1 ou 2-sulcado, escabrado.

ESA 5431 *Nymphaea caerulea* Savigny

Rao e Rao (1962)

A família *Nymphaeaceae* é constituída por ervas aquáticas rizomatosas (SOUZA e LORENZI, 2008).

As espécies da família *Pontederiaceae* são ervas paludosas ou aquáticas, flutuantes ou emergentes (SOUZA e LORENZI, 2008).

Ochnaceae*Sauvagesia*

Prancha 27:179

Tricolporado, prolado, psilado. P = 14-16 μm ; E = 10-12 μm .ESA 44475 *Sauvagesia longifolia* Eichl.

O gênero compreende desde ervas a arbustos e arvoretas. As espécies ocupam áreas abertas, como brejos e campos rupestres (JOLY, 1998; ZAPPI e LUCAS, 2002).

Phyllanthaceae*Hyeronima*

Prancha 27:180

Tricolporado, prolado, reticulado, poro elíptico. P = 26-27 μm ; E = 13-14 μm .ESA 31023 *Hyeronima alchorneoides* Fr. Allem.*Margaritaria*

Prancha 27:181

Tricolporado, prolado, reticulado, poro elíptico. P = 27-28 μm ; E = 17-18 μm .CVRD 965 *Margaritaria nobilis* Linn.f.

O gênero *Hyeronima* é composto por espécies arbóreas de grande porte, ocorrem tanto na Amazônia quanto na Mata Atlântica (MARCHANT et al., 2002).

Na área de estudo, *Margaritaria nobilis* é espécie de hábito arbóreo, conforme informações das exsiccatas depositadas no Herbário CVRD.

Phytolaccaceae*Gallesia*

Prancha 27:182

Tricolporado, oblado, reticulado, amb circular. P = 16-17 μm ; E = 18-20 μm .CVRD 574 *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms.

Gênero com espécies de hábito arbóreo. *Gallesia integrifolia*, pau-d'alho, ocorre nas florestas do sudeste do Brasil (SOUZA e LORENZI, 2008).

Piperaceae

Prancha 27:183

Monocolpado, escabrado. P = 13 μm ; E = 11 μm .ESA 44541 *Piper arboreum* Aubl.

Ervas, arbustos ou pequenas árvores, frequentemente epífitas ou lianas. Família comum nas formações florestais brasileiras, principalmente na submata da Floresta Atlântica alterada (SOUZA e LORENZI, 2008).

Poaceae

Poaceae tipo 1 Prancha 27:184

Monoporado, poro anulado, reticulado.

Poaceae tipo 2 Prancha 28:185

Monoporado, poro anulado, psilado.

Poaceae tipo 3 Prancha 28:186

Monoporado, poro anulado, reticulado, parede delgada.

Colinvaux et al. (1999)

Ervas geralmente rizomatosas, às vezes lignificadas (bambus), perenes ou anuais. A família representa o principal componente das formações campestres. No interior de florestas são menos comuns, representadas principalmente por espécies de *Bambusoideae* e *Panicoideae* (SOUZA e LORENZI, 2008).

Podocarpaceae

Podocarpus Prancha 28:187

Bissacado, reticulado.

ESA 36627 *Podocarpus lambertii* K.L.

A família *Podocarpaceae* inclui árvores ou arbustos. No Brasil ocorrem nove espécies do gênero *Podocarpus*, seis amazônicas e três extra-amazônicas, estas últimas com ocorrência principalmente em florestas das regiões Sul e Sudeste (SOUZA e LORENZI, 2008).

Polygonaceae

Polygonum Prancha 28:188

Pantoaperturado (periporado), reticulado, poros circulares, grão esférico. Diâmetro = 43 µm.

ESA 11725 *Polygonum hydropiperoides* Michx.

O gênero inclui ervas freqüentes em locais alagáveis (SOUZA e LORENZI, 2008).

Potamogetonaceae

Potamogeton Prancha 28:189

Inaperturado, reticulado, esférico. Diâmetro = 23 µm.

Jing-Quan (1990)

Ervas aquáticas submersas (SOUZA e LORENZI, 2008).

Proteaceae/Sapindaceae

Proteaceae/Sapindaceae tipo 1 Prancha 28:190

Triporado, amb triangular, oblado, micro-reticulado. P = 20-21 μm ; E = 30-31 μm .

Proteaceae/Sapindaceae tipo 2 Prancha 28:191

Tetraporado, oblado, poro circular, reticulado. P = 22 μm ; E = 37-40 μm .

Proteaceae/Sapindaceae tipo 3 Prancha 29:192

Triporado, amb triangular, oblado, micro-reticulado. P = 14 μm ; E = 22-23 μm .

ESA 44861 *Roupala brasiliensis* Klotzsch

ESA 27285 *Paullinia trigonia* Vellozo

ESA 49284 *Paullinia spicata* Benth.

Proteaceae é representada por árvores ou arbustos, com apenas 40 espécies no Brasil (SOUZA e LORENZI, 2008).

Sapindaceae é composta por árvores ou lianas, ocasionalmente ervas. No Brasil merecem destaque algumas espécies dos gêneros *Serjania*, *Paullinia*, *Urvillea* e *Cardiospermum*, representadas por lianas, muito comuns em bordas de matas. Podem ocorrer e muitas outras formações vegetais, como dunas, cerrados, florestas e também no bioma Pantanal (SOUZA e LORENZI, 2008).

Rhizophoraceae

Rhizophora Prancha 29:193

Tricolporado, poro lalongado, amb triangular, oblado-esferoidal, micro-reticulado. P = 19 μm ; E = 20 μm .

CVRD 3152 *Rhizophora mangle* L.

Magalhães e Silva e Ribeiro dos Santos (2009)

O gênero *Rhizophora* compreende arbustos ou árvores com rizóforos, estruturas de natureza caulinar. *Rhizophora mangle*, ou mangue-vermelho, é a árvore dominante nas paisagens dos manguezais (SOUZA e LORENZI, 2008). Costuma ocupar as áreas com maior influência marinha causada pela maior frequência e duração das inundações pelas marés (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1990; COHEN e LARA, 2003).

Rubiaceae

Alibertia/Amaioua Prancha 29:194

Triporado, poro anulado, reticulado.

ESA 45904 *Alibertia edulis* A. Rich.

- ESA 71539 *Amaioua guianensis* Aubl.
Bathysa Prancha 29:195
 Tricolporado, reticulado. P = 18 μm ; E = 19-20 μm
- CVRD 5373 *Bathysa stipulata* (Vel.) Presl.
Borreria tipo 1 Prancha 29:196
 7-colporado, poro lalongado, amb circular, reticulado. P = 22-23 μm ; P = 24-26 μm .
- Borreria* tipo 2 Prancha 29:197
 8-colpado (ou 8-colporado com poros inconspícuos), amb circular, reticulado. P = 21-22 μm ;
 E = 19-20 μm .
- Borreria* tipo 3 Prancha 29:198
 9-colporado, poros inconspícuos, amb circular, reticulado. P = 25-26 μm ; E = 25-26 μm .
- Borreria* tipo 4 Prancha 30:199
 9-colpado (ou 9-colporado com poros inconspícuos), amb circular, reticulado. P = 36 μm ; E =
 40 μm .
- Borreria* tipo 5 Prancha 30:200
 6-colporado, amb circular, reticulado. P = 27-28 μm ; E = 28-29 μm .
- Borreria* tipo 6 Prancha 30:201
 9-colporado, zonorado, amb circular, reticulado. P = 20 μm ; E = 22-23 μm .
- ESA 45935 *Borreria latifolia* (Aubl.) K. Schum.
 ESA 73044 *Borreria alata* DC
 ESA 12790 *Borreria capitata* (Ruiz & Pav.) DC
 ESA 24110 *Borreria palustris* (Cham. & Schldtl.) Bocigalupo & Cabral
 ESA 85025 *Emmeorhiza umbellata* (Spreng.) K.S. Schum.
 ESA 36066 *Galianthe hispidula* (A.Rich. ex DC) E.L. Cabral
 ESA 74582 *Mitracarpus rigidifolius* Standl.
- Coccocypselum/Declieuxia* tipo 1 Prancha 30:202
 Tricolporado, poro lalongado, sub-oblado, reticulado. P = 27 μm ; E = 31 μm .
- Coccocypselum/Declieuxia* tipo 2 Prancha 30:203
 Tricolporado, prolado, reticulado, poro lalongado.
- CVRD 5482 *Coccocypselum campanuliflorum* (Hook.) Cham. & Schlecht.
 ESA 74353 *Declieuxia aspalathoides* M. Arg.
- Tocoyena* tipo 1 Prancha 31:204
 Triporado, amb triangular, poro anulado, sub-oblado, reticulado. P = 28 μm ; E = 34 μm .
- Tocoyena* tipo 2 Prancha 31:205

Tetraporado, poro anulado, reticulado. E = 37 μ m.

ESA 89393 *Tocoyena formosa*

ESA 46101 *Tocoyena brasiliensis* Mart.

Alibertia é gênero de espécies arbustivas ou pequenas árvores da sub-mata (MARCHANT et al., 2002).

As espécies de *Amaioua* da área de estudo são pequenas árvores ou arbustos, conforme exsicatas depositadas no Herbário CVRD.

Bathysa está representada por espécies arbóreas na área de estudo, conforme exsicatas do Herbário CVRD.

O gênero *Borreria* inclui ervas ou subarbustos campestres (JOLY, 1998).

Na área de estudo o gênero *Coccocypselum* inclui espécies herbáceas, conforme informações das exsicatas do Herbário CVRD.

Declieuxia é representado por ervas rastejantes de locais sombreados, mais comuns no interior das matas (SOUZA e LORENZI, 2008).

Na área de estudo *Tocoyena* inclui espécies arbustivas ou pequenas árvores, conforme informações das exsicatas do Herbário CVRD.

Rutaceae

Zanthoxylum tipo 1 Prancha 31:206

Tricolporado, poro lalongado, prolado, reticulado. P = 27-28 μ m; E = 18 μ m.

Zanthoxylum tipo 2 Prancha 31:207

Tricolporado, poro lalongado, prolado, reticulado. P = 22-23 μ m; E = 16-18 μ m.

Zanthoxylum tipo 3 Prancha 31:208

Tricolporado, poro lalongado, sub-prolado, reticulado. P = 33 μ m; E = 27-28 μ m.

ESA 36477 *Zanthoxylum kleinii* Cowan

ESA 16210 *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.

Gênero arbóreo, comum em florestas estacionais (SOUZA e LORENZI, 2008).

Salicaceae

Prockia Prancha 31:209

Tricolporado, prolado, reticulado. P = 20-21 μ m; E = 14-15 μ m.

ESA 39440 *Prockia crucis* P. Bowne ex L.

Árvores ou arbustos, raramente lianas (SOUZA e LORENZI, 2008).

Sapindaceae*Cupania*

Prancha 31:210

Tricolporado, sincolpado, amb triangular, peroblado, psilado. P = 12-13 μm ; E = 25-27 μm .ESA 69461 *Cupania furfuracea* Radlk.ESA 33921 *Cupania ludowigii* Sommer & Ferrucci

Na área de estudo *Cupania* está representado por espécies de hábito arbóreo, conforme exsicatas do Herbário CVRD.

Sapotaceae*Chrysophyllum*

Prancha 32:211

Tricolporado, amb circular, poro elíptico, prolado, escabrado. P = 23-24 μm ; E = 12-14 μm .ESA 6106 *Chrysophyllum dusenii* Cronquist*Manilkara*

Prancha 32:212

Pentacolporado, poros elípticos, prolado, psilado/escabrado. P = 39-40 μm ; E = 24-26 μm .*Micropholis* tipo 1

Prancha 32:213

Tetracolporado, prolado, poro elíptico, psilado. P = 27 μm ; E = 16-18 μm .*Micropholis* tipo 2

Prancha 32:214

Tricolporado, prolado, poro elíptico, amb triangular, psilado. P = 27-28 μm ; E = 15-16 μm .*Pouteria* tipo 1

Prancha 32:215

Tricolporado, sub-prolado, poro elíptico, psilado. P = 26-27 μm ; E = 22-23 μm .*Pouteria* tipo 2

Prancha 32:216

Tricolporado, prolado, poro inconspícuo, psilado. P = 27 μm ; E = 18 μm .*Pradosia*

Prancha 32:217

Tetracolporado, sub-prolado, poro elíptico, psilado. P = 21-22 μm ; E = 17-18 μm .ESA 80362 *Pouteria ramiflora* (Mart.) Radlk.ESA 47388 *Micropholis guyanensis* (A. DC.) PierreCVRD 8911 *Pradosia lactescens* (Vellozo) Radlk.CVRD 7430 *Manilkara subsericea* (Mart.) Dubach.

A família compreende arbustos ou árvores. No Brasil a família está representada principalmente na Floresta Amazônica, no entanto, ocorrem também em outros locais, como nos cerrados e nas florestas estacionais do sudeste (JOLY, 1998; SOUZA e LORENZI, 2008).

Chrysophyllum é gênero de espécies arbustivo/arbóreas comum em florestas estacionais e savanas (MARCHANT et al., 2002).

Manilkara é gênero de espécies arbustivo/arbóreas ocorrentes tanto na Amazônia quanto na Mata Atlântica (RIZZINI, 1997).

Na área de estudo *Micropholis* é gênero de espécies arbóreas de grande porte, muitas vezes climácicas, conforme informações das exsicatas do Herbário CVRD.

Pouteria compreende espécies arbóreas de ampla distribuição geográfica no Brasil (RIZZINI, 1997).

Pradosia é representado por espécies arbóreas com ocorrência na Amazônia e na Mata Atlântica (RIZZINI, 1997).

Simaroubaceae

Simarouba

Prancha 32:218

Tricolporado, poro lalongado, prolado-esferoidal, reticulado. P = 18-19 μm ; E = 16-17 μm .
Palinoteca da UnG.

Simarouba amara, de hábito arbóreo, possui ocorrência disjunta na Amazônia e na Mata Atlântica do sul da Bahia ao Rio de Janeiro (RIZZINI, 1997; GARAY e RIZZINI, 2003).

Smilacaceae

Smilax

Prancha 33:219

Inaperturado, esférico, verrucado. Diâmetro = 17-20 μm .

CVRD 4065 *Smilax brasiliensis* Spreng.

Salgado-Labouriau (1973)

Lianas com rizóforo subterrâneo. As espécies podem ser encontradas em todos os biomas, particularmente na Mata Atlântica (SOUZA e LORENZI, 2008). Vários trabalhos relacionam a abundância de espécies de *Smilax* a ambientes perturbados em com regeneração natural incipiente (BORING et al., 1981; LONDRE e SCHNITZER, 2006; SHONO et al., 2006; RAYOL et al., 2008).

Solanaceae

Prancha 33:220

Tricolporado, poro lalongado (quase zonorado), micro-reticulado. P = 23-24 μm ; E = 23-24 μm .

Colinvaux et al. (1999)

ESA 47462 *Solanum betacea* Sendtn.

Ervas, arbustos ou pequenas árvores (SOUZA e LORENZI, 2008).

Symplocaceae

Symplocos tipo 1 Prancha 33:221

Tricolporado, anulado, reticulado. E = 28-29 μm .

Symplocos tipo 2 Prancha 33:222

Dicolporado, micro-reticulado.

Symplocos tipo 3 Prancha 33:223

Tricolporado, anulado, psilado. P = 12-13 μm ; E = 25-26 μm .

Symplocos tipo 4 Prancha 33:224

Tricolporado, anulado, micro-reticulado. P = 13-16 μm ; E = 27-28 μm .

Symplocos tipo 5 Prancha 33:225

Tricolporado, anulado, reticulado. P = 17 μm ; E = 26 μm .

Barth (1979)

ESA 34340 *Symplocos lanceolata* (Mart.) A. DC.

Arbustos ou árvores, raramente subarbustos. As espécies nativas concentram-se principalmente nas regiões sul e sudeste do Brasil (SOUZA e LORENZI, 2008).

Theaceae

Gordonia Prancha 33:226

Tricolporado, pilado.

ESA 13862 *Gordonia fruticosa* (Schrader) Kobuski

Arbustos ou árvores. *Gordonia fruticosa* é a única espécie do gênero no Brasil. Ocorrem em diversas formações florestais, desde a Amazônia até a região Sul, desde florestas de altitude até as restingas (SOUZA e LORENZI, 2008).

Typhaceae

Typha Prancha 33:227

Mono-ulcerado, reticulado.

CVRD 4593 *Typha* sp.

Ervas paludosas, rizomatosas. As espécies ocorrem em áreas brejosas e em bordas de riachos onde podem formar grande aglomerados (SOUZA e LORENZI, 2008). Na área de estudo *Typha* sp. ocorre em áreas com influência fluviomarina, em brejos salobros (IBGE, 1987), o que demonstra sua tolerância a alguma salinidade. *Typha dominguensis* é encontrada atrás da zona de manguezal em lagunas na costa atlântica da Colômbia (MARCHANT et al., 2002).

Urticaceae

Cecropia Prancha 34:228

Diporado, escabrado. P = 11-12 μm ; E = 8-9 μm .

ESA 37130 *Cecropia pachystachya* Trec.

Coussapoa Prancha 34:229

Diporado, psilado. P = 10 μm ; E = 8-9 μm .

ESA76487 *Coussapoa microcarpa* (Schott.) C.T. Rizzini

Pourouma Prancha 34:230

Diporado, escabrado. P = 14-15 μm ; E = 13-14 μm .

ESA76539 *Pourouma acutifolia* Tréc.

O gênero *Cecropia* compreende espécies arbóreas conhecidas popularmente por embaúbas, típicas de formações secundárias ou clareiras no interior de florestas em todo o território brasileiro (JOLY, 1998; SOUZA e LORENZI, 2008).

Coussapoa é gênero de espécies arbóreas com ocorrência na Amazônia e na Mata Atlântica (RIZZINI, 1997).

Pourouma é gênero de espécies arbóreas de grande porte que habitam florestas maduras (MARCHANT et al., 2002).

Violaceae

Rinorea tipo 1 Prancha 34:231

Tricolporado, poro lalongado, oblado, micro-reticulado/escabrado. P = 17-18 μm ; E = 23 μm .

Rinorea tipo 2 Prancha 34:232

Tricolporado, poro lalongado, prolado-esferoidal, psilado/escabrado. P = 22 μm ; E = 21 μm .

CVRD 115 *Rinorea bahiensis* (Moric.) Kuntze

ESA 86144 *Rinorea bahiensis* (Moric.) Kuntze

Rinorea bahiensis é uma espécie que habita a Floresta Amazônica e também a Floresta dos Tabuleiros, em formações primárias e alteradas (GARAY e RIZZINI, 2003).

Vochysiaceae

Vochysia Prancha 34:233

Tricolporado, poro lalongado, prolado-esferoidal, amb triangular côncavo, reticulado/escabrado. P = 35 μm ; E = 34-35 μm .

CVRD 1873 *Vochysia magnifica* Warm.

Vochysia é gênero de árvores de grande porte, com ampla distribuição geográfica, em diversos tipos de vegetação (RIZZINI, 1997; MARCHANT et al., 2002).

Xyridaceae

Xyris

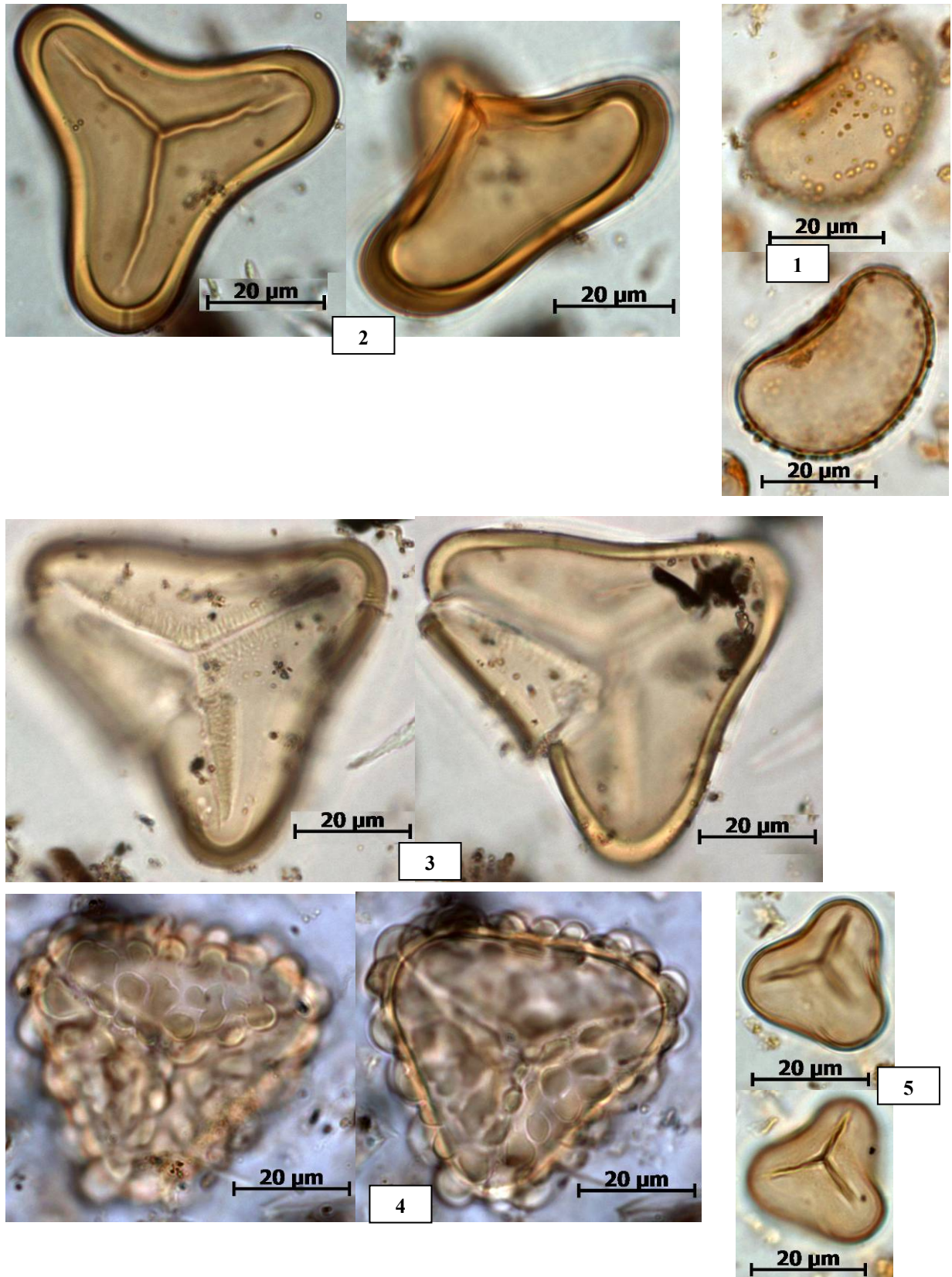
Prancha 34:234

Dicolpado, reticulado.

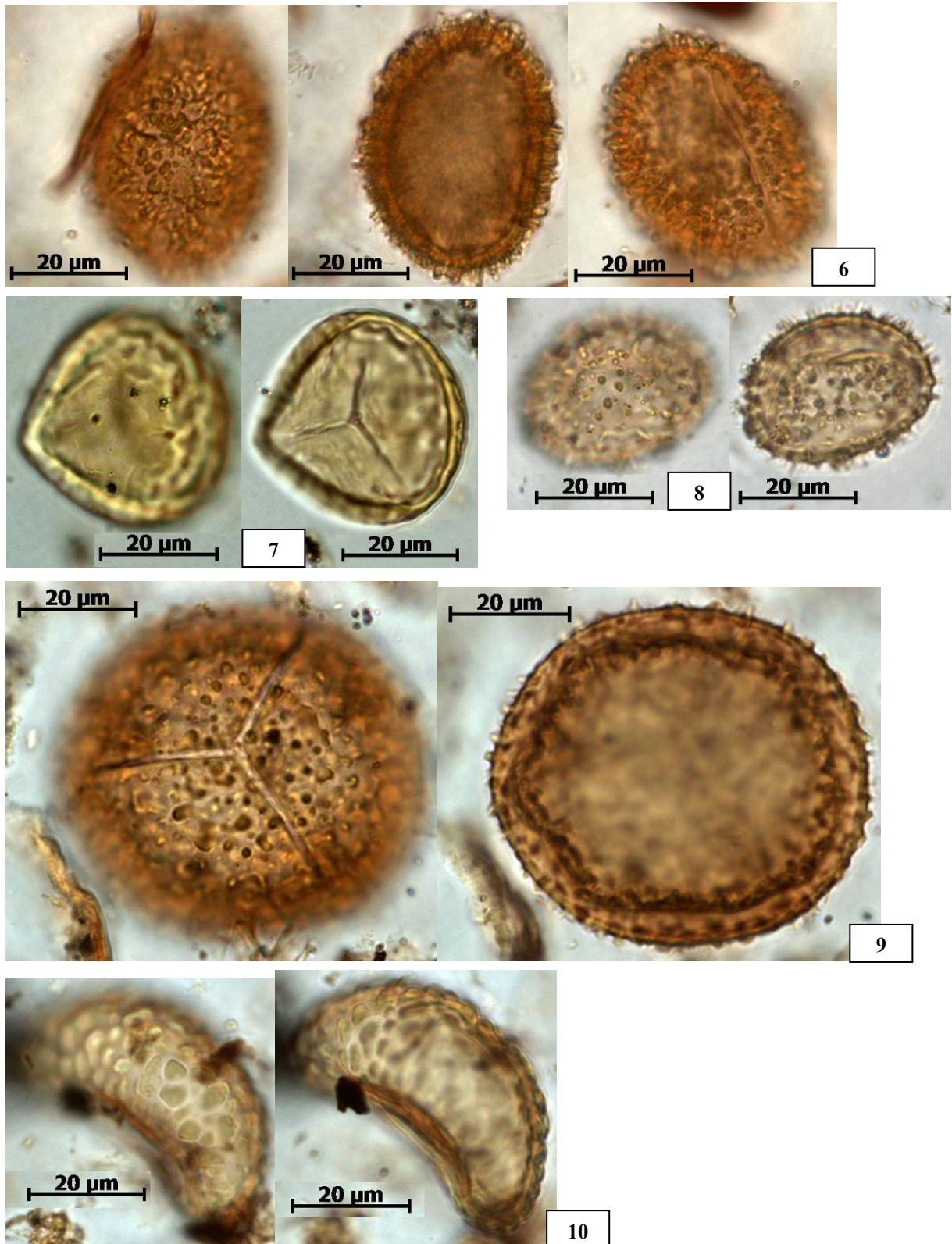
CVRD 6772 *Xyris ciliata* ThunBerg

Gênero de espécies herbáceas, é comum por todo o Brasil, ocorre em áreas abertas e alagáveis (SOUZA e LORENZI, 2008).

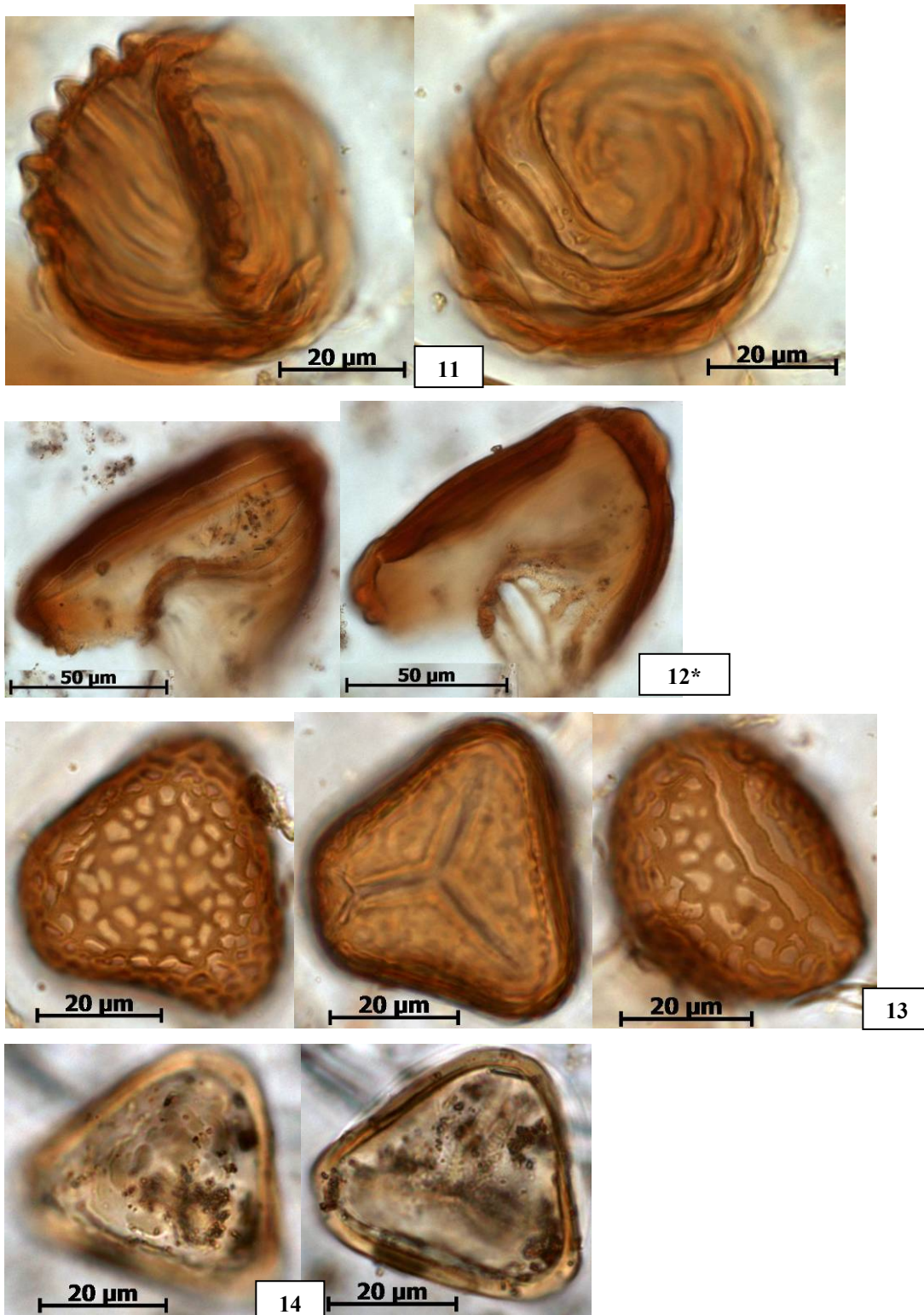
ANEXO B – Pranchas dos tipos polínicos



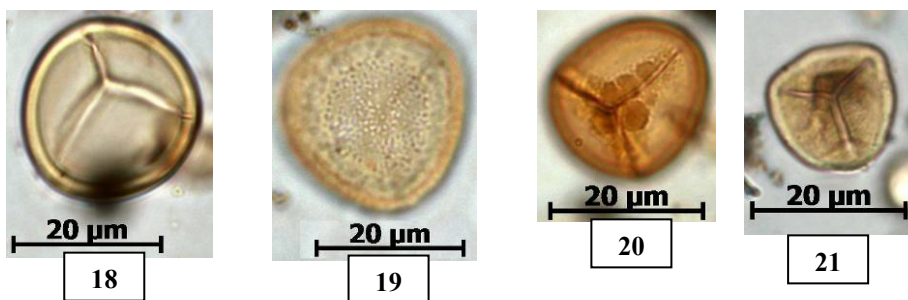
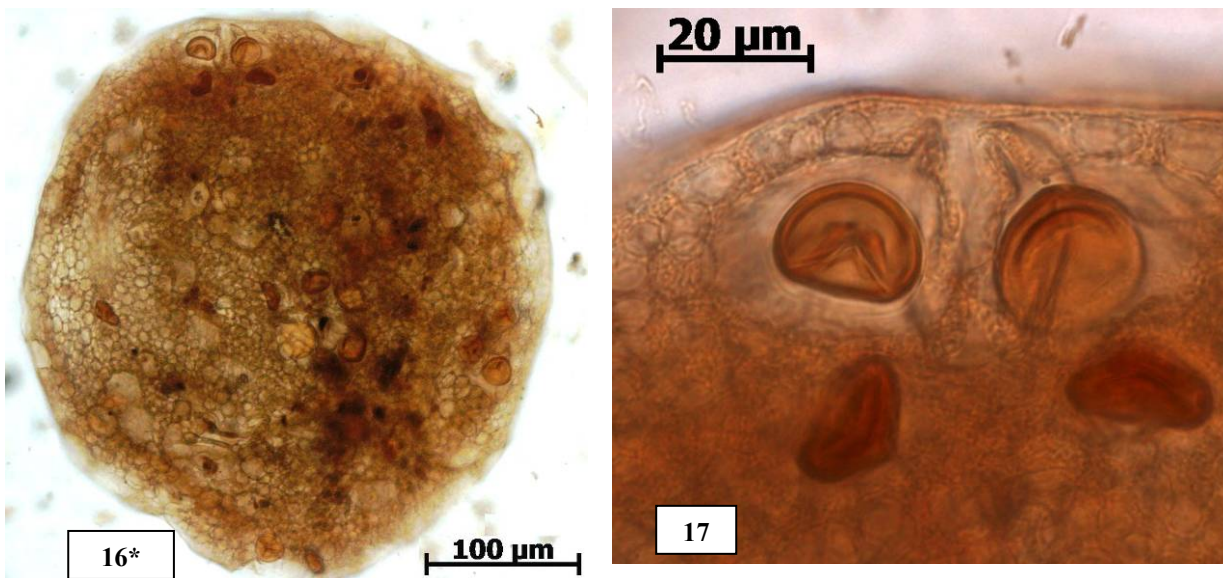
Prancha 1: *Blechnaceae*: *Blechnum* (1); *Cyatheaceae*: *Cyatheaceae* tipo 1 (2); *Cyatheaceae* tipo 2 (3); *Cyatheaceae* tipo 3 (4); *Dennstaedtiaceae* (5).



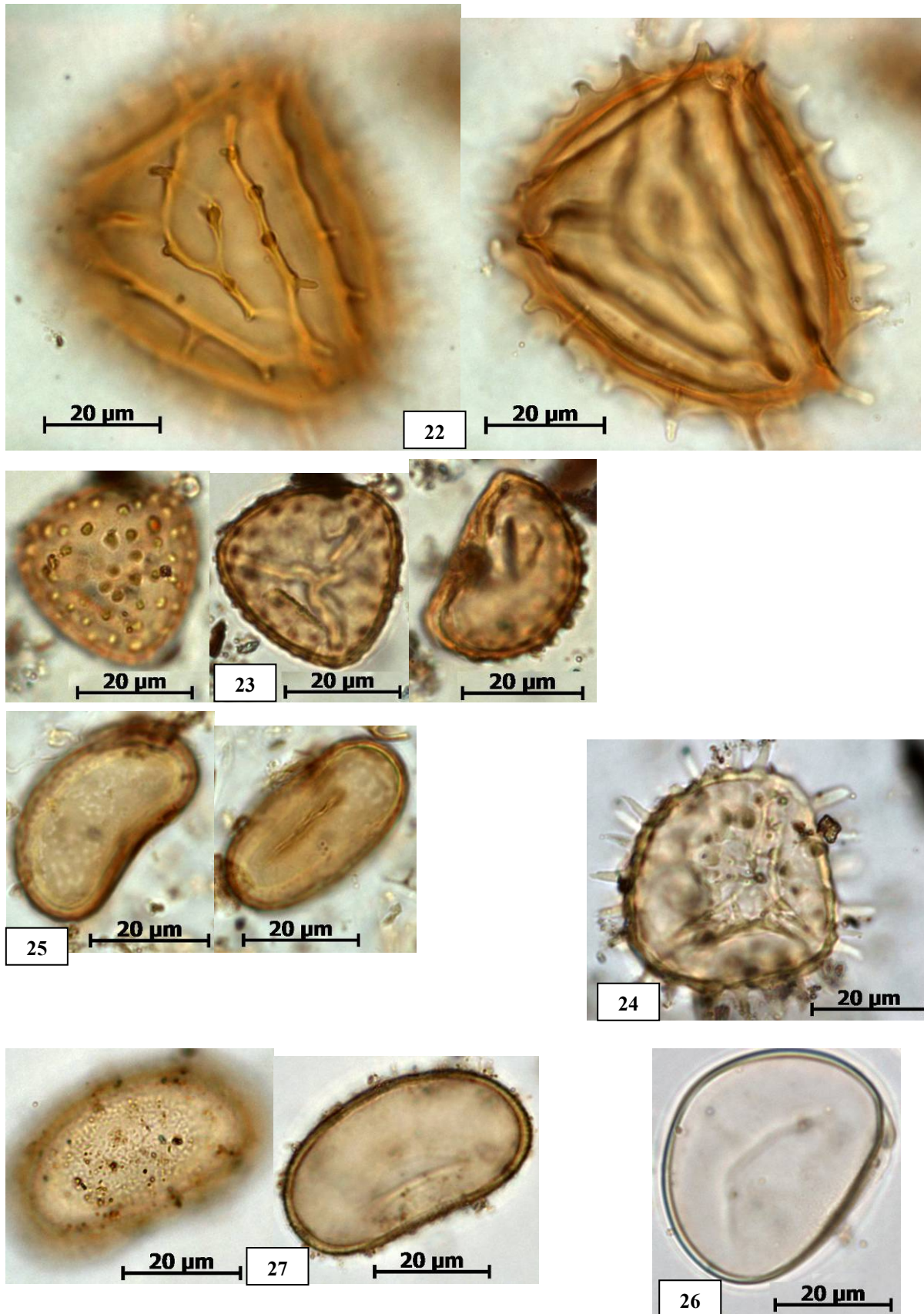
Prancha 2: *Dryopteridaceae* (6); *Lycopodiaceae* (7); *Marattiaceae* (8); *Osmundaceae* (9); *Polypodiaceae* (10)



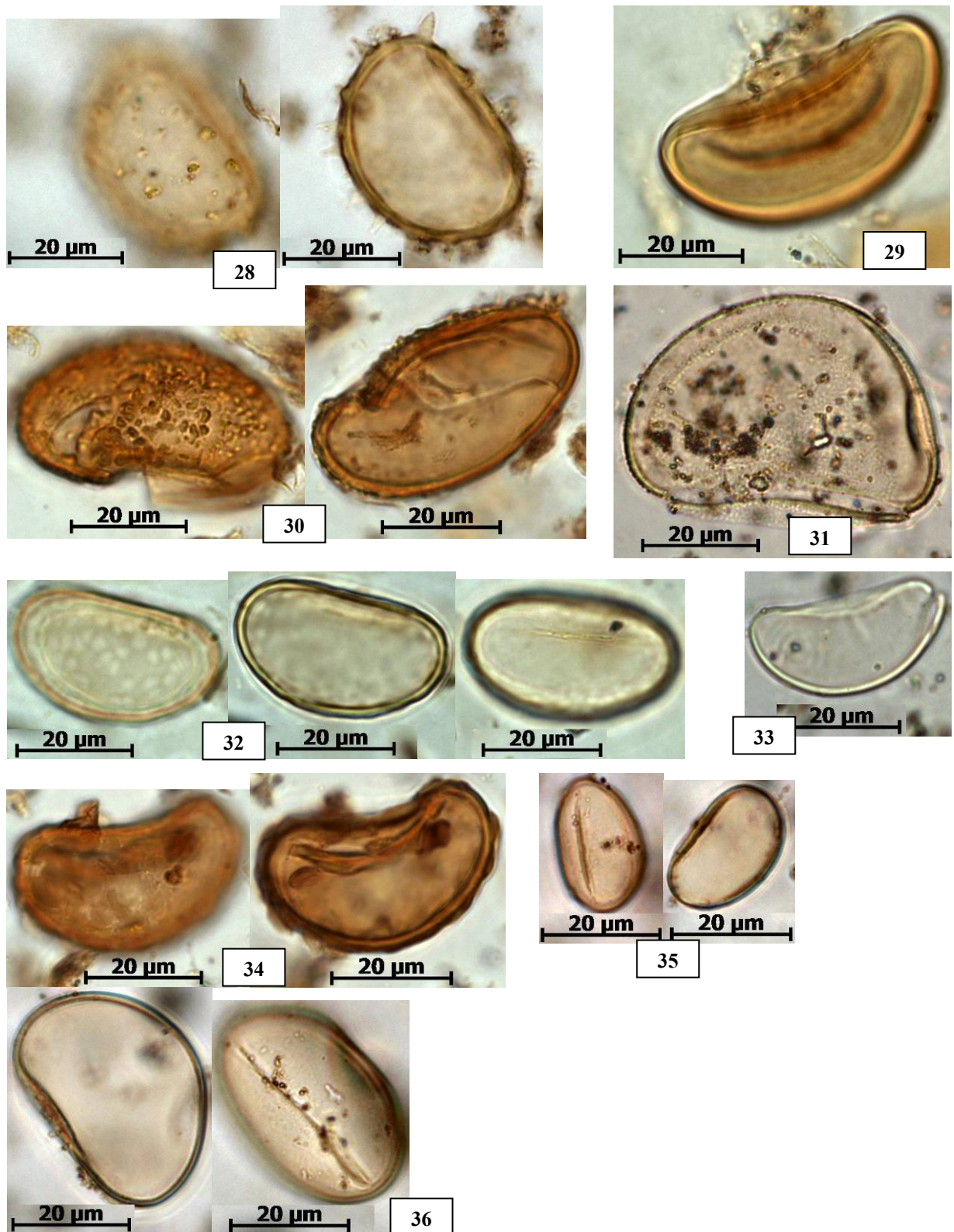
Prancha 3: *Pteridaceae*: *Ceratopteris* tipo 1 (11); *Ceratopteris* tipo 2 (12); *Pteridaceae* tipo 1 (13); *Pteridaceae* tipo 2 (14) [*#12 reduzida para 1/2 da escala].



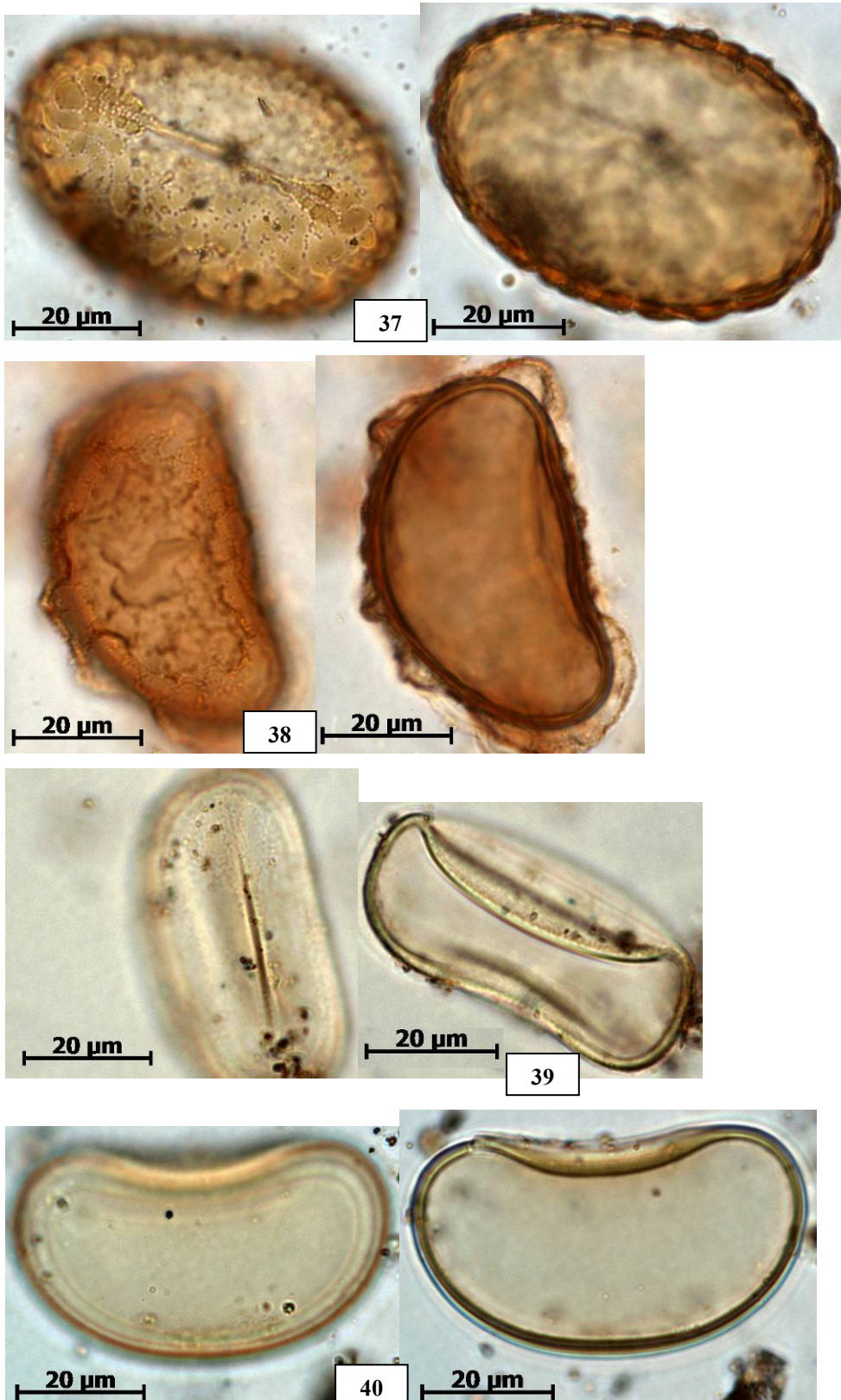
Prancha 4: *Pteridaceae*: *Pteridaceae* tipo 3 (15); *Salviniaceae*: *Salvinia*: microsporângio com micrósporos (16 e 17); *Salvinia* tipo 1 (18); *Salvinia* tipo 2 (19); *Salvinia* tipo 3 (20); *Salvinia* tipo 4 (21) [*#16 reduzida para 1/5 da escala].



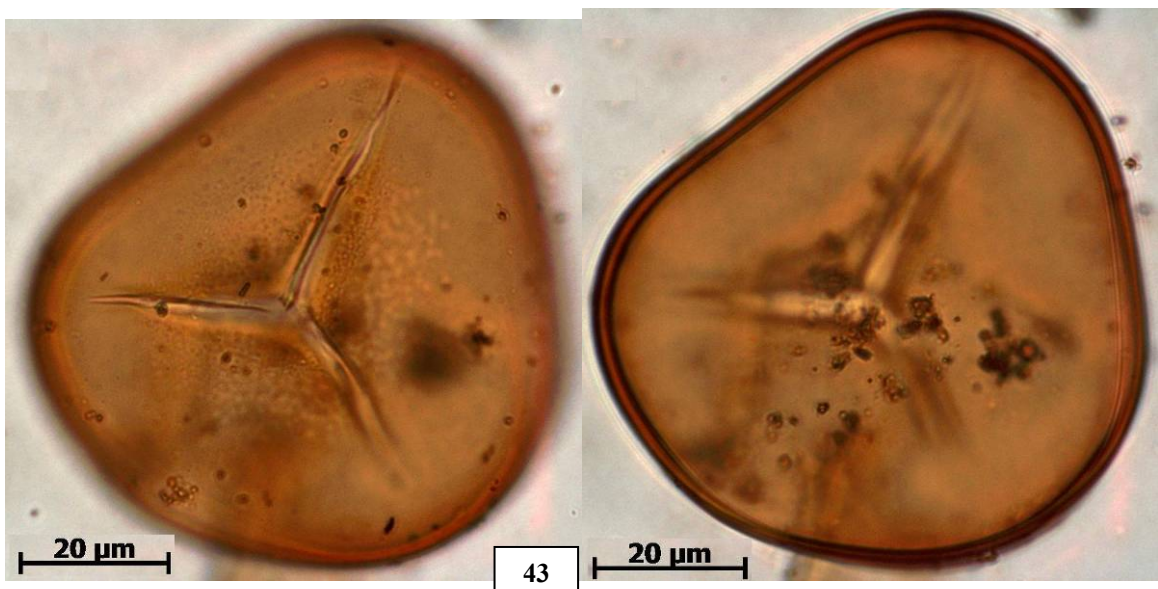
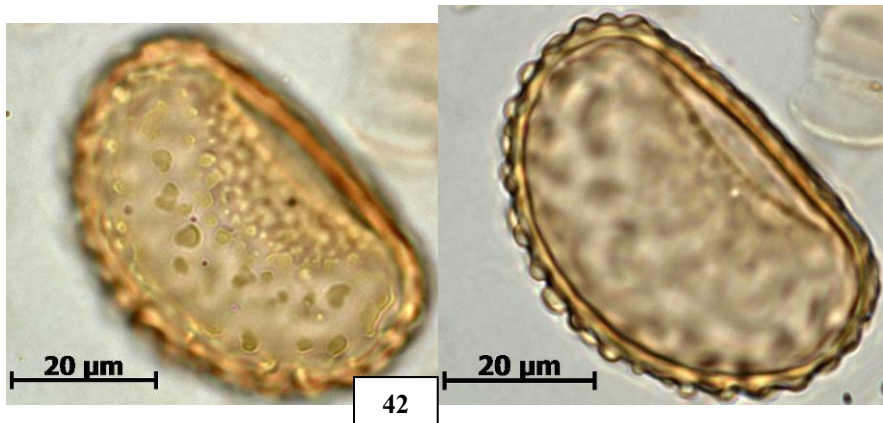
Prancha 5: *Schizaeaceae*: *Anemia* (22); *Selaginellaceae*: *Selaginella* tipo 1 (23); *Selaginella* tipo 2 (24); *Monoletes*: Monolete tipo 1 (25); Monolete tipo 2 (26); Monolete tipo 3 (27);



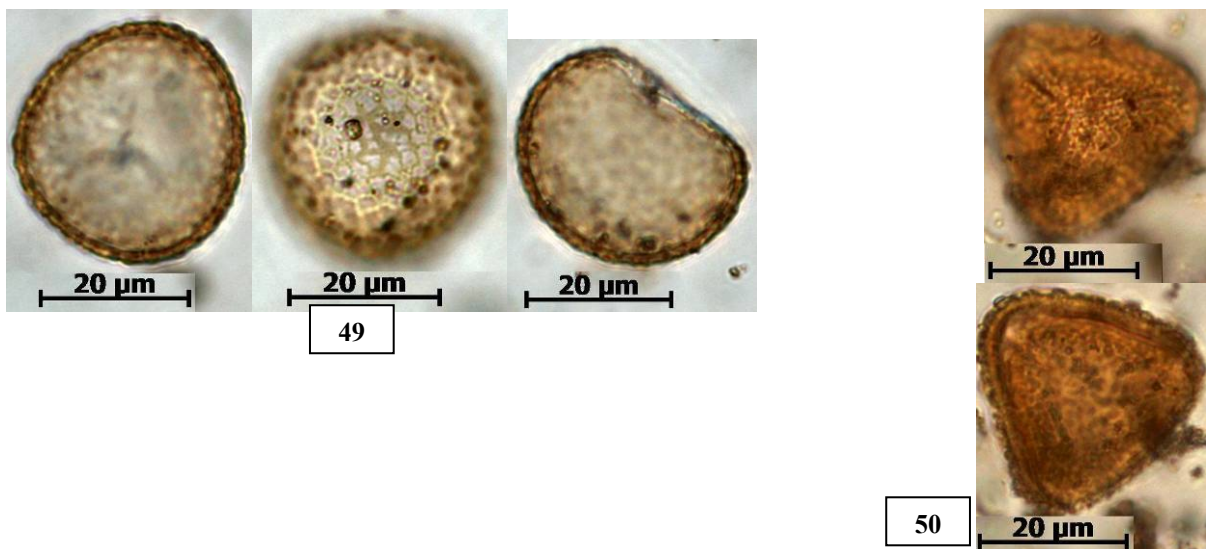
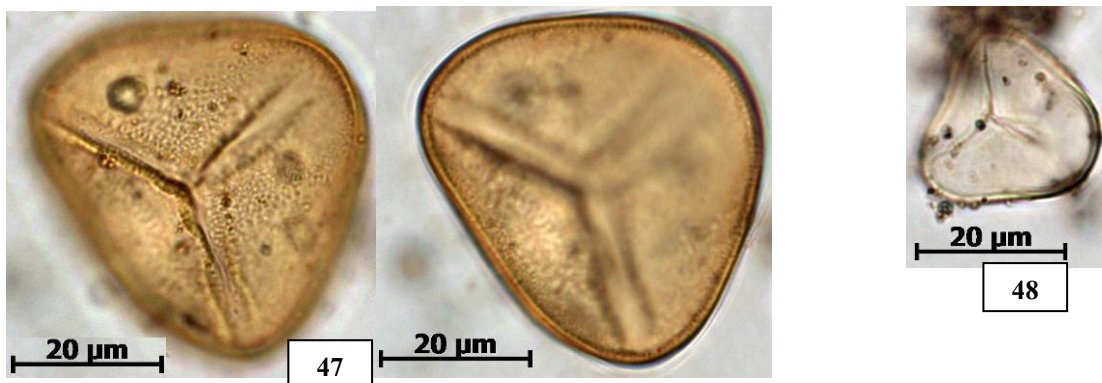
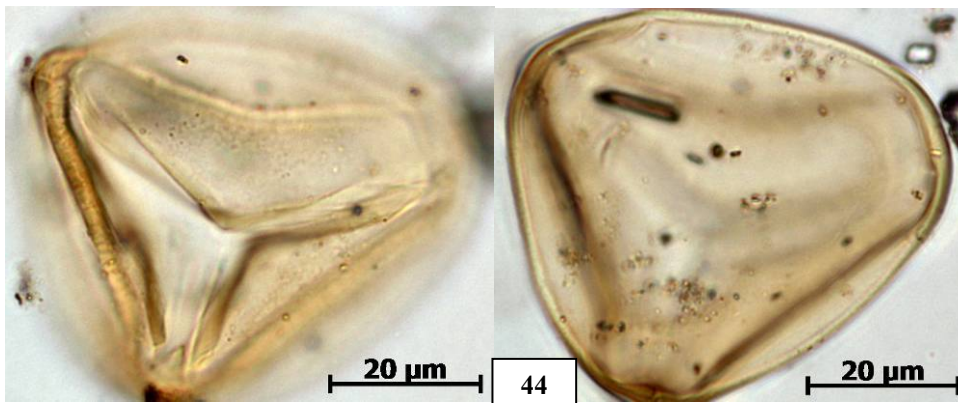
Prancha 6: Monoletes: Monolete tipo 4 (28); Monolete tipo 5 (29); Monolete tipo 6 (30); Monolete tipo 7 (31); Monolete tipo 8 (32); Monolete tipo 9 (33); Monolete tipo 10 (34); Monolete tipo 11 (35); Monolete tipo 12 (36).



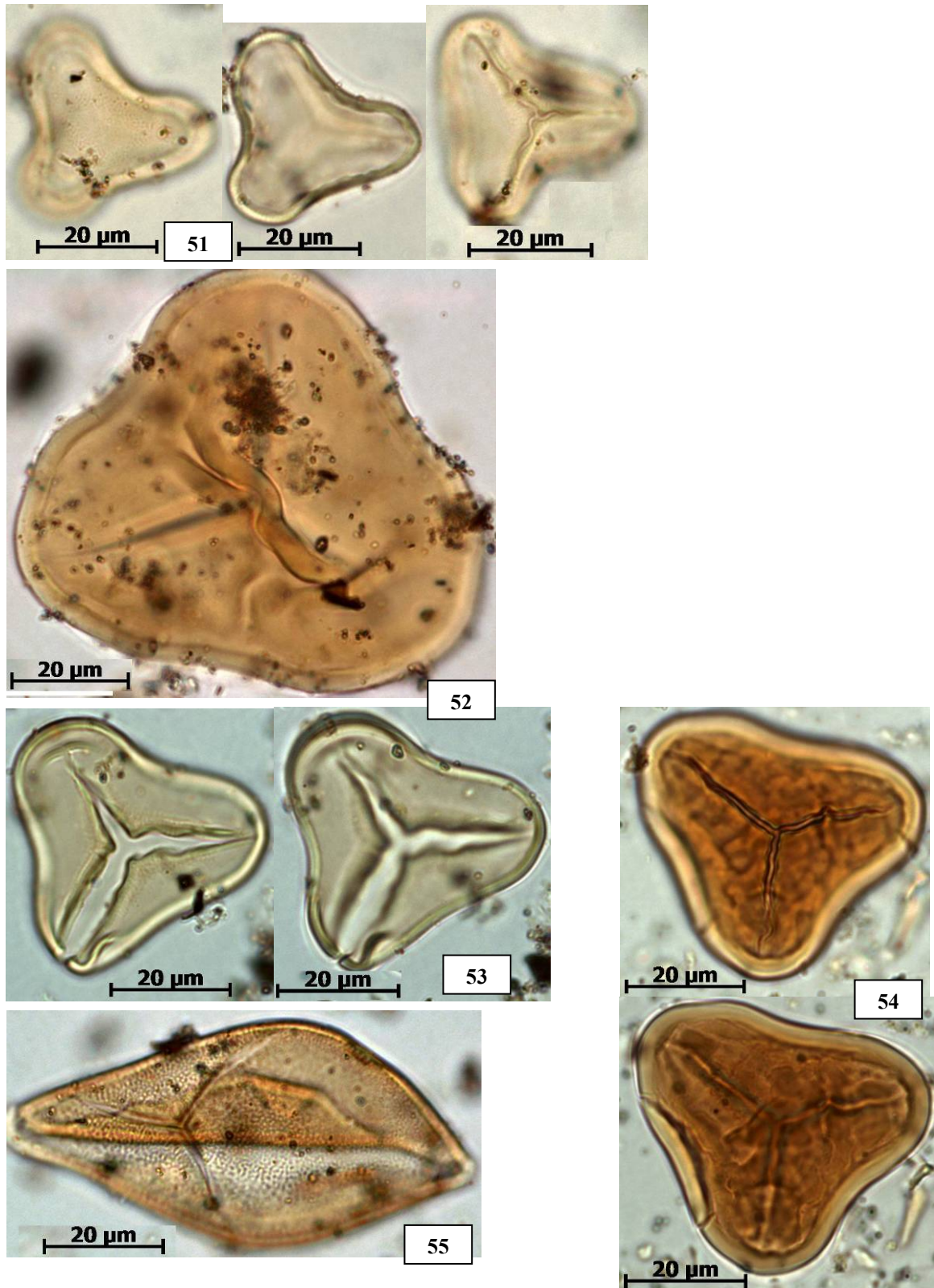
Prancha 7: Monoletes: Monolete tipo 13 (37); Monolete tipo 14 (38); Monolete tipo 15 (39); Monolete tipo 16 (40).



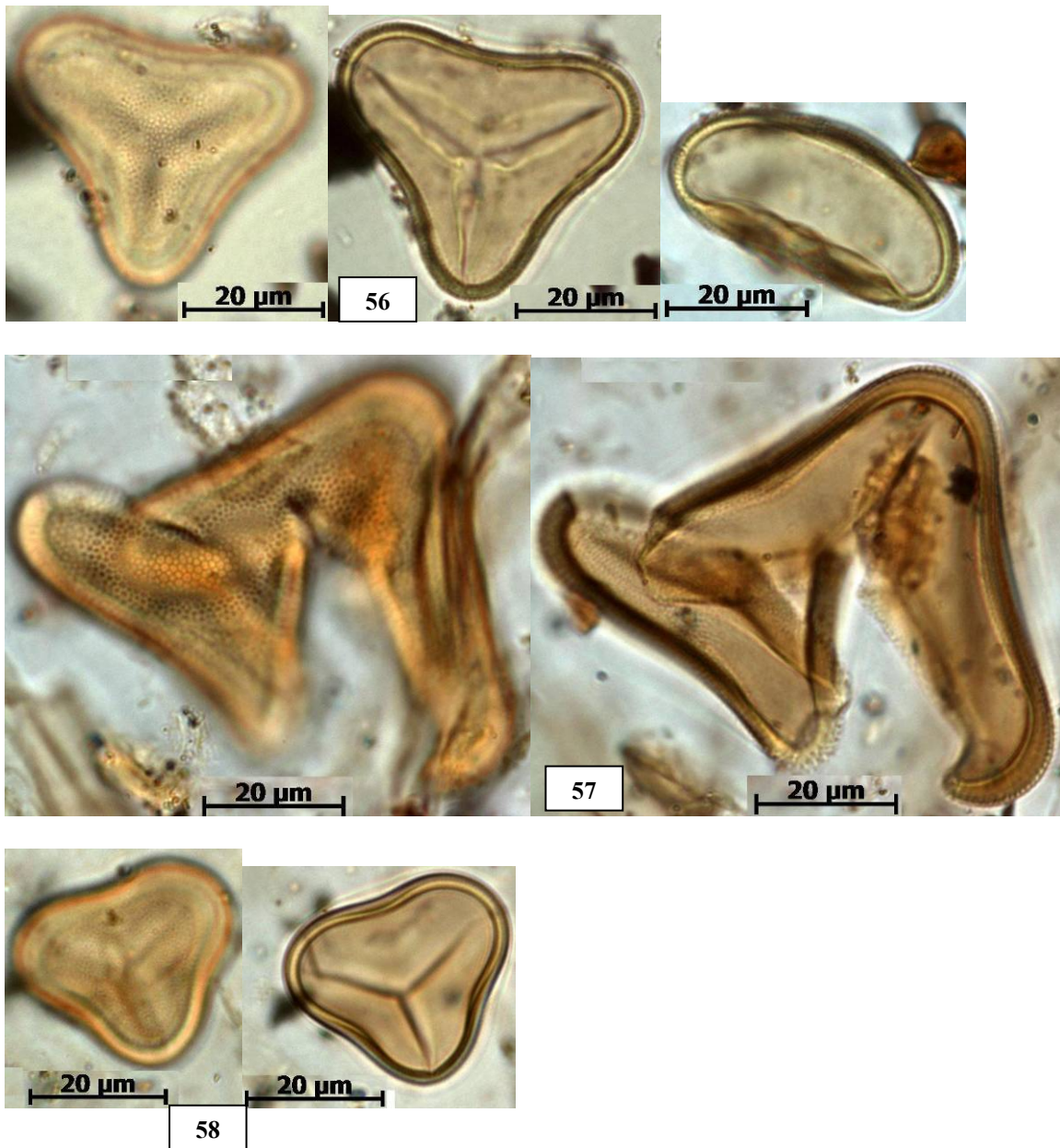
Prancha 8: Monoletes: Monolete tipo 17 (41); Monolete tipo 18 (42); **Triletes:** Trilete tipo 1 (43).



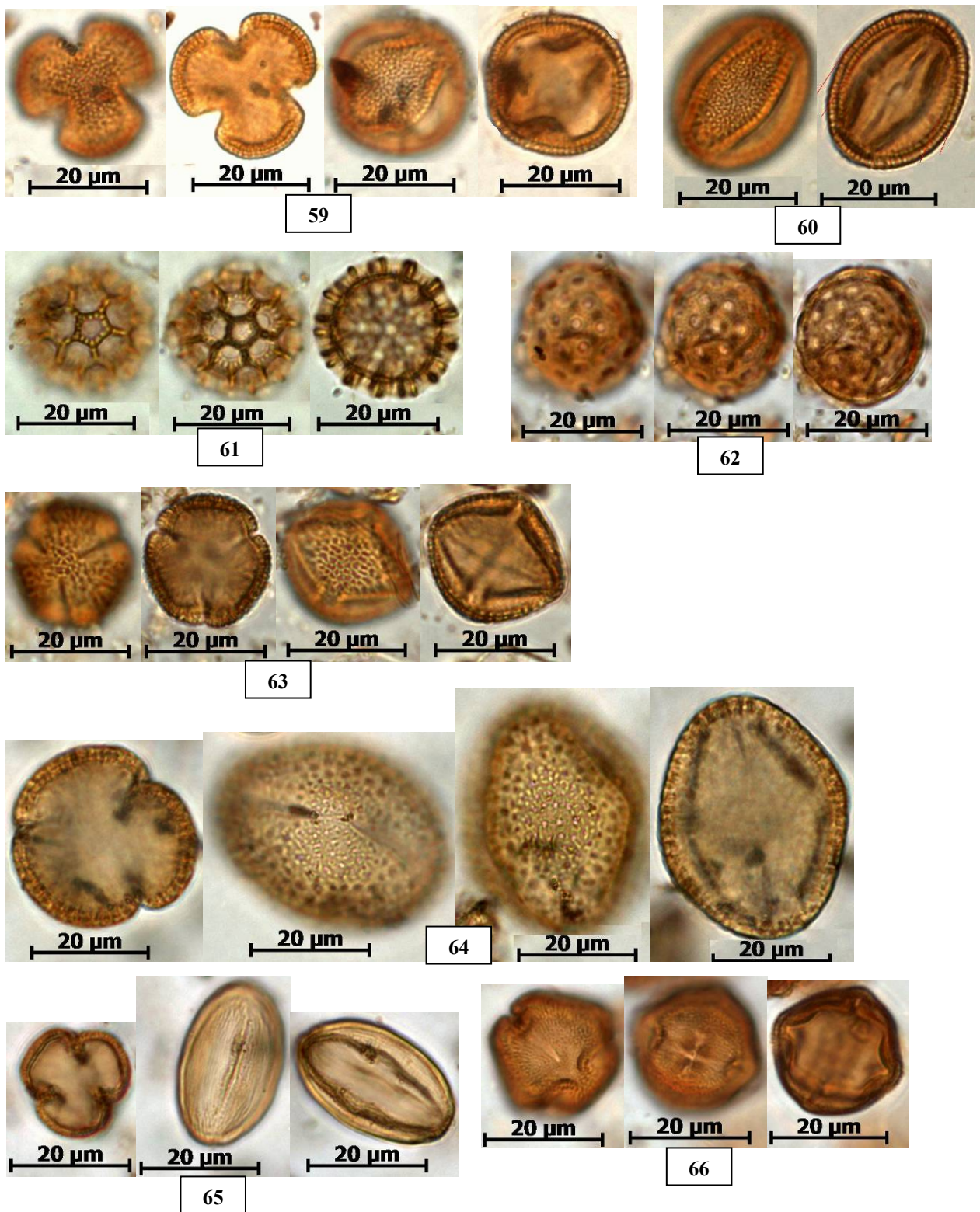
Prancha 9: Triletes: Trilete tipo 2 (44); Trilete tipo 3 (45); Trilete tipo 4 (46); Trilete tipo 5 (47); Trilete tipo 6 (48); Trilete tipo 7 (49); Trilete tipo 8 (50).



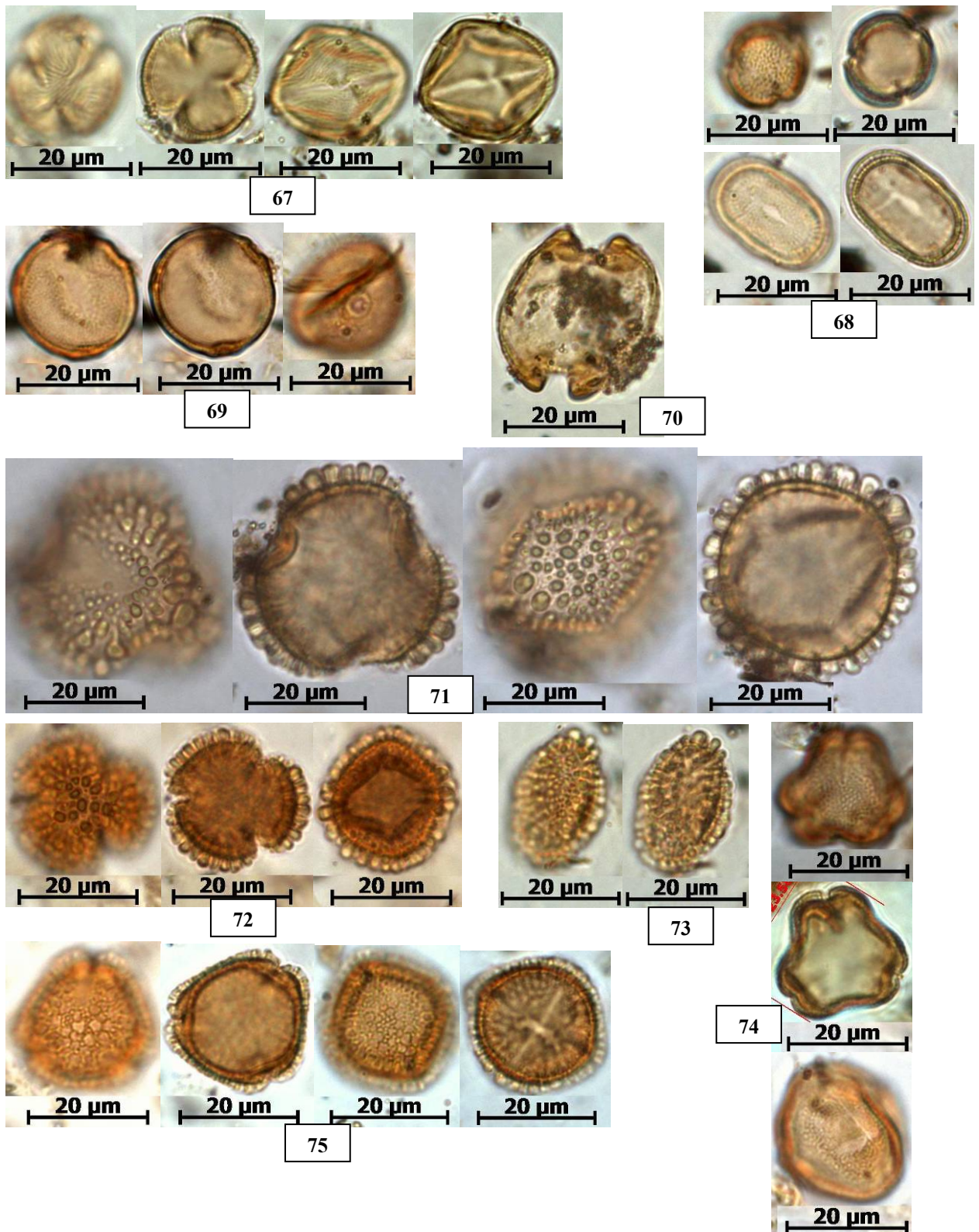
Prancha 10: Triletes: Trilete tipo 9 (51); Trilete tipo 10 (52); Trilete tipo 11 (53); Trilete tipo 12 (54); Trilete tipo 13 (55).



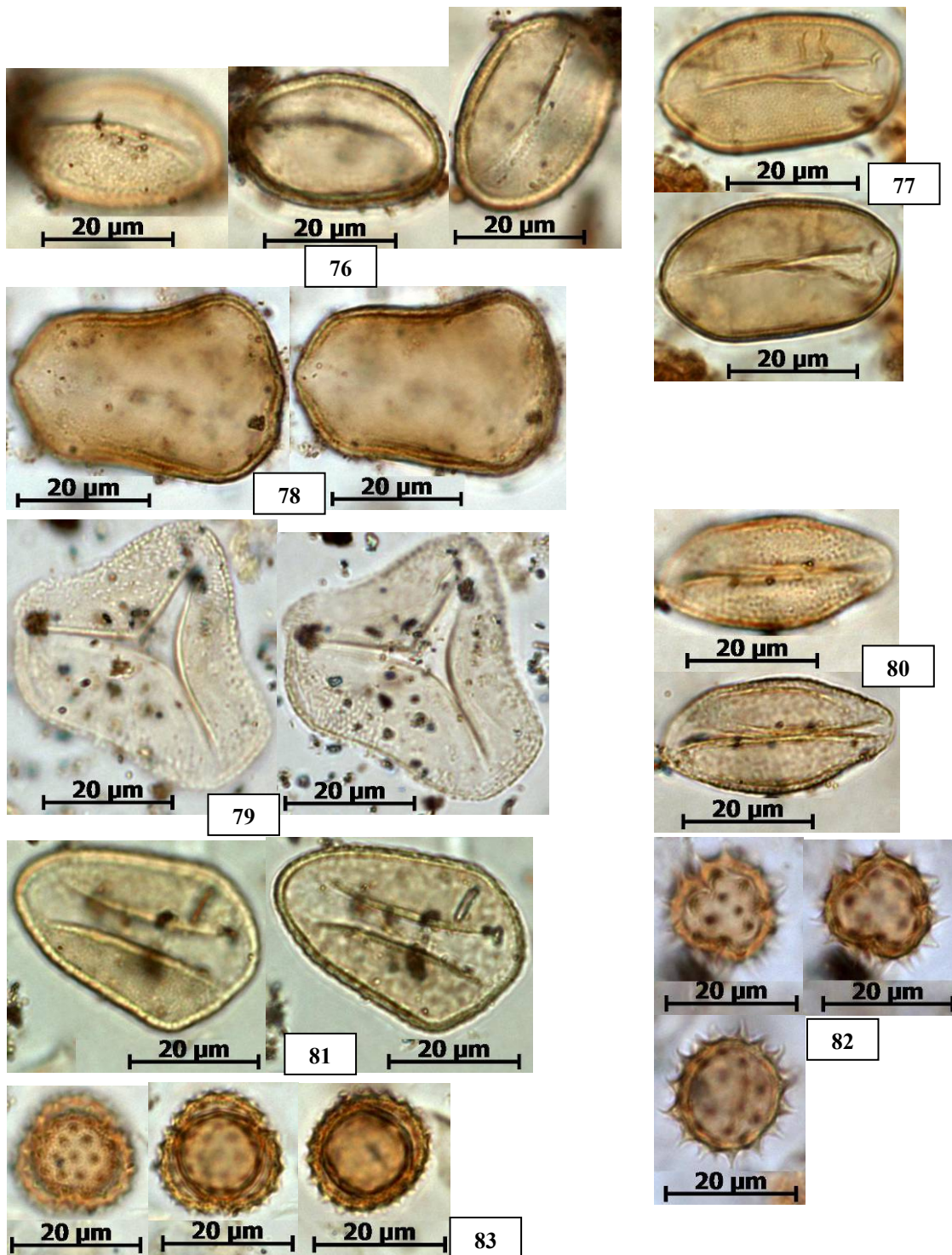
Prancha 11: Triletes: Trilete tipo 14 (56); Trilete tipo 15 (57); Trilete tipo 16 (58).



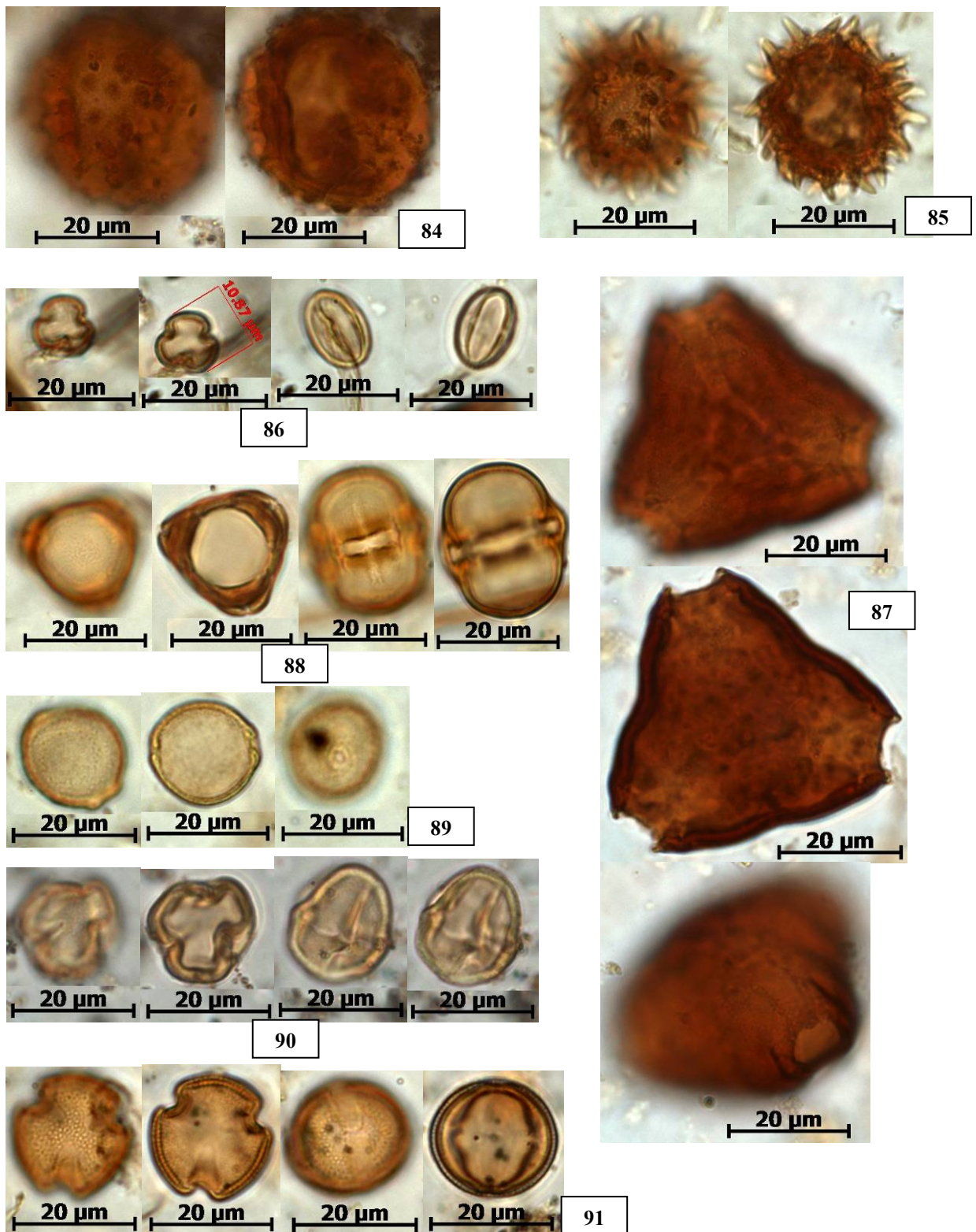
Prancha 12: *Acanthaceae*: *Avicennia* tipo 1 (59); *Avicennia* tipo 2 (60); *Amaranthaceae*: *Amaranthaceae* tipo 1 (61); *Amaranthaceae* tipo 2 (62); *Anacardiaceae*: *Astronium* (63); *Spondias* (64); *Anacardiaceae* tipo 1 (65); *Anacardiaceae* tipo 2 (66)



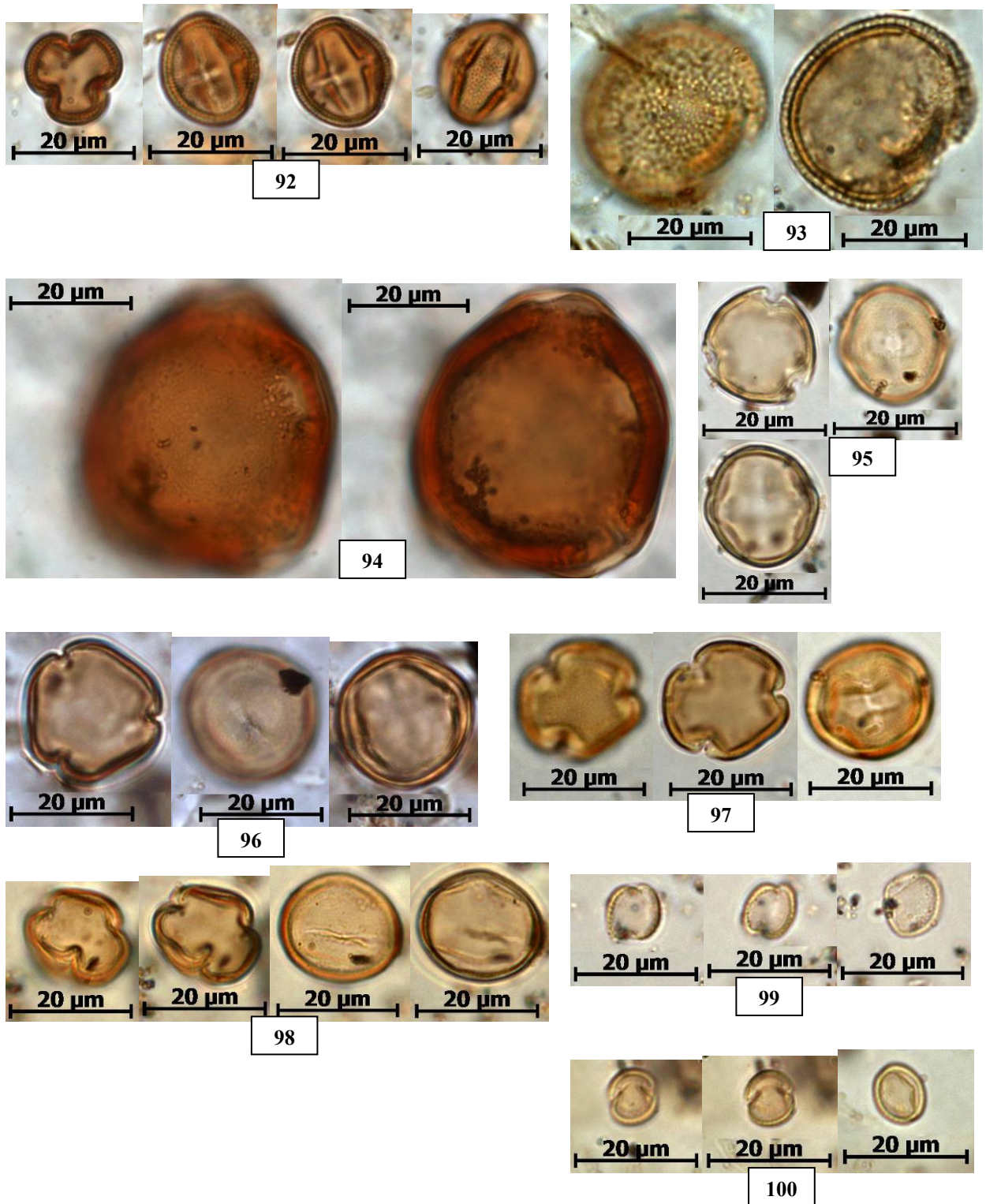
Prancha 13: *Anacardiaceae*: *Anacardiaceae* tipo 3 (67); *Apiaceae*: *Apium* (68); *Apocynaceae*: *Forsteronia* (69); *Macoubea* (70); *Aquifoliaceae*: *Ilex* tipo 1 (71); *Ilex* tipo 2 (72); *Ilex* tipo 3 (73); *Araliaceae*: *Dendropanax* (74); *Didymopanax* (75).



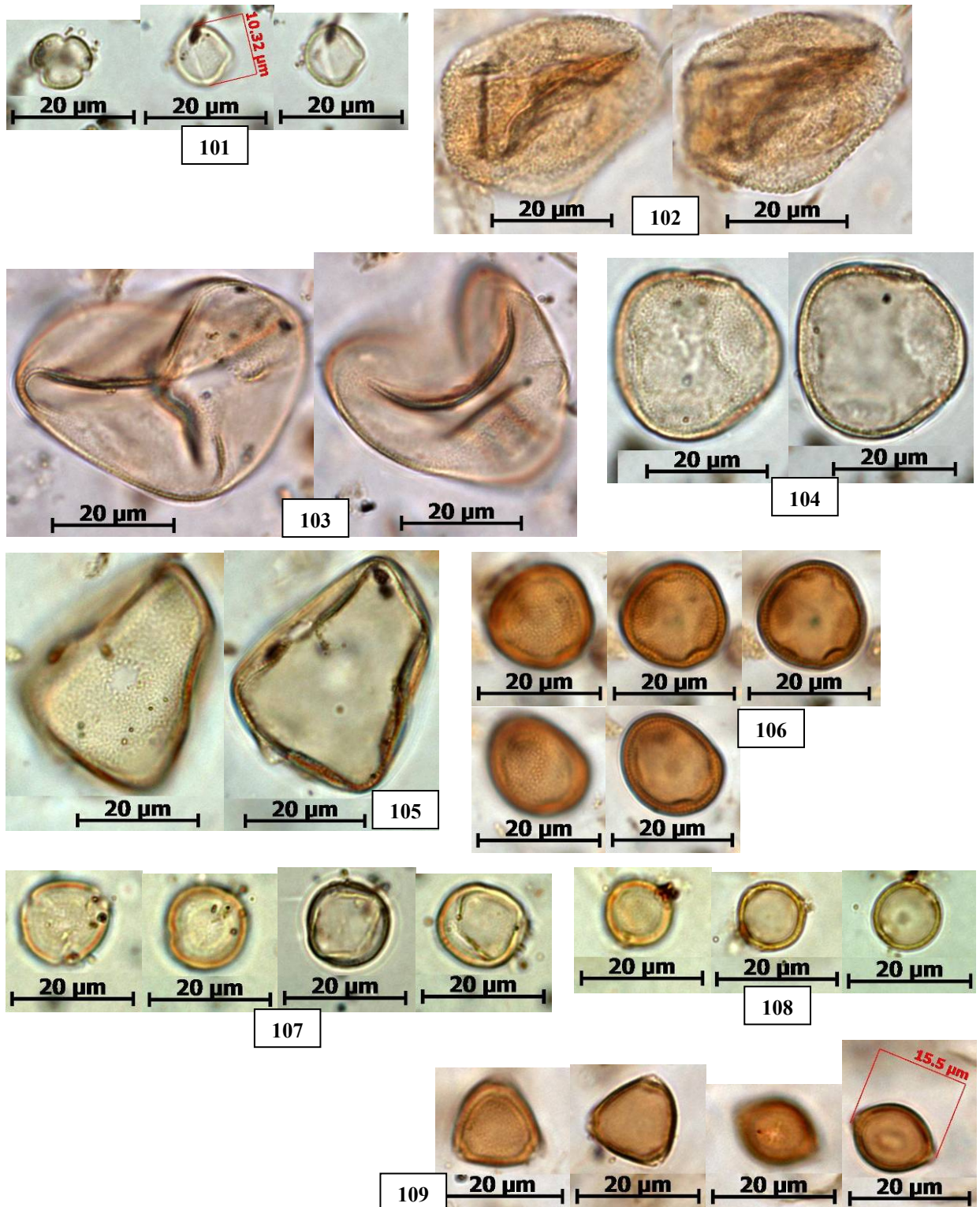
Prancha 14: *Arecaceae*: *Desmoncus* (76); *Arecaceae* tipo 1 (77); *Arecaceae* tipo 2 (78); *Arecaceae* tipo 3 (79); *Arecaceae* tipo 4 (80); *Arecaceae* tipo 5 (81); ***Asteraceae*:** *Asteraceae* tipo 1 (82); *Asteraceae* tipo 2 (83).



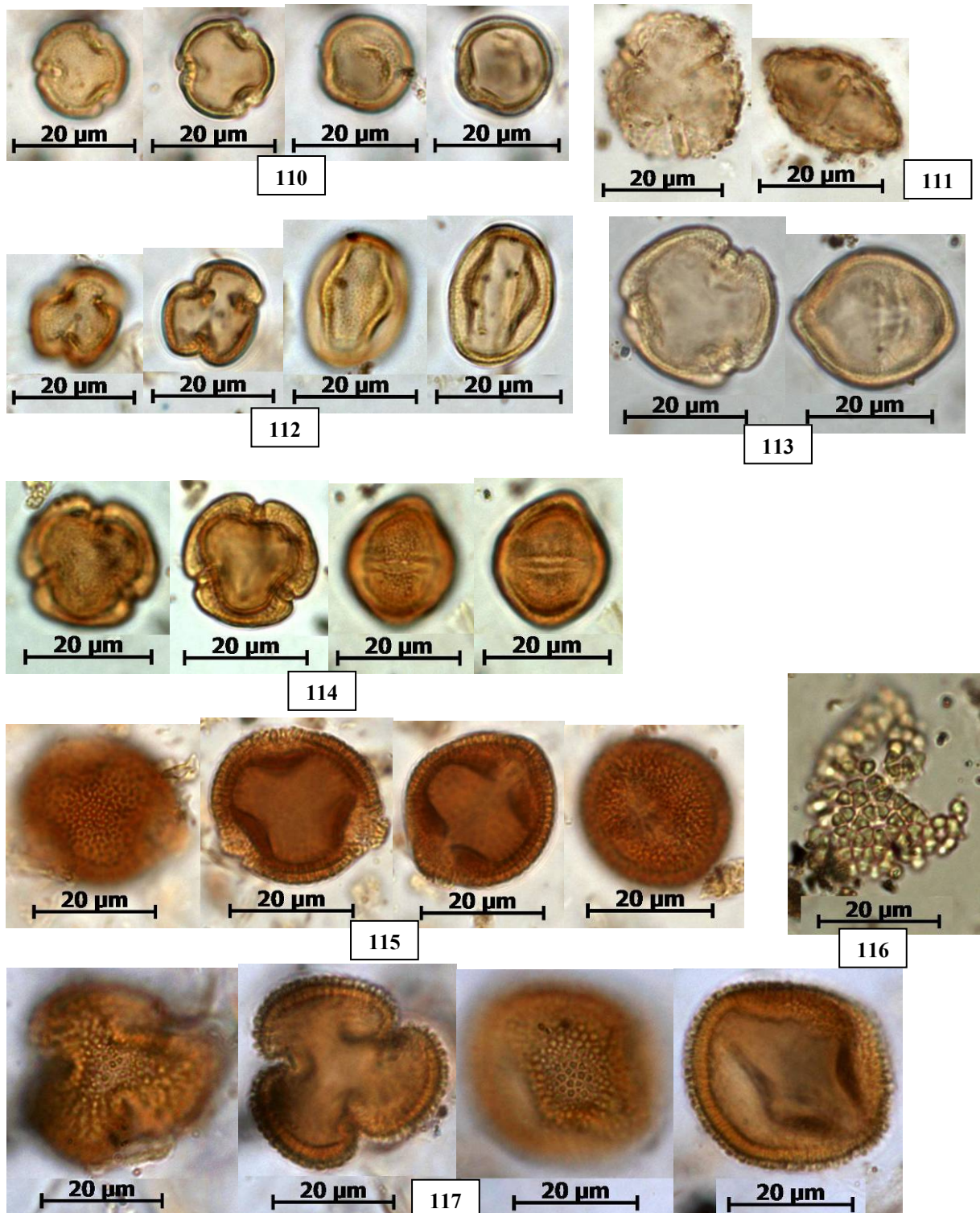
Prancha 15: *Asteraceae*: *Asteraceae* tipo 3 (84); *Asteraceae* tipo 4 (85); *Begoniaceae*: *Begonia* (86); *Bonnetiaceae*: *Bonnetia* (87); *Burseraceae*: *Crepidospermum/Protium* (88); *Cannabaceae*: *Trema* (89); *Caryocaraceae*: *Anthodiscus* (90); *Celastraceae*: *Peritassa* tipo 1 (91).



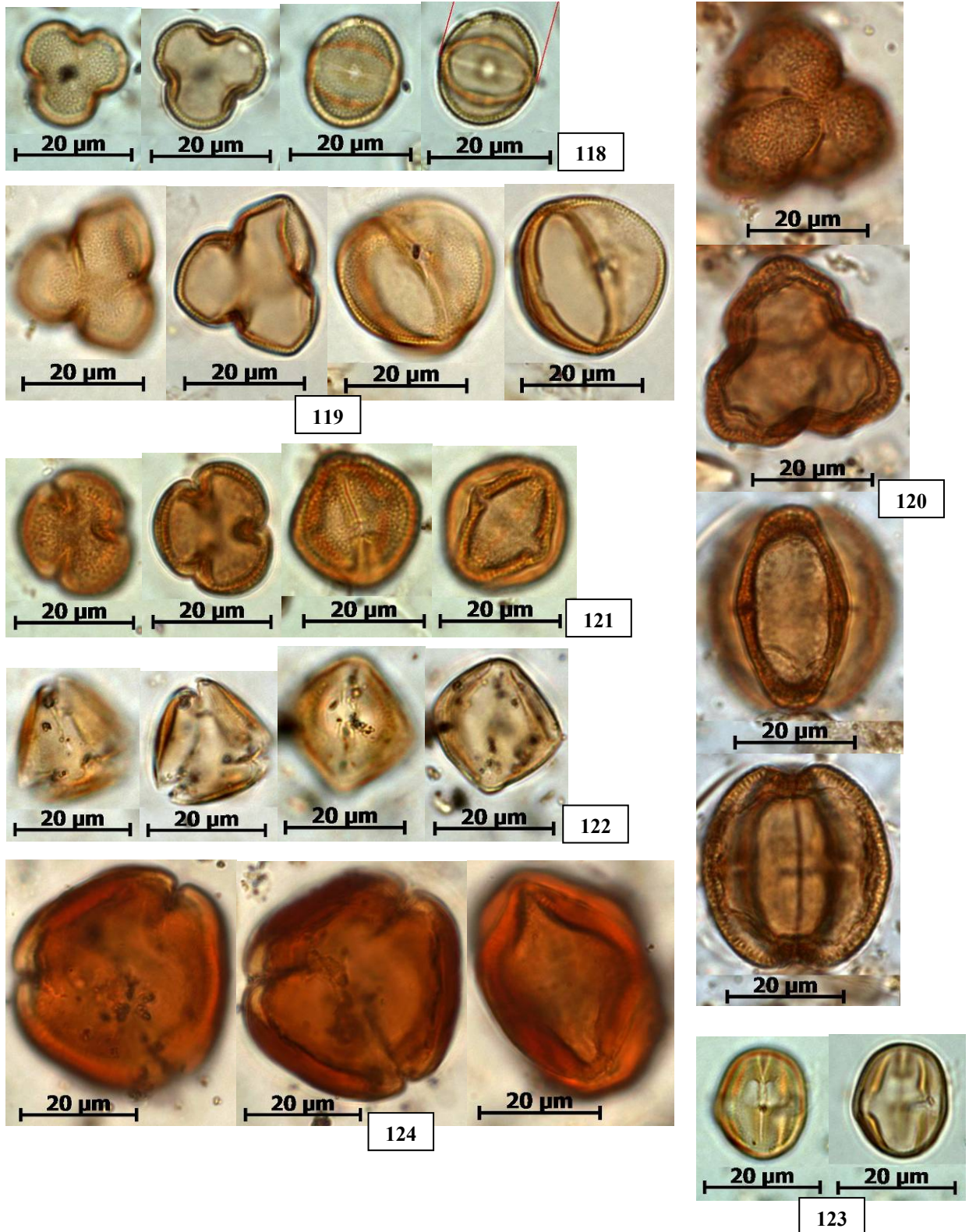
Prancha 16: *Celastraceae*: *Peritassa* tipo 2 (92); *Chloranthaceae*: *Hedyosmum* (93); *Clusiaceae*: *Symphonia* (94); *Combretaceae*: *Laguncularia* tipo 1 (95); *Laguncularia* tipo 2 (96); *Laguncularia* tipo 3 (97); *Laguncularia* tipo 4 (98); *Cunoniaceae*: *Lamanonia* tipo 1 (99); *Lamanonia* tipo 2 (100).



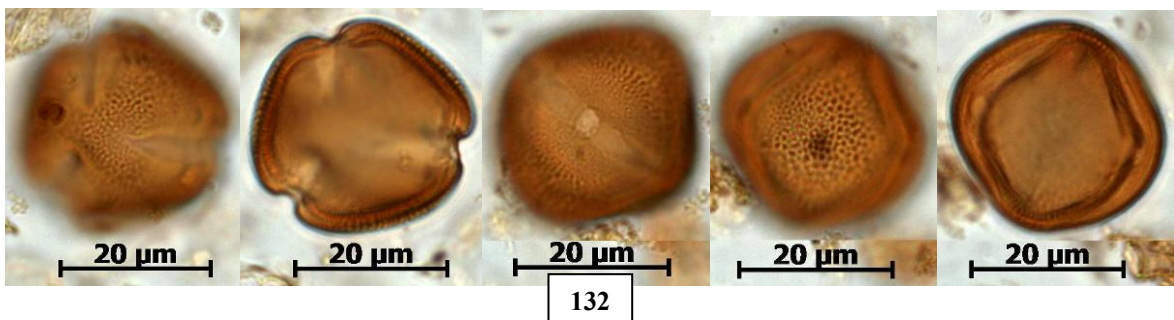
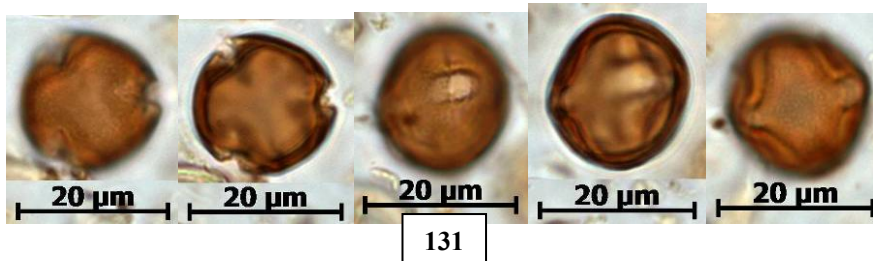
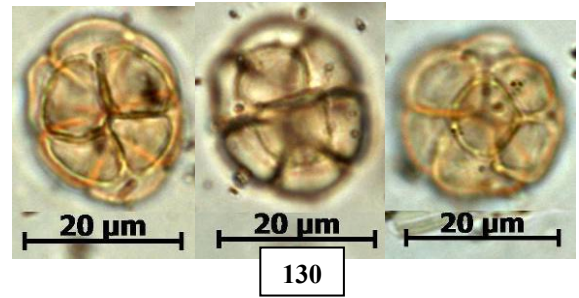
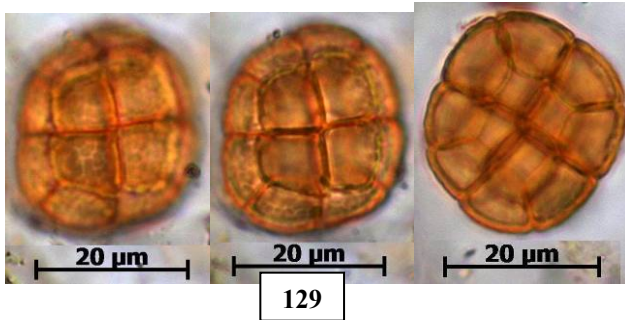
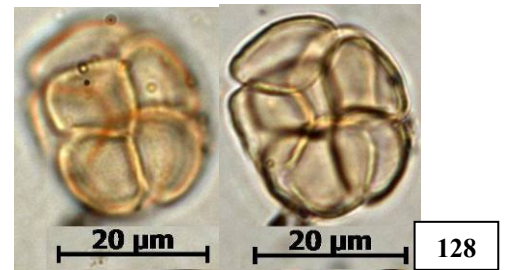
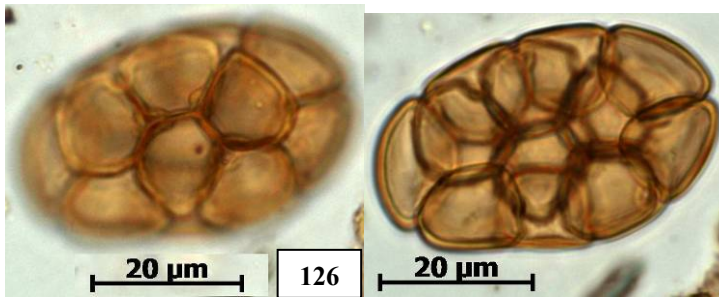
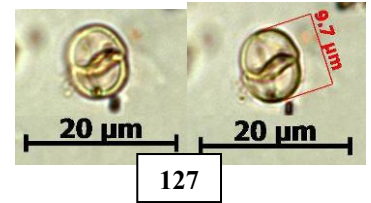
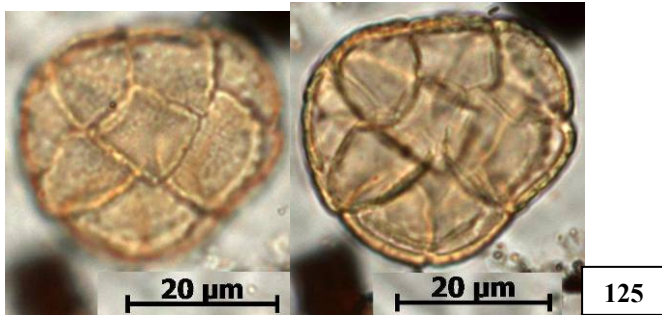
Prancha 17: *Cunoniaceae*: *Weinmannia* (101); *Cyperaceae*: *Eleocharis* (102); *Cyperaceae* tipo 1 (103); *Cyperaceae* tipo 2 (104); *Cyperaceae* tipo 3 (105); *Dilleniaceae*: *Tetracera* (106); *Elaeocarpaceae*: *Sloanea* (107); *Euphorbiaceae*: *Acalypha* tipo 1 (108); *Acalypha* tipo 2 (109).



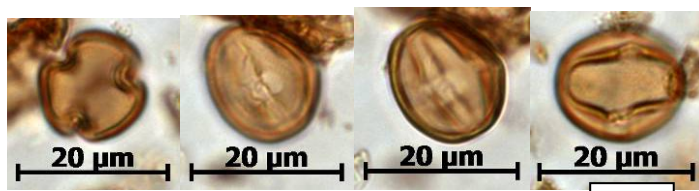
Prancha 18: Euphorbiaceae: *Alchornea/Aparisthmium* tipo 1 (110); *Alchornea/Aparisthmium* tipo 2 (111); *Alchornea/Aparisthmium* tipo 3 (112); *Alchornea/Aparisthmium* tipo 4 (113); *Alchornea/Aparisthmium* tipo 5 (114); *Caperonia* (115); *Padrão Croton* (116); *Glycydendron* (117).



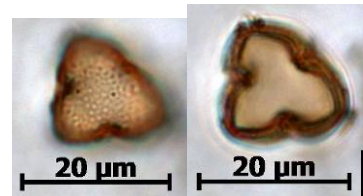
Prancha 19: *Euphorbiaceae*: *Sebastiania* tipo 1 (118); *Sebastiania* tipo 2 (119); *Sebastiania* tipo 3 (120); *Senefeldera* (121); *Fabaceae*: *Copaifera* (122); *Dalbergia* (123); *Dioclea* (124).



Prancha 20: Fabaceae: *Anadenanthera* tipo 1 (125); *Anadenanthera* tipo 2 (126); *Mimosa* (127); *Mimosoideae* tipo 1 (128); *Mimosoideae* tipo 2 (129); *Mimosoideae* tipo 3 (130); *Machaerium* (131); *Melanoxyllum* (132).



133



135



134

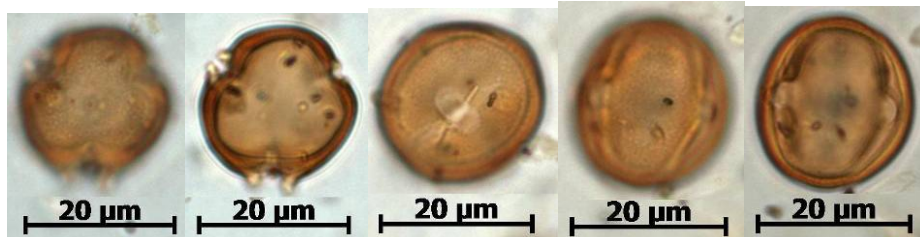


20 µm

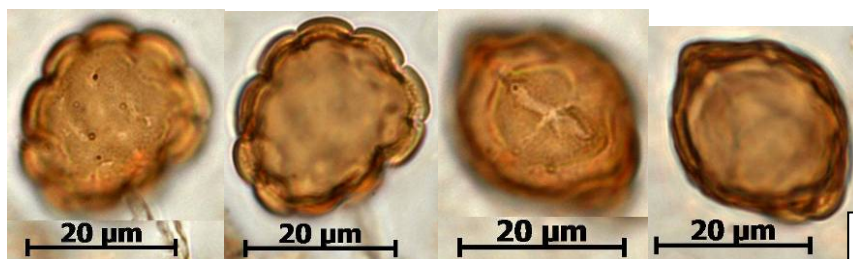
20 µm



136



137

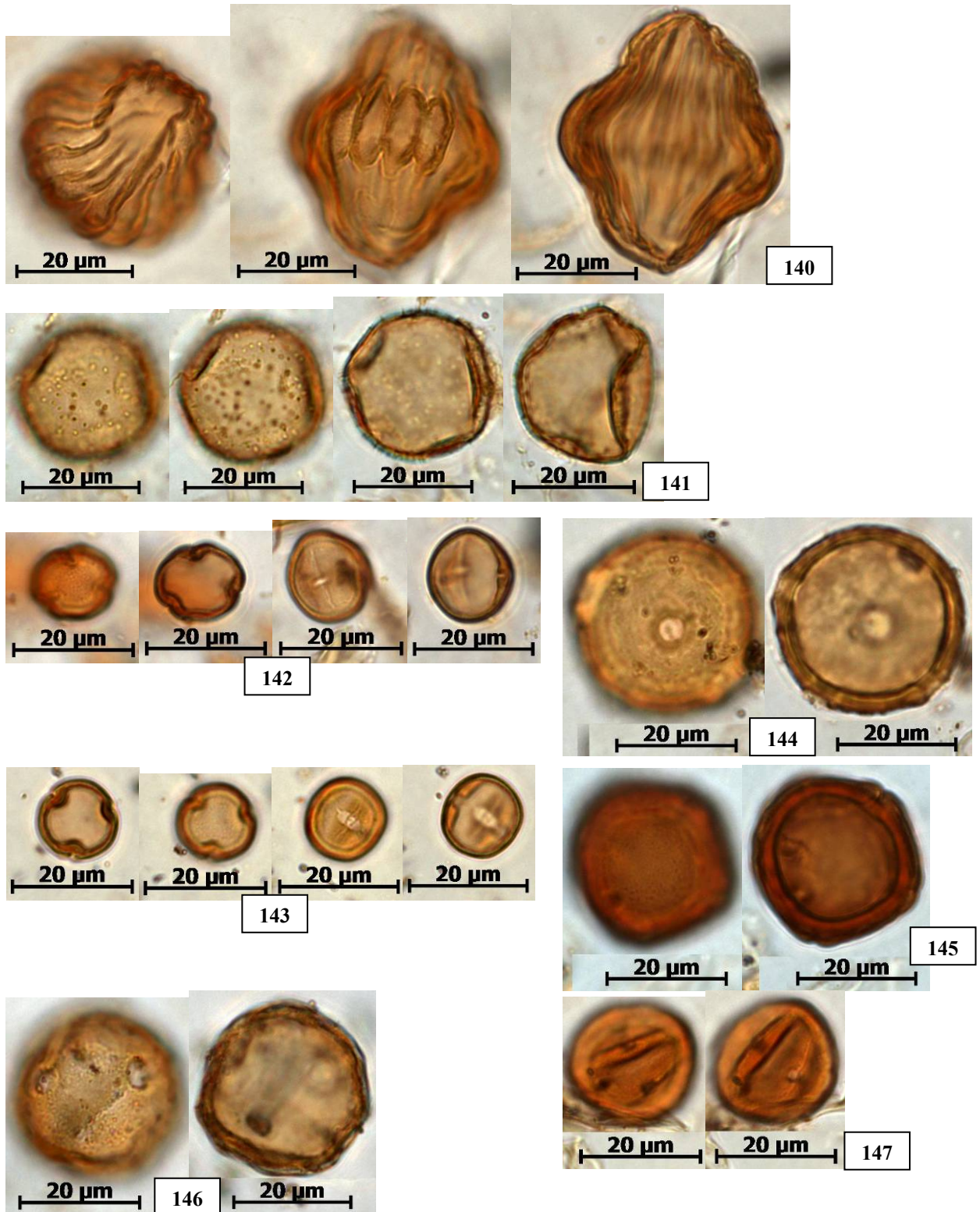


138

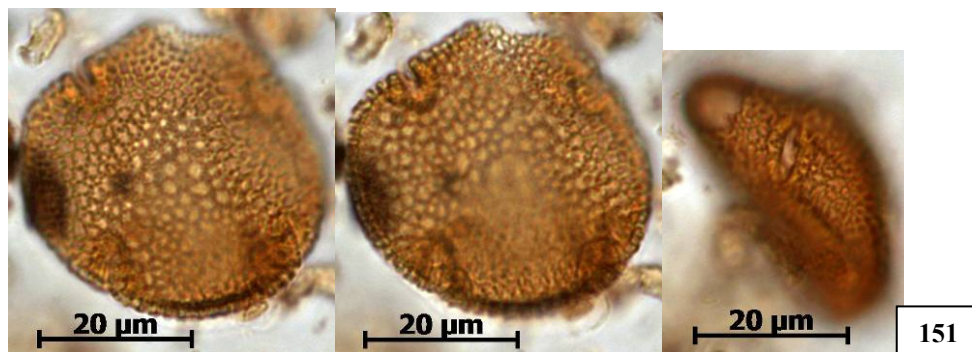
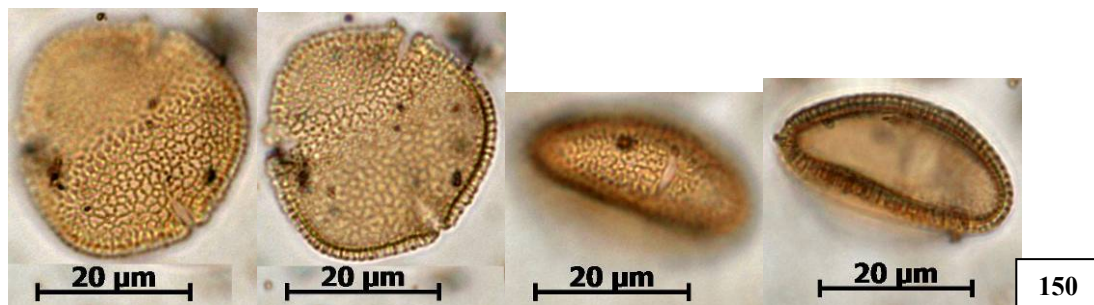
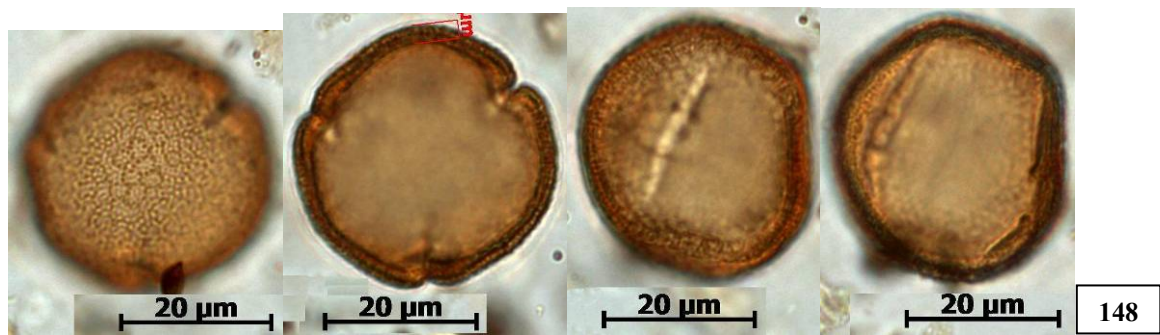


139

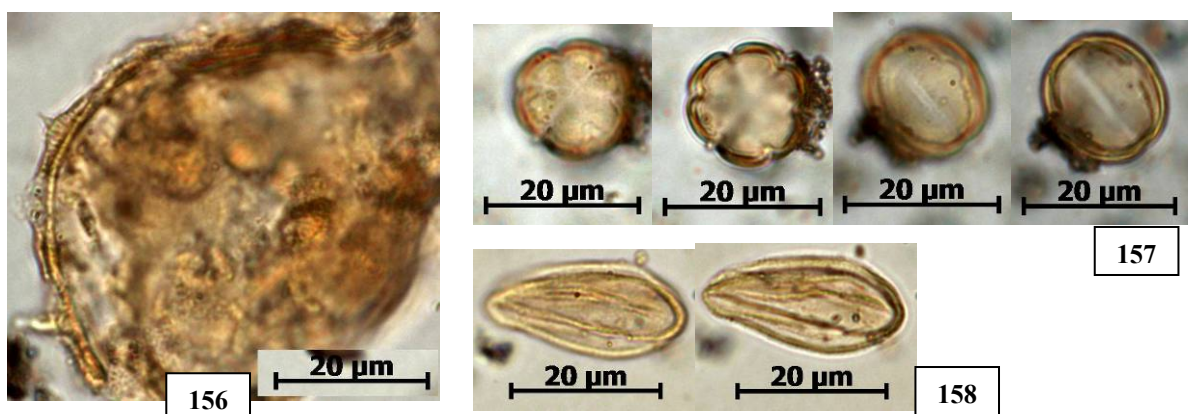
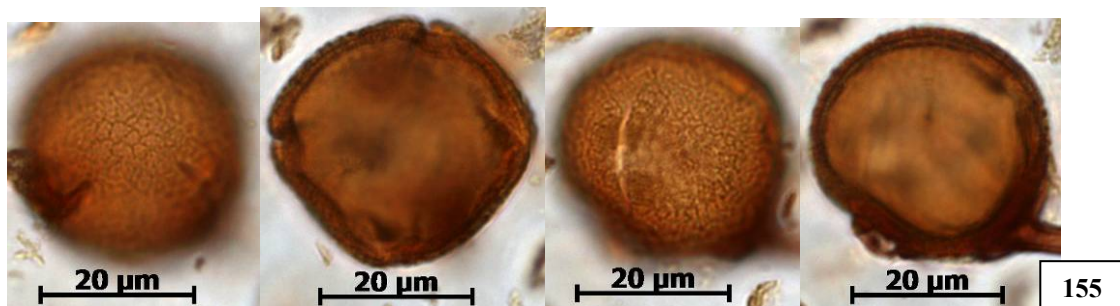
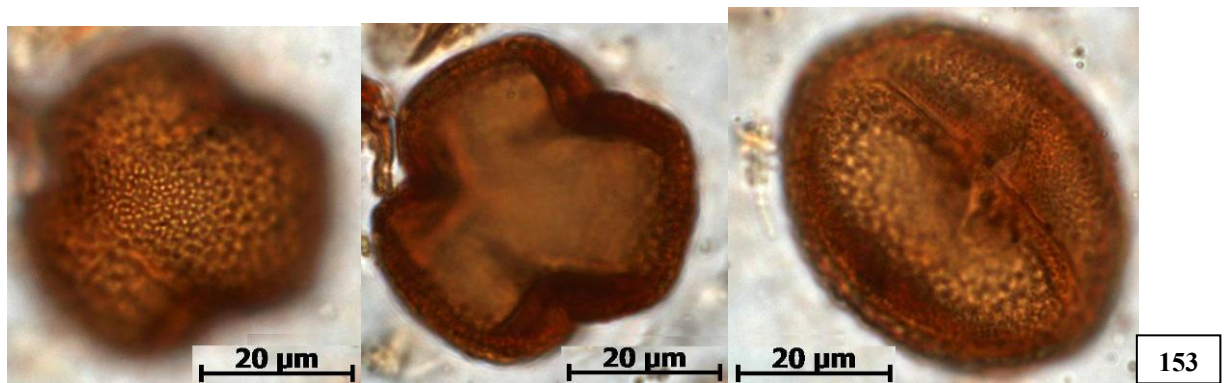
Prancha 21: *Fabaceae*: *Myroxylon* (133); *Pterocarpus* (134); *Zornia* (135); *Haloragaceae*: *Laurembergia* (136); *Icacinaceae*: *Emmotum* (137); *Lentibulariaceae*: *Utricularia* tipo 1 (138); *Utricularia* tipo 2 (139).



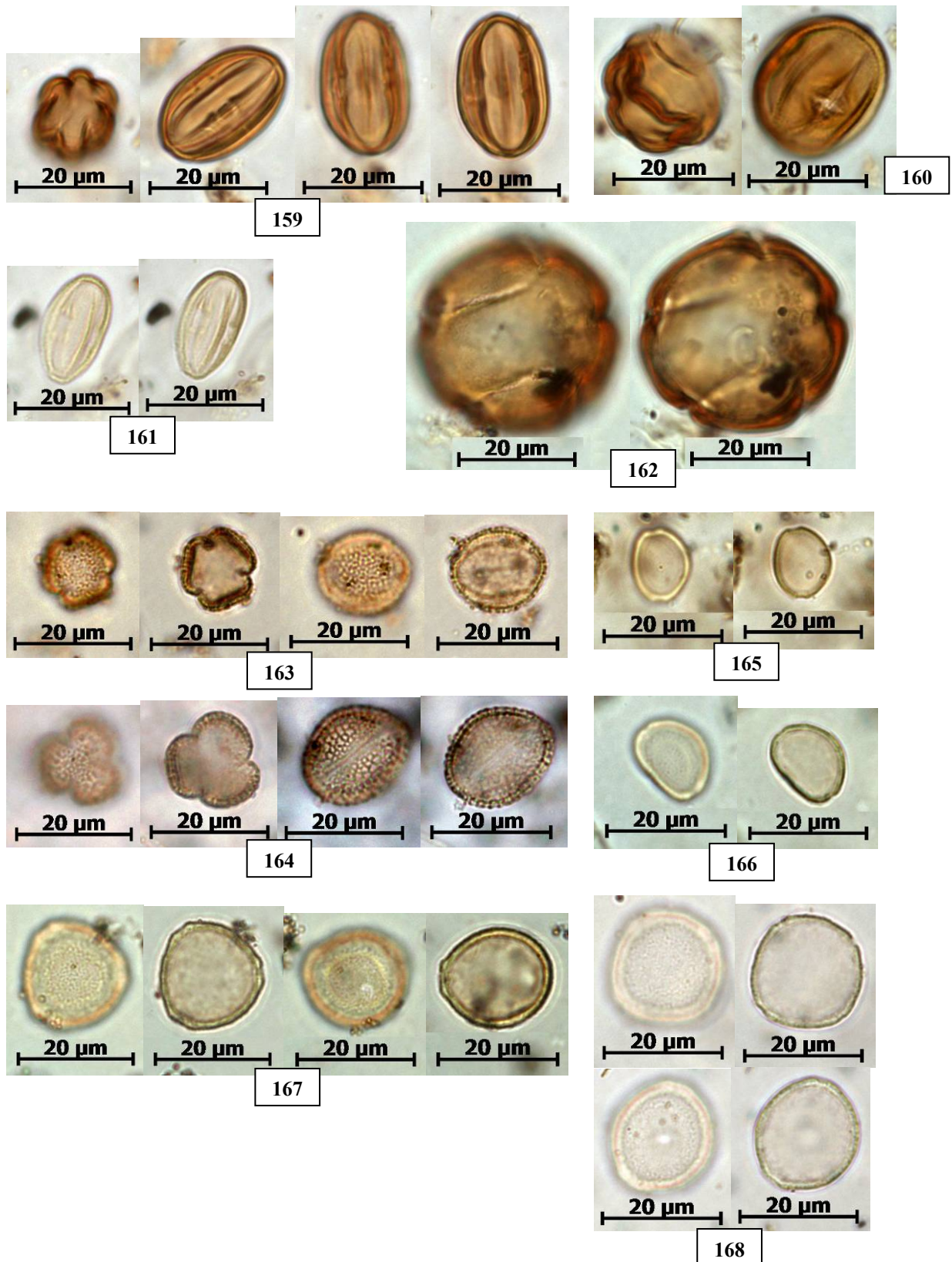
Prancha 22: *Lentibulariaceae*: *Utricularia* tipo 3 (140); *Limnocharitaceae*: *Hydrocleys* (141); *Malpighiaceae*: *Byrsonima* tipo 1 (142); *Byrsonima* tipo 2 (143); *Malpighiaceae* tipo 1 (144); *Malpighiaceae* tipo 2 (145); *Malpighiaceae* tipo 3 (146); *Malpighiaceae* tipo 4 (147).



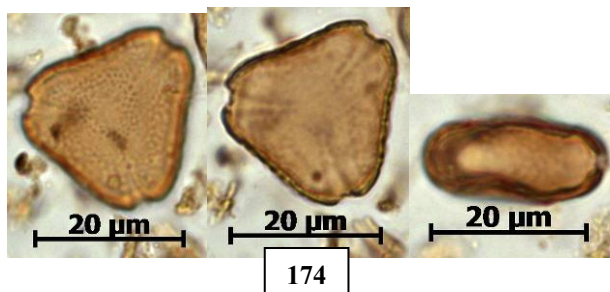
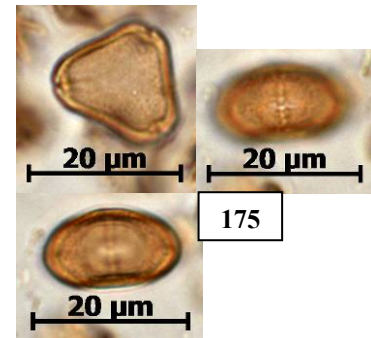
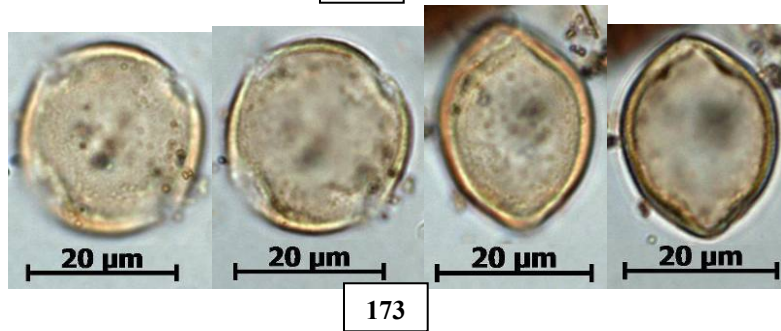
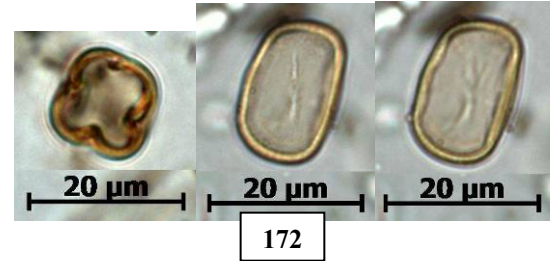
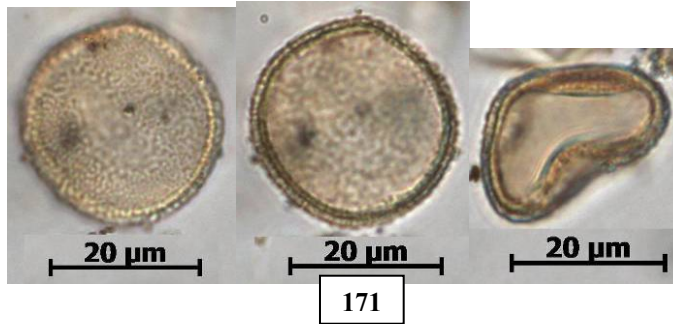
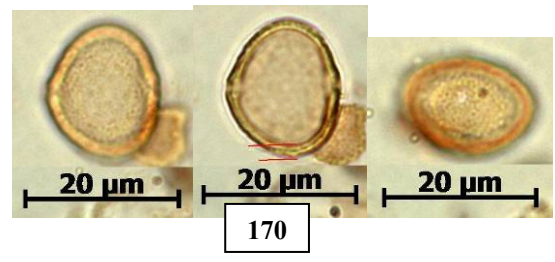
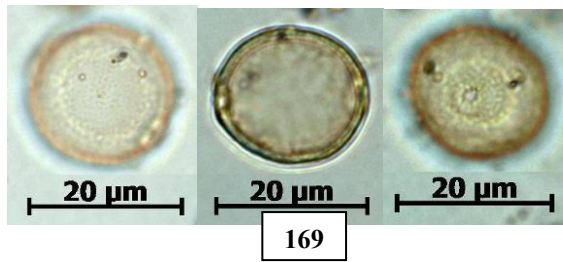
Prancha 23: *Malvaceae*: *Apeiba/Hydrogaster* (148); *Ayennia/Byttneria* (149); *Eriotheca* tipo 1 (150); *Eriotheca* tipo 2 (151); *Helicteres* (152).



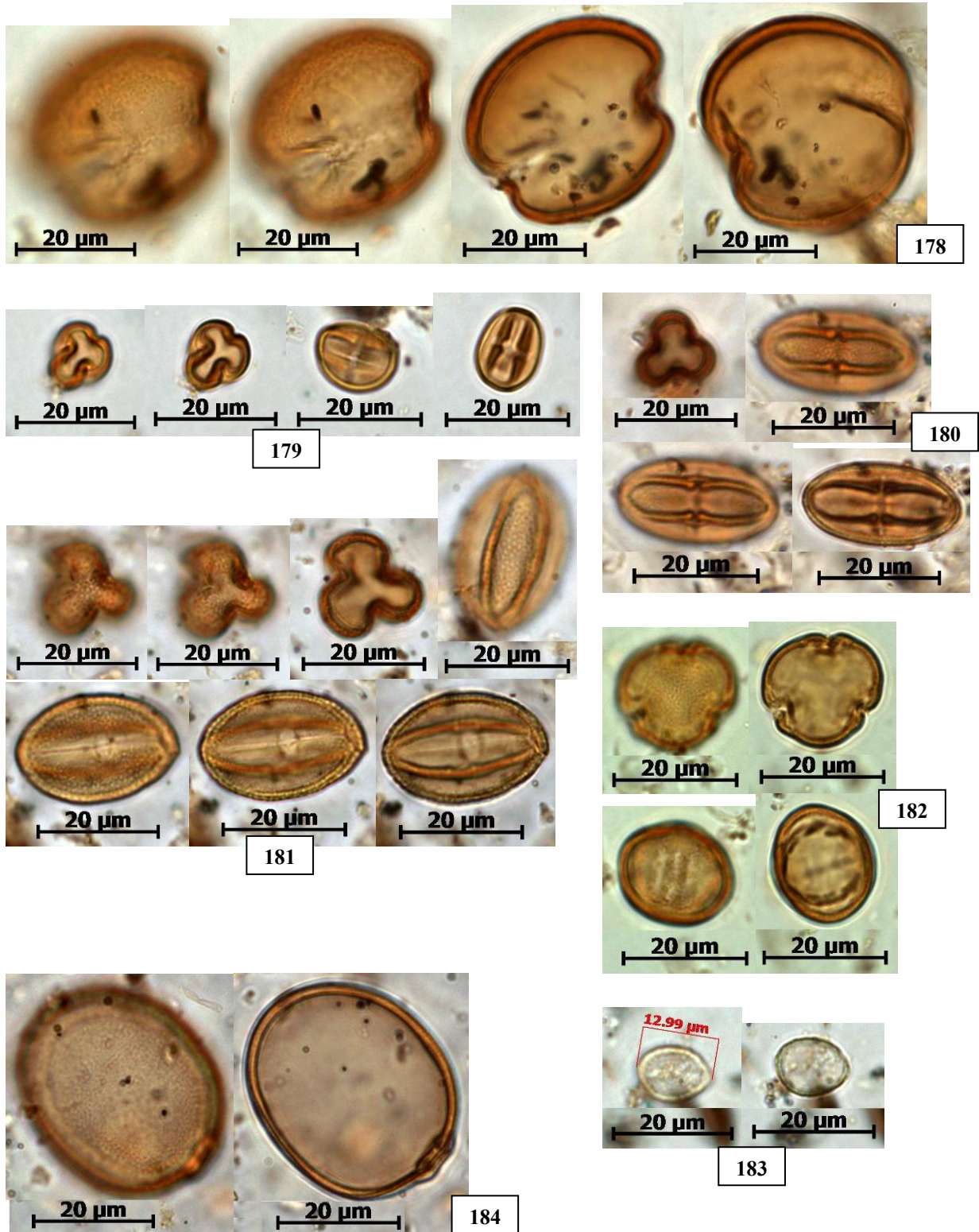
Prancha 24: *Malvaceae*: *Heliocarpus* (153); *Pseudobombax* (154); *Waltheria* (155); *Malvaceae* tipo 1 (156); *Melastomataceae/Combretaceae*: *Melastomataceae/Combretaceae* tipo 1 (157); *Melastomataceae/Combretaceae* tipo 2 (158).



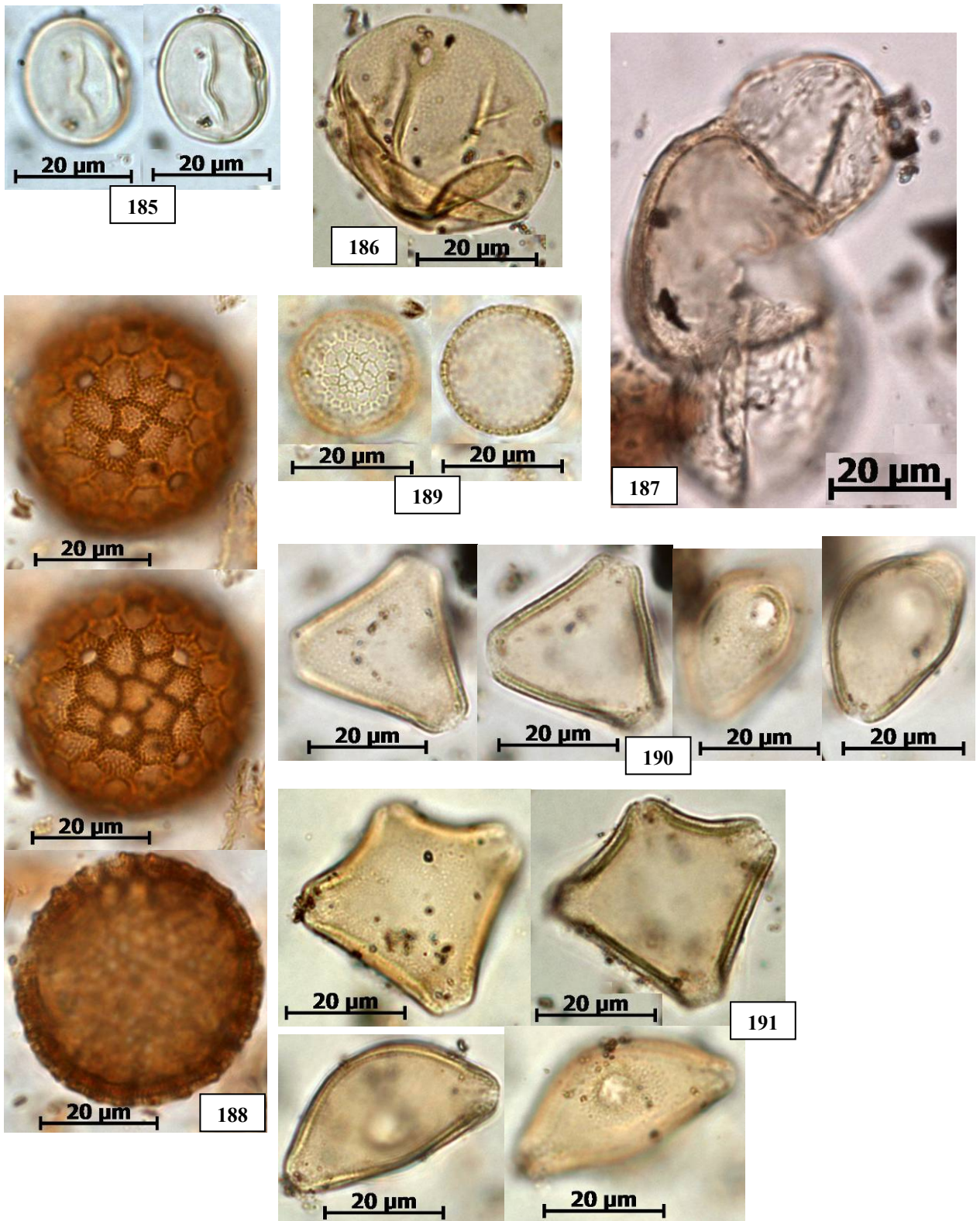
Prancha 25: Melastomataceae/Combretaceae: *Melastomataceae/Combretaceae* tipo 3 (159); *Melastomataceae/Combretaceae* tipo 4 (160); *Melastomataceae/Combretaceae* tipo 5 (161); **Meliaceae:** *Cedrela/Trichilia* (162); **Menispermaceae:** *Abuta* (163); *Borismene* (164); **Moraceae:** *Ficus* tipo 1 (165); *Ficus* tipo 2 (166); **Moraceae/Urticaceae:** *Moraceae/Urticaceae* tipo 1 (167); *Moraceae/Urticaceae* tipo 2 (168).



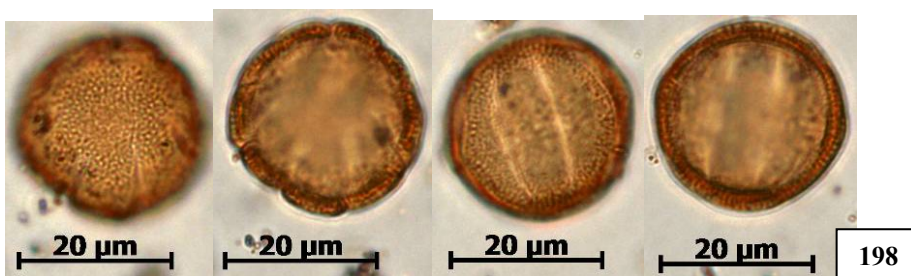
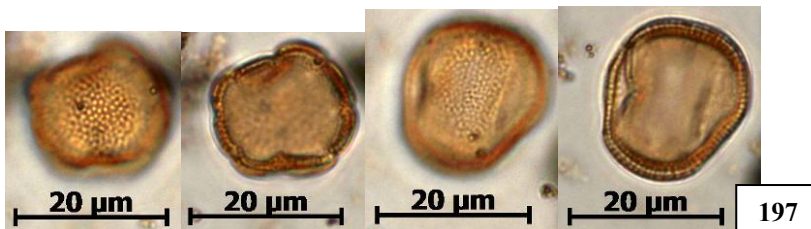
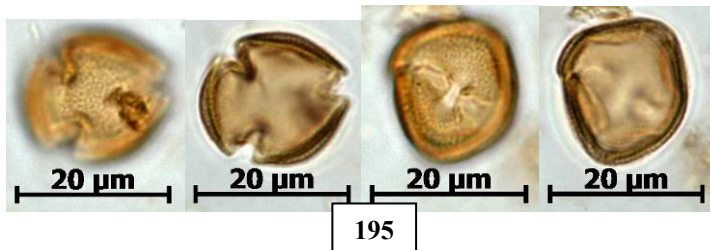
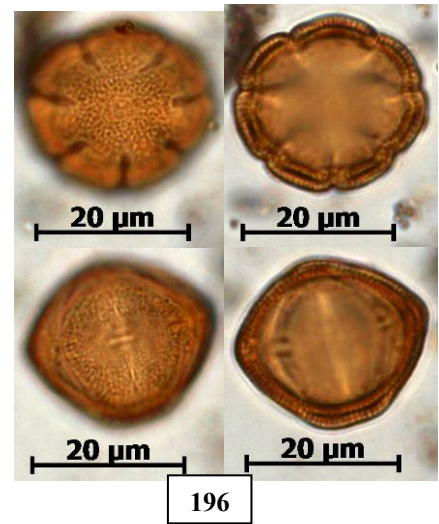
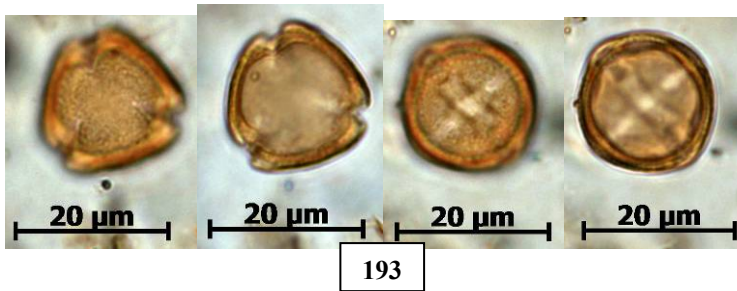
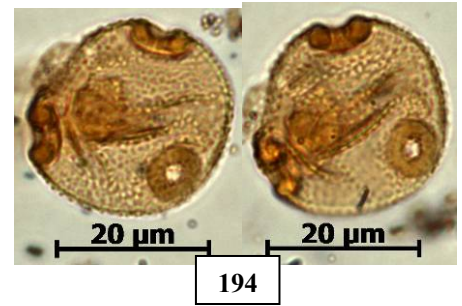
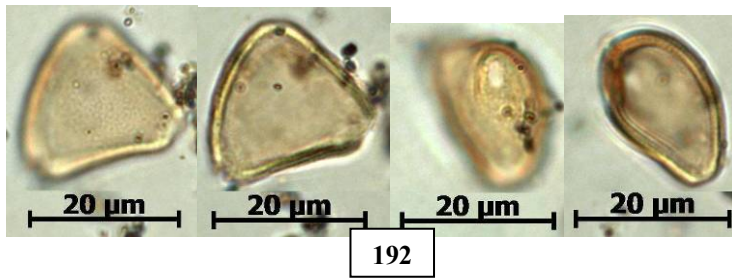
Prancha 26: Moraceae/Urticaceae: *Moraceae/Urticaceae* tipo 3 (169); *Moraceae/Urticaceae* tipo 4 (170); **Myristicaceae:** *Virola* (171); **Myrsinaceae:** *Rapanea* tipo 1 (172); *Rapanea* tipo 2 (173); **Myrtaceae:** *Calyptranthes* (174); *Myrtaceae* tipo 1 (175); *Myrtaceae* tipo 2 (176); **Nymphaeaceae/Pontederiaceae:** *Nymphaeaceae/Pontederiaceae* tipo 1 (177).



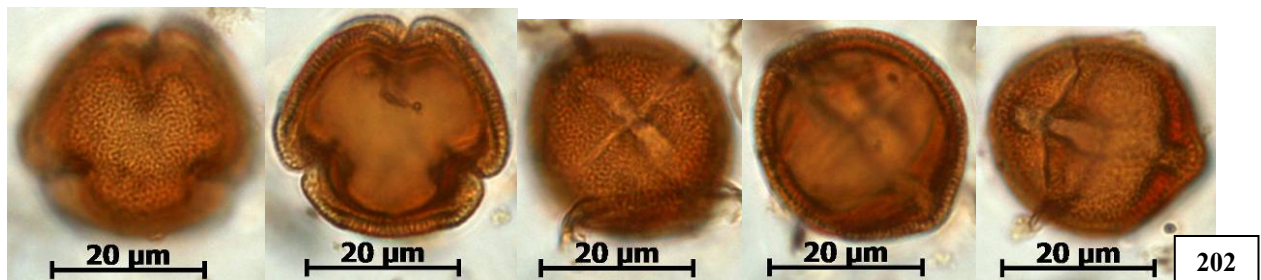
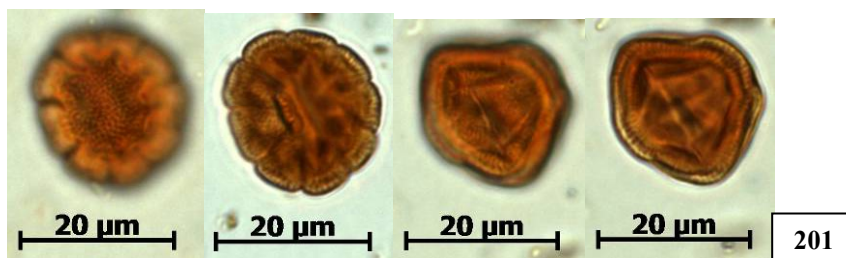
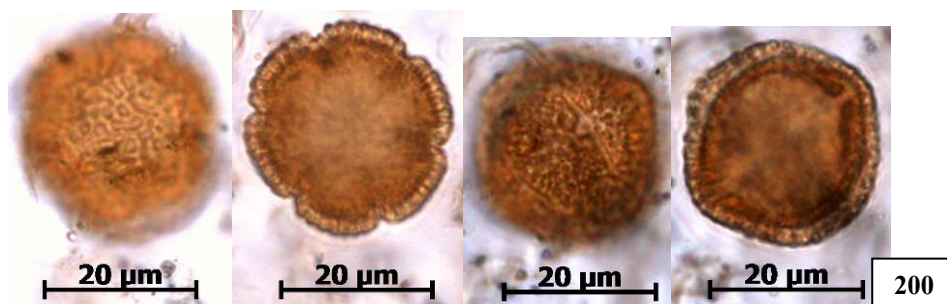
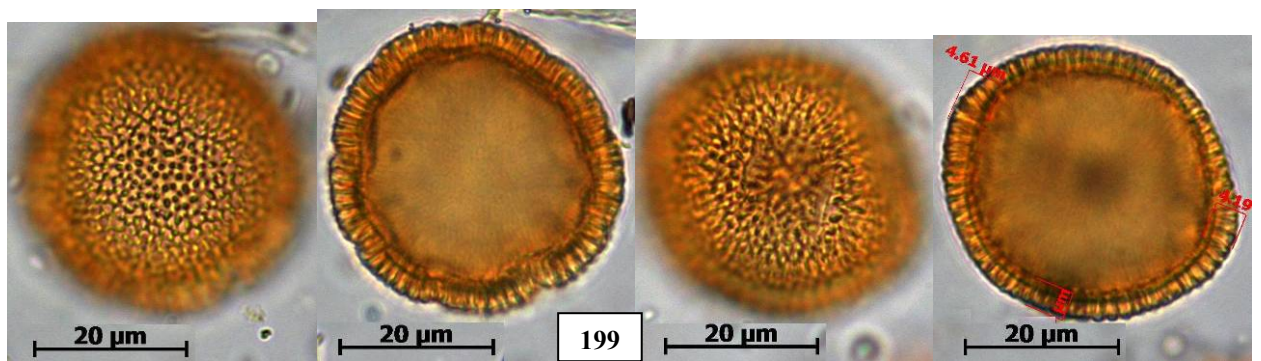
Prancha 27: *Nymphaeaceae/Pontederiaceae*: *Nymphaeaceae/Pontederiaceae* tipo 2 (178); *Ochnaceae*: *Sauvagesia* (179); *Phyllanthaceae*: *Hyeronima* (180); *Margaritaria* (181); *Phytolaccaceae*: *Gallesia* (182); *Piperaceae* (183); *Poaceae*: *Poaceae* tipo 1 (184).



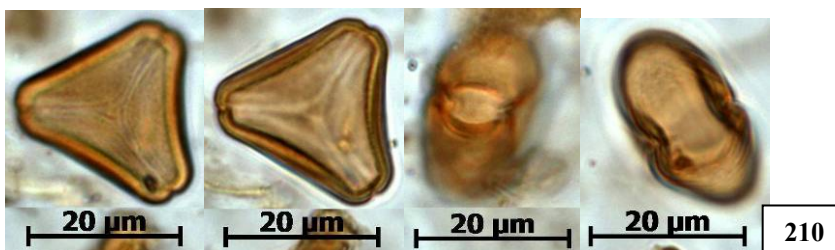
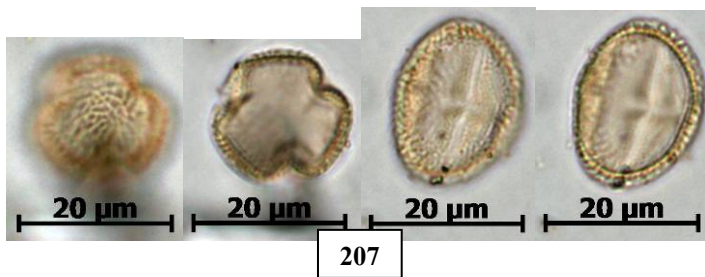
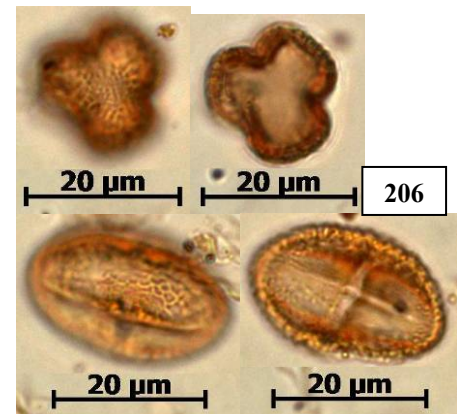
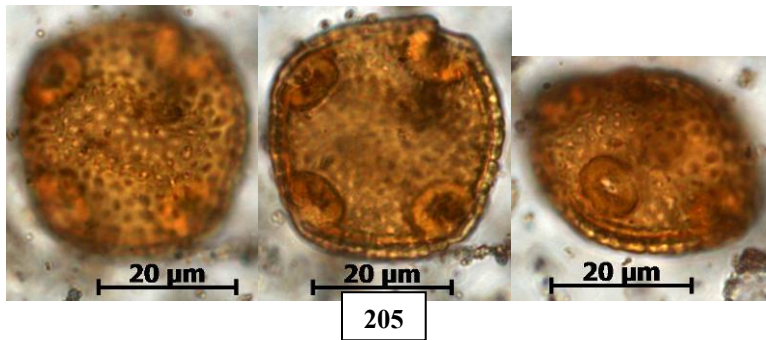
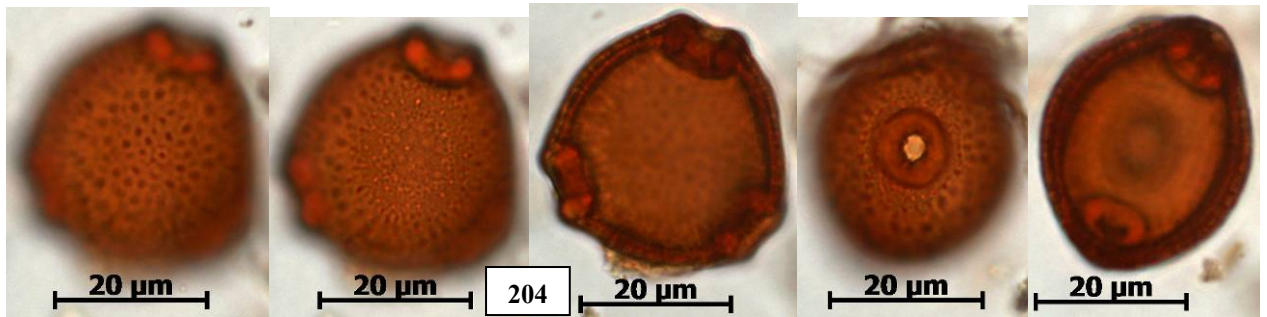
Prancha 28: *Poaceae*: *Poaceae* tipo 2 (185); *Poaceae* tipo 3 (186); *Podocarpaceae*: *Podocarpus* (187); *Polygonaceae*: *Polygonum* (188); *Potamogetonaceae*: *Potamogeton* (189); *Proteaceae/Sapindaceae*: *Proteaceae/Sapindaceae* tipo 1 (190); *Proteaceae/Sapindaceae* tipo 2 (191).



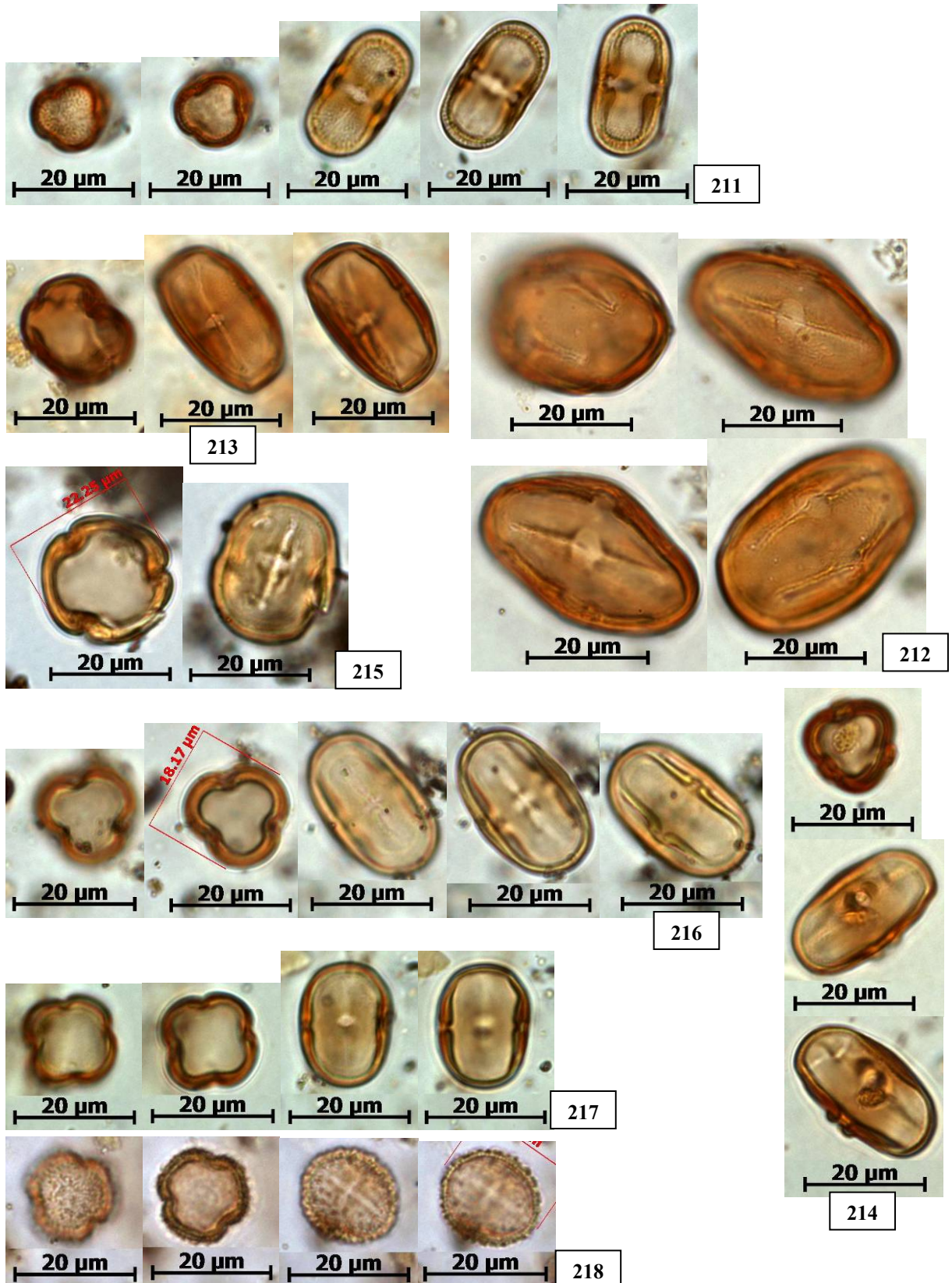
Prancha 29: *Proteaceae/Sapindaceae*: *Proteaceae/Sapindaceae* tipo 3 (192); *Rhizophoraceae*: *Rhizophora* (193); *Rubiaceae*: *Alibertia/Amaioua* (194); *Bathysa* (195); *Borreria* tipo 1 (196); *Borreria* tipo 2 (197); *Borreria* tipo 3 (198);



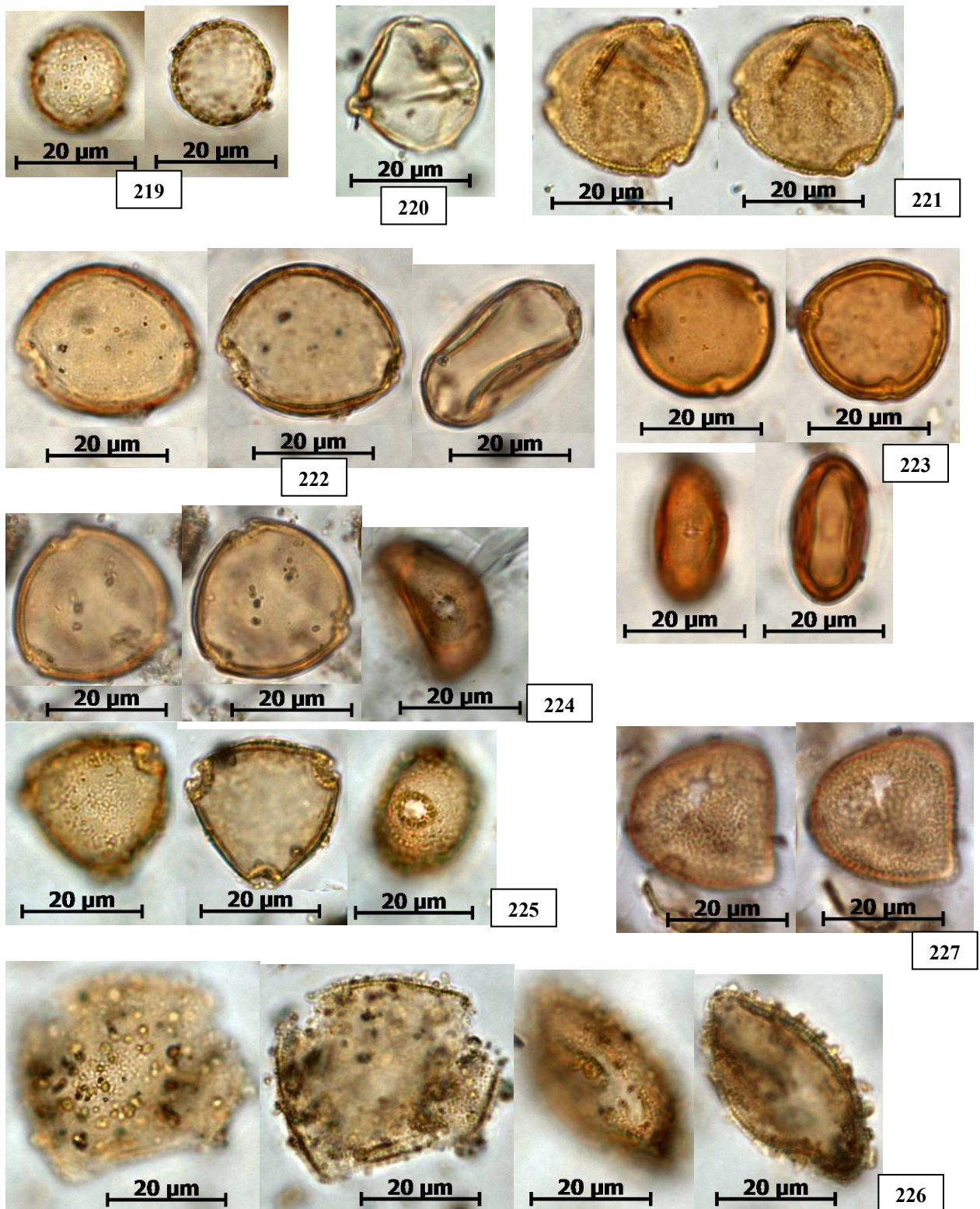
Prancha 30: Rubiaceae: Borreria tipo 4 (199); Borreria tipo 5 (200); Borreria tipo 6 (201); Coccocypselum/Declieuxia tipo 1 (202); Coccocypselum/Declieuxia tipo 2 (203).



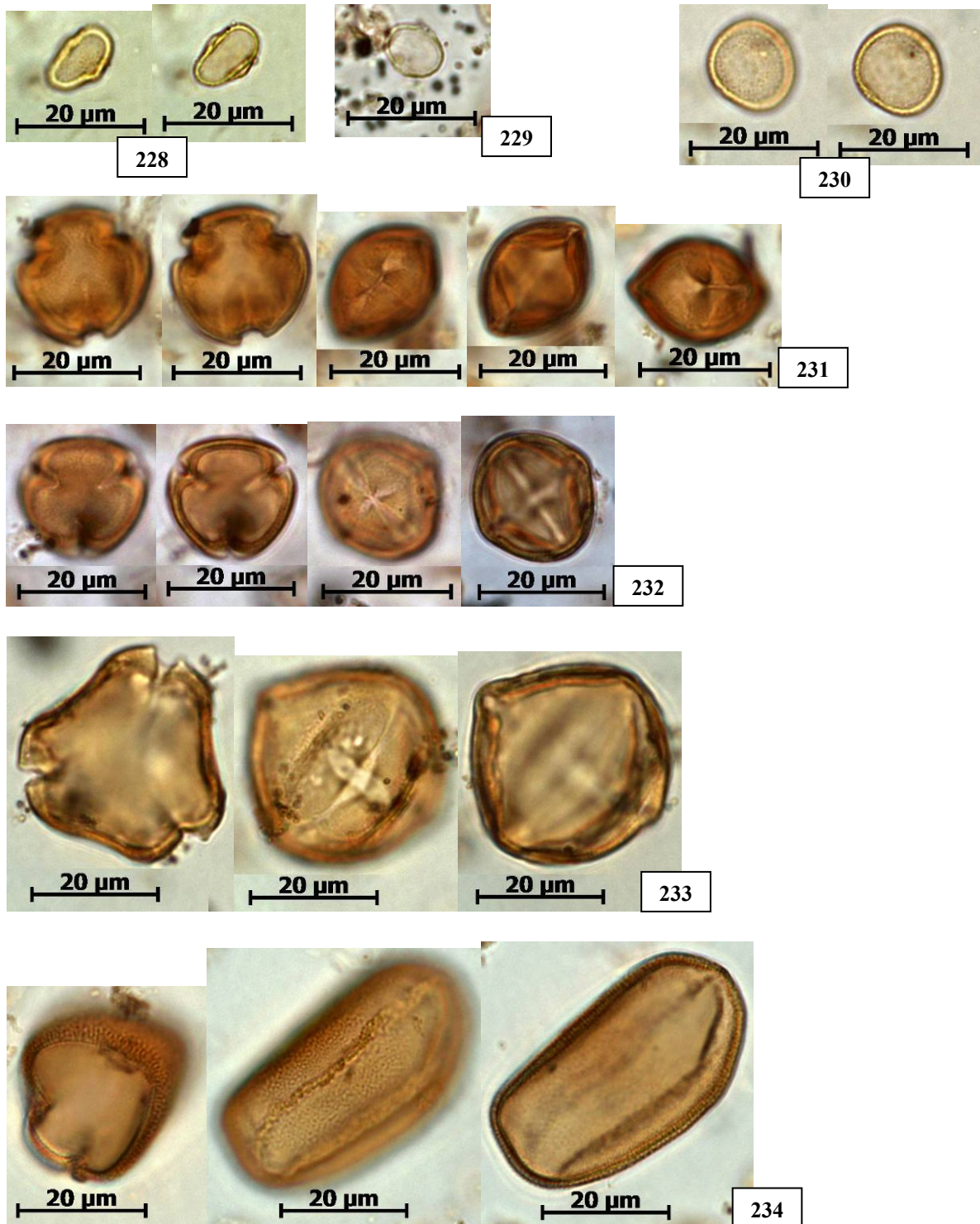
Prancha 31: Rubiaceae: *Tocoyena* tipo 1 (204); *Tocoyena* tipo 2 (205); **Rutaceae:** *Zanthoxylum* tipo 1 (206); *Zanthoxylum* tipo 2 (207); *Zanthoxylum* tipo 3 (208); **Salicaceae:** *Prockia* (209); **Sapindaceae:** *Cupania* (210).



Prancha 32: Sapotaceae: *Chrysophyllum* (211); *Manilkara* (212); *Micropholis* tipo 1 (213) *Micropholis* tipo 2 (214); *Pouteria* tipo 1 (215); *Pouteria* tipo 2 (216); *Pradosia* (217); *Simaroubaceae:* *Simarouba* (218).

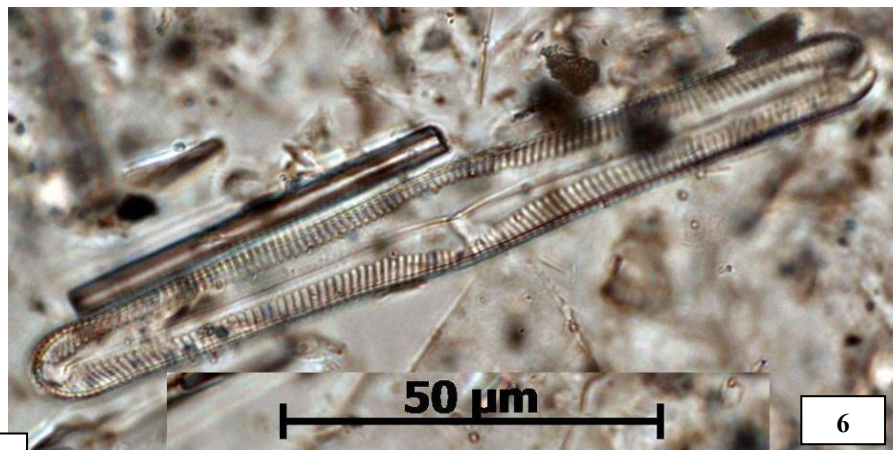
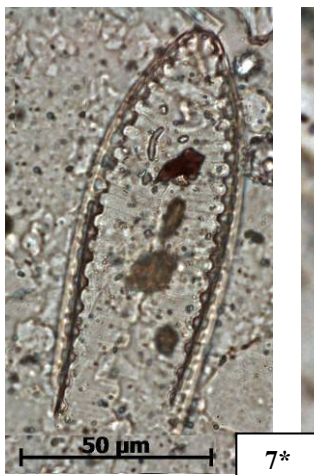
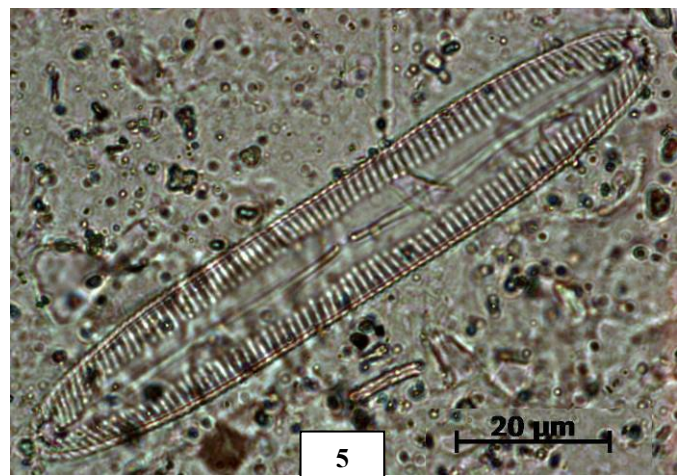
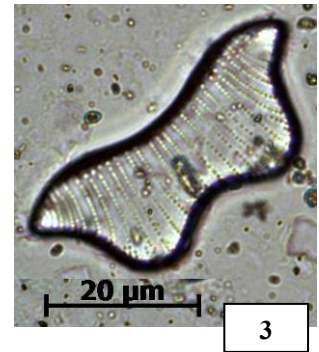
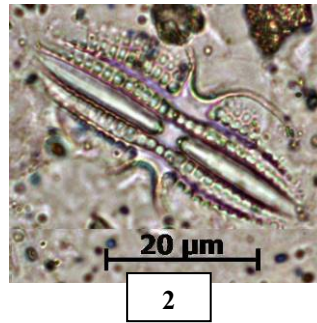
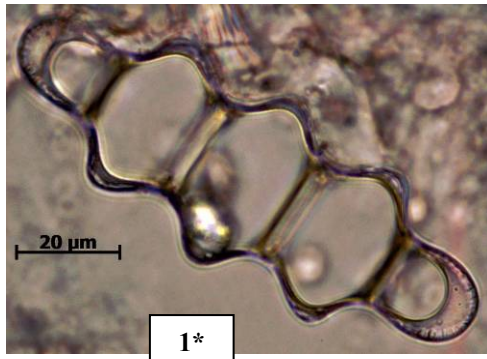


Prancha 33: *Smilacaceae*: *Smilax* (219); *Solanaceae* (220); *Symplocaceae*: *Symplocos* tipo 1 (221); *Symplocos* tipo 2 (222); *Symplocos* tipo 3 (223); *Symplocos* tipo 4 (224); *Symplocos* tipo 5 (225); *Theaceae*: *Gordonia* (226); *Typhaceae*: *Typha* (227).



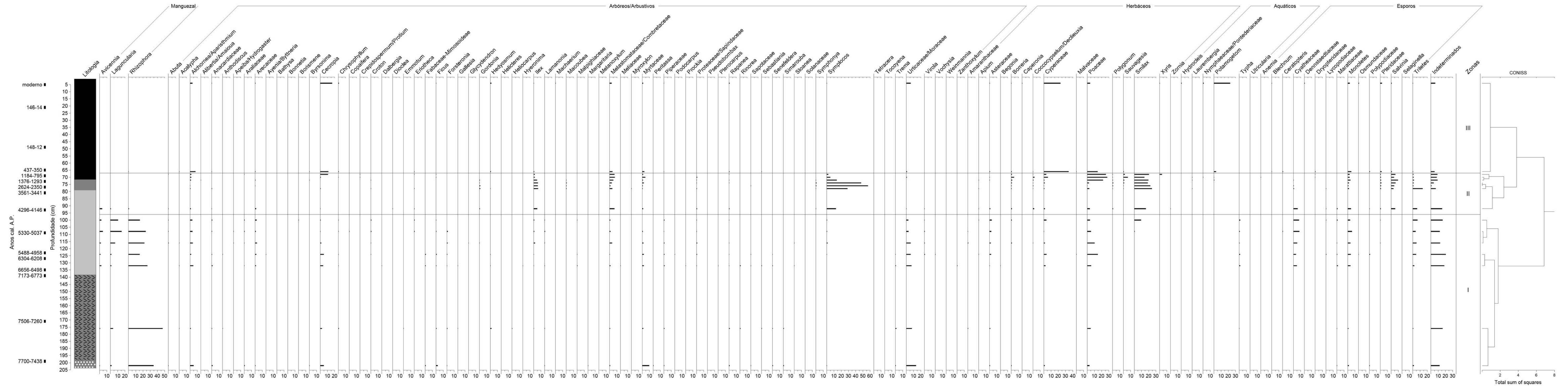
Prancha 34: *Urticaceae*: *Cecropia* (228); *Coussapoa* (229); *Pourouma* (230); *Violaceae*: *Rinorea* tipo 1 (231); *Rinorea* tipo 2 (232); *Vochysiaceae*: *Vochysia* (233); *Xyridaceae*: *Xyris* (234).

ANEXO C – Prancha de diatomáceas



Prancha 1: *Terpsinoe* sp. (1); *Diploneis* sp. (2); *Eunotia didyma* (3); *Plagiogramma* sp. (4); *Pinnularia* sp. 1 (5); *Pinnularia* sp. 2 (6); *Surirella* sp. (7). [*#1 reduzida para 2/3 da escala; *#7 reduzida para 1/2 da escala].

ANEXO D - Diagrama polínico detalhado de concentrações relativas (%)



ANEXO E - Diagrama polínico detalhado de concentrações absolutas (grãos/cm³)

