MELINA MARA DE SOUZA

"ANÁLISE PALEOAMBIENTAL QUATERNÁRIA DO ÉCOTONO CERRADO/ MATA ATLÂNTICA NO MUNICÍPIO DE MOGI GUAÇÚ, SP."

CAMPINAS

2014

NÚMERO: 488/2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

MELINA MARA DE SOUZA

"ANÁLISE PALEOAMBIENTAL QUATERNÁRIA DO ÉCOTONO CERRADO/ MATA ATLÂNTICA NO MUNICÍPIO DE MOGI GUAÇÚ, SP"

Volume: 01/02

ORIENTADOR(A): PROF(A). DR(A). FRESIA SOLEDAD RICARDI TORRES-BRANCO

TESE DE DOUTORADO APRESENTADA AO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UNICAMP PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTORA EM GEOCIÊNCIAS NA ÁREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA PELA ALUNA MELINA MARA DE SOUZA E ORIENTADA PELA PROFA. DR(A). FRESIA SOLEDAD RICARDI TORRES-BRANCO

CAMPINAS

2014

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Cássia Raquel da Silva - CRB 8/5752

So89a Souza, Melina Mara, 1984-
Análise paleoambiental quaternária do ecótono Cerrado/Mata Atlântica no Município de Mogi Guaçú, SP / Melina Mara de Souza. – Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Fresia Soledad Ricardi Torres Branco.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Paleoecologia. 2. Palinologia. 3. Carvão. 4. Geologia isotópica. 5. Dinâmica Fluvial. I. Ricardi-Branco, Fresia,1963-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Analysis of Quaternary Paleoenvironmental Ecotone/Atlantic Forest in Mogi Guaçu, São Paulo Stade, Brazil
Palavras-chave em inglês:
Paleoecology
Palynology
Charcoal
Isotope geology
Fluvial dynamics
Área de concentração: Geologia e Recursos Naturais
Titulação: Doutora em Geociências
Banca examinadora:
Fresia Soledad Ricardi Torres Branco [Orientador]
Sueli Yoshinaga Pereira
Giorgio Basilici
Ana Luisa Vietti Bitencourt
Fernando Roberto Martins
Data de defesa: 22-09-2014
Programa de Pós-Graduação: Geociências

UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS NA
ÀREA DE GEOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

AUTORA: Melina Mara de Souza

"Análise Paleoambiental Quartenária do Écotono Cerrado / Mata Atlântica no Município de Mogi-Guaçu/SP"

ORIENTADORA: Profa. Dra. Frésia Soledad Ricardi Torres Branco

Aprovada em: 22 / 09 / 2014

EXAMINADORES:

Profa. Dra. Frésia Soledad Ricardi Torres Branco _____-Presidente

Prof. Dr. Paulo Ricardo Brum Pereira _____

Prof. Dr. Giorgio Basilici _____

Profa. Dra. Ana Luisa Vietti Bitencourt _____

Prof. Dr. Fernando Roberto Martins _____

Campinas, 22 de setembro de 2014.

“Dedico esta Tese a minha mãe, Eliana Aparecida da Cunha”

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a Deus por me orientar em todos os caminhos e escolhas feitas até aqui, pela fé que preenche meus dias na busca diária por me tornar uma pessoa melhor.

À minha mãe Eliana, sem ela não teria conseguido chegar até aqui, pois ela acreditou em mim até mesmo quando eu não mais acreditava.

Aos meus irmãos Andrey, Jaqueline, Sabrina e Karoline pelo amor, dedicação e apoio todos estes anos. Aos meus cunhados Silvio, Francine e João, e é claro, aos meus sobrinhos que eu tanto amo Nathany, Guilherme, Gustavo, Otávio, Murilo, Caetano e Dante por fazerem da minha vida mais feliz e mais fácil.

Agradeço em especial a minha tia Nenê, que me deu apoio, amor e força nos momentos mais necessitados e pelo incentivo constante.

A minha vó Lourdes, que mesmo não estando mais neste mundo continua me guiando e iluminando minhas escolhas.

A toda minha família, que de alguma forma participou desta caminhada.

A todos os amigos que fizeram parte da minha vida até aqui. A Vinye, Fábio Morandi, Thiago Miranda, Cassiano, Sergio, Juliano, Dani, Bia, Hary, Cauli, Café, Renata, Bode, Lívia, Tiago Elídio, Luciane, Rafael e Janaína pelos anos de amizade e felicidade compartilhada. Aos meus companheiros de morada, que compartilharam comigo momentos especiais, Micheli e Maria Angélica pela paciência e ajuda nas discussões acadêmicas.

Ao Vitor Ebert na ajuda com as estampas dos grãos de pólens. A Beatriz e Ariel pela paciência e extrema ajuda na realização das reconstruções paleoambientais.

Aos meus paleoamigos Isabel Cortez, Rafael Faria e Flavia Callefo por toda ajuda durante todos estes anos de pesquisa, pela amizade conquistada e sorrisos. Ao Francisco, colega de laboratório pela amizade.

A minha querida orientadora Profa. Dra. Frésia, pela oportunidade durante todos estes anos, aprendizado e conhecimentos transmitidos, por ter se tornado tão importante neste caminho acadêmico, pela orientação e amizade.

A Profª Sueli Yoshigana Pereira, pela amizade e todo conhecimento transmitido durante este percurso.

Ao Professor Luiz Carlos Ruiz Pessenda, da Universidade de São Paulo, Piracicaba, pela ajuda nas interpretações das análises isotópicas e amizade.

Ao Professor Fernando Martins, do Instituto de Biologia da Unicamp pela paciência e extrema ajuda nas interpretações ecológicas.

Ao Instituto Florestal por permitir a coleta das amostras e a recuperação dos testemunhos estudados. A todos os funcionários e trabalhadores da Estação Ecológica de Mogi Guaçú, que tornaram essa pesquisa possível. Ao Paulo Ricardo Brum Pereira e Fábio Cardinale Branco pela ajuda nos campos e conversas acadêmicas.

A Profa. Dra. Margarita Ricardi Torres, Botanic Garden Center, ULA, Mérida,Venezuela, pela valiosa discussão e ajuda na identificação dos fragmentos de carvão e pela amizade.

A Profa Karin Elise Bohns Meyer, da Universidade Federal de Minas Gerais, pela ajuda e contribuição nas discussões palinológicas.

Ao Instituto de Geociências da Unicamp, a todos os colegas, professores e funcionários, em especial a Valdirene, Gorete, Helena e Guerreiro pela amizade e paciência.

A Dona Nalva, funcionária da Unicamp pelas conversas e risadas durante esses quatro anos.

A CAPES pela bolsa de estudo concedida.

A FAEPEX pelo apoio financeiro.

A FAPESP pelo Projeto concedido de Número do Processo FAPESP 2010/20379-6, que tornou possível realizar está pesquisa.

Aos meus professores de Graduação Gisele Pietrobelli e Maurício Camargo por acreditarem em mim, pela oportunidade, trabalho e principalmente pela amizade.

A todos aqueles que tornaram esse trabalho possível, e de alguma forma fizeram parte desta jornada.

E por último, aos que me fizeram compreender de alguma forma que a pesquisa não é o fim, mas sim o meio de contribuição à comunidade e a sociedade como um todo, que fazer ciência é compartilhar ideias, resultados e que acima de tudo precisamos sempre cultivar a humildade e é claro, o amor. No fim das contas, somos apenas fruto da nossa própria evolução.

OBRIGADA

“*A ciência deveria ser trabalhada com humildade. Deveria, mas não é. Claro, dando nomes aos que realizam o progresso e contribuem para a sociedade, mas a humildade de se trabalhar para o bem dos outros deveria ser algo obrigatório e não exceção. Devemos ter orgulho de trabalhar por um bem comum”.*

Amanda Hoelzel

“Não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino”.

Paulo Freire

Melina Mara de Souza

É Geografa pela Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (2006). Cursou Mestrado em Geociências na UNICAMP, tendo defendido a dissertação em 2010. Atualmente é aluna do programa de Pós-Graduação/Doutorado em Geociências na Universidade Estadual de Campinas, no Departamento de Geologia e Recursos Naturais-DGRN. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Reconstituição Paleoambietal, atuando principalmente nos seguintes temas: palinologia, paleobotânica, paleovegetações, biogeografia e solos.

Durante o período de doutorado publicou vários trabalhos em eventos nacionais e dois capítulos de livros internacionais. Além disso, recebeu auxílio à pesquisa da FAPESP, e do Fundo de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (FAEPEX) da UNICAMP. Participou de vários congressos e um curso internacional na área de estudo.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

"ANÁLISE PALEOAMBIENTAL QUATERNÁRIA DO ÉCOTONO CERRADO/ MATA ATLÂNTICA NO MUNICÍPIO DE MOGI GUAÇÚ, SP"

RESUMO

Tese de Doutorado

Melina Mara de Souza

O estudo da evolução paleoambiental de uma área de transição entre os Biomas Cerrado e Mata Atlântica no decorrer do Holoceno resultou na reconstituição da vegetação, do clima e da dinâmica fluvial do Rio Mogi Guaçú, na Estação Ecológica de Mogi Guaçú (EEcMG), Estado de São Paulo. As interpretações paleoecológicas foram baseadas na identificação das assembleias de palinomorfos, fragmentos de carvões e análises isotópicas contidas em três testemunhos rasos, onde estão foram desenvolvidas inferências paleoecológicas e paleoclimáticas. A análise dos *proxy* aqui utilizados evidenciou as mudanças acontecidas na vegetação e do curso principal do Rio Mogi Guaçú na EEcMG que permitiram compor as condições paleoambientais entre 7.750 anos AP até os dias atuais. Dessa forma, aproximadamente 7.750 anos AP, a EEcMG passou por uma fase climática mais úmida que a atual, possibilitando o desenvolvimento da Mata Ripícola, indicado pela presença de *Mauritia* L.f. Dados isotópicos para esta época caracterizam uma transição entre a floresta e o campo. Por volta de 3.000 anos AP, observa-se um aumento dos elementos do Cerrado, como a presença de *Curatella* Loefl., e diminuição de *Mauritia* L.f., que indica que este último não foi um elemento importante para a configuração da vegetação deste período, estabelecendo um clima mais seco para EEcMG, a composição isotópica aponta o predomínio de plantas C_3 (floresta). No período entre aproximadamente 310 e 105 anos AP., a umidade aumenta na região com a permanência de *Mauritia* L.f., e mesmo com o aumento dos tipos de Cerrado, indicando que a Mata Ripícola se manteve presente. Dessa maneira, as assembleias palinológicas estudadas mostram que a Mata Ripícola esteve presente em todos os estágios, ao contrário do Cerradão, que durante os últimos 7.750 anos AP., experimentou fases de expansão e contração. Através do estudo da chuva polínica atual das três lagoas, foi possível inferir que os elementos de Mata Ripícola são predominantes aos de Cerrado, como a presença de *Mauritia* L.f. e a abundância de esporos que confirma esse tipo de vegetação dominante para os dias atuais, o que caracteriza um clima mais úmido na EEcMG. As análises isotópicas indicam que a floresta permanece presente, com predominância de plantas C_3 (floresta) em relação às plantas C_4 (campo). Fragmentos de carvão foram identificados nos três testemunhos estudados, evidenciando que paleoincêndios sempre ocorreram na EEcMG durante todo o Holoceno. O comportamento da dinâmica fluvial do Rio Mogi Guaçú durante o Holoceno mostrou que esta esteve associada à influência de eventos climáticos de escala global e que, em consequência desses, os meandros mudaram constantemente de posição ao longo da planície através do processo de erosão e deposição das suas margens, ocasionando em alguns momentos, a não preservação de palinomorfos.

Palavras chaves: Paleoecologia, Palinologia, Carvão, Geoogia Isotópica, Dinâmica Fluvial

UNIVERSITY OF CAMPINAS

INSTITUTE OF GEOSCIENCE

"ANALYSIS OF QUATERNARY PALEOENVIRONMENTAL ECOTONE CERRADO / ATLANTIC FOREST IN MOGI-GUAÇÚ – SÃO PAULO STATE - BRAZIL"

ABSTRACT

PhD Thesis

Melina Mara de Souza

The study of paleoenvironmental evolution of a transition area between the Biomes of Cerrado and Atlantic Forest during the Holocene resulted in the recovery of vegetation, climate and fluvial dynamics of Mogi Guaçú River in The Mogi Guaçú Ecological Station (EEcMG) - São Paulo State. The paleoecological interpretations were based on the identification of palynomorphs assemblies, fragments of charcoal, and isotopic analyzes contained in three shallow cores, where paleoecological and paleoclimatic inferences were developed. The analysis of the *proxy* highlighted the changes that occurred in the vegetation and the main course of Mogi Guaçú River at EEcMG to form the paleoenvironmental conditions from 7.750 years BP to current days. Thus, approximately 7.750 years BP, the EEcMG underwent a wetter climate than the current phase, enabling the development of a Riparian Forest with the presence of *Mauritia* L.f. The isotopic data features a transition between forest and field. Around 3.000 years BP, there was an increase in the Cerrado elements, as the presence of *Curatella* Loefl., and a decrease in *Mauritia* L.f. In fact, *Mauritia* L.f. was not an important element to configure the vegetation of the period with a drier climate for EEcMG, and the isotopic composition indicates the predominance of C_3 plants (forest). Between 310 and 105 years BP., the humidity increased in the region with the permanence of *Mauritia* L.f., but the Cerrado types also increased, indicating that the Riparian Forest remained. Thus, the palynological assemblies show that the Riparian Forest was present in all stages, unlike Cerradão, that during the last 7.750 years BP., experienced phases of expansion and contraction. Through the study of current pollen rain of the three ponds, it was possible to infer that the elements of Riparian Forest are prevalent in the Cerrado, as the presence of *Mauritia* L.f. and the abundance of spores that confirms this type of dominant vegetation for current days, featuring a more humid climate at EEcMG. Isotopic analyzes show that the forest remains with a predominance of C_3 plants (forest) in relation to C_4 plants (field). *Charcoal* fragments were identified in all three cores showing the evidence that paleofires occurred at EEcMG throughout the Holocene. The behavior of fluvial dynamics of Mogi Guaçú River during the Holocene showed the influence of climatic events of global scale, and consequently, the meanders constantly changed position along the plain through erosion and deposition processes of its banks, not preserving the palynomorphs.

Key words: Paleoecology, Palynology, *Charcoal*, Isotopic Geology, Fluvial Dynamics.

Sumário

RESUMO xv

ABSTRACT xvii

APRESENTAÇÃO 1

PARTE I 3

OBJETIVOS 7

1 Área de Estudo 9

1.1 Clima 11

1.2 Geomorfologia da área 12

1.3 Contexto Geológico da área 14

1.4 Vegetação da EEcMG 17

PARTE II 25

2 Revisão bibliográfica 25

2.1 Fundamentos Palinológicos 25

2.1.1 Chuva Polínica atual 26

2.2 Isótopos do Carbono e Nitrogênio na Natureza 27

2.3 Antracologia 29

2.4 Estudos do Cerrado durante o Quaternário no Brasil 31

PARTE III 39

3 Materiais e métodos 39

3.1 Amostragem 39

3.1.1 Testemunhos 39

3.1.2 Coleta de chuva polínica atual 41

3.2 No laboratório 41

3.3 Análise dos fragmentos de carvão 41
3.4 Tratamento químico das amostras para palinologia 44
3.4.1 Montagem das lâminas 47
3.4.2 Identificação e contagem dos grãos de pólen/esporos 48
3.4.3 Construção do diagrama polínico 49
3.5 Isótopos do carbono na natureza 50
RESULTADOS 53
PARTE IV 55
4 Descrição do testemunho, datações, fracionamento isotópico $\delta^{13}C/^{15}N$ e fragmentos de carvão. ... 55
5 LAGOA DO CATINGUEIRO 55
5.1 Descrição do testemunho 55
5.2 Datações 57
5.3 Dados isotópicos $\delta^{13}C$ e ^{15}N 57
5.4 Fragmentos de Carvão da Lagoa do Catingueiro 59
6 LAGOA DA PEDRA 65
6.1 Descrição do testemunho 65
6.2 Datações 65
6.3 Dados isotópicos $\delta^{13}C$ e ^{15}N 67
6.4 Fragmento de Carvão da Lagoa da Pedra 69
7 LAGOA DO FUNDÃO 75
7.1 Descrição do testemunho 75
7.2 Datações 76
7.3 Valores $\delta^{13}C$ e ^{15}N 78
7.4 Fragmento de carvão da Lagoa do Fundão 80

PARTE V 85
8 Análise Palinológica 85
8.1 Chuva polínica atual da EEcMG 86
8.1.1 Chuva polínica atual da Lagoa do Catingueiro 92
8.1.2 Chuva polínica atual da Lagoa da Pedra 92
8.1.3 Chuva polínica atual da Lagoa do Fundão 93
8.2 Análise palinológica dos testemunhos sedimentares 102
8.2.1 Lagoa do Catingueiro 102
8.2.2 Lagoa da Pedra 107
8.2.3 Lagoa do Fundão 112
PARTE VI 141
9 Discussão 141
9.1 Chuva polínica atual da EEcMG 141
9.2 Testemunhos sedimentares: Integração das análises Palinológicas, Isotópicas e Antracológicas 142
9.3 Discussão e comparação com outros estudos 151
10 Considerações finais 155
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 159
ANEXO I 169
ANEXO II 183

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Fragmentos de Cerrado do Estado de São Paulo. 5

FIGURA 2. Foto aérea mostrando a localização da EEcMG e os locais estudados na presente pesquisa. 1. Lagoa do Catingueiro. 2. Lagoa da Pedra e 3. Lagoa do Fundão. 10

FIGURA 3. Perfil longitudinal do Rio Mogi Guaçu. 11

FIGURA 4. Classificação climática de Köppen para a EEcMG. 12

FIGURA 5. Sistemas de Relevo da Zona da EEcMG. 13

FIGURA 6. Mapa Geológico da área de estudo. 15

FIGURA 7. Valores com a discriminação isotópica das plantas C_3, C_4 e CAM. 28

FIGURA 8. Diagrama esquemático ilustrando as fontes do carvão vegetal primario e secundário em uma bacia hidrográfica. 31

FIGURA 9. Evolução da vegetação do Cerrado no Brasil nos últimos 32.000 anos AP. 37

FIGURA 10. Foto de amostragem do corte dos testemunhos em laboratório. 39

FIGURA 11. Fase de amostragem das sondas. 40

FIGURA 12. Fragmentos de carvão preparados para observação sob Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV): A) Vista geral; B) Vista em detalhe. 43

FIGURA 13. Confecção de lâmina palinológica. 48

FIGURA 14. Descrição litológica do testemunho da Lagoa do Catingueiro. 56

FIGURA 15. Gráfico com valores de $\delta^{13}C$ e ^{15}N em relação à profundidade na Lagoa do Catingueiro.... 59

FIGURA 16. Foto dos fragmentos selecionados para serem analisados em MEV da Lagoa do Catingueiro, retirados das seguintes profundidades (cm): 1) 102-104; 2) 14-16; 3) 34-36; 4) 62-64; 5) 46-48; 6) 8-10; 7) 34-36; 8) 14-16. Escalas: A = 2 mm; B - H = 0,5 mm. 60

FIGURA 17. Gráfico mostrando a profundidade, quantidade e tamanho dos fragmentos de carvão analisados na Lagoa do Catingueiro. 62

FIGURA 18. Gráfico de dispersão, mostrando a correlação da profundidade com a quantidade de fragmentos de carvão encontrados na Lagoa do Catingueiro, onde *p* representa à correlação entre as duas variáveis. 63

FIGURA 19. Figura 1 a 9- Fragmentos de carvão da Lagoa do Catingueiro analisados em MEV. Legenda: ev: elementos de vaso; rv: raio vascular. ESCALA: 1, 7 e 8 = 500 µm; 2, 3, 5 e 6 = 200 µm; 4= 1 mm; 9 = 2 mm. 64

FIGURA 20. Descrição do testemunho Lagoa da Pedra. 66

FIGURA 21. Gráfico com valores de $\delta^{13}C$ e ^{15}N em relação à profundidade na Lagoa da Pedra. 68

FIGURA 22. Foto dos fragmentos selecionados para serem analisados em MEV da Lagoa da Pedra, retirados das seguintes profundidades (cm): 1) 67-69; 2) 4-6; 3) 4-6; 4) 18-20; 5) 26-28; 6) 96-98; 7) 73-75; 8) 73-75; 9) 77-79. Escalas: A - E = 0,5 mm; F, I = 0,2 mm; G = 0,5 mm; H = 1 mm. 69
FIGURA 23. Gráfico mostrando a profundidade, quantidade e tamanho dos fragmentos de carvão analisados na Lagoa da Pedra..... 71
FIGURA 24. Gráfico de dispersão, mostrando a correlação da profundidade com a quantidade de fragmentos de carvão encontrados na Lagoa da Pedra, onde *p* representa à correlação entre as duas variáveis. 72
FIGURA 25. Figura 1 a 13- Fragmentos de carvão; 14 e 15- Fragmento de folha. Legenda: ev: elementos de vaso; ms: mesófilo. Escala: 1, 4 e 14 = 500 µm; 2, 8 e 9 = 100 µm; 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 15 = 200 µm; 73
FIGURA 26. Descrição do testemunho Lagoa do Fundão..... 76
FIGURA 27. Gráfico com valores de $\delta^{13}C$ e ^{15}N em relação à profundidade na Lagoa do Fundão..... 78
FIGURA 28. Foto dos fragmentos selecionados para serem analisados em MEV da Lagoa do Fundão, retirados das seguintes profundidades (cm): 1) 57-59; 2) 63-65 0; 3) 57-59; 4) 93-95; 5) 107-109; 6) 107-109; 7) 107-109; 8) 107-109; 9) 6-8. Escalas: A = 1,5 mm; B – C = 0,5 mm; D = 0,2 mm; E – G = 1 mm; H – I = 0,5 mm. 81
FIGURA 29. Gráfico mostrando a profundidade, quantidade e tamanho dos fragmentos de carvão analisados na Lagoa do Fundão..... 82
FIGURA 30. Gráfico de dispersão, mostrando a correlação da profundidade com a quantidade de fragmentos de carvão encontrados na Lagoa do Fundão, onde *p* representa à correlação entre as duas variáveis. 83
FIGURA 31. Figura 1 a 12- Fragmentos de carvão. Legenda: ev: elementos de vaso; rv: raio vascular; pt: pontoações. Escala: 1, 4, 6 e 8 = 500 µm; 2, 7, 9 e 12 = 1 mm; 5, 10 e 11 = 200 µm; 3 = 2 mm. 84
FIGURA 32. Diagrama polínico de porcentagem dos grãos pólen da chuva polínica atual da EEcMG. .. 89
FIGURA 33. Diagrama polínico dos grupos (Arbóreo, Herbáceo, Aquáticas, Esporos e Indeterminados) da chuva polínica atual da EEcMG. 90
FIGURA 34. Diagrama polínico de porcentagens dos elementos que formam associações dentro do Bioma Cerrado encontrados na Chuva Polínica Atual da EEcMG: Mr (Mata Ripícola), Ce (Cerradão), Eev (Espécies ecológicamente versáteis) e Ei (Espécies introduzidas)..... 91
FIGURA 35. Diagrama polínico de porcentagem da Lagoa do Catingueiro..... 104
FIGURA 36. Diagrama polínico dos grupos (Arbóreo, Herbáceo, Aquáticas, Esporos e Indeterminados) da Lagoa do Catingueiro. 105

FIGURA 37. Diagrama polínico de porcentagens dos elementos que formam associações dentro do Bioma Cerrado encontrados na Lagoa do Catingueiro: Mr (Mata Ripícola), Ce (Cerradão), Eev (Espécies ecológicamente versáteis) e Ei (Espécies introduzidas). 106
FIGURA 38. Diagrama polínico de porcentagem da Lagoa da Pedra..... 109
FIGURA 39. Diagrama polínico dos grupos (Arbóreo, Herbáceo, Aquáticas, Esporos e Indeterminados) da Lagoa da Pedra. 110
FIGURA 40. Diagrama polínico de porcentagens dos elementos que formam associações dentro do Bioma Cerrado encontrados na Lagoa da Pedra: Mr (Mata Ripícola), Ce (Cerradão), Eev (Espécies ecológicamente versáteis) e Ei (Espécies introduzidas). 111
FIGURA 41. Diagrama polínico de porcentagem da Lagoa do Fundão. 115
FIGURA 42. Diagrama polínico dos grupos (Arbóreo, Herbáceo, Aquáticas, Esporos e Indeterminados) da Lagoa do Fundão. 116
FIGURA 43. Diagrama polínico de porcentagens dos elementos que formam associações dentro do Bioma Cerrado encontradas na Lagoa do Fundão: Mr (Mata Ripícola), Ce (Cerradão), Eev (Espécies ecológicamente versáteis) e Ei (Espécies introduzidas). 117
FIGURA 44. Representação esquemática do Estágio MGI- 7.750 a 2.730 anos AP. 146
FIGURA 45. Representação esquemática do Estágio MGII-2.730 a 680 anos AP. 149
FIGURA 46. Representação esquemática do Estágio MGIII-680 anos AP à hoje/atual..... 152

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Lista de espécies que podem ser encontradas dentro do Bioma Cerrado, nas formações: Mata Ciliar, Mata de Galeria, Cerradão e Mata Seca na Fazenda Campininha (EEcMG). Dados extraídos de Passos (1998), Neto *et al*. (2012) e Ribeiro & Walter (2008). 20

TABELA 2. Número de amostras analisadas para identificação e contagem dos fragmentos de carvão nos três testemunhos estudados. 42

TABELA 3. Amostras processadas para palinologia 45

TABELA 4. Amostras processadas para δ‰ C e δ‰ ^{15}N 50

TABELA 5. Amostras enviadas para análise da cronologia através do ^{14}C.....52

TABELA 6. Idades ^{14}C calibradas em anos AP para a Lagoa do Catingueiro.....57

TABELA 7. Dados isotópicos da Lagoa do Catingueiro: $\delta^{13}C$ e ^{15}N.....58

TABELA 8. Distribuição das amostras de acordo com a profundidade ao longo do testemunho da Lagoa do Catingueiro, evidenciando a quantidade e tamanho dos fragmentos de carvão encontrados em cada nível. 60

TABELA 9. Idades ^{14}C calibradas em anos AP da Lagoa da Pedra. 67

TABELA 10. Dados isotópicos da Lagoa da Pedra: $\delta^{13}C$ e ^{15}N.....67

TABELA 11. Distribuição das amostras de acordo com a profundidade ao longo do testemunho da Lagoa da Pedra, evidenciando a quantidade e tamanho dos fragmentos de carvão encontrados em cada nível.....70

TABELA 12. Idades ^{14}C calibradas em anos AP da Lagoa do Fundão. 77

TABELA 13. Dados isotópicos da Lagoa do Fundão: $\delta^{13}C$ e ^{15}N.....79

TABELA 14. Distribuição das amostras de acordo com a profundidade ao longo do testemunho da Lagoa do Fundão, evidenciando a quantidade e tamanho dos fragmentos de carvão encontrados em cada nível. 80

TABELA 15. Pontos de coleta da chuva polínica atual da EEcMG. 87

TABELA 16. Lista de vegetação atual da EEcMG 169

TABELA 17. Lista de tipos encontrados na Lagoa do Catingueiro 173

TABELA 18. Lista de tipos encontrados na Lagoa da Pedra 175

TABELA 19. Lista de tipos encontrados na Lagoa do Fundão 179

LISTA DE ESTAMPAS

ESTAMPA 1. Legenda: Esporos. 1 a 4- Cyatheaceae; 5 a 7- Dicksoniaceae; 8 e 9- *Lycopodium* sp.; 10 a 12- *Polypodium* sp.; 13 a 15- *Thelypteri*s sp. Escala = 10 µm. 95

ESTAMPA 2. Legenda: Gimnospermas. 1 a 5- *Pinus* sp. Angiospermas. 6 e 7- Apocynaceae; 8 e 9- Araliaceae; 10 a 12- Arecaceae; 13 e 14- *Euphorbia* sp.; 15 a 17- Malpighiaceae; 18 a 21- Melastomataceae/Combretaceae; 22 e 23- Euphorbiaceae. Escala = 10 µm. 97

ESTAMPA 3. Legenda: Angiospermas. 1 e 2- Mimosaceae; 3 a 5- Myrtaceae; 6 e 7- Sapotaceae; 8 a 11- *Sebastiana* sp.; 12 e 13- Amaranthaceae; 14 a 17- Asteraceae. Escala = 10 µm. 99

ESTAMPA 4. Legenda: Angiospermas. 1 a 3- Cyperaceae; 4 e 5- Malvaceae; 6 a 9- Poaceae; 10 e 11- Rubiaceae. Escala = 10 µm. 101

ESTAMPA 5. Legenda: Esporos. 1- *Anemia* sp.; 2 e 3- Aspleniaceae; 4 a 10- *Cyathea* sp.; 11 a 16- Dicksoniaceae. Escala = 10 µm. 119

ESTAMPA 6. Legenda: Esporos. 1 e 2- *Lycopódium* sp.; 3 e 4- *Polypodium* sp.; 5 e 6- *Selaginella* sp.; 7 e 8- *Schizaea* sp.; 9 e 10- *Thelypteris* sp.; 11 a 13- Osmundaceae. Escala = 10 µm. 121

ESTAMPA 7. Legenda: Gimnospermas. 1 a 3- *Pinus* sp.; 4 a 9- *Podocarpus* sp. Escala = 10 µm. 123

ESTAMPA 8. Legenda: Angiospermas. 1 e 2- *Acosmium* sp.; 3 e 4- Anacardiaceae; 5 e 6- *Anadenanthera* sp.; 7 e 8- *Anonn*a sp.; 9 e 10- Apocynaceae.; 11 a 16- Araliaceae; 17 a 20- Arecaceae. Escala = 10 µm. 125

ESTAMPA 9. Legenda: Angiospermas. 1 e 2- *Aspidosperma* sp.; 3 e 4- *Astronium* sp.; 5 e 6- *Banara* sp.; 7 a 10- Bombacaceae; 11 e 12- Bignoniaceae.; 13 a 15- *Copaifer*a sp.; 16 e 17- *Cupani*a sp.; 18 a 20- *Curatell*a sp.; 21 e 22- *Cybianthus* sp. Escala = 10 µm. 127

ESTAMPA 10. Legenda: Angiospermas. 1 a 4- *Dalbergia* sp.; 5 e 6- *Diclinanona* sp.; 7 e 8- *Dinizia* sp.; 9 e 10- Ericaceae; 11 e 12- *Diplotropis* sp.; 13 e 14- Euphorbiaceae; 15 e 16- *Euphorbia* sp.; 17 e 18- *Eugênia* sp.; 19 e 20- *Hydrocotyle* sp.; 21 a 24- *Ilex* sp. Escala = 10 µm. 129

ESTAMPA 11. Legenda: Angiospermas. 1 e 2- *Ludwigia* sp.; 3 a 6- *Mauritia* sp.; 7 a 12- Melastomataceae/Combretaceae; 13 a 19- *Mimosa* sp.; 20 a 23- *Myrcia* sp.; 24 e 25- *Myrsine* sp.; 26 a 29- Myrtaceae. Escala = 10 µm. 131

ESTAMPA 12. Legenda: Angiospermas. 1 e 2- *Paullinia* sp.; 3 a 7- *Peixotoa* sp.; 8 e 9- *Phyllanthus* sp.; 10 e 11- *Pterocarpus* sp.; 12 a 15- *Sebastiana* sp.; 16 e 17- *Tetracera* sp.; 18 a 21- *Tapira* sp. Escala = 10 µm. 133
ESTAMPA 13. Legenda: Angiospermas. 1 a 3- *Alternanthera* sp.; 4 a 6- *Amaranthus* sp.; 7 a 12- Asteraceae; 13 a 16- *Borreria* sp.; 17 a 20- Bromeliaceae. Escala = 10 µm. 135
ESTAMPA 14. Legenda: Angiospermas. 1 e 2- *Calliandra* sp.; 3 a 6- *Cuphea* sp.; 7 a 11- Cyperaceae; 12 a 14- *Chenopódium* sp.; 15 a 18- *Diatenopteryx* sp.; 19 e 20- *Eryngium* sp.; 21 a 23- *Galactia* sp. Escala = 10 µm. 137
ESTAMPA 15. Legenda: Angiospermas. 1 a 4- *Gomphrena* sp.; 5 e 6- Lamiaceae.; 7 e 8- Malvaceae; 9 a 11- Poaceae; 12 e 13- *Polygala* sp.; 14 e 15- *Spermacoce* sp.; 16 a 18- *Solanum* sp.; 19 a 21- Polygalaceae; 22 a 24- *Polygonum* sp. Escala = 10 µm. 139

APRESENTAÇÃO

Esta Tese, intitulada "Análise Paleoambiental Quaternária do Écotono Cerrado/ Mata Atlântica no Município de Mogi Guaçú, SP" foi desenvolvida no Curso de Pós-Graduação em Geociências, Departamento de Geologia e Recursos Naturais, na Universidade Estadual de Campinas, sob orientação da Prof. (a). Dra Fresia Ricardi Torres- Branco, como parte do Projeto de Pesquisa financiado pela FAPESP, Número do Processo FAPESP 2010/20379-6.

Este trabalho está dividido em seis partes. A primeira parte contém as informações preliminares sobre o projeto de estudo e seu desenvolvimento (Introdução e Objetivos), bem como a descrição da área de estudo, seus aspectos geológicos, climatológicos, geomorfológicos e vegetação predominante. Na segunda parte estão os principais conceitos sobre as ferramentas de estudo e os *proxy* utilizados neste trabalho e também uma revisão bibliográfica acerca das principais pesquisas realizadas para o Cerrado no Brasil e na América do Sul durante o Pleistoceno. A terceira parte se resume a explicar os materiais e métodos aplicados nesta pesquisa. A quarta parte contém todos os resultados obtidos referentes à descrição dos testemunhos, datações, fracionamento isotópico $\delta^{13}C/^{15}N$ e fragmentos de carvão. A quinta parte descreve os resultados da palinologia da chuva polínica atual e dos testemunhos sedimentares. E por fim, a sexta e última parte, que comporta a apresentação e discussão dos resultados adquiridos, sua interpretação paleoambiental e comparação dos dados obtidos com estudos prévios sobre o tema desta pesquisa e as conclusões deste trabalho.

PARTE I

INTRODUÇÃO

O clima constitui um fator decisivo na evolução e na distribuição dos seres vivos na Terra, e na intensidade dos processos erosivos e intempéricos. Embora as modificações paleoclimáticas possam ser estabelecidas a partir de estudos paleoecológicos, o reconhecimento das suas causas é bastante complexo. Sendo assim, para se poder realizar inferências acerca de sua evolução, é necessário o estudo dos seus principais componentes por longos períodos de tempo, que são somente acessíveis por meio de estudos do registro fóssil ou *proxy data.*

Os estudos Paleoambientais do Quaternário que ocorrem as margens dos rios em sistemas fluviais desempenham um papel essencial no entendimento e evolução destas áreas alagadas, bem como o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos para proteção da vegetação ripária e manutenção da biodiversidade (Durigan, 1994). Os rios representam os agentes mais importantes e dinâmicos no transporte e deposição de sedimentos, e mesmo integrando uma porcentagem menor da paisagem total de uma área, possui um significado extremamente importante nos estudos paleoambientais. O estudo da dinâmica fluvial é essencial, não somente para compreender a evolução climática e vegetacional de uma determinada região, mas também como meio para estabelecer modelos futuros de preservação (Balabram, 2007) e, por meio da aplicação de análise multidisciplinar, utilizando vários *proxy* como indicadores ambientais (palinologia, análise isotópica e fragmentos de carvão) que auxiliem no entendimento e evolução da paisagem, como a proposta na qual a presente pesquisa se embasa.

A vegetação é muito sensível aos fatores ambientais e responde às condições climáticas do ambiente, facilitando a reconstrução e possível identificação de mudanças ambientais e perturbações nos ecossistemas naturais (Salgado-Labouriau, 1994). As plantas que formam a vegetação anualmente lançam enormes quantidades de grãos de pólen e esporos no ar, podendo uma porção deles casualmente serem depositados em ambientes favoráveis a sedimentação, ficando, assim, preservados nos pacotes sedimentares. Essa sequencia vertical dos palinomorfos no interior dos pacotes sedimentares permite um registro bastante confiável dos principais

eventos paleoecológicos ocorridos em uma região, num determinado espaço de tempo geológico (Neves, 1998).

O Quaternário, último período da Era Cenozoica, teve como um dos fatos mais importantes o início da civilização humana, que resulta diretamente na intervenção dos ecossistemas, introduzindo um novo agente às mudanças ocorridas na Terra. Grande parte dos animais e praticamente todas as plantas atuais existiram durante todo o período, permitindo uma melhor elaboração de modelos futuros e realizar inferências climáticas. O Holoceno é a época mais recente do período Quaternário e teve início ao final da última grande glaciação, há cerca de 10.000 anos (Neto & Nery, 2005)..

O Cerrado está localizado essencialmente no Planalto Central do Brasil e é o segundo maior bioma do País em área, apenas superado pela Floresta Amazônica (Ribeiro & Walter, 2008). Estudos relacionados à evolução do Bioma Cerrado no Brasil, principalmente em área alagadas durante o Holoceno ainda é bastante escassa.

Conforme Toledo Filho (1984), no Estado de São Paulo o Cerrado ocorre predominantemente na região centro-norte, interrompido por outras formações vegetais, como nas proximidades de Campinas, Ribeirão Preto, Franca e Altinópolis. Segundo Durigan *et al*., (2003), os fragmentos de cerrado no Estado de São Paulo podem ser divididos em dois grandes grupos fitogeográficos: fragmentos onde ocorrem formas campestres (cerrado sensu strictu e campo cerrado), geralmente localizados na porção leste do estado e fragmentos onde a vegetação tem fisionomia florestal (Cerradão, Ecótono, Floresta Estacional Semidecídua ou Mata Ciliar), geralmente localizados na porção oeste do estado (FIG. 1).

Em tempos mais frios e secos do que se observa atualmente, o Cerrado provavelmente avançou sobre áreas hoje tipicamente florestais, como a Amazônia. Por sua vez, durante períodos mais quentes e úmidos do que o atual, formações florestais também invadiram o Cerrado (Silva, 1995). Toda essa mudança na configuração no Bioma Cerrado provocou grandes transformações na sua biodiversidade, sendo possível estuda-las através dos *proxy* utilizados para esta pesquisa.

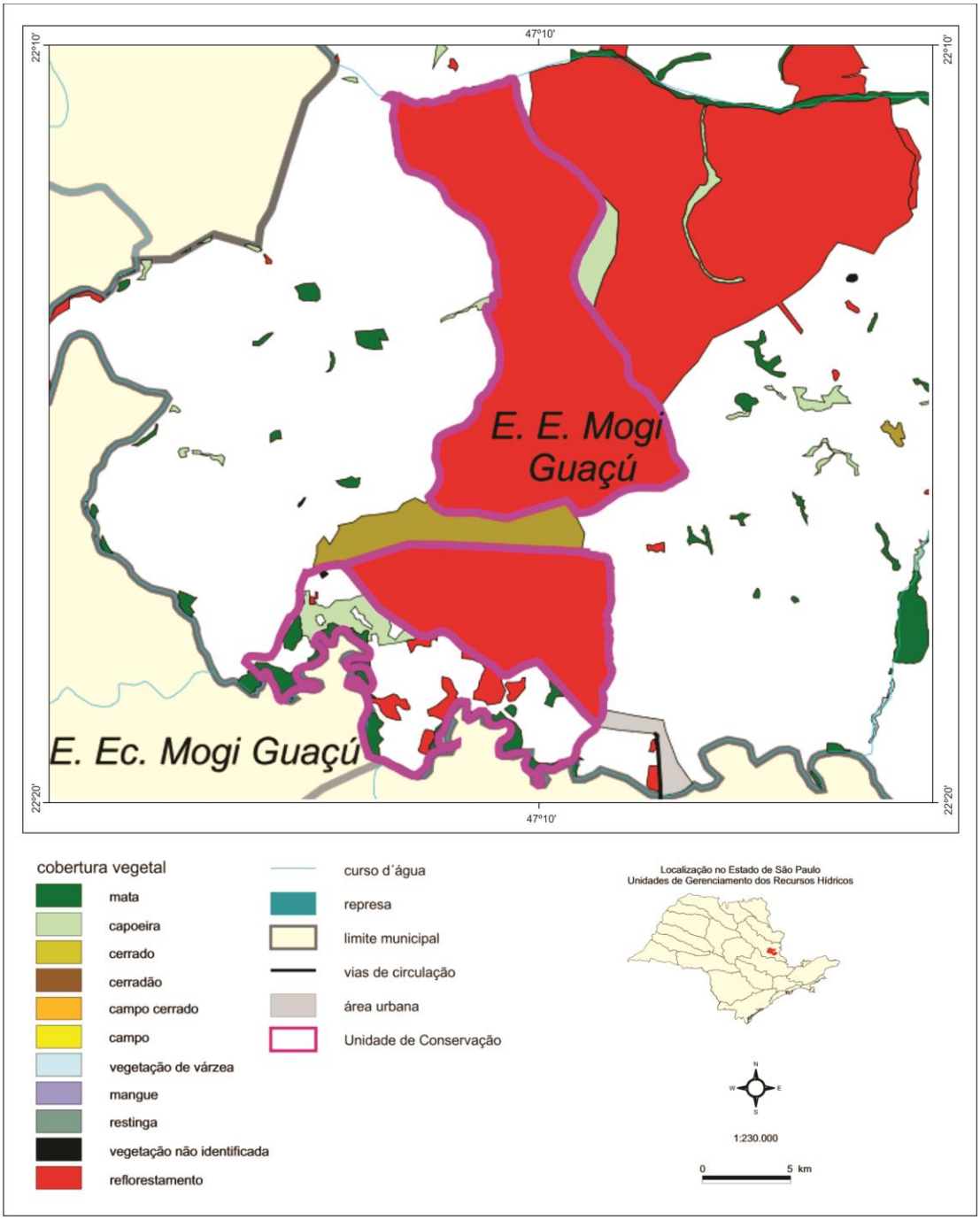


FIGURA 1. Cobertura Vegetal da Estação Ecológica de Mogi Guaçú.

Fonte: http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/mapasmunicipais.html

Além da análise palinológica, para auxiliar os estudos no Bioma Cerrado durante o Holoceno para o Município de Mogi Guaçú (SP), foi proposto neste trabalho à utilização de análise multidisciplinar, através do estudo e aplicação dos isótopos estáveis do carbono ^{12}C e ^{13}C e ^{15}N da matéria orgânica dos solos e análise de fragmentos de carvão contidos nos sedimentos, dado que ambos contribuem nos estudos paleoambientais e variações climáticas ocorridas através do tempo.

Desta forma, este trabalho constitui uma contribuição para o melhor conhecimento da flora pretérita do Cerrado para o Estado de São Paulo, com o intuito de investigar a evolução paleoambiental dos fatores climáticos que influenciaram nas modificações vegetacionais registradas na Estação Ecológica de Mogi Guaçú (EEcMG) e por conseguinte do Município de Mogi Guaçú (SP), durante o Holoceno. Para isso foram utilizados indicadores paleoambientais como a palinologia, técnicas isotópicas e antracológicas.

OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi à reconstrução paleoambiental da Estação Ecológica de Mogi Guaçú (SP) a partir da composição da vegetação durante o Holoceno, através de indicadores paleoambientais como a palinologia, técnicas antracológicas e análises isotópicas. Desta forma definiram-se como objetivos secundários da pesquisa:

- Caracterização e evolução da vegetação no Município de Mogi Guaçú (SP), mediante o estudo de três testemunhos recuperados na Estação Ecológica de Mogi Guaçú;

- Caracterização do conteúdo palinológico dos testemunhos, bem como sua identificação a nível de família e quando possível a nível de gênero;

- Identificação e estudo dos fragmentos de carvão nos testemunhos pesquisados;

- Aplicação das técnicas isotópicas (^{14}C, ^{13}C, ^{12}C e ^{15}N), a fim de se obter a cronologia dos eventos ocorridos e investigar o tipo de vegetação em relação ao sistema fotossintético das plantas C_3 e C_4 e ^{15}N;

- Integração dos dados gerados com a pesquisa e comparação com outros estudos Quaternários no Brasil.

1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada na fazenda Campininha (FIG. 2), que se situa no Município de Mogi Guaçú, distrito de Martinho Prado Jr., entre as coordenadas geográficas 22º 10' e 22º 18' de latitude Sul e 47º 08'e 47º 11' de longitude Oeste, Estado de São Paulo. A mesma é dividida em três Unidades, todas administradas pelo Instituto Florestal, denominadas "Reserva Biológica de Mogi Guaçú", "EEcMG" e "Estação Experimental de Mogi Guaçú", as duas últimas possuindo remanescentes de vegetação nativa (*Aspidosperma polyneuron* e *Euterpe Edulis*), entremeadas por uma área de plantios de espécies exóticas *(Pinus* L. e *Eucalyptus* L'Hér.). A porção sul da Fazenda Campininha, onde se encontra se encontra a EEcMG, localiza-se a margem direita do Rio Mogi Guaçú.

Segundo Gandolfi (1971), citado por Zancopé (2009), a bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu possui uma área de 17.460 km2, deste, 2.650 km2 encontram-se em território mineiro e 14.653 km2 em território paulista. O Rio Mogi Guaçú nasce no Morro do Curvado, no município sul-mineiro de Bom Repouso, numa altitude aproximada de 1.510 m e coordenadas aproximadas 22°30'S / 46°08'W, na região da Serra da Mantiqueira, próximo ao limite interestadual entre São Paulo e Minas Gerais – Sudeste Brasileiro. Após escoar longitudinalmente por aproximados 530 Km, deságua no Rio Pardo a 483 m acima do nível médio do mar entre as coordenadas 20º53´S e 48º11´W, no NE do estado paulista (Zancopé, 2009). Ainda de acordo com o autor, o perfil longitudinal do Rio Mogi Guaçú pode ser dividido em três cursos principais: Baixo curso, Médio Curso e Alto Curso, onde sua bacia de drenagem mede aproximadamente 529,65 Km de extensão. A EEcMG está localizada no Médio Curso Superior do Rio Mogi Guaçú, como pode ser visto na FIG. 3.

Conforme com Zancopé (2009), dentro do território Paulista, o Rio Mogi Guaçú escoa sobre as rochas da Bacia Sedimentar do Paraná até a foz (FIG. 3), atravessando na Depressão Periférica Paulista, predominantemente, arenitos finos, argilitos e folhelhos. Ainda de acordo o autor, o Rio Mogi Guaçú pode ser classificado como um rio consequente e epigênico, ou seja, que acompanha o mergulho das unidades sedimentares da Bacia do Paraná.

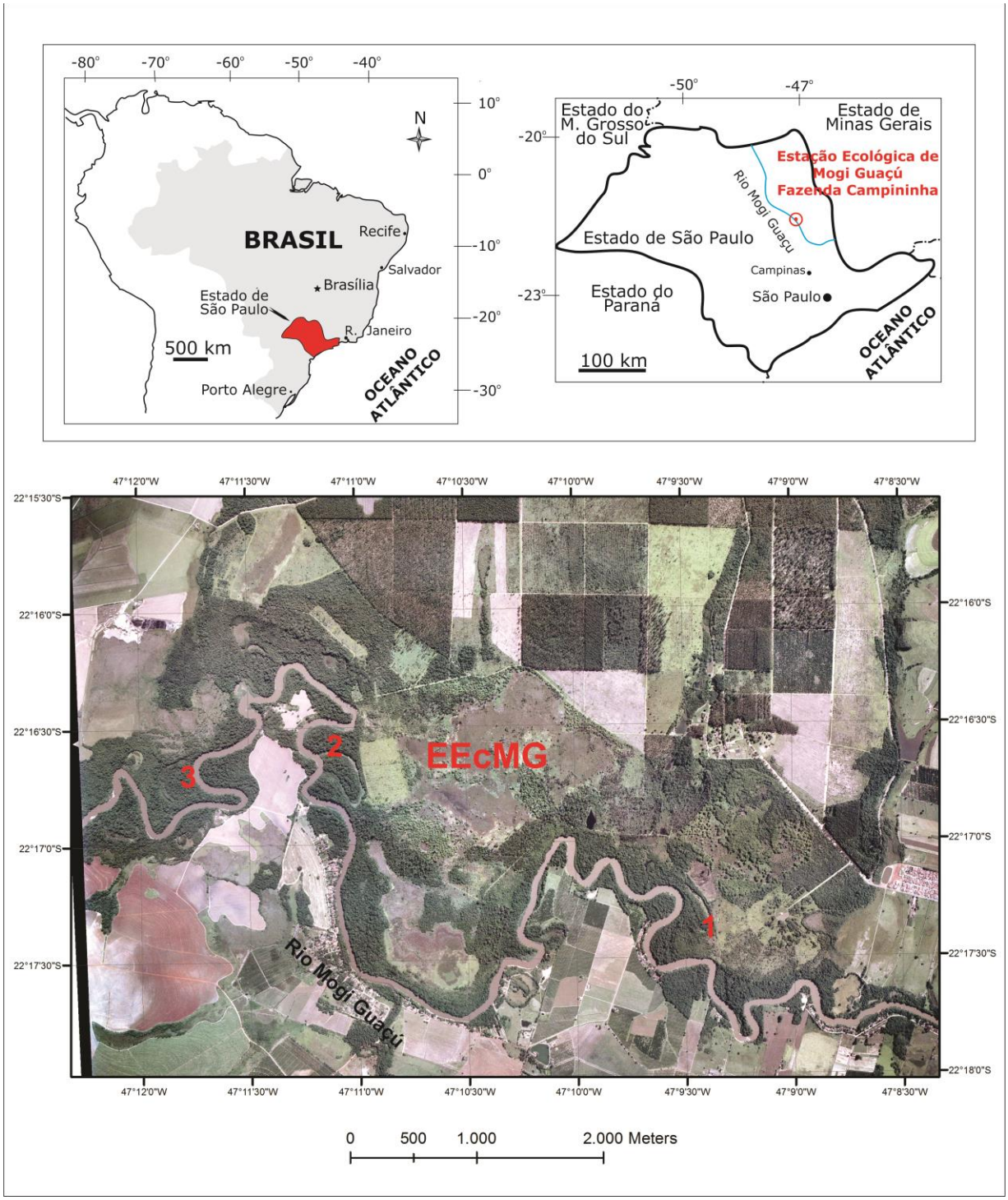


FIGURA 2. Foto aérea mostrando a localização da EEcMG e os locais estudados na presente pesquisa. **1.** Lagoa do Catingueiro. **2**. Lagoa da Pedra e **3**. Lagoa do Fundão.

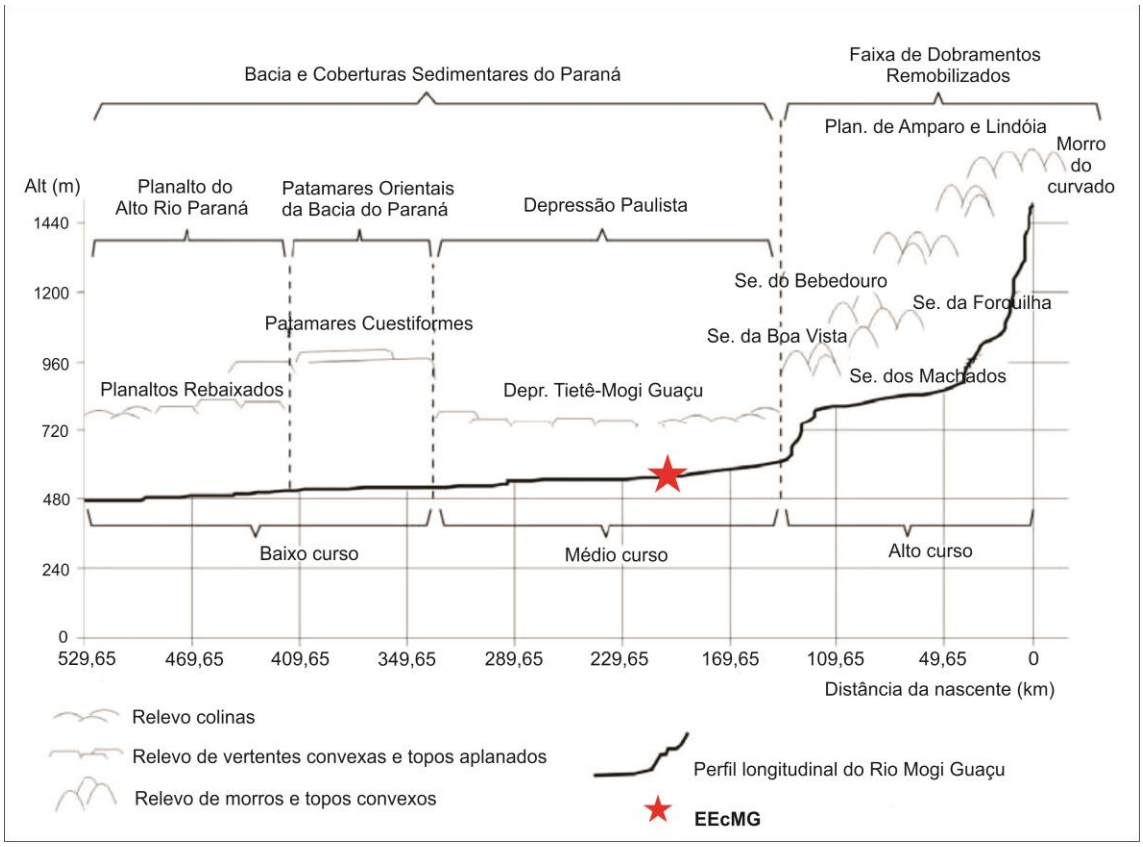


FIGURA 3. Perfil longitudinal do Rio Mogi Guaçu.

Fonte: Zancopé (2009).

1.1 Clima

O clima que predomina (FIG. 4) na área de estudo, de acordo com a classificação de Köppen, é o clima Aw (clima tropical com estação seca de inverno). As temperaturas médias anuais variam de 20,5 ºC a 22,5 ºC, as precipitações médias variam entre 1400 e 1600 mm por ano, sendo que no período chuvoso (outubro a março) a precipitação média acumulada varia de 1100 a 1250 mm e no período seco (abril a setembro) de 250 a 300 mm (CBH-Mogi, 1999).

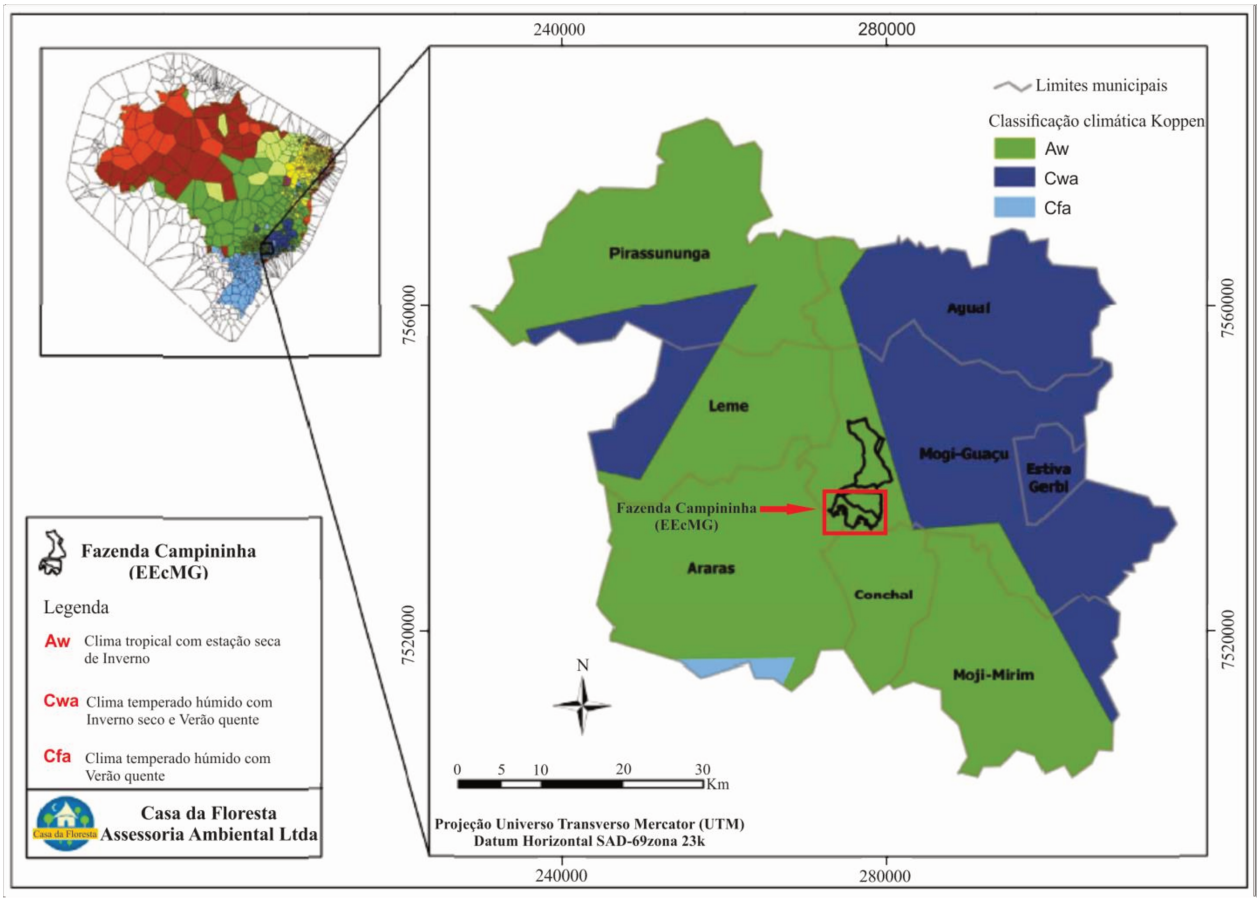


FIGURA 4. Classificação climática de Köppen para a EEcMG.

Fonte: CBH-Mogi (1999).

1.2 Geomorfologia da área

De acordo o Plano de Manejo da EEcMG e Reserva Biológica de Mogi Guaçu, para a área de estudo é possível encontrar dois grupos de relevo: os Relevos de Agradação e Relevos de Degradação, em Planaltos Dissecados.

O relevo de Agradação está relacionado à ação da deposição fluvial, é representado na área de estudo pelas chamadas planícies aluviais, que ocorrem de forma expressiva às margens do Rio Mogi Guaçu. As principais características desta forma de relevo é a suscetibilidade a inundações periódicas devido à oscilação do nível do lençol freático e o constante aporte de sedimentos aluvionares e coluvionares (CBH-Mogi, 1999).

Na área de estudo predominam as Planícies Aluviais, trata-se de um relevo com declividade suave, como pode ser observado na FIG. 5.

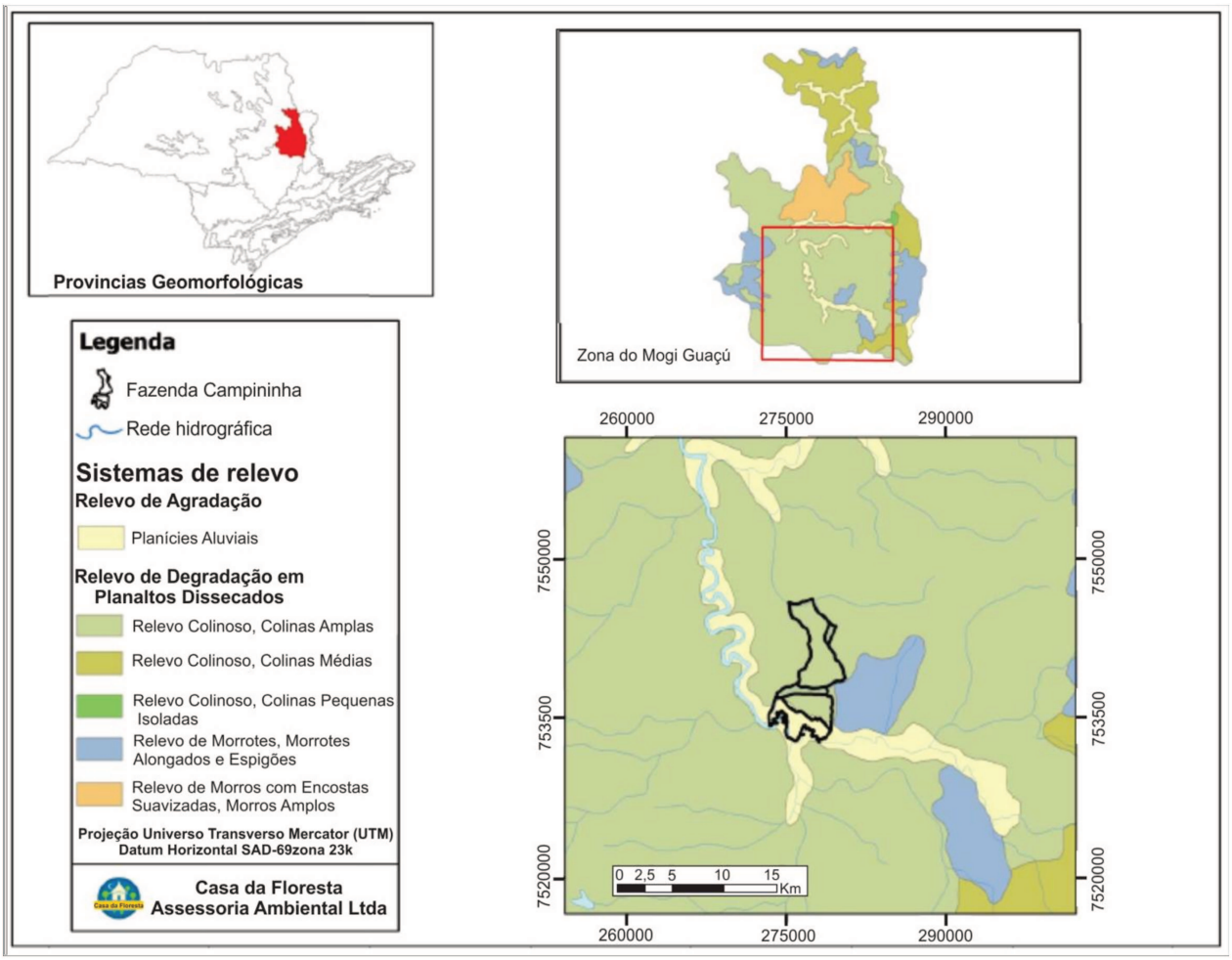


FIGURA 5. Sistemas de Relevo da Zona da EEcMG.

Fonte: CBH, Mogi (1999).

1.3 Contexto Geológico da área

Bacia do Paraná

A área de estudo está inserida dentro da Bacia do Paraná (FIG. 6) e, são observadas coberturas superficiais do Cenozóico (Depósitos Aluvionares e Depósitos Colúvionares) localizadas as longo das margens do Rio Mogi Guaçú (Perrota *et al*., 2005). Algumas das principais características das unidades litoestratigráficas encontradas na área de estudo e no seu entorno são a média ou alta susceptibilidade à erosão dos solos originados nestas unidades, seja devido ao material de origem sedimentar inconsolidado, ou à combinação entre a litologia e o relevo da área (IPT, 1981).

A Bacia do Paraná é uma grande Bacia Intracratônica do continente Sul-Americano que inclui posições territoriais do Brasil meridional, Paraguai Oriental, Nordeste da Argentina e Norte do Uruguai, totalizando uma área que se aproxima de 1,5 milhão de quilômetros quadrados (Milani *et al*., 2007). Abaixo a descrição das quatro unidades litoestratigráficas encontradas para à área de estudo:

Grupo Itararé indiviso

O Grupo Itararé penetra no Estado de São Paulo, vindo do Estado do Paraná, através do Vale do Rio Itararé que chega até o Rio Mogi Guaçú, onde apresenta um contato abrupto com à Formação Aquidauna.

Segundo Perrota *et al*., (2005), o Grupo Itararé e a Formação Aquidauna representam a porção basal transgressiva da Supersequência Gondwana I, de idade carbonífera-eotriássica. De modo geral, o Grupo Itararé é constituído por arenitos de granulação heterogêna, onde ocorrem sedimentos rítmicos que se alteram em delicada estratificação plano-paralela, arenitos finos, siltitos cinza claro e folhelhos cinza escuros, referidos geralmente como varvitos (Clemente, 1998).

Solos originados desta unidade possuem características semelhantes aos originados da Formação Aquidauna, ou seja, com predomínio de siltes e areias na composição e de grande profundidade no perfil (IPT, 1981).

Formação Aquidauana

A Formação Aquidauana representa porções marginais do Grupo Itararé, com sedimentação predominantemente continental, em sistemas de leques aluviais, com influencia glacial (Zalán *et al*., 1990). Clemente (1998), afirma que no Estado de São Paulo, a Formação Aquidauana ocorre desde a região de Mococa até o vale do Rio Mogi Guaçú, a sul do qual grada por interdigitação com o Grupo Itararé. Para esta Formação, França & Potter (1988), definiram ciclos de sedimentação com granadocrescência ascedente que corresponderiam a mudanças climáticas cíclicas dentro do regime glacial, cada um deles ligado a uma subida do nível relativo do mar.

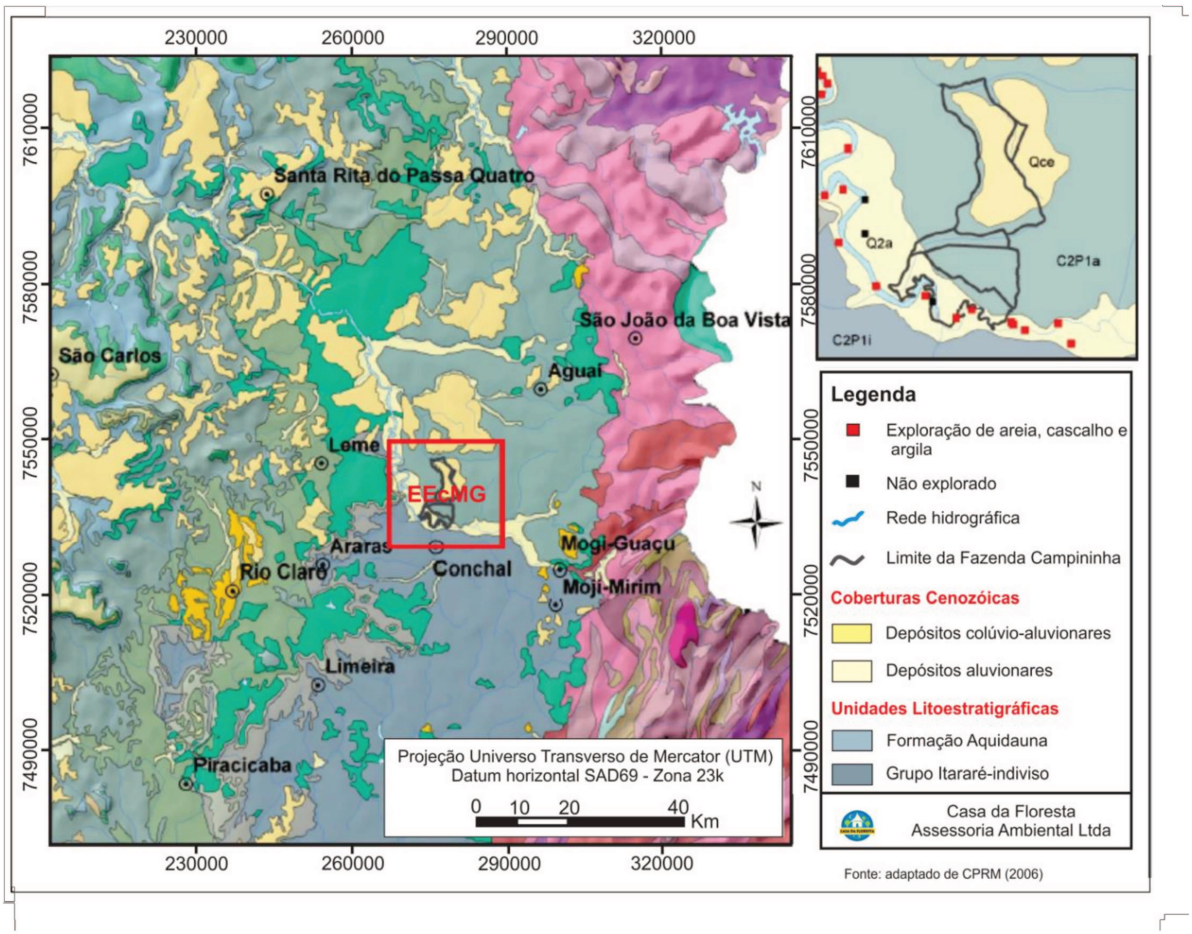


FIGURA 6. Mapa Geológico da área de estudo.

Fonte: Sachs *et al*., (2005)**.**

De acordo com Perrota *et al*. (2005), a Formação Aquidauana é composta, em sua porção inferior, por arenitos vermelhos a róseos, granulação médias a grossa, com estratificação cruzada acanalada, e intercalando diamictitos, arenitos esbranquiçados e conglomerado basal. Ainda de acordo com o autor, a porção média é composta por siltitos, folhelhos e arenitos finos, vermelhos a róseos, laminados, com intercalações de diamictito e folhelho de cor cinza-esverdeado e por último a porção superior que é constituída dominantemente por arenitos vermelhos com estratificação cruzada.

Solos derivados da Formação Aquidauana são constituídos em sua maior porção de siltes e areias, com espessuras de até 5 metros. Estes mesmos solos quando formados por depósitos coluvionares apresentam, em geral, porosidade e permeabilidade relativamente altas (IPT, 1981).

De acordo com o Plano de Manejo da EEcMG e Reserva Biológica de Mogi Guaçú (2010), os arenitos da Formação Aquidauana recobrem 92,7% (310,6 há) da área da Reserva Biológica de Mogi Guaçu e estão localizados nas áreas mais altas do relevo (de 585 a 660 metros de altitude).

Coberturas Cenozóicas

Depósitos Coluvionares

A deposição de sedimentos colúvio-aluvionares se iniciou provavelmente no Neógeno e perdura por todo o Quaternário podendo ser constatada até os dias atuais. Esses depósitos são formados por coberturas extensas e delgadas, localizadas na Depressão Periférica, nas Cuestas Basalticas e no Planalto Ocidental (Perrota *et al.,* 2005). Perrota *et al*., (2005), afirmam que estas coberturas são de granulometria areno-argilosa, com no máximo de 10 metros de espessura, desenvolvidas sobre o substrato arenoso das unidades litoestratigraficas Itararé, Aquidauana, Pirambóia e Botucatu. Não é constatada a presença de estruturas sedimentares, embora estes depósitos contenham um nível basal de acumulação de quartzo e podem ser encontrados um grande número de fragmentos de carvão vegetal de idades holocênicas.

Depósitos Aluvionares

Depósitos aluvionares ocorrem ao longo das margens do Rio Mogi Guaçú, na planície de inundação, formados basicamente por aluviões, em geral com areias inconsolidadas de granulação variável, siltes, cascalheiras fluviais, em depósitos de calha e ou terraços. Estes depósitos são resultantes dos processos de erosão, transporte e deposição a partir de áreas-fonte diversas (Perrota *et al*., 2005).

Os solos formados a partir destes depósitos são de textura indiscriminada e podem sofrer encharcamento ao menos durante algum período do ano, como por exemplo alguns Latossolos, Gleissolos, Cambissolos encontrados as margens do Rio Mogi Guaçú (CBH-Mogi, 1999).

Depósitos Aluvionares do Cenozóico são encontrados em sua maior porção na EEcMG, às margens do Rio Mogi Guaçu, ocupando 68,5% (637 há) da Estação. As maiores fragilidades destes depósitos são a alta suscetibilidade à deposição de sedimentos advindos das porções mais altas do relevo e o solapamento das margens do Rio Mogi Guaçu, sendo que, solos formados a partir destes aluviões estão sujeitos a inundações periódicas (CBH-Mogi, 1999).

1.4 Vegetação da EEcMG

A área de estudo está situada na zona de transição entre o Bioma Cerrado e Mata Atlântica, com características de ambos, podendo ser considerada uma área de tensão ecológica ou écotono. O mosaico formado pela Reserva Biológica e a EEcMG está situada em uma área considerada como prioritária para conservação do Cerrado.

A Mata Atlântica, formação vegetal que ocorre em grande parte da região litorânea brasileira, ocupa atualmente uma extensão de 100 mil quilômetros quadrados, com sua rica diversidade, é uma das mais importantes florestas tropicais do mundo.

O Cerrado, bioma bastante peculiar por sua constituição de formações vegetais que variam desde campos abertos até densas florestas que podem atingir até 30 m de altura (Aguiar *et al*., 2004), destaca-se como unidade fitofisionômica pela sua grande expressividade quanto ao

percentual de áreas ocupadas no Brasil, ocupando atualmente cerca de 21% do território brasileiro, o 2° maior bioma do Brasil.

Ribeiro e Walter (2008) descreveram onze tipos principais de vegetação para o Bioma Cerrado, enquadrados em: Formações Florestais, (Mata Ciliar, Mata Galeria, Mata Seca e Cerradão), Savânicas (Cerrado Sentido Restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e Campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre). Dentro das formações florestais podem-se considerar dois grupos que parecem ter sua distribuição atual atrelada à rede hidrográfica e aos seus solos: as formações associadas aos cursos de água (Ribeirinhas ou Ripícolas), e as que não possuem associação aos cursos de água (Interflúvios).

A primeira formação (Ribeirinha ou Mata Ripícola) reúne a Mata Ciliar e a Mata de Galeria. Ribeiro e Walter (2008) definem Mata Ciliar como uma vegetação florestal que acompanha os rios de médio porte e grande porte da região do Cerrado, em que a vegetação arbórea não forma galerias. Dentro da Mata Ciliar podem ser citadas como espécies arbóreas frequentes: *Anadenanthera* Speg., *Apeiba tibourbou*, *Aspidosperma* Mart. & Zucc., *Tapira guianensis, Trema micrantha*, *Tabeuia* Gomes., *Attalea speciosa*. e também a presença de espécies das famílias Boraginaceae, Myrtaceae e Rubiaceae. Diferentes trechos ao longo de uma Mata Ciliar podem apresentar composição florística bastante variável, existindo faixas que podem ser dominadas por poucas espécies.

A definição de Mata Galeria proposta por Ribeiro & Walter (2008), a caracteriza como vegetação florestal que acompanha os rios de pequeno porte e córregos, formando corredores fechados (galerias) sobre o curso de água. Em geral são circundadas por faixas de vegetação não florestal em ambas as margens, onde ocorre uma transição brusca com formações savânicas e campestres. A Mata de Galeria pode ser dividida entre: Mata de Galeria Não-Inundável e Mata de Galeria Inundável. A primeira pode ser definida por ser uma vegetação florestal que acompanha um curso de água, onde o lençol freático não se mantém próximo ou sobre a superfície do terreno na maior parte dos trechos o ano todo, mesmo na estação chuvosa. A Mata de Galeria Inundável se caracteriza por ser uma vegetação florestal que acompanha um curso de água, onde o lençol freático se mantém próximo à superfície na maior parte do ano. As espécies mais frequentes dentro da Mata de Galeria são: *Aspidosperma* Mart. & Zucc., *Copaifera langsdorffi*, *Bauhinia*

rufa, *Cupania vernalis*, *Mauritia flexuosa* e famílias como Myrtaceae, Annonaceae, Clusiaceae, Rubiaceae, Melastomataceae e Apocynaceae.

Embora o conceito de Mata Ciliar e Mata de Galeria sejam os mais amplamente utilizados, diversas outras denominações são empregadas, associadas a algum aspecto fisionômico da vegetação, microclimático ou até mesmo regional. Assim, Mata Galeria, Mata Marginal, Mata de Condensação, Mata Ripária, Mata Ribeirinha, Mata de Fecho ou Mata Justafluvial são termos utilizados para denominar este tipo de vegetação (Durigan, 1994).

Para denonimar estas áreas alagadas que ocorrem próximos dos cursos d'água, neste trabalho será utilizado o termo Mata Ripícola, proposta no trabalho de Ribeiro e Walter (2008) e também citada por Durigan (1994), que consiste na vegetação que ocorre às margens do Rio Mogi Guaçú, abrangendo a Mata Ciliar e a Mata de Galeria. De acordo com Catharino (1989), o termo Mata Ripária ou Ripícola, podem ser considerados os mais adequados para representar as associações vegetais que ocorrem ao longo dos cursos d'água.

As áreas úmidas (vegetação com influência fluvial) dentro da EEcMG, estão localizadas em área de transição da floresta e margem dos cursos de água (Eiten, 1963; Pinto *et al*., 1997).

Passos (1998) realizou um levantamento fitossociológico para as famílias do estrato arbustivo-arbóreo, junto da Mata Ciliar da EEcMG e destacou 10 famílias como mais importantes para esta formação na área, que se segue: Annonaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Flacourtiaceae, Lauraceae, Melastomataceae, Meliaceae, Mimosaceae, Myrtaceae e Phytolacaceae.

Na EEcMG foram amostradas 1.090 espécies vegetais entre os grupos de briófitas, pteridófitas e fanerógamas, pertencentes a 134 famílias (CBH-Mogi, 1999). Na TAB. 1 é amostrado a lista de vegetação encontrada para EEcMG, com as famílias e espécimes mais importantes da vegetação na área de estudo.

TABELA 1. Lista de espécies que podem ser encontradas dentro do Bioma Cerrado, nas formações: Mata Ciliar, Mata de Galeria, Cerradão e Mata Seca na Fazenda Campininha (EEcMG). Dados extraídos de Passos (1998), Neto *et al*. (2012) e Ribeiro & Walter (2008).

Família/espécie	Formação	Hábito
Anacardiaceae		
Tapirira guianensis	Mata Ciliar / Mata de Galeria / Cerradão	árvore
Annonaceae		
Cardiopetalum calophyllum	Mata de Galeria	árvore
Guatteria sellowiana	Mata de Galeria	árvore
Xylopia aromática	Mata de Galeria	árvore
Xylopia sericea	Cerradão	árvore
Apocynaceae		
Aspidosperma Mart. & Zucc.	Mata Ciliar / Mata de Galeria / Mata Seca	árvore
Araliaceae		
Scheffera morototoni	Mata de Galeria	árvore
Arecaceae		
Attalea speciosa	Mata Ciliar	arbórea
Mauritia flexuosa	Mata de Galeria	arbórea
Syagrus romanzoffiana	Mata Ciliar	arbórea
Asteraceae		

Piptocarpha macropoda	Mata de Galeria	árvore
Bignoniaceae		
Arrabidaea	Mata Seca	trepadeira
Tabeuia Gomes.	Mata Ciliar	árvore
Boraginaceae	Mata Ciliar	árvore / arbusto
Burseraaceae		
Tetragastris altíssima	Mata de Galeria	árvore
Caesalpinioideae		
Apuleia Mart.	Mata de Galeria	árvore
Bauhinia rufa	Mata de Galeria / Mata Seca	subarbusto
Copaifera langsdorffii	Mata de Galeria / Cerradão	árvore
Hymenaea courbaril	Mata de Galeria	árvore
Cannabaceae		
Trema micranta	Mata Ciliar	árvore / subarbusto
Celtis iguanaea	Mata Ciliar	árvore / subarbusto
Caryocaraceae		
Caryocar brasiliense	Cerradão	árvore
Celastraceae		
Cheiloclinum cognatum	Mata de Galeria	árvore / subarbusto
Clusiaceae		
Kyelmeyera coricea	Cerradão	árvore

Erythroxylaceae		
Erythroxylum dapnites	Mata de Galeria	arvoreta
Flacourtiaceae		
Casearia Jacq.	Mata Ciliar	árvore / arvoreta
Lauraceae		
Nectandra Rol. ex Rottb.	Mata de Galeria	árvore
Ocotea Aubl.	Mata de Galeria	árvore
Lecythidaceae		
Cariniana rubra	Mata de Galeria	árvore
Malvaceae		
Sterculia striata	Mata Ciliar	árvore
Melastomataceae	Mata de Galeria / Cerradão	subarbusto / erva
Meliaceae		
Guarea guidonea	Mata de Galeria	árvore
Guarea Kunthiana	Mata de Galeria	árvore
Mimosoideae		
Acacia polyphylla	Mata Ciliar / Mata Seca	árvore / trepadeira
Anadenanthera Speg.	Mata Ciliar / Mata Seca	árvore
Enterolobium contortisiliquum	Mata Ciliar	árvore
Inga Mill.	Mata Ciliar	árvore
Myrtaceae		

Myrcia DC.	Mata de Galeria	árvore / subarbusto
Myrcia rostrata	Mata de Galeria	árvore
Ochnaceae		
Ouratea castaneaefolia	Mata de Galeria	árvore
Papilinioideae		
Dalbergia miscolobium	Cerradão	árvore
Ormosia Jacks.	Mata de Galeria	árvore
Poligonaceae		
Triplaris gardneriana	Mata Ciliar	
Proteaceae		
Euplassa inaequalis	Mata de Galeria	árvore
Rubiaceae		
Alibertia A. Rich. ex DC.	Mata de Galeria	árvore / arbusto
Amaioua Aubl.	Mata de Galeria	árvore
Guettarda viburnoides	Mata de Galeria	árvore
Ixora L.	Mata de Galeria	árvore
Psychotria L.	Mata de Galeria	arbusto
Sapindaceae		
Cupania vernalis	Mata de Galeria	árvore
Matayba guianensis	Mata de Galeria	árvore
Paullinia elegans Cambess.		trepadeira

Serjania acoma Radlk.		trepadeira
Tiliaceae		
Apeiba tibourbou	Mata Ciliar	árvore
Urticaceae		
Cecropia pachystachya	Mata Ciliar	árvore
Vochysiaceae		
Callisthene major	Mata de Galeria	árvore
Qualea grandiflora	Cerradão	árvore
Vochysia pyramidalis	Mata de Galeria	árvore
Vochysia tucanorum	Mata de Galeria	árvore

PARTE II

2 Revisão bibliográfica

2.1 Fundamentos Palinológicos

A palinologia é a ciencia que abrange o estudo relativo aos grãos de pólen das angiospermas e gimnospermas, esporos das pteridófitas, briófitas e microfósseis de sedimentos terrestres e aquáticos (Carvalho, 2011), referindo-se, portanto, ao estudo da composição palinológica de sedimentos, resultante do estudo da matéria orgânica restante após o tratamento químico com HF e HCL das amostras sedimentares ou de rochas. De acordo com Carvalho (2011), o conceito de polínico, diz respeito unicamente a grãos de pólen, enquanto que o termo palinológico concerne a todos os elementos estudados em Palinologia.

A análise palinológica nasceu no início do século XX, e nesta época o grão de pólen era usado somente como um caráter acessório na sistemática de algumas famílias de plantas (Salgado-Labouriau, 1973).

O estudo da morfologia polínica e dos esporos tiveram início juntamente com os conhecimentos sobre a formação de grãos de pólen/esporos a partir do arquespório, ou seja, do tecido não diferenciado, meristemático, em anteras jovens das plantas (Carvalho, 2011).

No caso dos esporos e grãos de pólen a camada externa ou exina é composta por uma substância chamada esporopolenina, que se destaca por ter boa resistência química, e uma série de características morfológicas como a forma, ornamentação, abertura e tamanho que permitem a identificação e caracterização dos mesmos (Salgado-Labouriau, 2007).

Os grãos de pólen liberados das anteras, não envolvidos no processo de fecundação, ficam suspensos no ar, e muitos caem sobre as folhas, troncos, água ou superfície do solo, onde podem ficar preservados por milhões de anos (Melhem *et al*., 2003).

Através da amostragem de grãos de pólen e esporos, em um determinado nível de um perfil estratigráfico, é possível traçar o tipo de vegetação existente à época e as alterações ocorridas ao longo do tempo geológico, auxiliando na reconstrução climática de uma região (Salgado-Labouriau, 1994).

Como as plantas são muito sensíveis aos fatores ambientais, tais como condições de temperatura e umidade do ambiente, a análise palinologica é talves a melhor maneira de se saber como foi o clima no passado (Salgado-Labouriau, 1994).

A palinologia se tornou uma ferramenta essencial em meio ás reconstruções paleoambientais, junto de outras técnicas como o estudo dos fragmentos de carvão, estudos isotópicos e outros mais, que em conjunto possibilitam o conhecimento mais profundo das vegetações do passado e suas modificações.

2.1.1 Chuva Polínica atual

Quando as plantas florescem, o grão de pólen é disperso na atmosfera em maior ou menor quantidade, alcançando distâncias variáveis de acordo com cada espécie (Salgado-Labouriau, 1973). As Pteridófitas se reproduzem por meio de pequenas estruturas chamadas de esporos, que germinam ao encontrarem um ambiente propício para sua sobrevivência (Lima-Ribeiro & Barberi, 2005). A maioria das plantas tem seu modo de dispersão pelo vento, por animais e até mesmo pela água.

O grão de pólen e esporos podem ser transportados a grandes distâncias até ser depositados no solo, em superfícies aquosas ou em algum receptivo natural, como as bromélias (Lima-Ribeiro & Barberi, 2005). Essa flutuação de massas de grão de pólen pode ser determinada como chuva polínica atual e pode ser depositada em diferentes locais e épocas (Ávila & Bauermann, 2001).

A chuva polínica atual pode ser medida basicamente de duas formas: através de coletores artificias de grãos de pólen, ou por coletores naturais. Os coletores naturais são em geral, a melhor escolha para se calibrar os espectros polínicos fósseis com a vegetação ou variações climáticas (Colinvaux *et al*., 1999).

A coleta de grãos de pólen superficial extraídos das bromélias funciona como coletor natural, que guarda toda informação vegetacional do seu entorno. Outro recurso utilizado para identificar a vegetação atual é a coleta superficial da interface do solo/sedimento. O solo assim

como as bromélias acumulam grandes quantidades de grãos de pólen que estão se desenvolvendo nas proximidades da área amostrada.

A deposição atual dos grãos de pólen e esporos (chuva polínica atual) em lagoas e meandros abandonados é indispensável para interpretação das assembleias fósseis. É através do levantamento florístico atual que é possível a interpretação da flora pretérita.

2.2 Isótopos do Carbono e Nitrogênio na Natureza

O carbono é um dos principais elementos da natureza, uma vez que a matéria orgânica viva é composta principalmente de carbono, os ciclos de outros elementos importantes como nitrogênio e oxigênio são influenciados pelo ciclo desse elemento, e as alterações antrópicas em muitas fases do seu ciclo biogeoquímico já estão influenciando o equilíbrio de muitos ecossistemas e da atmosfera global (Pessenda *et al*., 2005).

Contudo, podemos encontrar três isótopos do carbono na natureza, o ^{12}C (estável, com 98,99% de abundância média); ^{13}C (com 1,11%); ^{14}C (radioativo). Conforme Pessenda *et al*., (2005), a idade ^{14}C é baseada, primariamente, assumindo a constância da concentração do ^{14}C (relacionado ao ^{12}C) no passado. Entretanto, observaram-se variações na razão ^{14}C /^{12}C do dióxido de carbono na atmosfera devido a variações no campo magnético terrestre, e na atividade solar. Estas variações foram estudadas e estabelecidas, datando-se amostras de anéis de crescimento de árvores por dendrocronologia.

A determinação da idade através do isótopo radioativo ^{14}C fundamenta-se na compreensão de sua origem, ciclagem e decaimento. A produção de ^{14}C na alta atmosfera ocorre continuamente, através da interação de nêutrons (provenientes de colisões de raios cósmicos, principalmente partículas de alta velocidade, com átomos da atmosfera terrestre) com átomos de ^{14}N (Libby, 1955). A curta meia-vida do ^{14}C torna essa técnica de datação prática apenas para espécies mais jovens do que aproximadamente 70 mil anos (Wicander & Monroe, 2009). Quanto maior a atividade ou quantidade do ^{14}C remanescente em uma amostra, mais recente será sua datação e quanto menos for à atividade ou quantidade de ^{14}C, mais antiga a datação da amostra. A idade é desta forma determinada de acordo com a atividade residual de cada amostra (Pessenda *et al*., 2005).

A base da aplicação da composição isotópica de Carbono em estudos biológicos é fundamentada na variação isotópica existente nos materiais naturais, ou seja, os valores de ^{13}C de um determinado material representam uma assinatura. Dentro de um ecossistema, onde a fonte de energia é representada pela troca de carbono, o valor de ^{13}C de uma fonte é comparado com o valor de ^{13}C do seu produto. Assim, quando existem somente duas fontes isotopicamente distintas, este refletirá a quantidade das duas fontes presentes no produto (Pessenda *et al*., 2004).

A partir do ciclo fotossintético das plantas incorporadas na matéria orgânica, é possível identificar sua origem (floresta ou gramínea). Desta forma, as plantas que necessitam de mais luminosidade (plantas C_4, gramíneas) tem valores de $\delta^{13}C$ mais enriquecidos por volta de -17‰ a -9‰, já as plantas mais empobrecidas isotopicamente (plantas C_3, floresta) mostram valores entre -32‰ a -22‰, como ilustrado na FIG. 7 abaixo:

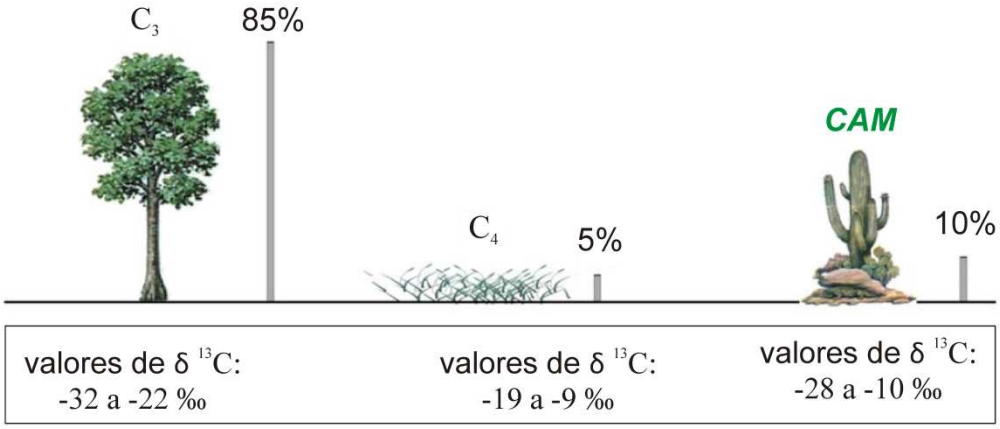


FIGURA 7. Valores com a discriminação isotópica das plantas C_3, C_4 e CAM.

Fonte: Lima (2008).

Outro aspecto a ser enfatizado é que resultados bastante confiáveis sobre as eventuais trocas de vegetação C_3 e C_4 no passado, até aproximadamente 50.000 anos AP, permitem o estudo e a interpretação da dinâmica passada e atual com significativo alcance em nível regional (Pessenda *et al*., 2004).

O Nitrogêno assim como o Carbono, também vem sendo bastante utilizado em reconstruções paleoambientais, apesar de reduzida em relação aos isotopos de carbono, devido ao seu ciclo ser bem mais complexo que os outros elementos (Boutton, 1996). Ele está presente na biosfera na forma de gás N^2 atmosférico. Em ambientes aquáticos, em que o fitoplâncton tem valores de $\delta^{15}N$ diferentes da vegetação terrestre, os isótopos de nitrogênio podem funcionar como marcadores para matéria orgânica de origem autóctone ou alóctone (Peterson & Fry, 1987).

Contudo, a composição isotópica do nitrogênio pode ser considerada um indicador ambiental importante no que diz respeito à origem das fontes da matéria orgânica, auxiliando na interpretação do ambiente de deposição da mesma (Cloern *et al*., 2002). Logo, a razão C/N é utilizada para diferenciar duas principais origens: algas e fitoplânctons (plantas aquáticas), que apresentam razões entre 4 e 10, e plantas terrestres onde a razão é maior ou igual a 20, podendo chegar até 100 (Meyers, 1994). Razões entre 10 e 20, podem ser consideradas como uma zona de transição entre as plantas aquáticas e terrestres.

2.3 Antracologia

O fogo é um elemento comum em vários ecossistemas, principalmente no Bioma Cerrado. A análise de micro fragmento de carvão vegetal contido em sedimentos Quaternários complementa informações paleoecológicas acerca da compreensão dos ecossistemas pretéritos. A adaptação da vegetação ao fogo está relacionada a vários fatores como o tipo de queimada, regime de queima e também no comportamento do fogo. Alterações nesses fatores podem resultar em danos severos na estrutura e na dinâmica da vegetação (Whelan, 1995).

Antracologia é o estudo e interpretação dos restos vegetais carbonizados provenientes de sítios arqueológicos ou de solos, estando relacionados ao testemunho de paleoincêndios, naturais ou de origem antrópica (Scheel *et al*., 1996). O enfoque paleoecológico do estudo desses carvões

aporta dados para a reconstrução da vegetação presente em um local no passado. Como se presume que esses fragmentos sejam pouco transportados torna-se possível inferir a fisionomia vegetal contemporânea aos incêndios do próprio local de sedimentação (Suguio, 2010).

Através de estudos de tafonomia, contagem e medição do tamanho dos fragmentos, é possível identificar seu tipo botânico e local de ocorrência. Partículas de carvão podem ser transportadas a grandes distâncias pelo vento, ou simplismente carregados pela água dos rios. Por meio da utilização da metodologia proposta por Whitlock & Larsen (2001), pode-se identificar a origem do carvão, a nível local, extra local e regional (FIG. 8). Esta metodologia sugere que partículas de carvão maiores que 1.000 μm de diâmetros são lançados relativamente perto do local de origem do incêndio e partículas menores que 100 μm podem ser carregadas a maiores distâncias e a grandes alturas (Clark & Petterson, 1997).

Para diagnosticar se há alguma correlação entre as variáveis profundidade e quantidade dos fragmentos de carvão encontrados nos testemunhos, será utilizada o Coeficiente de Correlação de Pearson, onde, de acordo com Figueiredo Filho & Silva Júnior (2009), a correlação de Pearson é uma medida da variância compartilhada entre duas variáveis. Ainda de acordo com o autor, a razão desse cálculo pode variar de -1 a 1. Esse sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que o escore de uma variável pode ser determinado exatamente ao se saber o escore da outra. No outro oposto, uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis. Em termos estatísticos, duas variáveis se associam quando elas guardam semelhanças na distribuição dos seus escores, mais precisamente, elas podem se associar a partir da distribuição das frequências ou pelo compartilhamento de variância, no caso da correlação de Pearson vale esse último parâmetro, ou seja, ele é uma medida da variância compartilhada entre duas variáveis (Figueiredo Filho & Silva Júnior, 2009).

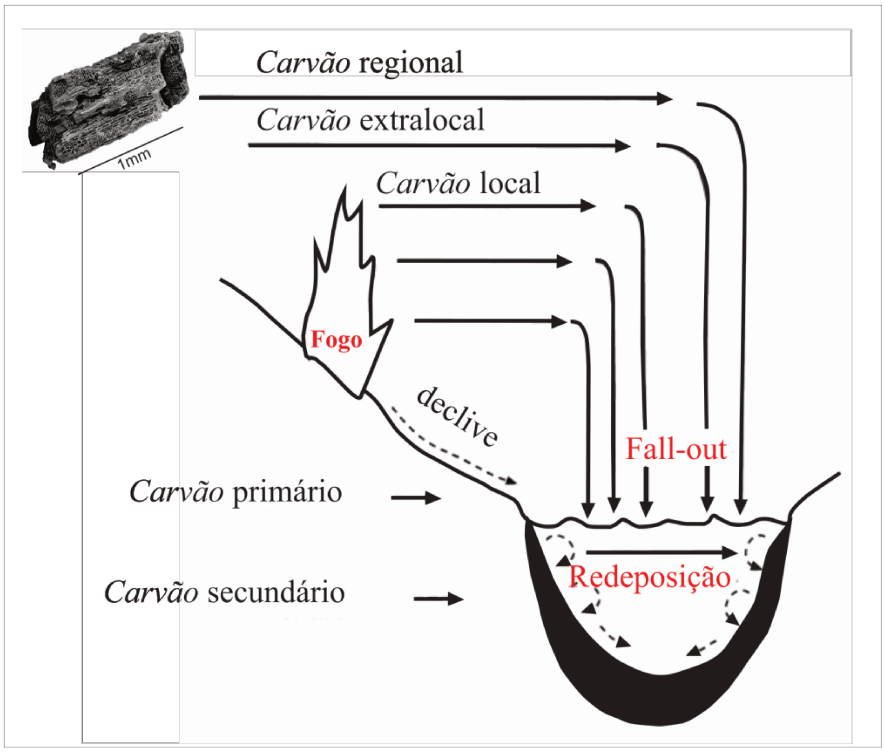


FIGURA 8. Diagrama esquemático ilustrando as fontes do carvão vegetal primario e secundário em uma bacia hidrográfica.

Fonte: Whitlock & Larsen (2001).

A análise de fragmentos de carvão em lâmina palinológica auxilia na interpretação e inferência do paleoincêndio, mas não pode ser utilizada na contagem para fins quantitativos, pois no processamento das amostras para palinologia, durante o ataque químico (HF e HCL), o fragmento pode quebra-se em vários criando artificialmente um elevado número de partículas microscópicas. Desta forma, admite-se apenas a ocorrência dos paleoincêndios e auxilio na interpretação paleoecológica da área como *proxy* paleoambiental.

2.4 Estudos do Cerrado durante o Quaternário no Brasil

O Quaternário é constituído por dois períodos com duração temporal desigual conhecido como Pleistoceno e Holoceno. O Pleistoceno é o mais antigo, com duração de 1,6 a 2 milhões de anos, com pelo menos 16 ciclos climáticos conhecidos de fases mais frias e mais longas (Salgado-Labouriau, 1994) e interglaciais de fases mais quentes e mais curtas, nos quais a

temperatura da superfície do mar abaixou em relação a atual, destas fases mais frias, somente 4 a 5 foram sentidas geologicamente nos continentes. Também conhecido como "Idade do Gelo", pela forte influência sobre o meio ambiente das diversas glaciações que teriam ocorrido neste intervalo de tempo, porém, o Pleistoceno não foi apenas uma época em que os climas e as temperaturas mudaram drasticamente, os fósseis pleistocênicos são muito abundantes, bem preservados e podem ser datados com muita precisão (Salgado-Labouriau, 1994).

A época pleistocênica foi proposta por Charles Lyell em 1839, com base na estratigrafia de moluscos. Esta estratigrafia baseada em moluscos não pode ser aplicada a todos os continentes e então procurou-se definir o início do Pleistoceno por microfósseis, pelas glaciações e datação radiocarbônica. Lembrando sempre, que estes limites nunca são constantes em todo globo, cada região sofreu e obtém um limite cronológico distinto. Por exemplo, o início do Pleistoceno esta marcado nos sedimentos da Venezuela pelo aparecimento de grão de pólen de *Alnus* Mill., mas este gênero existe no Neogeno da Europa e América do Norte e não serve para marcar o início do período no mundo todo (Salgado-Labouriau, 1994).

O Holoceno, período mais recente e mais curto, que abrange os últimos 10 mil anos, testemunhou toda a história da humanidade na Terra. Começa no fim da última era glacial conhecida como Wurm e vai até os dias de hoje. Desde então, houve pequenas mudanças do clima na Terra, com temperaturas mornas a quentes (Salgado-Labouriau, 1994).

Suguio (2005), afirma que entre os depósitos quaternários do Brasil, não ocorrem sedimentos glaciais ou periglaciais, pois as glaciações quaternárias não atingiram o território brasileiro. Contudo, a diminuição da temperatura na América do Sul durante o Quaternário é evidenciada através do estudo dos grãos de pólen e esporos, foraminíferos e isótopos de oxigênio contidos em sedimentos de fundo marinho.

Estudos e pesquisas vêm sendo realizadas (Salgado-Labouriau, 2007; Ledru, 2002; Barberi *et al*., 1995; Behling, 1995; Pessenda *et al*., 2001, etc) no intuito de melhorar o entendimento deste período tão distinto dos demais. Como o Quaternário representa um período de tempo geológico recente, as evidências são consideravelmente bem preservadas e mais numerosas, quando confrontadas com idades mais antigas, permitindo estabelecer comparações

com dados de mesma natureza ligados a processos atuais, conduzindo a realização de pesquisas interdisciplinares (Souza *et al.,* 2005).

Salgado-Labouriau (2007) afirma que, um dos grandes problemas da interpretação paleoclimática baseada em evidências geológicas e geomorfológicas, é que a erosão e meteorização posteriores podem destruir parcial ou totalmente as evidências. Porém, para o passado recente esses depósitos ainda não foram erodidos ou destruídos, permitindo uma boa reconstrução paleoambiental do Holoceno. Os estudos da última glaciação, que ocorreu no intervalo entre 100.000 e 12.000 anos AP, e do interglacial em que hoje vivemos (Holoceno), permitem uma reconstrução boa do relevo, do ambiente físico e sua paleoecologia, que serve de modelo para a interpretação dos ciclos glaciais mais antigos.

O clima na América do Sul e nas regiões do Cerrado no Brasil desde o Pleistoceno até o presente nunca foi constante. Fases mais secas e úmidas foram se alternando durante todo o Quaternário. Os registros mais antigos conhecidos do Bioma Cerrado na região Central do Brasil datam de cerca de 32.000 anos AP. (Ledru, 2002), nesses, a alta frequência de fragmentos de carvão confirmam a ocorrência de incêndios na região desde aquela época (Salgado-Labouriau & Ferraz Vicentini, 1994; Barberi *et al*., 2000; Ferraz Vicentini & Salgado-Labouriau, 1996; Salgado-Labouriau *et al*., 1997; Ledru, 2002).

A partir de pesquisas paleoambientais (palinologia, análise isotópica e fragmento de carvão) feitas para o Cerrado no Brasil, foi realizado um esquema de representação das mudanças ambientais ao longo do Quaternário, retratados na FIG. 9. Os resultados relatam uma alternância de fases secas, úmidas e semi-úmidas nas áreas estudadas a partir do fim do Pleistoceno até os dias atuais. Para realização deste estudo, optou-se por colocar os dados em sequencia cronológica dos acontecimentos a partir das mudanças verificadas em cada área de estudo.

Estudos palinológicos realizados na região central (DF), em Águas Emendadas (Barberi *et al*., 1995), Cromínia (Salgado-Labouriau *et al*., 1997), Lagoa dos Olhos (De Oliveira, 1992) e Lagoa do Caçó (Ledru *et al*., 2001), confirmam que os elementos mais antigos do Cerrado datam de 32.000 anos AP (Ledru, 2002). Nestes estudos também é relatada a presença abundante de fragmentos de carvão, o que revela que o fogo tem ocorrido no Cerrado sem a influência humana, e permite relacionar tais eventos com intervalos mais secos correlacionáveis a mudanças

paleoclimáticas em nível mundial. Para esta região, Ledru *et al*., (1998), afirma que entre 25.000 e 18.000 anos AP os registros mostram um hiato de sedimentação, que indicaria condições erosivas dos depósitos sem preservação de material orgânico. Entre 17.000 a 11.000 anos AP (De Oliveira, 1992), a presença de *Podocarpus* L'Hér. ex Pers. na Lagoa dos Olhos d' Água (MG), mostra condições climáticas mais úmidas e mais frias que atualmente.

A partir de estudos isotópicos realizados por Pessenda *et al.* (1996), no Município de Salitre, Estado de Minas Gerais, foi constatado através de valores de ^{13}C mais empobrecidos, a predominância de vegetação C_3 (floresta) e condições mais úmidas na região Central do Brasil, e também a presença de carvões em todo perfil, indicando que paleoincêndios ocorreram nesta área durante todo Holoceno.

No fim da última glaciação, em 18.000 anos AP, o Cerrado do Maranhão registra espécies de vegetação estéptica e subarbustiva com predominância de herbáceas, características de regiões mais áridas (De Oliveira *et al*., 2005). Entre 15.000 e 11.000 anos AP, se manteve um clima mais úmido e frio, o que permitiu a expansão do gênero *Podocarpus* L'Hér. ex Pers.

Após esse intervalo, +- 11.000 anos AP, início do Holoceno, a fase úmida foi substituída por uma fase mais seca, caracterizada por uma vegetação mais aberta. Na região sudeste, um aumento dos indicadores do Bioma Cerrado (por ex. *Curatella americana* e *Acalypha claussenii*) foi encontrado próximo aos domínios da Mata Atlântica, no início do Holoceno, e estaria ligado a uma fase climática mais seca (Behling, 1995).

Entre 10.000 e 7.000 anos AP, na região central do Brasil, há um hiato de sedimentação, onde a preservação dos grãos de pólen é bastante escassa. Na maioria dos registros palinológicos associados há um aumento da concentração de fragmentos de carvão, o que indica a ocorrência de paleoincêndios e um clima mais seco para todo Holoceno (Salgado-Labouriau *et al.*, 1997). Após este intervalo, aumentam os indicadores de Cerrado juntamente com a expansão de Matas Ciliares e Veredas.

Próximo ao Rio São Francisco, no Vale do Rio Icatu (BA), os indicadores do Cerrado aparecem a partir de 9.000 anos AP. O início do Holoceno caracteriza-se pelo aumento de grãos de pólen de mata de altitude (por ex. *Ilex* L. e *Alchornea* Sw.), caracterizando um clima mais frio

que o atual. Neste momento o Cerrado começou a se expandir devido á seca progressiva (De Oliveira *et al*., 1999).

Estudos palinológicos, antracológicos e isotópicos feitos por Souza *et al*., (2013), na EEJ (Estação Ecológica de Jataí), Município de Luiz Antônio (SP), indicam um clima mais seco para a área no início do Holoceno até o Holoceno médio, confirmadas pela presença de vegetação C_4 e a ocorrência de paleoincêndios. Do Holoceno Médio até os dias atuais, o predomínio de vegetação C_4 e C_3 sugere que, neste período, a área estudada foi coberta por uma mistura de vegetação de campo e de floresta, indicando a regressão do campo associada à provável clima mais úmido e, vegetação mais fechada, característica de cerradão, vegetação dominante hoje na EEJ.

Behling (1995), afirma que entre 9.720 a 5.530 anos AP o clima foi mais seco no Brasil, principalmente na região Central. A partir de 5.530 anos AP a umidade começou a aumentar.

Steuvax & Santos (1998) e Stevaux (2000), baseados em estudos palinológicos e faciológicos em depósitos associados ao Alto Rio Paraná, onde desagua o Rio Mogi Guaçú, à aproximadamente 8.000 anos AP, constataram uma mudança para clima úmido nessa região, onde, foi possível afirmar que esse período gerou uma forte alteração no sistema hidrológico fluvial, permitindo a deposição de uma carga de fundo de areia fina a média.

Entre 7.000 e 6.000 anos AP, brejos e pântanos começaram a se formar no Brasil Central, o clima foi quente a semi-úmido, fato que é comprovado pela presença do gênero *Mauritia* L. f. nas assembleias palinológicas (Salgado-Labouriau, 1997).

Cassino & Meyer (2013), em estudo para a Vereda do Chapadão dos Gerais (Buritizeiro, MG), entre 8.830 a 6.320 anos AP, concluem que as oscilações climáticas ocorridas na área, registram a predominância de um clima úmido e quente, gerando a transformação de um pequeno lago, desenvolvendo Matas de Galerias Inundáveis no entorno do lago.

Prado *et al*., (2013), apresentaram uma compilação de 120 conjuntos de dados paleoclimáticos feitos para o Holoceno Médio no Leste da América do Sul, que compreenderam estudos multi *proxy* de $\delta^{18}O$, $\delta\ ^{13}C$, análises físico-químicos, grãos de pólen, diatomáceas, algas, esporos, matéria orgânica e fragmentos de carvão. Do ponto de vista geral, os dados analisados

aqui sugerem um cenário de déficit de água na maior parte do Leste Sul Americano durante o Holoceno Médio se comparado ao Holoceno Tardio, com a exceção do nordeste brasileiro. A baixa insolação Austral no Holoceno Médio causou uma redução do contraste da temperatura litorânea e, consequentemente, enfraqueceu o sistema de circulação de monções na América do Sul (45 a 60º Oeste e de 0 a 35º Sul). Esse cenário é representado por uma diminuição na precipitação sobre a zona de convergência do Atlântico Sul, onde condições salinas são predominantes por toda margem continental da América do Sul e também o por uma diminuição dos níveis dos lagos. Condições climáticas mais secas durante o Holoceno médio comparadas as do Holoceno Tardio são retratadas pela substituição das florestas úmidas por arbustos e pastos em algumas regiões, como sugeridas por análise polínica para o Estado de São Paulo e Minas Gerais nesta data (Holoceno Médio).

Em Jaguaríuna, Estado de São Paulo, a presença de vegetação C_4 (gramínea) indica provavelmente a ocorrência de um clima mais seco do que o atual no final do Pleistoceno, já em Botucatu (SP), os dados isotópicos indicaram presença de plantas C_3 (floresta) em todo Holoceno (Gouveia *et al*., 1999).

Já no estado do Amazonas, estudos isotópicos realizados por Pessenda *et al.* (2001), entre as cidades de Porto Velho e Humaitá, evidenciaram uma significativa mudança de vegetação para a área durante o Holoceno (3.200 a 6.560 anos AP). Os resultados de $\delta^{13}C$ e datação ^{14}C sugerem que no início do Holoceno, a área estudada foi coberta por plantas C_3 (floresta). Entre 7.000-3.000 anos AP, os dados mostraram maior influência de plantas C_4 (gramínea), tanto nos perfis de solo da floresta como nos perfís dos campos, indicando uma regressão da floresta associada a um provável clima mais seco que o atual. De 3.000 anos AP até o presente os dados isotópicos indicaram expansão das plantas C_3 (floresta) associada a um provável retorno de um clima mais úmido, semelhante ao atual (Vidotto *et al*., 2007).

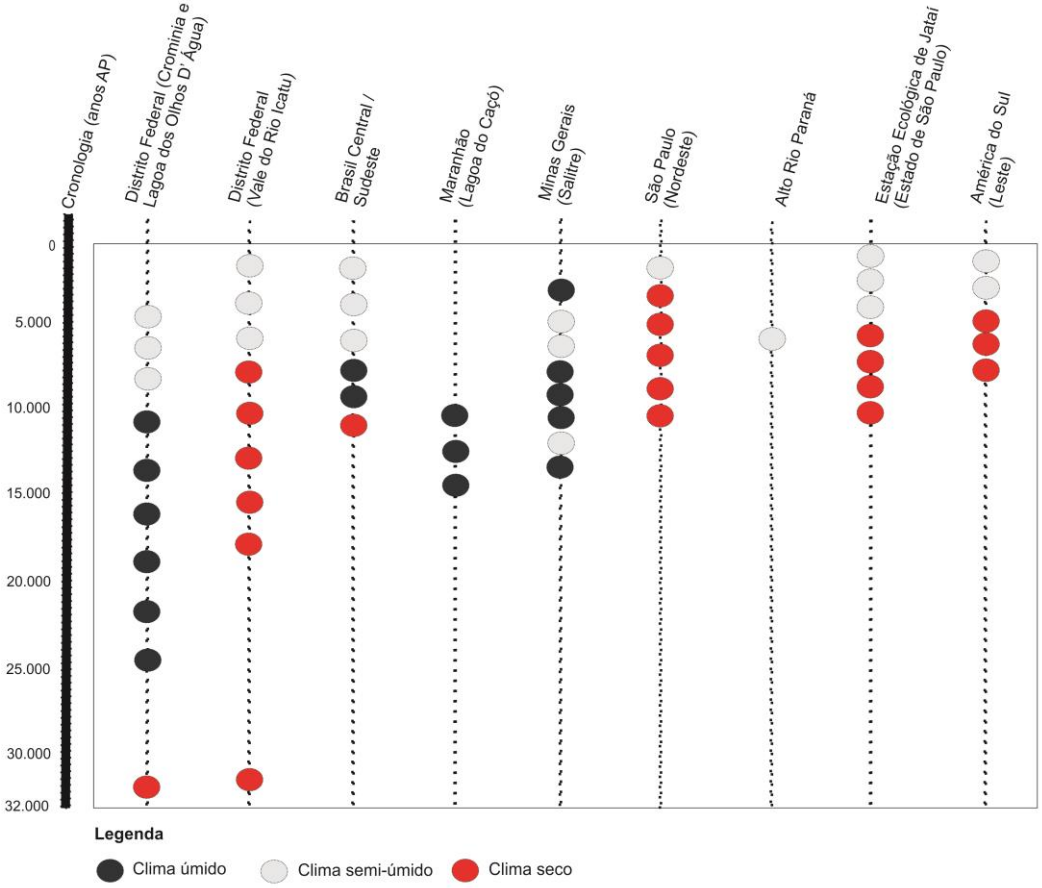


FIGURA 9. Variação Climática do Cerrado no Brasil nos últimos 32.000 anos AP.

Fonte: Cassino & Meyer (2013); Salgado-Labouriau & Ferraz Vicentini (1994); Barberi *et al*., (2000); Ferraz Vicentini e Salgado-Labouriau (1996); Salgado-Labouriau *et al*., (1997); Ledru (2002); Prado *et al*., (2013); Steuvax & Santos (1998) & Stevaux (2000) e; Souza *et al*., (2013).

Esse clima mais úmido relatado por Vidotto *et al*., (2007) na região Amazônica, também foi observado por Salgado-Labouriau (1997), onde tais condições ambientais (clima mais úmido) prevaleceram até aproximadamente 4.000-3.000 anos AP quando grãos de pólen de plantas de hábito arbóreo aumentaram indicando uma vegetação mais densa e mais diversa crescendo nos Cerrados. Em aproximadamente 1.400-1.250 anos AP as condições climáticas modernas começaram. Os últimos 200 anos são marcados pelo impacto humano destruindo a vegetação natural da maioria dos lugares.

PARTE III

3 Materiais e métodos

3.1 Amostragem

3.1.1 Testemunhos

Os três testemunhos foram coletados em três lagoas situadas nas margens do Rio Mogi Guaçú, que se segue: Lagoa do Catingueiro, Lagoa da Pedra e Lagoa do Fundão. Foram realizadas quatro viagens de campo entre 01/06/2011 a 12/09/2011 para delimitar as áreas adequadas para realizar as perfurações, com o objetivo de encontrar pontos com menor intervenção antrópica. Após a escolha dos locais foram realizados os testemunhos dos quais seriam coletadas as amostras para palinologia, análises isotópicas e fragmentos de carvão. Também foi feito o georeferenciamento dos testemunhos, bem como o registro fotográfico.

FIGURA 10. Foto de amostragem do corte dos testemunhos em laboratório.

A amostragem foi feita por meio de fixação de sondas tubulares com liners transparentes descartáveis em seu interior de 15 cm de diametro, ilustrada na FIG. 11. De acordo com Byrnes (1994), o amostrador tubular permite coletar amostras poucos alteradas, mantendo suas características físicas e químicas originais, feitos de forma manual para remover a amostragem. O equipamento é constituído de um tubo, com um dos lados abertos, com uma ponteira cônica fixa, conectado a hastes providas de apoio para as mãos ou pés, que facilitam a ação de compressão do amostrador. A descrição dos testemunhos, juntamente com os resultados e discussões dos mesmos será discutida na Parte IV e V.

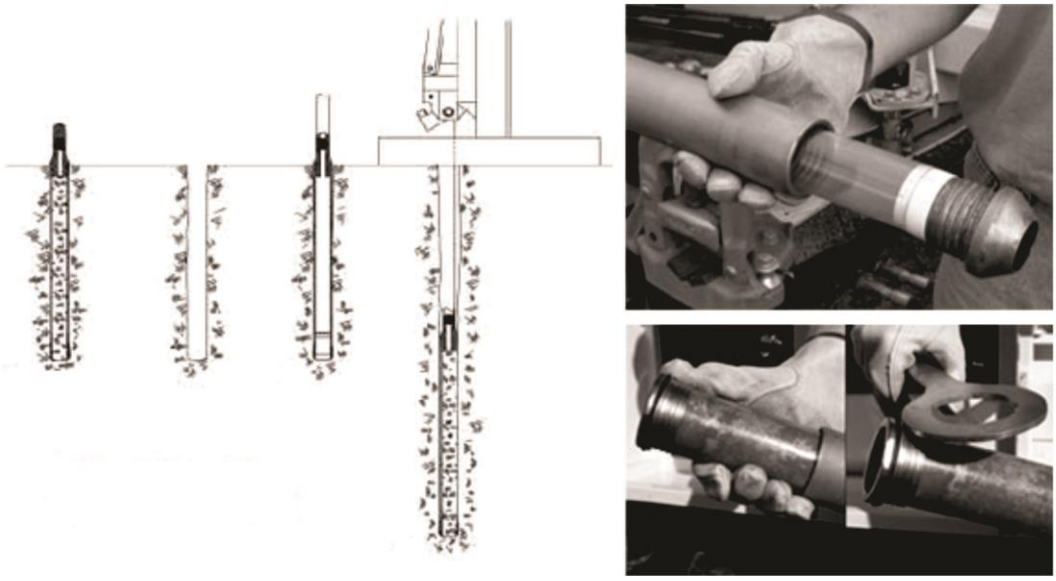


FIGURA 11. Fase de amostragem das sondas.

Fonte: Byrnes (1994)

3.1.2 Coleta de chuva polínica atual

Para obtenção dos dados da flora local e de seu entorno, foram coletadas amostras para o estudo de chuva polínica atual. Desta forma, foram coletadas amostras de sedimentos superficiais da interface água/sedimento e amostras de solo, ao acaso, no entorno de cada testemunho, evitando a super-representação e tendenciosidade de determinados *taxa.*

Foi realizada também a coleta da chuva polínica atual em bromélias, as quais são coletores naturais, em árvores próximas a cada testemunho estudado (Lagoa do Catingueiro, Lagoa da Pedra e Lagoa do Fundão). As amostras foram coletadas com um tubo de plástico de 10 ml, com o auxilio de uma espátula para que fosse possível coletar o máximo de material sem danificar a planta. Todas as amostras foram identificadas e transportadas ao laboratório para posterior análise.

3.2 No laboratório

O tratamento químico e triagem das amostras foram realizados no Laboratório de PaleoHidrogeologia do DGRN/IG/ UNICAMP. As datações foram enviadas ao Laboratório Beta Analytic, Estados Unidos, e isótopos de carbono no Lab ^{14}C fóssil – CENA-USP, Piracicaba.

O processamento das amostras para palinologia, isótopos do carbono, datação pelo método ^{14}C pela técnica AMS e análise dos fragmentos de carvão serão descritas a seguir.

3.3 Análise dos fragmentos de carvão

Os mesmos intervalos estudados (indicados na TAB. 2) palinologicamente, foram estudados para análise de fragmentos de carvão a fim de se obter uma melhor representatividade dos perfis.

Através da metodologia proposta por Whitlock & Larsen (2001), é possível identificar a origem do carvão, a nível local, extra local e regional. Para cada profundidade foi utilizada uma quantidade de 2 cm^3 por amostra de sedimento. As amostras foram secas a 60 ºC por 4 horas, após esse procedimento elas foram peneiradas, para facilitar a triagem. O próximo passo foi realizar uma pré-seleção do material em Lupa (Zeiss-KL 1500 LCD), para que fosse realizada a

contagem e medição dos fragmentos, a fim de se obter o tamanho e variação dos mesmos em cada nível. Como os fragmentos são micropartículas, muitas vezes menores que 1 mm, a coleta foi somente possível com a ajuda de uma pinça e uma agulha.

Os fragmentos de carvão pré-selecionados (FIG. 12), foram metalizados e observados no MEV/IG/UNICAMP com a finalidade de conhecer se possível sua sistemática e qual a freqüência em que ocorrem os paleoincêncios na área de estudo durante o Holoceno.

TABELA 2. Número de amostras analisadas para identificação e contagem dos fragmentos de carvão nos três testemunhos estudados.

Fragmentos de carvão analisados - nº amostras em profundidade (cm)		
Catingueiro	Pedra	Fundão
4-6	4-6	4-6
8-10	6-8	6-8
14-16	18-20	14-16
34-36	26-28	28-30
38-40	32-34	35-37
42-44	38-40	37-39
46-48	42-44	43-45
52-54	46-49	53-55
62-64	51-53	57-59
82-84	57-59	63-65
88-90	67-69	73-75
92-94	73-75	93-95

94-96	77-79	107-109
96-98	83-85	128-130
102-104	96-98	148-150
106-108	112-114	156-158
122-124	114-116	162-164
128-130	--	164-168

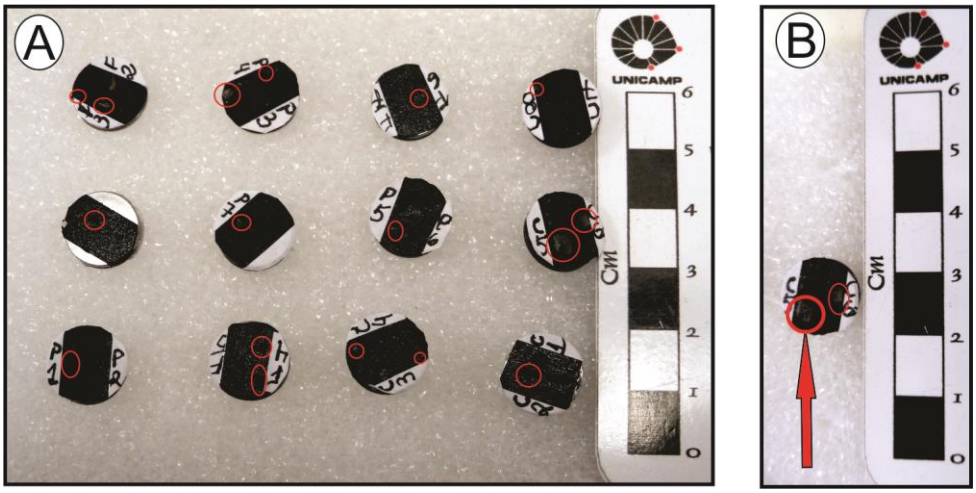


FIGURA 12. Fragmentos de carvão preparados para observação sob Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV): A) Vista geral; B) Vista em detalhe.

Para identificar se há associação entre a profundidade e quantidade dos fragmentos de carvão encontrados nos três testemunhos, foi utilizado o Coeficiente de Correlação de Pearson, que mede o grau de correlação entre duas variáveis. A razão do coeficiente de correlação Pearson varia de -1 a 1 (Figueiredo Filho & Silva Júnior, 2009), onde:

1 = significa uma correlação perfeita;

0 = significa uma correlação negativa entre as variáveis e;

-1 = significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra.

O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que o escore de uma variável pode ser determinado exatamente ao se saber o escore da outra. No outro oposto, uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis (Figueiredo Filho & Silva Júnior, 2009).

Valores entre 0,10 e 0,29 podem ser considerados pequenos; escores entre 0,30 e 0,49 podem ser considerados como médios; e valores entre 0,50 e 1 podem ser interpretados como grandes (Cohen, 1988). Para a determinação do coeficiente é preciso realizar o cálculo especificado abaixo.

3.4 Tratamento químico das amostras para palinologia

As amostras (TAB. 3) recuperadas dos testemunhos sedimentares, da chuva polínica atual de superfície e de água de bromélias foram processadas segundo o método clássico de Faegri & Iversen (1989) para sedimentos do Quaternário.

Para o tratamento químico das amostras retiradas de águas de bromélias, o processo foi similar ao das amostras recuperadas de testemunhos sedimentares e de superfície, pulando somente as etapas iniciais do tratamento, que compreende a dissolução de silicatos por HF e adição de HCL, iniciando apenas na etapa de destruição de ácidos húmicos por solução de KOH 10%.

1- Pesagem de 10grs de sedimento, uma vez que o Cerrado apresenta uma baixa concentração de grãos de pólen se comparado com a Mata Atlântica ou outros Biomas.

2- Secagem na estufa por 4 horas a 60 ºC;

3- Dissolução de silicatos por HF 37%, deixar as amostras no ácido por no mínimo 18 horas;

4- Centrifugação das amostras com HF por 8 minutos na velocidade de 3000 rpm;

5- Descarte do HF e em seguida adição HCL 50% em todas as amostras e proceder a banho maria por 10 minutos, sempre mexendo;

6- Centrifugação das amostras por 8 minutos a 3000 rpm e descarte do ácido, por varias vezes até o resíduo ficar claro;

7- Destruição de ácidos húmicos por solução de KOH 10%, seguindo o mesmo procedimento realizado com o HCL, por varias vezes até o resíduo ficar claro;

8- Centrifugação e lavagem dos resíduos com água destilada, por 8 minutos a 3 rpm;

9- Adicioção cloreto de zinco (densidade 2), o volume adicionado deve ser igual ao do resíduo e, seguido de centrifugação por 5 minutos a 1000 rpm;

10- Lavagem dos resíduos com HCL 25% (para baixar a densidade), a seguir centrifugação desses por 10 minutos a 3000 rpm;

11- Adicionação de glicerina 10% nas amostras e a seguir agitara solução por mais ou menos 2 horas, agitando constantemente;

12- Centrifugação por 8 minutos a 3000 rpm, e retirar a solução e colocando o tubo da de cabeça para baixo por 10 minutos;

13- Por último, colocar o resíduo obtido em recipiente de vidro, calculando o volume final do mesmo para calculo do volume final.

Em seguida, foi adicionado em cada amostra uma quantidade proporcional de glicerina 50% (a quantidade de glicerina dependeu da quantidade de resíduo restante após o processo acima descrito), onde cada gota de glicerina equivale a 20 microlitros.

Com o auxilio de micropipetas descartáveis se procedeu ao cálculo do volume dos resíduos obtidos após a adição da glicerina. Todos os dados foram devidamente anotados para posteriormente serem realizados os cálculos de número de grãos de pólen por peso.

O procedimento a cima descrito levou aproximadamente 16 meses de trabalho para conseguir processar as 96 amostras, como pode ser observado na TAB. 3 (sedimentos retirados de testemunhos e chuva polínica atual).

TABELA 3. Amostras processadas para palinologia

Amostras processadas para palinologia (profundidade em cm)			
	Testemunho Sedimentar		Chuva Polínica
Catingueiro	Pedra	Fundão	
4-6	4-6	4-6	LCCp1 (Catingueiro)
8-10	6-8	6-8	LCCp3 (Catingueiro)
12-14	12-14	14-16	LCCp4 (Catingueiro)
14-16	18-20	18-20	LCCp2 (Catingueiro)
20-22	22-24	24-26	LPCp1 (Pedra)
18-30	26-28	28-30	LPCp2 (Pedra)
34-36	32-34	35-37	LPCp4 (Pedra)
38-40	38-40	37-39	LPCp3 (Pedra)
42-44	42-44	43-45	LFCp1 (Fundão)
46-48	46-49	47-49	LFCp2 (Fundão)
50-52	51-53	53-55	LFCp3 (Fundão)
56-58	57-59	57-59	LFCp4 (Fundão)
62-64	61-63	63-65	__
68-70	67-69	67-69	__
74-76	73-75	73-75	__
82-84	77-79	77-79	__
88-90	81-83	81-83	__
90-92	88-90	87-89	__
94-96	96-98	93-95	__

96-98		100-102	97-99	__
102-104		106-108	103-105	__
106-108		112-114	107-109	__
112-114		116-118	113-115	__
118-120		120-122	121-123	__
126-128		__	128-130	__
	__	__	134-136	__
	__	__	138-140	__
	__	__	140-142	__
	__	__	142-144	__
	__	__	146-148	__
	__	__	148-150	__
	__	__	156-158	__
	__	__	158-160	__
	__	__	162-164	__
	__	__	164-166	__

3.4.1 Montagem das lâminas

Na confecção das lâminas palinológicas, foram utilizadas lâminas de vidro de 76 mm x 26 mm. Em cada uma foram colocadas duas linhas horizontais com cola fazendo um traço bem fino, com a finalidade de servirem de apoio para a lamínula. A lamínula utilizada foi a de 24 mm x 50 mm (FIG. 13).

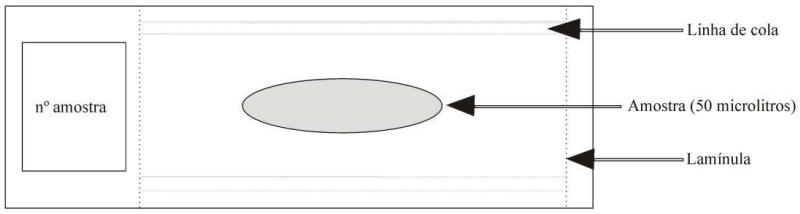


FIGURA 13. Confecção de lâmina palinológica.

Após este procedimento, foram colocados no centro de cada lâmina 50 microlitros de resíduo, em seguida foi alocadaa lamínula e colados os extremos, com cola de secagem rápida Histolaque LMR. As laminas palinológicas foram então numeradas. O resíduo restante foi reservado em eppendorf de plástico de 5 ml com a identificação de cada amostra e guardado para futuras consultas.

3.4.2 Identificação e contagem dos grãos de pólen/esporos

A contagem dos palinomorfos contidos nas lâminas palinológicas foi realizada no laboratório de Paleohidrologia da UNICAMP/IG/DGRN, em microscópio óptico Zeiss Axio Imager.A1, com objetiva de 100x. A análise quantitativa das amostras retiradas dos testemunhos sedimentares e da chuva polínica atual foi realizada da mesma forma. As lâminas foram lidas no sentido horizontal, sem espaçamento entre as colunas. Para cada nível foi lida uma lâmina utilizando-se a contagem de 200 a 300 grãos de pólen/esporos por lâmina. Para facilitar a identificação, foi montado um catálogo com a descrição dos tipos polínicos e esporos encontrados nas lâminas em cada nível. A partir destes catálogos os palinomorfos (grãos de pólen e esporos) foram descritos e separados por família e gênero (quando possível), para facilitar o trabalho de classificação. Para cada tipo encontrado foi realizada uma pesquisa bibliográfica a cerca de suas principais ocorrências e características ambientais.

A classificação dos palinomorfos encontrados teve como base a literatura especifica dos atlas: Amazon Pollen Manual and Atlas (Colinvaux *et al*., 1999), Pollen Flora of Argentina (Markgraf & D' Antoni, 1978), Catálogo de Pólen das Leguminosas 36 da Amazônia Brasileira (Carreira *et al*., 1996), Atlas de Pólen da Vegetação de Cangas da Serra de Carajás (Carreira &

Barth, 2003), Pollen Morphology and Plant Taxonomy (Erdtman, 1952), Cerrado: Ecologia e Flora (Sano *et al*., 2008), Contribuição à Palinologia do Cerrado (Salgado-Labouriau, 1973), Catálogo Polínico: Palinologia Aplicada em estudos de conservação de abelhas do gênero *Xylocopa* no Triângulo Mineiro (Silva *et al*., 2010) e, a Palinoteca do Laboratório de Paleohidrogeologia do DGRN/IG/UNICAMP, atualmente com 650 tipos polínicos procedentes de vários biomas do Brasil e Venezuela.

3.4.3 Construção do diagrama polínico

Os diagramas polínicos de porcentagem e de concentração de cada lagoa estudada foram elaborados com o programa Psimpoll 4.27 e Corel Draw X4. Psimpoll gráfica e analisa dados paleoecológicos e estratigráficos a fim de resumir os resultados palinológicos de cada testemunho estudado. Os diagramas foram integrados com a finalidade de gerar uma visão abrangente da evolução paleoclimática na área de estudo. Para a elaboração do diagrama polínico, foram realizados cálculos da concentração dos grãos, baseando-se no método matemático descrito por Cour (1974). Este método basea-se na quantidade de volume do resíduo utilizado na confecção da lâmina palinológica, no volume total dos resíduos após tratamento químico, quantidade de linhas observadas e o tamanho do campo da objetiva utilizada em questão, e por último a largura média de cada lâmina, definida pelas linhas de cola feitas nas lâminas.

3.5 Isótopos do carbono na natureza

Para a distinção isotópica das amostras (^{15}N, ^{12}C e ^{13}C), as mesmas foram analisadas a cada 10 cm de profundidade. Sendo 18 amostras da Lagoa do Fundão, 16 amostras para Lagoa do Catingueiro e 15 amostras na Lagoa da Pedra, algumas das amostras foram enviadas pela segunda vez para serem analisadas, pois não obtiveram gás suficiente para ser analisadas e foram consideradas estéreis (TAB. 4). As amostras foram analisadas no Laboratório de ^{14}C e Laboratório de Isótopos Estáveis, CENA/USP/Piracicaba.

A técnica utilizada para descriminação do sistema fotossintético das plantas C_3 e C_4, foi a espectrometria de massas ("Mass Espectrometer"– MS ou "Isotope Ratio Mass Spectrometer" - IRMS), que é um instrumento que separa íons, positivos ou negativos, produzidos a partir de átomos ou moléculas, quer sejam das mais simples às mais complexas, de acordo com a razão massa/carga (Pessenda *et al*., 2005).

TABELA 4. Amostras processadas para δ‰ C e δ‰ ^{15}N

Amostras processadas para δ‰ C e δ‰ ^{15}N (profundidade em cm)		
Catingueiro	Pedra	Fundão
0-2	0-2	0-2
2-4	2-4	2-4
10-12	10-12	10-12
20-22	20-22	20-22
30-32	30-32	30-33
40-42	40-42	39-41
50-52	49-51	49-51
60-62	59-61	59-61

70-72	69-71	69-71
80-82	79-81	81-83
90-92	89-91	89-91
100-102	91-93	99-100
110-112	100-102	109-111
120-122	110-112	119-121
130-132	120-122	130-132
140-142	--	140-142
150-152	--	150-152
--	--	160-162
--	--	170-172

Para cronologia dos eventos ocorridos, as amostras (TAB. 5) coletadas foram enviadas ao Laboratório Beta, Miami/EUA, para que fosse determinada sua idade através do ^{14}C, obtidas através da técnica AMS (espectrometria de massa com aceleradores), pela separação e contagem dos diferentes isótopos. A principal vantagem da utilização desta técnica é a possibilidade de medir quantidades muito pequenas de material com grande confiabilidade.

TABELA 5. Amostras enviadas para análise da cronologia através do ^{14}C

Amostras enviadas para datação (profundidade em cm)		
Catingueiro	Pedra	Fundão
2-4	2-4	2-4
56-58	46-49	16-18
90-92	73-75	30-33
150-152	96-98	45-47
--	--	49-51
--	--	81-83
--	--	92-94
--	--	105-107
--	--	128-130
--	--	144-146
--	--	160-162

RESULTADOS

Nesta parte serão descritos os resultados dos três testemunhos estudados na EEcMG (Lagoa do Catingueiro, Lagoa da Pedra e Lagoa do Fundão). Este capítulo foi dividido em duas partes:

Parte IV: Os resultados de cada testemunho serão expostos e discutidos de forma separada, seguindo esta ordem: descrição do testemunho, datações, dados isotópicos $\delta^{13}C/^{15}N$ e fragmentos de carvão.

Parte V: Aqui serão expostos os resultados da análise polínica de cada testemunho. Primeiro a chuva polínica atual dos três testemunhos e depois a análise palinológica dos mesmos em profundidade.

Desta forma, os três testemunhos de sondagens atingiram a profundidade máxima de 156 cm na Lagoa do Catingueiro, 131 cm na Lagoa da Pedra e 179 cm na Lagoa do Fundão. Os testemunhos não atingiram profundidades maiores, pois, após essas profundidades foi encontrada uma espessa camada de areia (com espessura maior de 50 cm), o que impossibilitou a continuação da perfuração.

Após a coleta dos testemunhos foi realizada a descrição litológica de cada um e coletadas as amostras para os estudos realizados. Para o estudo palinológico foram utilizadas 24 lâminas da Lagoa do Catingueiro, 25 lâminas da Lagoa da Pedra, 35 da Lagoa do Fundão e 12 lâminas da chuva polínica atual. Com base nos grãos de pólen e esporos encontrados, foram construídos para cada testemunho 1 diagrama de concentração com todas as espécies identificadas, 1 diagrama de hábito e 1 diagrama de agrupamento ecológico compreendidos dentro do Bioma Cerrado.

Também foram realizadas análises isotópicas que compreenderam a cronologia (^{14}C) dos testemunhos e análise do carbono $^{12}C/^{13}C/$ e ^{15}N dos três testemunhos.

Por fim, para o estudo antracológico foram retirados fragmentos de carvão dos mesmos níveis estudados para palinologia, a fim de se obter uma correlação dos dados. Para a quantificação dos carvões, foi realizada uma contagem da quantidade de fragmentos encontrados em cada nível estudado, como também a descrição dos tamanhos dos mesmos e, posteriormente

separados e analisados em MEV. Todas as amostras dos três testemunhos passaram por uma triagem e separação dos possíveis fragmentos em Lupa e posteriormente analisados em MEV.

PARTE IV

4 Descrição do testemunho, datações, fracionamento isotópico $\delta^{13}C/^{15}N$ e fragmentos de carvão.

5 LAGOA DO CATINGUEIRO

5.1 Descrição do testemunho

A profundidade alcançada no testemunho (coordenadas UTM 23k 277820 E / 7533541 S) coletado na Lagoa do Catingueiro, foi de 159 cm. A seguir, a descrição do testemunho:

- Intervalo de 0 - 23 cm: cor marrom caracteriza o topo o testemunho, composto por sedimentos argilo-arenosos pouco compactados, sem macroestruturas sedimentares e com raízes médias (com espessura de 2 a 5 mm);

- Intervalo de 23 - 36 cm: cor marron claro, próximo do topo, composto por sedimentos areno-argilosos, mal compactados, com presença de mica, sem macroestruturas, com pouca presença de raízes (com espessura de 1 a 2 mm);

- Intervalo de 36 - 74 cm: cor marrom, textura média, composta por sedimentos argilo-arenosos, pouco compactados, sem macroestruturas e com raízes médias (com espessura de 2 a 5 mm);

- Intervalo de 74 - 79 cm: amarelo, pode ser considerado como a faixa de transição entre o intervalo subjacente e inferior. É composto por sedimentos arenosos (fração de areia média a fina), sem macroestruturas e presença de mica;

- Intervalo de 79 - 102 cm: claro acinzentado, composto por sedimentos argilosos, sem estrutura com presença de folhas e M.O (matéria orgânica);

- Intervalo de 102 - 156 cm: claro acinzentado, composto por sedimentos argilosos, sem estrutura, com presença de fragmentos de folhas e M.O, caracterizando a base do perfil.

A variação do testemunho pode ser observada na FIG. 14.

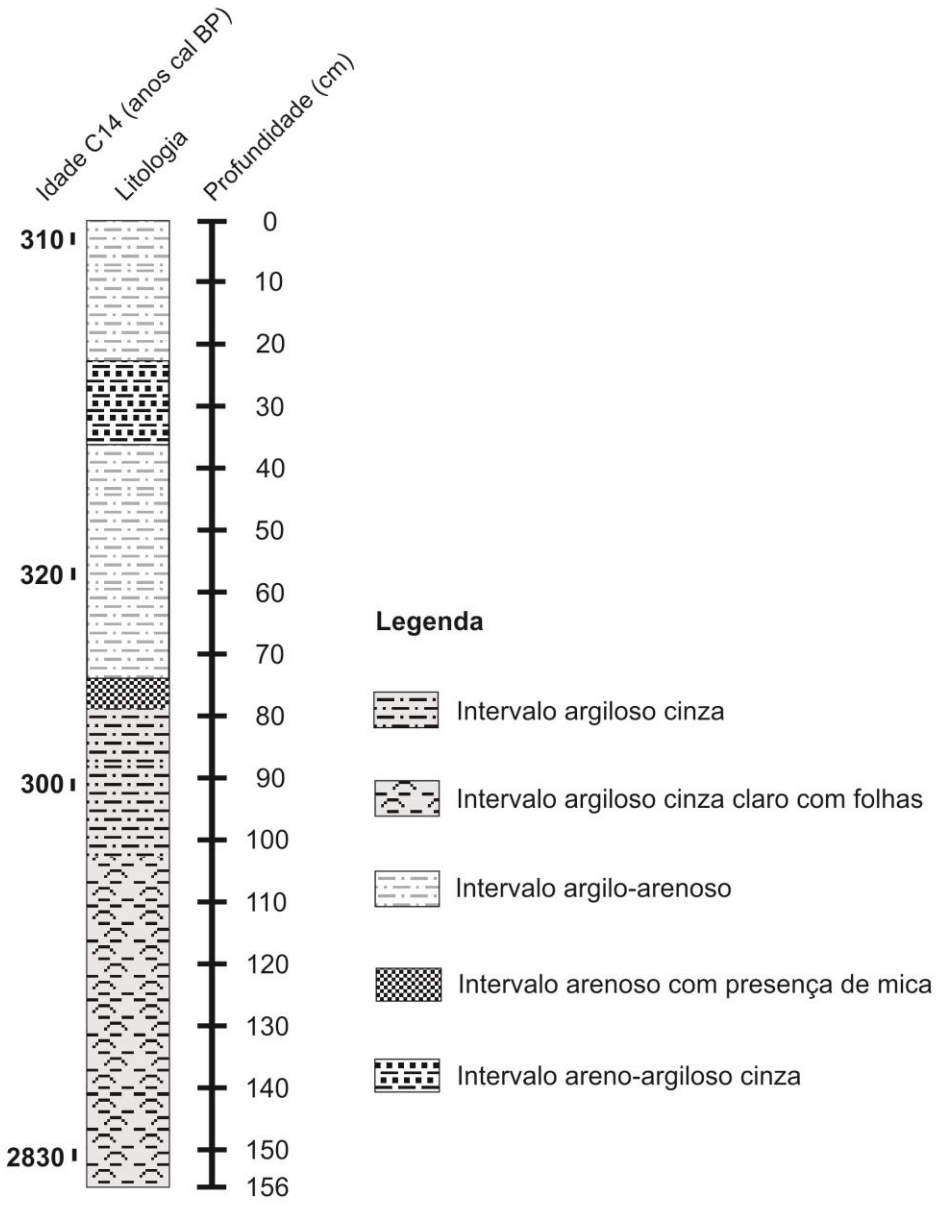


FIGURA 14. Descrição litológica do testemunho da Lagoa do Catingueiro.

5.2 Datações

Foram retiradas quatro amostras dos seguintes níveis: a 2-4 cm, 56-58 cm, 90-92 cm e 150-152 cm, na base do perfil, demonstradas na TAB. 6. Os resultados obtidos evidenciaram que as idades datadas por ^{14}C aumentam da profundidade, indicando que o sedimento testemunhado foi depositado nos últimos 2.830 anos AP.

TABELA 6. Idades ^{14}C calibradas em anos AP para a Lagoa do Catingueiro.

Profundidade (cm)	Idade ^{14}C (anos AP)	Amostra/nº laboratório
2-4 cm	310	Beta-314736
56-58 cm	320	Beta-314737
90-92 cm	300	Beta-314738
150-152 cm	2.830	Beta-322766

Neste testemunho as idades não ultrapassaram de 3.000 anos AP, indicando que os sedimentos foram depositados no Holoceno Superior. Até a profundidade de 90 cm o pacote sedimentar não superou a idade de 300 anos, e foi observado um aumento significativo da idade entre 90 a 156 cm, evidenciando que a *taxa* de sedimentação para esta profundidade não se manteve constante.

5.3 Dados isotópicos $\delta^{13}C$ e ^{15}N

Os valores de $\delta^{13}C$ (TAB. 7) neste testemunho variaram entre -24,07‰ e -29,23‰, caracterizando a predominância de plantas C_3 (possivelmente arbóreas). Em relação aos valores da razão C/N que variaram entre -3,03 e 13,18 é possível observar que a maior parte da matéria orgânica deste perfil provém de algas, exceto nos níveis 40 e 130 cm que mostram matéria orgânica derivada de da transição entre plantas terrestres e algas, indicando uma possível mistura

de fontes. A FIG. 15 mostra a variação das análises de $\delta^{13}C$ e ^{15}N com relação à profundidade do perfil.

TABELA 7. Dados isotópicos da Lagoa do Catingueiro: $\delta^{13}C$ e ^{15}N

Profundidade (cm)	$\delta^{13}C$	^{15}N
0	-24.08	3.14
10	-24.07	4.46
20	-28.4	0.93
30	-24.21	-1.23
40	-24.58	12.64
50	-27.53	3.04
60	-29.17	1.81
70	-28.09	-2.76
80	-28.42	-3.03
90	-29.23	-0.92
100	-26.43	-4.55
110	-25.33	4.28
120	-25.46	7.81
130	-25.63	13.18
140	-26.64	0
150	-26.09	0
160	-26.09	0

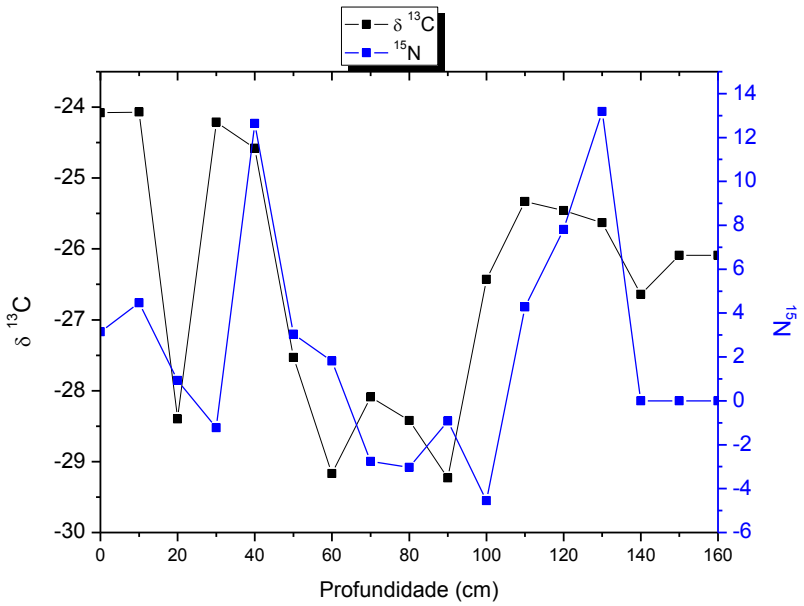


FIGURA 15. Gráfico com valores de $\delta^{13}C$ e ^{15}N em relação à profundidade na Lagoa do Catingueiro.

5.4 Fragmentos de Carvão da Lagoa do Catingueiro

Foram analisados 24 níveis dentro do perfil da Lagoa do Catingueiro, para obtenção da caracterização antracológica do testemunho. Na FIG. 16 é possível observar alguns dos fragmentos selecionados para esta análise.

Destes 24 níveis, apenas 18 (TAB. 8) obtiveram amostras com características morfológicas de carvão após a análise em MEV, foi possível confirmar que todos os níveis continham fragmentos com elementos anatômicos característicos de madeira.

Neste testemunho, a partir das análises realizadas em MEV notou-se que os fragmentos embora tenham apresentado características anatômicas do xilema secundário, os mesmos eram muito pequenos para permitir uma classificação segura quanto à família de angiospermas a qual pertenciam. Além disso, muitos fragmentos continham um excesso de sedimento em sua estrutura, o que também contribuiu para a sua classificação. Este fato pode estar correlacionado com a intensidade do fogo e até mesmo com a deposição destes fragmentos em sedimentos pouco consolidados.

A FIG. 16 abaixo ilustra a triagem e o tamanho dos fragmentos selecionados para análise em MEV. A maioria dos fragmentos não teve tamanho maior a 2.167 µm.

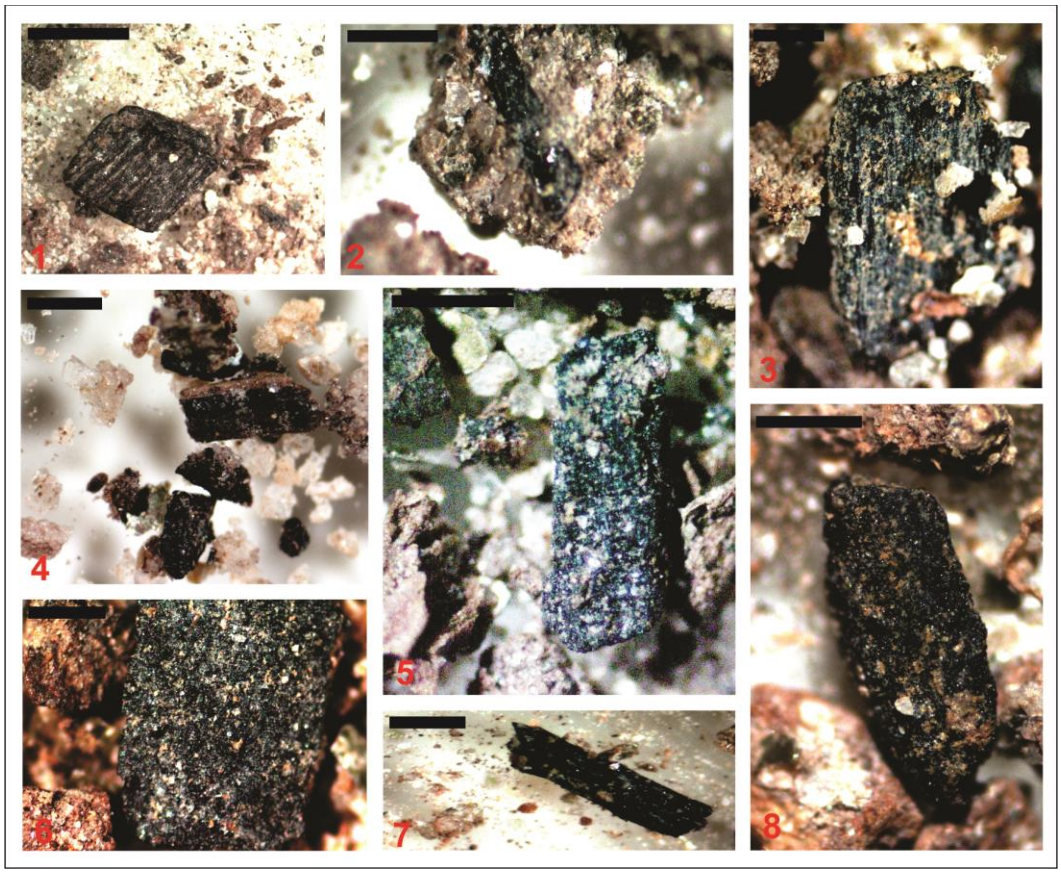


FIGURA 16. Foto dos fragmentos selecionados para serem analisados em MEV da Lagoa do Catingueiro, retirados das seguintes profundidades (cm): **1)** 102-104; **2)** 14-16; **3)** 34-36; **4)** 62-64; **5)** 46-48; **6)** 8-10; **7)** 34-36; **8)** 14-16. **Escalas: A** = 2 mm; **B - H** = 0,5 mm.

TABELA 8. Distribuição das amostras de acordo com a profundidade ao longo do testemunho da Lagoa do Catingueiro, evidenciando a quantidade e tamanho dos fragmentos de carvão encontrados em cada nível.

Fragmentos de carvão Lagoa do Catingueiro		
Profundidade (cm)	Nº de fragmentos	Tamanho médio (µm)
4-6	19	463
8-10	23	843
14-16	15	664
34-36	17	1750
38-40	16	1767
42-44	19	1425
46-48	26	2167
52-54	18	1150
62-64	15	1463
82-84	8	850
88-90	23	720
92-94	16	838
94-96	21	1750
96-98	12	2000
102-104	18	1186
106-108	22	738
122-124	17	1100
128-130	15	1317

O tamanho dos fragmentos variou de 463 a 2167 µm. De acordo com a teoria proposta por Whitlock & Larsen, (2001) é possível inferir que estes fragmentos de carvão sejam de origem extra local.

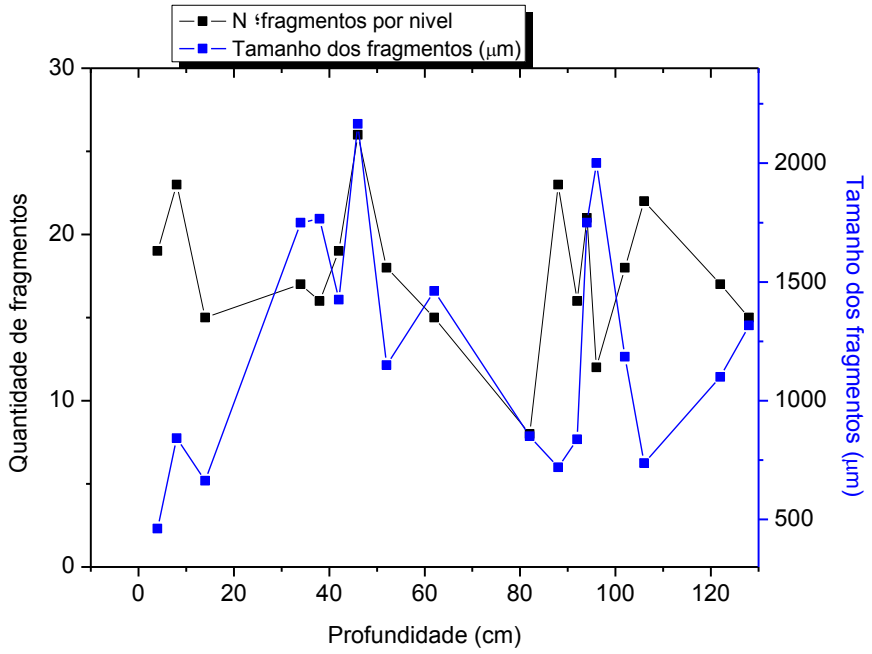


FIGURA 17. Gráfico mostrando a profundidade, quantidade e tamanho dos fragmentos de carvão analisados na Lagoa do Catingueiro.

Em termos de avaliação das variáveis estatísticas seguidas pelo método de Correlação de Pearson, como pode ser observado na FIG. 18, foi possível determinar que o valor linear do seu cálculo indica uma correlação fraca entre as variáveis profundidade e quantidade dos fragmentos encontrados (p = - 0.20).

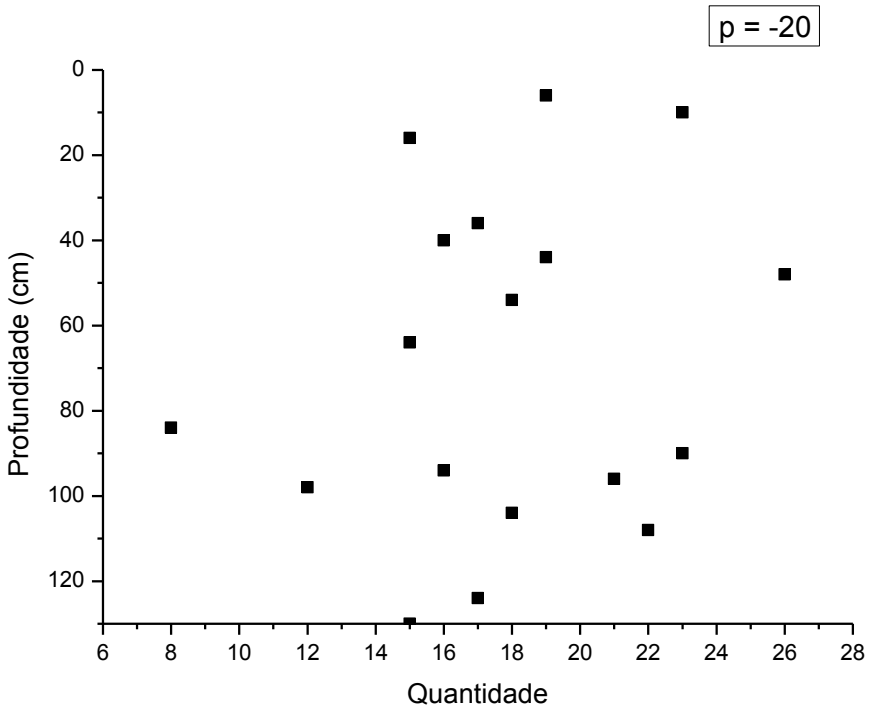


FIGURA 18. Gráfico de dispersão, mostrando a correlação da profundidade com a quantidade de fragmentos de carvão encontrados na Lagoa do Catingueiro, onde ***p*** representa à correlação entre as duas variáveis.

A FIG. 19 ilustra os fragmentos de carvão selecionados para análise em MEV da Lagoa do Catingueiro. Os fragmentos estão no sentindo longitudinal tangencial, raios vasculares, baixos e estreitos e dispostos estratificadamente (fileiras) que denotam que esses fragmentos provêm de uma família de angiospermas bem avançada.

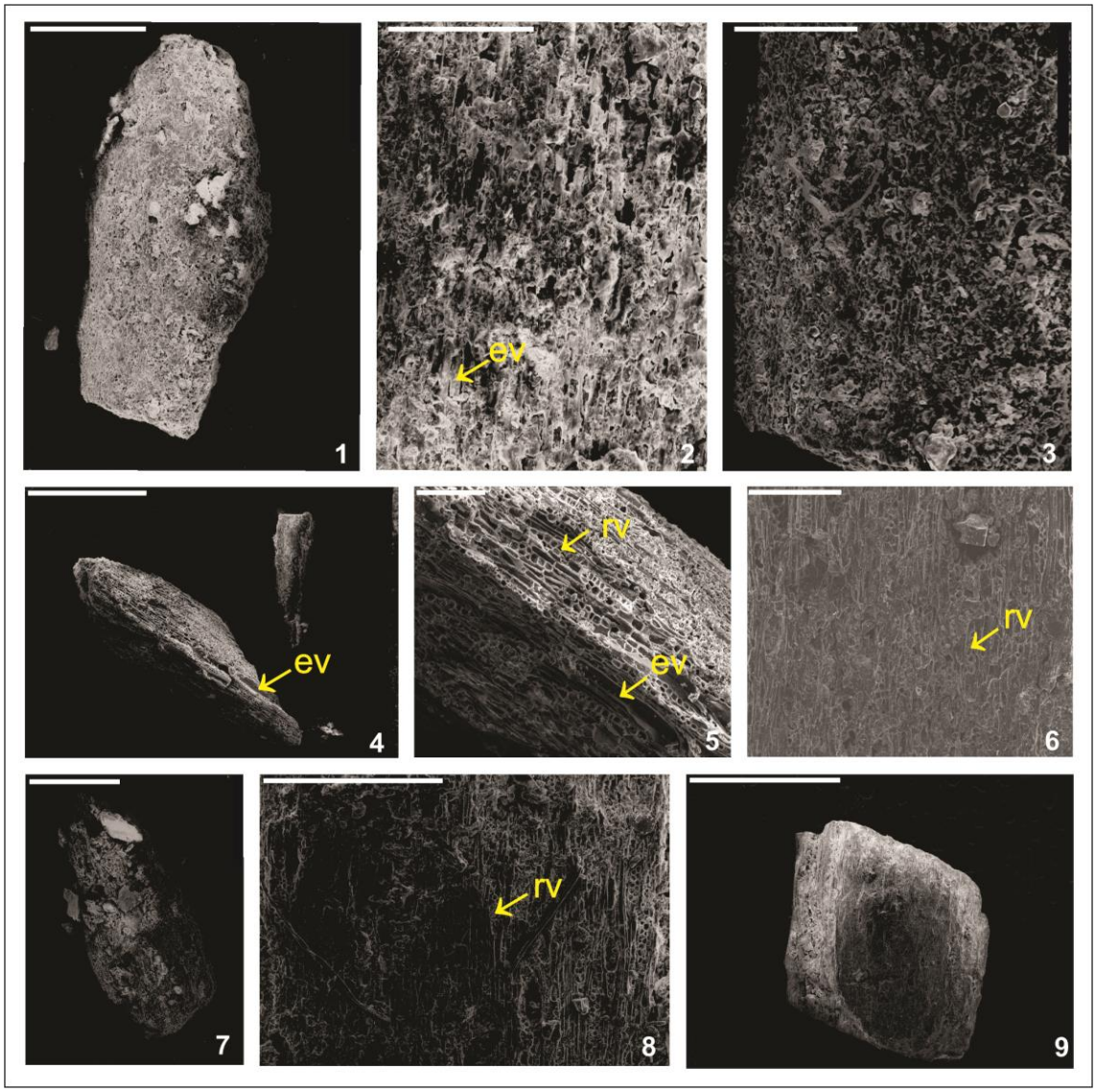


FIGURA 19. Figura 1 a 9**- Fragmentos de carvão da Lagoa do Catingueiro analisados em MEV.** Legenda: ev: **elementos de vaso;** rv: **raio vascular.** ESCALA**:** 1, 7 e 8 **= 500 µm;** 2, 3, 5 e 6 = **200 µm;** 4**= 1 mm;** 9 **= 2 mm.**

6 LAGOA DA PEDRA

6.1 Descrição do testemunho

A profundidade alcançada no testemunho (coordenadas UTM 23k 274758 E / 7535680 S) recuperado na Lagoa da Pedra foi de 131 cm (FIG. 20). Seu perfil é composto por sedimentos argilosos e arenosos. A seguir, a descrição do testemunho:

- Intervalo de 0 - 48 cm: cor marrom, caracteriza o topo do testemunho, areia de textura média, composto por sedimentos argilosos sem macroestruturas e com raízes de diâmetro entre 2 a 3 mm de espessura.

- Intervalo de 48 - 87 cm: marrom claro é composto por sedimentos argilosos (fração de areia média), mal compactados, sem macroestruturas e presença de mica.

- Intervalo de 87 - 92 cm: claro amarelado, composto por sedimentos arenosos grossos e mal selecionados, sem estrutura.

- Intervalo de 92 - 101 cm: marrom claro é composto por sedimentos argilo-arenosos, mal compactados, sem macroestruturas.

- Intervalo de 101 - 131 cm: claro amarelado, composto por sedimentos arenosos, sem estrutura. Neste intervalo também foi observada a presença de areia grossa mal selecionada, caracterizando a base do perfil.

6.2 Datações

Foram retiradas quatro amostras dos seguintes níveis: a 2-4 cm, 46-49 cm, 73-75 cm e 96-98 cm (TAB. 9). As datações deste testemunho indicaram que as idades datadas por ^{14}C aumentam de acordo com a profundidade. Os dados apresentados na TAB. 2 evidenciam que os sedimentos foram depositados nos últimos 1.800 anos AP.

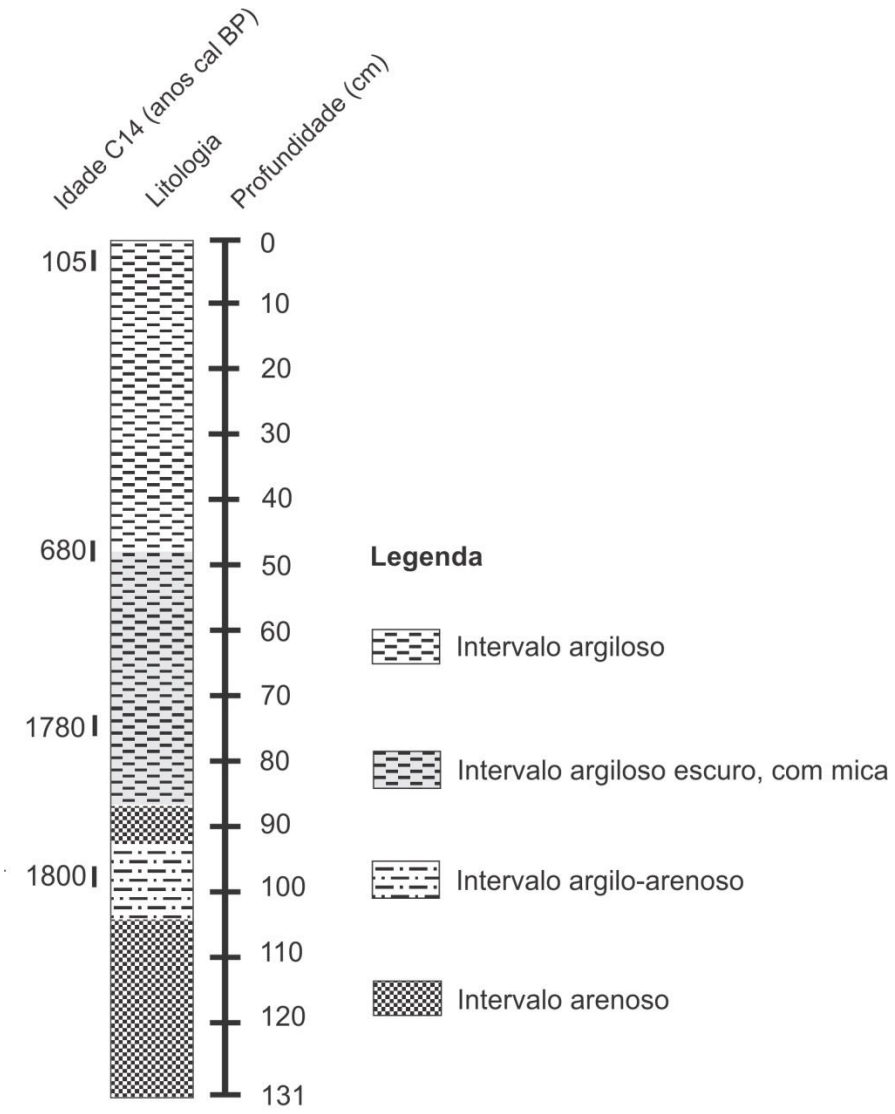


FIGURA 20. Descrição do testemunho Lagoa da Pedra**.**

TABELA 9. Idades ^{14}C calibradas em anos AP da Lagoa da Pedra.

Profundidade (cm)	Idade ^{14}C (anos AP)	Amostra/nº laboratório
2-4 cm	105	Beta-314742
46-49 cm	680	Beta-314743
73-75 cm	1780	Beta-322771
96-98 cm	1800	Beta-314744

6.3 Dados isotópicos $\delta^{13}C$ e ^{15}N

Na Lagoa da Pedra os dados isotópicos de $\delta^{13}C$ obtiveram valores entre -21,65‰ e 26,64‰, o que indica a predominância de plantas C_4 (floresta) em quase todo perfil. Já os valores da razão C/N obtiveram valores entre 6,21 e 10,72 indicando a predominância de algas (FIG. 21).

TABELA 10. Dados isotópicos da Lagoa da Pedra: $\delta^{13}C$ e ^{15}N

Profundidade (cm)	$\delta^{13}C$	^{15}N
0	-26.64	7.3
4	-25.95	5.97
10	-26.13	6.99
20	-25.74	6.66
30	-25.14	6.21
40	-23.12	8.7
50	-22.01	9.13
60	-21.65	7.6

70	-22.49	7.78
80	-23.9	10.72
90	-25.59	0
100	-26	0
110	-24.93	0
120	-25.15	0
130	-25.49	0

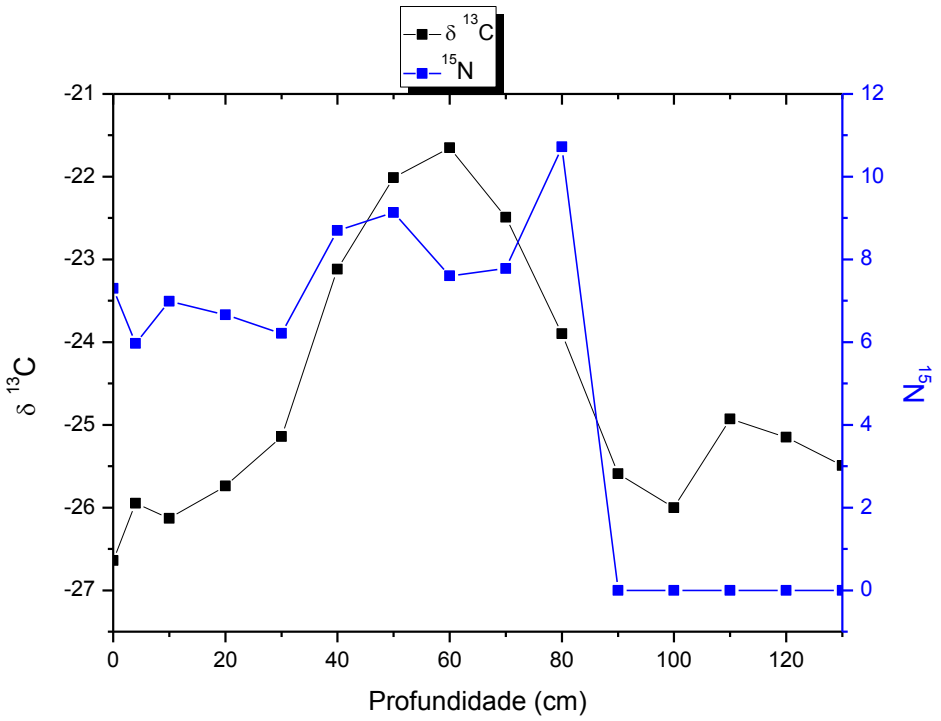


FIGURA 21. Gráfico com valores de $\delta^{13}C$ e ^{15}N em relação à profundidade na Lagoa da Pedra.

6.4 Fragmento de Carvão da Lagoa da Pedra

Na Lagoa da Pedra, foram analisados 25 níveis para obtenção da caracterização antracológica do testemunho, porém, dos 25 níveis, apenas 17 obtiveram fragmentos com características anatômicas de carvão.

A FIG. 22 mostra os fragmentos separados e seu tamanho para análise em MEV. A maioria dos fragmentos não teve tamanho maior que 2.167 µm.

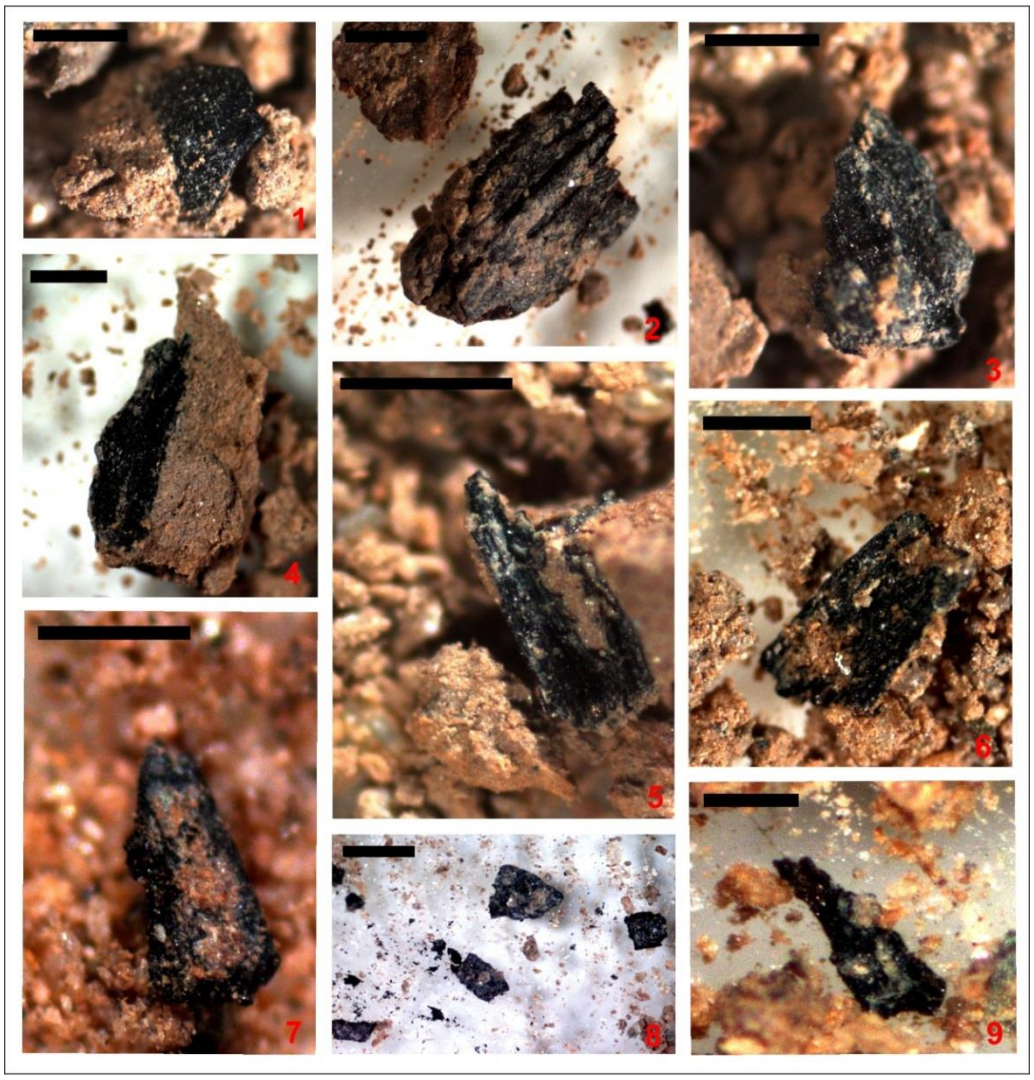


FIGURA 22. Foto dos fragmentos selecionados para serem analisados em MEV da Lagoa da Pedra, retirados das seguintes profundidades (cm): **1)** 67-69; **2)** 4-6; **3)** 4-6; **4)** 18-20; **5)** 26-28; **6)** 96-98; **7)** 73-75; **8)** 73-75; **9)** 77-79. **Escalas: A - E** = 0,5 mm; **F, I** = 0,2 mm; **G** = 0,5 mm; **H** = 1 mm.

TABELA 11. Distribuição das amostras de acordo com a profundidade ao longo do testemunho da Lagoa da Pedra, evidenciando a quantidade e tamanho dos fragmentos de carvão encontrados em cada nível.

Fragmentos de carvão Lagoa da Pedra		
Profundidade (cm)	Nº de fragmentos	Tamanho (µm)
4-6	21	3880
6-8	18	860
18-20	25	1200
26-28	19	540
32-34	26	340
38-40	13	343
42-44	13	975
46-49	14	367
51-53	20	433
57-59	12	325
67-69	18	1250
73-75	24	640
77-79	29	429
83-85	26	317
96-98	14	980
112-114	15	500
114-116	19	500

O tamanho dos fragmentos variou de 325 a 3.880 µm, evidenciando que os mesmos podem ser de origem extra local (Whitlock & Larsen, 2001). Através das imagens obtidas em Lupa e em MEV (FIG. 25), observou-se que os fragmentos deste testemunho não apresentaram boa preservação com relação a sua estrutura anatômica, dificultando a identificação quanto ao seu tipo botânico.

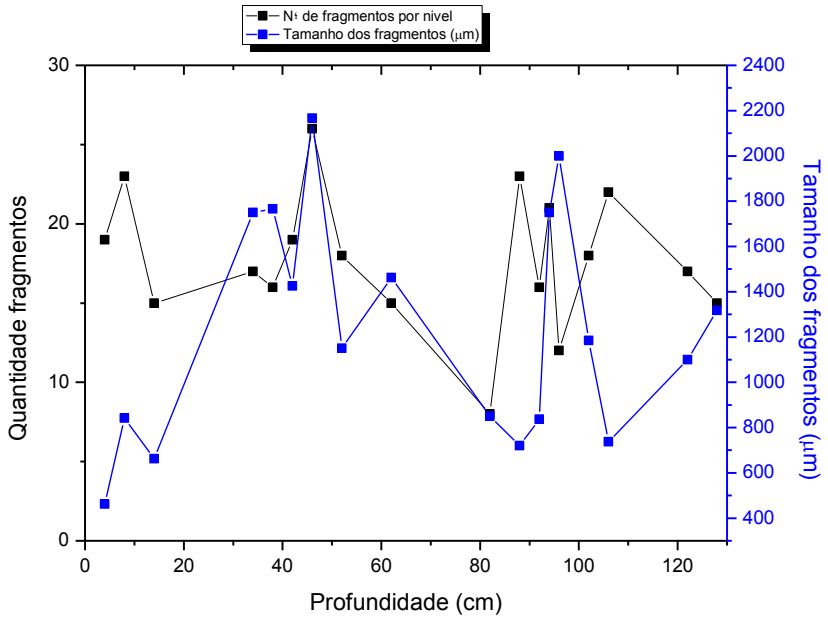


FIGURA 23. Gráfico mostrando a profundidade, quantidade e tamanho dos fragmentos de carvão analisados na Lagoa da Pedra.

A FIG. 24 mostra a correlação entre profundidade e quantidade dos fragmentos encontrados no perfil, onde, a partir dos cálculos estatísticos realizados segundo método de Pearson, foi possível determinar que o valor linear do seu cálculo indica uma correlação negativa entre as variáveis profundidade e quantidade dos fragmentos encontrados (p = -0.06).

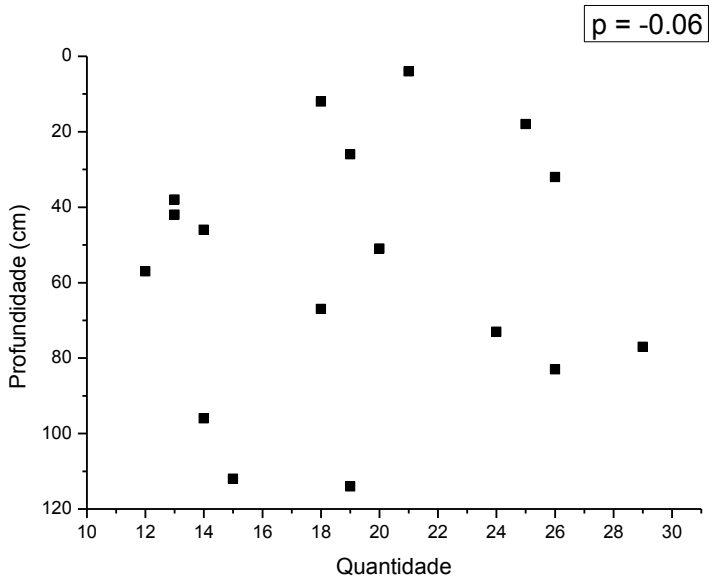


FIGURA 24. Gráfico de dispersão, mostrando a correlação da profundidade com a quantidade de fragmentos de carvão encontrados na Lagoa da Pedra, onde ***p*** representa à correlação entre as duas variáveis.

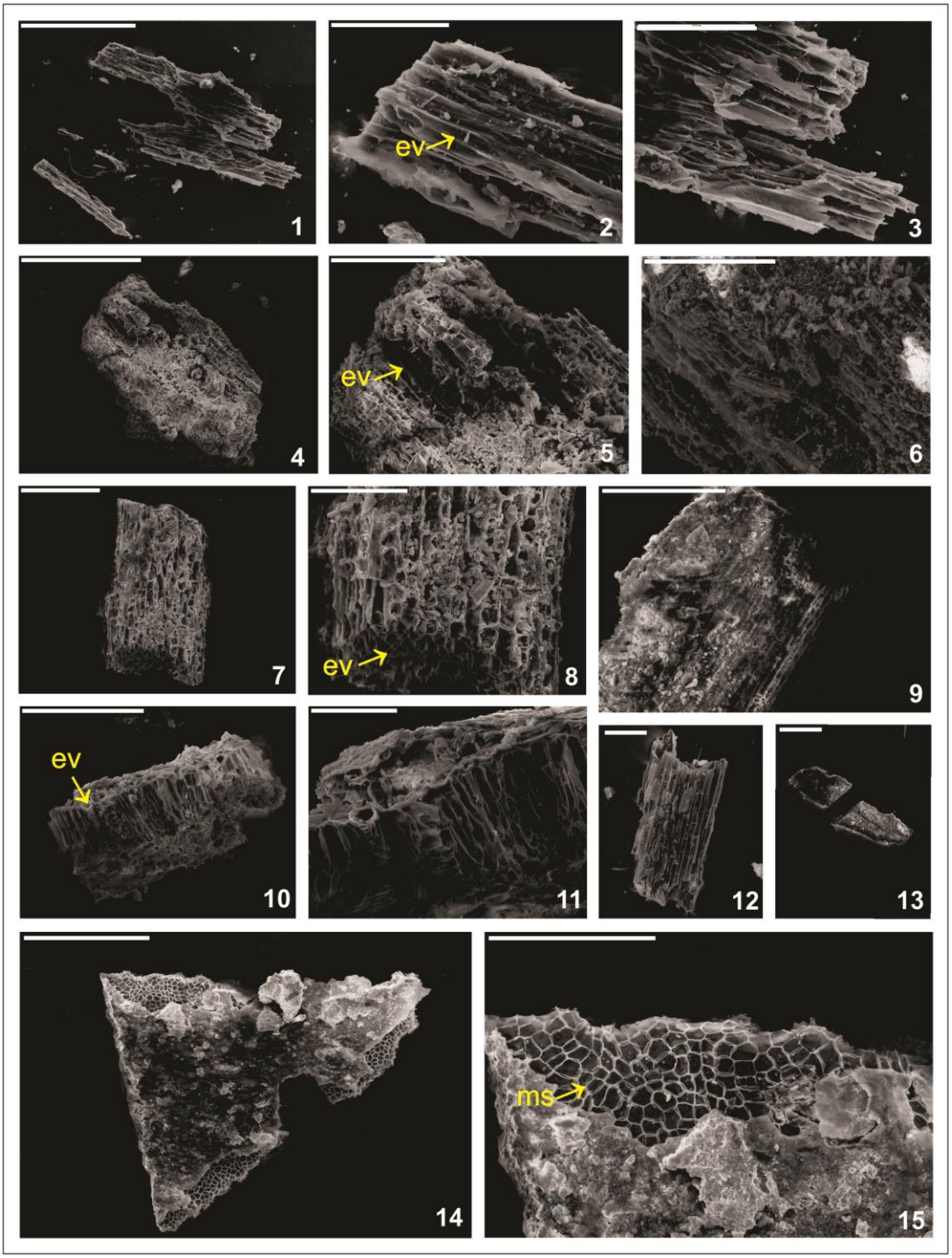


FIGURA 25. Figura **1 a 13**- Fragmentos de carvão; **14 e 15**- Fragmento de folha. Legenda: **ev:** elementos de vaso; **ms:** mesófilo. **Escala**: **1, 4 e 14** = 500 µm; **2, 8 e 9** = 100 µm; **3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 15** = 200 µm;

7 LAGOA DO FUNDÃO

7.1 Descrição do testemunho

A profundidade alcançada no testemunho (coordenadas UTM 23k 273668 E / 7534787 S) recuperado na Lagoa do Fundão, foi de 179 cm (FIG. 26). Seu perfil é composto por sedimentos predominantemente arenosos, com limites bem definidos entre as camadas. A seguir, a descrição do testemunho:

- Intervalo de 0 - 18 cm: cor marron, caracteriza o topo do perfil, textura média, composta por sedimentos argilo-arenosos pouco compactados, sem macroestruturas e com presença de raízes com diâmetros entre 2 a 4 mm.

- Intervalo de 18 - 33 cm: cor cinza claro, composto por sedimentos argilosos, sem macroestruturas, com escassas raízes com diâmetros entre 1 a 2 mm.

-Intervalo de 33 - 47 cm: cor marrom, textura média, composta por sedimentos argilo-arenosos pouco compactados, sem macroestruturas e com presença de raízes médias com diâmetros entre 2 a 4 mm.

- Intervalo de 47 - 83 cm: cor cinza claro, composto por sedimentos argilosos, sem macroestruturas, com pouca escassa de raízes com diâmetros de 1 a 2 mm).

- Intervalo de 83 - 104 cm: cor cinza muito claro, composto por sedimentos arenosos e cascalhos de cor cinza claro, sem macroestruturas, sem presença de raízes.

- Intervalo de 104 - 126 cm: cor cinza claro, composto por sedimentos arenosos, sem macroestruturas.

- Intervalo de 126 - 160 cm: cor cinza muito claro, composto por sedimentos arenosos e cascalhos de cor cinza claro, sem macroestruturas, , sem presença de raízes.

- Intervalo de 160 - 179 cm: cor cinza claro, composto por sedimentos arenosos, sem macroestruturas.

7.2 Datações

Foram retiradas onze amostras dos seguintes níveis: 2-4 cm, 16-18 cm, 30-33 cm, 45-47 cm, 49-51 cm, 81-83 cm, 92-94 cm, 105-107 cm, 128-130 cm, 144-146 cm e a 160-162. Os resultados obtidos pelas datações de 14C neste testemunho indicam que os sedimentos foram depositados nos últimos 13.310 anos AP, e mostraram uma inversão de idades entre os intervalos de 20 a 125 cm (TAB. 12).

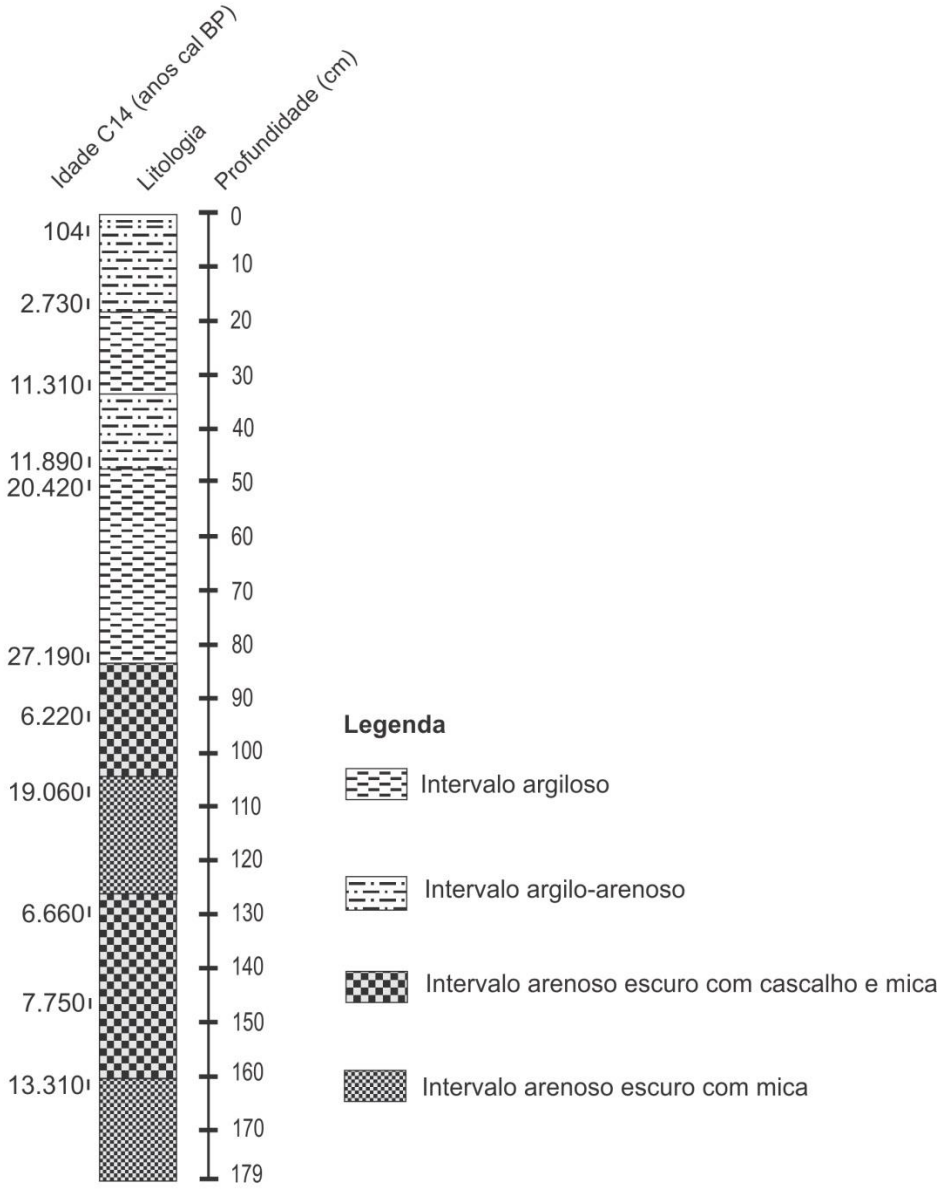


FIGURA 26. Descrição do testemunho Lagoa do Fundão

O ponto de coleta deste testemunho esta localizado na atual margem côncava do meandro abandonado que forma a Lagoa do Fundão. Como a velocidade do fluxo é maior nessa área, esta apresenta predisposição à erosão, ocasionando remoção ou desmoronamento dos sedimentos depositados ao longo do tempo, o que pode ter provocado a inversão das idades reveladas pela datação ^{14}C.

Entre 179 até 128 cm a sedimentação ocorreu normalmente e pode ser relacionada com fácies do canal ou com outra próxima das margens, dada a granulometria mais grossa do sedimento. Logo a partir de 128 e até 20 cm, aconteceram vários eventos que modificaram a sedimentação introduzindo pacotes ricos em argilas previamente depositados no registro e, por último, de 20 a 0 cm, aconteceu à estabilização do canal, onde os processos erosivos cessaram, e a sedimentação aconteceu normalmente.

TABELA 12. Idades ^{14}C calibradas em anos AP da Lagoa do Fundão.

Profundidade (cm)	Idade ^{14}C (anos AP)	Amostra/nº laboratório
2-4 cm	104	Beta-314739
16-18 cm	2.730	Beta-335496
30-33 cm	11.310	Beta-314740
45-47 cm	11.890	Beta-329466
49-51 cm	20.420	Beta-335497
81-83 cm	27.190	Beta-314741
92-94 cm	6.220	Beta-335498
105-107 cm	19.060	Beta-329467
128-130 cm	6.660	Beta-322767
144-146 cm	7.750	Beta-335499
160-162 cm	13.310	Beta-322768

Outro fato que merece atenção é que se observa a ausência de registro polínico entre os intervalos 6.220 e 2.730 anos AP, que corresponde ás profundidades onde foram encontrados os pacotes sedimentares fora da sequencia temporal.

Os dados mostram que após 6.660 anos AP, começou um processo erosivo que possivelmente pode estar relacionado à migração do meandro, que não promoveu a deposição de sedimentos, mas erodiu a margem do canal e propiciou a re-deposicção de pacotes mais antigos no local, por mais de uma ocasião. Posteriormente a partir de 2.730 anos AP, se esses eventos erosivos continuaram a acontecer não influenciaram mais o registro da Lagoa do Fundão, possivelmente por o canal do rio se encontrar perto da sua posição atual, mais longe do canal abandonado do meandro.

7.3 Valores $\delta^{13}C$ e ^{15}N

Na Lagoa do Fundão os dados isotópicos de $\delta^{13}C$ variaram entre -16,45‰ e -24,39‰, o que reporta a uma mistura de plantas C_3 e C_4 neste testemunho (TAB. 13). Os valores da razão C/N ficaram entre 5,27 e 18,94, fortalecendo os dados de $\delta^{13}C$, mostrando uma possível mistura de fontes, de algas e plantas terrestres para este perfil (FIG. 27).

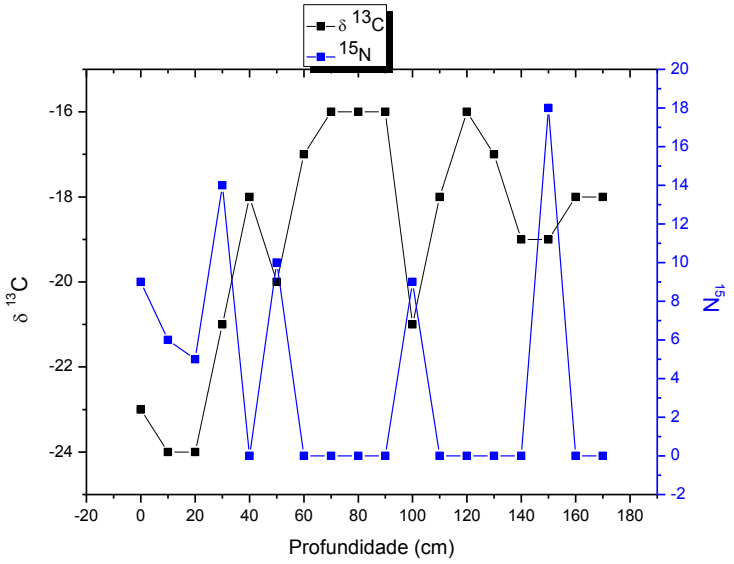


FIGURA 27. Gráfico com valores de $\delta^{13}C$ e ^{15}N em relação à profundidade na Lagoa do Fundão.

TABELA 13. Dados isotópicos da Lagoa do Fundão: $\delta^{13}C$ e ^{15}N

Profundidade (cm)	$\delta^{13}C$	^{15}N
0	-23.99	9.47
10	-24.02	6.74
20	-24.39	5.27
30	-21.43	14.77
40	-18.59	0
50	-20.42	10.11
60	-17.6	0
70	-16.65	0
80	-16.88	0
90	-16.45	0
100	-21.17	9.76
110	-18.56	0
120	-16.81	0
130	-17	0
140	-19.07	0
150	-19.47	18.94
160	-18.89	0
170	-18.26	0

7.4 Fragmento de carvão da Lagoa do Fundão

Foram analisados 18 níveis retirados do testemunho da Lagoa do Fundão, para análise antracológica do perfil. As amostras passaram por uma triagem e separação dos possíveis fragmentos em Lupa e posteriormente analisados em MEV, de acordo com as análises em microscópio de varredura. Os níveis escolhidos para esta análise foram os mesmos analisados para análise palinológica, ou seja, que não estão fora de ordem cronológica.

TABELA 14. Distribuição das amostras de acordo com a profundidade ao longo do testemunho da Lagoa do Fundão, evidenciando a quantidade e tamanho dos fragmentos de carvão encontrados em cada nível.

Fragmentos de carvão Lagoa do Fundão		
Profundidade (cm)	Nº de fragmento	Tamanho (µm)
4-6	9	200
6-8	11	700
14-16	10	2500
28-30	19	267
35-37	7	400
37-39	10	600
43-45	6	450
53-55	13	533
57-59	14	1420
63-65	22	2138
73-75	5	200
93-95	10	433

107-109	19	1780
128-130	17	150
148-150	15	200
156-158	8	400
162-164	15	500
164-168	14	450

A FIG. 28 mostra os fragmentos separados para análise em MEV. A maioria dos fragmentos não teve tamanho maior que 2.167 µm.

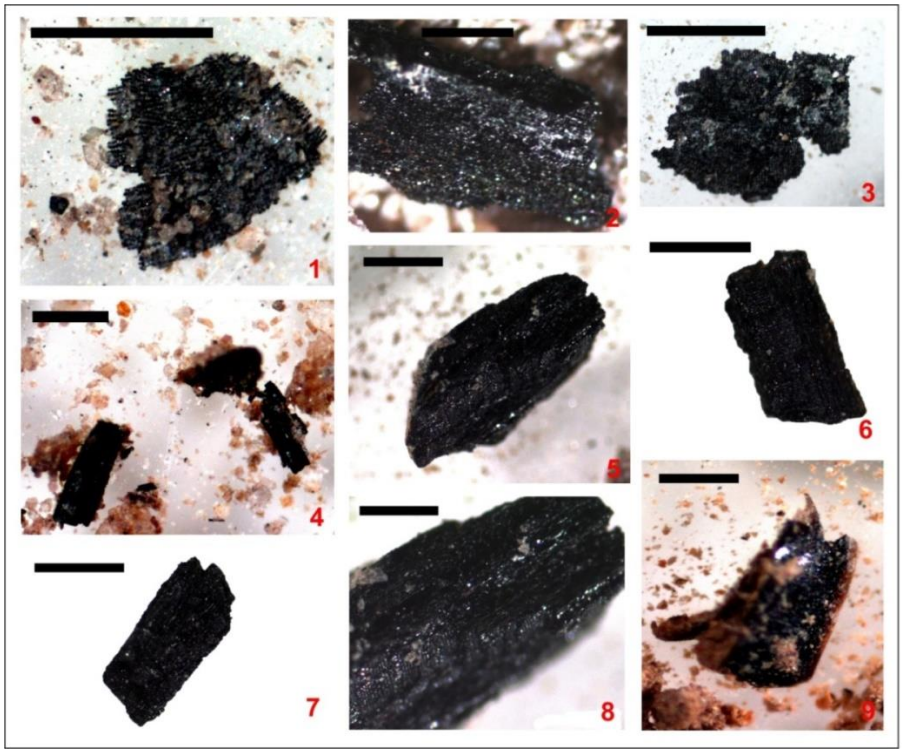


FIGURA 28. Foto dos fragmentos selecionados para serem analisados em MEV da Lagoa do Fundão, retirados das seguintes profundidades (cm): **1)** 57-59; **2)** 63-65 0; **3)** 57-59; **4)** 93-95; **5)** 107-109; **6)** 107-109; **7)** 107-109; **8)** 107-109; **9)** 6-8. **Escalas: A** = 1,5 mm; **B** – C = 0,5 mm; **D** = 0,2 mm; **E – G** = 1 mm; **H – I** = 0,5 mm.

Com relação ao tamanho dos fragmentos analisados, a partir dos resultados obtidos neste testemunho, segundo metodologia proposta por Whitlock & Larsen (2001), acredita-se que os mesmos possivelmente são de origem também extra local, como na Lagoa do Catingueiro e na Lagoa da Pedra.

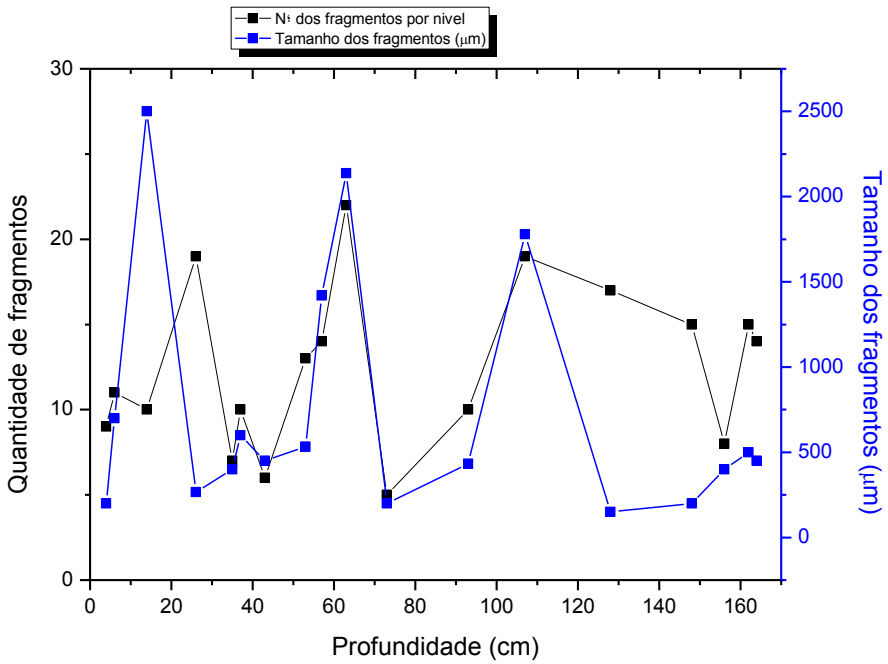


FIGURA 29. Gráfico mostrando a profundidade, quantidade e tamanho dos fragmentos de carvão analisados na Lagoa do Fundão.

A avaliação das variáveis estatísticas (FIG. 30), feitas a partir do Coeficiente de Correlação de Pearson, que ponderou se há associação entre a profundidade e a quantidade dos fragmentos encontrados determinou que, diferentemente dos outros dois testemunhos (Lagoa do Catingueiro e Lagoa da Pedra) analisados, o valor p encontrado = 0.25, indica correlação moderada entre as duas variáveis analisadas.

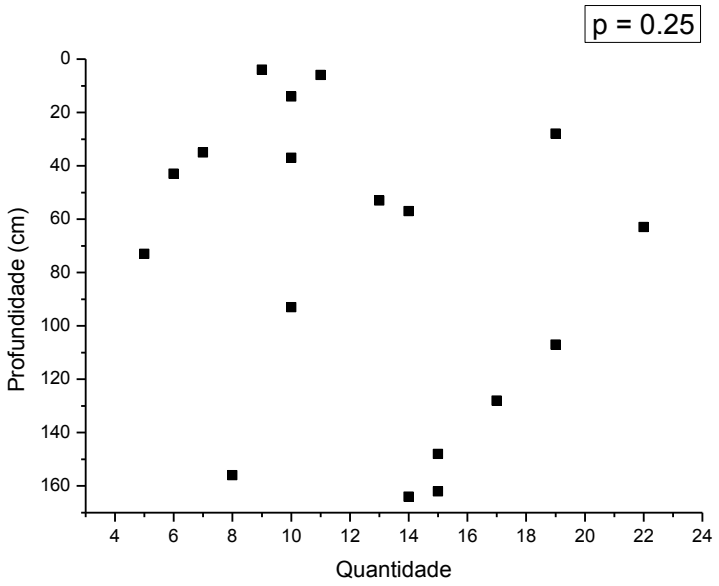


FIGURA 30. Gráfico de dispersão, mostrando a correlação da profundidade com a quantidade de fragmentos de carvão encontrados na Lagoa do Fundão, onde ***p*** representa à correlação entre as duas variáveis.

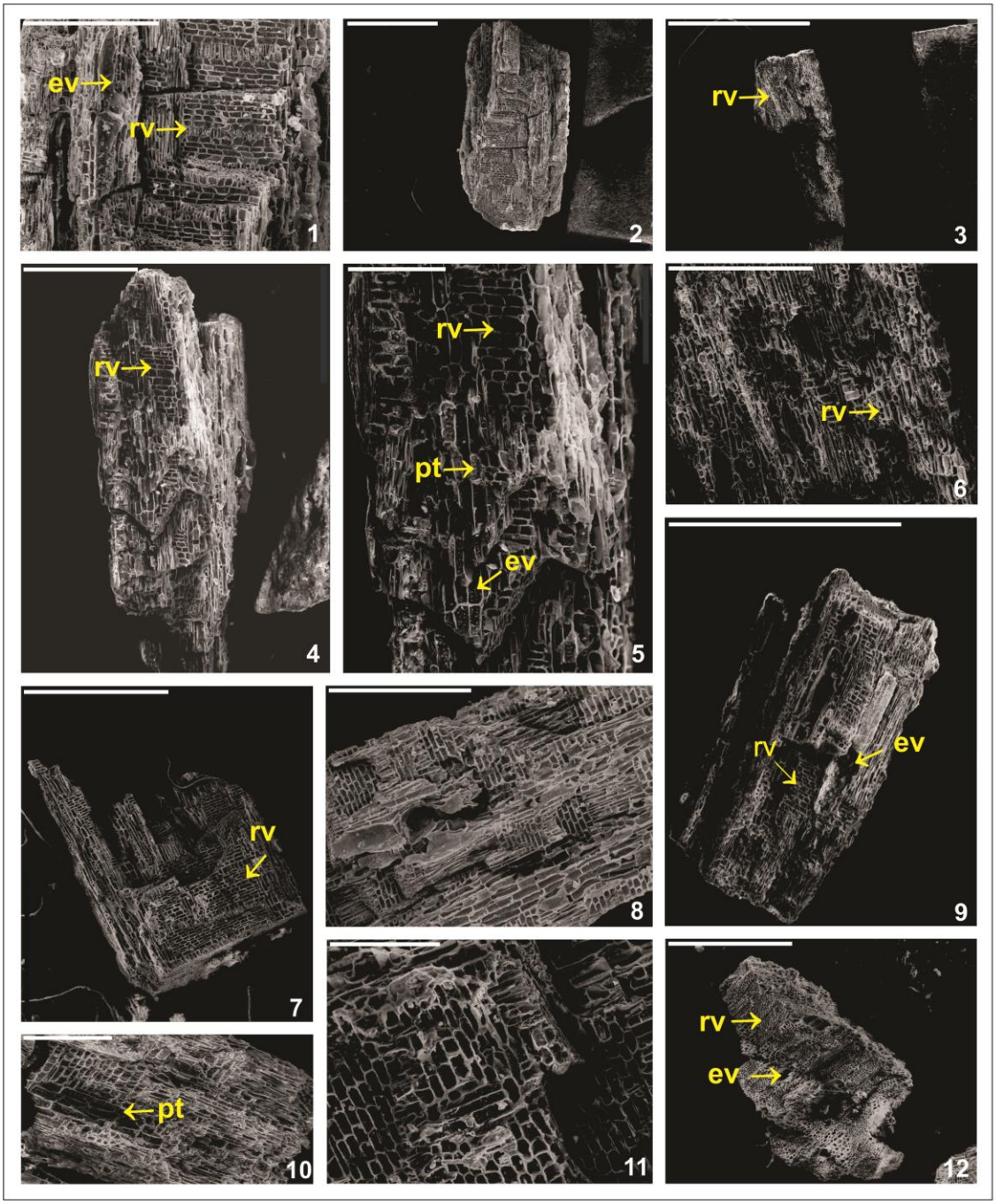


FIGURA 31. Figura **1 a 12**- Fragmentos de carvão. Legenda**: ev:** elementos de vaso; **rv**: raio vascular; **pt**: pontoações. **Escala**: **1, 4, 6 e 8** = 500 µm; **2, 7, 9 e 12 =** 1 mm; **5, 10 e 11** = 200 µm; **3 =** 2 mm.

PARTE V

8 Análise Palinológica

A análise palinológica dos testemunhos e da chuva polínica atual basearam-se nos diagramas polínicos de concentração e porcentagem de cada *taxón* em relação à soma dos grãos de pólen de plantas arbóreas (AP), herbáceas (NAP), esporos e indeterminados encontrados nos níveis estudados para cada localidade. Com base nesta premissa. Para os testemunhos foram construído três tipos de diagramas para cada lagoa e, para a chuva polínica atual três diagramas gerais para a área de estudo, a saber:

- diagrama geral, com todos os tipos encontrados, ordenados por ordem alfabética, sendo apresentados primeiramente os *taxa* arbóreos, seguidos dos *taxa* herbáceos, esporos e indeterminados;

- diagrama de hábito, com porcentagens geral de cada grupo (arbóreos, herbáceos, esporos, indeterminados e de concentração dos grãos de pólen), e também dados da soma dos fragmentos de carvão encontrados para cada testemunho, como também os resultados da análise de $\delta^{13}C$ e ^{15}N;

- diagrama das formações dentro do Bioma Cerrado, levando em consideração os trabalhos de Passos (1998), Montovani (1983, 1990), Ribeiro e Walter (2008) e a lista de vegetação levantada para a EEcMG nesta pesquisa. Para a elaboração deste diagrama os grãos de pólen e esporos foram agrupados em quatro grupos de acordo com o hábito e preferências ecológicas da planta.

Os grupos foram estabelecidos de acordo com sua afinidade ecológica encontrada para a área de estudo, de acordo como se segue: Mata Ripícola, que corresponde à mata que se encontra nas proximidades da margem do rio, que caracteriza a vegetação com influência fluvial; Cerradão, que representa a Formação Florestal dentro do Bioma Cerrado; Espécies ecologicamente versáteis, que condiz com as espécies de plantas que se distribuem amplamente por diversas regiões e; e as Espécies introduzidas, que vivem fora de seu habitat natural e não corresponde a vegetação local, e que possivelmente foram transportadas pelo vento ou pelo próprio rio.

Os tipos polínicos das famílias Melastomataceae/Combretaceae não foram separados devido à similaridade dos grãos de pólen.

A descrição morfológica dos palinomorfos seguiu a bibliografia utilizada para a identificação e classificação dos mesmos, e está especificado na parte III deste trabalho. As características principais de cada tipo estão detalhadas no Anexo II.

8.1 Chuva polínica atual da EEcMG

Atualmente, a vegetação da EEcMG é formada por um mosaico de formações vegetais, com predominância de formações que correspondem à formações dentro do Bioma Cerrado e mata com influência fluvial, as margens do Rio Mogi Guaçú. Desta forma, foi levantada uma lista de vegetação com 79 famílias mais representativas na EEcMG (Anexo I), levando em consideração os *taxa* mais recorrentes nas unidades do Bioma Cerrado, Mata Atlântica e formações associadas as áreas úmidas, próximas as margens do Rio Mogi Guaçú (Mata Ripícola). Para o estudo da chuva polínica nos pontos de coleta (lagoas do Catingueiro, Pedra e Fundão), foram coletados um número igual de amostras para avaliar as mudanças e obter os registros da vegetação dominante. Foram processadas quatro amostras em cada lagoa estudada (TAB. 15), onde, LFCp1, LFCp2, LFCp3 e LFCp4 são amostras da chuva polínica da Lagoa do Fundão, LPCp1, LPCp2, LPCp4 são amostras correspondentes da Lagoa da Pedra e LCCp1, LCCp3 e LCCp4 representam amostras da Lagoa do Catingueiro. Ressaltando que as amostras LPCp3 e LCCp2 não puderam ser analisadas, pois não foram encontrados grãos de pólen nas lâminas referidas.

TABELA 15. Pontos de coleta da chuva polínica atual da EEcMG.

	Tipo de amostra		
Ponto	Sedimento	Bromélia	Estéreis
Lagoa do Catingueiro	LCCp1 / LCCp3	LCCp4	LCCp2
Lagoa da Pedra	LPCp1 / LPCp2	LPCp4	LPCp3
Lagoa do Fundão	LFCp1 / LFCp2	LFCp3 / LFCp4	___

Na chuva polínica atual, dentre as dez amostras superficiais analisadas nas três lagoas estudadas, foram observados 24 tipos, totalizando 2.104 grãos de pólen e esporos contatos, desse total, 152 são esporos, 1.795 foram identificados como grãos de pólen de angiospermas e gimnospermas e, 157 não foram identificados.

A FIG. 32 apresenta o diagrama elaborado a partir dos resultados obtidos pela análise da chuva polínica atual na Lagoa do Fundão, Lagoa da Pedra e Lagoa do Catingueiro. Neste diagrama foram plotados os *taxa* mais representativos de cada ponto estudado e os *taxa* índice de cada tipo de vegetação. Os dados foram expressos em porcentagens relativos à soma total dos grãos de pólen. Este diagrama compreendeu grãos de pólen de plantas arbóreas (AP), herbáceas (NAP), grãos de pólen indeterminados, aquáticas e esporos.

Em relação ao diagrama polínico dos grupos amostrado na FIG. 32, nos pontos LCCp1, LCp3 e LCCp4 (Lagoa do Catingueiro), observamos um aumento de *taxa* arbóreos em relação as outros pontos (Lagoa da Pedra e Lagoa do Fundão). As herbáceas tem maior porcentagem nos pontos LPCp2 P, LPCp4 e LFCp1. Entre os pontos LPCp1 a LFCp1 predominaram as aquáticas. Os esporos obtiveram aumento significativo entre os pontos LFCp1 a LFCp4, essa alta frequência pode ser justificada pelo fato das pteridófitas se desenvolverem mais rapidamente que a vegetação arbórea e esse local pode permanecer mais tempo como pântano.

A FIG. 33 compreende o diagrama polínico de porcentagem geral dos grupos de acordo com o seu hábito (Arbóreo, Herbáceo, Aquáticas, Esporos e Indeterminados).

Na FIG. 34, que corresponde ao diagrama polínico de porcentagem dos elementos do Cerrado encontrados na chuva polínica, é evidente que os elementos que caracterizam a vegetação de Cerradão não são predominantes, mas sim, uma vegetação que corresponde a Mata Ripícola, ou seja, com influência fluvial. Há uma grande porcentagem dos tipos que equivalem a Espécies Introduzidas, como *Pinus* sp.

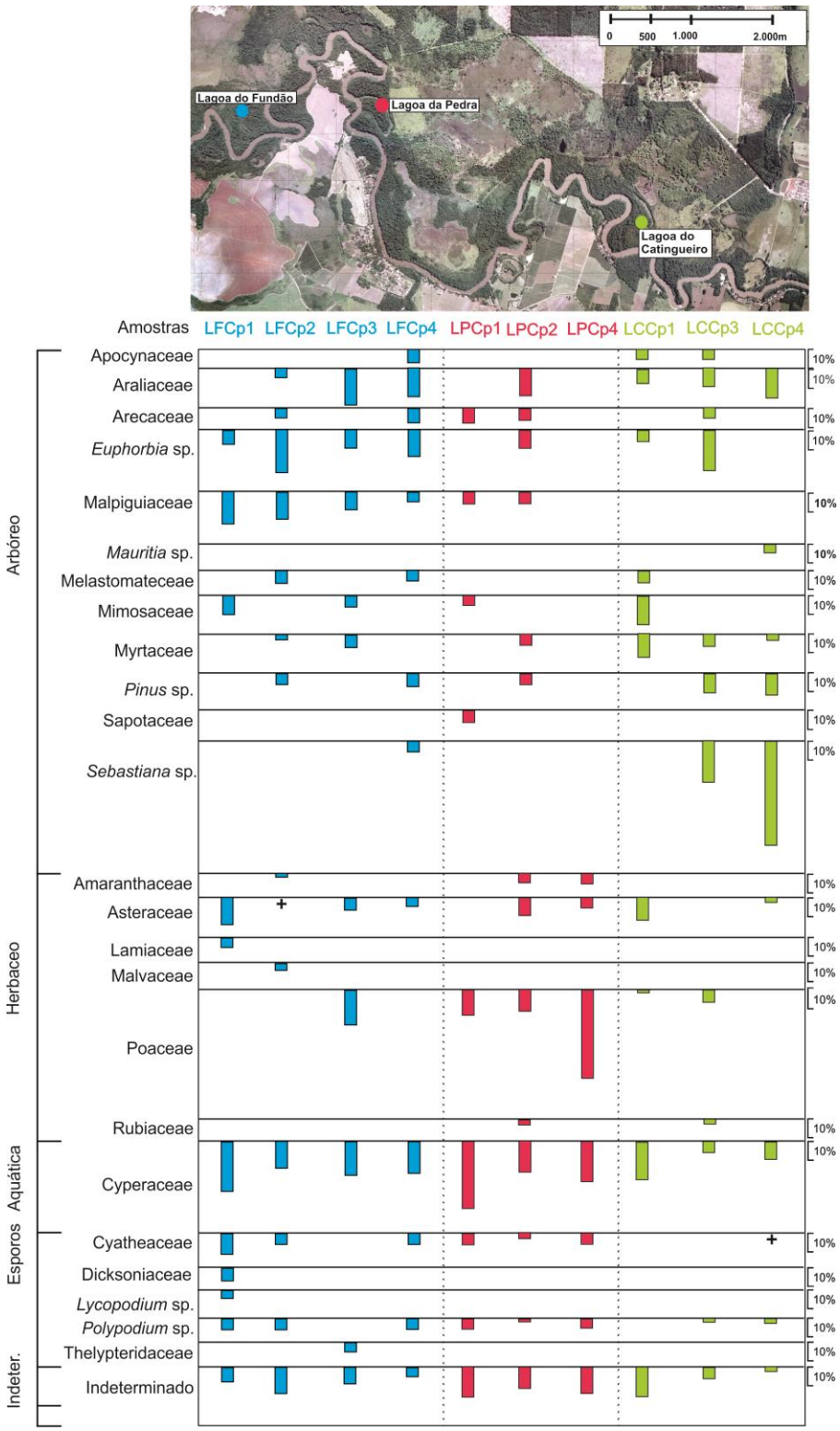


FIGURA 32. Diagrama polínico de porcentagem dos grãos pólen da chuva polínica atual da EEcMG**.**

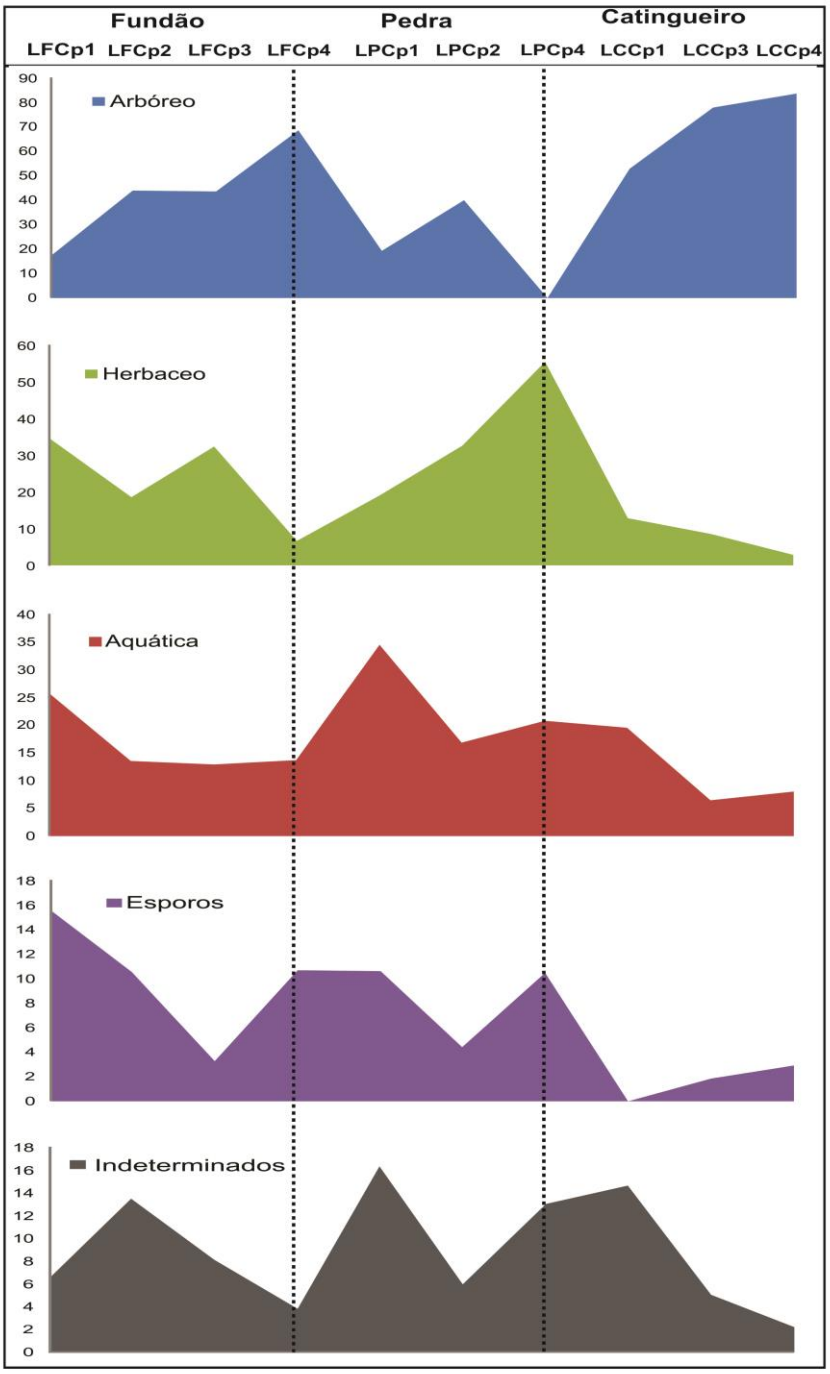


FIGURA 33. Diagrama polínico dos grupos (Arbóreo, Herbáceo, Aquáticas, Esporos e Indeterminados) da chuva polínica atual da EEcMG.

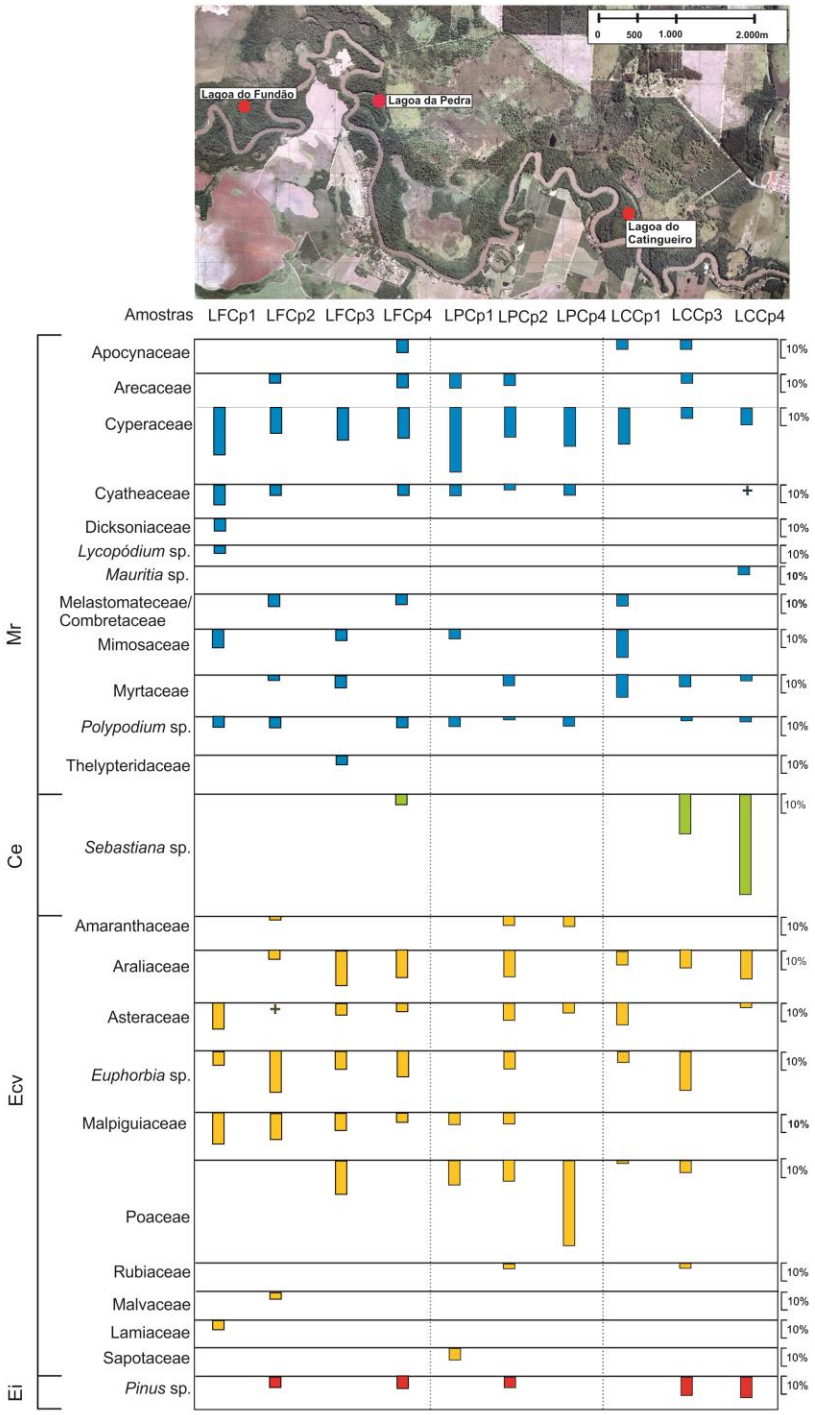


FIGURA 34. Diagrama polínico de porcentagens dos elementos que formam associações dentro do Bioma Cerrado encontrados na Chuva Polínica Atual da EEcMG: **Mr** (Mata Ripícola), **Ce** (Cerradão), **Eev** (Espécies ecológicamente versáteis) e **Ei** (Espécies introduzidas).

8.1.1 Chuva polínica atual da Lagoa do Catingueiro

Na Lagoa do Catingueiro, entre os *taxa* arbóreos as famílias dominantes são Apocynaceae e Euphorbiaceae. Os elementos de Mata Ripícola são notadamente maiores que os elementos de Cerradão na Lagoa do Catingueiro, como se pode observar na FIG. 34.

A presença do gênero *Mauritia* sp., apesar da sua baixa porcentagem corrobora para permanência da vegetação de Mata Ripícola, representando uma mata mais úmida, próxima das margens do Rio Mogi Guaçú. Entre as gimnospermas, que conota as Espécies Introduzidas, predomina o gênero *Pinus* sp. Já entre os *taxa* herbáceos predominam as famílias Poaceae e Asteraceae e, a família Cyperaceae, representando as aquáticas.

A porcentagem dos esporos na Lagoa do Catingueiro foi baixa em relação à Lagoa da Pedra e da Lagoa do Fundão, e pode ser representado pelo gênero *Polypodium* sp. e *Cyathea* sp. A assinatura polínica deste testemunho caracteriza uma vegetação mais fechada, constatado no estudo da chuva polínica pela influência exercida pelos *taxa* de Mata Ripícola.

8.1.2 Chuva polínica atual da Lagoa da Pedra

Na Lagoa da Pedra, entre os *taxa* arbóreos prevalecem os grãos de pólen das famílias Apocynaceae, Araliaceae e Euphorbiaceae, já entre as gimnospermas predomina o gênero *Pinus* sp. e, dentre os taxa herbáceos ressalta-se as famílias Poaceae e Asteraceae.

Neste diagrama constatou-se um aumento na porcentagem das aquáticas, representada pela família Cyperaceae, fato que possivelmente possa estar relacionado com a proximidade da margem do Rio Mogi Guaçú, indicando uma área constantemente alagada.

Em relação aos esporos na Lagoa da Pedra, foi constatado um aumento significativo em relação à Lagoa do Catingueiro, o mesmo é representado pelos gêneros *Polypodium* sp. e *Cyathea* sp., onde, foi constatado um incremento dos *taxa* herbáceos, confirmando a proximidade com uma área mais úmida.

8.1.3 Chuva polínica atual da Lagoa do Fundão

Na Lagoa do Fundão, entre os *taxa* arbóreos encontramos as famílias mais dominantes são: Euphorbiaceae, Araliaceae, Mimosaceae, Melastomataceae/Combretaceae e Malpighiaceae, e entre as gminospermas relatamos também a presença do gênero *Pinus* sp.

Já entre os *taxa* herbáceos destacam-se os grãos de pólen das famílias Asteraceae e Amaranthaceae. As aquáticas estão representadas pela família Cyperaceae, que aparece em grande porcentagem em relação à Lagoa da Pedra e do Catingueiro.

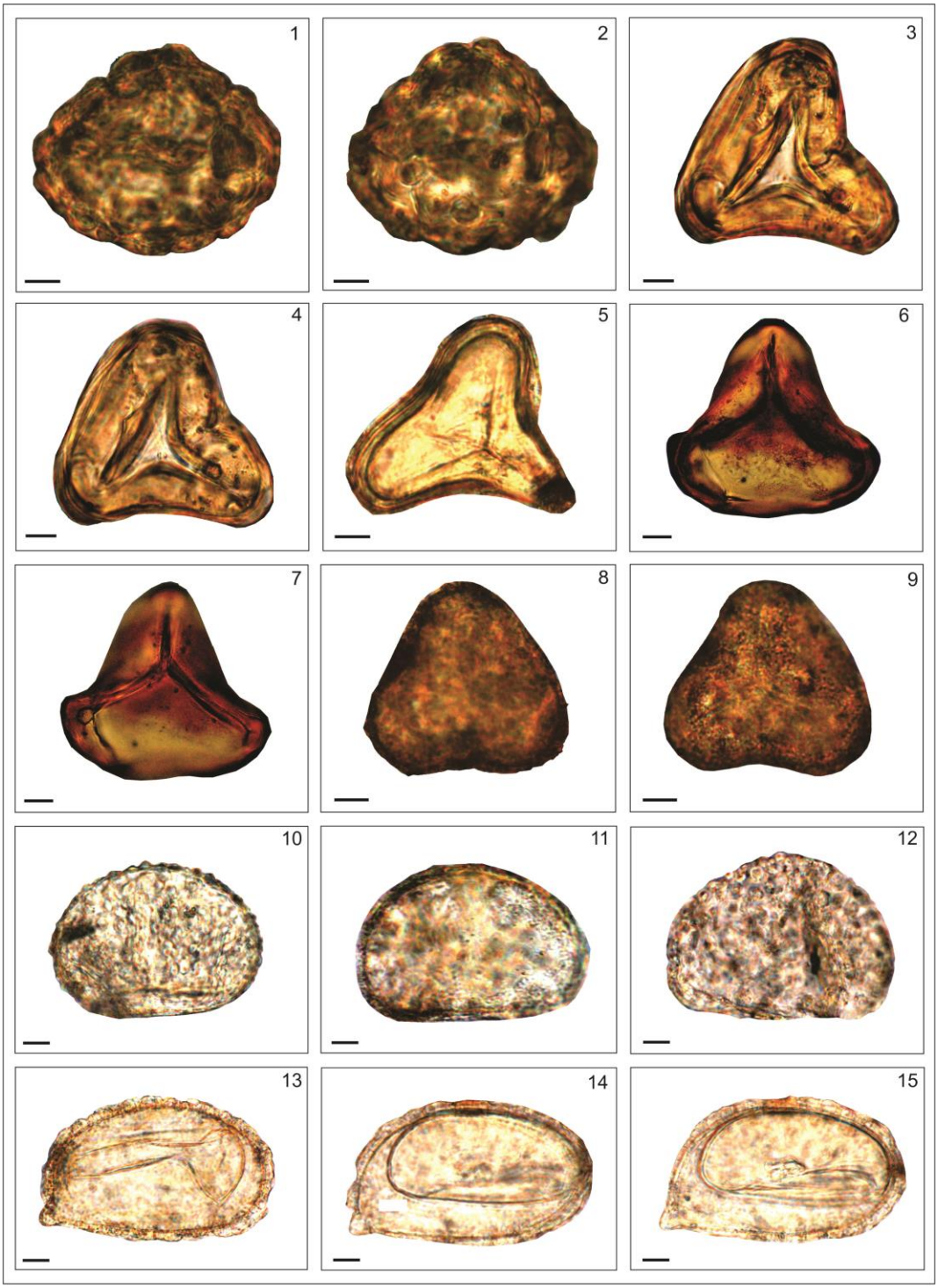
Quanto aos esporos, há um expressivo aumento do aparecimento deles neste testemunho, com predominância das famílias Cyatheaceae, Polypodiaceae e Lycopodiaceae.

A partir dos dados obtidos neste ponto, foi possível caracterizar uma área com aumento significativo de esporos, podendo estar relacionado com uma área mais úmida.

ESTAMPA 1

Esporos –

Chuva Polínica Atual



ESTAMPA 1. Legenda: **Esporos. 1 a 4**- Cyatheaceae; **5 a 7**- Dicksoniaceae**; 8 e 9-** *Lycopodium* sp.; **10 a 12-** *Polypodium* sp.; **13 a 15**- *Thelypteri*s sp. **Escala** = 10 µm.

ESTAMPA 2

Gimnospermas –

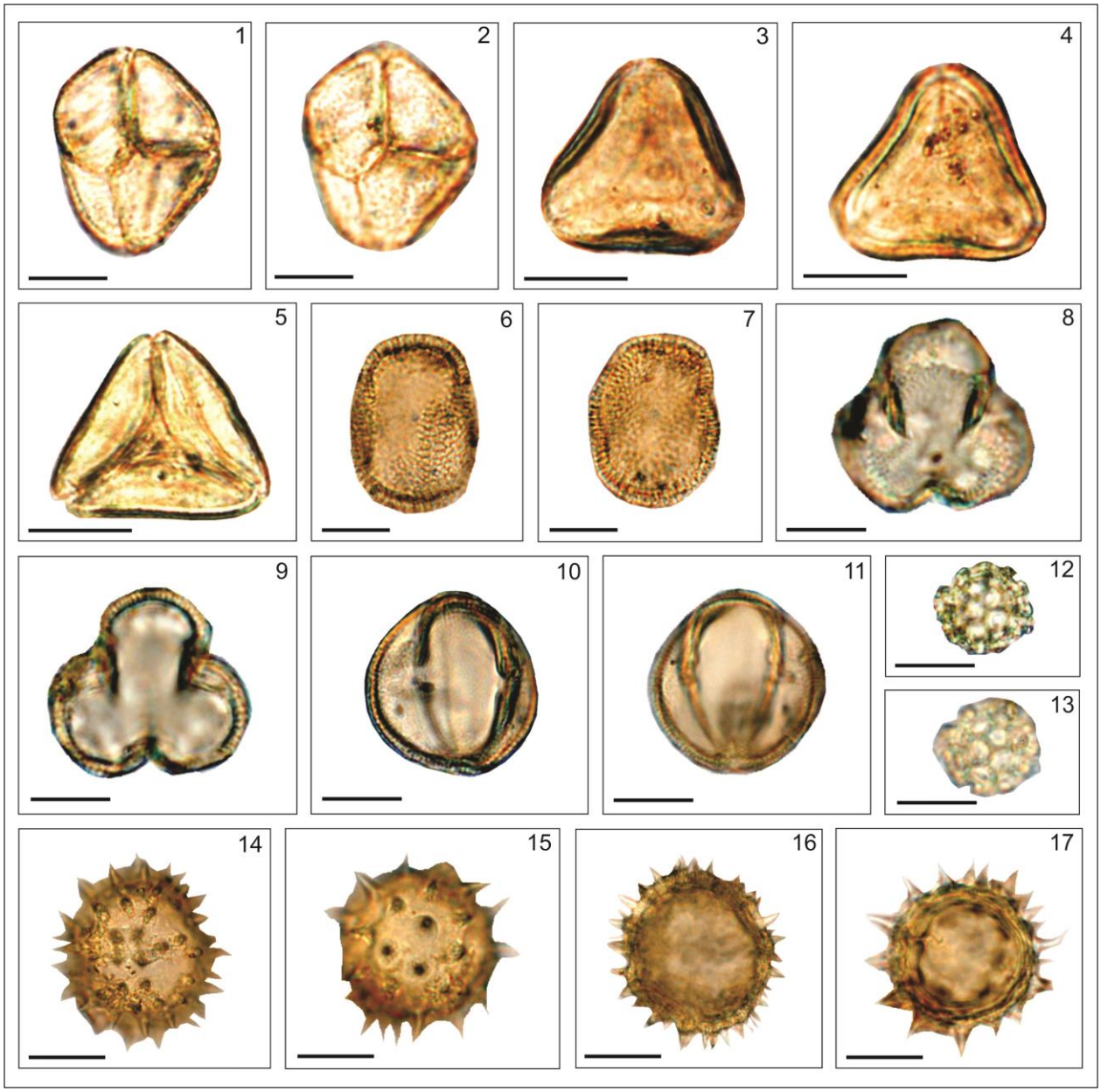
Chuva Polínica Atual

ESTAMPA 2. Legenda: **Gimnospermas**. **1 a 5-** *Pinus* sp. Angiospermas. **6 e 7**- Apocynaceae; **8 e 9-** Araliaceae; **10 a 12**- Arecaceae; **13 e 14**- *Euphorbia* sp.; **15 a 17**- Malpighiaceae; **18 a 21**- Melastomataceae/Combretaceae; **22 e 23**- Euphorbiaceae. **Escala** = 10 µm.

ESTAMPA 3

Angiospermas –

Chuva Polínica Atual

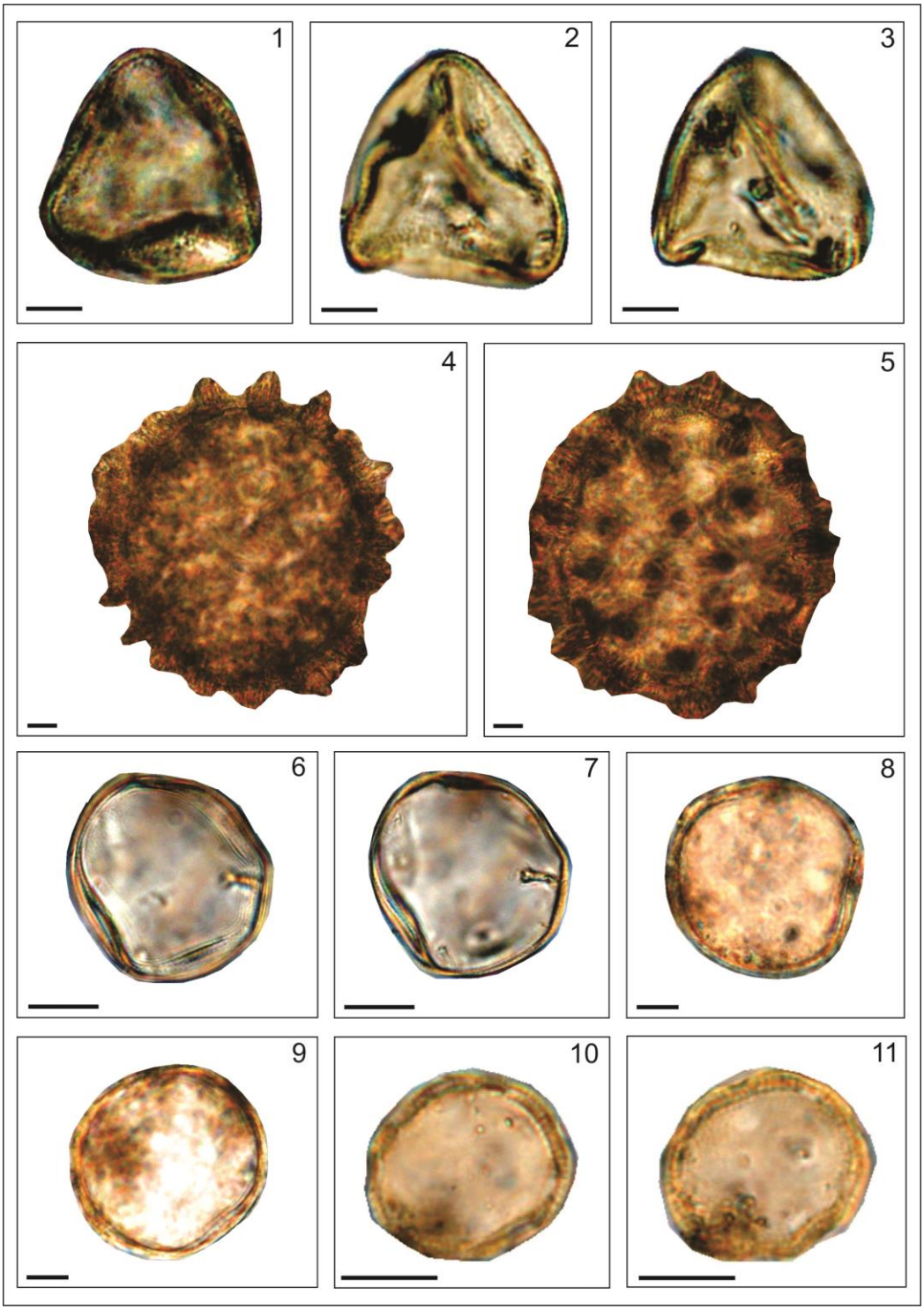


ESTAMPA 3. Legenda: **Angiospermas. 1 e 2-** Mimosaceae; **3 a** 5- Myrtaceae; **6 e 7**- Sapotaceae; **8 a 11**- *Sebastiana* sp.; **12 e 13**- Amaranthaceae; **14 a 17**- Asteraceae**. Escala** = 10 µm.

ESTAMPA 4

Angiospermas –

Chuva Polínica Atual



ESTAMPA 4. Legenda: **Angiospermas. 1 a 3-** Cyperaceae; **4 e 5**- Malvaceae; **6 a 9**- Poaceae; **10 e 11-** Rubiaceae. **Escala** = 10 µm.

8.2 Análise palinológica dos testemunhos sedimentares

8.2.1 Lagoa do Catingueiro

Na Lagoa do Catingueiro, dentre os 17 níveis analisados, foram encontrados grãos de pólen e esporos apenas nos níveis 14-16 cm e 4-6 cm (FIG. 35). Para fins de comparação e discussão dos dados das três lagoas, optou-se por definir estes dois níveis em dois intervalos, denominados Lc1 e Lc2, respectivamente, para que seja possível discutir e integrar os mesmos nas discussões finais deste trabalho. Os dois intervalos foram datados de 310 anos, idade recente e que pode ser comparada aos dias atuais. Foram observados 23 tipos, totalizando 349 grãos de pólen de angiospermas e esporos contados, desse total, 14 não puderam ser identificados, 43 são esporos e 292 grãos de pólen de angiospermas. Abaixo a descrição dos Intervalos:

Intervalo Lc1: 310 anos AP, 14-16 cm de profundidade, caracterizado pela alta concentração de grãos de pólen e esporos, num total de 286 grãos e, abundância de *taxa* arbóreos e herbáceos. Entre os *taxa* arbóreos pode-se destacar a presença de tipos polínicos da família Arecaceae com destaque para o gênero *Mauritia* sp. que indica a presença da Mata Ripícola na área, como também o gênero *Hydrocoyl*e sp., seguidos em abundancia pelos tipos das famílias Myrtaceae, Melastomataceae/Combretaceae, Aquifoliaceae, representado por *Ilex* sp., *Astronium* sp. representado pela família Anacardiaceae, Apocynaceae com o gênero *Aspidosperma* sp., e por último a família Mimosaceae com o gênero *Mimosa* sp. Entre os *taxa* herbáceos pode-se destacar a presença da família Cyperaceae, Poaceae, Asteraceae, Ericaceae e Polygalaceae representada pelo gênero *Polygala* sp. Os esporos se mantiveram constante em relação ao nível 4-6, os tipos encontrados foram das famílias Cyatheaceae com o gênero *Cyathea* sp. 1, Polypodiaceae retratado por *Polypodium sp*. 1 e Dicksoniaceae.

Intervalo Lc2: 310 anos AP, 4-6 cm de profundidade, apresentou número abaixo do esperado de grãos de pólen e esporos, em torno de 49, apesar do pequeno número o mesmo será utilizado para efeito de comparação com o nível 14-16. Além de ser caracterizado pela baixa concentração dos grãos de pólen, apresenta taxa herbáceos e arbóreos, como também de esporos. Entre os *taxa* arbóreos presentes, as maiores porcentagem foram das famílias Euphorbiaceae, representada pelos gêneros *Sebastiana* sp., *Mimosa* sp., seguidos das famílias Malpighiaceae, Myrtaceae, e Melastomataceae/Combretaceae. A porcentagem dos grãos de pólen não arbóreos

teve seu maior pico na família Poaceae, seguido da família Ericaceae e baixa presença da família Cyperaceae. Com relação aos esporos, os tipos encontrados apresentaram um número baixo de grãos, correspondendo a *Polypodium* sp. 1, Dicksoniaceae e *Cyathea* sp. 1.

A ausência de palinomorfos neste nível pode ser explicada pelo fato do meandro ter sido abandonado mais recentemente que nas outras lagoas estudadas, como mostram as idades até a profundidade de 90 cm (300-310 anos AP), e a 150 cm (2.830 anos AP) na base do testemunho.

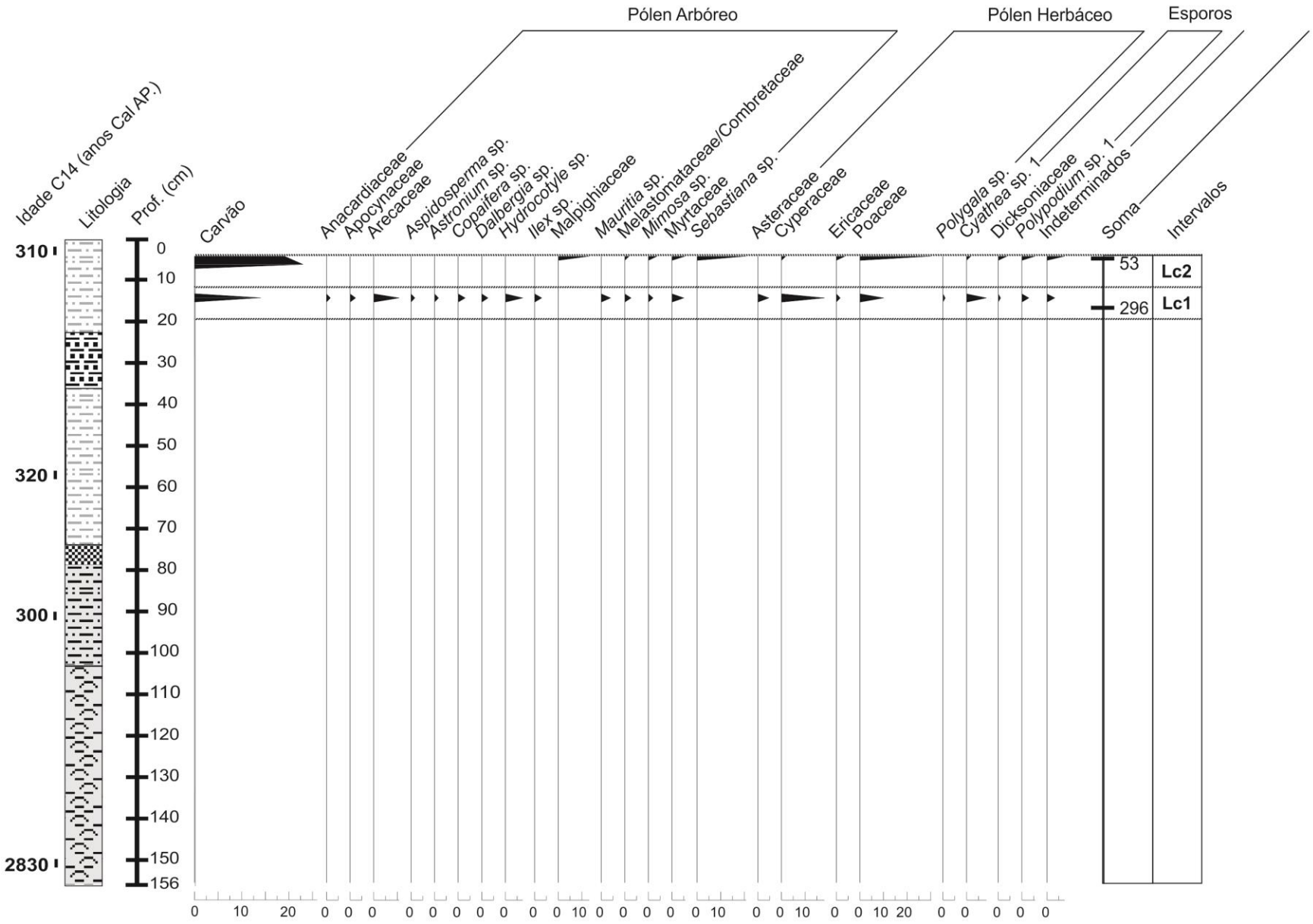


FIGURA 35. Diagrama polínico de porcentagem da Lagoa do Catingueiro.

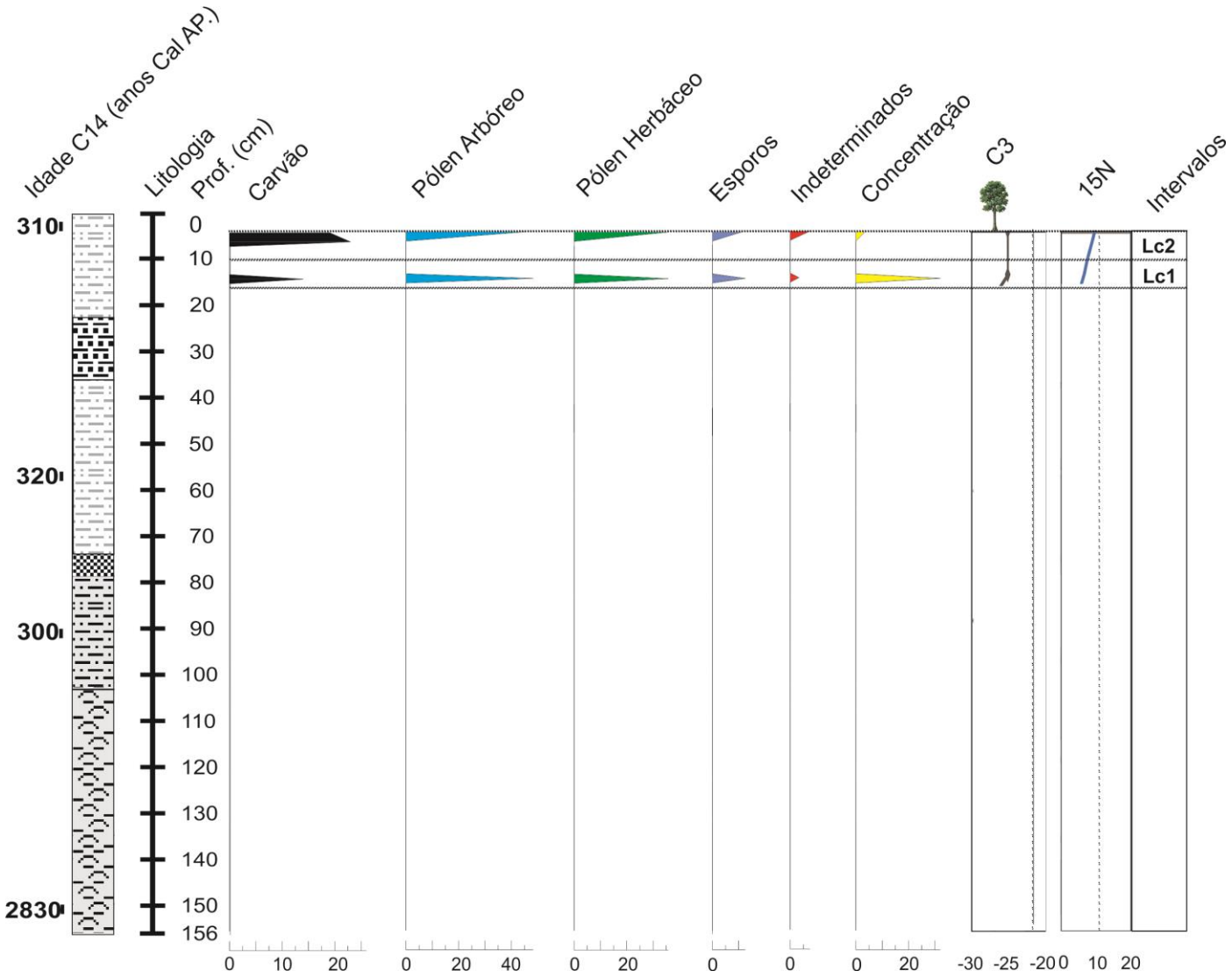


FIGURA 36. Diagrama polínico dos grupos (Arbóreo, Herbáceo, Aquáticas, Esporos e Indeterminados) da Lagoa do Catingueiro.

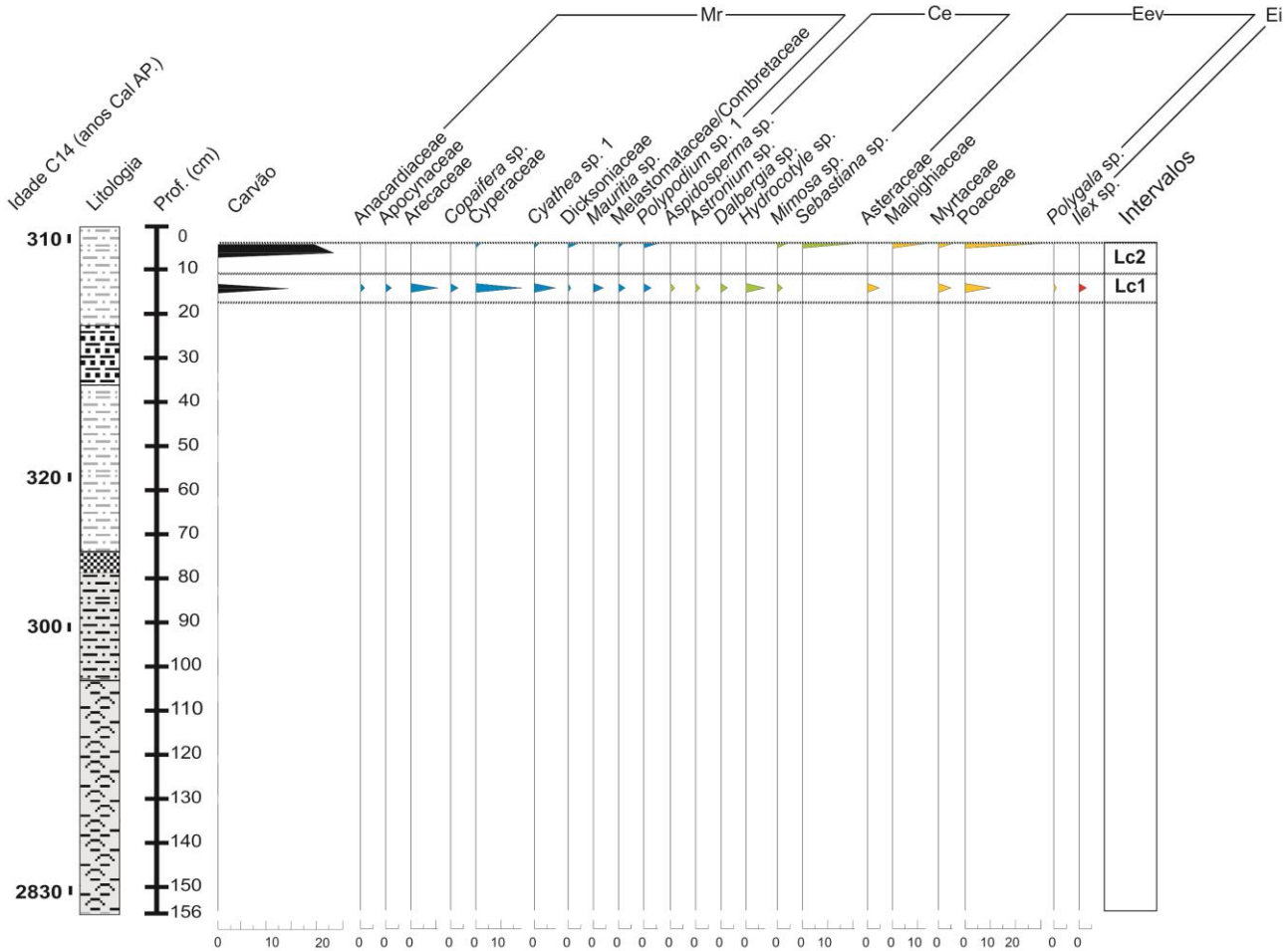


FIGURA 37. Diagrama polínico de porcentagens dos elementos que formam associações dentro do Bioma Cerrado encontrados na Lagoa do Catingueiro: **Mr** (Mata Ripícola), **Ce** (Cerradão), **Eev** (Espécies ecológicamente versáteis) e **Ei** (Espécies introduzidas).

8.2.2 Lagoa da Pedra

Na Lagoa da Pedra, o estudo palinológico de 13 níveis (4-6 cm, 12-14 cm, 18-20 cm, 26-28 cm, 32-34 cm, 38-40 cm, 46-48 cm, 51-53 cm, 57-59 cm, 61-63 cm, 67-69 cm, 73-75 cm e 96,98 cm) mostrou variações quantitativas e qualitativas dos tipos polínicos observados. Foram observados 69 tipos polínicos, totalizando 2.353 grãos de pólen e esporos, desses, 209 são esporos, 2089 pertencem a grãos de pólen de angiospermas e gimnospermas, e os 55 restantes não form identificados.

Após a análise do diagrama (FIG. 38), o registro polínico do testemunho estudado pôde ser dividido em três intervalos (Lp1, Lp2 e Lp3). Estes foram separados pela variação das frequências de grãos de pólen ao longo do testemunho e variação das idades obtidas nas amostras datadas. A descrição de cada um dos intervalos é apresentada a seguir:

Intervalo Lp1: 1.800 anos AP, 98-96 cm de profundidade, caracterizado pela alta concentração de grãos de pólen, e pela ausência de esporos. Entre os taxa arbóreos, os tipos encontrados com maior frequência foram as famílias Arecaceae, Malpighiaceae, Euphorbiaceae, Melastomataceae/Combretaceae e a família Fabaceae representada pelos gêneros *Dalbergia* sp., *Copaifera* sp. e *Pterocarpus* sp., como também os gêneros *Ludwigia* sp. (Onagraceae), *Mimosa* sp. (Mimosaceae). Já entre os tipos herbáceos as Cyperaceae dominam, seguido das famílias Asteraceae, Poaceae, Rubiaceae com o gênero *Borreria* sp. e a família Amaranthaceae retratada pelos gêneros *Gomphrena* sp., *Amaranthus* sp. e *Alternanthera* sp.

Intervalo Lp2: 680-1780 anos AP, 75-30 cm de profundidade, este intervalo se destaca pelo aparecimento de esporos no testemunho e também pela presença de *Mauritia* sp. (Arecaceae), que representa a Mata Ripícola e *Curatella* sp. (Dillenaceae), que indica a presença do Bioma Cerrado neste intervalo. A porcentagem dos *taxa* herbáceos (60%) aumentam em relação ao intervalo Lp1, enquanto que a presença dos *taxa* arbóreos tem uma frequência um pouco menor (55%). O aumento da porcentagen dos *taxa* herbáceos é acompanhado por um aumento na diversidade dos seus tipos, como por exemplo, as familias Bromeliaceae, Cyperaceae, Poaceae e Asteraceae com maior porcentagem. Dentre os *taxa* arbóreos pode-se destacar a presença das famílias Arecaceae, Apocynaceae, Malpighiaceae, Myrtaceae e

Sapindaceae, como também dos gêneros *Sebastiana* sp. (Euphorbiaceae), *Mimosa* sp. (Mimosaceae), *Copaifera* sp. (Fabaceae) e *Gomphrena* sp. (Amaranthaceae). Os esporos obtém uma porcentagem de 20%, caracterizado pelos gêneros *Cyathea* sp. (Cyatheaceae), *Polypodium* sp. (Polypodiaceae), *Thelypteris* sp. (Thelypteridaceae) e pela família Dicksoniaceae.

Intervalo Lp3: 105 anos AP, 30-04 cm de profundidade, caracteriza-se pela diminuição da concentração dos grãos de pólen, e a ausência de *Mauritia* sp., presente no intervalo Lp2, porém, tipos da família Arecaceae se mostraram presentes. Deve-se ressaltar também a predominância dos tipos herbáceos em relação aos arbóreos neste intervalo. Entre os *taxa* arbóreos destaca-se com maior porcentagem as famílias Myrtace, Araliaceae, Anacardiaceae e Euphorbiaceae com o gênero *Sebastiana* sp. com maior destaque. Os *taxa* herbáceos caracterizam-se pela grande porcentagem das famílias Cyperaceae, Asteraceae, Poaceae, Rubiaceae e Chenopodiaceae representada pelo gênero *Chenopodium* sp. A família Bromeliaceae teve uma pequena diminuição em relação ao intervalo Lp2. Quanto aos esporos deste intervalo, há uma baixa frequência em relação ao Lp2, onde, os únicos tipos encontrados foram os gêneros *Cyathea* sp. (Cyatheaceae), *Schizaea* sp. (Schizaeaceae) e *Thelypteris* sp. (Thelypteridaceae). Os elementos de floresta de altitude aparecem neste intervalo representado pelo gênero *Ilex* sp. (Aquifoliaceae), em geral, este gênero representa a ocorrência de temperaturas mais baixas, contudo, acredita-se que este tipo pode ter sido transportado pelo rio do Alto Curso da Bacia do Rio Mogi Guaçú até a área de estudo (porção média da bacia), representando neste intervalo grão de pólen alóctone/introduzido.

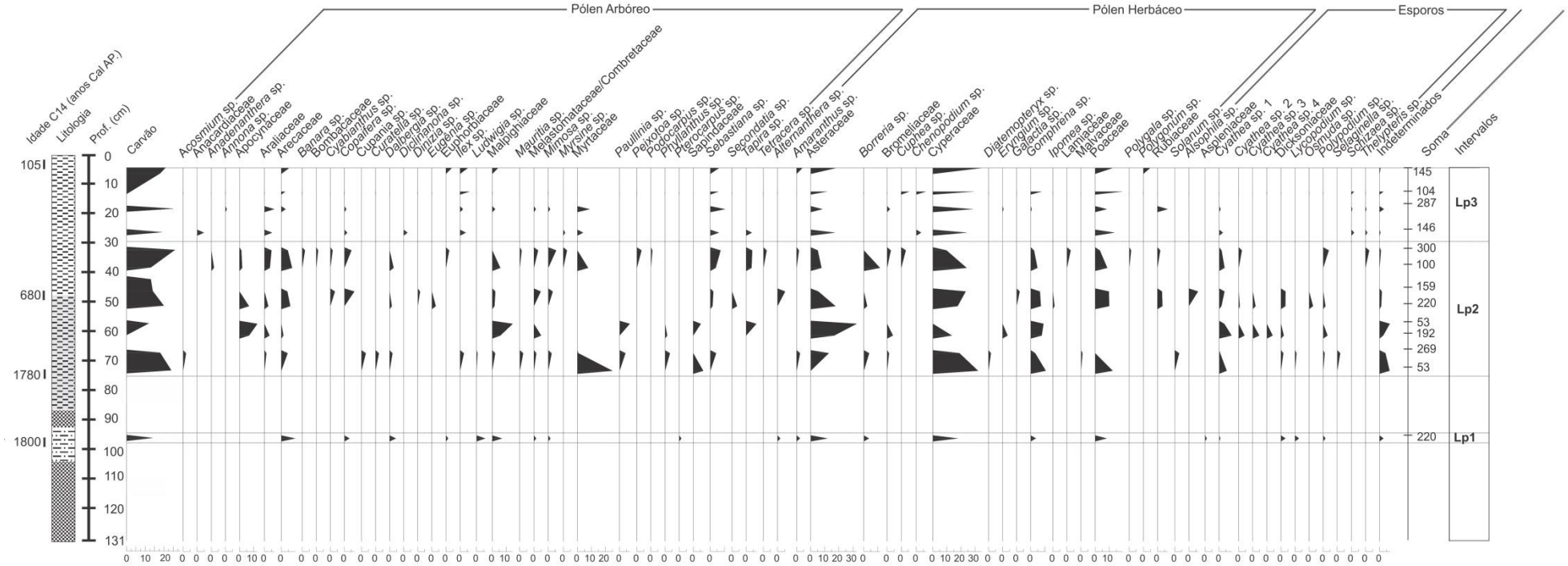


FIGURA 38. Diagrama polínico de porcentagem da Lagoa da Pedra

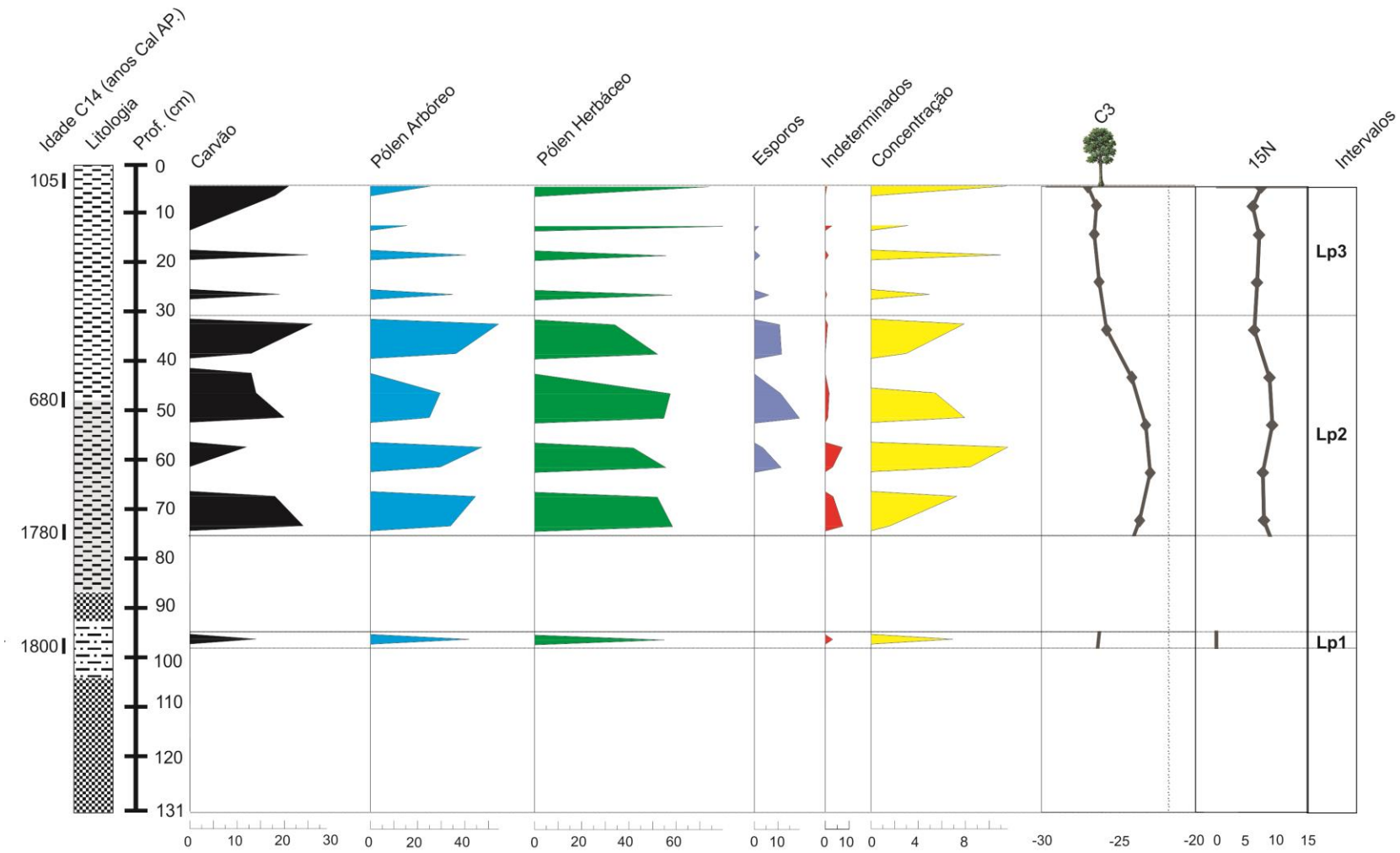


FIGURA 39. Diagrama polínico dos grupos (Arbóreo, Herbáceo, Aquáticas, Esporos e Indeterminados) da Lagoa da Pedra.

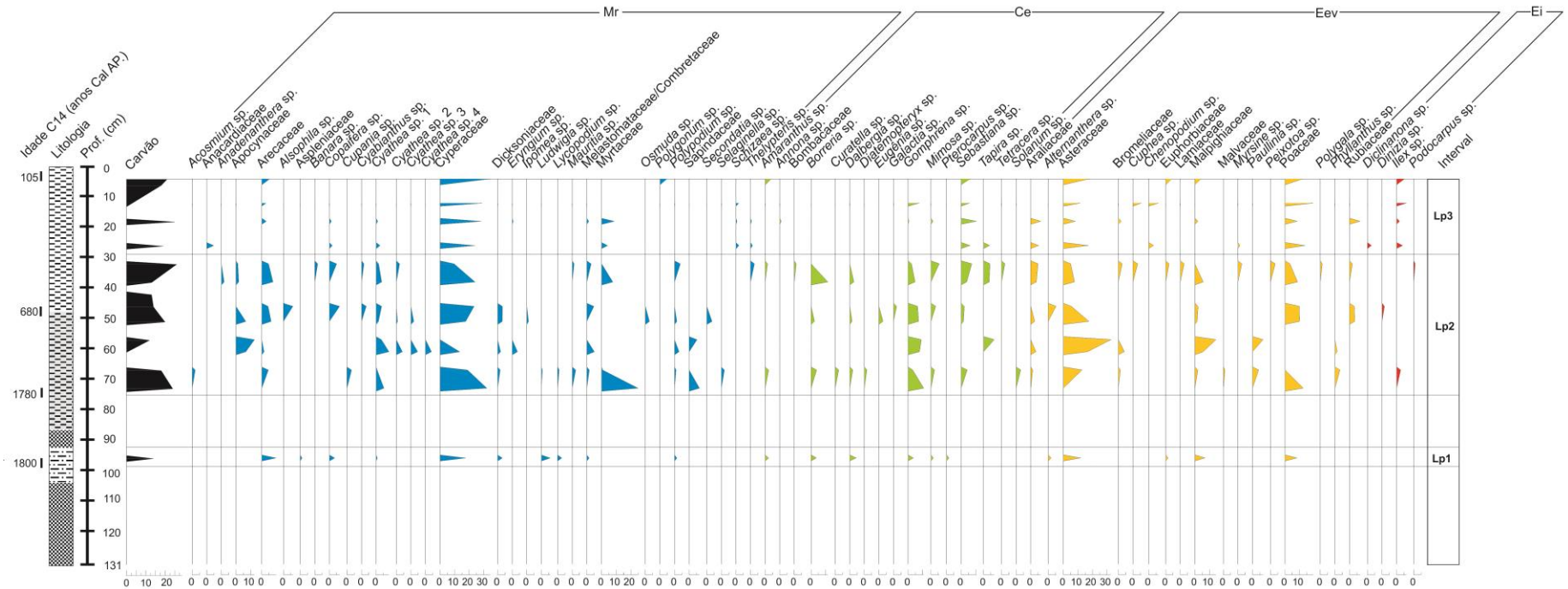


FIGURA 40. Diagrama polínico de porcentagens dos elementos que formam associações dentro do Bioma Cerrado encontrados na Lagoa da Pedra: **Mr** (Mata Ripícola), **Ce** (Cerradão), **Eev** (Espécies ecológicamente versáteis) e **Ei** (Espécies introduzidas).

8.2.3 Lagoa do Fundão

Na Lagoa do Fundão, dos 18 níveis estudados que obtiveram grãos de pólen apenas 8 (2-4 cm, 6-8 cm, 14-16 cm, 18-20 cm, 128-130 cm, 134-136 cm, 142-144 cm e 146-148 cm) puderam ser utilizados na interpretação palinológica, devido ao fato de parte das idades correspondentes a este perfil estarem invertidas, prejudicando sua real interpretação. Por este motivo, resolveu-se analisar apenas as porções que não mostraram inversão das idades, para assim se poder chegar a um resultado mais confiável na interpretação. Dos palinomorfos recuperados, foram observados 47 tipos polínicos, totalizando 1.509 grãos de pólen e esporos, onde, 89 são esporos, 1.400 grãos de pólen de angiospermas e gimnospermas e 20 indeterminados.

Contudo, após esta análise, foi possível caracterizar dois intervalos presentes para o testemunho (Lf1 e Lf2), os quais serão descritos a seguir:

Intervalo Lf1: 7.750 anos AP, 146-128 cm de profundidade, este intervalo caracteriza-se pela maior frequência dos grãos de pólen herbáceos e baixa concentração dos grãos de pólen. Dentre os grãos de pólen arbóreos presentes, os que mais se destaca é *Mauritia* sp., seguido das famílias Apocynaceae, Malpighiaceae, Myrtaceae e Euphorbiaceae representado pelo gênero *Sebastiana* sp. A porcentagem de grãos de pólen herbácea aumenta em relação aos arbóreos, onde as famílias mais representativas são a Cyperaceae com maior porcentagem, seguido pelas famílias das Poaceae, Rubiaceae, Malpighiaceae representada pelo genero *Peixotoa* sp., e pela família Amaranthaceae com *Gomphrena* sp. Os esporos aparecem em menor concentração e frequência (15%) onde o gênero *Cyathea* sp. 2 (Cyatheaceae) predomina em relação aos outros tipos. Os *taxa* de floresta de altitude presentes neste intervalo são do gênero *Podocarpus* sp. (Podocarpaceae) e *Ilex* sp. (Aquifoliaceae), e representam espécies alóctones/introduzidas que possivelmente foram transportados pelo rio até a área de estudo, uma vez que estes tipos não são encontrados para os dias de hoje na EEcMG, e sua presença não é representativa, como demonstrado no diagrama polínico (FIG. 41).

Este intervalo é caracterizado pela baixa presença dos elementos do Bioma Cerrado e um número maior dos tipos que caracterizam a Mata Ripícola, representado pelo gênero *Mauritia* sp.,

pela família Cyperaceae e uma alta porcentagem de esporos (15%) representando ambientes mais úmidos.

Intervalo Lf2: 2.730 anos AP, 18-04 cm de profundidade, no que se refere à abundância dos palinomorfos, este intervalo tem uma concentração mais elevada que o intervalo Lf1. Neste intervalo os grãos de pólen ocorrem em maior concentração. Este é caracterizado pela grande diversidade dos tipos arbóreos em relação aos herbáceos. Em termos percentuais, os grãos de pólen arbóreos mais frequentes são representados pelas famílias Araliaceae, Arecaceae, Euphorbiaceae retratada pelo gênero *Sebastiana* sp., Mimosaceae representada pelo gênero *Mimosa* sp. e a presença de *Pinus* sp. (Pinaceae) no nível mais superficial (4-6 cm de profundidade), que representa espécie exótica, uma vez que sua origem é no Hemisfério Norte e foi introduzida no Brasil na década de 50. O grão de pólen de *Mauritia* sp.(Aracaceae) não esteve presente neste intervalo, como também o gênero *Podocarpus* sp. da família Podocarpaceae, ambos encontrados no intervalo Lf1. Os *taxa* herbáceos tem menor diversidade, porém uma maior concentração dos grãos. Os tipos com maior abundância são daa famíliaa Cyperaceae, Poaceae, Asteraceae, Rubiaceae e também dos gêneros *Peixotoa* sp. (Malpighiaceae), *Gomphrena* sp. (Amaranthaceae) e *Polygonum* sp. (Polygonaceae). Quanto aos esporos presentes neste intervalo, observou-se uma diminuição da concentração em relação ao Lf1, e menor porcentagem dos tipos. A família Cyatheaceae permanece presente, e aparece a família Dicksoniaceae

.

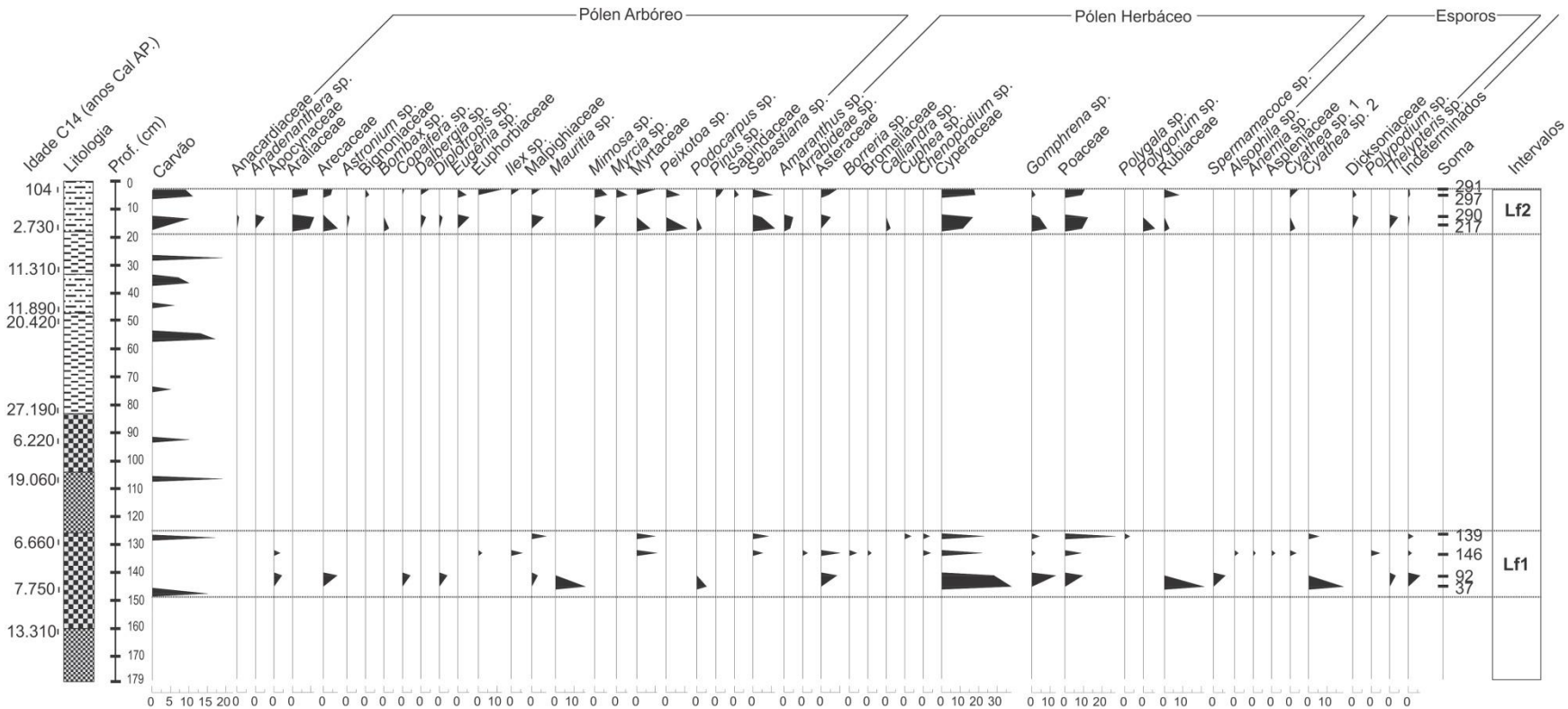


FIGURA 41. Diagrama polínico de porcentagem da Lagoa do Fundão.

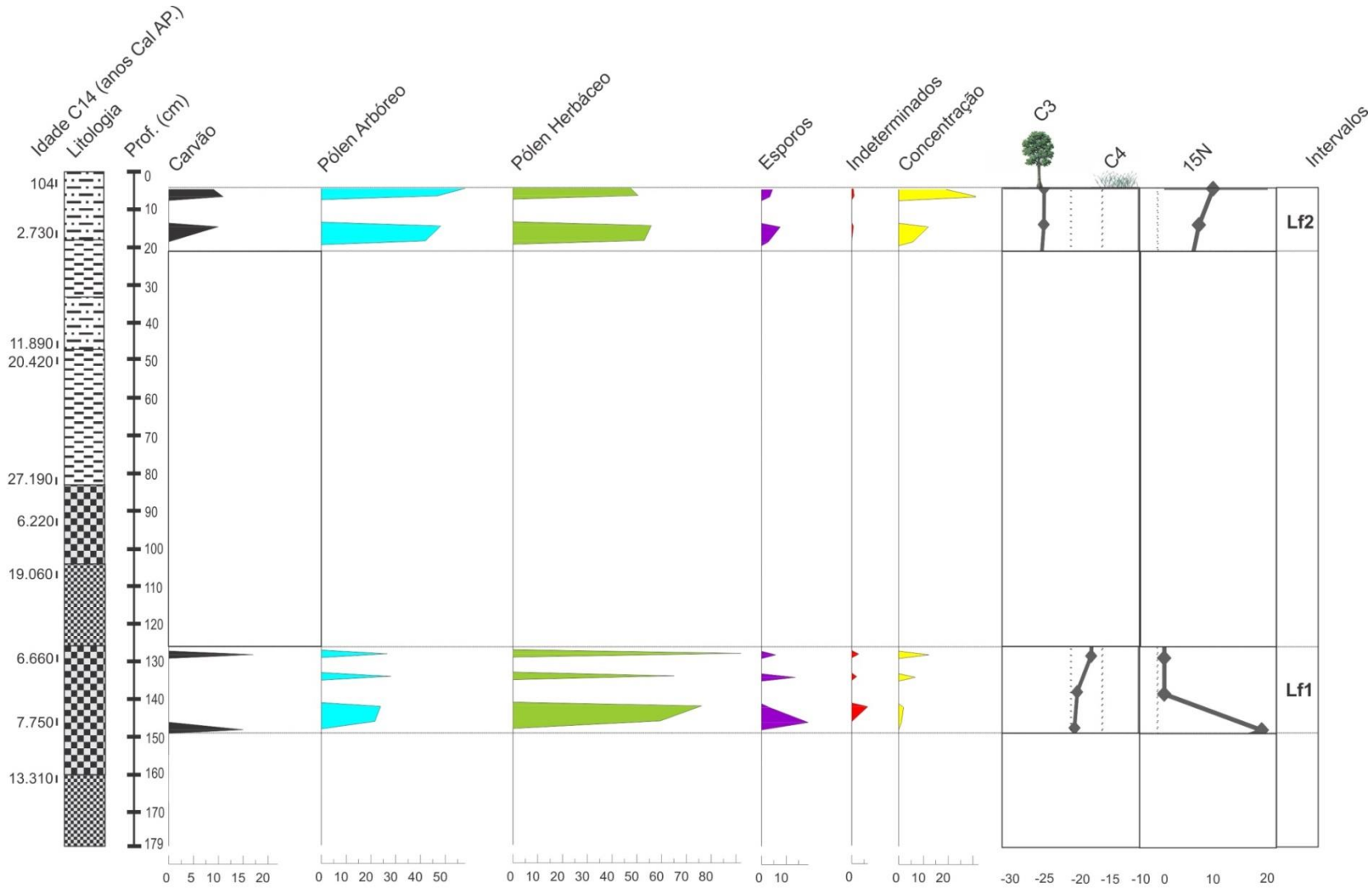


FIGURA 42. Diagrama polínico dos grupos (Arbóreo, Herbáceo, Aquáticas, Esporos e Indeterminados) da Lagoa do Fundão**.**

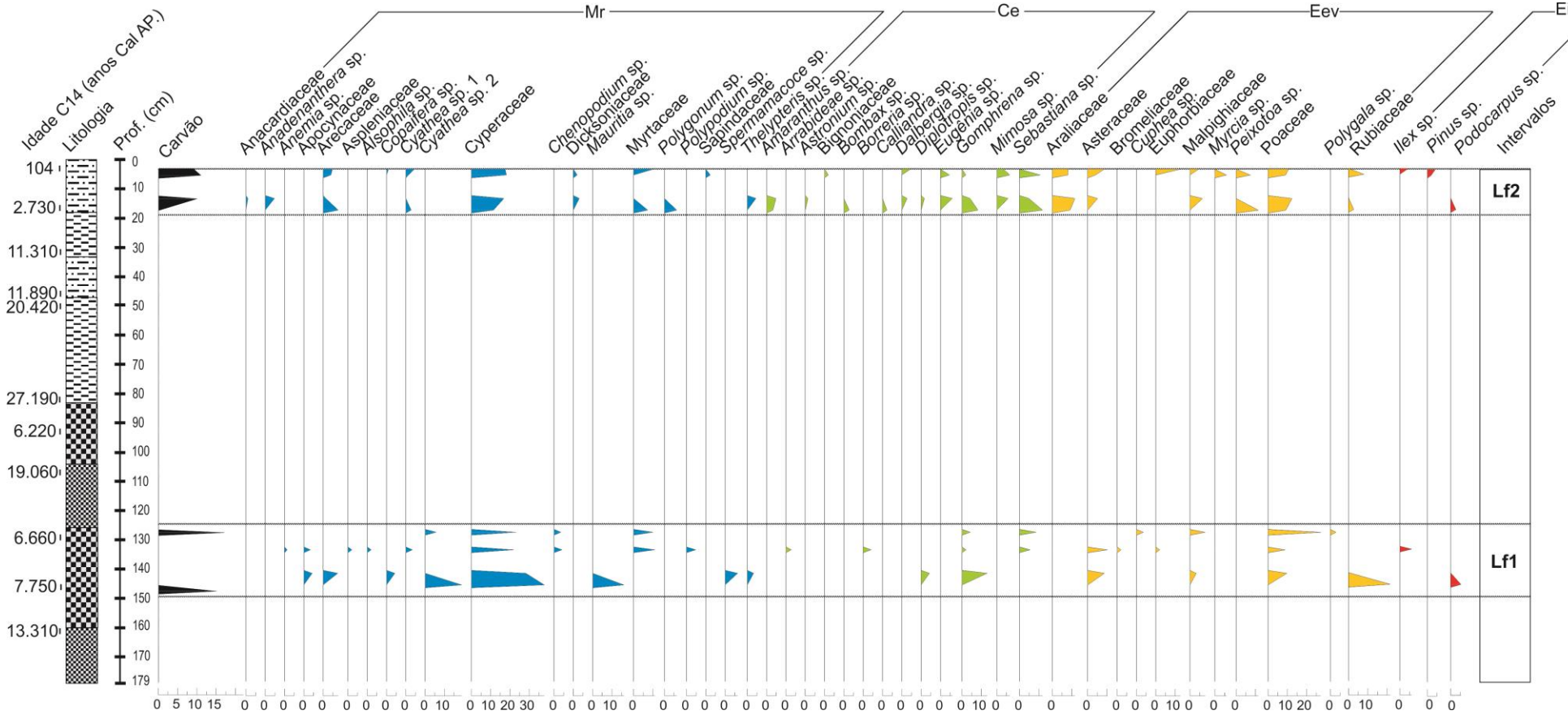
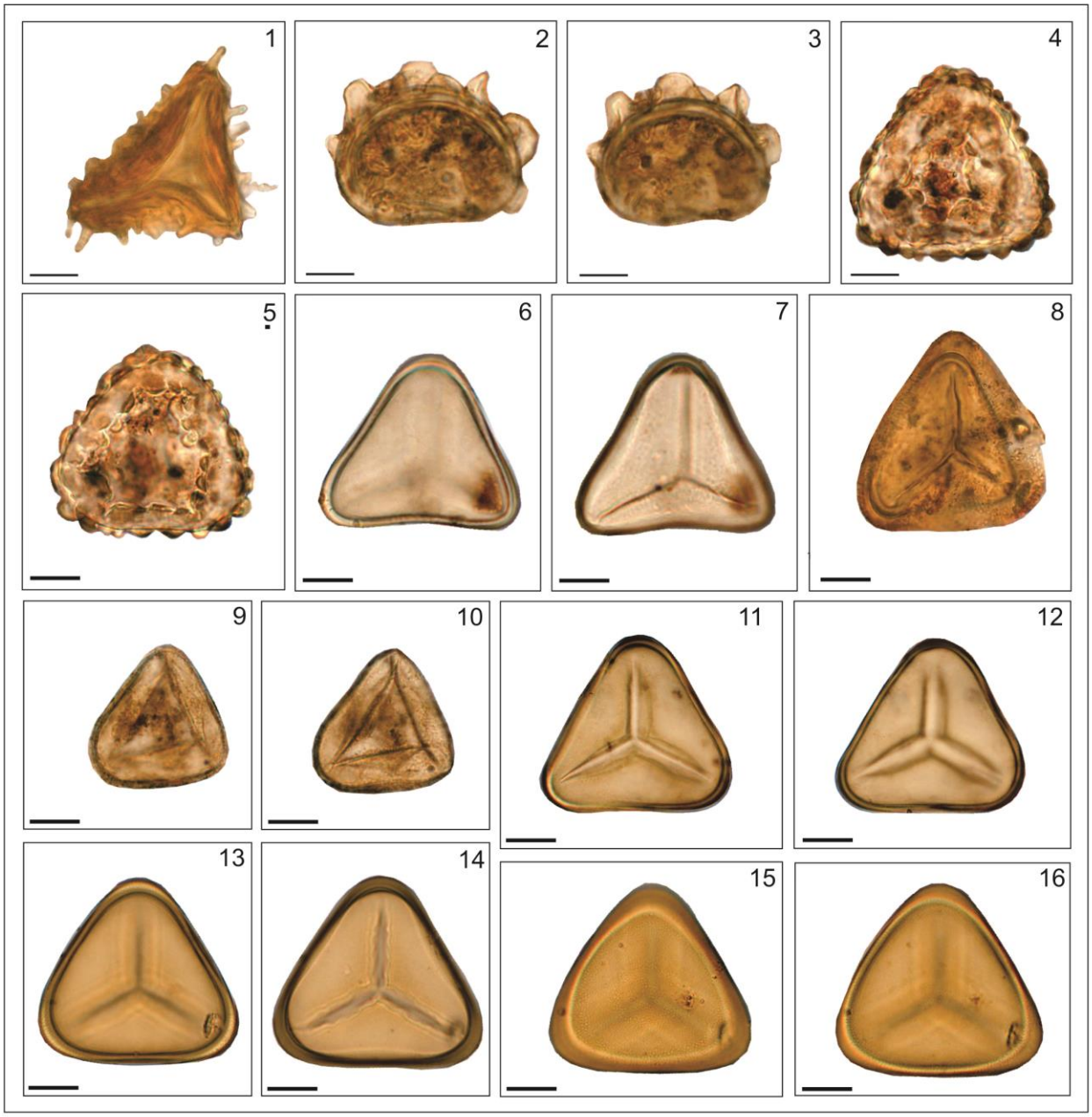


FIGURA 43. Diagrama polínico de porcentagens dos elementos que formam associações dentro do Bioma Cerrado encontradas na Lagoa do Fundão: **Mr** (Mata Ripícola), **Ce** (Cerradão), **Eev** (Espécies ecológicamente versáteis) e **Ei** (Espécies introduzidas).

ESTAMPA 5

Esporos-

Testemunhos Sedimentares

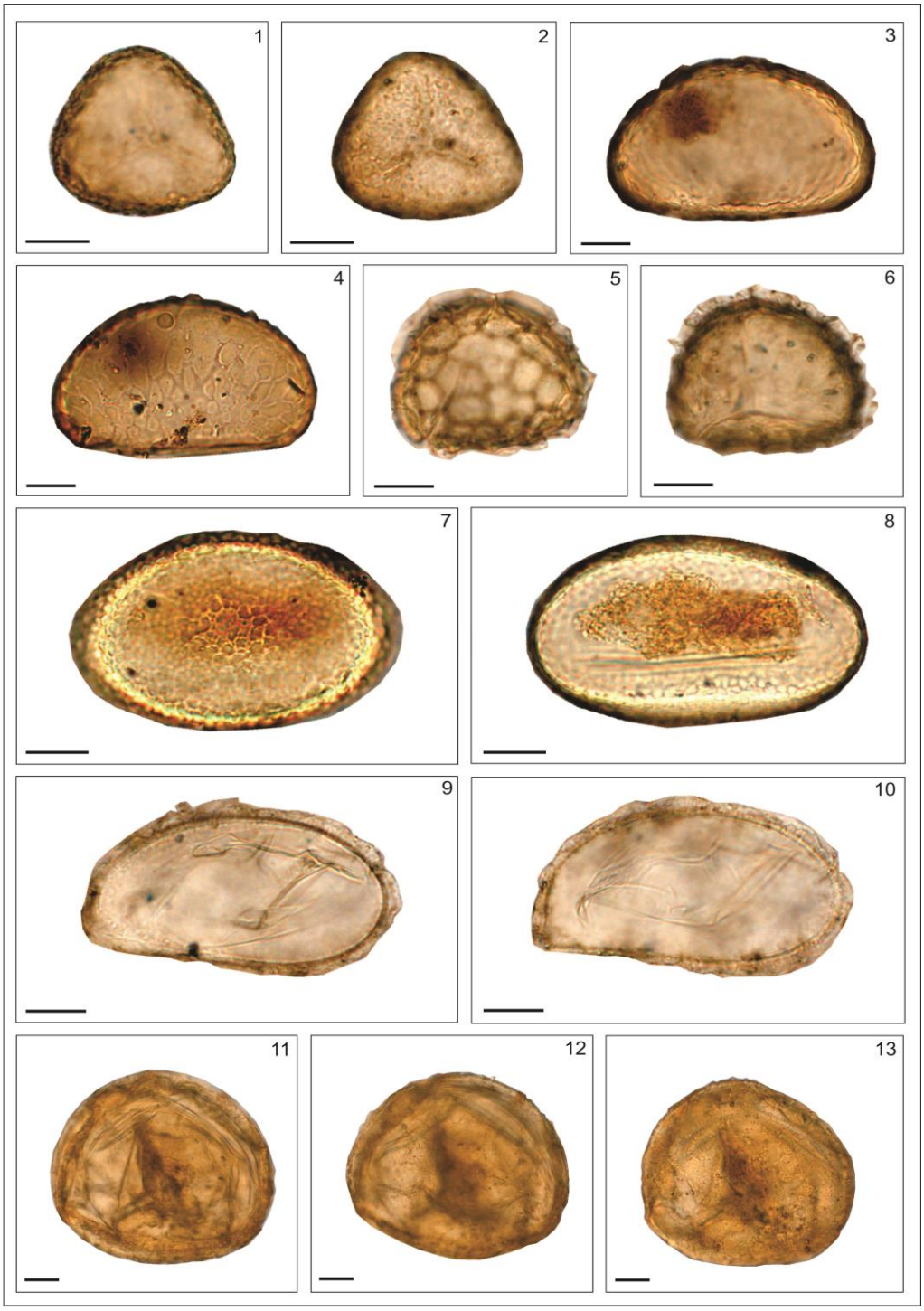


ESTAMPA 5. Legenda: **Esporos. 1-** *Anemia* sp.; **2 e 3**- Aspleniaceae; **4 a 10**- *Cyathea* sp.; **11 a 16**- Dicksoniaceae. **Escala** = 10 µm.

ESTAMPA 6

Esporos-

Testemunhos Sedimentares

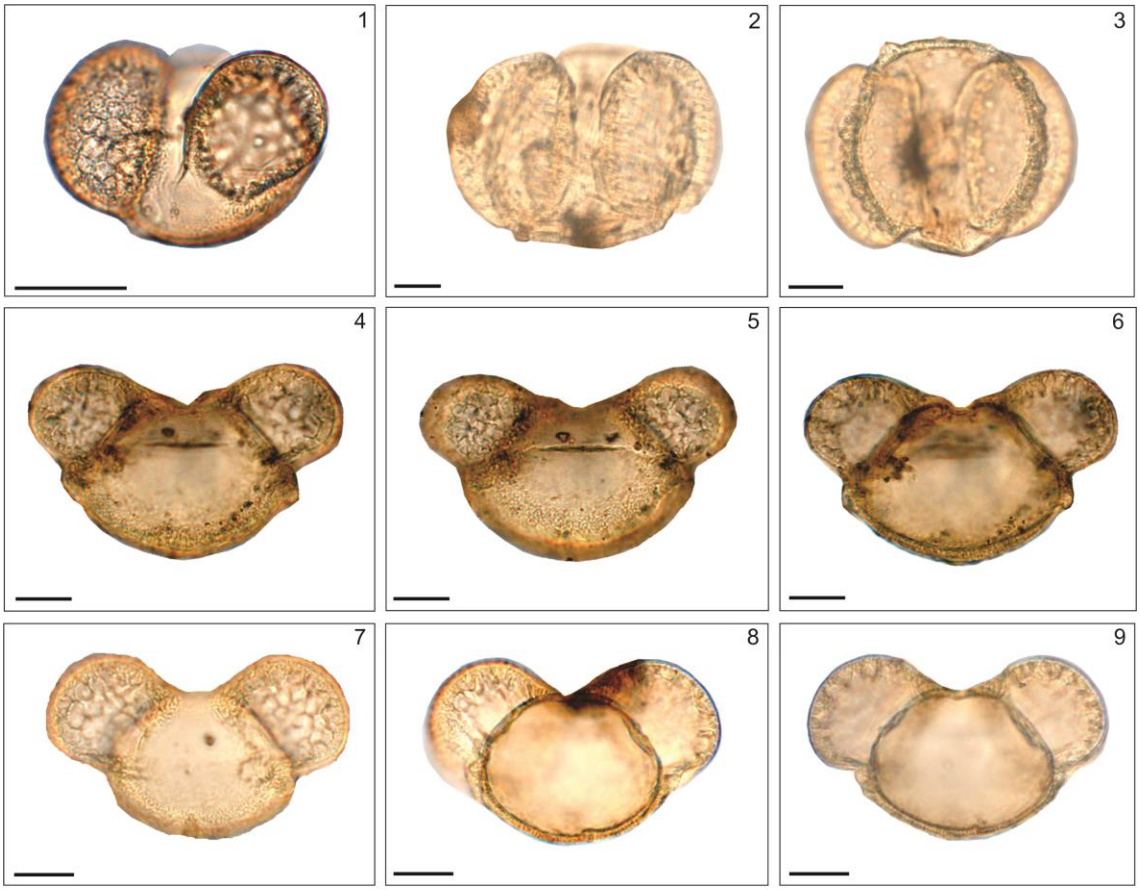


ESTAMPA 6. Legenda: **Esporos. 1 e 2**- *Lycopódium* sp.**; 3 e 4**- *Polypodium* sp.; **5 e 6**- *Selaginella* sp.; **7 e 8-** *Schizaea* sp.; **9 e 10**- *Thelypteris* sp.; **11 a 13**- Osmundaceae. **Escala** = 10 µm.

ESTAMPA 7

Gimnospermas-

Testemunhos Sedimentares

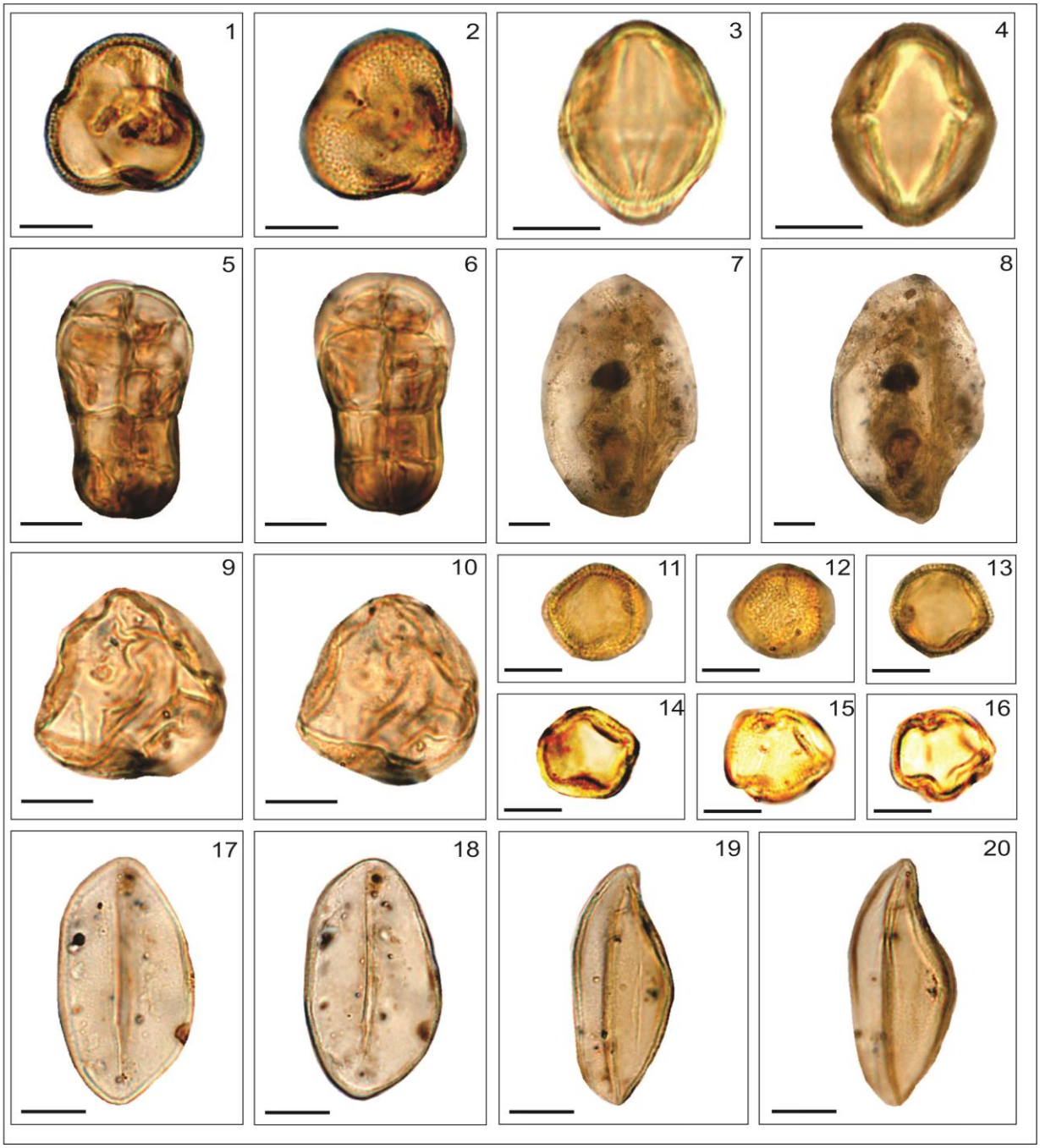


ESTAMPA 7. Legenda: **Gimnospermas. 1 a** 3- *Pinus* sp.; **4 a 9**- *Podocarpus* sp. **Escala** = 10 µm.

ESTAMPA 8

Angiospermas-

Testemunhos Sedimentares

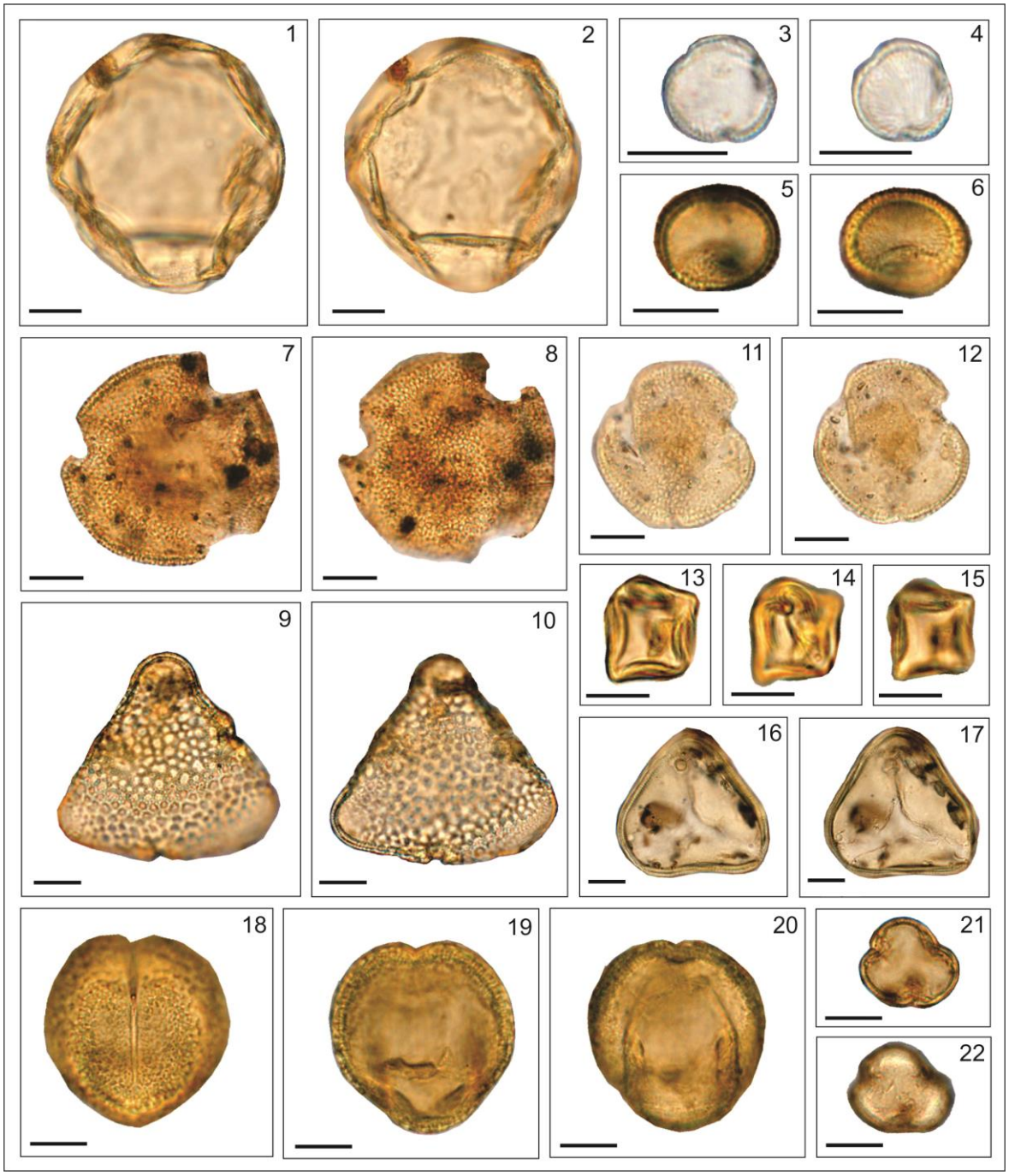


ESTAMPA 8. Legenda: **Angiospermas. 1 e 2**- *Acosmium* sp.; **3 e 4**- Anacardiaceae; **5 e 6**- *Anadenanthera* sp.; **7 e 8**- *Anonn*a sp.; **9 e 1**0- Apocynaceae.; **11 a 16**- Araliaceae; **17 a 20**- Arecaceae. **Escala** = 10 µm.

ESTAMPA 9

Angiospermas-

Testemunhos Sedimentares

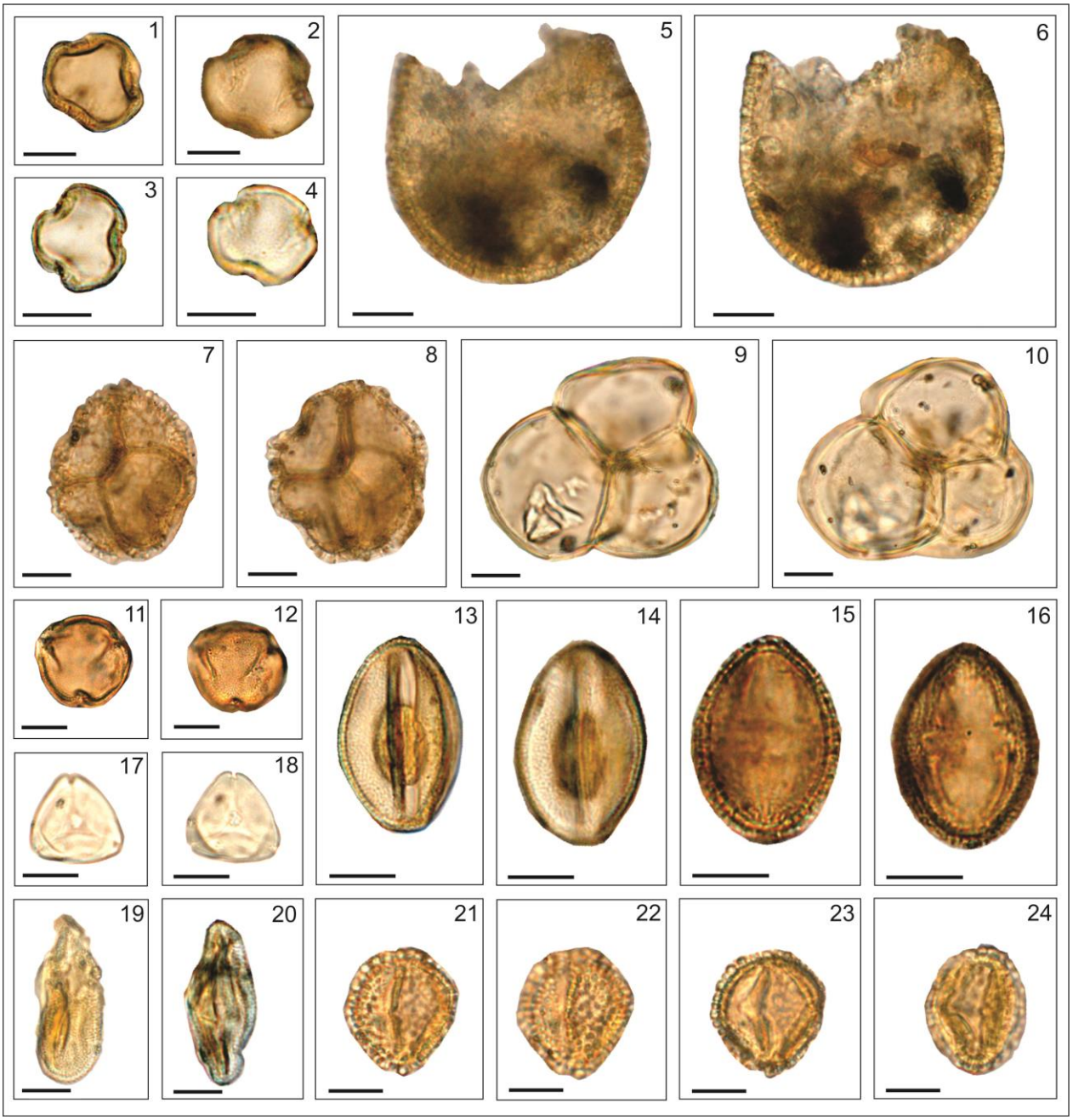


ESTAMPA 9. Legenda: **Angiospermas. 1 e 2-** *Aspidosperma* sp.; **3 e 4-** *Astronium* sp.; **5 e 6**- *Banara* sp.; **7 a** 10- Bombacaceae; **11 e 12**- Bignoniaceae.; **13 a 15**- *Copaifer*a sp.; **16 e 17**- *Cupani*a sp.; **18 a 20**- *Curatell*a sp.; **21 e 22**- *Cybianthus* sp. **Escala** = 10 µm

ESTAMPA 10

Angiospermas-

Testemunhos Sedimentares

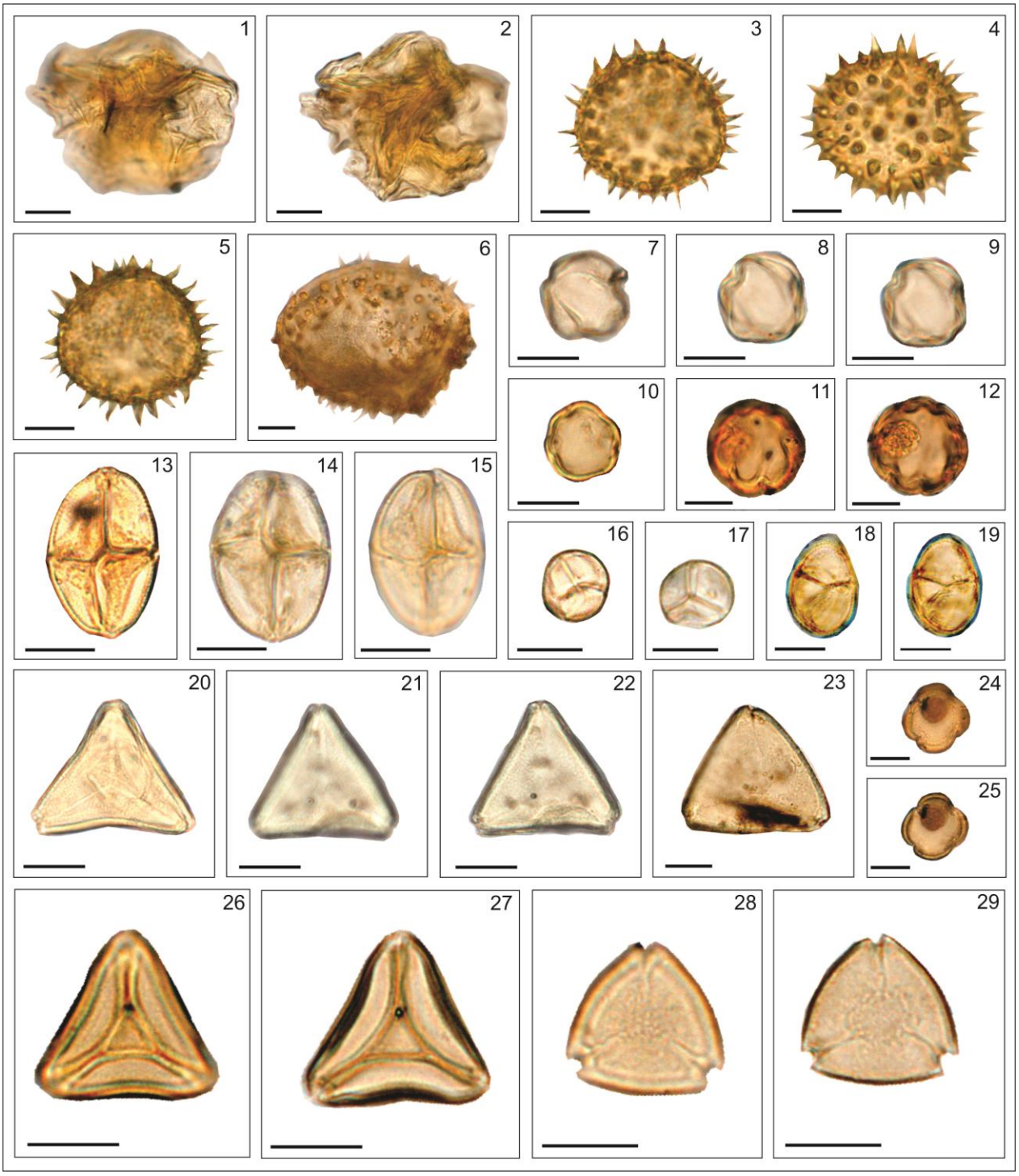


ESTAMPA 10. Legenda: **Angiospermas. 1 a 4**- *Dalbergia* sp.; **5 e** 6- *Diclinanona* sp.; **7 e 8**- *Dinizia* sp.; **9 e 10**- Ericaceae; **11 e 12**- *Diplotropis* sp.; **13 e 14**- Euphorbiaceae; **15 e 16**- *Euphorbia* sp.; **17 e 18**- *Eugênia* sp.; **19 e 20**- *Hydrocotyle* sp.; **21 a 24**- *Ilex* sp. **Escala** = 10 µm.

ESTAMPA 11

Angiospermas-

Testemunhos Sedimentares

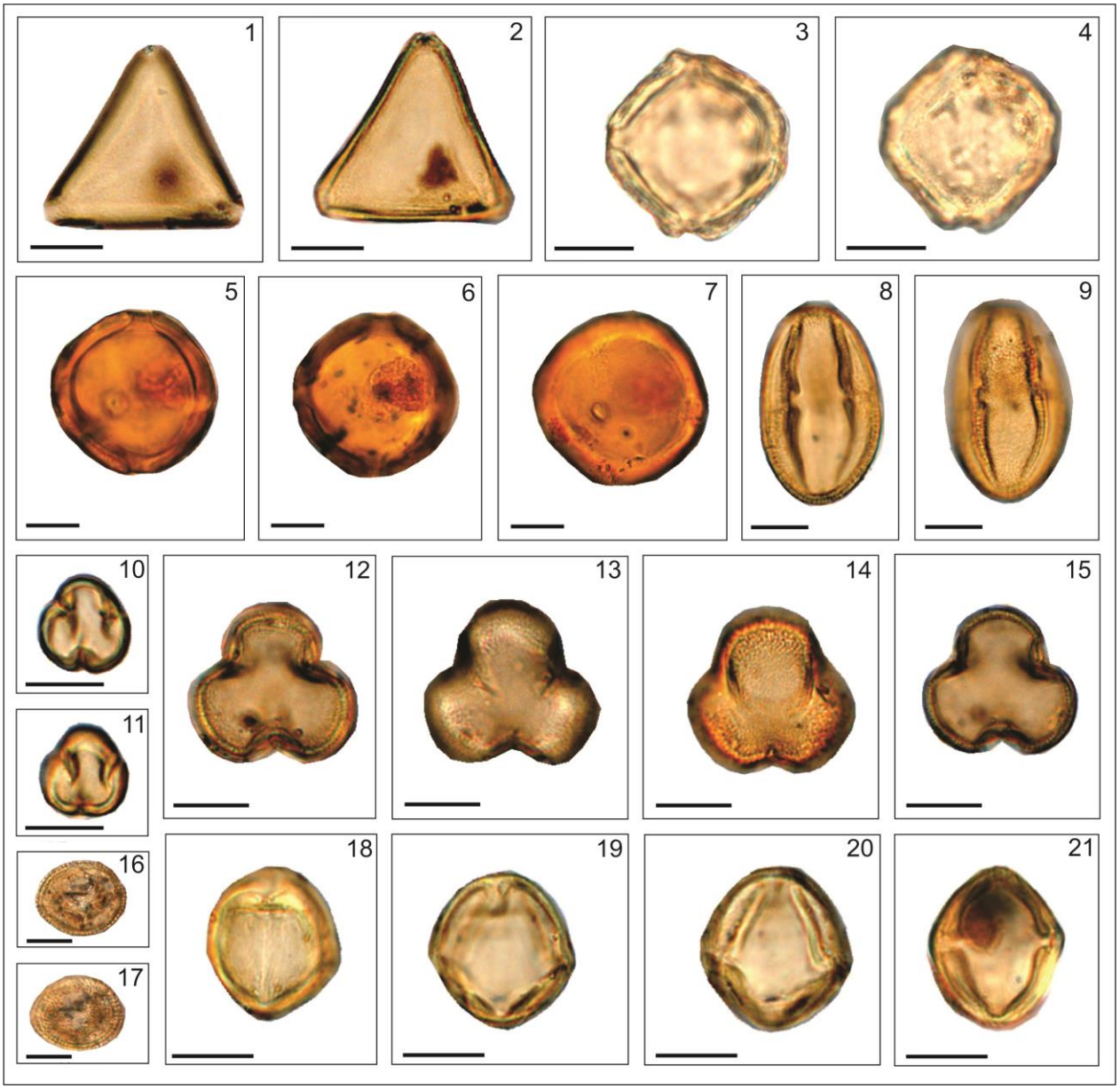


ESTAMPA 11. Legenda: **Angiospermas. 1 e 2**- *Ludwigia* sp.; **3 a 6**- *Mauritia* sp.; **7 a 12**- Melastomataceae/Combretaceae; **13 a 19**- *Mimosa* sp.; **20 a** 23- *Myrcia* sp.; **24 e 25**- *Myrsine* sp.; **26 a 29**- Myrtaceae. **Escala** = 10 µm.

ESTAMPA 12

Angiospermas-

Testemunhos Sedimentares

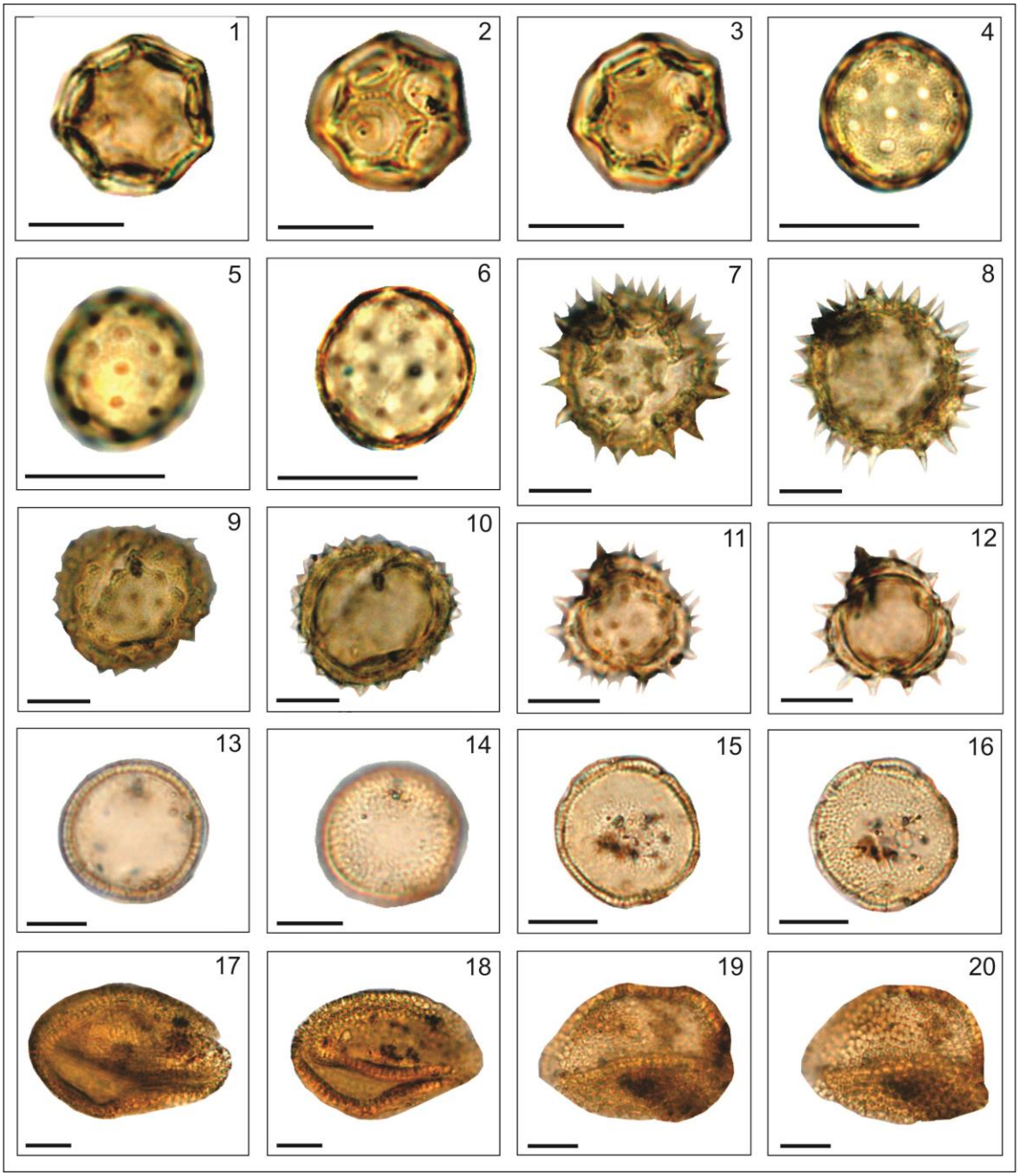


ESTAMPA 12. Legenda: **Angiospermas. 1 e 2**- *Paullinia* sp.; **3 a 7**- *Peixotoa* sp.; **8 e 9**- *Phyllanthus* sp.; **10 e 11**- *Pterocarpus* sp.; **12 a 15**- *Sebastiana* sp.; **16 e 17-** *Tetracera* sp.; **18 a 21**- *Tapira* sp. **Escala** = 10 µm.

ESTAMPA 13

Angiospermas-

Testemunhos Sedimentares

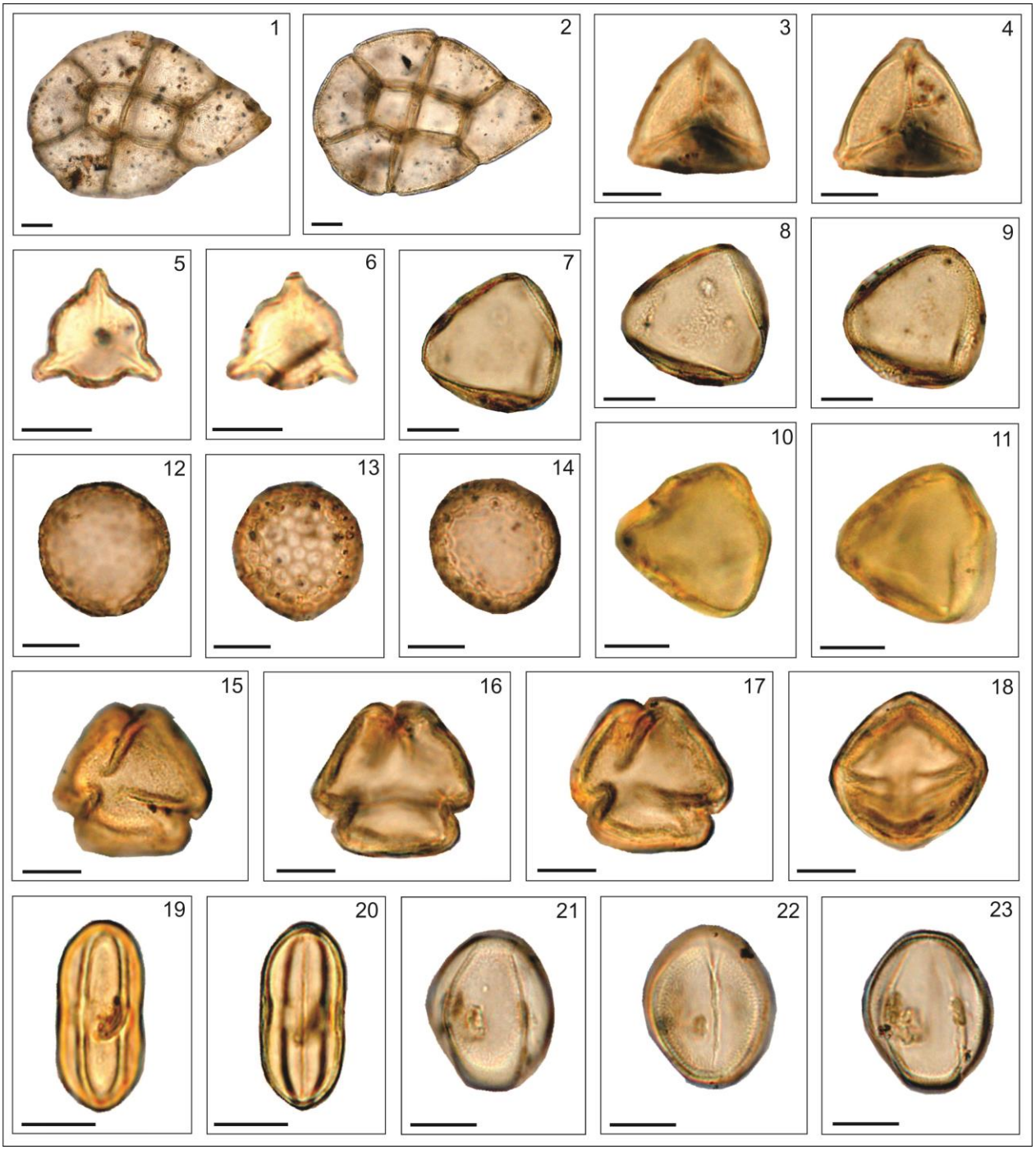


ESTAMPA 13. Legenda: **Angiospermas. 1 a** 3- *Alternanthera* sp.; **4 a 6**- *Amaranthus* sp.; **7 a 1**2- Asteraceae; **13 a 16-** *Borreria* sp.; **17 a 20**- Bromeliaceae. **Escala** = 10 µm**.**

ESTAMPA 14

Angiospermas-

Testemunhos Sedimentares

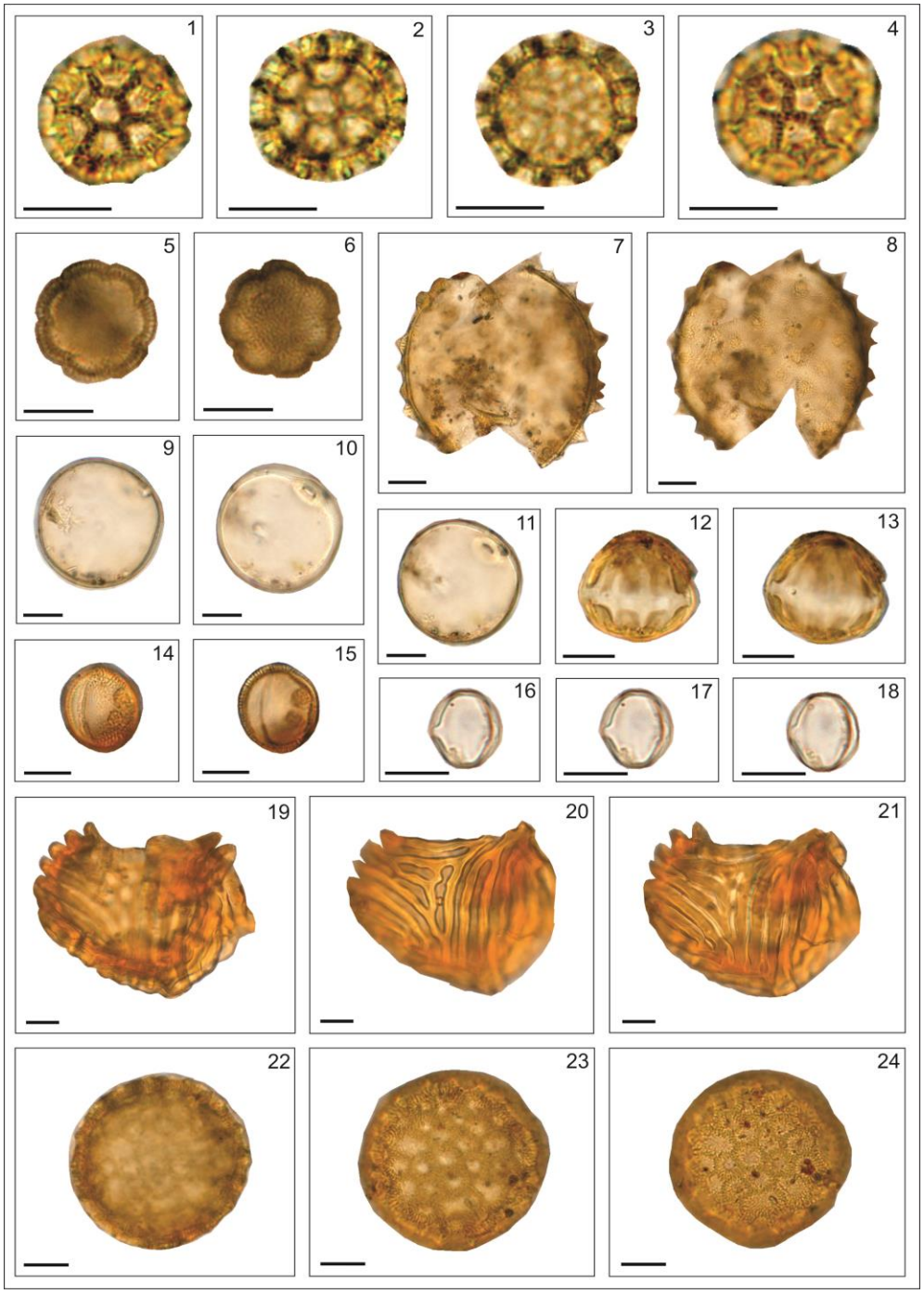


ESTAMPA 14. Legenda: **Angiospermas. 1 e 2**- *Calliandra* sp.; **3 a 6**- *Cuphea* sp.; **7 a 11**- Cyperaceae; **12 a 14**- *Chenopódium* sp.; **15 a 18**- *Diatenopteryx* sp.; **19 e 20**- *Eryngium* sp.; **21 a 23**- *Galactia* sp. **Escala** = 10 µm.

ESTAMPA 15

Angiospermas-

Testemunhos Sedimentares



ESTAMPA 15. Legenda: **Angiospermas. 1 a 4**- *Gomphrena* sp.; **5 e 6-** Lamiaceae.; **7 e 8**- Malvaceae; **9 a 11**- Poaceae; **12 e 13**- *Polygala* sp.; **14 e 15-** *Spermacoce* sp.; **16 a 18**- *Solanum* sp.; **19 a 21**- Polygalaceae; **22** a 24- *Polygonum* sp. **Escala** = 10 µm.

PARTE VI

9 Discussão

Nesta parte será feita a integração dos dados obtidos pela análise polínica dos testemunhos e da chuva polínica atual das três lagoas estudadas, juntamente com os resultados das análises de isótopos estáveis (^{13}C e ^{15}N) e da antracologia. Através destes parâmetros utilizados, foi possível inferir algumas considerações, que serão relatadas no presente capitulo.

9.1 Chuva polínica atual da EEcMG

No registro da chuva polínica da EEcMG, foi observado 23 tipos num total de 2.083 grãos de pólen (1.788) e esporos (138) contados. Desse total, 158 não puderam ser identificados, permanecendo como indeterminados. Os *taxa* que mais contribuíram neste registro foram as famílias Poaceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae representada pelo gênero *Euphorbia* sp., Araliaceae, Malpighiaceae, Arecaceae e, Pinaceae com o gênero *Pinus* sp. e esporos (descritos no diagrama polínico de porcentagem, FIG. 32).

A análise dos *taxa* mostrou a predominância de elementos de Mata Ripícola, como Cyperaceae e Arecaceae, o *Pinus* sp. foi possivelmente plantado na EEcMG. Os esporos são pouco frequentes e apenas com dois representantes, *Polypodium* sp. com maior porcentagem e a família Thelypteridaceae, presente apenas na Lagoa do Fundão.

Da FIG. 32, 33 e 34 é possível inferir que a chuva polínica atual coletada não corresponde a uma vegetação natural do Cerrado, mas sim, de elementos que formam associações como a Mata Ripícola, que representa tipos encontrados dentro de Formações do Bioma Cerrado. Logo, a análise das amostras da chuva polínica permite observar que, os elementos que predominam são as associações correspondentes as áreas úmidas próximas das margens do Rio Mogi Guaçú.

9.2 Testemunhos sedimentares: Integração das análises Palinológicas, Isotópicas e Antracológicas

A partir dos dados extraídos dos testemunhos recuperados, foi realizado um intento de discussão e comparação da análise palinológica, isotópica e antracológica para cada lagoa. Desta forma, foi possível compor algumas inferências quanto a interpretação paleoambiental da EEcMG.

No testemunho da Lagoa do Catingueiro os valores da análise de ^{14}C correspondem ao intervalo de 310 a 2.830 anos AP., e foi possível observar a predominância dos *taxa* arbóreos em relação aos herbáceos. Os elementos de Mata Ripícola podem ser verificados com maior frequência, como Cyperaceae e a presença de *Mauritia* sp. que caracteriza esse tipo de vegetação (Ripícola). Em analogia aos testemunhos da Lagoa da Pedra e do Fundão, é possível verificar que a na Lagoa do Catingueiro há um número muito baixo de grãos de pólen e esporos observados, isto possivelmente se deve fato do meandro ter sido abandonado mais recentemente que nas outras lagoas, ocasionando momentos de maior energia nos momentos de cheia do rio, erodindo o material depositado. Neste testemunho os valores de $\delta^{13}C$ variaram entre -24,07‰ e 29,23‰, caracterizando a predominância de plantas C_3 (possivelmente arbóreas). Em relação aos valores da razão C/N podemos observar que a maior parte da matéria orgânica deste perfil provém de algas. Com relação aos fragmentos de carvão analisados, os mesmos indicam que o incêndio pode ser de origem extra local, como a idade deste testemunho é recente, e atualmente, incêndios são comuns na estação ecológica, é bem provável que os fragmentos possam ser procedentes de incêndios ocorridos dentro da EEcMG. Através da identificação de suas características anatômicas não muito bem preservadas, foi possível somente afirmar que os mesmos provém de angiospermas.

Se comparados os resultados dos estudos palinológicos entre os três testemunhos é evidente que a Lagoa da Pedra apresenta uma maior porcentagem de grãos de pólen, onde a vegetação herbácea é maior que a arbórea, enquanto que nos outros dois testemunhos esse registro é bem menor, fato que provavelmente esta relacionado com uma vegetação mais aberta, e pode ser confirmada pela presença das famílias Arecaceae (Palmae) e Myrtaceae, característica do Bioma Cerrado. Esse predomínio de vegetação herbácea foi também corroborado pelos

valores da razão C/N, onde podemos observar que a maior parte da matéria orgânica deste perfil provém de algas, indicando uma possível mistura de fontes. Os dados de $\delta^{13}C$ variaram entre -21,65‰ e 26,64‰, caracterizando a predominância de uma transição entre plantas C_3 e C_4, porém com predominância de plantas C_3. As análises de ^{14}C obtiveram idades entre 105 a 1.800 anos AP.

Quanto aos fragmentos de carvão encontrados, a maioria não apresentou boa preservação anatômica dificultando a sua identificação quanto ao seu tipo botânico. Em quase todos os níveis estudados foram identificados fragmentos com estrutura anatômica de lenho. Como o tamanho destes não ultrapassou 2,1 mm, pode-se concluir que a maioria dos fragmentos são provenientes de incêndios de origem extra local, ou seja, abrangem uma área fora do local onde foram coletados.

Em paralelo a Lagoa do Catingueiro e a Lagoa da Pedra, o registro polínico da Lagoa do Fundão é caracterizado pela alta concentração dos esporos, e a predominância das plantas herbáceas e arbóreas, representando a transição entre o Bioma Cerrado e a Mata Ripícola. Os valores isotópicos de $\delta^{13}C$ indicam uma possível mistura de fontes, entre plantas C_3 e C_4. Os valores da razão C/N também mostram essa possível mistura de fontes, de algas e plantas terrestres. Observamos também, a presença de *Mauritia* sp. (Arecaceae) e *Byrsonima* sp. (Malpighiaceae), que são comuns nas bordas de lagos, áreas alagadiças e pantanosas, proeminentes na região de Cerrado. Na Lagoa do Fundão as idades variaram entre 104 a 7.750 anos AP. O testemunho estudado esta localizado na margem côncava do meandro abandonado que forma a Lagoa do Fundão. Neste, a partir das análises de ^{14}C, entre os níveis 20 cm a 128 cm foi constatado a permanência de eventos e processos erosivos que foram ocorrendo durante a formação do testemunho, ocasionando a inversão e mistura das idades confirmadas para este intervalo, onde a idade mais antiga foi 27.190 anos AP., idade que não pode ser utilizada por não estar dentro da sequencia temporal e deposicional do perfil. Estes eventos modificaram a sedimentação da área, não promovendo a deposição de sedimentos, mas erodindo as margem do canal, propiciando a re-deposição de pacotes mais antigos no local, por mais de uma ocasião. Na análise antracológica, da mesma forma que ocorreu na Lagoa do Catingueiro e na Lagoa da Pedra, os dados também apresentara uma tendência proporcional com relação à profundidade,

indicando que em alguns casos, a quantidade de fragmentos é proporcional ao tamanho, e que possivelmente, os fragmentos analisados são de origem extra local, assim como nos outros testemunhos.

Os dados sugerem que a vegetação da EEcMG durante o Holoceno não se manteve constante. Observa-se uma alternância entre a vegetação mais densa, representada por elementos do Cerradão e pela Mata Ripícola, com predominância de Cyperaceae, esporos e *Mauritia* sp.

O Rio Mogi Guaçú nasce no Morro do Curvado, no Município Sul-Mineiro de Bom Repouso, numa altitude aproximada de 1.510 m, na região da Serra da Mantiqueira, próximo ao limite interestadual entre São Paulo e Minas Gerais – Sudeste Brasileiro (Zancopé, 2008). Essa região é composta por Mata de Altitude onde podem ser encontrados *Podocarpus* e *Ilex* , explicando a possível origem das espécies alóctones/introduzidas encontradas no conjunto polínico da EEcMG, que podem estar sendo transportadas até a estação pelo vento ou pelo próprio rio, uma vez que a EEcMG esta aproximadamente entre o Km 200 e o Km 228 distantes da nascente do Rio Mogi Guaçú.

Desta forma, a partir da discussão feita à cima, foi possível realizar um esquema de representação da mudança da vegetação e consequentemente climática nos últimos 7.750 anos AP para a área de estudo. A partir dessa premissa, foi legítimo classificar a dinâmica da vegetação em três estágios: Estágio MGI, que corresponde ao intervalo Lf1(Lagoa do Fundão), entre as idades 7.750 a 2.730 anos AP; Estágio MGII, composto pelos Intervalos Lf2 (Lagoa do Fundão) e Lp1/Lp2 (Lagoa da Pedra) com idade aproximada entre 2.730 a 680 anos AP e; Estágio MGIII, constituído pelos intervalos Lc1 (Lagoa do Catingueiro); Lp3 (Lagoa da Pedra) e pela Chuva Polínica atual, com o intuito de integrar os dados dos três testemunhos, a fim de obter uma correlação e interpretação paleoecológica na EEcMG. A classificação dos estágios foi definida a partir da descrição das características dos conjuntos polínicos, isotópicos e antracológicos dos intervalos contidos em cada testemunho. Para auxiliar na visualização dos estágios

Estágio MGI - 7.750 a 2.730 anos AP. Um intervalo: *Intervalo Lf1 – Lagoa do Fundão*

Neste estágio, há aproximadamente 7.750 anos AP, o predomínio de Cyperaceae, esporos e principalmente de *Mauritia* sp., indicam provavelmente um clima mais úmido para a região do que o atual, ou próxima das margens do Rio Mogi Guaçú (FIG. X). Os elementos de Cerrado não são tão representativos, confirmando o domínio da Mata Ripícola para a EEcMG no Holoceno médio. Os dados isotópicos comprovam que essa transição do Cerrado para a Mata Ripícola ocorreu, expressando valores isotópicos entre -22 a -18 $\delta^{13}C$, que caracterizam uma transição entre a floresta e o campo. Há o aparecimento de *Podocarpus* sp. e *Ilex* sp., representando os *taxa* alóctones/introduzidos presentes na estação.

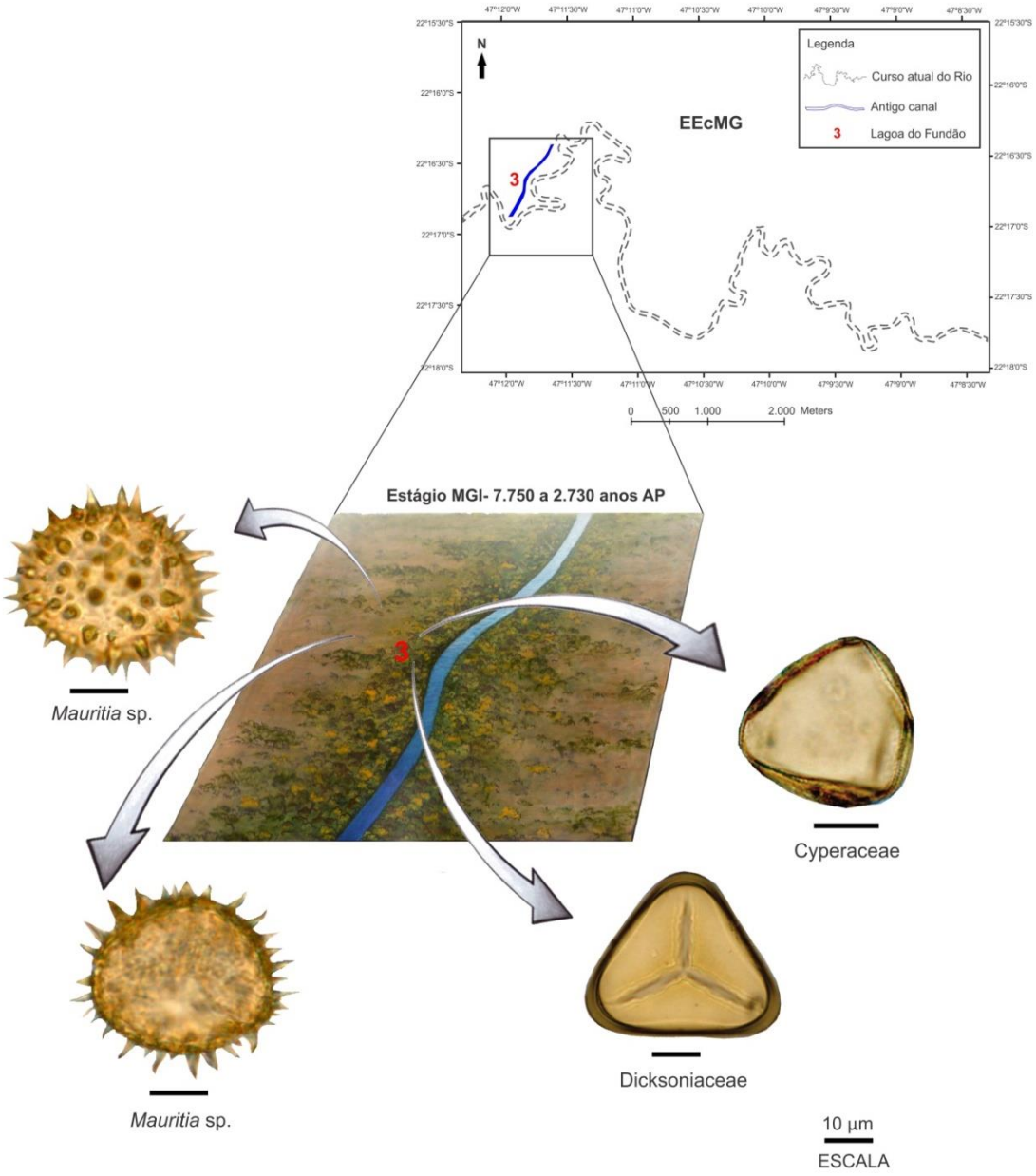


FIGURA 44. Representação esquemática do Estágio MGI- 7.750 a 2.730 anos AP.

Fonte: Ariel Milani Martine

Os fragmentos de carvão confirmam que os incêndios ocorrem na EEcMG desde o Holoceno Médio, onde, a partir da sua análise foi possível inferir que o fogo foi possivelmente de origem extra local, conforme metodologia proposta por Whitlock & Larsen (2001).

Nesta fase, a evolução morfodinâmica do perfil do Rio Mogi Guaçú estaria associada à dinâmica do curso do antigo canal do rio. Por volta de 7.750 anos AP., a migração lateral do rio estava aos poucos desligando o meandro que formou a Lagoa do Fundão do canal principal do rio. Como o meandro ainda tinha contato com o canal principal do rio nos momentos de cheia, o mesmo era inundado, trazendo como consequência a deposição de sedimentos e também erosão das margens, em função disso, as datações da Lagoa do Fundão estão em parte invertidas. Outro fato que merece atenção é que se observa a ausência de registro do intervalo entre 6.220 até 2.730 anos AP, que corresponde ás profundidades onde foram encontrados os pacotes sedimentares fora da sequencia temporal.

Os dados mostram que após 6.660 anos AP, começou um processo erosivo que possivelmente pode estar relacionado à migração do meandro, que não promoveu a deposição de sedimentos, mas erodiu a margem do canal e propiciou a re-deposicção de pacotes mais antigos no local, por mais de uma ocasião. Posteriormente, a partir de 2.730 anos AP, esses eventos erosivos não continuaram a acontecer e não influenciaram mais o registro da Lagoa do Fundão, possivelmente por o canal do rio se encontrar perto da sua posição atual, mais longe do canal abandonado do meandro.

Os eventos erosivos relativos ao intervalo de tempo de +- 6.000 a 3.000 anos AP. também foram constatados na EEJ, onde o Rio Mogi Guaçú marcou momentos de erosão e sedimentação constante para essa época (Souza *et al*., 2013).

Steuvax & Santos (1998) e Stevaux (2000), baseados em estudos palinológicos e faciológicos e na cronologia por ^{14}C, em depósitos associados ao Alto Rio Paraná, onde desagua o Rio Mogi Guaçú identificaram quatro momentos climáticos que ocorreram durante o Pleistoceno e Holoceno que contribuíram de forma significativa para a evolução desse sistema fluvial. Dentre estes quatro eventos, para fins de comparação, trataremos do segundo período, que é caracterizado por uma mudança para clima úmido, à aproximadamente 8.000 anos AP. Através

deste estudo, foi possível constatar que esse período gerou uma forte alteração no sistema hidrológico fluvial, permitindo a deposição de uma carga de fundo de areia fina a média. Esse clima mais úmido, encontrado para o Alto Rio Paraná por Steuvax & Santos (1998), pode ser aqui correlacionado com o Rio Mogi Guaçú, quando a 7.750 anos AP, as análises palinológicas, isotópicas e antracológicas indicam um clima mais úmido que o atual. Da mesma forma a presença de um intervalo de clima mais úmido poderia explicar a presença de episódios de erosão das margens que propiciaram a queda de pacotes de sedimentos previamente depositados como aqueles encontrados na Lagoa do Fundão.

Estágio MGII: 2.730 à aproximadamente 680 anos AP. Três Intervalos: *Lf2 - Lagoa do Fundão; Lp1 e Lp2 - Lagoa da Pedra.*

O conjunto polínico do Estágio MGII, com idade cerca de 2.730 anos AP, expressa um aumento significativo dos elementos do Cerrado em ambos os intervalos aplicados para este estágio (FIG. X). Na EEcMG, para este período, a *Mauritia* sp. apresentou valores percentuais menores que no estágio anterior, o que indica que este não era um elemento importante para a configuração deste intervalo e também uma possível mudança na composição florística da estação, antes composta por em sua maior parte por elementos de Mata Ripícola, marcando um momento mais úmido para a área. Os elementos de Cerradão mais proeminentes são *Gomphrena* sp., *Sebastiana* sp., e a presença de *Curatella* sp., marcador do Cerrado. O gênero *Ilex* sp. e *Podocarpus* sp., permanecem presente confirmando os grãos de pólen transportados de outra região para Mogi Guaçú.

A composição isotópica deste estágio indica um momento mais seco, com o predomínio de plantas C_3 (floresta). Os fragmentos de carvão obtiveram um aumento relevante em relação ao estágio anterior (Estàgio MGI), possivelmente, correlacionada com a implantação do Cerrado e um clima mais seco para a estação. Os fragmentos contados alcançaram tamanho superior a 200 μm, e pode ser inferidos como de origem extra local, como também ocorreu no Estágio I.

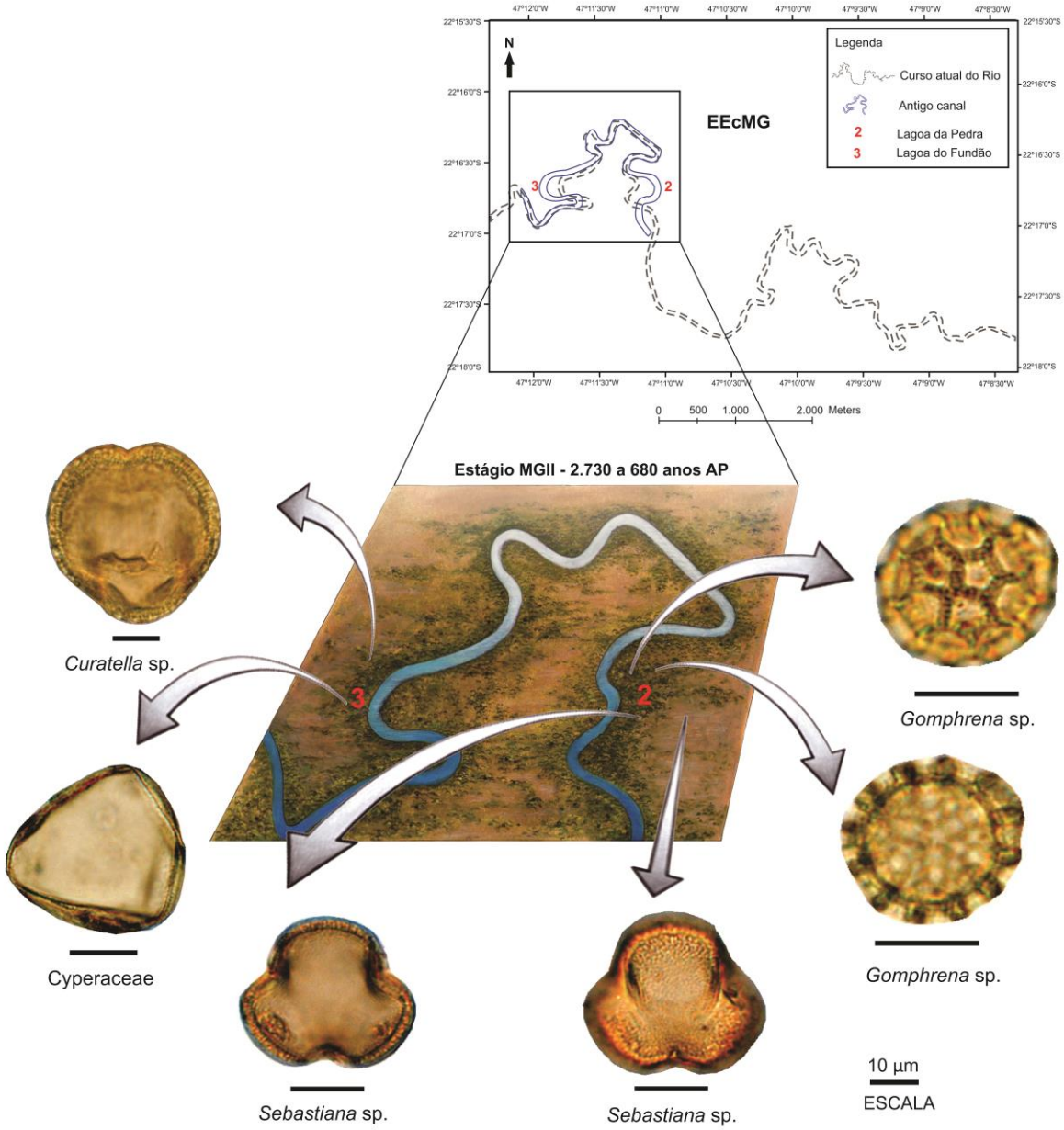


FIGURA 45. Representação esquemática do Estágio MGII-2.730 a 680 anos AP.

Fonte: Ariel Milani Martine

A partir de 2.730 anos AP, a EEcMG experimentou uma fase mais seca, dando mais estabilidade para a formação dos meandros da Lagoa do Catingueiro, Lagoa da Pedra e da Lagoa do Fundão, fato que foi salientado por Steuvax & Santos (1998) e Stevaux (2000), no Alto Rio Paraná, onde os autores afirmam ter ocorrido uma fase curta e mais seca, por volta de 3.500 a

2.500 anos AP, e caracteriza-se tanto por depósitos eólicos (Parolin & Stevaux, 2006), como também pelo abandono de inúmeros canais. Essa fase mais seca também pode ser observada na EEJ (Souza *et al*., 2013), Rio Mogi Guaçú, no período de 2.183 anos AP, confirmada pela presença de *Curatella* sp., *Byrsonima* sp. e *Caryocar* sp., indicando um momento mais seco para o Município de Luís Antônio (EEJ).

Estágio MGIII: 680 anos AP à hoje/atual. Três Intervalos: *Lc1/Lc2 – Lagoa do Catingueiro e; Lp3 – Lagoa da Pedra. Chuva Polínica atual.*

O Estágio MGIII, representa a vegetação dos dias atuais da EEcMG, entre aproximadamente 680 anos AP/hoje (FIG. 46). A diminuição dos tipos de Cerrado e, a volta de *Mauritia* sp., indica que a Mata Ripícola se manteve frequente em todos os estágios, ao contrário do que ocorreu com o Cerradão, que durante os últimos 7.750 anos AP. se alternou com momentos de maior predominância e ausência na EEcMG. Neste momento, os grãos de pólen alóctones/introduzidos são representados apenas por *Ilex* sp., onde há um significativo aumento de sua frequência, e o gênero *Podocarpus* sp., até então constante, esta ausente nos dias atuais.

As análises isotópicas desta fase indicam que a floresta esta presente, com predominância de plantas C_3 em todo estágio. Os dados antracológicos confirmam a ocorrência de incêndios, como nos estágios anteriores, reafirmando que o fogo sempre foi frequente durante todo Holoceno na EEcMG.

Nos dias atuais, a EEcMG passa por uma fase mais úmida, baseado nos dados palinológicos, e com predominância de plantas C_3 (floresta), o que corrobora com os resultados do Alto Rio Paraná, de acordo com Steuvax & Santos (1998) e Stevaux (2000) para esta data, que reforça a hipótese de uma mudança para clima mais úmido nos dias atuais.

9.3 Discussão e comparação com outros estudos

Com base nas análises paleoambientais feitas a partir dos estágios caracterizados (MGI, MGII E MGIII), foi possível realizar comparações dos dados paleoambientais obtidos na EEcMG com resultados advindos de trabalhos palinológicos, isotópicos e antracológicos de outras áreas. Para este fim, foram utilizados sete trabalhos desenvolvidos em áreas de Cerrado e Mata Atlântica para o Brasil, a saber, Estudos Paleoambientais na EEJ, desenvolvidos por Souza *et al*. (2013); Alto Rio Paraná (SP), estudado por Steuvax & Santos (1998) e Stevaux (2000) Vereda do Chapadão dos Gerais (Buritizeiro, MG), estudos feitos por Cassino & Meyer (2013); Trabalhos realizados por Salgado-Labouriau (1997) localizados no Brasil Central; Análises paleoambientais feitas em Águas Emendadas, MG, por Barberi *et al*., (2000); Estudos paleoambientais no Sul do Amazonas, interpretados por Vidotto *et al.* (2007); análises isotópicas realizadas por Pessenda *et al.* (2005) na Lagoa do Caçó (MA) e; estudos feitos no Alto Rio Paraná realizados Steuvax & Santos (1998) e Stevaux (2000).

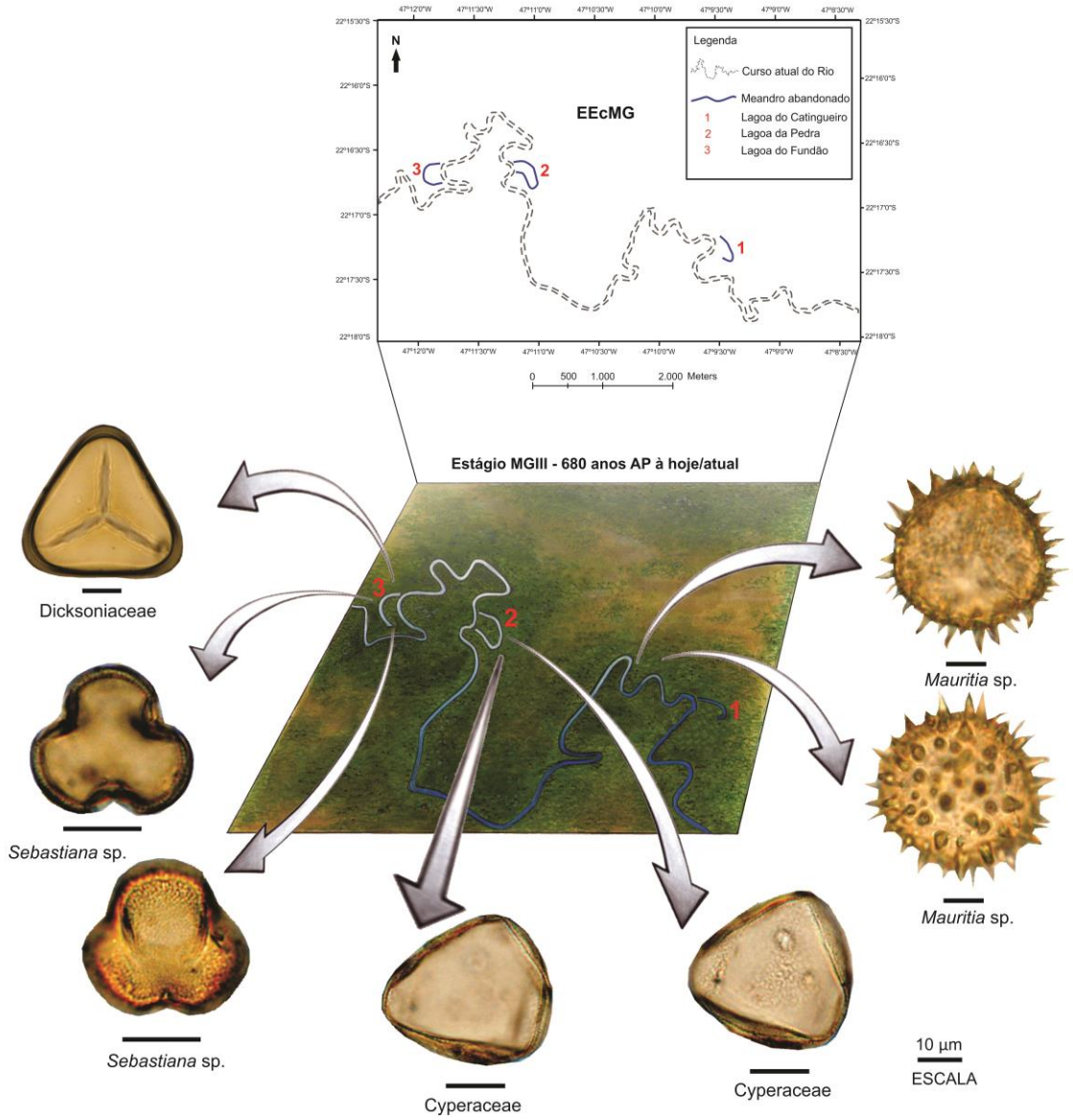


FIGURA 46. Representação esquemática do Estágio MGIII-680 anos AP à hoje/atual.

Fonte: Ariel Milani Martine

No Estágio MGI, cerca de 7.750 a 2.730 anos AP, a EEcMG experimentou um clima mais úmido que os dias atuais, com predominância de especies de Mata Ripícola, representados por *Mauritia* sp. e Cyperaceae, com ocorrência de paleoincêndios ao longo de todo intervalo. Corroborado pelos valores de $\delta^{13}C$ em torno de -22 a -18, que retratam a predominância de uma transição de plantas C_3 (floresta) e C_4 (campo). Steuvax & Santos (1998) e Stevaux (2000),

baseados em estudos palinológicos e faciológicos, em depósitos associados ao Alto Rio Paraná, identificam um momento mais úmido para a área, à aproximadamente 8.000 anos AP., onde foi possível verificar que nesse período ocorreu uma forte alteração no sistema hidrológico fluvial da área, que podem ter sido influenciados por eventos de alta energia do rio, possivelmente de origem global ou regional. Essa fase mais úmida pode ser identificada também na EEJ (SP), onde as análises palinologicas e isotópicas realizadas na área confirmam a presença de um clima mais úmido para época.

Cassino & Meyer (2013), em estudo para a Vereda do Chapadão dos Gerais (Buritizeiro, MG), entre 8.830 a 6.320 anos AP, concluem que as oscilações climáticas ocorridas na área, registram a predominância de um clima úmido e quente, gerando a transformação de um pequeno lago, desenvolvendo Matas de Galerias Inundáveis no entorno do lago.

Estudos realizados no Brasil Central, Salgado-Labouriau (1997), entre aproximadamente 7.000 e 6.000 anos AP, afirma que brejos e pântanos começaram a se formar nessa região, onde o clima era quente a semi-úmido, demonstrada pela grande expressividade do gênero *Mauritia* nas assembleias palinológicas.

Condições climáticas similares foram também encontradas na área nuclear dos Cerrados, em Águas Emendadas, MG, onde, através da presença de *Mauritia,* caracteriza-se a instalação da vereda, confirmando para essa região, condições úmidas e temperaturas elevadas entre 7.200 e 6.300 anos AP (Barberi *et al*., 2000).

Após 6.660 até 2.730 anos AP, a EEcMG passou por eventos que podem estar relacionados à migração do canal do Rio Mogi Guaçú, propiciando a re-deposicção de pacotes mais antigos no local, por mais de uma ocasião. Posteriormente, a partir de 2.730 anos AP, se esses eventos erosivos continuaram a acontecer, não influenciaram mais o registro da Lagoa, possivelmente por o canal do rio se encontrar perto da sua posição atual, mais longe do canal abandonado do meandro. Essa fase erosiva pode ser encontrada também na EEJ, fato demonstrado pela ausência ou má preservação dos palinomofos para este período. Apesar de estas condições locais terem sido importantes no desenvolvimento da Mata Ripícola na EEcMG, pode-se afirmar que estas foram influenciadas por mudanças de nível global ou regional.

Em 2.730 anos AP. (Estágio MGII), uma fase mais seca volta a prevalecer na EEcMG, evidenciada pelo aumento de elementos de Cerrado na EEcMG para este período como *Gomphrena* sp., *Sebastiana* sp., e a presença de *Curatella* sp, no entanto, a *Mauritia* sp. apresentou valores percentuais menores que no estágio anterior, indicando que este não era um elemento importante deste período e também uma possível mudança na composição florística da estação, antes composta por uma mistura de vegetação de Mata Ripícola e Cerradão. A análise isotópica confirma a presença esse clima mais seco demonstrado por valores de $\delta^{13}C$ característicos de plantas C_3 (floresta), representando o Cerradão. O fogo ainda é predominante, porém, com maior frequência que no intervalo anterior. Fato que foi salientado por Steuvax & Santos (1998) e Stevaux (2000), no Alto Rio Paraná, onde os autores afirmam ter ocorrido uma fase curta e mais seca, por volta de 3.500 a 2.500 anos AP. Na EEJ também é sentida essa fase, expressada por um grande número de elementos de Cerrado como a *Curatella* e *Caryocar* (Souza *et al*., 2013).

De 2.730 anos AP, até os dias atuais, aqui representado pelo Estágio MGIII, observa-se o aumento da umidade, com a volta de *Mauritia* e diminuição dos tipos do Cerrado, concluindo que a Mata Ripícola se manteve presente durante todo o Holoceno na EEcMG, mesmo se alternando com o Cerrado, a Mata Ripícola sempre se mostrou constante. Através de estudos paleoambientais no Sul do Amazonas, à aproximadamente 3.000 anos AP, feitos por Vidotto *et al.,* (2007), pode-se concluir a partir das análises isotópicas o predomínio das plantas C_3, que foi interpretado como uma expansão da vegetação da floresta sobre a savana, associada a um provável clima mais úmido para a região, semelhante ao atual.

Esse cenário vegetacional pode ser observado também na Lagoa do Caçó (MA), onde de 3.000 anos AP até o presente, as análises isotópicas apontaram um empobrecimento isotópico do $\delta^{13}C$ do solo em vários pontos na área de estudo, compreendido como uma expansão da floresta sobre o Cerrado, devido ao retorno a um clima mais úmido e similar ao presente (Pessenda *et al*., 2005).

10 Considerações finais

Os resultados da análise palinológica, isotópica e antracológica da EEcMG, através do estudo de três testemunhos obtidos num transepto ao longo da estação, associados a dinâmica fluvial do Rio Mogi Guaçú, permitiram compor as condições paleoambientais entre 7.750 anos AP até os dias atuais para a área de estudo.

As análises quantitativas e qualitativas recuperadas dos três testemunhos estudados, corroboraram para inferir que a EEcMG durante o Holoceno, registrou alternância de clima mais seco a mais úmido, que pode ter sido influenciadas por eventos globais e regionais de maior ou menor energia, associados a dinâmica fluvial da Bacia do Rio Mogi Guaçú.

A aproximadamente 7.750 anos AP, a EEcMG passou por uma fase climática mais úmida que a atual, possibilitando o desenvolvimento da Mata Ripícola, indicado pela presença de *Mauritia* sp. Os elementos do Cerrado não são tão representativos, e os dados isotópicos expressam valores entre -22 a -18 $\delta^{13}C$, caracterizando uma transição entre a floresta e o campo.

Neste momento, a dinâmica fluvial do Rio Mogi Guaçú, estaria influenciada por um momento de maior energia, associada a processos erosivos que possivelmente podem estar relacionados à migração do canal do rio, que não promoveu a deposição de sedimentos, mas erodiu a margem do canal e propiciou a re-deposicção de pacotes mais antigos no local, por mais de uma ocasião.

Este evento pode ser confirmado na EEJ (Souza *et al*., 2013), onde o Rio Mogi Guaçú marcou momentos de erosão e sedimentação constante para essa época e também, estudos realizados por Steuvax & Santos (1998) e Stevaux (2000), no Alto Rio Paraná, concluem que à aproximadamente 8.000 anos AP., o Alto Rio Paraná passou por uma fase mais úmida, e foi possível constatar que esse período gerou uma forte alteração no sistema hidrológico fluvial da área. O estágio MGI é estabelecido, portanto, por um clima mais úmido, possivelmente de origem global ou regional.

Por volta de 3.000 anos AP, observa-se um aumento dos elementos do Cerrado, como o aparecimento de *Curatella* sp. e diminuição de *Mauritia* sp. na EEcMG, estabelecendo um clima mais seco para EEcMG, se comparado ao estágio anterior. Aqui, a composição isotópica o predomínio de plantas C_3 (floresta).

Estudos no Alto Rio Paraná, realizados Steuvax & Santos (1998) e Stevaux (2000), também marcaram essa alternância de um clima úmido para uma fase mais seca na região, por volta de 3.500 a 2.500 anos AP.

Portanto, esta fase representa um momento mais estável para EEcMG, onde propiciou a formação dos meandros e seu desligamento com o canal principal do rio.

No período entre aproximadamente 310 e 105 anos AP., a umidade aumenta na região, com a permanência de *Mauritia* sp., e mesmo com o aumento dos tipos de Cerrado, indicando que a Mata Ripícola se manteve presente em todos os estágios, ao contrário do Cerradão, que durante os últimos 7.750 anos AP., experimentou fases de expansão e contração. As análises isotópicas indicam que a floresta permanece presente, com predominância de plantas C_3 (floresta) em relação às plantas C_4 (campo).

A chuva polínica atual das três lagoas indica que os elementos de Mata Ripícola são predominantes aos elementos de Cerrado, como a presença de *Mauritia* sp. e a abundância de esporos que confirma esse tipo de vegetação dominante para os dias atuais. Dessa forma, a EEcMG, passa por uma fase mais úmida, com base nos dados palinológicos, e com predominância de plantas C_3 (floresta). Este fato também é mostrado pelo registro do Alto Rio Paraná para esta data, que reforça a hipótese de uma mudança para clima mais úmido nos dias atuais, e que pode ser considerada como o início das condições climáticas modernas.

Fragmentos de carvão foram encontrados em todos os testemunhos estudados e, através da análise quantitativa e qualitativa dos mesmos, pode-se deduzir que a origem do fogo seja possivelmente de origem local e extra local. Com base nos resultados obtidos é possível definir que não há correlação entre o número de fragmentos de carvão encontrados e a profundidade de coleta da amostra. A definição dos fragmentos quanto ao seu tipo botânico não pode ser confirmada, pois a maioria deles obteve tamanho inferior a 3 mm, dificultando sua identificação.

A análise em MEV foi importante no sentido de colaborar na confirmação dos fragmentos como sendo oriundos de carvões, onde foi possível apontar algumas características anatômicas da estrutura de lenho, como elementos de vaso, ponteaduras e campos de cruz. Desta forma, assumindo o fragmento de carvão fóssil como prova direta da ocorrência do fogo, é legítimo assegurar que paleoincendios vegetacionais ocorreram durante todo o Holoceno na EEcMG.

Por fim, conclui-se que os eventos climáticos relacionados à mudança da vegetação na EEcMG durante o Holoceno, como também da dinâmica fluvial do Rio Mogi Guaçú, corroborada pelos estudos feitos por Steuvax & Santos (1998) e Stevaux (2000) no Alto Rio Paraná e Souza *et al*., (2013) na EEJ, confirmam que os momentos de erosão e sedimentação marcados na EEcMG pelas análises paleoambientais, podem ter sido influenciados por eventos de alta energia e de origem global ou regional ocorridas no Alto Rio Paraná, e que como consequência desses os meandros mudaram constantemente de posição ao longo da planície, através do processo de erosão e deposição das suas margens, ocasionando em alguns momentos a não preservação de palinomorfos.

O conhecimento e estudo da dinâmica fluvial e mudança paleoambiental destas áreas alagadas, durante o Holoceno, tem avançado significativamente. Contudo, a riqueza, complexidade e tamanho destas bacias fazem com que as informações coletadas até os dias atuais ainda sejam pioneiras (Latrubesse *et al*., 2005). A aplicação de estudos multi *proxy* ambientais, como a utilização das técnicas isotópicas (^{12}C, ^{13}C e ^{14}C) e estudo quantitativo e qualitativo dos fragmentos de carvão depositados nos sedimentos, auxiliados pela análise palinológica, são fundamentais para o entendimento e interpretação mais efetiva das oscilações climáticas e vegetacionais no decorrer do Quaternário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Absy M.L. 1975. Pólen e esporos do Quaternário de Santos (Brasil). *Hoehnea*, p.**5:** 1-26.

Aguiar L.M.S., Camargo A.J.A. 2004. *Cerrado: ecologia e caracterização*. Planaltina-DF/: Embrapa cerrados. Brasília, 249 p.

Ávila L.R., Bauermann S.G. 2001. Espectros de precipitação polínica durante as estações de outono-inverno no Município de Novo Hamburgo Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisa Botânica*, **51:** 51-58.

Balabram P.R. 2007. *Utilização de indicador geomorfológico para fixação de medidas de controle de cheias em áreas urbanas estudo de caso: Brasília – DF*. Dissertação (Mestrado) - UFMG, Belo Horizonte, 87 p.

Barberi M., Salgado-Labouriau M. L., Suguio K., Martin L., Turcq B. and Flexor J. M. 1995. Análise palinológica da vereda de Águas Emendadas (DF). *Vth* Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.

Barberi M., Salgado-Labouriau M.L., Suguio K., Martin L., Turq B. 2000. Paleovegetation and Paleoclimate of "Vereda de Águas Emendadas", DF, Central do Brazil. J.S. Am. *Earth Sci*., **13:**241-254. dói: 10.1016/S0895-9811(00)00022-5.

Mapas Florestais do Estado de São Paulo. Sistema de Informações Florestais do Estado de São Paulo. 10/09/2014. Disponível em: http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/estadosaopaulo/mogiguacu.pdf?opcoes=estadosaopaulo%2Fmogiguacu.pdf.Behling H. 1995. A high resolution Holocene pollen record from Lagoudf do Pires, SE Brazil: Vegetation, climate and fire history. *Journal of Paleolimnology*, **14:** 253±268 p.

Boutton T.W. 1996. Stable carbono isotopes rations of natural materials. II. Atmospheric, terrestrial, marine and freshwater environmental. In: Coleman D.C., Fry B. (Ed). *Carbon isotopoes techniques*. New York: Academic Press, p.

Byrnes M.E. 1994. *Field sampling methods for remedial investigations*. Boca Raton – Florida: CRC Press, Inc, 344 p.

Carreira L.M.M. & Barth O.M. 2003. *Atlas de Pólen da Vegetação de Canga da Serra de Carajás*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 112.

Carreira L.M.M., Silva M. F., Lopes J.R.C., Nascimento L.A.S. 1996. *Catálogo de Pólen das Leguminosas da Amazônia Brasileira*. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 137.

Carvalho I.S (Ed.). 2011. Paleontologia: Microfósseis e Paleoinvertebrados. In: Carvalho I.S. *Palinologia*. Volume 2, 3a. Edição, Rio de Janeiro: Interciência, p.181-193.

Cassino R.F. & Meyr K.E.B. 2013. Reconstituição paleoambiental do Chapadão dos Gerais (Quaternário Tárdio) a partir da análise palinológica da Vereda Laçador, Minas Gerais, Brasil. Rev. *Brasileira de. Paleontologia*. **16**(1):127-146, Janeiro.

Cassino R.F. 2011. *Reconstituição da Vegetação e do clima do Chapadão dos Gerais durante o Holoceno, a partir da análise palinológica da Vereda Laçador*. Disertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais 200 p.

Catharino E.L.M. 1989. *Estudos fisionômico-florísticos e fitossociológicos em matas residuais secundárias no Município de Piracicaba, SP*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 181 p.

Clark J. S. & Patterson W. A. 1997. Background and local charcoal in sediments: scales of fire evidence in the paleorecord. In: Clark J. S., Cachier H., Goldammer J. G. & Stocks B. (eds.) *Sediment Records of Biomass Burning and Global Change*. NATO ASI Series 1: Global Environmental Change, vol. 51, Springer (Berlin): 23–48.

Clemente C.A. 1998. Relações Geológia e Solos no Estado de São Paulo. Apostila. 42p.

Cloern J.E., Canuel E.A., Harris D. 2002. Stable carbon and nitrogen isotope composition of aquatic and terrestrial plants of the San Francisco Bay estuarine system. *Limnology Oceanografy*, Grafton, **47:**713–729.

Cohen J. 1988. Statistical power analysis for the behavioral sciences. *Hillsdale*, NJ, Erlbaum. p.274-406.

Colinvaux P., De Oliveira P.E., Patiño J.E.M. 1999. *Amazon Pollen Manual and Atlas.* Harwood Academic Publishers. The Netherlands. 332 pp.

Cour P. 1974. Nouvelle techniques de detection des flux et des retombées polliniques: étude de la sedimentation des pollens et des spores a la surface du sol. *Pollen et Spores*, XVI: p. 103 – 141.

De Oliveira P.E, Barreto A.M.F., Suguio K. 1999. Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fóssil dunes of the middle São Francisco River. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol*. **152:**319-337.

De Oliveira P.E. 1992. *A Palynological record of the Late Quaternary Vegetational and Climatic Change in Southeastern Brazil.* Unpublished Thesis, Ohio State University, 242 p.

De Oliveira P.E., Behling H., Ledru M-P., Barberi M., Bush M., Salgado-Labouriau M.L., Garcia M.J., Medeanic S., Barth O.M., Barros M.A., Scheel-Ybert R. 2005. Paleovegetação e Paleoclimas do Quaternário do Brasil. In: Souza C.R.G., Suguio K., Oliveira A.M.S., De Oliveira P.E. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, Editora, p.52-69.

Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçú – "Relatório Zero". 1999. 252 p.

Durigan G. 1994. *Florística, fitossociologia e produção de folhedo em matas ciliares da Região Oeste do Estado de São Paulo*. Campinas. Tese de Doutorado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 149 p.

Durigan G., Ratter J.A., Bridgewater S., Siqueira M.F. & Franco G.A.D.C. 2003. Padrões fitogeográficos do cerrado paulista sob uma perspectiva regional. *Hoenea*, 30: 39-51.

Eiten G. 1963. Habitat flora of Fazenda Campininha, São Paulo, Brazil. In: Ferri M.G. (Coord.). *Simpósio sobre o Cerrado*. São Paulo: Edgard Blucher e EDUSP, p. 157-202.

Erdtman G. 1952. *Pollen Morphology and plant taxonomy: Angiosperms*. Almqvist & Wiksell, Stockholm, p. 538.

Faegri K. & Iversen J. 1989. *Textbook of Pollen Analysis*. John Wiley & Sons New York, 328 p.

Ferraz-Vicentini K.R. & Salgado-Labouriau M.L. 1996. Palinological Analysis of a Palm Swamp in Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 9(3/4): 207-219. dói: 10.1016/0895-9811(96)00007-7.

Figueiredo Filho D.B. & Silva Júnior J.A. 2009. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson. *Revista Política Hoje*, Vol. 18, n. 1.

França A. B. & Potter P. E. 1988. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do Grupo Itararé (Permocarbonífero), Bacia do Paraná (Parte 1). Boletim de Geociências da PETROBRAS, Rio de Janeiro, v. 2, n.2-4, p. 147-191.

Gandolfi N. 1971. Investigações sedimentológicas, morfométricas e físico-químicas nas bacias do Mogi Guaçu, do Ribeira de Iguape e do Peixe. *Boletim de Geologia* - EESC/USP, v. 14, p. 1-108, 1971.

Gouveia S.E.M., Pessenda LCR., Boulet R., Aravena R., Scheel-Ybert R. 1999. Isótopos do carbono dos carvões e da matéria orgânica do solo em estudos de mudança de vegetação e clima no Quaternário e da *taxa* de formação de solos no Estado de São Paulo. *Anais da Acadêmia Brasileira de Ciências*. **71** (4-II), 11 p. dói: 10.1016/0895-9811(96)00007-7.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). 1981. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*. São Paulo: IPT.

Latrubesse E.M., Stevaux J.C., Santos M.L., Assine M.L. 2005. Grandes sistemas fluviais: Geologia, Geomorfologia e Paleohidrologia. In: Souza C.R.G., Suguio K., Oliveira A.M.S., Oliveira P.E. (Orgs). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Editora Holos, p. 276-297.

Ledru M. P., Salgado-Labouriau M. L., Lorscheitter M.L. 1998. Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10,000 year B. P. Rev. *Palaeobotany and Palynology*, 99, 131 – 142.

Ledru M.P. 2002. Late Quaternary history and evolution of the Cerrados as revealed by palynological records. In Oliveira, PS & Marquis, R.J. (Eds). *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York: Columbia University Press. 33-52 p.

Ledru M.P., Campello R.C., Landim D., Dominguez J.M., Martin L., Mourguiaat P., Sifeddine A., Turcq B. 2001. Late-Glacial cooling in Amazonia inferred from pollen at Lagoa do Caçó, Northern Brazil. *Quaternary Research*, v.55, p.47-56.

Libby W. F. 1955. Radiocarbon Dating. In: Flint R. F. &. Deevey E.S.Jr. (Eds.). Chicago, 2nd Ed., University of Chicago Press, *American Journal of Science*, Radiocarbon Sup-plement, Vol. **I** (1959), 218 pp.

Lima C.M. 2008. *Dinâmica da vegetação e inferências climáticas no Quaternário Tardio na região da Ilha de Marajó (PA), empregando os isótopos do carbono (^{12}C, ^{13}C, ^{14}C) da matéria orgânica de solos e sedimento.* Dissertação de Mestrado, Centro de Energia Nuclear de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Estadual de São Paulo, 182 p.

Lima-Ribeiro M.S. & Barberi M. 2005. Análise Palinológica: fundamentos e perspectivas na pesquisa arqueológica. *Habitus*, Goiânia, v.3, n.2, p. 261-290.

Mantovani W. 1990. A dinâmica da floresta na encosta atlântica. Anais do II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: estrutura, função e manejo. *ACIESP*, São Paulo, v**.1:**304-313.

Markgraf V. & D'Antony K.L. 1978. *Pollen Flora of Argentina*. *The University of Arizona Press*, Tucson-Arizona. p. 208.

Melhem T.S.A., Cruz-Barros M.A.V., Corrêa A.M.S., Makino-Watanabe H., Silvestre-Capelato M.S.F., Esteves V.L.G. 2003. *Variabilidade Polínica em Plantas de Campos do Jordão, São Paulo*. Brasil Periódicos, Instituto de Botânica, Secretária do Meio Ambiente, São Paulo, Brasil, 104 p.

Meyers P. A. 1994. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. *Chemical Geology,* 114: 289-302.

Milani E.J., Melo J.H.G., Souza P.A., Fernandes L.A., França A.B. 2007. Bacia do Paraná. In: Milani E.J., Rangel H.D., Bueno G.V., Stica J.M., Winter W.R., Caixeta J.M., Pessoa Neto

O.C. (Eds.). *Bacias Sedimentares Brasileiras - Cartas Estratigráf*icas. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, **15**(2): 265-287.

Montovani W. 1983. *Composição e similiaridade florística, fenologia e spectro biológico do Cerrado na Reserva Biológica de Mogi-Guaçú, Estado de São Paulo. Campinas*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 147 p.

Neto J.L. & Nery J.T. 2005. Variabilidade e Mudanças Climáticas no Brasil e seus impactos regionais. In: Souza C.R.G., Suguio K., Oliveira A.M.S., Oliveira P.E. (Orgs). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Editora Holos, p. 28-51.

Neto S.R., Godoi J.V., Villagra B.L.P., Almeida-Scabbia R.J., Fiuza de Melo M.M.R. 2012. Caracterização florística, fitossociológica e fenológica de trepadeiras de mata ciliar da Fazenda Campininha, Mogi Guaçu, SP, Brasil. *Hoehnea* **39**(1): 145-155.

Neves P.C.P. 1998. *Palinologia de sedimentos quaternários no estado do Rio Grande do Sul, Brasil: Guíba e Capão do Leão*. Tese de doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 513 p.

Parolin M. & Stevaux J.C. 2006. Dry climate and eolian dune formation in the Middle Holocene in Mato Grosso do Sul State, Central West Brazil. *Zeitschrift für Geomorphologie*. Supplementband, v. 145, p. 177-190.

Passos M.J. 1998. *Estrutura da vegetação arbórea e regeneração natural em resmanecentes de Mata Ciliar do Rio Mogi Guaçú-SP.* Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciências, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 68 p.

Perrota M.M., Salvador E.D., Lopes R.C., D'Agostino Z.L., Peruffo N., Gomes S.D., Schs L.L.D., Meira V.T., Garcia M.G.M., Lacerda FILHO J.V. 2005. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.00*0. Programa Geologia do Brasil – PGB, CPRM-São Paulo.

Pessenda L.C.R., Gouveia S.E.M., Aravena R. 2001. Radiocarbon dating of total soil organic matter and humin fraction and its comparison with ^{14}C ages of fossil *charcoal*. *Radiocarbon*, **43**(2B): 595-601.

Pessenda L.C.R., Gouveia S.E.M., Freitas H.A., Ribeiro A.S., Aravena R., Bendassolli J.A., Ledru M-P., Sifeddine A., Scheel-Ybert R. 2005. Isótopos do carbono e suas aplicações em estudos paleoambientais. In: Souza C.R.G., Suguio K., Oliveira A.M.S., De Oliveira P.E. (Eds). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos Editora, p. 75-93.

Pessenda L.C.R., Ribeiro A.S., Gouveia S.E.M., Aravena R., Boulet R., Bendassoli J.A. 2004. Vegetation dynamics during the Late Pleistocene in the Barreirinhas region, Maranhão state northeastern Brazil, based on carbon isotopes in soil organic matter. *Quat. Res*. **62:** 183-193.

Pessenda L.C.R., Valência E.P.E., Camargo P.B., Telles E.C.C., Martinelli C.A., Cerri C.C., Aravena R., Rosanski K. 1996. Natural radiocarbon measurements in Brazilian soils developed on basic rocks. *Radiocarbon*. **38**(2): 203-8.

Peterson B.J. & Fry B. 1987. Stable Isotopes in Ecosystem Studies. *Ann. Rev. Ecol*. Syss. **18:** 293-320.

Pinto M.M., Giudice Neto J., Del Batista E.A., Toledo Filho D.V., Mota I.S. 1997. Vegetação nativa das unidades de conservação e produção de Mogi-Guaçú. In: *Coletânea de trabalhos do Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação.* Secretária do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo.

Prado L. F., Wainer I., Chiessi C. M., Ledru M.-P., Turcq B. 2013. A mid-Holocene climate reconstruction for eastern South America. *Clim. Past*, **9,** 2117–2133. doi:10.5194/cp-9-2117-2013.

Ribeiro J.F. & Walter B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano S.M., Almeida S.P., Ribeiro J.F. *Cerrado: Ecologia e Flora*. Embrapa Cerrados. Brasília, DF. v1., p 153-212.

Roubick D.W. & Moreno J.E. 1991. *Pollen and Spores of Barro Colorado Island*. Missouri Botanical Garden. 268 p.

Sachs L.L.B., Batista I.H.B., Silva V.A. 2005. *Mapas de Recursos Minerais do Estado de São Paulo – Integração na escala 1:750.000.* Programa Geologia do Brasil – PGB, CPRM, São Paulo.

Salgado-Labouriau M. L. 1994. *História ecológica da Terra*. São Paulo: E. Bücher, 307 p.

Salgado-Labouriau M.L. & Ferraz-Vicentini K.R. 1994. Fire in Cerrado 32.000 years ago. *Current research in the Pleistocene*, v.**11**, 85-87 p.

Salgado-Labouriau M.L. 1961. Pollen grains of plants of the "Cerrado" I. 53 An. *Acad. Brasil. Cienc*. 33 **(1):** 119-130.

Salgado-Labouriau M.L. 1973. *Contribuição à Palinologia dos Cerrados.* Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 291.p.

Salgado-Labouriau M.L. 1997. Late Quaternary Paleoclimate in the savannas of South América. *Journal of Quaternary Sciences*, **12** (5), 371-379 p.

Salgado-Labouriau M.L. 2007. *Critérios e Técnicas para o Quaternário*. Ed: Blücher, São Paulo, 404 p.

Salgado-Labouriau M.L., Casseti V., Ferraz-Vicentini K.R., Martin L., Soubiès F., Suguio K., Turcq B. 1997. Late Quaternary vegetational and climatic changes in Cerrado and palm swamp from Central Brazil. *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeocolog*y, v. 128, 215-226 p. PII: S0031-0182(96)00018-1.

Sano S.M., Almeida S.P., Ribeiro J.F. 2008. *Cerrado: Ecologia e Flora*. Embrapa Cerrados. Brasília, DF. 2v., 1.279 p.

Scheel, R., Gaspar M. D., Ybert J.P. 1996. A anatomia dos carvões pré-históricos. Arqueologia encontra respostas em restos de fogueiras e incêndios florestais. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 122, p. 66-69.

Sema-Secretária de Estado do Meio Ambiente. 1997. *Cerrado: Bases para conservação e uso sustentável das áreas de Cerrado do Estado de São Paulo*. – São Paulo: Secretária de Estado do Meio Ambiente, Série PROBIO/SP, 113 p.

Silva C.I., Ballesteros P.L.O., Palmero M.A., Bauermann S.G., Evaldt A.C.P., Oliveira P.E. 2010. *Catálogo Polínico: Palinologia Aplicada em estudos de conservação de abelhas do gênero Xylocopa no Triângulo Mineiro*. Uberlândia: EDUFU, 154 p.

Silva J. M. C. 1995. Birds of the Cerrado Region, South America. *Steenstrupia* **21**: 69-92.

Souza C.R.G., Suguio K., Oliveira A.M.S., Oliveira P.E. 2005. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos Editora, 328 p.

Souza M.M., Ricardi-Branco F., Jasper A., Pessenda L.C.R. 2013. Evolução Paleoambiental Holocênica da porção Nordeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*. **16**(2):297-308. doi: 10.4072/rbp.2013.2.10.

Stevaux J.C. & Santos M.L. 1998. Palaeohidrohydrological changes in the upper Paraná river, Brazil, during the late Quaternary: a facies approach. In: Benito G., Baker V.R., Gregory K.J. (Eds). *Palaeohidrology and environmmental changes*. London: John Wiley and Sons. p.273-285.

Stevaux J.C. 2000. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the Upper Paraná River: correlation with NE Argentina and South Central Brazil. *Quaternary International*, v.72, p.73-85.

Suguio K. 2005. Introdução. In: Souza C.R.G., Suguio K., Oliveira A.M.S., Oliveira P.E. (Orgs). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Editora Holos, p. 21-27.

Suguio K. 2010. As mudanças paleoclimáticas durante o Quaternário tardio no Brasil. In: Suguio K. 2010. (Org.). *Geologia do Quaternário e mudanças ambientais.* São Paulo: oficina de textos, p.159-179.

Toledo Filho D.V. 1984. *Composição florística e estrutura fitossociológica da vegetação de cerrado no município de Luís Antônio, SP*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 173 p.

Vidotto E., Pessenda L. C..R., Ribeiro A.S., Freitas H.A., Bendassolli J.A. 2007. Dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos. *Acta Amazonica*, 37: 385-400.

Whelan R.J. 1995. *The ecology of fire*. Cambridge, University Press, 360 p.

Whitlock C. & Larsen C. 2001. *Charcoal* as a Fire *Proxy*. In:. Smol J.P., Birks H. J. B., Last W. M. (Eds.). *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*. Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Wicader R., Monroe J.S. 2009. Tempo Geológico: Conceitos e Princípios. In: Wicader R., Monroe J.S. (Org). *Fundamentos de Geologia*. São Paulo: Cengage Learning, p. 387-408.

Zalán P.V., Wolff S., Conceição J.C., Marques A., Astolfi M.A.M, Vieira I.S., Appi V.T. 1990. Bacia do Paraná. In: O*rigem e evolução de Bacias Sedimentares*. Petrobrás, Rio de Janeiro, p. 135-164.

Zancopé M.H.C. 2008. *Análise morfodinâmica do Rio Mogi Guaçu*. Tese de Doutorado. Programa de Póe-Graduação em Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 111 p.

Zancopé M.H.C., Perez-Filho A., Carpi Jr. 2009. Anomalias no Perfil Longitudinal e migração dos meandros do Rio Mogi Guaçu. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.10, n.1, p.31-42.

ANEXO I

TABELA 16. Lista de vegetação atual da EEcMG

Família	Nome científico	Hábito	Chuva polínica
Acanthaceae	*Mendoncia velloziana*	Herbáceo	
Amaranthaceae	*Gonphrena virgata*	Herbáceo	X
Anacardiaceae	*Anacardium humile*	Arbóreo	
Annonaceae	*Annona crassiflora*	Arbóreo	
Apiaceae	*Hancornia speciosa*	Herbáceo	
Aquafoliaceae	*Ilex cerasifolia*	Arbóreo	
Araliaceae	*Dendropanax cuneatus*	Arbóreo	X
Arecaceae	*Euterpe edulis*	Arbóreo	X
Aristolochiaceae	*Aristolochia labiata*	Herbáceo	
Asteraceae	*Eupatoruim* molissimum	Herbáceo	X
Begoniacae	*Begonia cucullata*	Herbáceo	
Bignoniacae	*Jacaranda decurrens*	Herbáceo	
Bixaceae	*Cochlospermum regium*	Herbáceo	
Boraginaceae	*Cordia superba*	Arbóreo	
Bromeliaceae	*Dyckia linearifolia*	Herbáceo	
Burseraceae	*Protium brasiliense*	Arbóreo	

Cannabaceae	*Trema micrantha*	Arbóreo	
Caryocaraceae	*Caryocar brasiliense*	Arbóreo	
Caryophyllaceae	*Polycarpaea corymbosa*	Herbáceo	
Celastraceae	*Maytenus gonoclada*	Arbóreo	
Chrysobalanaceae	*Licania humilis*	Arbóreo	
Cluciaceae	*Kielmeyera coriácea*	Arbóreo	
Combretaceae	*Terminalia argentea*	Arbóreo	
Commelinaceae	*Commelina erecta*	Herbáceo	
Connaraceae	*Connarus suberosus*	Arbóreo	
Convolvulaceae	*Ipomoea Alba*	Herbáceo	
Cucurbitaceae	*Melancium campestre*	Herbáceo	
Cunoniaceae	*Lamanonia ternata*	Arbóreo	
Cyperaceae	*Cyperus ferax*	Herbáceo	X
Dileniaceae	*Davilla rugosa*	Arbóreo	
Dioscoreaceae	*Dioscorea dentatus*	Herbáceo	
Ebenaceae	*Diospyros híspida .*	Arbóreo	
Erythroxylaceae	*Erythroxylum tortuosum*	Arbóreo	
Euphorbiaceae	*Euphorbia subemarginatus*	Herbáceo	X
Euphorbiaceae	*Sebastiania Commersoniana*	Arbóreo	

Fabaceae-Caesalpinioideae	*Cassia flexuosa*	Herbáceo	
Fabaceae - Cercideae	*Bauhinia rufa*	Arbóreo	
Fabaceae - Faboideae	*Dalbergia brasiliensis*	Arbóreo	
Fabaceae-Mimosoideae	*Mimosa rixosa*	Herbáceo	X
Gentianaceae	*Calolisianthus speciosus*	Herbáceo	
Lamiaceae	*Hyptis virgata*	Herbáceo	X
Lauraceae	*Nectandra mollis*	Arbóreo	
Lythraceae	*Cuphea thymoides*	Herbáceo	
Malpighiaceae	*Byrsonima variabilis*	Arbóreo	X
Malvaceae	*Pavonia speciosa*	Herbáceo	X
Melastomataceae	*Miconia albicans*	Arbóreo	X
Meliaceae	*Melia azedarach*	Arbóreo	
Moraceae	*Brosimum rubescens*	Arbóreo	
Myristicaceae	*Virola sebifera*	Arbóreo	
Myrsinaceae	*Rapanea lancifolia*	Arbóreo	
Myrtaceae	*Myrcia bella*	Arbóreo	X
Nyctaginaceae	*Neea theifera*	Arbóreo	
Onagraceae	*Ludwigia decurrens*	Arbóreo	

Orchidaceae	*Cleites uliginosa*	Herbáceo	
Passifloraceae	*Passiflora lepidota*	Herbáceo	
Plantaginaceae	*Scoparia dulcis*	Herbáceo	
Poaceae	*Panicum rudgei.*	Herbáceo	X
Polygalaceae	*Polygala angulada*	Herbáceo	
Proteaceae	*Roupala Montana*	Arbóreo	
Rosaceae	*Rubus brasiliensis*	Herbáceo	
Rubiaceae	*Galium hirtum.*	Herbáceo	
Sapindaceae	*Cupania vernalis*	Arbóreo	
Sapotaceae	*Pouteria salicifolia*	Arbóreo	
Solanaceae	*Solanum Paniculatum*	Herbáceo	
Typhaceae	*Typha angustifólia*	Herbáceo	
Urticaceae	*Boehmeria caudata*	Herbáceo	
Verbenaceae	*Lantana camara*	Herbáceo	
Violaceae	*Hybanthus atropurpureus*	Herbáceo	
Vochysiaceae	*Qualea grandiflora*	Arbóreo	
Xyridaceae	*Xyris savanensis*	Herbáceo	

TABELA 17. Lista de tipos encontrados na Lagoa do Catingueiro

Família/gênero	Mata Ripícola	Cerradão
Anacardiaceae		
Apocynaceae		
Arecaceae		
Aspidosperma Mart. & Zucc.		
Astronium Jacq.		
Copaifera L.		
Dalbergia L. f.		
Hydrocotyle Spreng.		
Ilex L.		
Malpighiaceae		
Mauritia L. f.		
Melastomataceae/Combretaceae		
Mimosa L.		
Myrtaceae		
Sebastiana Spreng.		
Asteraceae		
Cyperaceae		
Ericaceae		

Poaceae		
Polygala L.		
Cyathea Sm.		
Dicksoniaceae		
Polypodium L.		

TABELA 18. Lista de tipos encontrados na Lagoa da Pedra

Família/gênero	Mata Ripícola	Cerradão
Acosmium Schott.		
Anacardiaceae		
Anadenanthera Speg.		
Annona L.		
Apocynaceae		
Araliaceae		
Arecaceae		
Banara Aubl.		
Bombacaceae		
Cybianthus Mart.		
Copaifera L.		
Cupania L.		
Curatella Loefl.		
Dalbergia L. f.		
Diclinanona Diels		
Dinizia Ducke.		
Eugênia Micheli.		
Euphorbiaceae		

Ilex L.		
Ludwigia L.		
Malpighiaceae		
Mauritia L. f.		
Melastomataceae/Combretaceae		
Mimosa L.		
Myrsine L.		
Myrtaceae		
Paullinia L.		
Peixotoa A. Juss.		
Podocarpus L'Hér. ex Pers.		
Phyllanthus L.		
Pterocarpus Jacq.		
Sapindaceae		
Sebastiana Spreng.		
Secondatia A. DC.		
Tapira Aubl.		
Tetracera L.		
Alternanthera Forssk.		
Amaranthus L.		

Asteraceae		
Borreria G. Mey.		
Bromeliaceae		
Cuphea P. Browne		
Chenopodium L.		
Cyperaceae		
Diatenopteryx Radlk.		
Eryngium L.		
Galactia P. Browne.		
Gomphrena L.		
Ipomea L.		
Lamiaceae		
Malvaceae		
Poaceae		
Polygala L.		
Polygonum L.		
Rubiaceae		
Solanum L.		
Alsophila R. Br.		
Aspleniaceae		

Cyathea Sm.		
Dicksoniaceae		
Lycopodium L.		
Polypodium L.		
Selaginella P. Beauv.		
Schizaea Sm.		
Thelypteris Schmidel.		

TABELA 19. Lista de tipos encontrados na Lagoa do Fundão

Família/gênero	Mata Ripícola	Cerradão
Anacardiaceae		
Anadenanthera Speg.		
Apocynaceae		
Araliaceae		
Arecaceae		
Bignoniaceae		
Bombax L.		
Copaifera L.		
Dalbergia L. f.		
Diplotropis Benth.		
Eugênia Micheli.		
Euphorbiaceae		
Ilex L.		
Malpighiaceae		
Mauritia L. f.		
Mimosa L.		
Myrcia DC.		
Myrtaceae		

Podocarpus L'Hér. ex Pers.		
Pinus L.		
Sapindaceae		
Sebastiana Spreng.		
Amaranthus L.		
Arrabideae DC.		
Asteraceae		
Borreria G. Mey.		
Bromeliaceae		
Calliandra Benth.		
Cuphea P. Browne.		
Chenopodium L.		
Cyperaceae		
Gomphrena L.		
Peixotoa A. Juss.		
Poaceae		
Polygala L.		
Polygonum L.		
Rubiaceae		
Spermacoce L.		

Alsophila R. Br.		
Anemia Sw.		
Aspleniaceae		
Cyathea Sm.		
Dicksoniaceae		
Lycopodium L.		
Polypodium L.		
Polypodiaceae		
Schizaea Sm.		
Thelypteris Schmidel.		

ANEXO II
Descrição dos grãos de pólen e esporos

DESCRIÇÃO GERAL DOS PRINCIPAIS *TAXA* POLÍNICOS

ESPOROS

1. Anemiaceae

Anemia Sw.

Esporo médio a grande, trilete , radiossimétrico, heteropolar

Tamanho médio dos grãos: 50 - 60 µm

Descrição detalhada: Cassino (2011)

Estampa 5, Figura 1.

2. Aspleniaceae

Esporo monolete, heteropolar, simetria bilateral

Tamanho médio: 48 – 50 µm

Estampa 5, Figura 2 e 3.

3. Cyatheaceae

Cyathea Sm.

Esporo trilete, finamente reticulado

Tamanho médio: 25 – 30 µm

Estampa 1, Figura 1 a 4; Estampa 5, Figura 4 a 10.

4. Dicksoniaceae

Esporo trilete, heteropolar, simetria radial

Tamanho médio: 50 – 60 µm

Estampa 1, Figura 5 a 7; Estampa 5, Figura 11 a 16.

5. Lycopodiaceae

Lycopodium L.

Esporo trilete, heteropolar, simetria radial

Tamanho médio: 35 – 40 µm

Estampa 1, Figura 8 e 9; Estampa 6, Figura 1 e 2.

6. Polypodiaceae

Polypodium L.

Esporo monolete verrugado

Tamanho médio: 50 – 70 µm

Estampa 1, Figura 10 a 12; Estampa 6, Figura 3 e 4.

7. Selaginellaceae

Selaginella P. Beauv.

Esporo trilete, simetria radial Tamanho médio: 56 – 28 µm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 6, Figura 5 e 6.

8. Thelypteridaceae

*Thelypteri*s Schmidel.

Esporo monolete, simetria bilateral,

Tamanho médio: 34 – 75 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999).

Estampa 1, Figura 13 a 15; Estampa 6, Figura 9 e 10.

9. Schizaeaceae

Schizaea Sm.

Esporo monolete, heteropolar, simetria bilateral

Tamanho médio: 34 – 75 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999).

Estampa 6, Figura 7 e 8.

10. Osmudaceae

Esporo trilete, grande, radiossimétricos

Tamanho médio: 80 µm.

Estampa 6, Figura 11 a 13.

GIMNOSPERMAS

1. Pinaceae

Pinus L.

Grão bissacado, salientes, exina ligeiramente ondulada

Tamanho médio dos grãos: 58 µm

Descrição detalhada: Melhem *et al*., (2003).

Estampa 2, Figura 1 a 5; Estampa 7, Figura 1 a 3.

2. Podocarpaceae

Podocarpus L'Hér. ex Pers.

Grão bissacado, simetria bilateral, exina tectada.

Corpo central arredondado.

Tamanho médio dos grãos: 58 µm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999).

Estampa 7, Figura 4 a 9.

ANGIOSPERMAS

Dicotiledôneas

1. Amaranthaceae

Grão poliporado, sexina reticulada

Tamanho médio dos grãos: 25 – 28 µm

Estampa 3, Figura 12 e 13.

Alternanthera Forssk.

Grão poliporado, exina espessa, sexina reticulada

Tamanho médio dos grãos: 25 – 28 µm

Descrição detalhada: Roubik & Moreno (1991)

Estampa 13, Figura 1 a 3.

Amaranthus L.

Grão mônade, apolar, exina tectada, sexina finamente escabrada

Tamanho médio dos grãos: 1- 15 µm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999).

Estampa 13, Figura 4 a 5.

Gomphrena L.

Grão de pólen mônade, radiossimétrico, âmbito circular, pantoporado

Tamanho médio dos grãos: 18 µm

Descrição detalhada: Cassino (2011)

Estampa 15, Figura 1 a 4.

2. Anacardiaceae

Grão de pólen mônade, isopolar, tricolporado

Tamanho médio dos grãos: 20- 15 µm

Estampa 8, Figura 3 e 4.

Astronium Jacq.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, tricolporado

Tamanho médio dos grãos: 27- 23 µm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999).

Estampa 9, Figura 3 e 4.

Tapira Aubl.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, tricolporado

Tamanho médio dos grãos: 15- 15 µm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999).

Estampa 12, Figura 18 a 21.

3. Annonaceae

Annona L.

Grão de pólen mônade, apolar, assimétrico, inaperturado

Tamanho médio dos grãos: 30 µm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999).

Estampa 8, Figura 7 e 8.

Diclinanona Diels.

Grão de pólen mônade, apolar, assimétrico, inaperturado

Tamanho médio dos grãos: 60 µm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999).

Estampa 10, Figura 5 e 6.

4. Apiaceae

Eryngium L.

Grão de pólen mônade, médio, radiossimétrico, isopolar, tricolporado, colpos longos e poros retangulares

Tamanho médio dos grãos: 42 - 16 µm

Descrição detalhada: Cassino (2011)

Estampa 14, Figura 19 e 20.

5. Aquifoliaceae

Ilex L.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, tricolporado

Tamanho médio: 14 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 10, Figura 21 a 24.

6. Araliaceae

Grãos suboblatas com ambito triangular de lados mais ou menos côncavos

3, 2 ou 4 cólporos, exina espessa

Tamanho médio dos grãos: 24 – 39 µm

Descrição detalhada: Salgado-Labouriau (1961)

Estampa 2, Figura 8 e 9; Estampa 8, Figura 11 a 16.

Hydrocotyle Spreng.

Grão de pólen mônade, radiossimétrico, isopolar, tricolporado, colpos longos e poros lalongados

Tamanho médio dos grãos: 32- 13 µm

Descrição detalhada: Cassino (2011)

Estampa 10, Figura 19 e 20.

7. Asteraceae

Grão tricolporado, exina tectada, sexina com espinhos

Tamanho médio dos grãos: 18 µm

Descrição detalhada: Absy (1975)

Estampa 3, Figuras 14 a 17; Estampa 13, Figuras 7 a 12.

8. Apocynaceae

Âmbito circular, 3 ou mais cólporos, exina espessa e irregular (reticulada)

Tamanho médio dos grãos: 30 – 60 µm

Descrição detalhada: Salgado-Labouriau (1961).

Estampa 2, Figura 6 e 7; Estampa 8, Figura 9 e 10.

Aspidosperma Mart. & Zucc.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, tricolporado

Tamanho médio: 32 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 9, Figura 1 e 2.

9. Bignoniaceae

Grão de pólen mônade, médio a grande, radiossimétrico, âmbito circular, tricolpado

Tamanho médio dos grãos: 50- 34 µm

Descrição detalhada: Cassino (2011)

Estampa 9, Figura 11 e 12.

10. Bombacaceae

Bombax L.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, triporado, exina semi-tectada

Tamanho médio: 40 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 9, Figura 7 a 10.

11. Caesalpinioideae

Copaifera L.

Grão de pólen mônade, médio, isopolar, simetria radial, tricolporado

Tamanho médio: 17 - 15 µm.

Descrição detalhada: Silva *et al*., (2010)

Estampa 9, Figura 13 a 15.

12. Chenopodiaceae

Chenopodium L.

Grão de pólen mônade, apolar, assimétrico, periporado

Tamanho médio: 27 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 14, Figura 12 a 14.

13. Dileniaceae

Curatella Loefl.

Tricolporado, sexina reticulada

Tamanho médio dos grãos: 24 µm

Descrição detalhada: Salgado-Labouriau (1961)

Estampa 9, Figura 18 a 20.

Tetracera L.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, tricolporado

Tamanho médio: 19 - 16 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 12, Figura 16 e 17.

14. Ericaceae

Grão de pólen tetraédrico, isopolar individual, simetria radial

Tamanho médio: 60 - 70 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 10, Figura 9 e 10.

15. Euphorbiaceae

Prolato esferoidal, tricolporado, colpo é fino e alongado, exina grossa

Tamanho médio: 15 - 25 µm

Descrição detalhada: Salgado-Labouriau (1961)

Estampa 2, Figura 22 e 23; Estampa 10, Figura 13 e 14.

Euphorbia L.

Grão de pólen tricolporado, exina média a grossa

Tamanho médio: 15 - 20 µm

Estampa 2, Figura 13 e 14; Estampa 10, Figura 15 e 16.

Phyllanthus L.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, tricolporado

Tamanho médio: 29 - 22 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 12, Figura 8 e 9.

Sebastiana Spreng.

Grão de pólen mônade, pequeno a médio, radiossimétrico, isopolar, tricolporado.

Tamanho médio: 30 – 33 µm.

Descrição detalhada: Cassino (2011)

Estampa 3, Figura 8 a 11; Estampa 12, Figura 12 a 15.

16. Flacourtiaceae

Banara Aubl.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, tricolporado

Tamanho médio: 13 - 10 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 9, Figura 5 e 6.

17. Lamiaceae

4 a mais cólporos, exina reticulada

Tamanho médio: 22 - 20 µm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 15, Figura 5 e 6.

18. Lythraceae

Cuphea P. Browne

Grão de pólen pequeno a médio, âmbito triangular, colpos longos e estreitos, 3-4 colporado

Tamanho médio dos grãos: 23 µm

Descrição detalhada: Melhem *et al*., (2003).

Estampa 14, Figura 3 a 6.

19. Malpighiaceae

Simetria radial, exina tectada, tricolporado

Tamanho médio: 15 - 13 µm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 2, Figura 15 a 17.

Peixotoa A. Juss.

Grão de pólen mônade, assimétrico, apolar, esférico, pantoaperturado

Tamanho médio: 30 – 33 µm.

Descrição detalhada: Cassino (2011)

Estampa 12, Figura 3 a 7.

20. Malvaceae

Tricolporado, simetria radial

Tamanho médio dos grãos: 60 – 64 µm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 4, Figura 4 e 5; Estampa 15, Figura 7 e 8.

21. Melastomataceae/Combretaceae

Grão de pólen mônade, pequeno a médio, radiossimétrico, isopolar, âmbito hexagonal de lados convexos

Tamanho médio dos grãos: 20 – 30 µm

Descrição detalhada: Cassino (2011)

Estampa 2, Figura 18 a 21; Estampa 11, Figura 7 a 12.

22. Mimosaceae

Tricolporado,

Tamanho médio dos grãos: 10 – 20 µm

Estampa 3, Figura 1 e 2.

Anadenanthera Speg.

Políades médias, achatadas, acalimadas, composta por 12 grãos de pólen

Tamanho médio: 30 µm.

Descrição detalhada: Carreira *et al*., (1996)

Estampa 8, Figura 5 e 6.

Calliandra Benth.

Políades grandes, ovais, acalimadas, assimétricas, composta por 8 grãos de pólen

Tamanho médio: 70 µm.

Descrição detalhada: Carreira *et al*., (1996)

Estampa 14, Figura 1 e 2.

Dinizia Ducke.

Tétrades grandes, tetraédricas, triangulares, simetria radial

Tamanho médio: 45 µm.

Descrição detalhada: Carreira *et al*., (1996)

Estampa 10, Figura 7 e 8.

Mimosa L.

Tétrades pequenas, tetraédricas, esféricas

Tamanho médio: 11 µm.

Descrição detalhada: Carreira *et al*., (1996)

Estampa 11, Figura 13 a 19.

23. Myrsinaceae

*Cybianthu*s Mart.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, tricolporado

Tamanho médio: 16 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 9, Figura 21 e 22.

Myrsine L.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, stephanocolporado

Tamanho médio: 16 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 11, Figura 24 e 25.

24. Myrtaceae

Grão tricolporado, exina tectada, sexina granular, sincolpado

Tamanho médio dos grãos: 18 – 22 µm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 3, Figura 3 a 5; Estampa 11, Figura 26 a 29.

Eugênia Micheli.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, sincolporado

Tamanho médio: 10 - 15 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 10, Figura 17 e 18.

Myrcia DC.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, tricolporado

Tamanho médio: 24 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 11, Figura 20 a 23.

25. Onagraceae

Ludwigia L.

Grão de pólen mônade ou na forma de tétrade, médio, radiossimétrico, isopolar, âmbito triangular, triporado

Tamanho médio dos grãos: 35 – 45 µm

Descrição detalhada: Cassino (2011)

Estampa 11, Figura 1 e 2.

26. Papilionoideae

Acosmium Schott.

Grão de pólen médio, isopolar, simetria radial, tricolporados

Tamanho médio: 24 µm.

Descrição detalhada: Carreira *et al*., (1996)

Estampa 8, Figura 1 e 2.

Dalbergia L. f.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, tricolporado

Tamanho médio: 19 - 16 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 10, Figura 1 a 4.

Diplotropis Benth.

Grão de pólen pequeno, isopolar, simetria radial, tricolporados

Tamanho médio: 21 - 16 µm.

Descrição detalhada: Carreira *et al*., (1996)

Estampa 10, Figura 11 e 12.

Galactia P. Browne.

Grão de pólen médio, isopolar, simetria radial, âmbito circular, tricolporado

Tamanho médio: 24 µm.

Descrição detalhada: Carreira *et al*., (1996)

Estampa 14, Figura 21 a 23.

Pterocarpus Jacq.

Grão de pólen médio a médio, isopolar, simetria radial, âmbito circular, tricolporado

Tamanho médio: 22 µm.

Descrição detalhada: Carreira *et al*., (1996)

Estampa 12, Figura 10 e 11.

27. Polygalaceae

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, stephanocolporado

Tamanho médio: 21 - 18 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 15, Figura 19 a 21.

Polygala L.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, stephanocolporado

Tamanho médio: 70 - 60 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 15, Figura 12 e 13.

28. Polygonaceae

Polygonum L.

Grão de pólen grande, esférico, pantoporado, exina reticulada

Tamanho médio dos grãos: 60 µm

Descrição detalhada: Melhem *et al*., (2003).

Estampa 15, Figura 22 a 24.

29. Rubiaceae

Pantoporados (6 a 7-colporos), sexina reticulada

Tamanho médio dos grãos: 20 – 22 µm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999).

Estampa 4, Figura 10 e 11.

Borreria G. Mey.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, stephanocolporado

Tamanho médio: 20 - 22 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 13, Figura 13 a 16.

Spermacoce L.

Grão de pólen suboblato a prolato-esferoidal, 4-8-colpados, exina reticulada

Tamanho médio: 42 - 45 µm.

Estampa 15, Figura 14 e 15.

30. Sapindaceae

Cupania L.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, sincolporado

Tamanho médio: 42 - 45 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 9, Figura 16 e 17.

Diatenopteryx Radlk.

Grãos de pólen mônades, médios, isopolares, radiossimétricos, âmbito triangular, tricolporados

Tamanho médio: 35 - 40 µm.

Estampa 14, Figura 15 a 18.

Paullinia L.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, triporado

Tamanho médio: 30 - 32 µm.

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 12, Figura 1 e 2.

31. Sapotaceae

Grão de pólen médio, tricolporado, colpos longos

Tamanho médio dos grãos: 17 – 30 µm.

Estampa 3, Figura 6 e 7.

32. Solanaceae

Solanum L.

Grão de pólen mônade, isopolar, simetria radial, tricolporado

Tamanho médio dos grãos: 20 - 18 µm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 15, Figura 16 a 18.

ANGIOSPERMAS

Monodicotiledôneas

1. Arecaceae

Monoporado, exina tectada

Tamanho médio dos grãos: 60 - 68 µm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al.,* (1999)

Estampa 2, Figura 10 a 12; Estampa 8, Figura 17 a 20.

Mauritia L. f.

Grão de pólen mônade, bilateralmente simétrico, heteropolar, âmbito circular a elíptico

Tamanho médio dos grãos: 35 – 55 µm

Descrição detalhada: Cassino (2011)

Estampa 11, Figura 3 a 6.

2. Bromeliaceae

Grão de pólen mônade, heteropolar, simetria bilateral

Tamanho médio dos grãos: 38 - 58 µm

Descrição detalhada: Colinvaux *et al*., (1999)

Estampa 13, Figura 17 a 20.

3. Cyperaceae

Grãos monoporado, exina semitectada, sexina granular

Tamanho médio dos grãos: 20 – 25 µm

Descrição detalhada: Roubik & Moreno (1991)

Estampa 4, Figura 1 a 3; Estampa 14, Figura 7 a 11.

4. Poaceae

Grão monossulcado, exina tectada, sexina psilada a finamente reticulada

Tamanho médio dos grãos: 25 – 40 µm

Descrição detalhada: Roubik & Moreno (1991)

Estampa 4, Figura 6 a 9; Estampa 15, Figura 9 a 11.