

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

RENATO LADA GUERREIRO

**PALEOAMBIENTES HOLOCÊNICOS DA PLANÍCIE DO ALTO TIBAGI, CAMPOS
GERAIS, SUDESTE DO ESTADO DO PARANÁ**

Maringá
2011

RENATO LADA GUERREIRO

**PALEOAMBIENTES HOLOCÊNICOS DA PLANÍCIE DO ALTO TIBAGI, CAMPOS
GERAIS, SUDESTE DO ESTADO DO PARANÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração Análise Ambiental, do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto
Co-orientador: Prof. Dr. Mauro Parolin

Maringá
2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

G934p Guerreiro, Renato Lada
Paleoambientes holocênicos da planície do alto Tibagi,
Campos Gerais, Sudeste do Estado do Paraná / Renato Lada
Guerreiro. -- Maringá, 2011.
iii-xv, 86 f. : il. col., figs., quadro, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto.
Co-orientador: Prof. Dr. Mauro Parolin.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes,
Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em
Geografia, 2011.

1. Paleoambientes. 2. Holoceno Tardio. 3. Palinologia.
4. Campos Gerais - Planície do Alto Tibagi - Sudeste do
Estado do Paraná. 5. Paleoclimatologia. 6. Sedimentos
turfosos. I. Gasparetto, Nelson Vicente Lovatto, orient.
II. Parolin, Mauro, co-orient. III. Universidade Estadual
de Maringá. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes.
Departamento de Geografia. Programa de Pós-Graduação em
Geografia. IV. Título.

CDD 21.ed. 551.698171

**“PALEOAMBIENTES HOLOCÊNICOS DA PLANÍCIE DO ALTO TIBAGI, CAMPOS
GERAIS, SUDESTE DO ESTADO DO PARANÁ”.**

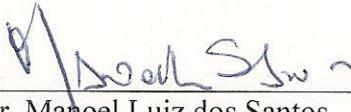
Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental.

Aprovada em 16 de maio de 2011.

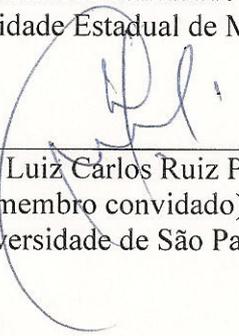
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto
Orientador - UEM
Universidade Estadual de Maringá



Prof. Dr. Manoel Luiz dos Santos
Membro convidado
Universidade Estadual de Maringá



Prof. Dr. Luiz Carlos Ruiz Pessenda
(membro convidado)
Universidade de São Paulo

*Dedico este trabalho à base
das minhas conquistas,
minha família*

AGRADECIMENTOS

Para realizar este trabalho, despendi uma longa caminhada que se iniciou ainda em minha infância nas primeiras aulas no Colégio Estadual Rachel de Queiroz, na cidade de Ivaté-PR. Lá tive e ainda tenho o apoio incondicional de meus antigos professores, hoje colegas de profissão.

É pelos antigos mestres que inicio meus agradecimentos.

Foi nessa pequena cidade, na qual tenho imenso orgulho de dizer que sou filho, que dei os primeiros passos para a carreira acadêmica para que tanto me preparo e almejo.

Gostaria de agradecer aos meus amigos de infância, pela amizade e apoio constante. E logicamente, pelos engraçadíssimos momentos de descontração cada vez que nos reunimos.

Aos meus professores da Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão-Fecilcam/UEPR, pelos ensinamentos e amizade.

Ao Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam/UEPR – LEPAFE, pelo apoio logístico e suporte laboratorial.

Ao meu orientador Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto, pela compreensão, confiança e apoio em todos os momentos da trajetória no Mestrado.

Ao meu Co-orientador e grande amigo, Prof. Dr. Mauro Parolin, por seus ensinamentos, conselhos, incentivos e “puxões de orelha”. Seu exemplo de vida, pessoal e acadêmica, e sua dedicação à pesquisa, são admiráveis. Seu apoio incondicional e confiança nas minhas decisões foram fundamentais para minha caminhada até aqui.

Ao Prof. Dr. José Cândido Stevaux pelos ensinamentos e pela confiança empregada a mim, além do apoio financeiro e de campo.

Ao Prof. Dr. Manoel Luis dos Santos pelas observações empregadas no exame de qualificação e defesa da dissertação.

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos R. Pessenda pelas contribuições efetivadas na defesa da dissertação.

Ao CNPq pelo apoio financeiro (processo 401765/2010-5 e 400442/2010-8).

A Profa. Dra. Svetlana Medeanic pela ajuda na identificação dos palinomorfos e por sua simpatia toda vez que conversamos. Obrigado por tudo Lana!

Ao curador do Herbário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (HCF) – Campus de Campo Mourão, Prof. Dr. Marcelo Galeazzi Caxambú, pelo auxílio nas caracterizações ecológicas das famílias botânicas identificadas.

À equipe de profissionais do Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam/UEPR-Lepafe: Giliane Gessica Rasbold, Tais Cristina Berbetti Marcotti, Karen Cristina da Silva, Mayara Reis Monteiro, Janaina Silva, João Claudio Alcântara dos Santos, Bruno Augusto Candelari, Sérgio Norberto Pagliarini Junior e Priscila Mantuan Covalski pelo suporte, auxílio e agradável companhia. Trabalhar nesse ambiente faz toda diferença no resultado final de qualquer trabalho!

A minha amiga Rosemary Tuzi Domiciliano, excelente profissional, que esteve presente em todas as etapas desta pesquisa e foi de grande importância para o trabalho.

Ao meu amigo Helton Rogério Menezes, companheiro de viagem, pela amizade e ajuda em campo. Eternos caroneiros...

À Jefferson de Queiroz Crispim e José Antônio da Rocha por todo apoio desde a graduação.

Aos meus companheiros da República Catapulta, Marcelo e Ronei (2005-2008) e Renan e Ricardo (2009-2011) pela amizade e companheirismo.

Aos meus amigos de Rio Claro-SP pela hospitalidade e amizade.

Aos meus grandes amigos e companheiros de casa, Sidney Kuerten e Frederico dos Santos Gradella. Pelas longas discussões e pela ajuda quando precisei.

A Antonio Roberto Saad, Ana Olivia Barufi Franco-Magalhães e Reinaldo José Bertini pelas contribuições no decorrer do mestrado.

Ao meu amigo Pedro Augusto da Silva Hauck, pelas longas e produtivas discussões sobre paleoclimas e paleoambientais do Quaternário.

A Rosana Saraiva Fernandes pelo atenção e auxílio.

A minha irmãzinha oriental, Rafaela Harumi Fujita, pela companhia, amizade e apoio.

A Elisa Silva de Paula pelas correções ortográficas e gramaticais.

Ao meu amigo Jorge Vitalino de Oliveira Neto e Emerson Rafael Marques Schmidt pelo auxílio em campo.

As companhias Minas Brancas Extração de Areia e GR Extração de Areia, pela disponibilidade de material e acesso as áreas de lavra. Ao Sr. José Carlos “Seu Zeca” pela atenção e ajuda.

A Cássia Maria Bonifácio pelos procedimentos granulométricos.

Aos meus colegas do GEMA-UEM, Lorena Lucas Puerta, Edivando Vitor do Couto, Pedro França Junior, José Renato, Nelson Douhi, Eduardo Souza de Moraes, Mitchel Druz e Thalita Dal Santo. Obrigado pela companhia e ajuda.

Ao Professor Bigarella pela gentileza em me receber em sua casa, pelos ensinamentos e história de vida na ciência. E sua esposa Iris Bigarella pela agradável companhia.

A minha querida Elizângela Yurkiw pelo carinho, dedicação e apoio incondicional. A Deus pelos pequenos sinais que enviou ao longo de toda minha vida, que nunca me deixaram em dúvida sobre qual o caminho deveria seguir. Pela sua companhia quando estava sozinho e, pela certeza que sempre posso contar com Ele. Peço que continue iluminando meu caminho como sempre o fez em todos os meus passos.

E por fim, agradeço a base de todas as minhas conquistas, MINHA FAMÍLIA. A ela atribuo todas as coisas boas de minha vida. A ela que imprimo todo meu esforço. E para ela que dedico este trabalho. Obrigado “Fundação Guerreiro”, por todo amparo financeiro quando precisei, sem me cobrar chatos relatórios e prestação de contas...

Ao meu pai Abílio Guerreiro, meu grande amigo e companheiro e, minha mãe Emilia Lada Guerreiro, mulher forte, mãe e esposa dedicada. É por vocês que faço tudo isso, é por vocês que tudo isso vale a pena. É a felicidade de vocês que me move a buscar sempre mais e é por vocês, pelo exemplo e educação, que cheguei até aqui. Todo o crédito é de vocês, só fui o intermediário.

Consegui e, cheguei ao fim... mas não estava sozinho! Obrigado a todos.

“O pesquisador com espírito inquiritivo depara, por isso, constantemente com novos problemas, para chegar a ver seu trabalho laureado quando, em sua busca, alcança êxito e encontra respostas”
Reinhard Maack

“Se não existe possibilidade de fracasso, então a vitória é insignificante”
Robert H. Schuller

RESUMO

As variações ou mudanças climáticas e ambientais, no passado próximo, são essenciais para se determinar com maior segurança as condições futuras do clima. No âmbito deste contexto, a região dos Campos Gerais é tratada como um enclave paleoclimático Pleistoceno no Estado do Paraná, composta de um mosaico fitogeográfico de campos e florestas. A atual paisagem, com campos naturais entremeados por capões de Floresta Ombrófila Mista e imponentes Araucárias é retratada desde o século XVIII. Para muitos pesquisadores, as estepes eram a paisagem paranaense durante o período glacial. As mudanças climáticas pós-período glacial, com tendências mais úmidas e quentes propiciaram o avanço de florestas sobre os planaltos dando origem ao revestimento florístico moderno do Paraná. Algumas áreas, no entanto, ainda preservam campos naturais despertando o interesse daqueles que se dedicam aos estudos paleoambientais do Quaternário. A ocorrência de sedimentos turfosos na planície aluvial do alto Tibagi, possibilitou o acúmulo e conservação de *proxy records* como pólen e espículas de esponjas continentais, preservando importantes registros sobre paleoambientes holocênicos da região. A deposição desses sedimentos se deu com o nível de base do rio Tibagi cerca de 2 a 4 metros mais elevado que o atual. Com base na extensão e espessura média dos sedimentos turfosos, calcula-se que a paleomassa chegaria a 14.000.000m³. Atualmente, com o retrabalhamento das drenagens nos antigos depósitos, estima-se que os depósitos cheguem a 10.000.000m³. Dados palinológicos aliados a análises isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$) e datações ¹⁴C atestaram para ocorrência de ambientes tropicais na planície do alto Tibagi e, Campos Gerais nessa porção, entre 3.220 anos AP. a pelo menos 1.340 anos AP. Os registros sugerem que a região era recoberta por campos naturais e vegetação arbórea com afinidades botânicas características de ambientes tropicais na planície do alto Tibagi. É provável que a atual cobertura arbórea, composta pela Floresta Ombrófila Mista, tenha se estabelecido na área estudada nos últimos séculos, posterior a 1.340 anos AP., após o término de deposição da turfeira e entalhe do depósito.

Palavras-chave: Palinologia. Espículas de esponjas continentais. Sedimentos turfosos. Paleoclimatologia.

ABSTRACT

Variations or climatic and environmental changes in the recent past, are essential to determine with greater certainty of future climate conditions. Within this context, the Campos Gerais region is regarded as an enclave Pleistocene paleoclimate in Parana State, composed of a phytogeographical mosaic of grassland and forests. The current landscape, with natural grassland interspersed with clumps of Araucaria forest and impressive Araucaria is portrayed since the XVIII century. To many researchers, the steppes were Parana's panorama during the ice age. Climate change post-glacial period, with more humid and hot trends led the advances of forests above the plateaus giving rise to the modern floristic coating of Parana State. Some areas, however, still preserve natural fields arousing the interest of those who dedicate themselves to palaeoenvironmental studies of the Quaternary. The occur of peaty sediments in Alto Tibagi alluvial plain, enabled proxy records accumulation and conservation, like pollen and continental sponge spicules, preserving important records about Holocene paleoenvironments of the region. The deposition of these sediments occurred with Tibagi river bottom level about 2 to 4 meters higher than today. Based on the extent and thickness of peat, it is estimated that come to paleomass of 14.000.000m³. Currently, the reworking of earlier deposits in drainages, it is estimated that the bog has 10.000.000m³. Palynological data combined with isotopic analysis ($\delta^{13}\text{C}$) and ¹⁴C datings testified to the occurrence of tropical environments in the high plains and Tibagi, Campos Gerais in this portion, between 3.220 years BP, at least 1.340 years BP. The registers suggest that the region was covered with natural grasslands and arboreal vegetation affinities with tropical botanical characteristics of the Alto Tibagi plains. It is likely that the current tree cover, composed by Araucaria forest has become established in the study area in recent centuries, after 1.340 years AP., after the end of deposition of peat and deposit slot.

Keywords: Palynology. Continental sponge spicules. Peaty sediments. Paleoclimatology.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Mapa de localização da área estudada. O quadro aponta a posição do afloramento no rio Das Mortes.21
- Figura 2:** Afloramento dos sedimentos turfosos, margem esquerda do rio Das Mortes.22
- Figura 3:** Mapa climático do Estado do Paraná com destaque para a área estudada23
- Figura 4:** Precipitação média mensal (1954-2001) na região de Ponta Grossa23
- Figura 5:** Mapa fitogeográfico do Estado do Paraná, com destaque para área estudada.....24
- Figura 6:** Campos Gerais entremeados por matas de galeria composta pela Floresta Ombrófila Mista, ao longo da calha do rio Tibagi. Foto: Martins (2008).25
- Figura 7:** Paisagem campestre típica dos Campos Gerais paranaenses, com gramíneas e rios de leitos lajeados.26
- Figura 8:** Paisagem dos Campos Gerais. Capões isolados de Floresta Ombrófila Mista onde se destaca a *Araucaria*.27
- Figura 9:** Gravura de Alfredo Andersen sobre a prática de queimada nos Campos Gerais.....28
- Figura 10:** Reflorestamento comercial de *Pinus* sp., próximo à área de estudo.....28
- Figura 11:** Reflorestamento comercial de *Pinus* sp., próximo às principais cabeceiras do rio Tibagi.....29
- Figura 12:** Gravura de Theodoro De Bona de 1969, sobre os Campos Gerais do Paraná.....29
- Figura 13:** Gravura de Joseph Keller - Vista de Curitiba, 1865. Vista parcial da cidade de Curitiba, no início do Séc. XIX. Em primeiro plano, os campos naturais no qual se instalou a moderna capital do Paraná. Ao fundo, detalhes da Serra do Mar, onde se pode visualizar o delineamento dos picos Caratua, Paraná, Ciririca, Aguda da Cotia, Anhangava, serra da Farinha Seca e serra do Marumbi..30
- Figura 14:** Campos de Guarapuava. Originalmente os campos cobriam uma área de 4.135 km², principalmente com gramíneas (*Elionorus candidus* Hack e *E. trapsicoides*), além de capões isolados nas depressões úmidas e em torno das nascentes de pinheiros (*Araucaria angustifolia*).30
- Figura 15:** Campos de Palmas. Originalmente grupo de pinheiros (*Araucaria angustifolia*) e palmáceas (*Butia eriospatha* (Mart. ex Drude) Becc. 1898), além de gramíneas (*E. candidus* e *E. trapsicoides*) eram a vegetação regional dominante, cobrindo uma área de 2.350km².31
- Figura 16:** Campo Erê. Originalmente essa cobertura recobria uma área de 25 km² a oeste da cidade de Clevelândia, extremo sul do Estado do Paraná.31
- Figura 17:** Área de floresta bem preservada na *cuesta* escarpada da Serrinha, em São Luís do Purunã. Segundo dados da UEPG (2010), a precipitação anual na

| | |
|--|----|
| escarpa é 100 a 300mm superior a do planalto antecedente (Planalto de Curitiba)..... | 32 |
| Figura 18: Capões isolados de Floresta Ombrófila Mista em meio aos campos, nas proximidades de Ponta Grossa. As áreas sob influência de fatores geológicos e pedológicos ainda preservam a paisagem descrita por Maack (1968) a respeito das paisagens pleistocênicas..... | 32 |
| Figura 19: Mapa das bacias hidrográficas do Estado do Paraná com destaque para a área estudada. | 34 |
| Figura 20: Rio Tibagi próximo à nascente principal. Nessa porção o rio corre ajustado a lineamentos estruturais no Arenito Furnas. Nota-se a presença de <i>Pinus sp.</i> nos campos naturais..... | 35 |
| Figura 21: Vista parcial da planície aluvial do alto Tibagi..... | 35 |
| Figura 22: Meandros abandonados dos rios Tibagi e Gabiroba, localizados 3km a montante do afloramento no rio Das Mortes. | 36 |
| Figura 23: Meandro abandonado do rio Tibagi próximo às áreas de lavra de areia..... | 36 |
| Figura 24: Formação de turfeiras modernas do ribeirão sem nome 3. a) corte em cava próximo às áreas de lavra expondo sedimentos turfosos. b) turfeira sem alteração aparente. | 39 |
| Figura 25: Mapa geológico da Folha de Ponta Grossa. | 40 |
| Figura 26: Perfil geológico, granulometria e percentual de matéria orgânica do afloramento no rio Das Mortes. | 55 |
| Figura 27: Perfil longitudinal de ocorrência de sedimentos turfosos na calha do rio Das Mortes. | 57 |
| Figura 28: Megascleras de espículas de esponjas continentais. Escala 50µm..... | 58 |
| Figura 29: Palinodiagrama com as palinozonas, famílias e grupos botânicos identificados no afloramento turfoso no rio Das Mortes. | 59 |
| Figura 30: Gráfico de porcentagem por grupos botânicos da Palinozona I..... | 60 |
| Figura 31: Gráfico de porcentagem por grupos botânicos da Palinozona II..... | 61 |
| Figura 32: Gráfico de porcentagem por grupos botânicos da Palinozona III..... | 62 |
| Figura 33: Gráfico de porcentagem por grupos botânicos da Palinozona IV. | 63 |
| Figura 34: Gráfico de porcentagem por grupos botânicos da Palinozona V. | 64 |
| Figura 35: Área de ocorrência de sedimentos turfosos (imagem superior) e seção transversal da planície aluvial do alto Tibagi (imagem inferior): a) afloramento no ribeirão sem nome 1 (cota 778); b) afloramento no rio Das Mortes (cota 778) e c) afloramento no arroio Monjolo (cota 780)..... | 66 |
| Figura 36: Auxílio de trado manual para constatação dos sedimentos turfosos em subsuperfície. Da direita para a esquerda, os depósitos turfosos gradativamente desaparecem..... | 67 |
| Figura 37: Amontoado de sedimentos turfosos, descartados em meio às lavras de areia, cota 778..... | 68 |

| | |
|---|----|
| Figura 38: Ocorrência de sedimentos turfosos em cavas para exploração de areia, na nova frente de lavra, cota 778..... | 68 |
| Figura 39: Características dos sedimentos turfosos no afloramento no rio Das Mortes. | 69 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1: Escala de decomposição de von Post (modificado de Horák 2009)..... | 52 |
|---|----|

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Resultados das análises de fracionamento isotópico de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e datação por ^{14}C | 56 |
|--|----|

SUMÁRIO

| | |
|---|-------------|
| RESUMO | XI |
| ABSTRACT | XII |
| LISTA DE FIGURAS | XIII |
| LISTA DE QUADROS | XV |
| LISTA DE TABELAS | XVI |
| | |
| 1. INTRODUÇÃO | 18 |
| 2. OBJETIVOS | 20 |
| 3. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA REGIONAL | 20 |
| 3.1 <i>Localização da área estudada</i> | 20 |
| 3.2 <i>Clima</i> | 22 |
| 3.3 <i>Vegetação</i> | 24 |
| 3.3.1 <i>Considerações sobre os Campos Gerais e campos naturais do Paraná</i> | 29 |
| 3.4 <i>Hidrografia</i> | 33 |
| 3.4.1 <i>Caracterização da bacia do rio Das Mortes</i> | 37 |
| 3.4.2 <i>Caracterização das drenagens e áreas adjacentes da planície aluvial do alto Tibagi</i> | 37 |
| 3.5 <i>Geologia</i> | 40 |
| 3.6 <i>Geomorfologia</i> | 42 |
| 4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 43 |
| 4.1 <i>Contextualização do tema abordado</i> | 43 |
| 4.2 <i>Palinologia e estudos paleoambientais</i> | 45 |
| 4.4 <i>Turfeiras e sedimentos turfosos</i> | 48 |
| 5. MATERIAIS E MÉTODOS | 50 |
| 5.1 <i>Campanhas, características dos sedimentos turfosos e granulometria</i> | 50 |
| 5.2 <i>Conteúdo micropaleontológico</i> | 52 |
| 5.3 <i>Análises isotópicas</i> | 53 |
| 6. RESULTADOS | 55 |
| 6.1 <i>Sedimentologia e dados isotópicos</i> | 55 |
| 6.2 <i>Características do depósito turfoso</i> | 56 |
| 6.3 <i>Palinologia e espículas de esponjas</i> | 58 |
| 7. DISCUSSÃO | 65 |
| 7.1 <i>Sedimentologia, datações radiométricas e distribuição espacial</i> | 65 |
| 7.2 <i>Características dos sedimentos turfosos</i> | 69 |

| | |
|---|-----------|
| 7.3 <i>Palinologia e paleoambientes</i> | 70 |
| 7.3.1 <i>Palinozonas</i> | 70 |
| 7.3.2 <i>Datações e paleoambientes correlatos</i> | 74 |
| 8. CONCLUSÕES | 76 |
| REFERÊNCIAS | 77 |
| ANEXOS | 86 |

1. INTRODUÇÃO

As mudanças paleoclimáticas representam variações no conjunto de parâmetros meteorológicos pretéritos como paleotemperaturas, regimes de paleoventos e índices pluviométricos passados, os quais caracterizam os estados médios típicos da superfície terrestre. Estas mudanças processam-se em várias escalas espaciais: i) mundiais, ii) regionais, iii) locais; e temporais: centenas e dezenas de milhões de anos até algumas centenas de anos (SUGUIO, 1999).

Dentro desta perspectiva, os estudos paleoclimáticos e paleoambientais visam, acima de tudo, compreender as mudanças ocorridas através do tempo geológico no sistema constituído pela atmosfera, hidrosfera e biosfera, com a participação ou não do homem.

A compreensão sobre as variações ou mudanças climáticas e ambientais, no passado próximo, é essencial para se determinar com maior segurança as condições futuras do clima. Esse conhecimento é indispensável para orientar e gerenciar a exploração racional do meio ambiente; o uso dos recursos naturais; a expansão urbana; a ocupação desordenada; preservação de encostas e terraços fluviais; a definição e traçado de áreas adequadas à instalação de obras de engenharia de grande porte; e para reavaliar práticas agrícolas; uso e manejo dos solos e determinar áreas potenciais para fins agropecuários.

Existem poucas pesquisas sobre as mudanças paleoclimáticas e paleoambientais do Quaternário continental paranaense. Dentre elas destacam-se os trabalhos de Behling (1997), Melo et al. (2003), Moro et al. (2004), Moro et al. (2009) e Guerreiro et al. (2010a) na região de Ponta Grossa e Campos Gerais; Pessenda et al. (2004) na região de Londrina; Fernandes (2008) e Rezende (2010) no médio curso do rio Ivaí e Guerreiro et al. (2010b) no noroeste do Paraná, região de Querência do Norte.

Com relação às pesquisas relativas ao alto rio Paraná, próximo à divisa dos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná, destacam-se os trabalhos de Stevaux (1993, 1994a,b), Kramer e Stevaux (1999) e Parolin (2006). Para o litoral, Bigarella (1946), Angulo e Lessa (1997), Angulo et al. (1999) e Angulo et al. (2002). Os autores constataram oscilações no nível médio do mar durante as fases glaciais do Hemisfério Norte.

Nos estudos do Quaternário, em pesquisas sobre reconstruções paleoambientais, a palinologia é uma das ferramentas mais difundidas no meio científico. Esses estudos preconizam a elaboração de um padrão de equivalência estatística de grãos de pólen e esporos, de modo a quantificar o percentual de acúmulo e preservação dos mesmos em determinadas condições ambientais específicas. Com a palinologia aliada a dados geocronológicos é possível caracterizar variações paleoclimáticas e paleoambientais. Tais estudos constituem importantes ferramentas para a geografia, geomorfologia, biogeografia e ecologia e, mais recentemente, para os estudos arqueológicos de povos nativos do Paraná (ARAUJO et al., 2005, 2006).

Alguns dos principais registros sedimentares quaternários estão depositados em forma de turfeiras, espalhadas por áreas continentais e costeiras. O estudo sobre essas formações ainda é incipiente em território brasileiro, sobretudo no Estado do Paraná, tanto para utilização energética quanto para o potencial agrônomo. No encaixo deste trabalho, constata-se que as condições paleoambientais resultantes de mudanças paleoclimáticas quaternárias, propiciaram a formação de campos de turfa na planície aluvial do alto Tibagi, atualmente soterrada por sedimentos coluviais e aluviais.

Na presente pesquisa, além da posição geográfica, a área estudada tem caráter estratégico na reconstituição paleoambiental paranaense, visto sua proximidade aos 25°00' de latitude sul, imediato ao Trópico de Capricórnio e por constituir um dos mosaicos paisagísticos mais fascinantes e intrigantes do Estado do Paraná. A ocorrência de um extenso campo de turfa no passado, na área estudada, possibilitou o acúmulo e preservação de bioindicadores como grãos de pólen, esporos e espículas de esponjas continentais. O entendimento sobre as condições paleoambientais, nas quais esses bioindicadores foram depositados, é crucial para a compreensão das oscilações climáticas recentes (Holoceno Tardio) para essa região do Paraná.

Por operar na reconstituição de paleoambientes a partir de estudo palinológicos e geomorfológicos, na transição entre diferentes características climáticas do Brasil, este estudo apresenta-se de fundamental importância para compreensão das transformações paisagísticas quaternárias ocorridas desde o Último Máximo Glacial (UMG) nos planaltos do Paraná e sul do Brasil.

2. OBJETIVOS

A presente pesquisa tem por objetivo realizar a reconstrução paleoambiental na planície do alto Tibagi por meio da palinologia, geomorfologia e datações radiométricas, bem como verificar o potencial agrônômico/comercial de sedimentos turfosos encontrados. Para atingir o escopo almejado foi proposto:

- Mapear a ocorrência regional dos sedimentos turfosos;
- Estudar a composição polínica preservada em sedimento;
- Preparar o sedimento com vistas à obtenção de material espongológico;
- Datar os sedimentos para investigação de mudanças paleoclimáticas;
- Verificar o potencial de queima e presença de nutrientes no sedimento.

3. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA REGIONAL

3.1 Localização da área estudada

A área estudada está localizada no Segundo Planalto Paranaense, na porção sudeste do Estado do Paraná, no flanco oriental da bacia sedimentar do Paraná, próximo à cidade de Ponta Grossa, nos Campos Gerais (Figura 1). A pesquisa refere-se a um afloramento turfoso na margem esquerda do rio Das Mortes, na planície aluvial do alto rio Tibagi (25°11'11"S e 25°13'45"S; 50°04'24"W e 50°09'04"W) próxima ao Parque Estadual de Vila Velha e à Lagoa Dourada, junto ao ramal da estrada de ferro e da BR-376. Trata-se de um antigo depósito turfoso, obliterado por depósitos coluviais e arenosos, entalhado pelas atuais drenagens, gerando afloramentos (Figura 2).

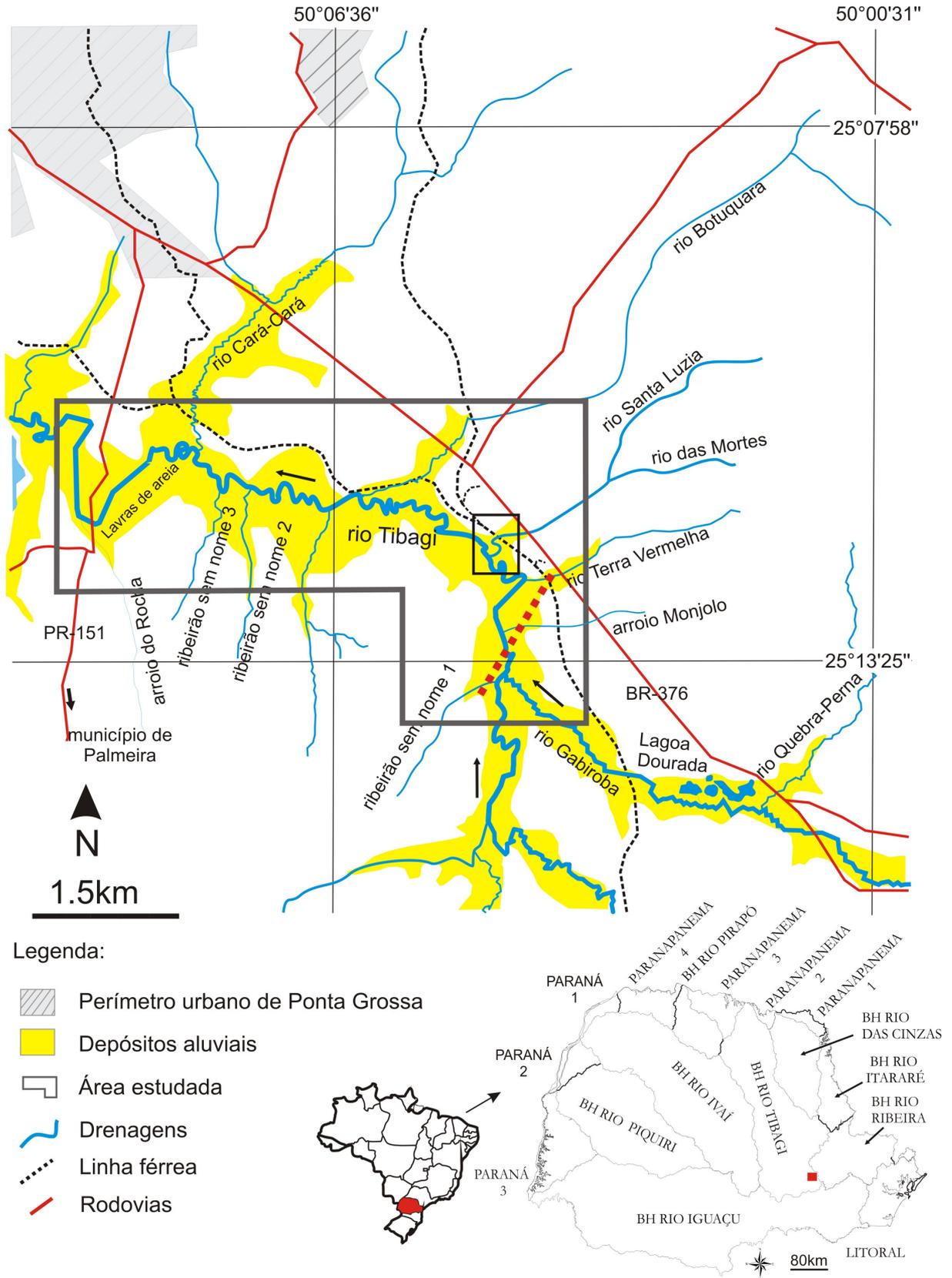


Figura 1: Mapa de localização da área estudada. O quadro aponta a posição do afloramento no rio Das Mortes.



Figura 2: Afloramento dos sedimentos turfosos, margem esquerda do rio Das Mortes. Foto: GUERREIRO, Renato Lada, 2009.

3.2 Clima

A região está inserida na zona subtropical sul, com tipologia climática Cfb (classificação de Köppen – Figura 3) de clima temperado sempre úmido e temperatura média anual de 18°C. Nos meses mais quentes as médias são inferiores a 22°C. A média ultrapassa 8°C em cerca de onze meses do ano. Geadas são frequentes no inverno, com ocorrências de pelo menos cinco ao ano (MAACK 1968; IAPAR 2011). Na região as chuvas são regulares e bem distribuídas ao longo do ano, atingindo 1.550mm anuais, com leve declínio nos meses de abril a agosto (Figura 4).

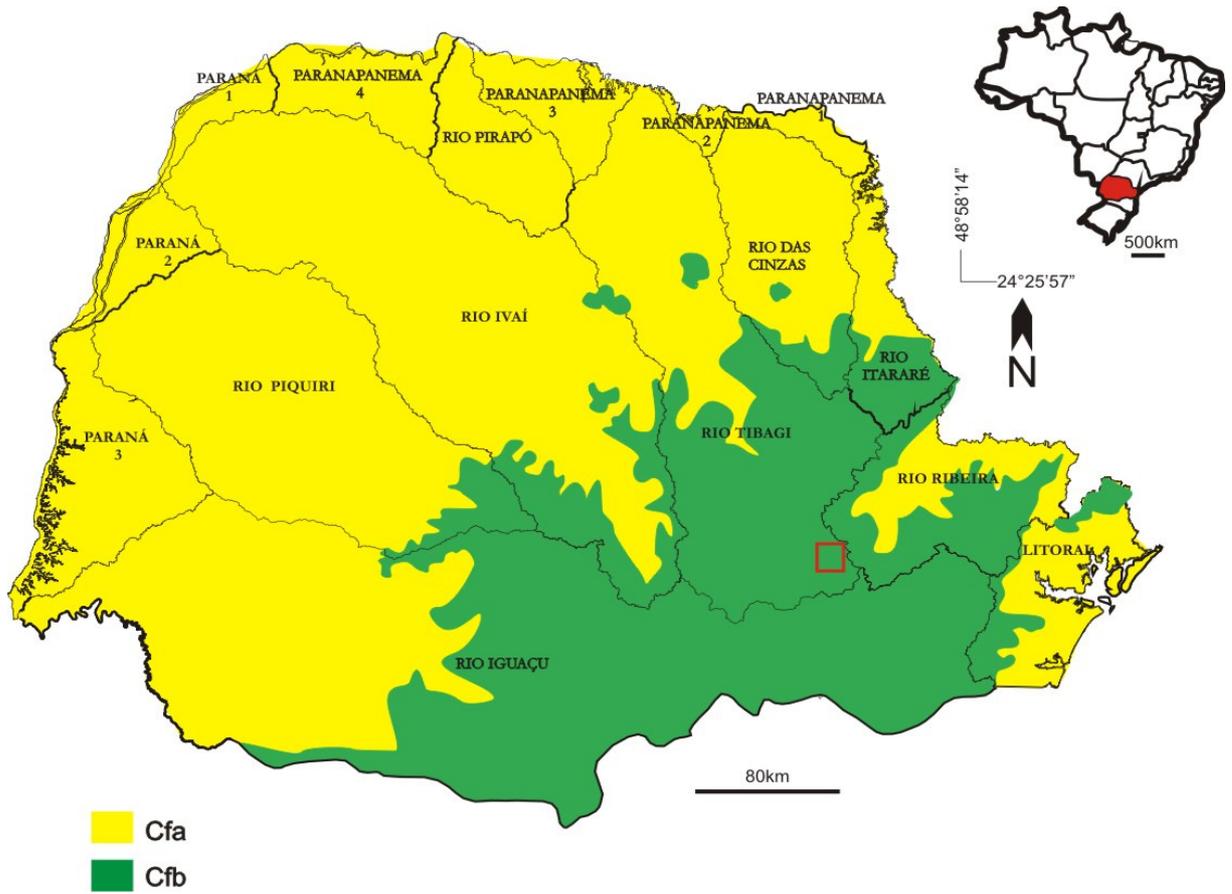


Figura 3: Mapa climático do Estado do Paraná com destaque para a área estudada (modificado de IAPAR, 2011)

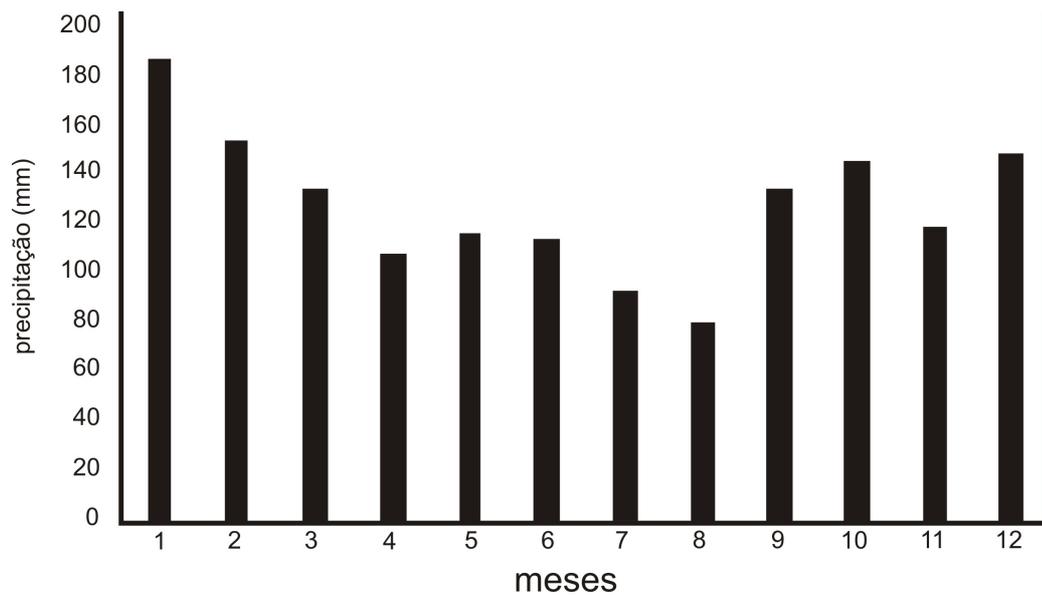


Figura 4: Precipitação média mensal (1954-2001) na região de Ponta Grossa (IAPAR 2011).

3.3 Vegetação

A vegetação outrora predominante da região era caracterizada por ervas gramínoides e arbustos esparsos, classificada pelo IBGE (1992) como estepe gramíneo-lenhosa (Figura 5), conhecida como Campos Gerais do Paraná. Para vários pesquisadores as estepes são muito semelhantes às savanas, tanto em termos florísticos, como adaptativos. Porém, segundo Maack (1968), as savanas são peculiares às áreas tropicais, com gramíneas altas, arbustos ou árvores, diferentes das estepes do sul do Brasil.

A expressão Campos Gerais foi consagrada por Maack (1948), referindo-se à zona fitogeográfica natural, caracterizada pela ocorrência de campos limpos entremeados com capões de Floresta Ombrófila Mista e matas de galerias cuja espécie dominante era a *Araucaria* (Figura 6).

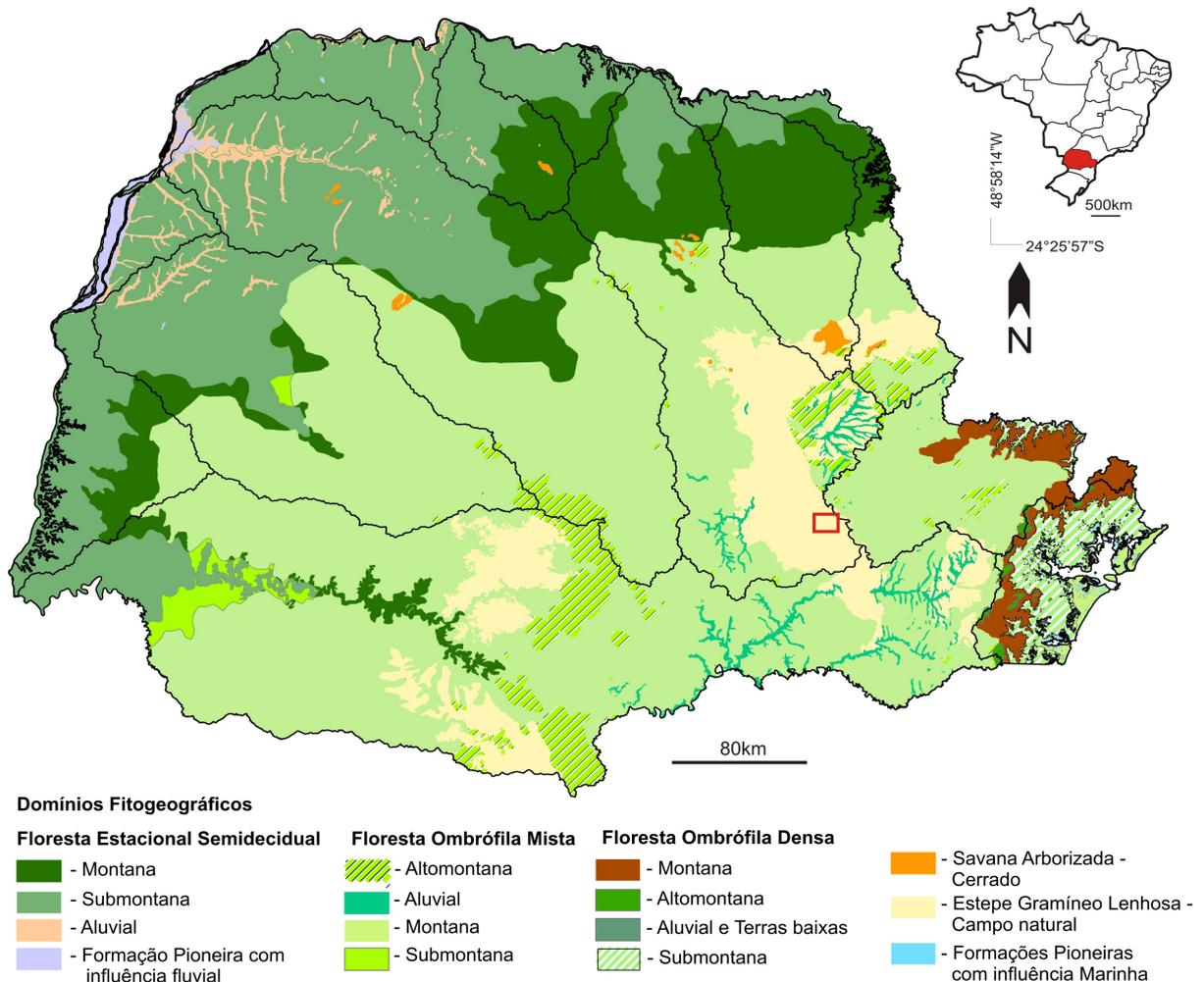


Figura 5: Mapa fitogeográfico do Estado do Paraná, com destaque para área estudada (modificado de ITCG, 2008).



Figura 6: Campos Gerais entremeados por matas de galeria composta pela Floresta Ombrófila Mista, ao longo da calha do rio Tibagi. Foto: Martins (2008).

Segundo Maack (1981) os capões se desenvolveram em depressões úmidas ao redor das nascentes. Sob condições climáticas favoráveis, conquistaram os declives e expandiram sobre os planaltos. De acordo com Ab'Sáber (2003) a composição da paisagem dos planaltos subtropicais, dominados por *Araucaria* e campos de altitude aponta para um quadro anterior, onde predominavam estepes geradas em condições muito secas e bem mais frias que atualmente. Para Martins (2008), os Campos Gerais possuem características típicas, com notável caráter de paleopaisagem, presentes como um enclave fitogeográfico paleoclimático.

Segundo Moro (1998), predominavam nos Campos Gerais os campos limpos do tipo savana gramíneo-lenhosa (Figura 7), que ocupavam a maioria dos topos das elevações e encostas. A uniformidade dos campos só era interrompida pela ocorrência de *Araucaria* nos fundos de vales ou em capões isolados (Figura 8). A vegetação nos campos era formada principalmente por Poaceae, Cyperaceae, Asteraceae, Verbanaceae e Fabaceae, que formavam uma cobertura herbácea densa.



Figura 7: Paisagem campestre típica dos Campos Gerais paranaenses, com gramíneas e rios de leitos lajeados. Foto: MARCOTTI, Ângelo Ricardo, 2008. Disponível em <http://www.panoramio.com/photo/9072655>

Ainda segundo Moro (1998) nos capões distinguem-se diversos estágios de sucessão: i) núcleos pioneiros – com espécies heliófilas das famílias Myrtaceae, Anacardiaceae e Euphorbiaceae, com ausência da *Araucaria* e ii) núcleos mais evoluídos – com ocorrência de *Araucaria* circundada por uma submata de Myrtaceae e Lauraceae, em cuja orla ocorrem abundantemente Melastomataceae e Asteraceae. Na vegetação que ocorre junto aos corpos d'água, além das famílias que aparecem nos núcleos mais evoluídos, ocorrem também Palmae, taquaras e pteridófitas e Mimosaceae.

A vegetação campestre presente nos Campos Gerais vem, desde os tempos coloniais, sofrendo pesada interferência antrópica. Os campos do Paraná eram rotas dos comerciantes de gado que irrompiam os rincões desde Viamão, no Rio Grande do Sul, até a região de Sorocaba, São Paulo. Essa rota comercial era conhecida como Caminho de Viamão, e fornecia alimentos para as áreas de garimpo em Minas Gerais. Desde então, os campos de Guarapuava, Palmas e principalmente os extensos Campos Gerais forneceram descanso às tropas e alimento para o gado.

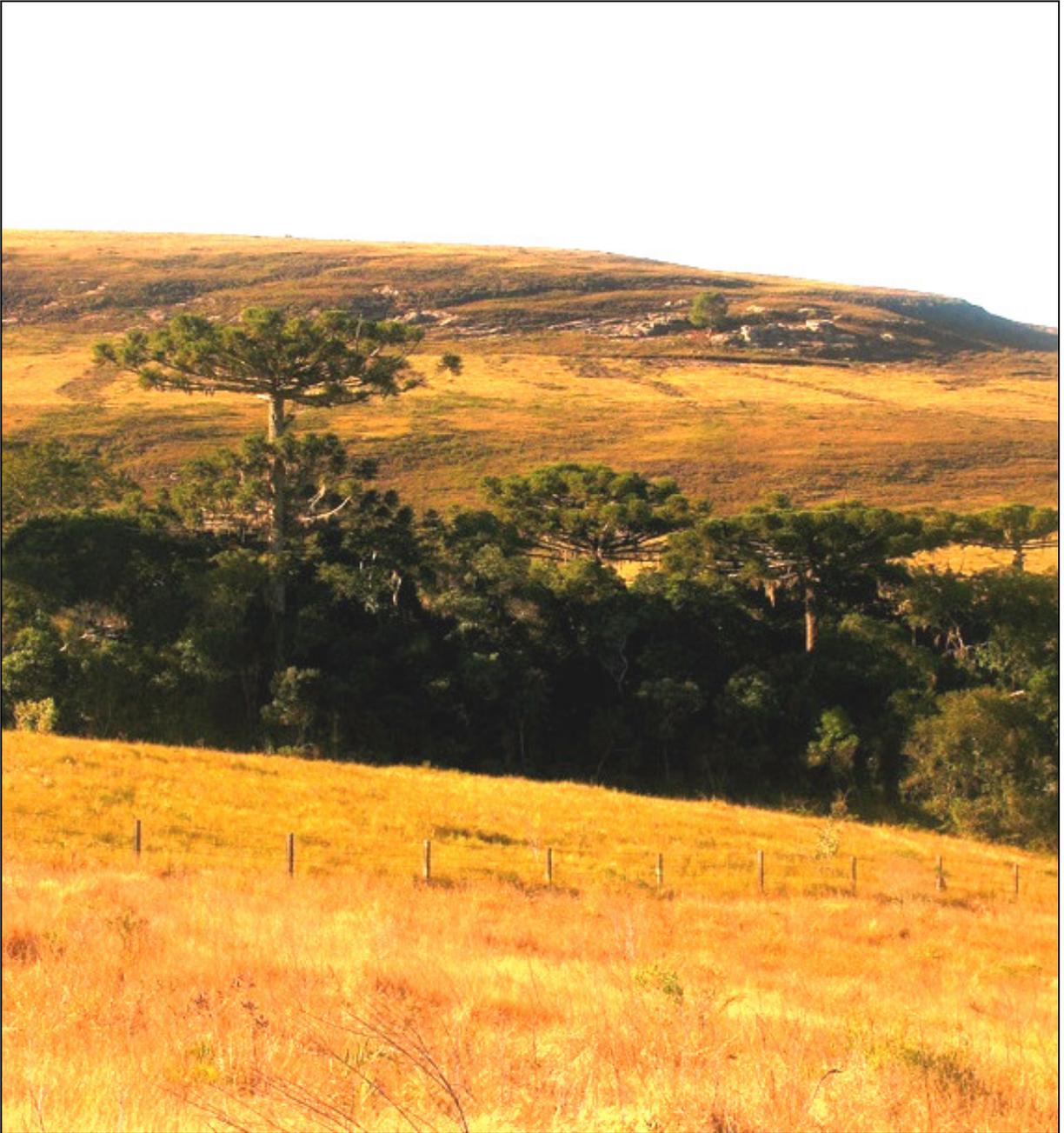


Figura 8: Paisagem dos Campos Gerais. Capões isolados de Floresta Ombrófila Mista onde se destaca a *Araucaria*. Foto: MIYAMOTO, Shyquek, 2009.

Entre idas e vindas, pequenos povoados iam se formando ao longo das rotas, e não demorou para que pequenas vilas se estabelecessem na região. A criação de gado era e ainda perfaz uma das mais importantes atividades econômicas nos Campos Gerais. Para o manejo das pastagens naturais, ricas em sílica, a prática de queimada era realizada anualmente para renovação da pastagem. Gravuras no início do séc. XIX e XX (Figura 9) retratam como essa atividade era realizada nos primeiros povoados dos Campos Gerais do Paraná.



Figura 9: Gravura de Alfredo Andersen sobre a prática de queimada nos Campos Gerais. Fonte: Casillo, 2001.

Segundo Ziller e Galvão (2000) a degradação dos Campos Gerais por contaminação biológica constitui um dos principais impactos antrópicos, seguidos da conversão de terras para pastagem e cultivo. Os autores relataram que espécies exóticas introduzidas nas áreas para fins madeireiros, como *Pinus sp.*, (Figura 10 e 11) já se fazem presentes em 76% dos pontos com cobertura de campos, 86% nos brejos e várzeas e 25% nas áreas agrícolas. Vale ressaltar que a bacia hidrográfica do Tibagi apresenta um dos maiores reflorestamentos comerciais de *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.*, do sul do Brasil. com 229.501,80ha (Parolin et al. 2010).



Figura 10: Reflorestamento comercial de *Pinus sp.*, próximo à área de estudo. Foto: PAROLIN, Mauro, 2009.



Figura 11: Reflorestamento comercial de *Pinus* sp., próximo às principais cabeceiras do rio Tibagi. Foto: Martins, 2008.

3.3.1 Considerações sobre os Campos Gerais e campos naturais do Paraná

Qualquer viajante entre os séculos XVIII e XIX que se aventurou a desbravar os rincões paranaenses, deve ter se impressionado com a beleza dos Campos Gerais do Paraná, com rios de leitos lajeados e impressionantes mosaicos vegetacionais (Figura 12). Esta paisagem dominada por um tapete graminoide, ora interrompida por capões de mata ou imponentes araucárias, é peculiar ao Segundo Planalto Paranaense, embora não restrito a ele.



Figura 12: Gravura de Theodoro De Bona de 1969, sobre os Campos Gerais do Paraná. Fonte: Casillo, 2001.

O Estado do Paraná possui cerca de 199.575km², distribuídos em dois tipos principais de cobertura vegetal original: i) florestas e ii) campos. Estes ainda podem ser divididos em: i) Floresta Estacional Semidecidual - 91.000 km²; ii) Floresta

Ombrófila Mista - 73.780 km²; iii) Floresta Ombrófila Densa - 4.000 km²; iv) Campos Limpos - 30.000 km² e v) Campos Cerrados - 1.882 km².

Segundo Maack (1968), os campos no Paraná podiam ser observados no Primeiro Planalto, na região de Curitiba e Castro, originalmente cobrindo uma área de 1.740 km² (Figura 13); no Segundo Planalto, perfazendo a cobertura dos Campos Gerais com 19.060 km² (Figura 6-8), e no Terceiro Planalto, totalizando com os campos de Guarapuava (Figura 14), Laranjeiras do Sul, Palmas (Figura 15) e Campo Erê (Figura 16), uma área de 6.560 km².



Figura 13: Gravura de Joseph Keller - Vista de Curitiba, 1865. Vista parcial da cidade de Curitiba, no início do Séc. XIX. Em primeiro plano, os campos naturais no qual se instalou a moderna capital do Paraná. Ao fundo, detalhes da Serra do Mar, onde se pode visualizar o delineamento dos picos Caratua, Paraná, Ciririca, Aguda da Cotia, Anhangava, serra da Farinha Seca e serra do Marumbi. Fonte: Casillo, 2001.



Figura 14: Campos de Guarapuava. Originalmente os campos cobriam uma área de 4.135 km², principalmente com gramíneas (*Elionorus candidus* Hack e *E. trapsicoides*), além de capões isolados nas depressões úmidas e em torno das nascentes de pinheiros (*Araucaria angustifolia*). Fonte: Maack (1968).



Figura 15: Campos de Palmas. Originalmente grupo de pinheiros (*Araucaria angustifolia*) e palmáceas (*Butia eriospatha* (Mart. ex Drude) Becc. 1898), além de gramíneas (*E. candidus* e *E. trapsicoides*) eram a vegetação regional dominante, cobrindo uma área de 2.350km². Fonte: Maack, 1968.



Figura 16: Campo Erê. Originalmente essa cobertura recobria uma área de 25 km² a oeste da cidade de Clevelândia, extremo sul do Estado do Paraná. Fonte: Maack, 1968.

Reinhard Maack foi o primeiro pesquisador a levantar a hipótese de que os campos eram formas relictas de climas pretéritos transcorridos no Pleistoceno. Segundo ele, as florestas somente cobririam terras paranaenses a partir do Holoceno, tomando progressivamente as encostas e planaltos a partir da vegetação ripária, capões isolados em nascentes e nas encostas das escarpas que preservaram umidade suficiente para desenvolvimento de florestas, tal como pode ser visualizado nas Figuras 17 e 18.



Figura 17: Área de floresta bem preservada na *cuesta* escarpada da Serrinha, em São Luís do Purunã. Segundo dados da UEPG (2010), a precipitação anual na escarpa é 100 a 300mm superior a do planalto antecedente (Planalto de Curitiba). Foto: Martins, 2008.

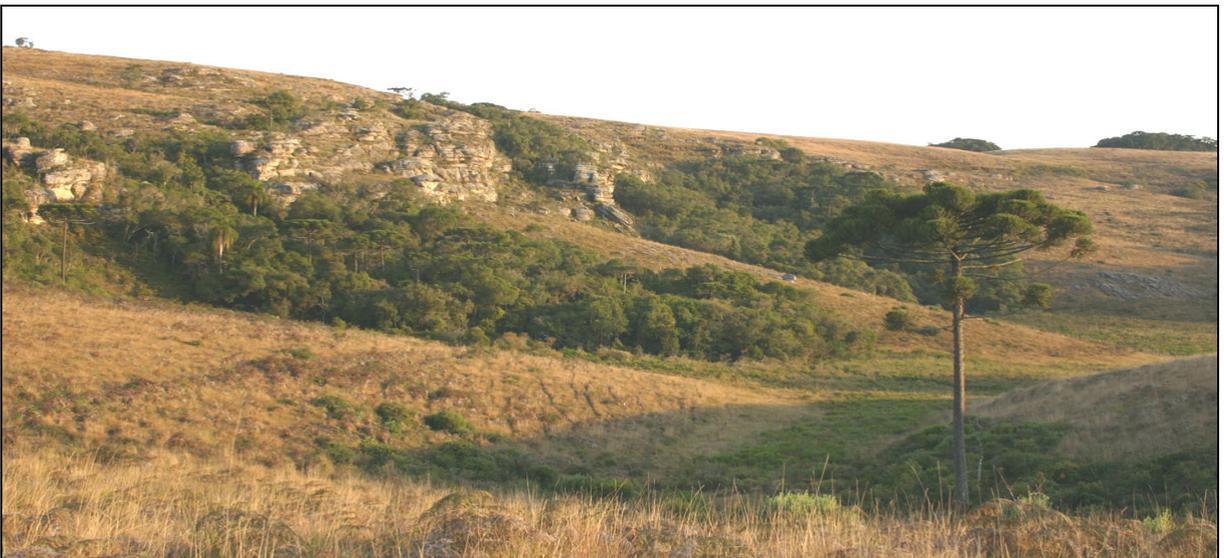


Figura 18: Capões isolados de Floresta Ombrófila Mista em meio aos campos, nas proximidades de Ponta Grossa. As áreas sob influência de fatores geológicos e pedológicos ainda preservam a paisagem descrita por Maack (1968) a respeito das paisagens pleistocênicas. Foto: Martins, 2008.

De acordo com Maack (1948; 1968) os campos (*stricto sensu*) são uma forma de relicto do antigo clima semiárido que vigorou no Pleistoceno, e apresentam-se como a formação florística mais antiga do Paraná. Maack (1968) enfatiza que as florestas somente tomariam as áreas de campos a partir do Holoceno, com incremento da umidade e aumento dos meses de chuva, expandindo das matas de galerias, capões de nascentes e matas na encosta das escarpas.

As gramíneas começam a dominar ambientes continentais a partir do Oligoceno, provavelmente no limite com o Mioceno. Neste período o Planeta passava por mudanças climáticas ambientais que desencadeariam eventos

evolucionários nas biotas continentais, cujos reflexos podem ser observados até hoje. O clima do Planeta apresentava tendências a condições mais secas, ocasionando retração das florestas e expansão das coberturas vegetais abertas. O auge desse resfriamento global culminou no início do Pleistoceno, há cerca de 2,6ma, com avanço das calotas polares no Hemisfério Norte e áreas alpinas espalhadas pelo globo, dando início à última era glacial.

Com a retomada de condições mais úmidas e aumento das temperaturas médias globais no início do Holoceno, as florestas expandiram sobre as áreas de vegetação aberta, tomando progressivamente a região amazônica, a fachada litorânea e planaltos do sul e sudeste. A escarpa da Serrinha (Arenito Furnas) serviu como uma espécie de refúgio para os campos e cerrados no Paraná, uma vez que dentro deste domínio geológico não se desenvolvem plenamente coberturas de grande porte como florestas, salvo exceções nas planícies e vales de rios e áreas isoladas. De acordo com Melo et al. (2001), neossolos, rasos, arenosos e muito pobres, originados do intemperismo de rochas (Formação Furnas e Grupo Itararé), são desfavoráveis para o desenvolvimento de coberturas arbóreas.

As oscilações climáticas, ocorridas durante a última glaciação, fortaleceram e possivelmente recarregaram a flora de cerrado, com possíveis ligações com os cerrados do Estado de São Paulo. Assim também como a ligação dos campos paranaenses e catarinenses aos equivalentes do Rio Grande do Sul, tendo sido a paisagem do sul do Brasil durante o UMG.

3.4 Hidrografia

O Estado do Paraná possui oficialmente, segundo a base cartográfica do Instituto de Terras, Cartografia e Geociências - ITCG (2009), uma área de 204.009,92 km², drenada por 16 bacias hidrográficas (Figura 19) divididas em dois grupos: os tributários do rio Paraná, que constituem 95,7% da área de drenagem do Estado, e litorânea que possui como nível de base o oceano Atlântico e constitui 4,3% da área de drenagem.

O rio Tibagi é um dos principais rios do Estado do Paraná e constitui a principal drenagem na área estudada. As principais nascentes deste rio situam-se entre os municípios de Ponta Grossa e Palmeira. Seu curso principal nasce na serra das Almas (Arroio da Invernada) no município de Ponta Grossa no reverso da

escarpa da Serrinha (Segundo Planalto Paranaense) numa altitude de aproximadamente 1.100m.s.n.m. (PAROLIN et al., 2010). O rio Tibagi percorre 550km até sua foz no reservatório da Usina Hidrelétrica de Capivara no rio Paranapanema a 298m.s.n.m. A vazão média fica em torno de 216,27m³/s, enquanto a máxima chega a 6.828m³/s (BRANNSTROM, 2001).

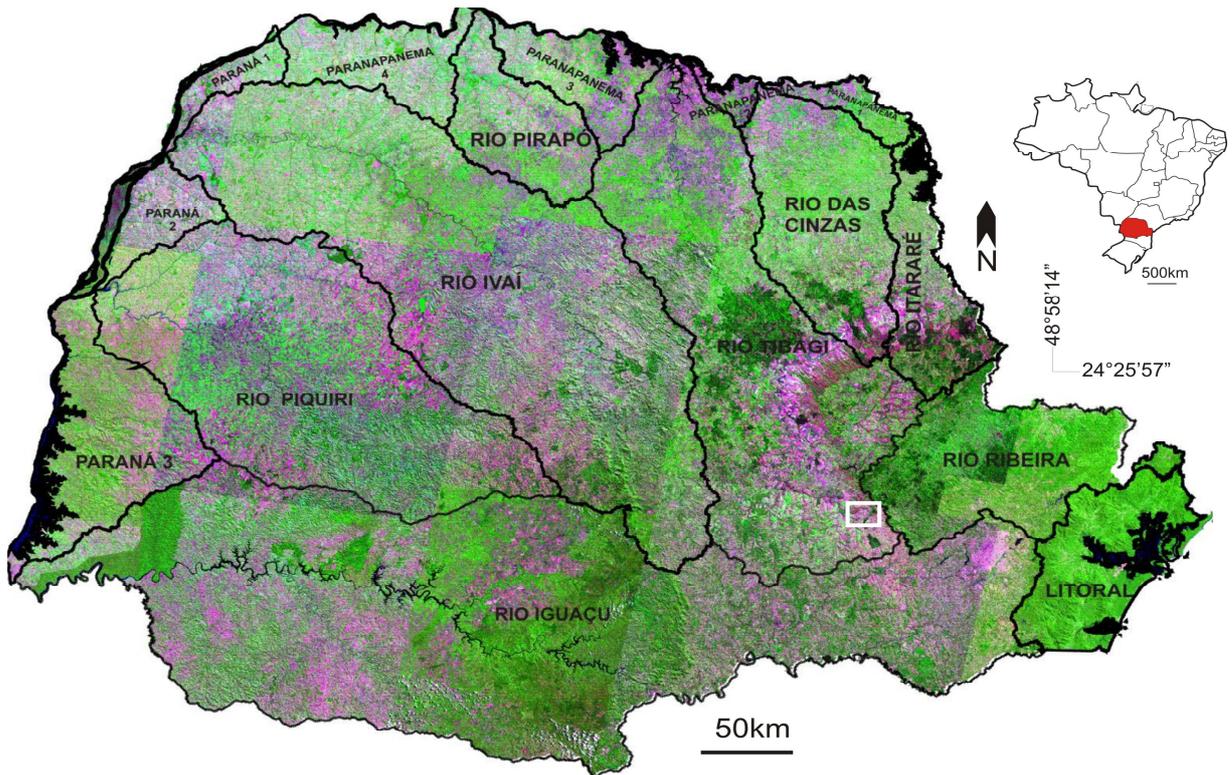


Figura 19: Mapa das bacias hidrográficas do Estado do Paraná com destaque para a área estudada (modificado de ITCG, 2009).

A bacia hidrográfica do rio Tibagi tem sua área nos três planaltos paranaenses. Nesse sentido assume várias características morfológicas que vão de rios encaixados, meandantes a encachoeirados. Segundo Maack (1968), por um trecho de aproximadamente 42km a partir de suas nascentes, o rio Tibagi acompanha um lineamento estrutural vertical do Arenito Furnas, correndo em cânions estreitos, e apresenta neste trecho grande perda de altitude (Figura 20). Na sequência, o rio assume um padrão de leito meandrante, com pequena queda e formação de amplas planícies (Figura 21).



Figura 20: Rio Tibagi próximo à nascente principal. Nessa porção o rio corre ajustado a lineamentos estruturais no Arenito Furnas. Nota-se a presença de *Pinus* sp. nos campos naturais. Foto: Trevas, 2009. Disponível em <http://www.panoramio.com/user/1660604>



Figura 21: Vista parcial da planície aluvial do alto Tibagi. Foto: GUERREIRO, Renato Lada, 2009.

Uma análise pormenorizada do canal do rio Tibagi no trecho descrito por Maack (1968) mostra um leito retilíneo, totalmente encaixado em lineamento um estrutural por 18,8km no Arenito Furnas, e um padrão ligeiramente sinuoso com forte encaixe e orientação NW-SE por mais 9,7km. A porção descrita, consolidada por leitos essencialmente retilíneos entalhando cânions, é regida por falhas oriundas do Arco de Ponta Grossa, enquanto que as falhas NE-SW são ligadas aos lineamentos do Ciclo Brasileiro (FRANCO-MAGALHÃES, 2009)

Após esse trajeto o rio passa a correr sobre uma estreita e discreta planície meandrante por aproximadamente 13,77km, até abrir-se em uma ampla planície

retocada por intensa sinuosidade e inúmeros meandros abandonados (Figura 22 e 23). Esse padrão meandrante vigora por mais de 44km até as proximidades do distrito de Uvaia. A partir desse ponto, Maack (1968) descreve um rio sem corredeiras e de fluxo calmo, com margens íngremes escavadas no Arenito Furnas.

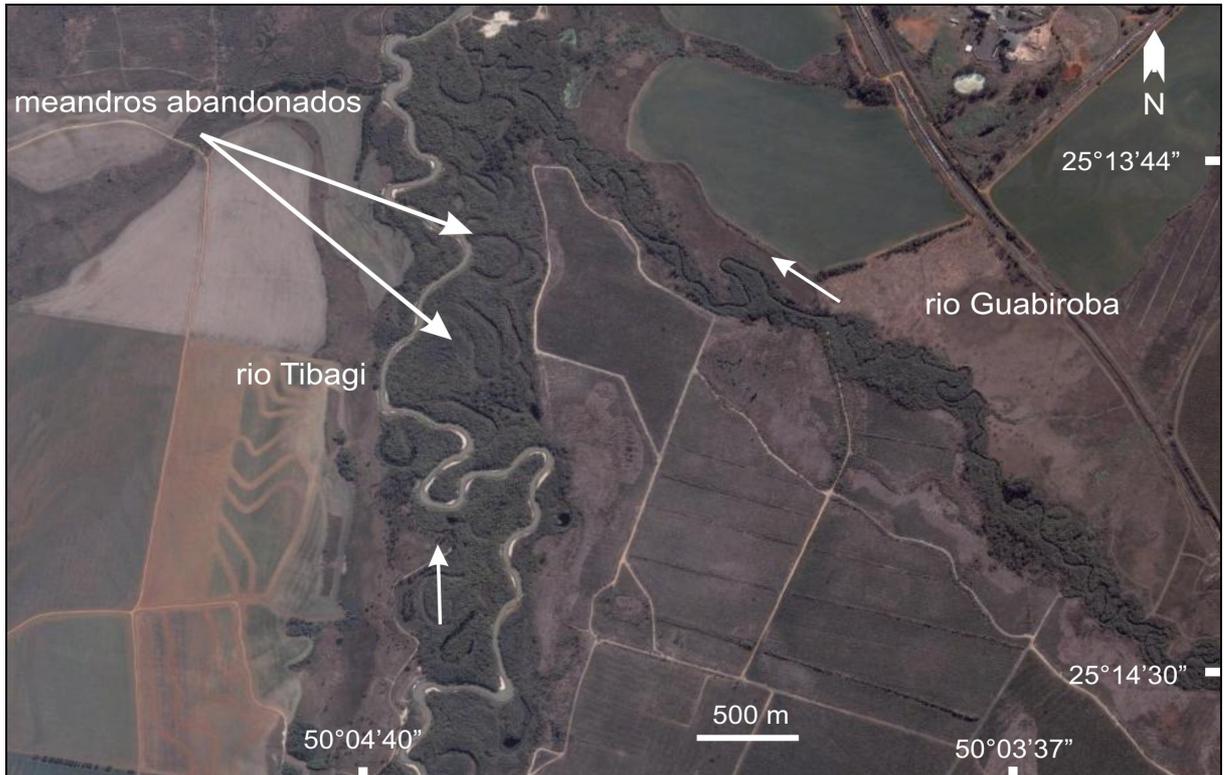


Figura 22: Meandros abandonados dos rios Tibagi e Gabiroba, localizados 3km a montante do afloramento no rio Das Mortes. GOOGLE EARTH, 2009.

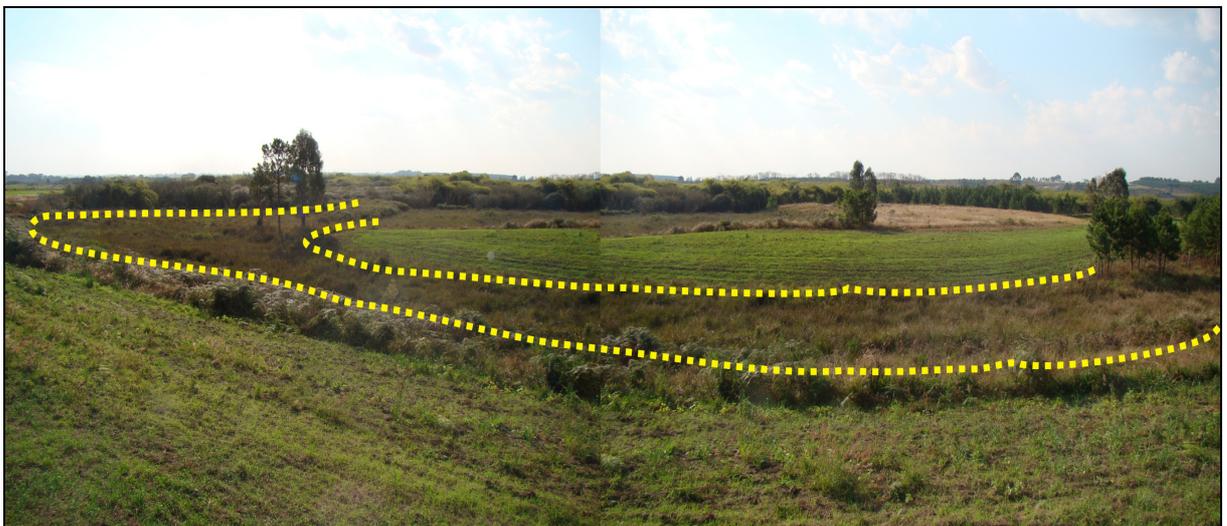


Figura 23: Meandro abandonado do rio Tibagi próximo às áreas de lavra de areia. Foto: GUERREIRO, Renato Lada, 2010.

3.4.1 Caracterização da bacia do rio Das Mortes

As nascentes desse rio, onde foram avistados os primeiros afloramentos dos sedimentos turfosos, localizam-se a 1.070m.s.n.m, cerca de 4km a leste da furna Buraco do Padre, e sua foz, na margem direita do rio Tibagi a 775m.s.n.m. Segundo Melo et al. (2005) o Buraco do Padre está situado no cruzamento de falhas e fraturas de direções NW-SE e NE-SW no Arenito Furnas. Tal feição caracteriza-se por uma furna originada pelo processo de erosão do rio Quebra-Perna em leito subterrâneo.

O rio Das Mortes apresenta pouco mais de 10km, com um gradiente de 295m e vazão média, calculada pelo autor, em 500 litros/segundo. Em sua área de drenagem estão localizadas importantes indústrias de beneficiamento de grãos como as multinacionais Bunge e Cargil, além de extensas áreas de cultivos. Na área também localizam-se importantes vias de escoamento da produção paranaense como a BR-376 e a ferrovia administrada pela companhia América Latina Logística-ALL.

Devido à construção da referida rodovia, grande parte das águas pluviais é direcionada para o canal do rio Das Mortes. Segundo relatos dos moradores locais, cerca de 10 minutos de chuva moderada são suficientes para uma elevação de 1 a 2 metros do nível normal do rio.

Em campo foram avistados pacotes sedimentares tecnogênicos com aproximadamente 1m de espessura, compostos por placas de metal, lascas de madeira, plástico, materiais de construção e fragmentos orgânicos. Ao longo do rio verificou-se marcas de arraste de elementos de grande porte como troncos de árvores com 20cm de raio e 8m de comprimento. Em determinadas horas é possível notar um forte odor, similar ao enxofre. Aparentemente, o rio recebe efluentes industriais ou esgoto doméstico cotidianamente.

3.4.2 Caracterização das drenagens e áreas adjacentes da planície aluvial do alto Tibagi

A margem direita é recortada por fazendas cuja área é destinada ao cultivo de grãos e pequenas propriedades com criação de gado. Junto às rodovias se encontram lotes urbanos e indústrias diversas. Em alguns pontos notam-se áreas de exploração de areia, em grande parte desativadas. À montante dessa área tem-se

extensas plantações de *Pinus* sp. Próximo à calha do rio Tibagi, a área é de propriedade da companhia América Latina Logística-ALL cujo acesso é restrito. No interior da propriedade é possível observar as ruínas da antiga estação ferroviária com alguns prédios ainda preservados, apesar do abandono. Essas instalações ainda preservam a arquitetura peculiar dessas construções, símbolo do progresso do Brasil e Paraná no advento do café.

Ainda na margem direita, os afluentes recebem dejetos de lotes urbanos, áreas industriais e rodovias. Da montante à jusante, o rio Gabiroba (Figura 1) é o mais preservado dentre as drenagens que fluem para o rio Tibagi. O referido rio tem suas nascentes, assim como grande parte de seu traçado, dentro do Parque Estadual de Vila Velha. Em sua área de abrangência encontra-se a Lagoa Dourada, que na concepção de Melo (2002) é uma fuma assoreada com 200m de diâmetro, formada sobre o Arenito Furnas. Seu principal afluente é o rio Quebra-Perna cujas nascentes também se localizam dentro do Parque Estadual de Vila Velha.

Menos de 2km à jusante da foz do rio Gabiroba encontra-se o arroio Monjolo e o rio Terra Vermelha (Figura 1). O primeiro atravessa duas grandes unidades processadoras de grãos. Nesse arroio é possível observar a antiga ponte ferroviária da Estação Desvio Ribas, construída e montada pelos ingleses em 1889. O segundo atravessa grandes áreas com cultivo de grãos. Suas cabeceiras apresentam boa parte da vegetação nativa bem preservada, a qual é composta por campos e alguns capões florestados. O nome Terra Vermelha possivelmente se deve à tonalidade do solo, que compõe sua bacia, oriundo da decomposição de rochas efusivas representadas por um *sill* de diabásio próximo.

Na sequência, tem-se o rio Botuquara, cujas principais nascentes localizam-se a 1.078m.s.n.m., acompanhando por mais de 3km um lineamento estrutural no Arenito Furnas, no sentido SE-NW. Após esse trajeto, o rio flui sentido NE-SO onde se encontram grandes propriedades cuja atividade principal é a produção de grãos. Próximo a sua foz é possível encontrar uma extensa plantação de *Pinus* sp., de propriedade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/EMBRAPA-Florestas.

Após 1,5km da foz do rio Botuquara, o rio Cará-Cará, com suas nascentes no perímetro urbano da cidade de Ponta Grossa, recebe grande quantidade de esgoto não tratado. A vegetação original próxima às cabeceiras encontra-se bem alterada, restando poucos fragmentos preservados. Próximo a sua foz, Moro et al. (2007)

realizaram um estudo sobre fragmentos de vegetação ripária e concluíram que, apesar de perturbada, a vegetação possui capacidade recuperação.

Na margem esquerda têm-se grandes propriedades com cultivo de grãos. Nessa área também se encontra a maior área extratora de areia, gerida pelas empresas Minas Branca Extração de Areia Ltda, Mineração Rogalski e GR Extração de Areia (Figura 1). Durante algumas cheias, o rio Tibagi transborda e ocasiona o alagamento das áreas de lavras. Diante disso, pode-se inferir que os depósitos arenosos na planície atual são oriundos de processos recentes e ainda atuantes. As áreas mineradoras no alto Tibagi são encontradas predominantemente em porções onde o rio tem seu curso retilíneo.

Os afluentes da margem esquerda do rio Tibagi são, em geral, menos extensos que os da margem oposta. Na área estuda, dificilmente ultrapassam 6km. Da montante para jusante, três pequenos ribeirões, sem nomes oficiais, são nominados nesse trabalho como ribeirão sem nome 1, 2 e 3. São drenagens com extensão média de 4km, em geral de segunda ordem. Os ribeirões desenvolvem áreas deposicionais com formação de turfeiras modernas (Figura 24).



Figura 24: Formação de turfeiras modernas do ribeirão sem nome 3. a) corte em cava próximo às áreas de lavra expondo sedimentos turfosos. b) turfeira sem alteração aparente. Foto: GUERREIRO, Renato Lada, 2010.

No limite oeste da área estudada tem-se o arroio Do Rocha, com aproximadamente 7,2km. Na área dessa drenagem predominam grandes propriedades produtoras de grãos. Também foram observados vários fragmentos com Floresta Ombrófila Mista bem preservada junto à drenagem. Os indivíduos de *Araucaria angustifolia* observados, aparentemente apresentavam boa sanidade.

3.5 Geologia

A geologia regional foi descrita segundo dados da Mineraias do Paraná - Mineropar, empresa responsável pelos Serviços Geológicos do Estado do Paraná, os quais foram compilados no trabalho intitulado “*Mapeamento Geológico da Folha de Ponta Grossa*”, organizado pela equipe do Geólogo Sidnei Pires Rostirolla (Figura 25).

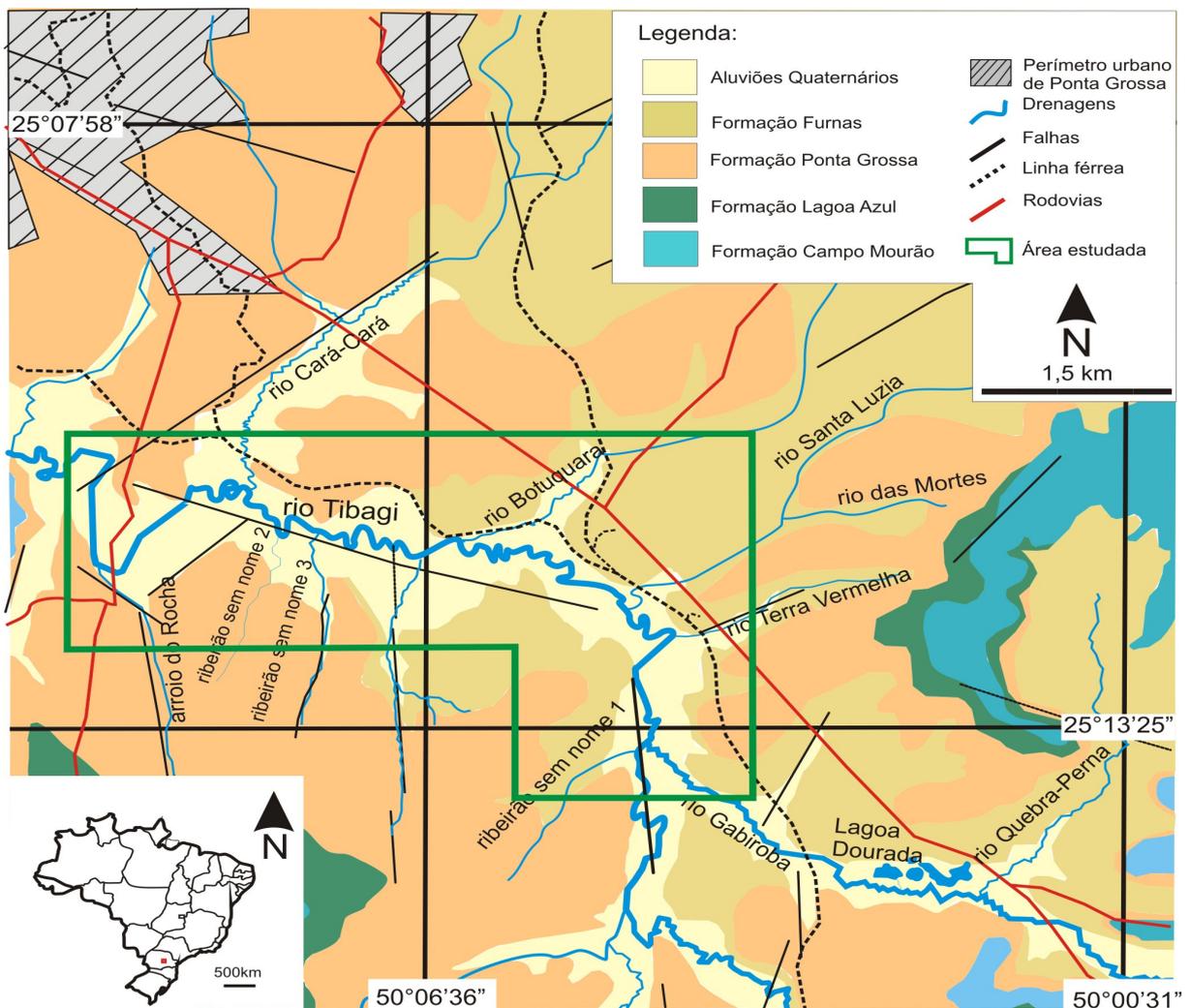


Figura 25: Mapa geológico da Folha de Ponta Grossa (modificado de Mineropar, 2007).

Na área estudada, os substratos mais representativos, são da sequência Siluro-Devoniana, representadas pelas formações Furnas e Ponta Grossa, do Grupo Paraná. A idade dessas sequências é tida por alguns autores como Devoniana (DAEMON et al., 1967; ASSINE, 1996), mas alguns autores a consideram como Siluriano Superior (ZALÁN et al., 1987; BERGAMASCHI, 1999). UEPG (2010) ressalta que o período de deposição do Arenito Furnas, apesar de complexo, é dado no intervalo de tempo do Siluriano Superior até o Devoniano Inferior.

A Formação Furnas, segundo Bigarella et al. (1966), caracteriza-se por estruturas típicas, onde sobressai a estratificação cruzada, distribuída em toda coluna estratigráfica. Segundo os autores, as estratificações cruzadas mais típicas desta formação são: a) cruzada plana: na qual a superfície inferior da sequência de estratos cruzados é uma superfície plana de erosão e os truncamentos erosivos entre as várias sequências de estratos, podem ou não ser paralelos; e b) cruzada acanalada: principalmente na porção superior da coluna estratigráfica, onde a sequência de estratos cruzados encontra-se na forma de superfície de erosão curva, truncada por uma superfície côncava voltada para cima, de modo que o limite superior de uma sequência de estratos, sempre cruzados, encontra-se abruptamente.

A Formação Ponta Grossa é caracterizada pelos depósitos de folhelhos e arenitos finos e abundância de macro e microfósseis. De acordo com Assine (1996), a deposição desses depósitos deu-se sob paleoambiente plataformar marinho. Segundo o esquema bioestratigráfico proposto por Daemon et al. (1967), a Formação Ponta Grossa apresenta idade Ensiana-Frasniana (Devoniano Inferior a Superior).

A Formação Ponta Grossa sobrepõe a Formação Furnas, no entanto alguns pesquisadores discordam quanto ao contato entre as duas Formações. De acordo com Assine (1996), o intervalo, caracterizado pela intercalação de arenitos finos com siltitos, apresenta fósseis com afinidades à Formação Ponta Grossa, comprovando o contato concordante entre as duas unidades. Por outro lado, Zalán et al. (1987), constataram que o contato Furnas/Ponta Grossa representa uma discordância relacionada a um hiato de aproximadamente 10 Ma.

Os depósitos turfosos da área estudada, às margens do rio Das Mortes, encontram-se em contato erosivo com os arenitos da Formação Furnas e soto-postos a depósitos coluviais provenientes da Formação Ponta Grossa. É possível

observar tais depósitos ao longo de toda faixa marginal do rio Tibagi, sobretudo junto às drenagens.

3.6 Geomorfologia

A área estudada está inserida inteiramente no Segundo Planalto Paranaense. Esse compartimento geomorfológico caracteriza-se por apresentar declividades suave onduladas, relevos tabulares em forma de *cuestas* e plataformas dissecadas com colinas e outeiros. A região dos Campos Gerais foi profundamente afetada pelo Arco de Ponta Grossa, promovendo um grande número de falhas e fraturas, além de um enxame de diques de diabásio com orientação NW-SE, que influenciam no relevo e hidrografia local (UEPG, 2010).

De acordo com Melo et al. (2004), o Arco de Ponta Grossa é um alto estrutural com eixo inclinado para NW, ativo desde o Paleozoico, período de intensa atividade tectônica regional. Esta importante estrutura foi responsável pela elevação e arqueamento do embasamento proterozoico e das camadas sedimentares da bacia, que deram passagem a grande volume de magma basáltico no Mesozoico (UEPG, 2010).

Estudos realizados por Franco-Magalhães (2009) evidenciaram o soerguimento do Arco de Ponta Grossa no Cretáceo Inferior em 130 Ma. Entretanto, enfatiza que o evento mais importante deu-se no Cretáceo Inferior em 90ma, sendo em parte responsável pelo soerguimento da serra do Mar. A autora ainda relaciona uma reativação desses falhamentos em cerca de 60ma e outra em 20ma, possivelmente responsável pelo soerguimento da escarpa da Serrinha, marcador geográfico que divide o Primeiro do Segundo Planalto Paranaense.

Na área encontram-se falhas com orientação NW-SE, NE-SW e N-S. As falhas com orientação NW-SE teriam se originado em propósito da abertura do Atlântico por volta de 130 Ma. Em contrapartida, as falhas com orientação NE-SW seriam, em grande parte, oriundas do soerguimento do embasamento, e as falhas com orientação N-S, secundárias a ambos os processos.

As drenagens na área estudada seguem orientadas e confinadas a tais falhas que condicionaram os processos hidrológicos, juntamente com a geologia e clima. A calha do rio Tibagi nessa porção é orientada por falhas NW-SE, enquanto seus afluentes da margem direita seguem por falhas SE-NW. Os afluentes da

margem esquerda são controlados pelas falhas secundárias N-S. As principais feições geomorfológicas da área de estudo são relevos suave ondulados com caimento para a calha do rio Tibagi. A planície desenvolve um vasto cinturão meandrante, com meandros ativos e abandonados, sobretudo na margem esquerda.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Contextualização do tema abordado

O período Quaternário representa os últimos 2,6 milhões de anos de história geológica da Terra. É marcado por um intenso resfriamento global, sendo conhecido como um período de grandes eras glaciais. É neste estágio que os primeiros homínídeos surgiram no continente africano e também marca o poder transformacional que os humanos tiveram sobre o planeta. O período Quaternário pode ser dividido em duas épocas: Pleistoceno, iniciado há 2,6 milhões de anos, e Holoceno, há 10 mil anos atrás.

Os episódios glaciais que caracterizaram esse período foram marcados pelo avanço das calotas polares e alpinas, e rebaixamento do nível médio dos oceanos. No entanto, ainda restam dúvidas quanto aos eventos que desencadeiam o começo e o fim de uma era glacial. Acredita-se que mudanças nos ciclos solares, excentricidade da órbita terrestre, obliquidade da elíptica e precessão de equinócios sejam os principais parâmetros cíclicos responsáveis pelos eventos glaciais. Atualmente, essa proposta, também conhecida como Teoria Astronômica de Milankovitch, é a mais aceita e difundida pelos cientistas.

Cada um dos parâmetros apresenta ciclos diferentes, e a interação desses ciclos torna a temperatura ligeiramente constante. Segundo a Teoria de Milankovitch, em determinados episódios, os ciclos astronômicos poderiam coincidir, produzindo um período de reduzida insolação, desencadeando uma glaciação (STEVAUX e PAROLIN, 2010).

Pelo menos quatro glaciações foram registradas no Período Quaternário, com grandes mudanças na face do planeta. Nas fases de expansão glacial, a umidade disponível no planeta concentrou-se sob a forma de gelo, fazendo com que as zonas tropicais úmidas, de maneira geral, experimentassem fases com reduzida disponibilidade hídrica. Grande parte do Hemisfério Norte foi recoberta por um

espesso manto de gelo, enquanto o Hemisfério Sul e zonas tropicais passavam por fases de extrema aridez (AB'SABER, 1957; BIGARELLA, 1971).

No Pleistoceno, as condições paleoclimáticas brasileiras apresentavam tendências mais secas e frias, enquanto o Holoceno marca o fim do ciclo glacial e a retomada da temperatura e umidade. Trabalhos desenvolvidos em diferentes regiões do Brasil atestaram essa transição entre climas secos e frios para quentes e úmidos no Holoceno.

O reflexo das mudanças paleoclimáticas e paleoambientais desse período constatado por diversos autores em diferentes localidades do Brasil como Barbosa et al. (1990), Van der Hammen (1991), Thomas e Thorp (1995), Ledru (1993) e Ledru et al. (1996). Períodos de recrudescência climática na Amazônia foram constatados por Absy et al. (1991), Desjardins et al. (1996), Gouveia et al. (1997) e Pessenda et al. (1999), nas porções norte, sul e central. Nas regiões de Boa Vista-RR, Humaitá-AM e Serra do Carajás-PA, estes autores constataram períodos mais secos com predomínio de cerrados entre o Pleistoceno e início do Holoceno.

Em meio à floresta Amazônica, os fragmentos de cerrado comumente encontrados são interpretados como relictos dos climas mais secos que vigoraram durante o UMG. Pessenda et al. (1999) atestaram eventos mais úmidos e mais quentes para o sul da Amazônia entre 9-8 mil anos AP., com avanço de coberturas arbóreas sobre coberturas herbáceo-arbustivas. Os autores interpretaram esse evento como clímax da floresta Amazônica na região.

Na região da província serrana de Carajás, Absy et al. (1991) caracterizam, com base nos registros lacustres, períodos de oscilações paleoclimáticas com retração e expansão de florestas e cerrados. As pesquisas na Serra de Carajás revelaram importantes mudanças na vegetação e também um dos mais completos registros paleoambientais quaternários, atingindo mais de 36 mil anos AP.

No vale do rio Icatú, na Bahia, De Oliveira et al. (1999) identificaram cinco fases com mudanças no padrão vegetacional entre ± 10 mil anos AP. até o presente. Os autores caracterizam fases com incremento da umidade, atestado por táxons amazônicos e atlânticos e fases secas à semiáridas com vegetação de cerrado e caatinga. Na região centro-oeste, Ferraz-Vicentini (1993) e Barberi-Ribeiro (1994) caracterizaram o paleoambiente de Águas Emendadas-DF e Crominia-GO como semiárido no início do Holoceno, com melhoria climática a partir de 7 mil anos AP.

No sudeste, estudos realizados por De Oliveira (1992) e Ledru (1993) revelaram condições mais frias e úmidas, com presença de *Araucaria* em Serra Negra e Serra do Salitre-MG entre 36-8 mil anos AP., e condições mais frias e secas na Lagoa dos Olhos-MG no final Pleistoceno e quentes no início do Holoceno.

No vale do rio Paraná, Jabur (1992), Stevaux (1993, 1994a, 1994b e 2000) e Stevaux et al. (1997) forneceram dados para os primeiros esboços da caracterização paleoclimática regional, indicando, pelo menos, quatro eventos: a) seco - no Pleistoceno Tardio, iniciado em cerca de 40.000 anos AP.; b) mido - no Holoceno Médio entre 3.500 e 7.500 anos AP.; c) seco - no Holoceno Tardio, entre 3.500 a 1.500 anos AP.; e d) evento úmido desde 1.500 anos AP. até o presente.

Parolin e Stevaux (2001), Parolin et al. (2006) e Parolin et al. (2007 e 2009) estabeleceram fases mais secas que permitiram a formação de dunas eólicas na região do Terraço Fazenda Boa Vista-MS durante o Holoceno Inferior e Médio e melhora climática a partir do Holoceno Tardio até o presente.

Na região sul, as mudanças paleoclimáticas foram identificadas por Bigarella (1971), Behling (1997), Melo et al. (2003), Pessenda et al. (2004), Fernandes (2008), Moro et al. (2009), Rezende (2010) e Guerreiro et al. (2010a) nos planaltos; no litoral e planície litorânea por Bigarella (1946), Angulo (1992), Lessa et al. (2000), Medeanic et al. (2006) e Medeanic et al. (2010).

Moro (1998) e Moro et al. (2004) identificaram fases áridas e semiáridas, alternadas com períodos de maior pluviosidade por volta de 8.750 anos AP., a partir dos estudos com diatomáceas nos registros sedimentares da Lagoa Dourada-PR. Moro et al. (2009) realizaram estudos com espículas de esponjas na mesma lagoa, chegando as mesmas interpretações.

4.2 Palinologia e estudos paleoambientais

A palinologia é considerada uma das ferramentas mais difundidas para o estudo e interpretação das mudanças climáticas do Quaternário. Segundo Costa Cruz (2004), a paleopalinologia é o ramo da ciência que compreende o estudo de organismos fósseis encontrados nos resíduos insolúveis resultantes de tratamentos físicos e químicos em rochas sedimentares, tais como grãos de pólen e esporos de pteridófitas e briófitas, cistos, algas e outros palinomorfos fossilizados.

Contudo, uma das dificuldades apresentadas por esses organismos está nas condições ideais para sua preservação, visto que necessitam de ambientes específicos para sua conservação. Sabe-se que condições com pouca ou nenhuma presença de oxigênio são essenciais para tal conservação. Condições anóxicas são encontradas muitas vezes em lagos, lagoas, turfeiras e planícies aluviais, sendo alvos das pesquisas nessa área de estudo.

Segundo Barron e Moore (1994), os estudos paleoambientais enfrentam diversas dificuldades, uma vez que não se pode realizar medidas instrumentais do período (ex. temperatura, pluviosidade, etc.). Estes estudos baseiam-se na interpretação de dados *proxy* em conjunto com dados multidisciplinares. A preservação desses “*proxy records*” depende de condições e ambientes peculiares (lagos, lagoas, turfeiras, paleocanais), condições estas que podem sofrer influência dos fatores ambientais, falseando ou prejudicando os registros, como enchentes ocasionais ou período de intensa seca, provocando remobilização parcial ou total dos depósitos.

De acordo com Vergamini et al. (2002), na atmosfera encontram-se grãos de pólen que flutuam e estão sujeitos à gravidade, ao atrito com as moléculas gasosas que as rodeiam e a fatores climáticos (direção e velocidade do vento, precipitação, temperatura e umidade) decisivos para sua dispersão e permanência na atmosfera e deposição na superfície.

Para Suguio (1999), o estudo paleoclimático constitui-se num grande desafio, visto as adversidades à preservação de palinóforos, sendo necessária a elaboração de uma técnica de trabalho multidisciplinar que visa a interpretação e compreensão de tais registros em condições muitas vezes não condizentes à realidade climática atual ou registrada por medidas instrumentais modernas.

Segundo Turcq et al. (1993), é possível o estudo das mudanças paleoclimáticas a partir do material registrado em depósitos sedimentares, uma vez que estes se processam como “bancos de dados” contendo informações sobre as dinâmicas climáticas dos últimos milênios. O material e as condições necessárias para a deposição desses indicadores são influenciados por tais dinâmicas.

Macedo et al. (2007) estabeleceram, a partir de estudos palinológicos, mudanças no nível lacustre e de cobertura vegetal na localidade Passarinhos, planície costeira do Rio Grande do Sul. Os autores sugerem um aumento gradativo

da temperatura e dos ventos úmidos resultantes da maior influência oceânica a partir de 10.600 anos AP.

Melo et al. (2003) estudaram a sedimentação quaternária no espaço urbano de Ponta Grossa, PR. Neste estudo são apontadas duas fases principais de sedimentação ocorridas na região: a) fase pleistocênica: ± 16.000 anos AP. com acentuada denudação das encostas, indicando condições mais severas de desequilíbrio ambiental, e b) fase holocênica: do Holoceno Médio datações entre 2.940 e 4.750 anos AP., com sedimentos que aparecem comumente com características semelhantes as das planícies aluviais atuais, possivelmente indicando episódios de oscilações climáticas curtas e pouco pronunciadas, em que prevaleceram condições mais próximas das atuais, mas suficientes para determinar o incremento da sedimentação.

Behling et al. (2005) analisaram o conteúdo polínico em sedimentos nos campos do oeste gaúcho, estabelecendo idades pleistocênicas para o perfil amostrado, alcançando 22.000 anos AP. Os autores constataram que a região enfrentou condições mais frias e secas no final do Pleistoceno e condições mais secas e quentes no início do Holoceno.

Behling et al. (2001) identificaram mudanças ambientais no planalto próximo a São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, por meio de estudos palinológicos. Datações por ^{14}C entre 7.500 e 4.000 anos AP., evidenciaram a ocorrência de clima seco, apoiando as condições estabelecidas para o médio Holoceno. Após 4.000 anos AP., os autores ressaltam condições de melhoria climática, indicada por predominância de campos e capões com *Araucaria*. A expansão de coberturas vegetais arbóreas teria se iniciado a partir de 1.060 anos AP. e as Araucárias a partir de 850 anos AP. Os resultados corroboram dados estabelecidos para as regiões de Santa Catarina (BEHLING, 1995).

Estudos de Behling (2007) na serra do Mar paranaense, na região da Serra do Araçatuba (1.500m.s.n.m.), indicam um paleoclima mais seco e frio ao final do Pleistoceno (14.880 anos AP.). O autor ressalta que a predominância de florestas com Araucária deu-se a partir de 2.000 anos AP.

Behling (1997), através de análises polínicas em uma turfeira na serra dos Campos Gerais, estabeleceu para a região dos planaltos uma detalhada reconstrução paleoambiental quaternária. Com base nos dados polínicos, o autor identificou a partir de 12.500 anos AP., uma cobertura vegetal composta

predominantemente por campos e capões esparsos com Araucária e floras tropicais arbóreas nos fundos de vale, interpretados como um clima seco e 3 a 5°C mais frio que as condições atuais.

Segundo o autor, do início do Holoceno até o médio Holoceno (2.850 anos AP.), a região é dominada por campos nos planaltos e elementos arbóreos de floresta tropical nos vales, interpretados como climas quentes e possível aumento da precipitação anual em comparação com o final do período glacial. Com o aumento da precipitação, os elementos arbóreos tinham condições de expansão, entretanto, as Araucárias continuaram isoladas a uns poucos pontos. O autor interpreta que esse fato se deve a condições estacionais de seca, presentes no Holoceno Superior.

4.4 Turfeiras e sedimentos turfosos

As turfas são constituídas por restos vegetais parcialmente decompostos que se acumulam sobre a parte superior de restos vegetais anteriores em ambientes encharcados, com ciclos de centenas a milhares de anos (HORÁK, 2009). Restos vegetais e animais depositados em superfície tendem a ser decompostos, e apenas 20% dos restos orgânicos se acumulam em forma de turfa (SJÖRS, 1980; TATE, 1987).

A ocorrência de turfeiras no globo é em geral associada a climas temperados e frios e raramente em áreas tropicais. A gênese desses depósitos em áreas temperadas está associada aos eventos glaciais quaternários, expansão e retração do manto de gelo. Com o recuo do gelo, lagos e pântanos se formaram, possibilitando a deposição de matéria orgânica por vastas áreas, principalmente do Hemisfério Norte e regiões alpinas. Com as baixas temperaturas e lenta decomposição, os compostos orgânicos acumularam-se, dando origem a extensos campos de turfa. Cerca de 2/3 das turfeiras do mundo localizam-se nos territórios da Rússia e Canadá (HORÁK, 2009).

Os registros do emprego da turfa como material energético datam de mais de 2.000 anos, mais expressivamente após a Revolução Industrial (SILVA, 1995). Alguns países como a Rússia, Finlândia e Irlanda foram bem sucedidos no aproveitamento de turfa como combustível. Além da queima, pode-se extrair gás para produção de energia e fabricação de coque (ONU, 1981). A utilização para fins agrícolas começou a ser empregada nas últimas décadas. Cerca de 90% da turfa

comercializada nos Estados Unidos é empregada como fertilizante e adubo orgânico (SILVA, 1995).

No Brasil, a turfa como combustível começou a ser empregada a partir da escassez do carvão mineral importado, durante a Segunda Guerra Mundial. Segundo Abreu (1973), as primeiras tentativas do uso de turfa como fonte alternativa de energia foram mal sucedidas. Porém, com as baixas reservas de carvão mineral, a turfa do Vale do Paraíba era misturada ao carvão para abastecer as locomotivas da Estrada de Ferro Central do Brasil e em algumas fábricas do Rio de Janeiro e São Paulo.

Estudos detalhados sobre as áreas de ocorrência de turfeiras ainda são escassos no Brasil. O emprego da turfa como combustível ou insumo agrícola é incipiente no país, em parte pela falta de estudos sobre jazidas. Os primeiros trabalhos foram publicados pela Sociedade Brasileira de Geologia em 1982. As principais áreas com potencial de jazimento foram mapeadas no Vale do Paraíba e bacia de Taubaté, região Nordeste, faixa litorânea da Bahia e Sergipe.

Nas últimas décadas a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM realizou levantamentos detalhados com adição de novas áreas de ocorrência de turfa no Brasil. Süffert (1998a,b) identificou turfeiras na zona costeira do Rio Grande do Sul com potencial calorífico. Na região Nordeste, Moraes (2001) identificou e mapeou a ocorrência de turfeiras nos Estados da Paraíba, Alagoas e Rio Grande do Norte. O vale do rio Paraíba do Sul apresenta uma das principais reservas de depósitos turfáceos com potencial de jazimento.

No Estado do Paraná, estudos realizados pela Mineropar (1987) atestaram a ocorrência, potencial calorífico e agrícola de turfeiras em quatro regiões principais: a) vale do alto rio Iguaçu, na região de Curitiba, Tijucas do Sul e Rio Negro; b) vale do alto rio Iapó e Tibagi, entre Ponta Grossa e Jaguariaíva; c) vale do baixo rio Ivaí e médio Paraná e d) região de Palotina. Os levantamentos também apontaram áreas com potencial turfáceo na região de Foz do Iguaçu, Guarapuava e vale do rio Paranapanema.

As turfeiras são classificadas quanto a seu grau de decomposição, de acordo com a escala de von Post. A escala traduz as características do material orgânico, segundo critérios que vão de H1 a H10. Dependendo do grau de decomposição, a turfa pode ser Fibrosa (H1 a H4), Hêmica (H5 a H7) ou Sáprica (H8 a H10). As

turfeiras ainda podem ser classificadas como Límnicas (continentais), Parálicas (influência marinha), Lenhosas e Herbáceas (Topógenas e Ombrógenas) ou Mistas.

Segundo Lenz (1984), turfeiras topógenas desenvolvem-se em lagoas em fase de assoreamento e meandros abandonados. O afluxo regular de água rica em nutrientes nesses ambientes garante o desenvolvimento de uma flora abundante e biodiversa. As principais características são a variada composição vegetal e o alto teor de matéria mineral devido a inundações regulares. Turfeiras ombrógenas possuem um sistema autônomo do sistema hídrico, alimentado por precipitações. A evolução desse tipo de turfa é independente da topografia local e apresenta vegetação uniforme, com predomínio de musgos *Sphagnun*.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Campanhas, características dos sedimentos turfosos e granulometria

Foram realizadas oito campanhas para reconhecimento e coleta de material no primeiro e segundo semestre de 2009 e 2010. Os sedimentos foram coletados em áreas de afloramento da turfeira no rio Das Mortes e armazenados em recipientes para posterior análise. As campanhas realizadas tiveram por base a busca de locais cujos ambientes permitem a conservação de bioindicadores como áreas turfosas ou áreas deposicionais em planícies aluviais tais como lagoas ou charcos.

As áreas de afloramento dos sedimentos turfosos foram georeferenciadas com GPS e plotadas em imagens orbitais e cartas topográficas. O levantamento cartográfico foi realizado a partir de imagens obtidas dos satélites LANDSAT_5 (*Land Remote Sensing Satellite*) e CBERS – Satélite Sino-brasileiro de Recursos Terrestres. Para a elaboração dos mapas foram utilizadas imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e os softwares ArqGis 9.2[®] e CorelDRAW X4[®].

Para a elaboração do perfil longitudinal no rio Das Mortes foi utilizado clinômetro manual CST/Berger. Após a medição, um modelo esquemático foi produzido e digitalizado em CorelDraw X4[®]. O perfil foi confeccionado com base na ocorrência de afloramentos turfosos, a partir da foz do rio Das Mortes no rio Tibagi em direção à montante, medindo a altura do barranco acima e abaixo dos depósitos turfosos. O procedimento consiste em traçar uma metragem e avaliar o grau de inclinação, acrescido a medida que se segue da jusante à montante do rio mediante

a um ponto fixo. Para o mapeamento das áreas em que a turfeira não aflorava, utilizou-se de trado manual.

As análises granulométricas seguiram os padrões estabelecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA (1997). Foram submetidos 20g de material à dispersão química em becker de 250ml, com adição de 10ml de solução natural de pirofosfato de sódio e 100ml de água destilada. Após repouso de 24 horas, as amostras são agitadas mecanicamente por 10 minutos em agitador elétrico de hélice. Depois de peneirado, o material é lavado com água destilada para retirada da argila. O material arenoso resultante é secado em estufa a 105 °C.

Em todas as etapas da análise foram incluídas amostras “brancas” preparadas com 900ml de água destilada e 10ml de solução dispersante. A temperatura foi definida após os intervalos de pipetagem das frações silte e argila, conforme a lei de Stokes, e empregado o ábaco de Casagrande (BOUYOUCOS, 1962). Após um período de 24 horas na estufa a 110 °C, as amostras foram retiradas e colocadas em um dessecador por 30 minutos para resfriamento. A fração arenosa é peneirada em malha de 0,250mm para separação de finos e grossos. Após essa etapa, o conteúdo resultante é pesado e a porcentagem calculada conforme a metodologia proposta. Para determinação do teor de matéria orgânica foram amostrados 5g de turfa de 3 em 3cm, previamente secas em estufa a 50 °C durante 24h e queimados em Mufla a 480 °C por 4 horas.

Para determinação do conteúdo de Carbono foram amostrados 100g do material turfoso da base (140-130cm), meio (90-80cm) e topo (60-50cm). As amostras foram secas em estufa por 24 horas a 120 °C. O processo é reproduzido até que o valor da pesagem pós-secagem se mantenha. Após a estabilização, o material é queimado com tampa em Mufla por 3 horas a 450 °C para determinação de gases voláteis. Após esse processo, o material é submetido a 650 °C por 6 horas. Para a avaliação do potencial agrícola e determinação de micronutrientes da turfa *in natura* e do material pós-queima de matéria orgânica, foram enviadas amostras para o Laboratório de Análises Agronômicas da Faculdade Integrado de Campo Mourão (Cód. 2099.2 e 2098.2).

A avaliação da humosidade da turfa obedeceu a classificação de von Post, simplificada por Stanek e Silc (1977), que leva em consideração o grau de decomposição do material orgânico. Em campo, as amostras são pressionadas manualmente e é observada a tonalidade do líquido que tinge a pele e flui por entre

os dedos. A proporção de fibras vegetais e de resíduos retidos também é observada. A escala de decomposição de von Post possui dez níveis de acordo com o grau de humosidade, e 3 classes de acordo com as características apresentadas (Quadro 1). As características geográficas seguiram as classificações discutidas por Horák (2009) e botânicas por Lenz (1984).

| Graus de humosidade | Característica | Cor da água que flui entre os dedos | Fração da turfa que flui entre os dedos | Permanece na mão | | CLASSE |
|---------------------|--------------------------------|--|---|---|--|---------|
| | | | | Forma | Estrutura vegetal | |
| H1 | Sem decomposição | Incolor | Não passa sólidos entre os dedos | Não tem aspecto gelatinoso | Estrutura vegetal nitidamente reconhecível | FIBROSA |
| H2 | Muito pouco decomposta | Ligeiramente castanha | | | | |
| H3 | Muito fracamente decomposta | Castanha fraca | | | | |
| H4 | Fracamente decomposta | Muito castanha | | | | |
| H5 | Decomposta | Líquido escuro | Passa pouco | Apresenta aspecto gelatinoso | Ainda pouco reconhecíveis os vegetais | HÉMICA |
| H6 | Bem decomposta | | Passa 1/3 do volume | | | |
| H7 | Fortemente decomposta | | Passa a metade | | | |
| H8 | Muito fortemente decomposta | | Passa 3/4 do volume | Fica na mão resíduos de fibras e raízes | SÁPRICA | |
| H9 | Quase completamente decomposta | Passa tudo | | | | |
| H10 | Completamente decomposta | O material flui integralmente entre os dedos | | Sobra muito pouco na mão | | |

Quadro 1: Escala de decomposição de von Post (modificado de Horák 2009)

5.2 Conteúdo micropaleontológico

Para investigação polínica, aplicaram-se algumas gotas de ácido clorídrico (HCl) em 5cm³ de sedimento com o intuito de verificar elementos carbonáticos e, posteriormente, fervidos com hidróxido de potássio a 10%. Para separação das substâncias orgânicas das inorgânicas foi aplicado o método de separação através de líquido denso (solução aquosa de cloreto de zinco de densidade 2,2 g/cm³),

conforme técnica descrita por Faegri e Iversen (1975). Após o tratamento químico, as amostras foram montadas em lâminas e recobertas por lamínula com gelatina-glicerinada.

As amostras sedimentares foram centrifugadas entre todas as etapas do processo químico, para garantir a retenção de grãos delicados e pequenos no resíduo final. As lâminas encontram-se depositadas no Laboratório de Estudos Paleoambientais da Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão/UEPR – Lepafe (Cód. L.42-46C.04; L.119. C.10 e L.120.C.10).

Alguns táxons comumente encontrados nas lâminas foram acompanhados de análises palinológicas de espécimes atuais, catalogados no Herbário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (HCF) – Campus de Campo Mourão. O conteúdo polínico das famílias Blechnaceae (cód. HCF-5489), Cyatheaceae (cód. HCF-6406), Polypodiaceae (cód. HCF-5677) e Urticaceae foi preparado e armazenado no Lepafe (Cód. L.81.C.07).

Depois de analisados em microscópio óptico, os palinomorfos foram quantificados e os resultados inseridos no software Tilia[®]. O programa armazena as contagens como um banco de dados, com referências às profundidades do perfil e seus respectivos palinomorfos. Após a montagem do banco de dados, os dados são plotados no software Tilia Graph[®] e é gerado um palinodiagrama. O programa possibilita a individualização das famílias identificadas e classificação por grupos botânicos. Os palinomorfos foram agrupados em a) Arbóreo/arbustivo; b) Ervas terrestres; c) Ervas aquáticas; d) Algas e e) Pteridófitas/Briófitas.

A avaliação de espículas de esponjas continentais foi preparada com porções de 3g das amostras, coletadas a cada 3cm do afloramento no rio Das Mortes. O material foi fervido em tubo de ensaio com ácido nítrico (65%) e lavado com água destilada e álcool (70%), agilizando o processo com centrifugação. O material resultante é pipetado sobre lâminas, encoberto por Entelan[®] e lamínula, e analisado em microscópio óptico.

5.3 Análises isotópicas

Foram realizadas três datações absolutas a partir de decaimento radioativo dos isótopos de carbono 14 (¹⁴C). O método foi desenvolvido após a Segunda Guerra Mundial e é utilizado principalmente em materiais orgânicos. O carbono 14 é

um isótopo radioativo, produzido por reações nucleares resultantes do bombardeamento de nitrogênio 14 (N-14) por nêutrons presentes nos raios cósmicos na atmosfera e absorvido do ar pelas plantas. Quando um organismo morre, para de absorver ^{14}C e a quantidade já existente no organismo começa a decair em N^{14} , com uma meia-vida de 5.730 anos. As amostras foram coletadas na base (150-146 e 134-131cm) e no meio do afloramento (90-87cm) e enviadas para o Laboratório Beta Analytic, em Miami-EUA (Cód. 290994; 279747 e 279749).

Em conjunto com as datações ^{14}C , foram realizadas análises de isótopos estáveis de carbono (^{12}C e ^{13}C). Esse tipo de análise permite inferir sobre a vegetação, pois examina os valores componentes de carbono a partir dos sistemas fotossintéticos de cada grupo vegetal. De acordo com Pessenda (2010), os isótopos estáveis do carbono (^{12}C e ^{13}C) ocorrem naturalmente em proporções distintas, sendo o ^{12}C responsável por 98,89% de todo o carbono encontrado na natureza, e o ^{13}C por 1,11%. Na superfície terrestre o carbono pode apresentar-se na forma de compostos orgânicos (constituindo tecidos de animais e vegetais) e inorgânicos (formando carbonatos, CO_2 atmosférico e HCO nas águas marinhas e continentais).

Os elementos florísticos são fracionados de acordo com o ciclo fotossintético e classificados em a) plantas C_3 , b) plantas C_4 e c) plantas CAM. Segundo Pessenda (2010), o ciclo fotossintético C_3 é representado predominantemente por vegetação arbórea. Plantas com ciclo C_3 reduzem o CO_2 atmosférico a fosfoglicerato (componente com 3 átomos de carbono). Essas discriminam mais o C_3 durante o processo de fotossíntese que plantas do ciclo C_4 . Deste modo, apresentam valores negativos de $\delta^{13}\text{C}$ variando entre -22‰ a -32‰ (média de -27‰).

As plantas de ciclo C_4 são representadas predominantemente por gramíneas tropicais e subtropicais. Em geral, as gramíneas C_4 são correlacionadas a ambientes com altas temperaturas e alta luminosidade, comumente savanas. Tais elementos reduzem o CO_2 atmosférico para ácido málico ou aspártico (compostos por 4 átomos de carbono). Durante a fotossíntese, plantas C_4 discriminam menos $^{13}\text{CO}_2$ e, portanto, apresentam valores maiores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -17‰ a -9‰ (média de -13‰) (PESSENDA, 2010).

E por fim, plantas CAM, que compreendem 10% de todas as espécies de plantas com representantes das famílias Cactaceae, Euphorbiaceae e Bromeliaceae (plantas carnosas), realizam a fixação de carbono de modo similar às plantas C_4 ,

porém, com sistemas estomáticos que se abrem a noite e se fecham de dia. Plantas CAM apresentam valores de $\delta^{13}\text{C}$ que variam de -28‰ a -10‰ (PESSENDA, 2010).

6. RESULTADOS

6.1 Sedimentologia e dados isotópicos

O afloramento no rio Das Mortes consiste de um pacote sedimentar turfoso com espessura de 115cm, disposto em contato erosivo com arenitos da Formação Furnas sob depósitos coluviais provenientes da Formação Ponta Grossa (Figura 26). O pacote distribui-se pelo o talude em ambas as margens até a foz no rio Tibagi (Figura 27). Trata-se de uma antiga turfeira associada ao sistema paleohidrológico do rio homônimo, entalhada pelo canal meandrante atual e afluentes.

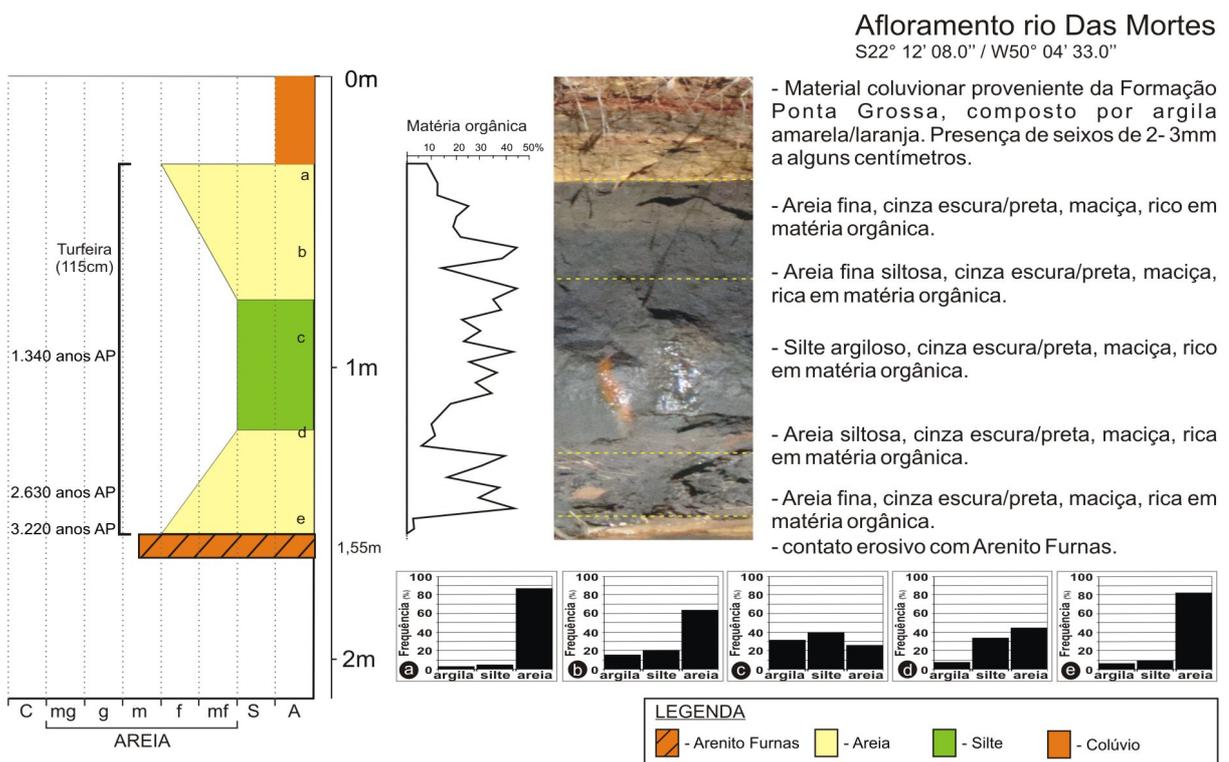


Figura 26: Perfil geológico, granulometria e percentual de matéria orgânica do afloramento no rio Das Mortes.

Os resultados granulométricos apresentaram variações com padrão granodécrescente ascendente em direção ao topo com decréscimo no meio do perfil. Os maiores percentuais de fração arenosa estão localizados na base e no topo, chegando a atingir valores de 80%. As frações de argila e silte se concentram no meio do perfil com decréscimo da fração arenosa para 26%.

Os maiores teores de matéria orgânica tendem concentrar-se próximo à base e meio do perfil numa faixa entre 140-122cm e 107-62cm e menores no topo. Os maiores valores alcançam 44% e os menores 4% (150cm). As datações ($^{14}\text{C}/\text{AMS}$) obtidas revelaram idades entre 3.220 ± 260 , 2.770 ± 30 e 1.340 ± 80 anos AP., correspondente ao Holoceno Tardio e os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ apresentaram valores entre $-18,7\text{‰}$ na base e $-16,8\text{‰}$ no meio (Tabela 1).

Tabela 1: Resultados das análises de fracionamento isotópico de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e datação por ^{14}C .

| Profundidade (cm) | Código Beta Analytic | $\delta^{13}\text{C}$ | Datação ^{14}C (anos AP) |
|-------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| 90-87 | 279747 | $-16,8\text{‰}$ | 1.340 ± 80 |
| 134-131 | 290994 | $-18,7\text{‰}$ | 2.770 ± 30 |
| 150-146 | 279749 | $-18,7\text{‰}$ | 3.220 ± 260 |

6.2 Características do depósito turfoso

As campanhas permitiram a observação de afloramentos junto à calha dos tributários do rio Tibagi. Com exceção das áreas da planície meandrante atual e meandros abandonados, os depósitos turfosos são claramente observados, sobretudo na margem esquerda.

As amostras do afloramento no rio Das Mortes apresentam elevado grau de decomposição e alto teor de material mineral. A composição polínica avaliada apresenta predomínio de táxons herbáceos e elementos florestais, além de pteridófitos e musgos *Sphagnum*. Possui ampla distribuição na área estudada, em contato direto com o substrato basal inorgânico e rochoso. Segundo a classificação de Pontevedra Pombal (2002), a turfeira apresentava características solígenas com água esorrentia.

Os teores de carbono dos sedimentos turfosos *in natura* em base seca apresentaram média de $28,22\text{g}/\text{dm}^3$. A análise mais detalhada mostrou que os depósitos turfosos apresentam diferenças estratigráficas para os valores de carbono: na base – $24,13\text{g}/\text{dm}^3$ (145-135cm); meio – $43,38\text{g}/\text{dm}^3$ (95-85cm), e no topo – $17,16\text{g}/\text{dm}^3$ (65-55cm). O teor de gases voláteis possui média de 2% do volume total das amostras.

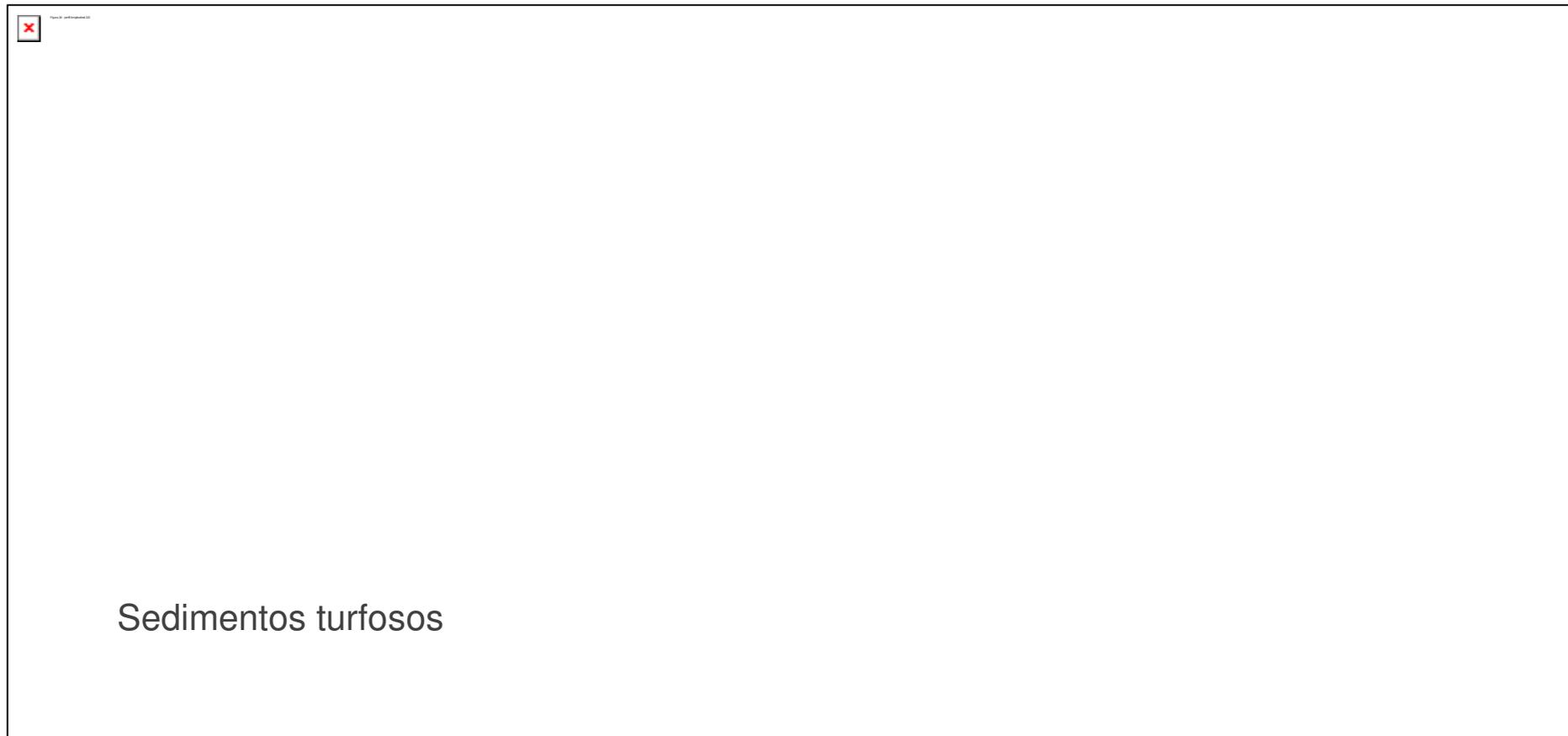


Figura 27: Perfil longitudinal de ocorrência de sedimentos turfosos na calha do rio Das Mortes.

6.3 Palinologia e espículas de esponjas

A análise do conteúdo micropaleontológico foi positiva para grãos de pólen e espículas de esponjas continentais. Os resultados palinológicos apontaram predomínio das famílias: Poaceae, Polypodiaceae, Cyatheaceae, Anthocerotaceae, Asteraceae, Selaginellaceae, Araliaceae e Apiacea, esporos de pteridófitas e algas aquáticas. Com relação às espículas de esponjas continentais, não foram possíveis identificações específicas, visto que não foram detectadas gemoscleras ou microscleras. O padrão das megascleras e fragmentos encontrados (Figura 28) são similares aos da família Potamolepidae. As esponjas dessa família preferem ambientes lóticos e de fluxo turbulento (VOLKMER-RIBEIRO e PAROLIN, 2010).

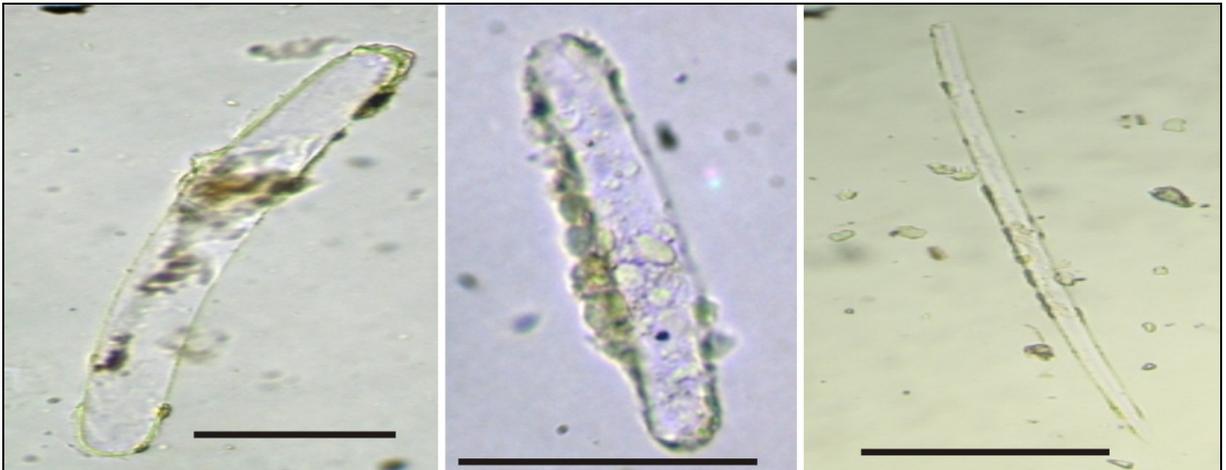


Figura 28: Megascleras de espículas de esponjas continentais. Escala 50 μ m.

Com base na relação do percentual entre os palinomorfos (grãos de pólen arbóreo/arbustivo, herbáceo terrestre, herbáceo aquático; esporos de briófitas, pteridófitas, zigósporos e algas) e espículas de esponjas continentais, foram caracterizados cinco palinozonas (Figura 29).

Na Palinozona I (150 a 119cm – Figura 30) foram identificados 27 táxons herbáceos totalizando 47% dos palinomorfos contados. Foram identificadas as famílias: Amaranthaceae, Anemiaceae, Anthocerotaceae, Apiaceae, Apocinaceae, Araceae, Asteraceae, Begoniaceae, Blechnaceae, Bromeliaceae, Caesalpinaceae, Celastraceae, Cucurbitaceae, Cyperaceae, Dennstaedtiaceae, Fabaceae, Gentianaceae, Isoetaceae, Moraceae, Ophioglossaceae, Passifloraceae, Poaceae, Polygalaceae, Polygonaceae, Rhamnaceae, Rubiaceae e Selaginela.

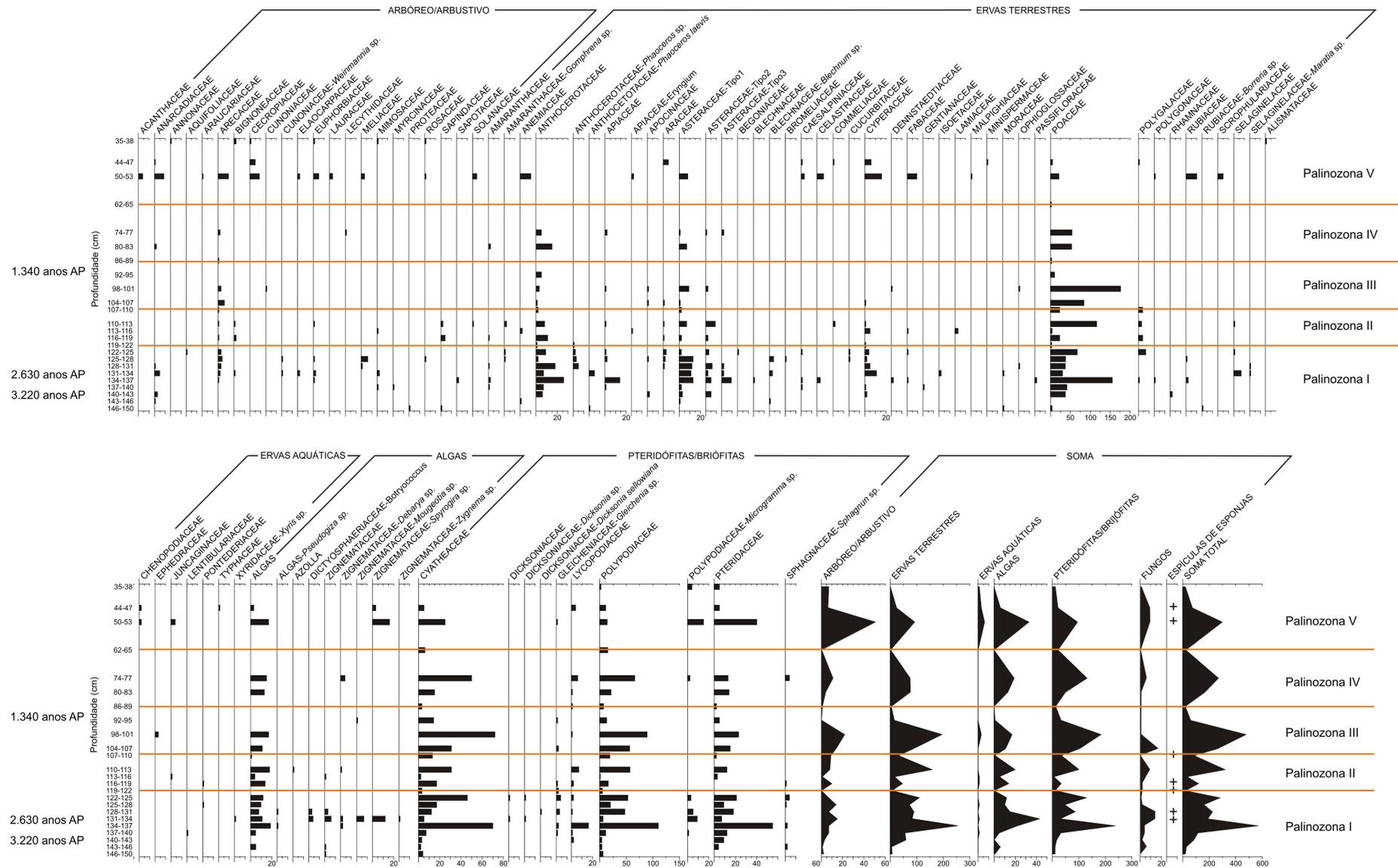


Figura 29: Palinodiagrama com as palinozonas, famílias e grupos botânicos identificados no afloramento turfoso no rio Das Mortes.

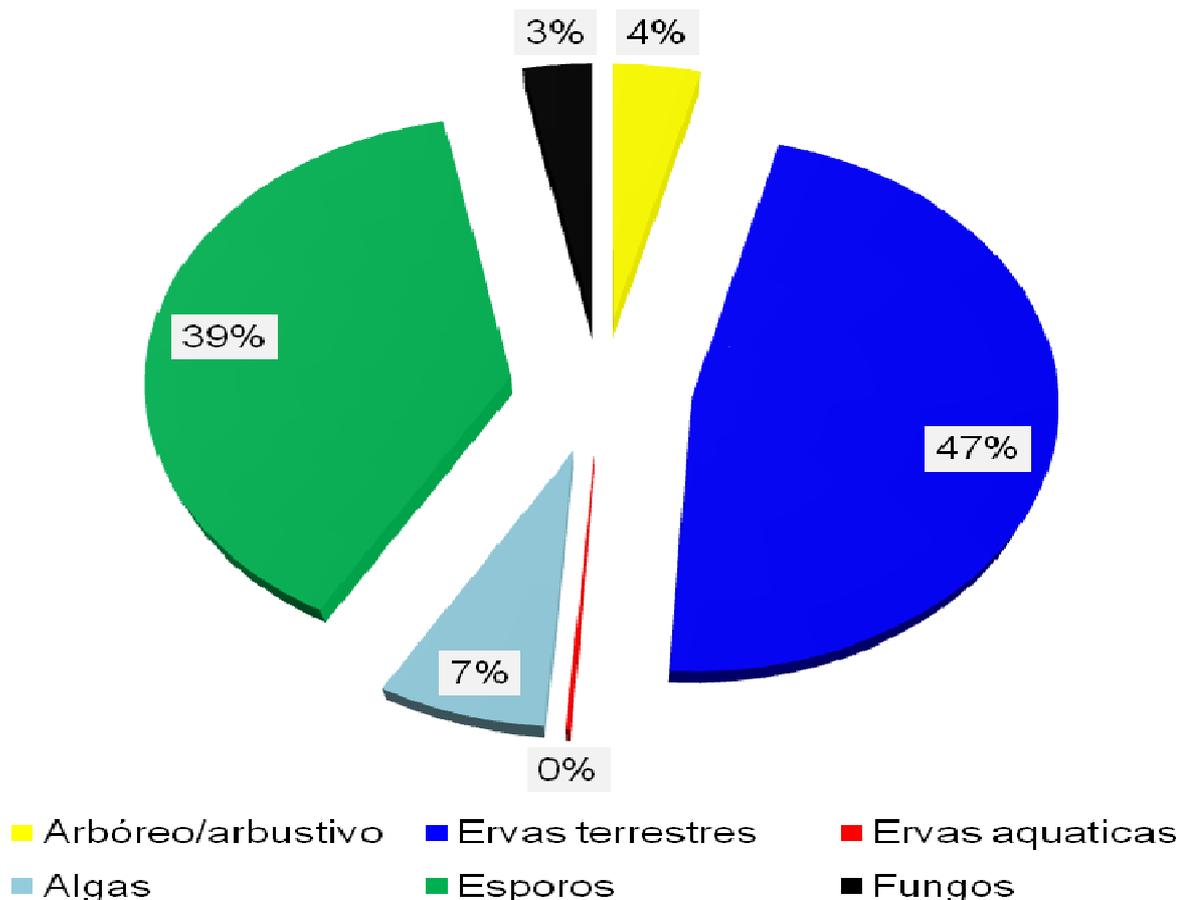


Figura 30: Gráfico de porcentagem por grupos botânicos da Palinozona I.

Foram identificados 14 táxons arbóreos/arbustivos representados pelas famílias: Anacardiaceae, Aquifoliaceae, Arecaceae, Bignoniaceae, Cunoniaceae, Elaocarpaceae, Euphorbiaceae, Meliaceae, Mimosaceae, Myrcinaceae, Proteaceae, Rosaceae, Sapindaceae e Sapotaceae. Os táxons arbóreo/arbustivos somam 4% do número total dos palinórfos contabilizados. As ervas aquáticas foram identificadas como das famílias: Lentibulariaceae, Pontederiaceae e Xyridaceae, representando menos de 1% dos palinórfos contabilizados.

Os esporos foram bem representativos na Palinozona I, identificados como das famílias: Cyatheaceae, Dicksoniaceae, Gleicheniaceae, Lycopodiaceae, Polypodiaceae e Sphagnaceae, compondo 38% dos palinórfos. As algas foram identificadas pelas famílias: Dictyosphaeriaceae e Zignemataceae, e representaram 7% do total. Os fungos somam 3% dos palinórfos encontrados. Nesse intervalo foi constatada a presença de espículas de esponjas continentais em 134-131 e 131-128cm.

Na Palinozona II (119-107cm – Figura 31) foram identificados 13 táxons herbáceos representados pelas famílias: Amaranthaceae, Anemiaceae, Anthocerotaceae, Apiaceae, Araceae, Asteraceae, Commeliaceae, Cyperaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Poaceae, Polygalaceae e Selaginelaceae, totalizando 49% dos palinórfos contabilizados. Os táxons arbóreos/arbustivos foram identificados como das famílias: Arecaceae, Bignoceaceae, Euphorbiaceae, Mimosaceae, Sapindaceae e Solanaceae, representando 6% dos palinórfos contados. As ervas aquáticas foram representadas pelas famílias: Juncaginaceae e Pontederiaceae, representando menos de 1% dos palinórfos totais.

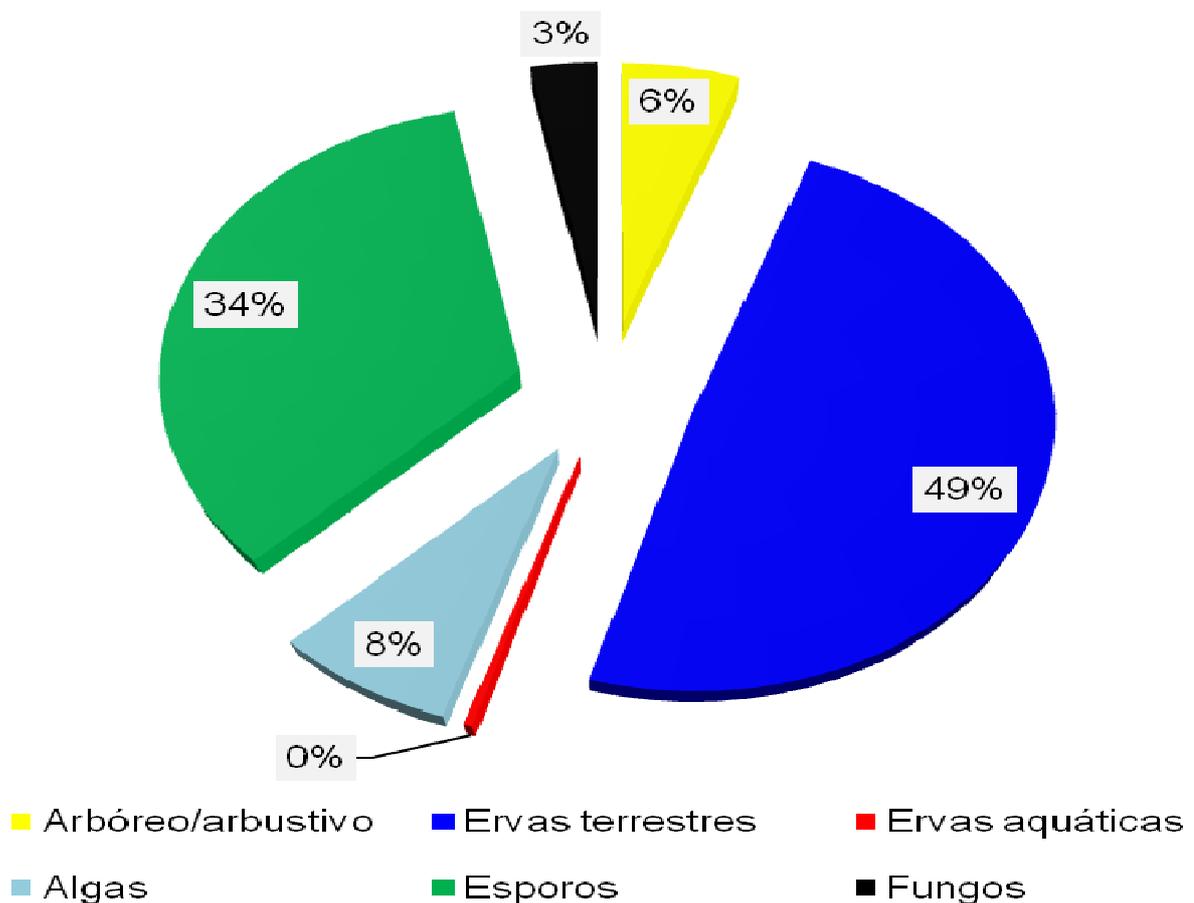


Figura 31: Gráfico de porcentagem por grupos botânicos da Palinozona II.

Os esporos de pteridófitas e briófitas foram identificados como das famílias: Cyatheaceae, Gleicheniaceae, Lycopodiaceae, Polypodiaceae e Sphagnaceae, representando 34% dos palinórfos contabilizados. As algas aquáticas foram identificadas como das famílias: Azolla e Zignemataceae, representando 8% dos palinórfos. Os fungos somam 3% dos palinórfos. As espículas de esponjas

continentais foram detectadas na transição entre a Palinozona I e II, respectivamente em 122-119, 119-116 e 110-107cm.

Na Palinozona III (107-86cm – Figura 32) foram identificados 10 táxons herbáceos representados pelas famílias: Anthocerotaceae, Apiaceae, Apocinaceae, Araceae, Asteraceae, Cyperaceae, Dennstaedtiaceae, Ophioglossaceae, Poacea e Polygalaceae, totalizando 42% dos palinórfos contabilizados. Os táxons arbóreos/arbustivos foram identificados como das famílias: Arecaceae e Cunoniaceae, somando 5% dos palinórfos. Os grãos de pólen de ervas aquáticas foram identificados como da família Ephedraceae, representando menos de 1% dos palinórfos totais.

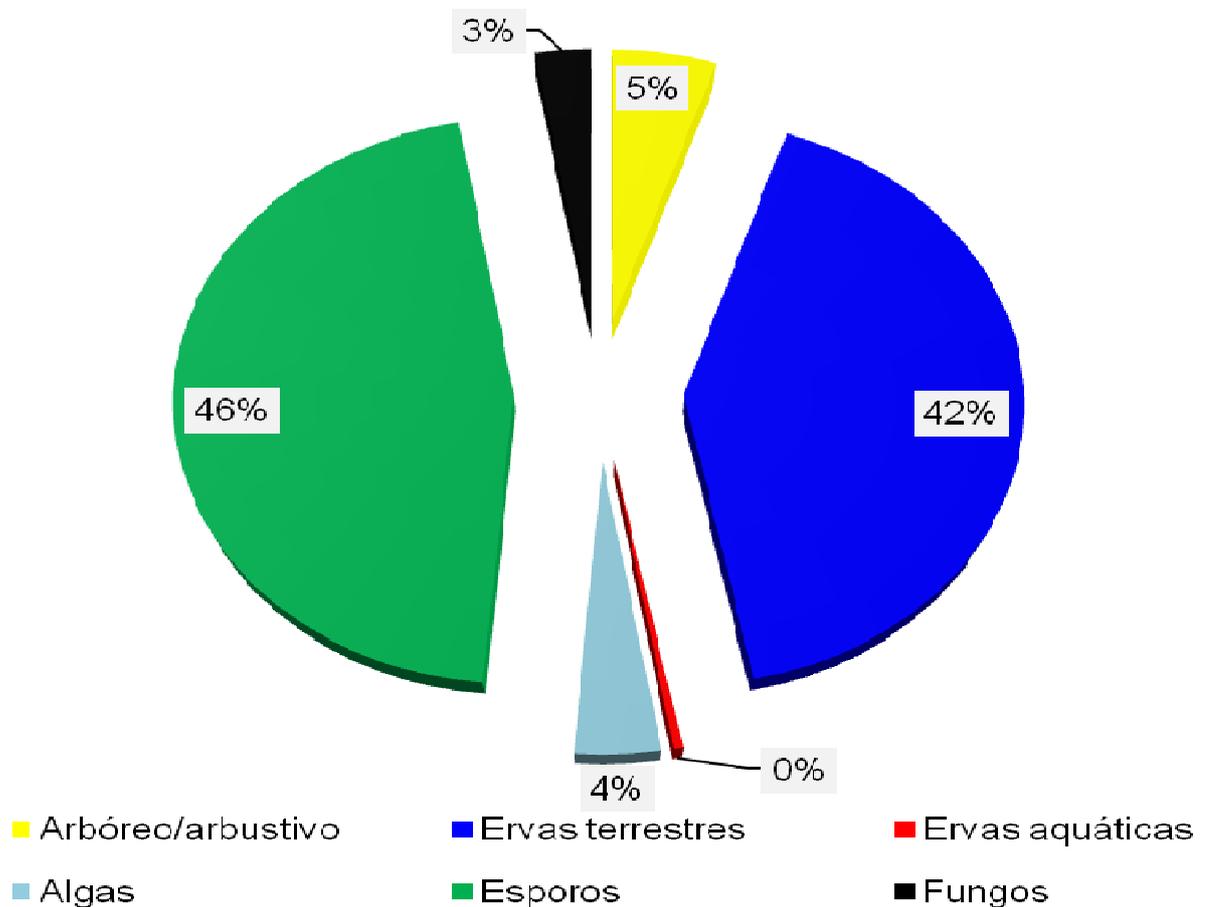


Figura 32: Gráfico de porcentagem por grupos botânicos da Palinozona III.

Os esporos de pteridófitas e briófitas foram mais representativos, identificados como das famílias: Cyatheaceae, Gleicheniaceae, Lycopodiaceae e Polypodiaceae, totalizando 46% dos palinórfos. As algas aquáticas representaram 4% dos palinórfos, representada pela família Zignemataceae. Os

fungos somam 3% dos palinomorfos. As espículas de esponjas foram observadas em 110-107cm, na transição com a Palinozona II.

Na Palinozona IV (86-62cm – Figura 33) foram identificados 5 táxons herbáceos, representados pelas famílias: Amaranthaceae, Anthocerotaceae, Apiaceae, Astereceae e Poaceae, totalizando 37% dos palinomorfos. Os táxons arbóreo/arbustivos foram representados pelas famílias: Anacardiaceae, Arecaceae e Cunoniaceae, somando 4% dos palinomorfos. Os esporos de pteridófitas e briófitas somam 49% dos palinomorfos, representados pelas famílias: Cyatheaceae, Lycopodiaceae, Polypodiaceae e Sphagnaceae. As algas representam 8% dos palinomorfos, identificadas principalmente pela família Zignemetaceae. Os fungos somam 2% dos palinomorfos. Não houve registro de espículas de esponjas e ervas aquáticas nessa palinozona.

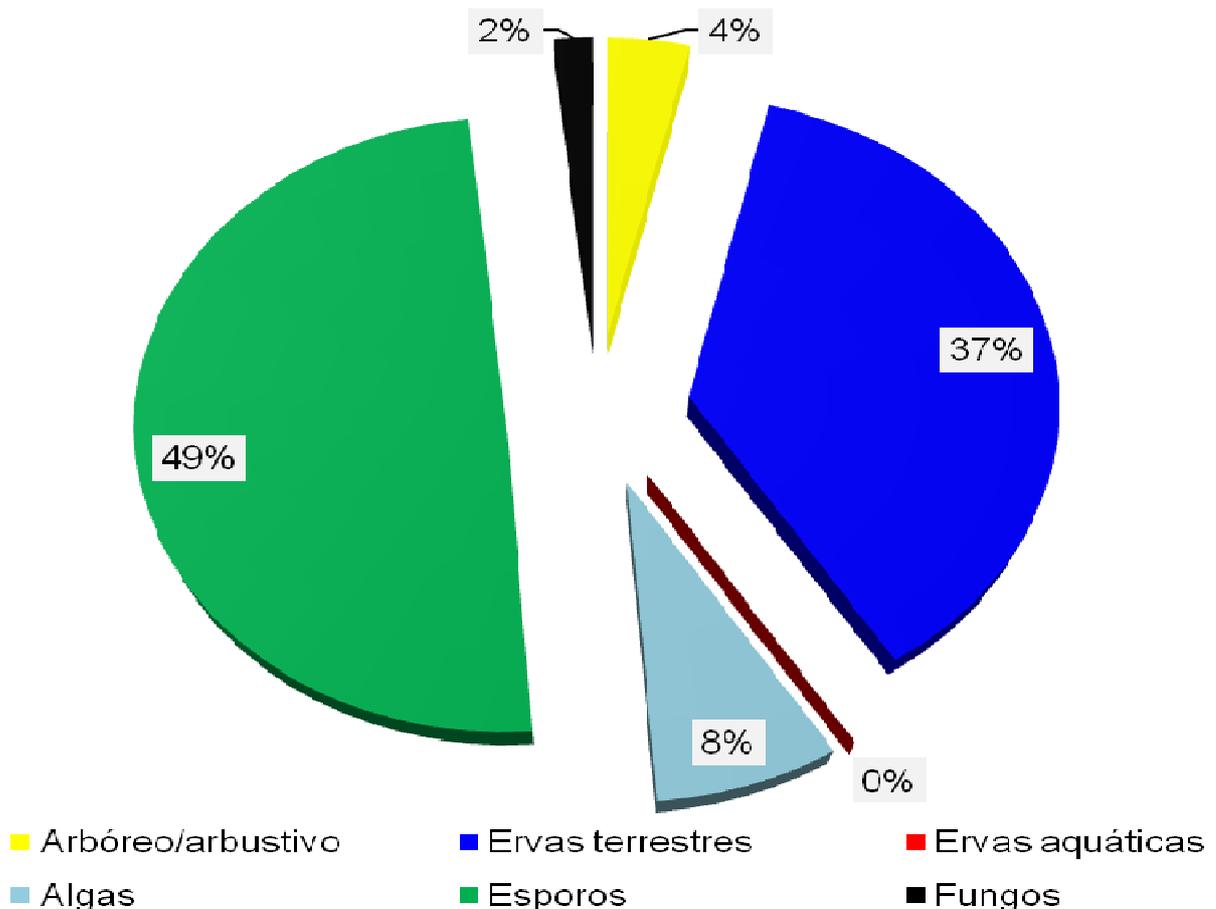


Figura 33: Gráfico de porcentagem por grupos botânicos da Palinozona IV.

Na Palinozona V (62-35cm – Figura 34) foram identificadas 15 táxons herbáceos representados pelas famílias: Anemiaceae, Apiaceae, Asteraceae,

Caesalpiniaceae, Celastraceae, Commeliaceae, Cyperaceae, Fabaceae, Malpighiaceae, Minispermaceae, Poaceae, Polygalaceae, Polygonaceae, Rubiaceae e Scrophulariaceae, totalizando 31% dos palinórfos. Os táxons arbóreo/arbustivos representam 17% dos palinórfos, identificados como das famílias: Acanthaceae, Anacardiaceae, Annoniaceae, Araucariaceae, Arecaceae, Bignoneaceae, Cecropiaceae, Elaeocarpaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Meliaceae, Mimosaceae, Rosaceae e Solanaceae. As ervas aquáticas foram representadas pelas famílias: Alismataceae, Chenopodiaceae, Juncaginaceae e Typhaceae, representando 3% dos palinórfos totais.

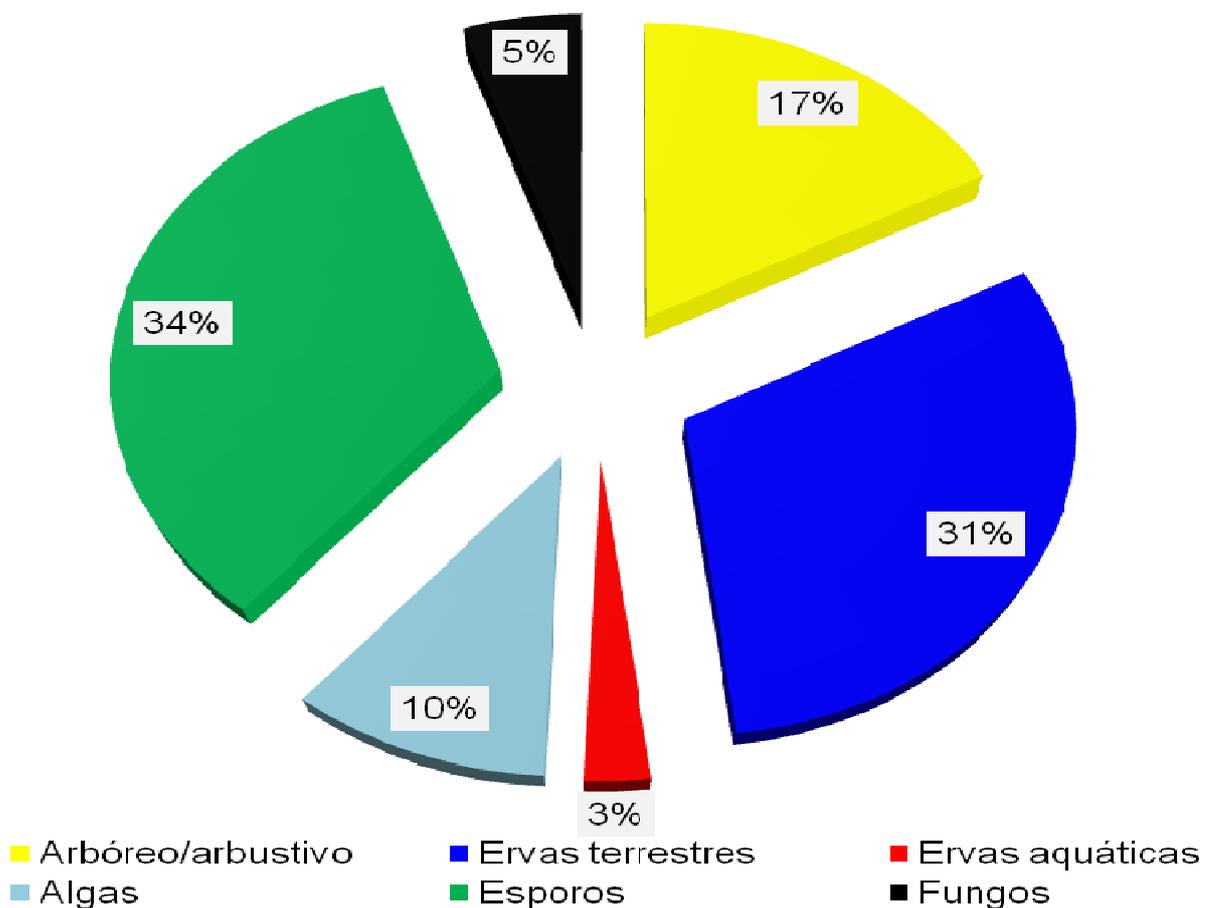


Figura 34: Gráfico de porcentagem por grupos botânicos da Palinozona V.

Os esporos de pteridófitas e briófitas somam 34% dos palinórfos, identificados como das famílias: Cyatheaceae, Gleicheniaceae, Lycopodiaceae e Polypodiaceae. As algas representam 10% dos palinórfos, representados principalmente pela família Zignemataceae. Os fungos somam 5% dos palinórfos. As espículas de esponjas foram observadas em 53-50 e 47-44cm.

7. DISCUSSÃO

7.1 Sedimentologia, datações radiométricas e distribuição espacial

Com base nos dados obtidos no perfil sedimentológico do afloramento no rio Das Mortes, pode-se inferir que as diferentes taxas no percentual de matéria orgânica e areia fina, são indicativas de pulsos de inundação mais ou menos intensos, intercalados com períodos sem perturbação de pulsos ou inundações menos expressivas com deposição de finos. Os dados sugerem que os pulsos de inundações mais expressivos foram responsáveis pela deposição das frações arenosas no topo e na base do perfil. Os maiores percentuais de matéria orgânica indicam maior tempo de residência de água, sem perturbação por pulsos de inundações.

A maior espessura do depósito turfoso, constatada na área estudada, foi de 250cm, na margem esquerda do rio Das Mortes, próximo a sua foz. A seção transversal na planície aluvial mostra que a turfeira apresentava menores espessuras nas porções distais da planície, em direção oposta à calha do rio Tibagi (Figura 35). A ausência dos sedimentos turfosos nas áreas com marcas de meandros abandonados e canal meandrante atual, indica que o atual sistema meandrante está entalhando os antigos depósitos aluviais.

Os dados do perfil longitudinal e datação ^{14}C no afloramento no rio Das Mortes, juntamente com os pontos de afloramento nos rios Terra Vermelha, arroio Monjolo, ribeirão sem nome 1, 2, 3 e nas áreas de lavras de areia sugerem que a turfeira se desenvolveu por volta de 3.220 ± 260 anos AP., quando o nível de base local do rio Tibagi estava mais elevado que o atual. A datação ^{14}C no meio do perfil (96-92cm) sugere que o soterramento e entalhe do campo de turfa foi posterior a 1.340 ± 80 anos AP.

Com base nos dados obtidos, foi possível constatar que os depósitos turfosos se distribuíam por toda planície aluvial do rio Tibagi, entre a foz do rio Gabiroba e a foz do arroio do Ronda e rio Cará-Cará (Figura 1 e 35). A turfeira cobre uma área de pelo menos 10km^2 , disposta paralelamente ao rio Tibagi com espessura média de 140cm. A amostragem por tradagem permitiu reconhecer a extensão transversal da turfeira na área estudada e a cota máxima de ocorrência fixada em 780m.s.n.m. (Figura 36). Acima dessa cota os depósitos turfosos não foram encontrados.

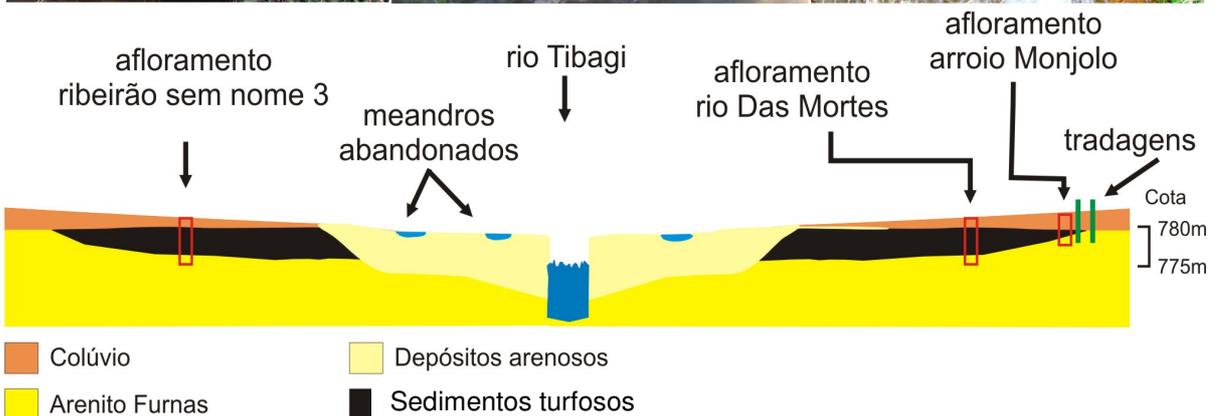
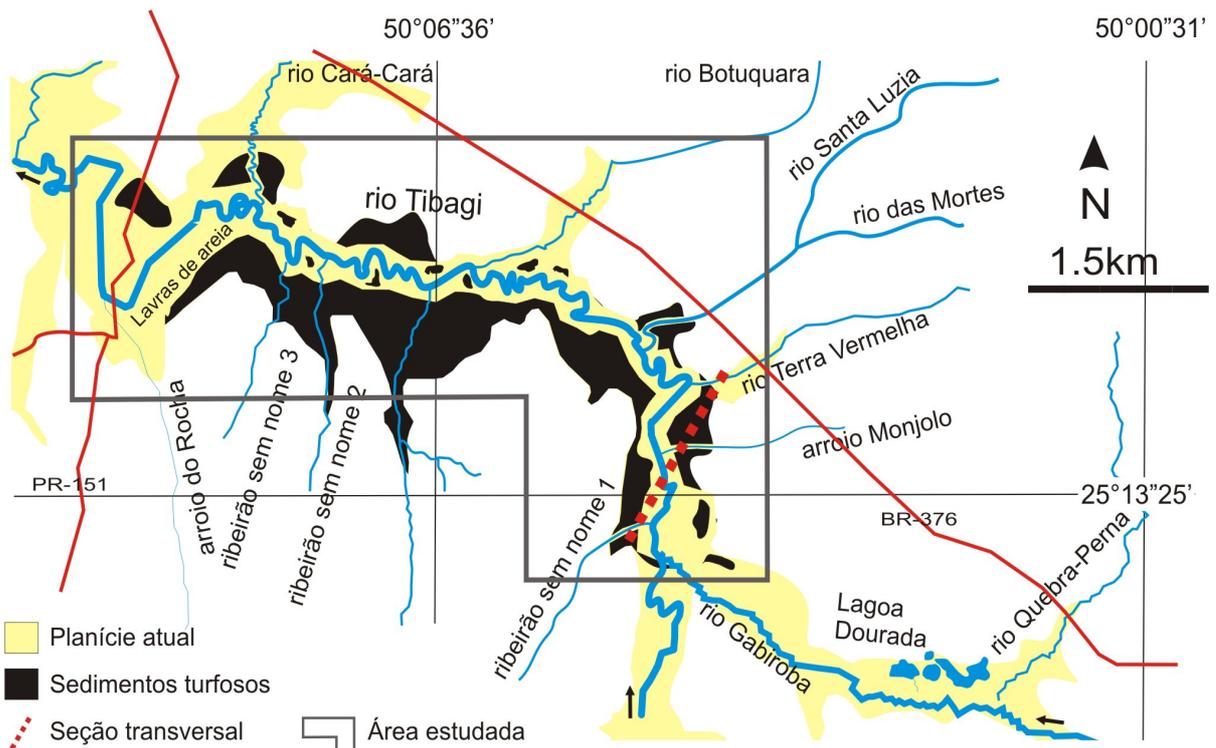


Figura 35: Área de ocorrência de sedimentos turfosos (imagem superior) e seção transversal da planície aluvial do alto Tibagi (imagem inferior): a) afloramento no ribeirão sem nome 1 (cota 778); b) afloramento no rio Das Mortes (cota 778) e c) afloramento no arroio Monjolo (cota 780).

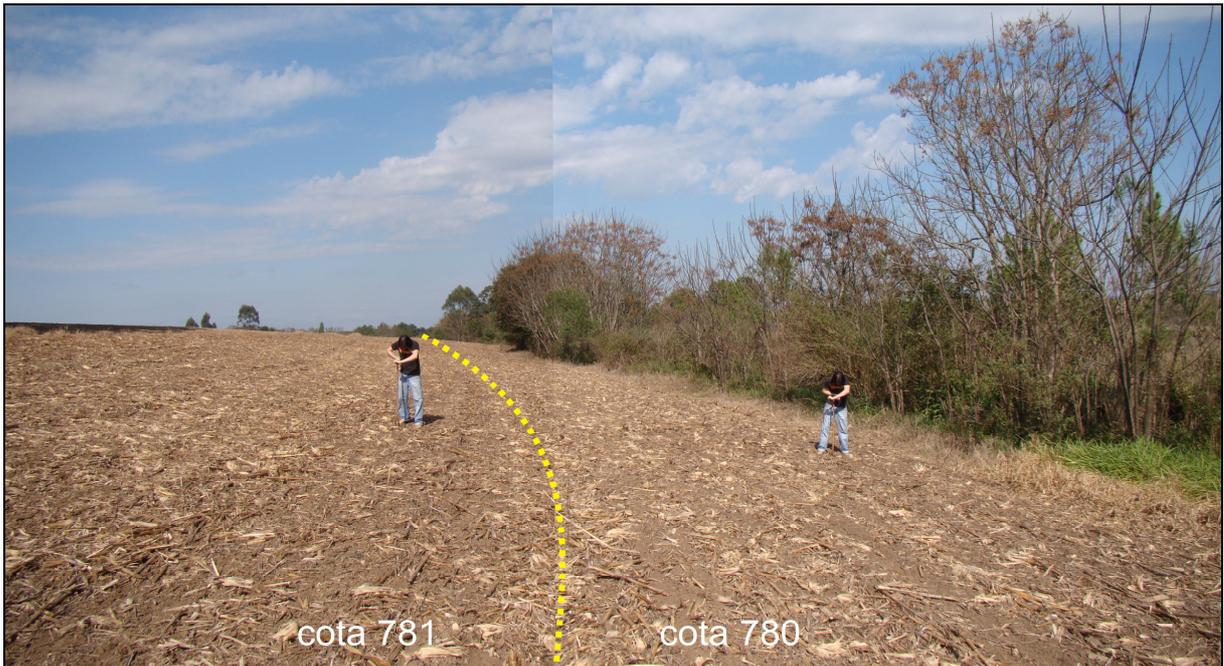


Figura 36: Auxílio de trado manual para constatação dos sedimentos turfosos em subsuperfície. Da direita para a esquerda, os depósitos turfosos gradativamente desaparecem. Foto: PAROLIN, Mauro, 2010.

Os sedimentos turfosos tendem a se concentrar entre as cotas 780 e 775m.s.n.m., por cerca de 12km a partir da confluência do rio Gabiroba com o rio Tibagi. As áreas aflorantes foram encontradas em subsuperfície, junto à calha do rio Das Mortes, Terra Vermelha, arroio Monjolo e nos ribeirões sem nome 1, 2 e 3. E em superfície, nas lavras de areia próximo à foz do arroio do Ronda. A distribuição espacial sugere que a planície do alto Tibagi desenvolveu um amplo complexo de turfeiras sujeitas a inundações sazonais.

A cota altimétrica de 780m.s.n.m. foi observada em ambas as margens, atestando o caráter regional da turfeira. Com base na extensão e espessura média, calcula-se que a paleomassa atingia 14.000.000m³ desde a foz do rio Gabiroba até a ponte da rodovia PR-151 que liga Ponta Grossa à Palmeira (Figura 1 e 35). O padrão meandrante do rio Tibagi erodiu partes dos antigos depósitos (discussões a respeito no item 7.2.1), portanto estima-se que a atual massa seja de aproximadamente 10.000.000m³.

Apesar de fortemente alterados pela extração de areia, os depósitos turfosos ainda podem ser observados amontoados em meio às lavras desativadas e operantes (Figura 37). Junto à foz dos ribeirões sem nome 2 e 3 é possível observar áreas de turfa em superfície. Boa parte dos depósitos turfosos se encontram na

nova frente de lavra das companhias responsáveis pela exploração de areia na região (Figura 38). É provável que as empresas encontrem dificuldades na empreitada, em virtude do espesso pacote turfoso e ausência de areia em volume comercial na área. Nas áreas de lavra de areia, os sedimentos turfosos são descartados sem fins econômicos. Os operadores das lavras consideram o “barro preto” como rejeito.



Figura 37: Amontoados de sedimentos turfosos, descartados em meio às lavras de areia, cota 778. Foto: GUERREIRO, Renato Lada, 2010.



Figura 38: Ocorrência de sedimentos turfosos em cavas para exploração de areia, na nova frente de lavra, cota 778. Foto: GUERREIRO, Renato Lada, 2010.

7.2 Características dos sedimentos turfosos

De acordo com a escala de decomposição de von Post (STANEK e SILC, 1977), a turfeira pode ser classificada como sáprica, com características entre as classes H9 e H10. Possui caráter límnico por ser essencialmente continental e apresenta características de turfeira herbácea e mista. Devido ao elevado teor de matéria mineral na base (150-122cm) e topo (77-38cm), a turfeira pode ser classificada como topógena e mineralotrófica, pela decomposição de pântanos baixos com interferências de inundações e/ou enxurradas (LENZ, 1984; PONTEVEDRA POMBAL, 2002). A turfeira apresenta no meio do perfil (122-77cm) características ombrotróficas (Figura 39).

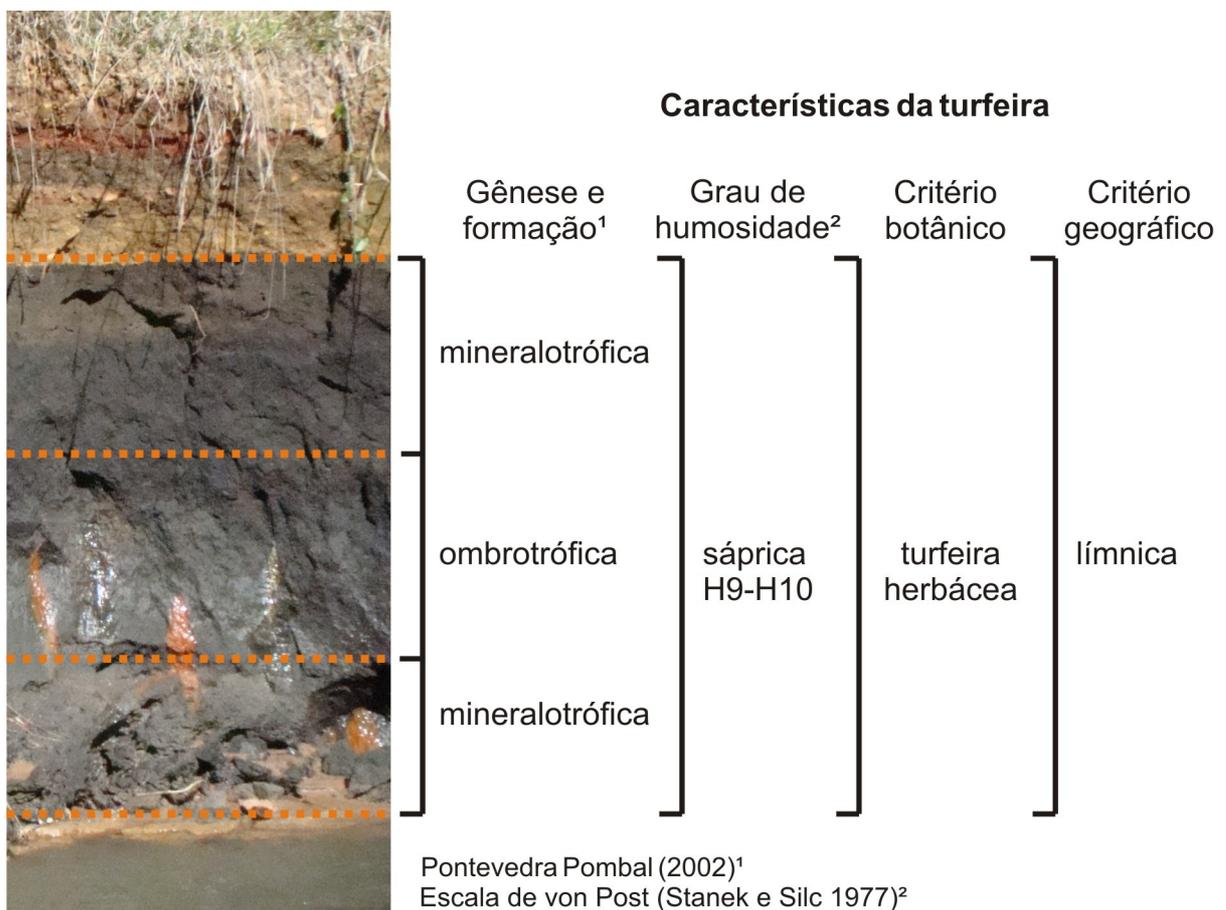


Figura 39: Características da turfeira no afloramento no rio Das Mortes.

O potencial calorífico da turfeira apresentou baixo poder de queima para as amostras analisadas do afloramento no rio Das Mortes. Os baixos teores médios de carbono e o elevado conteúdo mineralógico inviabilizam o uso como combustível. No

entanto, são necessárias maiores amostragens, em diferentes locais, para confirmação dos resultados.

Os baixos teores de cálcio ($0,09 \text{ cmolc/dm}^3$), potássio ($0,1 \text{ cmolc/dm}^3$) e magnésio ($0,16 \text{ cmolc/dm}^3$) e elevada acidez (pH 3,9) e toxicidade (alumínio médio – $3,12 \text{ cmolc/dm}^3$), inviabilizam o plantio direto na turfa. Para corrigir a elevada acidez seriam necessários 2.000 Kg/Ha de calcário dolomítico, 12.000 Kg/Ha de calcário calcítico e 765 Kg/Ha de cloreto de potássio. Os resultados das análises agrônômicas descartam o uso da turfa como adubo orgânico, apesar do elevado teor de matéria orgânica. As características mineralógicas sugerem que a turfeira sofreu intenso processo de lixiviação. A composição argilosa, no entanto, pode ser utilizada como elemento de adsorção de insumos agrícolas (Eng.º Agr. Gilberto Guarido¹, comunicação pessoal). As propriedades mineralógicas apresentaram diferenças na turfa *in natura* e pós-queima. Os resultados sugerem que os valores pós-queima tendem a elevar o grau de concentração das propriedades mineralógicas da turfeira.

7.3 Palinologia e paleoambientes

7.3.1 Palinozonas

Os resultados palinológicos permitiram caracterizar cinco palinozonas com características úmidas, intercaladas por episódios com pulsos de inundação. As identificações taxonômicas e caracterização das palinozonas apresentadas nesse item contaram com a colaboração da Prof^a. Dra. Svetlana Medeanic, da Fundação Universidade Federal do Rio Grande. As análises e características ecológicas das famílias botânicas identificadas, foram comparadas com os registros das famílias atuais das planícies regionais e dos Campos Gerais, com a colaboração do Prof. Dr. Marcelo Galeazzi Caxambú, curador do Herbário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Na Palinozona I (Figura 30), os táxons identificados juntamente com os dados de espacialização da turfeira, permitem caracterizar um paleoambiente úmido, com a formação de uma extensa planície aluvial pantanosa e início da formação de uma vegetação ripária, bordejada por campos em 3.220 e 2.770 anos AP. Os resultados das análises isotópicas $\delta^{13}\text{C}$ em 150 e 131cm, assinalam predominância

¹ Engenheiro agrônomo da COAMO - AGROINDUSTRIAL COOPERATIVA. CREA-PR 14552/D

de plantas C₄, característica de gramíneas tropicais e subtropicais (PESSEDA, 2010).

O táxon Myrsinaceae é descrito para formações pioneiras (BEHLING, 2007), sugerindo a formação de vegetação de galeria. A presença de *Sphagnum*, típico de campos de turfa, corrobora o início da formação da turfeira. O táxon Xyridaceae, identificado pelo gênero *Xyris* sp., é descrito como heliófito, indicativo de ambientes abertos. O táxon Selaginella é descrito para solos úmidos, em geral de florestas.

Tais dados permitem inferir que a planície pantanosa apresentava uma vegetação pouco densa e pouco sombreada, constatada pelo gênero *Xyris* sp., com incipiente vegetação de porte arbóreo nos limites transversais da planície (táxons Myrsinaceae e Selaginella), com presença de epífitas dos gêneros *Blechnum* sp. e *Microgramma* sp. Os táxons Cyatheaceae e Polypodiaceae identificados nesse intervalo são típicos de florestas. As algas e ervas aquáticas sugerem que o ambiente era constantemente úmido sem lâmina d'água, em boa parte do ano. A presença de espículas de esponjas continentais (megascleras inteiras e fragmentos) é indicativa de pulsos de inundação sazonais.

Na Palinozona II (Figura 31), os táxons identificados típicos de ambientes úmidos, juntamente com os táxons herbáceos das famílias Polygalaceae, Selaginella, Commeliaceae e gênero *Eryngium* sp., permitem caracterizá-la como úmida, porém mais seca que a palinozona anterior. Nesse intervalo há uma queda brusca no percentual de matéria orgânica (de 39% para 9%) e decréscimo do número de grãos de pólen e esporos, bem como do número de famílias botânicas. O paleoambiente é similar ao descrito na Palinozona I. É possível que a vegetação de galeria tenha se retraído, mas ainda era presente nos limites transversais da planície aluvial. A ocorrência de espículas de esponjas (megascleras inteiras e fragmentos) nessa palinozona e na transição com as palinozonas I e III sugere pulsos de inundação. O táxon *Sphagnum* corrobora o incremento de turfa no perfil. As algas e ervas aquáticas sugerem que o paleoambiente era úmido por boa parte do ano.

Na Palinozona III (Figura 32), há um aumento no número total de grãos de pólen e esporos em relação à palinozona anterior. Os táxons identificados nessa palinozona, somados à datação por radiocarbono, permitem caracterizar um paleoambiente similar aos descritos nas palinozonas anteriores, com vegetação de galeria bem marcada junto à planície aluvial e bordejada por campos em 1.340 anos

AP. A análise isotópica $\delta^{13}\text{C}$ em 90cm (-16,8‰) é indicativa de plantas C_4 , típicas de campos (PESSENDA, 2010). A ocorrência de espículas de esponjas (megascleras inteiras e fragmentos) na transição entre as palinozonas II e III sugere pulsos de inundação.

Na Palinozona IV (Figura 33) tem-se uma diminuição do número de grãos de pólen e esporos e queda no número de famílias botânicas. Os táxons identificados permitem interpretá-la como úmida, porém mais seca que as palinozonas anteriores. Nesse intervalo tem-se uma diminuição dos táxons arbóreos/arbustivos e herbáceos. Tal fato pode ser caracterizado como uma fase mais seca ou um período de recuperação de uma fase mais seca. A transição entre as palinozonas III e IV é marcada pela diminuição gradual dos táxons arbóreo/arbustivos e esporos de algas. Os resultados apontam uma palinozona com características úmidas, com pulsos de inundação, mas não descartam a hipótese de um período/evento mais seco nesse intervalo. A ausência de ervas aquáticas e espículas de esponjas pode estar relacionada a um período mais seco.

Na Palinozona V (pré-atual) (Figura 34) há um aumento no número de famílias botânicas e grãos de pólen e esporos totais, principalmente os táxons arbóreo/arbustivo, seguido de algas e ervas aquáticas, sugerindo um paleoambiente mais úmido que os descritos nas palinozonas anteriores. Os dados polínicos são indicativos de um incremento na umidade, provavelmente acompanhada pelo aumento da precipitação.

O aumento exponencial de grãos de pólen arbóreo/arbustivos (17%), comparado às demais palinozonas (média de 5%), sugere uma floresta de galeria bem marcada em toda planície aluvial e parte das vertentes. Assim como nas palinozonas anteriores, o ambiente regional caracteriza-se por campos com predomínio de Poaceae e Cyperaceae. A presença de Cecropiaceae, típica de formações pioneiras de ambientes tropicais, em conjunto com os demais táxons arbóreo/arbustivos identificados, sugere uma floresta tropical de galeria.

A presença de *Araucaria* nessa palinozona não permite afirmar que a Floresta Ombrófila Mista se estabeleceu no período de deposição da turfeira. Apenas um pólen de Araucariaceae foi observado nas lâminas polínicas. As famílias que geralmente acompanham a biocenose da floresta com *Araucaria*, como

Podocarpaceae e Melastomataceae, também não foram encontradas, reforçando a hipótese.

Os estudos de Behling (1997; 1998; 2007) e Behling et al. (2001) nos planaltos do sul do Brasil não apontam presença de florestas com *Araucaria* anteriores a 2.850 anos AP. e 1.530 anos AP. Tal fato pode estar associado às exigências pluviométricas demandadas pela Floresta Ombrófila Mista para sua manutenção. Behling et al. (2001) atestaram que são necessários pelo menos onze meses de umidade/ano para que a *Araucaria* possa se estabelecer.

As evidências tropicais, como Cecropiaceae, levantam questões sobre a presença da Floresta Ombrófila Mista nos Campos Gerais do Paraná. A atual paisagem dessa região possivelmente se estabeleceu nos últimos séculos, após o término de deposição e incisão da turfeira. Os dados polínicos do afloramento no rio Das Mortes não traduzem a atual composição florestal. É provável que o revestimento florístico moderno, com exceção dos campos naturais, estava distante da área de deposição estudada ou evoluiu após o soterramento e entalhe do campo de turfa.

O período de maior umidade constatado a partir da Palinozona V, fez com que camadas de sedimentos coluviais provenientes da Formação Ponta Grossa e sedimentos arenosos do próprio rio Tibagi soterrassem o campo de turfa, cessando a deposição. O incremento de umidade e precipitação ocasionou um aumento na descarga fluvial, com rebaixamento do nível de base local. A queda do nível de base fez com que o rio Tibagi entalhasse seus antigos depósitos. O reajuste no perfil de equilíbrio dos tributários acompanhou a drenagem principal, entalhando os depósitos turfosos, gerando os afloramentos observados junto aos taludes na área estudada.

Os depósitos arenosos, explorados comercialmente nas áreas de lavra ao longo da planície do rio Tibagi, que se sobrepõem aos sedimentos turfosos, atestam um fluxo hídrico com maior energia no presente. As maiores taxas de areia e menores taxas de matéria orgânica no perfil permitem indicar correlação a esses eventos mais úmidos com inundações mais expressivas, indicadores de períodos com maior umidade. Períodos mais úmidos também foram constatados no alto rio Paraná por Stevaux (1993) e Parolin (2006) na região de Taquarussu-MS no Holoceno Tardio.

7.3.2 Datações e paleoambientes correlatos

Estudos realizados por Behling (1997) em uma turfeira de altitude (1.200m.s.n.m.) na serra Campos Gerais, entre os municípios de Castro e Tibagi, cerca de 60km ao norte da área estudada, constataram ligeiras mudanças no padrão vegetacional dos campos, com expansão das coberturas vegetais arbóreas dos vales fluviais para os planaltos. O autor constatou que a região apresenta cobertura de campos desde o Pleistoceno Tardio (12.500 anos AP./ ^{14}C). Após o UMG até 2.850 anos AP., os campos predominaram nos planaltos, enquanto nos vales, florestas tropicais se desenvolveram. Análises palinológicas realizadas por Melo et al. (2003) na planície aluvial do rio Cará-Cará atentam para condições similares de florestas, várzeas e campos regionais.

O primeiro registro polínico de *Araucaria* se dá a partir de 2.850 anos AP. A presença de florestas com *Araucaria*, associada aos Campos Gerais é constatada a partir de 1.530 anos AP. (BEHLING, 1997). Com base nesses registros pode-se inferir que o padrão paisagístico moderno dos Campos Gerais, com capões de Araucária nos planaltos e fundos de vale, se desenvolveu nos últimos 1.500 anos, de formas esparsas no Estado do Paraná.

Condições de tropicalidade foram identificadas nos planaltos do sul do Brasil por Behling (1998) no Holoceno Superior e Médio (10.000 – ± 3.000 anos AP.). Com base em registros polínicos, o autor caracterizou condições paleoambientais com predomínio de vegetação tropical (florestas) na serra da Boa Vista no início do Holoceno e região de Poço Grande-SC entre 4.840 e 3.525 anos AP. Os campos nesse período eram predominantes em Santa Catarina, no Morro da Igreja, e serra do Rio do Rasto.

Behling et al. (2001) identificaram o predomínio de campos com presença de florestas com Araucária em pequenas áreas isoladas na região de São Francisco de Paula-RS a partir de 4.000 anos AP. A expansão de florestas é documentada a partir de 1.060 anos AP. O autor salienta que a expansão de *Araucaria* em si, tem registro após 850 anos AP.

A interação campo-floresta e expansão de florestas com *Araucaria* também foram constatadas por Jeske-Pieruschka et al. (2010) na região de São José dos Ausentes, região serrana do Rio Grande do Sul, próximo à divisa com Santa

Catarina. Os autores caracterizaram a vegetação com predominância de campos em 590 anos AP. e expansão de florestas com *Araucaria* a partir de 450 anos AP.

Estudos realizados por Pessenda et al. (2004) na região de Londrina, norte do Paraná, constataram predomínio de plantas C₄ (-21,6‰ a -15‰ / ¹³C), caracterizando um paleoambiente de campos desde o final do Pleistoceno até o Holoceno Tardio e Médio. A expansão de coberturas florestais para a região é constatada a partir de 3.000 anos AP.

A dinâmica fitogeográfica campo-floresta na área estudada está condicionada a fatores geológicos. Segundo Melo et al. (2001), a ocorrência de solos neossolos, rasos e pobres, provenientes de rochas arenosas da Formação Furnas, são desfavoráveis para o desenvolvimento de plantas arbóreas. O substrato rochoso pode ter oferecido maior resistência ao desenvolvimento de florestas no Holoceno Tardio, que as demais regiões do Paraná que se tem registro de florestas nesse período.

8. CONCLUSÕES

O afloramento no rio Das Mortes trata-se de um depósito Quaternário disposto discordantemente sobre o Arenito Furnas. O mapeamento das áreas aflorantes (calha dos tributários do Tibagi) e em subsuperfície (tradagens) evidencia que a turfeira tem caráter regional e não apenas local. A turfeira distribui-se pela planície aluvial do alto Tibagi, por um trecho de pelo menos 12km, entre a foz do rio Guabiroba e a foz do rio Cará-Cará, cobrindo uma área de 10km².

A deposição dos sedimentos turfosos se deu com o nível de base local do rio Tibagi mais elevado que o atual. Os depósitos estão concentrados entre as cotas 775m e 780m, sugerindo um paleonível de base de 2 a 4 metros acima do atual. As datações ¹⁴C sugerem que a gênese da turfeira se deu por volta de 3.220 anos AP., e o soterramento e entalhe posterior, há 1.340 anos AP. Com base na extensão e espessura média dos depósitos, calcula-se que a paleomassa chegaria a 14.000.000m³. Levando-se em consideração as áreas da planície meandrante atual e de meandros abandonados cujos depósitos já foram retrabalhados e transportados pelas drenagens, estima-se que a turfeira possua no presente aproximadamente 10.000.000m³.

Os resultados sobre o potencial calorífico descartam o uso dos sedimentos turfosos como combustível em razão dos baixos teores de carbono médio nas amostras analisadas e elevado teor de matéria mineral. Em razão da alta toxicidade, baixo teores de nutrientes, pH ácido e alta taxa de lixiviação, não se recomenda o uso agrícola da turfeira para plantio direto (*in situ*).

Com base nos dados palinológicos, pode-se inferir que as condições paleoambientais em 3.220 anos AP., 2.770 anos AP. e 1.340 anos AP., na planície do alto Tibagi e Campos Gerais nessa porção, caracterizavam-se por um paleoambiente úmido, do tipo pantanoso, bordejado por uma vegetação tropical de galeria, circundado por campos. É provável que a atual cobertura arbórea, composta pela Floresta Ombrófila Mista, tenha se estabelecido na área estudada nos últimos séculos, após o término de deposição da turfeira.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A.N. Conhecimento sobre as flutuações climáticas do quaternário no Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, nº6, 1957, p.39-48.
- AB'SÁBER, A.N. **Os domínios de natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial. 2003.
- ABREU, S.F. **Recursos minerais do Brasil**. 2 ed. v. 2. São Paulo: Edgar Blucher, 1973.
- ABSY, M. L.; et al. Mise en évidence de quatre phases d'ouverture de la forêt dense au cours des 60.000 dernières années. Première comparaison avec d'autres régions tropicales. **Comptes Rendus Académie des Sciences Paris**, série II, 312: 673-678, 1991
- ANGULO, R.J. **Geologia da planície costeira do estado do Paraná**.1992. 334 f. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ANGULO, R.J.; LESSA G. The Brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranagua and Cananea regions. **Mar Geol.** 140: 141-166, 1997
- ANGULO, R.J. et al. Relative sea level changes in the last 5.500 years in southern Brazil (Laguna-Imbituba region, Santa Catarina State) based on vermetid C ages. **Mar Geol.** 159: 323-339, 1999
- ANGULO, R.J.; et al. O significado das datações ¹⁴C do litoral paranaense na reconstrução de paleoníveis marinhos e na evolução das barreiras do Pleistoceno Superior Holoceno. **Rev. Bras. Geociênc.** São Paulo, 32 (1), 95–106, 2002
- ARAUJO, A. G. M. ; NEVES, W ; PILO, L ; ATUI, J . Holocene dryness and human occupation in Brazil during the Archaic Gap. **Quaternary Research**, Estados Unidos, v. 64, p. 298-307, 2005
- ARAUJO, A. G. M.; NEVES, W. A.; PILO, L. B.; ATUI, J. P. V. Human occupation and paleoenvironments in South America: Expanding the notion of an 'Archaic Gap'. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, v. 15/16, p. 3-35, 2006.
- ASSINE, M. L. **Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da bacia do Paraná no Brasil**. 207 f. Tese (Doutoramento), Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo). 1996.
- BARBERI RIBEIRO, M. **Paleovegetação e paleoclima no quaternário tardio da vereda de águas emendadas-DF**. 1994. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1994
- BARBOSA, A. S.; RIBEIRO, M. B.; SHIMITZ, P.I. **Cultura e ambiente em áreas de cerrado do sudoeste de Goiás**. In: PINTO, M. N. (Ed.). **Cerrado** – caracterização ocupação e perspectivas. Brasília, Ed. da UNB. 1990, p.67-100.

- BARRON, E.J. AND G.T. MOORE. Climate Model Application. **Paleoenvironmental Analysis, Society for Sedimentary Geology**, Short Course, n. 33, 339 pp. 1994.
- BEHLING, H. Investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S. Brazil). **Vegetation History and Archaeobotany**. 4, 1995, p.127–152.
- BEHLING, H. Late quaternary vegetation, fire and climate dynamics of Serra do Araçatuba in the Atlantic coastal mountains of Paraná State, southern Brazil. **Vegetation History and Archaeobotany**, Berlin, v.16, 2007, p.77-85,
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history in the Araucária forest and campos region from Serra Campos Gerais (Paraná), S Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, n. 97, 1997, p.109-121.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**. 99:143-156, 1998
- BEHLING, H.; COHEN, M.C.L.; LARA, R.J. Studies on Holocene mangrove ecosystem dynamics of the Bragança pensinsula in northeastern Pará, Brazil. **Palaeogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology**. v.167, 2001. 87-101
- BEHLING, H.; PILLAR, V.D.; BAUERMANN, S.G.. Late quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics studied by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul (southern Brazil). **Review of Paleobotany and Palynology**, 133. 2005, p. 235-248.
- BERGAMASCHI, S. **Análise estratigráfica do Siluro-Devoniano (formações Furnas e Ponta Grossa) da sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil**. 1999. 167 f. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BIGARELLA, J.J. Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná. **Arq. Biol. Tecnol.** Curitiba, 1: 75-111, 1946
- BIGARELLA, J. J. Variações climáticas no Quaternário Superior no Brasil e sua datação radiométrica pelo método do carbono 14. **Paleoclimas**, nº1, 1971, p.1-22.
- BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R.; MARQUES FILHO, P. L. Estruturas e texturas da Formação Furnas e sua significação paleogeográfica. **Boletim da Universidade Federal Paraná**. Geologia, 18, 114p. 1966.
- BOUYOUCOS. G.J. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soil. **Agron. J.** 54: 464-465, 1962
- BRANNSTROM, Christian. **Projeto marca d'água – Relatórios Preliminares**, 2001. A Bacia do rio Tibagi, Paraná, 2001. Brasília: FINATEC, 2002. 18p.
- CASILLO, R.B.G.; **Pintores da paisagem paranaense**. Curitiba: Solar do Rosário, 2001.

COSTA CRUZ, N.M. **Paleopalynologia**. In: CARVALHO, I.S. (ed) **Paleontologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. p.381-392.

DAEMON, R.F.; QUADROS, L.P.; SILVA L.C. **Devonian palynology and biostratigraphy of the Paraná Basin**. In: BIGARELLA, J.J., BECKER, R.D., PINTO, I.D. (Eds.). **Problems in Brazilian Gondwana Geology**. Curitiba: UFPR, 1967, p. 99-131.

DE OLIVEIRA, P. E. de. **A Palynological Record of Late Quaternary Vegetational and Climatic Change in Southeastern Brazil**. 1992. 238 f. PhD (Thesis). The Ohio State Univ., Columbus, OH.

DE OLIVEIRA, P.E. de; BARRETO, A.M.F.; SUGUIO, K. Late Pleistoceno/Holoceno Climatic and Vegetational History of the Brazilian Caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River. **Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** vol. 152 (3-4) 319-337, 1999

DESJARDINS, T. et al. Changes of the Forest-savanna boundary in Brazilian Amazonia during Holocene as revealed by soil organic carbon isotope ratios. **Oecologia**, 108: 794-756, 1996

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997.

FAEGRI, K. e IVERSEN, J. **A textbook of pollen analysis**. 4. ed. New York: John Wiley e Sons, 1975.

FERNANDES, R.S. **Reconstrução paleoambiental da lagoa Fazenda durante o Pleistoceno Tardio e região de Jussara, Estado do Paraná, com ênfase em estudos palinológicos**. 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – CEPPE, Universidade de Guarulhos, Guarulhos-SP.

FERRAZ-VICENTINI, K.R. **Análise palinológica de uma vereda em Cromínio-GO**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, 1993.

FRANCO-MAGALHÃES, A.O.B; **Exumação tectônica e evolução associada do relevo no arco de Ponta Grossa, sul-sudeste do Brasil**. 2009. 149 f. Tese (Doutorado) Programa de Pós-graduação da Universidade Estadual Paulista, UNESP. Rio Claro.

GOOGLE EARTH, Cnes/Spot Image, 2009. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

GOUVEIA, S.E.M. et al. Dinâmica de vegetações durante o Quaternário recente no sul do Amazonas, indicada pelos isótopos do carbono (^{12}C , ^{13}C , ^{14}C). **Geochim. Bras.** 11 (3), 355–367, 1997

GUERREIRO, R.L. et al. Análise paleoclimática da formação de depósitos turfosos na planície do alto Tibagi, Campos Gerais, Paraná. In: **II Simpósio Paranaense de Estudos Climáticos e XIX Semana de Geografia**, Maringá, 2010, p. 307-319.

GUERREIRO, R.L. et al. Dados proxy indicam melhoria climática na região de Querência do Norte A 7.540 anos AP. In: **II Simpósio Paranaense de Estudos Climáticos e XIX Semana de Geografia**, Maringá, 2010, p. 320-333.

HÓRAK, I. **Relações pedológicas, isotópicas e palinológicas na reconstrução paleoambiental da turfeira da Área de Proteção Especial (APE) Pau-de-Fruta, Serra do Espinhaço Meridional-MG**. 2009. Dissertação (Mestrado). Escola de Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

IAPAR, 2011. **Mapa climático**. Disponível em:
<<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>> Acesso em: 31 jan. 2011.

IAPAR, 2011. **Precipitação média mensal (1954-2001)**. Disponível em:
<http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Ponta_Grossa.htm>. Acesso em: 31 jan.2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 92p. (Manuais Técnicos em Geociências, 1). 1992.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS (ITCG). Produtos cartográficos. Disponível em:
<<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>>. Acesso em: 22 out. 2009.

JABUR, I. C. **Análise paleoambiental do Quaternário superior na bacia do alto rio Paraná**. 1992. Tese (Doutorado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho. Rio Claro.

JESKE-PIERUSCHKA, V. et al. Araucaria forest dynamics in relation to fire frequency in southern Brazil based on fossil and modern pollen data. **Review of Palaeobotany and Palynology**. vol. 160, Issue 1-2, 2010, p. 53-65

KRAMER, V.M. S.; STEVAUX, J.C. Thermoluminescence and Magnetical susceptibility applied to paleoclimatic reconstruction of the Taquaruçu region (Center-Eastern Brazil), during the Holocene. **Araguaia International Symposium on Geomorphology and Paleohydrology of Large Rivers**. Goiânia, Boletim Goiano de Geografia (edição especial). UFG, 1999, p.38-42.

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

LEDRU, M. P.; BRAGA, P. I. S.; SOUBIÈS, F.; MARTIN, L.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. **The Last 50,000 years in neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate**. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, nº123, 1996, p.239-259.

LENZ, G. R. Turfa - métodos de lavra e opções para o uso no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geociências** 14(2): 111-119, 1984

- LESSA G. et al. Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in south Brazil. **Marine Geology**, 165:87-108, 2000.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: M. Roesner, 1968.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio, 1981.
- MAACK, R. **Notas preliminares sobre clima, solos e vegetação do Estado do Paraná**. Curitiba, Arquivos IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro. 1948.
- MACEDO, R.B. et al. Palinologia de níveis do Holoceno da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Localidade de Passarinhos), Brasil. **Revista Gaea** (São Leopoldo. Impresso) Unisinos 3(2):68-74, 2007
- MARTINS, T.D. **Superfícies aplainadas na bacia hidrográfica do altíssimo rio Tibagi-PR**. 2008. 92 f. Dissertação (Mestrado) Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MEDEANIC, S.; COSTA, C.B.; CORRÊA, I.C.S. Os palinóforos nas reconstruções paleoambientais: *Azolla filiculoides* Lam. nos sedimentos holocênicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. **Gravel** (Porto Alegre), v. 4, p. 49-61, 2006.
- MEDEANIC, S.; HIRATA, F.; DILLENBURG, S.R. Algal Palynomorphs Response to Environmental Changes in the Tramandai Lagoon, Southern Brazil, and Climatic Oscillations in the 20th Century. **Journal of Coastal Research**, v. 26, p. 726-735, 2010.
- MELO, M.S. et al. A Geologia no plano de manejo do Parque Estadual de Vila Velha-PR. **Revista Brasileira de Geociência**, 34 (4): 2004, p. 561-670
- MELO, M.S. et al. Sedimentação quaternária no espaço urbano de Ponta Grossa-PR. **Geociências**. São Paulo, v. 22, n. 1, 2003, p. 33-42.
- MELO, M.S. **Lagoa Dourada, PR - Furna assoreada do Parque Estadual de Vila Velha**. In: SCHOBENHAUS, C. et al (Edits.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), v.01: 2002, p. 289-298.
- MELO, M.S.; et al. **Caracterização do patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. 2001.
- MELO, M.S.; LOPES, M.C.; BOSKA, M.A. **Furna do Buraco do Padre, Formação Furnas, PR - Feições de erosão subterrânea em arenitos devonianos da Bacia do Paraná**. In: WINGE, M. et al. (Edits.). **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 2005. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio110/sitio110.pdf>>. Publicado em: 08 out. 2005.
- MINEROPAR. **Diagnóstico preliminar das ocorrências de turfa no Estado do Paraná**. 1987

MINEROPAR. **Mapeamento Geológico da Folha de Ponta Grossa** (1:100.000). 2007.

MORAES, J.F.S. de. **Turfa nos Estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte. Informe de Recursos Minerais** - Série Oportunidades Minerais – Exame Atualizado de Projeto, 14, Recife-PE, 16 p. il., CPRM, 2001. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/opor/pdf/turfarn.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2011.

MORO, R. S. et al. Vegetação ripária de um fragmento de floresta ombrófila mista no Parque Nacional dos Campos Gerais, Ponta Grossa PR. **Anais... VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu-MG, 2007.

MORO, R. S. **Interpretação paleoecológica do Quaternário através da análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyta) nos sedimentos da Lagoa Dourada, Ponta Grossa-PR**. 1998. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil.

MORO, R.S. et al. Paleoclimate of the Late Pleistocene and Holocene at Lagoa Dourada, Paraná State, southern Brazil. **Quaternary International: The Journal of the International Union for Quaternary Research**, Amsterdam, v. 114, 2004, p. 87-99

MORO, R.S.; PAROLIN, M.; MENEZES, H.R. Inferências paleoclimáticas domínio do Holoceno com base em espículas de esponjas continentais – Lagoa Dourada/PR. **Paleontologia em Destaque: Boletim da Sociedade Brasileira de Paleontologia**, Ano 24, n.62, p.5-6, 2009. Disponível em: <www.sbpbrasil.org>. Acesso em: 10 jun. 2010.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Relatório sobre o uso da Turfa. In: **Conferência sobre fontes novas e renováveis de energia**, 1981, Nairóbi, p. 1-73.

PAROLIN, M. **Paleoambientes e paleoclimas no final do Pleistoceno e no Holoceno no Sudeste do Estado do Mato Grosso do Sul**. 2006. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) Universidade Estadual de Maringá, UEM, Brasil.

PAROLIN, M.; STEVAUX, J.C. Clima seco e formação de dunas eólicas durante o Holoceno Médio em Taquaruçu, Mato Grosso do Sul. **Pesquisas em Geociências**, 28(2): 233-243, 2001

PAROLIN, M.; MEDEANIC, S.; STEVAUX, J.C. Registros palinológicos e mudanças ambientais durante o Holoceno de Taquarussu (MS). **Revista Brasileira de Paleontologia**. Porto Alegre, v.9, n.1, 2006, p.137-148

PAROLIN, M. ; Volkmer-Ribeiro, C ; Stevaux, J.C. . Sponge spicules in peaty sediments as paleoenvironmental indicators of the Holocene in the upper Paraná river, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 10, p. 17-26, 2007

PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C; STEVAUX, J.C. Use of spongofacies as a proxy for river-lake paleohydrology in Quaternary deposits of Central-Western Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 11, p. 187-198, 2009

PAROLIN, M. GUERREIRO, R.L.; KUERTEN, S.; MENEZES, H.R. **Bacias hidrográficas paranaenses**. In: Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas do Estado do Paraná. Editora da Fecilcam, Campo Mourão-Paraná, 2010

PESSENDA, L. C. R.; BOULET, R ; ARAVENA, R ; GOUVEIA, S.E.M. ; ROSOLEN, V. 1999. Dinâmica da matéria orgânica do solo, vegetação e clima holocênicos em uma transição floresta-campo no sul do Estado do Amazonas. In: 7 Congresso da ABEQUA, Porto Seguro. Anais,

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

PESSENDA, L.C.R. **Os isótopos estáveis do carbono e os distintos tipos de vegetação**. In: STEVAUX, J.C.; PAROLIN, M. **Síntese do Período Quaternário do Estado do Paraná**. In: PAROLIN, M. VOLKMER, Ribeiro, C. LEANDRINI, J.A. (orgs.) **Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná**. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, 2010.

PONTEVEDRA POMBAL, X. **Turberas de montaña de Galicia**: Genesis, propiedades y su aplicación como registros ambientales geoquímicos. 2002. 461 f. Tese (doutorado em Biologia) Universidade de Santiago de Compostela, Compostela.

REZENDE, A.B. **Espículas de esponjas em sedimentos de lagoa como indicador paleoambiental no NW do Estado do Paraná**. 2010. 65 f. Dissertação (Mestrado em Análise Ambiental) – CEPPE, Universidade de Guarulhos, Guarulhos-SP.

SILVA, C.M. da. **Palinologia das turfeiras de São José dos Campos – São Paulo**. 1995. Dissertação (mestrado), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ.

SJÖRS, H. Peat on Earth: Multiple use or conservation? **Ambio 6**: vol. 9. Pp 303-308, 1980.

STANEK, W.; SILC, T. Comparisons of four methods for determination of degree of peat humification (decomposition) with emphasis on the von Post Method. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v.57, p. 109-117, 1977.

STEVAUX, J. C. Upper Paraná River (Brazil) Geomorphology and Paleoclimatology. **Quaternary Internacional**, nº21, p.1994a, 143-161.

STEVAUX, J. C; SOUZA FILHO, E.E. e JABUR, I. C. **A História quaternária do rio Paraná em seu alto curso**. In VANZZOLER, et al. (Ed). **A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná** - Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. EDUEM, Maringá, 1997.

STEVAUX, J.C. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the Upper Paraná River: Correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. **Quaternary International**, nº72 2000, p.73-85.

STEVAUX, J.C. Geomorfologia, Sedimentologia e Paleoclimatologia do Alto Curso do Rio Paraná (Porto Rico-PR). **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba: Editora da UFPR, nº42, 1994b, p.97-112

STEVAUX, J.C. **O rio Paraná: Geomorfogênese, sedimentologia e evolução quaternária de seu curso superior**. 1993. 142 f. Tese (Doutorado) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo.

STEVAUX, J.C.; PAROLIN, M. Síntese do Período Quaternário do Estado do Paraná. In: PAROLIN, M; VOLKMER-RIBEIRO; LEANDRINE, J.A.. (Org.). Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, 2010, p. 43-58

SÜFFERT, T. **Turfa de Águas Claras, Estado do Rio Grande do Sul**. Informe de Recursos Minerais - Série Oportunidades Minerais – Exame Atualizado de Projeto, 13, Porto Alegre-RS, CPRM, 1998a. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/opor/pdf/aguaclar.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2011.

SÜFFERT, T. **Turfa de Itapuã, Estado do Rio Grande do Sul**. Informe de Recursos Minerais - Série Oportunidades Minerais – Exame Atualizado de Projeto, 12, Porto Alegre-RS, CPRM, 1998b. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/opor/pdf/turfaita.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2011.

SUGUIO, K. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais - passado + presente = futuro?** São Paulo: Paulo's Editora, 1999.

TATE, R.L. **Soil organic matter**. Biological and ecological effects. New York: John Wiley 1987.

THOMAS, M. F.; THORP, M. B. Geomorphic response to rapid climatic and hydrologic change during the late Pleistocene and early Holocene in the humid and sub-humid tropics. **Quaternary Science Review**, nº2, Vol.14, 1995, p.193-207.

TURCQ, B.; SUGUIO, K.; MARTIN, L.; FLEXOR, J. M. Registros milenares nos sedimentos dos lagos da Serra de Carajás. **Revista Ciência Hoje**, n. 93, Vol.16, 1993, p.31-35.

UEPG – UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA. **Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná. Ponta Grossa**, 2010. Disponível em: <<http://www.uepg.br/natural/index.htm>>. Acesso em: 18 ago. 2010.

VAN DER HAMMEN, T. Paleocology of the neotropics: an overview of the state affair. SUGUIO, K.; TESSLER, M. (Eds). Proceedings of the Global Changes in South America during the Quaternary, São Paulo. **Boletim Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo**, publicação especial, Vol. 8, 1991, p.35-55.

VERGAMINI, S. M.; SBERSI, F.; ZOPPAS, B. C. D. A. Calendário Polínico da Cidade de Caxias do Sul/RS - Poaceae: Dados Preliminares e Metodologia. **XI Encontro de Botânicos do Rio Grande do Sul - III Encontro Estadual de Herbários**, 2002, Santa Cruz do Sul - RS. 2002. p. 32-32.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; PAROLIN, M. As esponjas. In: PAROLIN, M; VOLKMER-RIBEIRO; LEANDRINE, J.A.. (Org.). Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, 2010, v. , p. 105-130.

ZALÁN, P.V. et al. Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. **Atas do III Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia**, Curitiba. V. 1, 1987, p. 441-473.

ZILLER, S.R.; GALVÃO, F. A degradação da estepe gramíneolenhosa no Paraná por contaminação biológica de *Pinus elliotti* e *P. Taeda*. **Revista Floresta**, 2003. Disponível em:

<http://www.institutohorus.org.br/index.php?modulo=artigos_cientificos>. Acesso em 22 jun. 2009.

ANEXOS

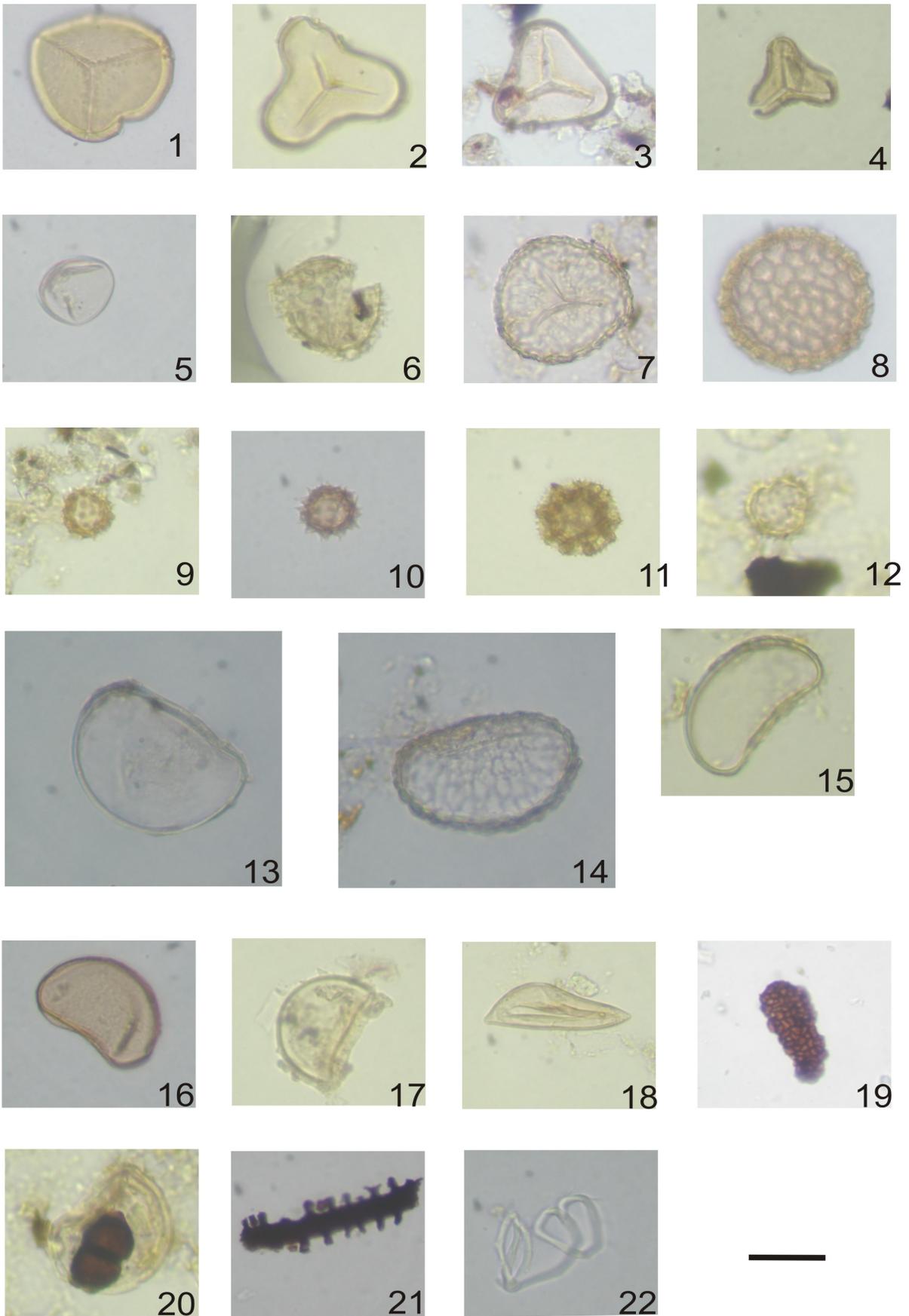


Plate 1: Escala 50 μ m. 1) Anthocerotaceae; 2-4) Cyatheaceae; 5) Poaceae; 6 e 7) Lycopodiaceae; 8) Polygonaceae; 9-12) Asteraceae; 13-16) Polypodiaceae; 17) Gleicheniaceae; 18) palinomorfo de alga; 19 e 20) palinomorfos de fungos; 21 e 22) não identificado.

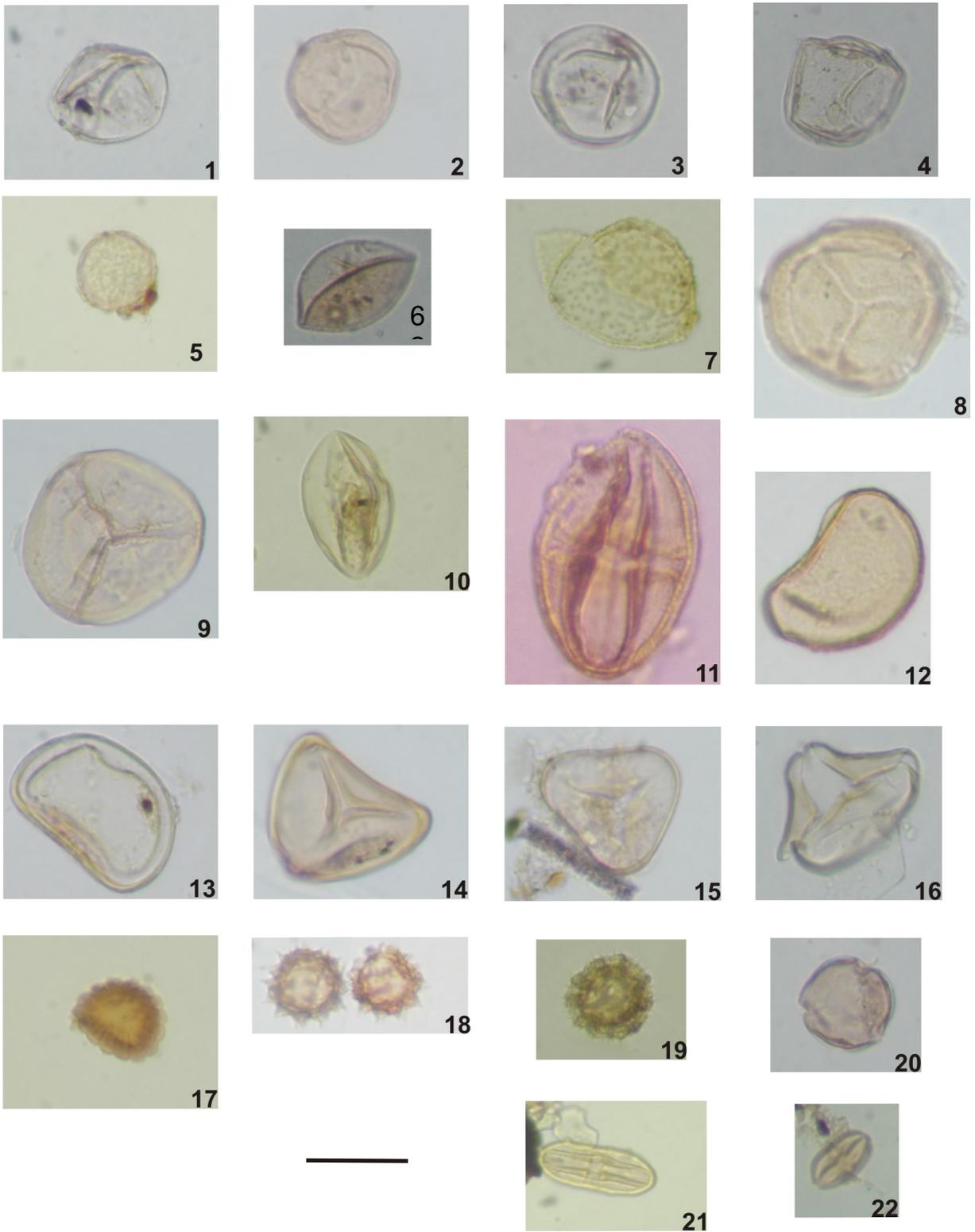


Plate 2: Escala 50µm. 1-6) Poaceae; 7-9) Anthocerotaceae; 10) Anacardiaceae; 11) Asteraceae; 12 e 13) Polypodiaceae; 14-16) Cyatheaceae; 17) Passifloraceae; 18 e 19) Asteraceae; 20) Celastraceae; 21) Apiaceae; 22) Caesalpinaceae.