

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

Gisele Leite de Lima

**ESTRATIGRAFIA E PALINOLOGIA E DEPÓSITOS TURFOSOS E ALÚVIO-
COLUVIAIS QUATERNÁRIOS NO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO
TABULEIRO E PLANALTO DE SÃO BENTO DO SUL, SANTA CATARINA**

Florianópolis
2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Gisele Leite de Lima

ESTRATIGRAFIA E PALINOLOGIA E DEPÓSITOS TURFOSOS E ALÚVIO-COLUVIAIS QUATERNÁRIOS NO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO TABULEIRO E PLANALTO DE SÃO BENTO DO SUL, SANTA CATARINA

Tese submetida ao Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutora em Geografia
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira
Co-orientador: Prof^a Dr^a Soraia Girardi Bauermann

Florianópolis

2010

FOLHA DE ROSTO

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial a minha mãe Joita por sua dedicação e amor incondicionais; ao meu pai Zacarias que mesmo de longe, sempre esteve na torcida; à minha irmã do coração, Elaine, por sempre estar na torcida, por todo o carinho, amizade e por ter me ajudado a tornar tantas coisas possíveis nessa longa caminhada. Aos meus queridos sobrinhos-filhos Bruna, Daniel e Danilo por trazerem tanta alegria para a minha vida. Dedico esse trabalho a vocês.

Ao Prof. Dr. Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira por ter me dado a possibilidade e liberdade de descobrir outros caminhos na construção dessa tese. Por sua confiança e encorajamento.

À Profa. Dra. Soraia Girardi Bauermann, por ter acreditado nesse trabalho, mais do que eu muitas vezes. E por ter me ensinado, que não há nada que horas de dedicação e um pouco de paciência não possam resolver.

Agradeço à vocês dois, por terem me ajudado a não desistir.

À minha querida tia Dora e aos queridos Camila, Guilherme e seu José por sempre estarem presentes e à postos para me ajudar.

Ao meu bom amigo Fernando por seu carinho e amizade ao longo destes anos.

À família Trindade por terem me recebido de maneira tão carinhosa em sua casa.

Às minhas amigas Renata e Glaucia por dividirem comigo as aventuras (e as desventuras) da vida de pós-graduanda.

À minha querida Déia por todo carinho e paciência (e às vezes era preciso muita). Por ter me ensinado tantas coisas, dentre as quais como fazer boas plates e que o TM vai para todos os lugares.

Aos meus colegas de turma e em especial a minha amiga Maristela pelas boas risadas e pelos raros, porém frutíferos cafés.

Aos amigos Vivian e Marius pela carinhosa acolhida em sua casa durante os três meses do estágio. Tudo ficou mais fácil por causa de vocês.

À Driélly, pela ajuda valiosa no laboratório e pelas boas risadas quando tudo dava certo e quando quase tudo dava errado.

Ao Prof. Dr. Daniel Falkenberg pelas valiosas contribuições botânicas.

A Profa. Dra. Ângela da Veiga Beltrame, coordenadora do Laboratório de Pedologia do Departamento de Geociências da UFSC,

pela autorização para uso do laboratório, para a realização das análises granulométricas.

Ao Prof. Dr. Darci Trebien, coordenador do Laboratório de Análise de Solo, Água e Tecido Vegetal do Departamento de Engenharia Rural da UFSC, pela autorização para uso do laboratório, para determinação dos teores de carbono orgânico. Agradecimentos especiais ao técnico Francisco Vetúlio Wagner que tornou o trabalho desse laboratório possível.

Aos colegas do curso de Geografia da UFFS, especialmente ao colega e amigo Adriano, pela disposição em alterarem seus horários para que eu pudesse realizar os trabalhos de campo ou dispor de mais tempo, especialmente na etapa final do trabalho.

Ao meu bom amigo Antônio Marques por toda a disposição, paciência e bom humor durante a etapa de formatação da versão final.

Ao Prof. Dr. H. Behling por ter me recebido durante o estágio na Universidade de Göttingen.

Ao PPGG da UFSC pelo apoio a esta pesquisa no que se refere ao financiamento de reagentes utilizados em várias análises e pelo auxílio que possibilitou a divulgação da pesquisa em encontros científicos.

Ao CNPq pela concessão de 36 meses de bolsa de estudo.

Ao DAAD pela concessão de bolsa para estadia de curta duração na Universidade de Göttingen.

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados da integração da análise estratigráfica e palinológica a partir da análise de cinco sequências sedimentares estudadas no Planalto de São Bento do Sul e no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. Tal integração possibilitou o estabelecimento de quadro de evolução ambiental de áreas planálticas do Estado de Santa Catarina, a partir do Estágio Isotópico Marinho 5. Esses resultados demonstraram que as mudanças ambientais locais registradas nos sedimentos estudados dessas cinco áreas coincidem com eventos climáticos relacionados ao Pleistoceno Superior e ao Holoceno, incluindo importantes eventos globais e hemisféricos como o Último Máximo Glacial (de 18 a 20 ka), Inversão Fria Antártica, Bølling-Allerød (cerca de 15 ka) e *Younger Dryas* (de 12,9 a 11,5 ka). O trabalho evidenciou ainda que, depósitos aluviais e alúvio-coluviais apresentam potencial para estudos palinológicos, visando a caracterização paleoambiental e que, apesar desses materiais não serem os mais privilegiados nas pesquisas palinológicas, se esses apresentam determinadas características, podem ser fonte de material palinológico em qualidade e quantidade satisfatória. O estudo dessas áreas, fundamentado na análise estratigráfica e palinológica poderá contribuir para a compreensão das respostas das áreas planálticas do sul do Brasil às mudanças climáticas ocorridas no Quaternário.

ABSTRACT

This work presents research results integrating Quaternary stratigraphy and palynology. Five sedimentary sequences were studied, at the São Bento do Sul Plateau, and at the Serra do Tabuleiro Park, in the Santa Catarina State, southern Brazil. The stratigraphic and palynologic integration allowed definition of the environmental evolution of these plateaus since the Marine Isotopic Stage (MIS) 5, at lower Upper Pleistocene. The record from the five study areas reveal environmental changes which coincide to well-established climatic change events, as Last Glacial Maximum (20 ka to 18 ka); Antarctic Cold Reversal and Bølling-Allerød interstadial (about 15 ka), and the Younger Dryas (from 12,9 ka to 11,5 ka). The results suggest that alluvial and colluvial deposits may be used as sources for palynological studies, under certain conditions, in spite of their well-known limitations. The study contributes with understanding on the dynamics of southern Brazillian plateau areas under the influence of Quaternary climatic changes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de localização das seções estratigráficas abordadas nesse trabalho.....	29
Figura 2 Diagrama triangular para a classificação de sedimentos proposta por Flemming (2000).....	68
Figura 3 Principais grãos de pólen da formação vegetacional campestre. Barras 10 micrômetros.	107
Figura 4 Principais grãos de pólen da formação vegetacional florestal. Barras 10 micrômetros.	109
Figura 5 Principais esporos de campo e floresta. Barras 10 micrômetros.	111
Figura 6 Vista parcial da Turfeira Campo da Ciama. A área tracejada em branco representa a turfeira e as linhas em amarelo os “colchões d’água”.....	115
Figura 7 Perfil de radar interpretado da Seção Turfeira Campo da Ciama.	117
Figura 8 Distribuição das frações granulométricas na seção Turfeira Campo da Ciama. Os números 2 a 3 no interior do gráfico correspondem às zonas de radar.	123
Figura 9 Diagramas texturais para as amostras da seção Turfeira Campo da Ciama: Fig. A, diagrama de Flemming (2000) e Fig. B, diagrama de Folk (1954). A linha tracejada no diagrama de Flemming indica o limite das áreas ocupadas pelas amostras analisadas, à direita da linha estão concentradas as amostras das unidades 2 e 3 e à esquerda, as amostras das unidades 1 e 2.....	124
Figura 10 Distribuição do teor de matéria orgânica na Seção Turfeira Campo da Ciama. Os números de 1 a 3 no interior do gráfico indicam as unidades da seção.	126

Figura 11 Vista parcial da seção levantada em corte de estrada no Campo da Ciama. A seta indica canal de primeira ordem em um dos afluentes do rio do Ponche (Foto: Glaucia Ferreira, 2005).	132
Figura 12 Seção Pedostratigráfica Campo da Ciama. Os números de 1 a 8 indicam as unidades individualizadas.	133
Figura 13 Localização das seções colunares onde foram coletadas as amostras para as análises de laboratório. As letras A, B, C, D, E e F indicam os locais de coleta de amostras.....	135
Figura 14 Distribuição das frações granulométricas na seção Campo da Ciama. Os números de 1 a 8 no interior do gráfico correspondem às unidades da seção.....	138
Figura 15 Diagrama de classificação textural de Flemming (2000) para as amostras da Seção Campo da Ciama.	139
Figura 16 Distribuição do teor de matéria orgânica na Seção Campo da Ciama. Os números de 1 a 8 no interior do gráfico indicam as unidades da seção.....	142
Figura 17 Diagrama palinológico de porcentagem da Seção Campo da Ciama.	147
Figura 18 Gráfico em porcentagem dos agrupamentos ecológicos registrados nas amostras superficiais coletadas no entorno da Seção Campo da Ciama.....	149
Figura 19 Gráfico em porcentagem do espectro polínico atual das amostras superficiais coletadas no entorno da Seção Campo da Ciama.	150
Figura 20 Vista parcial do local onde se encontra a turfeira. O círculo vermelho indica o ponto de amostragem.	157
Figura 21 Distribuição das frações granulométricas da Turfeira Rio Turvo. Os números no interior do gráfico indicam as unidades.	160
Figura 22 Diagrama textural para as amostras da Turfeira Rio Turvo.	161

Figura 23 Distribuição do teor de matéria orgânica das amostras da Turfeira Rio Turvo. Os números no interior do gráfico indicam as unidades.....	163
Figura 24 Diagrama palinológico de porcentagem da Turfeira Rio Turvo.....	167
Figura 25 Localização da área de estudo. Notar: queda d'água no primeiro plano. A seta amarela indica o local em que foi levantada a seção.....	173
Figura 26 Vista parcial da planície aluvial na localidade de Salto do Engenho.....	174
Figura 27 Imagem de cachoeira que constitui nível de base no Salto do Engenho.....	174
Figura 28 Seção estratigráfica Salto do Engenho.....	175
Figura 29 Distribuição das frações granulométricas da sondagem 7 da seção Salto do Engenho. Os números de 2 a 7 no interior do gráfico correspondem às unidades.....	177
Figura 30 Diagrama textural para as amostras da seção Salto do Engenho. As amostras em vermelho são oriundas da sondagem 7 e em preto são da sondagem 5.	181
Figura 31 Distribuição do teor de matéria orgânica na sondagem 7 da seção Salto do Engenho. Os números de 2 a 7 no interior do gráfico indicam as unidades da seção.....	184
Figura 32 Local de coleta das amostras Seção Salto do Engenho.....	188
Figura 33 Diagrama palinológico de porcentagem da Seção Salto do Engenho.....	191
Figura 34 Gráfico em porcentagem dos agrupamentos ecológicos registrados nas amostras superficiais coletadas no entorno da Seção Salto do Engenho.	193

Figura 35 Gráfico em porcentagem do espectro polínico atual das amostras superficiais coletadas no entorno da Seção Salto do Engenho.	194
Figura 36 Vista parcial do terraço aluvial onde foi levantada a Seção Vale Nordeste.....	197
Figura 37 Seção Estratigráfica Vale Nordeste.	199
Figura 38 Local de coleta das amostras. As barras indicam os locais das coletas. A barra vermelha indica o local do testemunho de sondagem que será apresentado. As barras pretas indicam o local de coleta das amostras estéreis.	203
Figura 39 Diagrama palinológico de porcentagem da Seção Vale Nordeste. O diagrama palinológico de porcentagem da unidade 6 será apresentado na sequência.	205
Figura 40 Diagrama palinológico de porcentagem da Seção Vale Nordeste.....	207
Figura 41 Gráfico de soma dos táxons encontrados nas amostras superficiais coletadas no entorno da Seção Vale Nordeste	209
Figura 42 Gráfico em porcentagem do espectro polínico atual das amostras superficiais coletadas no entorno da Seção Vale Nordeste..	210
Figura 43 Curva dos Estágios Isotópicos de Oxigênio nos últimos 140.000 anos. Os números ímpares indicam períodos quentes, os números pares indicam períodos frios.....	218

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Características climáticas dos Estágios Isotópicos Marinhos para áreas abrangidas pelo modelo Pampeano e Venezuelano. Adaptado de IRIONDO, 1999.	51
Quadro 2 Características ambientais nos diferentes Estágios Isotópicos Marinhos extraídas de resultados estratigráficos e palinológicos para as áreas dos trópicos e subtropicais úmidos, para o Brasil e para as áreas planálticas do sul do Brasil.....	61
Quadro 3 Correlação da frequência da antena com a profundidade de penetração. As profundidades citadas correspondem a valores médios, podendo ser maiores ou menores, dependendo do meio e da configuração usada.....	65
Quadro 4 Tipos de sedimentos e classes texturais contidas no diagrama triangular para a classificação textural proposta por Flemming (2000). 69	
Quadro 5 Materiais e estruturas sedimentares descritos nas áreas estudadas.	74
Quadro 6 Estruturas sedimentares primárias de origem inorgânica, baseada na morfologia e no período de sua formação, segundo a classificação de Selley (1988).	77
Quadro 7 Lista dos grãos de pólen e esporos encontrados nas áreas estudadas.	85
Quadro 8 Dados granulométricos das 20 amostras coletadas em testemunho na Seção Estratigráfica Turfeira Campo da Ciama.	120
Quadro 9 Dados granulométricos das 28 amostras coletadas na Seção Turfeira Campo da Ciama.	122
Quadro 10 Teor de carbono orgânico e matéria orgânica das amostras da Seção Estratigráfica Turfeira Campo da Ciama.	125
Quadro 11 Idades Carbono 14 obtidas para amostras coletadas na Seção Turfeira Campo da Ciama.	127

Quadro 12 Idades Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) obtidas para amostras coletadas na Seção Turfeira Campo da Ciama.	127
Quadro 13 Características físicas das unidades que compõem a Seção Campo da Ciama.	134
Quadro 14 Dados granulométricos da seção pedoestratigráfica Campo da Ciama.	137
Quadro 15 Teor de carbono orgânico e matéria orgânica das amostras da seção Campo da Ciama.	141
Quadro 16 Idades Carbono 14 obtidas para amostras coletadas na Seção Turfeira Campo da Ciama.	143
Quadro 17 Características físicas das unidades que compõem a Turfeira Rio Turvo.	158
Quadro 18 Dados granulométricos da Turfeira Rio Turvo.	159
Quadro 19 Teor de carbono orgânico e matéria orgânica das amostras da Turfeira Rio Turvo.	162
Quadro 20 Idades Carbono 14 obtidas para amostras coletadas da Turfeira Rio Turvo.	164
Quadro 21 Características físicas das unidades que compõem a Seção Salto do Engenho.	176
Quadro 22 Dados granulométricos da seção Salto do Engenho.	179
Quadro 23 Teor de carbono orgânico e matéria orgânica das amostras da Seção Salto do Engenho.	183
Quadro 24 Características físicas e químicas das unidades 7 da Seção Salto do Engenho.	185
Quadro 25 Idades Carbono 14 obtidas para amostras coletadas na Seção Salto do Engenho.	186

Quadro 26 Cronologia das mudanças ambientais ocorridas durante o Quaternário Tardio de áreas planálticas do Estado de Santa Catarina. 216

SUMÁRIO

1. Introdução.....	25
2. Caracterização física das áreas de estudo.....	28
2.1 O Planalto de São Bento do Sul	28
2.2 Parque Estadual da Serra do Tabuleiro	31
3. Caracterização ambiental através da estratigrafia e palinologia de depósitos continentais quaternários.....	33
3.1 Estratigrafia de depósitos continentais e paleoambientes quaternários	33
3.1.1 Cabeceiras e vales fluviais e depósitos associados.....	34
3.1.1.1 Cabeceiras de vale, depósitos coluviais e interpretação paleoambiental	35
3.1.1.2 Depósitos aluviais e interpretação paleoambiental.....	39
3.1.2 O estudo de depósitos continentais quaternários no Brasil	43
3.1.3 Estratigrafia do Quaternário e caracterização paleoambiental ...	50
3.2 Palinologia do Quaternário e representação de mudanças climáticas	54
3.2.1 Aplicação da palinologia em estudos paleoambientais	54
3.2.2 Palinologia do Quaternário das áreas planálticas do sul do Brasil	56
3.2.3 Palinologia do Quaternário e caracterização de mudanças climáticas	59
3.3 Estratigrafia e Palinologia do Quaternário: Integração e caracterização paleoambiental.....	60
4. Procedimentos Metodológicos.....	64
4.1 Levantamento estratigráfico	64
4.1.2 Levantamento de seção estratigráfica com utilização do Radar de Penetração do Solo (GPR - Ground Penetration Radar)	64
4.2 Características físicas dos materiais	66
4.3 Análise granulométrica	67
4.4 Determinação do teor de matéria orgânica - Método Walkley-Black	69
4.5 Análise palinológica.....	70
4.5.1 Coleta do material	70
4.5.2 Processamento químico.....	71
4.5.3 Análise qualitativa.....	71
4.5.4 Análise quantitativa.....	72

4.6 Geocronologia	72
5 Chaves para a interpretação dos dados estratigráficos e palinológicos.....	74
5.1 Estratigrafia do Quaternário	74
5.1.1 Tipos de materiais	75
5.1.2 Estruturas sedimentares	76
5.1.2.1 Estruturas sedimentares primárias pré-deposicionais descritas nas áreas estudadas	78
5.1.2.2 Estruturas sedimentares primárias sindeposicionais descritas nas áreas estudadas	79
5.2 Palinologia sistemática	80
6 Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.....	113
6.1 Seção Estratigráfica Turfeira Campo da Ciama	113
6.1.1. Estratigrafia	113
6.1.1.1 Levantamento estratigráfico e características físicas dos materiais	113
6.1.1.2 Teor de matéria orgânica	125
6.1.1.3 Geocronologia	127
6.1.1.4 Estratigrafia da turfeira de altitude	128
6.1.1.5 Interpretação da evolução de turfeira de altitude em cabeceira de vale	129
6.2 Seção Pedostratigráfica Campo da Ciama	132
6.2.1. Estratigrafia	132
6.2.1.1 Levantamento estratigráfico e características físicas dos materiais	132
6.2.1.2 Teor de matéria orgânica	140
6.2.1.3 Geocronologia	143
6.2.1.4 Agradação local e retrabalhamento de depósitos de planície de inundação durante o Holoceno Médio	143
6.2.2 Palinologia.....	145
6.2.2.1 Registro fóssil em depósitos de vale.....	145
6.2.2.2 Registro atual.....	149
6.2.2.3 Preservação de palinomorfos em depósitos aluviais.....	150
6.2.2.4 Balanço parcial	151
6.2.2.4.1 Considerações sobre o registro palinológico estudado	151
6.2.2.4.2 Síntese dos resultados da análise palinológica	153
6.2.3 Agradação de vales aluviais e expansão da floresta durante o Holoceno	154
7 Planalto de São Bento do Sul.....	157
7.1 Turfeira em tributário do Rio Turvo, Campo Alegre	157

7.1.1 Estratigrafia	157
7.1.1.1 Levantamento estratigráfico e características físicas dos materiais	157
7.1.1.2 Teor de matéria orgânica.....	162
7.1.1.3 Geocronologia	164
7.1.1.4 Balanço parcial.....	164
7.1.2 Palinologia	165
7.1.2.1 Registro fóssil.....	165
7.1.2.2 Balanço parcial.....	169
7.1.3 Do Último Máximo Glacial ao Holoceno Médio: construção de planície de inundação e formação de turfeira durante o início da expansão da floresta	170
7.2 Seção Estratigráfica Salto do Engenho	173
7.2.1 Estratigrafia	173
7.2.1.1 Levantamento estratigráfico e características físicas dos materiais	173
7.2.1.2 Teor de matéria orgânica.....	181
7.2.1.3 Grau de Saturação por bases e determinação do Horizonte A	185
7.2.1.4 Geocronologia	185
7.2.1.5 Balanço parcial.....	186
7.2.2 Palinologia	188
7.2.2.1 Registro fóssil.....	188
7.2.2.2 Registro atual	193
7.2.2.3 Balanço parcial.....	194
7.2.3 Evolução da bacia de inundação ocupada por pântano na transição entre o EIM 3 e o EIM 2	195
7.3 Seção Vale Nordeste	197
7.3.1 Estratigrafia	197
7.3.2 Palinologia	202
7.3.2.1 Registro fóssil.....	202
7.3.2.2 Registro atual	209
7.3.2.3 Balanço parcial.....	211
7.3.3 Formação de planície de inundação e expansão da floresta durante o Tardiglacial	212
8. Considerações Finais.....	215
8.1 Caracterização paleoambiental de áreas planáticas do Estado de Santa Catarina a partir do Estágio Isotópico Marinho 5	215

8.2 Integração da estratigrafia e da palinologia para a caracterização de paleoambientes do Quaternário	220
8.2.1 Integração de dados estratigráficos e palinológicos em sedimentos quaternários de áreas planálticas de Santa Catarina	222
9. Referências.....	229

1. INTRODUÇÃO

O período Quaternário, iniciado há aproximadamente 2,58 milhões de anos AP (GIBBARD *et al.*, 2010) é caracterizado pela alternância de períodos glaciais e interglaciais durante os quais o clima da Terra foi caracterizado, respectivamente, por temperaturas globais mais baixas ou semelhantes às atuais (SUGUIO; 1999; VAN ANDEL, 1992). Tais variações globais resultaram em alterações ambientais cujas evidências podem ficar preservadas sob a forma de registro sedimentar, possibilitando a reconstituição de ambientes pretéritos.

Estudos geomorfológicos realizados em áreas dos trópicos e subtropicais úmidos (THOMAS, 1994; THOMAS *et al.*, 2001) apontam para respostas cujo sinal difere, por vezes, daquele de áreas de altas latitudes, que foram diretamente afetadas pelas glaciações quaternárias. Evidências obtidas a partir de registro sedimentar sugerem sinais contraditórios nos continentes, com mudanças climáticas que tendem para a diminuição da precipitação em algumas áreas e aumento da precipitação em outras, durante os períodos mais frios do Quaternário.

Estudos de reconstituição ambiental em áreas continentais são dificultados pela baixa resolução do registro estratigráfico (OLIVEIRA *et al.*, 2001). No entanto, a associação da análise estratigráfica à análise palinológica pode prover subsídios para a caracterização paleoambiental, na medida em que integra registros fragmentários a registros de dados representativos. Esse tipo de integração não é algo novo, e vem sendo realizado desde a década de 1980 (DIETRICH & DORN, 1984). No Brasil esses estudos se intensificaram nos últimos anos e seus resultados têm permitido compreensão mais ampla das mudanças ambientais ocorridas a partir do Pleistoceno Tardio (THOMAZ, 2000; STEVAUX, 2000; ETCHEBEHERE *et al.*, 2003; MELO *et al.*, 2003; MEDEANIC *et al.*, 2004).

Nesse sentido, foram exploradas áreas no Planalto de São Bento do Sul e no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, ambas em Santa Catarina com o objetivo principal de definir o padrão de evolução de cabeceiras de vale e calhas fluviais, considerando-se a influência de mudanças climáticas globais sobre mudanças ambientais locais, cujo sinal estaria preservado no registro estratigráfico e palinológico das áreas estudadas.

O Planalto de São Bento do Sul, no extremo norte de Santa

Catarina, apresenta como característica principal o relevo em colinas. Alguns setores desse planalto vêm sendo estudados desde 1997. Os dados obtidos evidenciam rico registro sedimentar quaternário, que torna possível a elaboração de quadro de evolução ambiental a partir do Estágio Isotópico Marinho 5 (OLIVEIRA & PEREIRA, 1998; OLIVEIRA *et al.*, 2001; LIMA, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2006).

A localidade de Cerro do Touro, situada no sul do município de Campo Alegre, que está inserido no Planalto de São Bento do Sul, foi primeiramente estudada por Oliveira e Pereira (1998), que propuseram hipóteses evolutivas para a área a partir do Pleistoceno Superior. Posteriormente, Lima (2002) aprofundou a caracterização das unidades definidas por aqueles autores e confirmou parcialmente as hipóteses propostas por eles. Mais tarde, os estudos foram ampliados para setores próximos à calha fluvial (LIMA, 2005). Esses três trabalhos permitiram traçar quadro preliminar de evolução para a área. Durante sua evolução a área passou por fases de instabilidade morfogenética, assinaladas pela presença de camadas colúvias, aluviais e alúvio-colúvias, e fases de estabilidade marcadas pelo desenvolvimento de horizontes pedológicos e turfeiras.

Duas novas áreas em outros setores desse planalto foram exploradas: a localidade de Salto do Engenho, que está situada no noroeste do município de Campo Alegre e outra distante poucos quilômetros da localidade de Cerro do Touro, ambas abordadas neste trabalho.

Em paralelo aos estudos que foram realizados no Planalto de São Bento do Sul, foram exploradas duas áreas no interior do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (PEST), situado na porção centro-leste do mesmo estado, na localidade Campo da Ciama.

Inicialmente, os trabalhos realizados no Planalto de São Bento do Sul (LIMA, 2002; 2005) tinham como um de seus objetivos avaliar a utilização de dados sedimentológicos como indicadores de mudanças paleoambientais. Os primeiros resultados foram promissores. No entanto, persistiram dúvidas sobre o real significado dessas mudanças na área estudada, e a palinologia surgiu como ferramenta que poderia ser útil para esclarecê-las. Dessa forma, a partir dos dados estratigráficos obtidos, foram selecionados intervalos estratigráficos nos quais, em decorrência de determinadas características das camadas, sobretudo unidades turfosas, havia potencial para estudos palinológicos.

O estudo dessas áreas, fundamentado na análise estratigráfica e palinológica poderá contribuir para a compreensão das respostas das

áreas planálticas do sul do Brasil às mudanças climáticas ocorridas no Quaternário.

2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS ÁREAS DE ESTUDO

As seções estratigráficas e o testemunho de sondagem abordados nesta pesquisa (Fig. 1) se situam no extremo norte de Santa Catarina, em áreas do Planalto de São Bento do Sul, e no setor centro-leste desse Estado, em áreas do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.

Apesar de distantes geograficamente (aproximadamente 200 km), essas áreas despertam interesse, em função da ocorrência de registros estratigráficos e palinológicos. As quatro áreas apresentam registro sedimentar quaternário bem preservado, com presença de estruturas sedimentares, camadas coluviais, aluviais, alúvio-coluviais e horizontes pedológicos enterrados, que permitem a realização de estudos de reconstituição ambiental. Os estudos realizados nessas áreas poderão contribuir para a compreensão das respostas das áreas planálticas do sul do Brasil às mudanças ambientais ocorridas no Quaternário.

2.1 O PLANALTO DE SÃO BENTO DO SUL

O Planalto de São Bento do Sul tem como principal característica o relevo em colinas com altitudes em torno de 850 a 950 m (SANTA CATARINA, 1986). No sul do município de Campo Alegre, na localidade de Cerro do Touro, as altitudes podem alcançar 1.070 m (BRASIL, 2004).

No Planalto de São Bento do Sul, as colinas se distribuem em compartimentos topográficos distintos que refletem a estrutura geral do substrato geológico, individualizando patamares estruturais entrecortados por linhas e escarpas de falha e por diques de diabásio. Na periferia do planalto, pode-se ainda identificar perfis típicos de relevo em *cuestas*, com frentes e reversos bem delineados. O grau de movimentação do relevo depende, portanto, do grau de dissecação diferencial dos diferentes compartimentos topográficos, definindo áreas colinosas de amplitude variável.

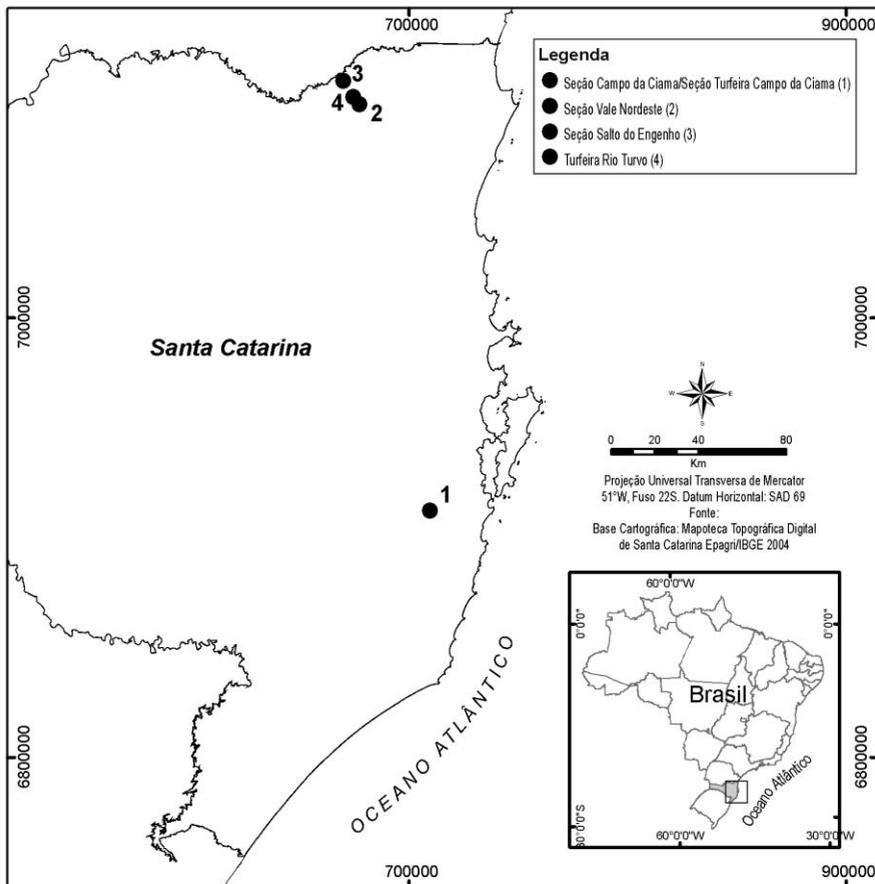


Figura 1 Mapa de localização das seções estratigráficas abordadas nesse trabalho.

Elaboração: Renata Duzzionni, 2009.

Em função da altitude, Braga e Ghellre (1999) definiram o clima desse planalto como mesotérmico brando, subdomínio superúmido, sem estação seca. A temperatura média anual é de 16,4°C. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, sendo que o total anual varia de 1.600 a 1.800 mm (SANTA CATARINA, 1986).

Quanto à vegetação encontrada na área há duas grandes formações vegetais segundo a classificação de Klein (1978): 1) Floresta de Araucária ou dos Pinhais e 2) Campos. No Planalto de São Bento do Sul, o pinheiro-do-paraná ou o pinheiro-brasileiro (*Araucaria*

angustifolia) está associado à *Ocotea porosa* (imbuia) e à *Sloanea monosperma* (sapopema), que formam os sub-bosques desta floresta. Nos sub-bosques formados pela *Ocotea porosa* (imbuia) e *Sloanea monosperma* (sapopema) pode-se observar ainda a *Cedrela fissilis* (cedro), *Ilex paraguariensis* (erva-mate), *Ilex theenans* (congonha), *Casearia decandra* (guaçatunga), *Styrax* (carne-de-vaca), *Myrcianthes pungens* (guabiju) e diversas espécies da família Myrtaceae. Segundo Klein (1984) esse tipo de associação vegetal constitui o estágio mais evoluído da Floresta com Araucária, pois apresenta maior número de árvores adultas e velhas do que plantas jovens de *Ocotea porosa* (imbuia). A região de ocorrência dessas associações é conhecida como “Zona das Imbuias” (KLEIN, 1974).

Os Campos, que interrompem o domínio da *Araucaria angustifolia* no Planalto de São Bento do Sul, são definidos como “Campos com capões, florestas ciliares e pequenos bosques de pinhais”, segundo Klein (1978). Predominam nessa formação os agrupamentos herbáceos formados por espécies da família Poaceae, Cyperaceae, Asteraceae, Leguminosae e Verbenaceae. Essas famílias conferem aos campos o aspecto de “campos limpos” (KLEIN, 1978). No entanto, ocorrem ainda os campos sujos, os capões e as típicas matas galeria que, por vezes, compreendem bosques de pinhais no meio da “formação campestre” (KLEIN, 1978).

O substrato geológico da área é formado por rochas da Bacia de Campo Alegre (norte de Jaraguá do Sul e sul de Campo Alegre) e do Complexo Granulítico de Santa Catarina (oeste de Campo Alegre) (BIONDI *et al.*, 2002). A Bacia de Campo Alegre é composta essencialmente de riolitos e traquitos, e em menores proporções de basaltos e andesitos, tufos e sedimentos vulcanogênicos (BIONDI *et al.*, 2002). Já o Complexo Granulítico de Santa Catarina é composto de gnaisses granulíticos e lentes máfico-ultramáficas.

Pesquisas geomorfológicas realizadas em áreas do Planalto de São Bento do Sul, norte de Jaraguá do Sul e sul de Campo Alegre, na localidade de Cerro do Touro e entorno, demonstram rico registro sedimentar quaternário, com presença de horizontes pedológicos enterrados e de estruturas sedimentares bem preservadas (OLIVEIRA & PEREIRA, 1998; OLIVEIRA *et al.*, 2001; LIMA, 2002; LIMA, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2008a; OLIVEIRA *et al.*, 2008b). No norte do município de Jaraguá do Sul, na localidade de Cerro do Touro, os horizontes pedológicos enterrados e as camadas datadas apresentaram idades entre de 90 a 6,3 ka (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

2.2 PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO TABULEIRO

O Campo da Ciama está inserido no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. Esse parque é a maior unidade de conservação do Estado de Santa Catarina, criado no dia 01 de novembro de 1975 (Diário oficial nº 2.335 de 17/03/77, FATMA), com a finalidade de conservação de diversos ecossistemas presentes na região.

O substrato geológico do Campo da Ciama é composto, predominantemente, por rochas graníticas (CARUSO, 1995), não deformadas (Suíte Intrusiva Pedras Grandes e Suíte Intrusiva Tabuleiro), nas quais se destaca o granito São Bonifácio (FATMA, 2005).

A área está inserida na unidade geomorfológica das Serras do Leste Catarinense, que se caracteriza por apresentar seqüência de serras dispostas de forma paralela e subparalela, no sentido NE-SW. Essa unidade é constituída por seqüência de colinas, outeiros, morros e montanhas. As altitudes podem chegar a 1.288 m (CARUSO, 1995). As cristas e vales são orientados segundo antigas zonas de fraqueza do embasamento cristalino e por falhas. As fraturas e as falhas possibilitaram a dissecação desses terrenos, apresentando interflúvios convexos e estreitos, ressaltados por formas alongadas, e encostas com altas declividades. O Campo da Ciama está localizado em patamar inferior às áreas de topo da Serra do Tabuleiro, com altitudes entre 900 a 1.018 metros. O relevo local forma compartimento topográfico caracterizado por pequena variação altimétrica, intercalado por modelados de dissecação de forma convexa. Ao longo dos vales são encontrados depósitos quaternários colúvio-aluviais.

O clima do Campo da Ciama é classificado como mesotérmico úmido com verões brandos (FATMA, 2005). O aumento da intensidade das precipitações e da umidade é condicionado pela topografia do terreno. Durante o inverno ocorrem, com frequência, baixas temperaturas com a passagem das massas polares, e no verão a altitude não permite maior elevação da temperatura, ficando em torno de 20°C (NIMER, 1989).

Quanto à vegetação, o Campo da Ciama, está inserido na formação denominada Faxinal da Serra do Tabuleiro (KLEIN, 1978). Os faxinais encontram-se em áreas com altitudes entre 700 e 1.200 m, locais onde se verifica a diminuição das espécies da Floresta Ombrófila Densa; são áreas de transição entre a Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa (KLEIN, 1978). As espécies características

dessa formação são: *Lamanonia ternata* (guaperê), *Clethra scabra* (carne-de-vaca), *Ilex theezans* (congonha), *Myrceugenia euosma*, *Gomidesia sellowiana* (guamirim), *Piptocarpha angustifolia* (vassourão-branco), *Rapanea umbellata*, *Rapanea* spp (capororocas), *Symplocos* spp. (orelhas-de-onça ou orelhas-de-gato), *Clusia parviflora* (mangue-branco ou mangue-de-formiga), além dos densos taquarais e carazais, formados pelo *Merostachys multiramea* (taquara-mansa), *Merostachys ternata*, *Merostachys speciosa* (taquara-poça), *Chusquea discolor* e *C. meyeriana* (criciúma). O estrato superior desse faxinal é composto pela *Araucária angustifolia* (pinheiro-do-paraná), acompanhado por sub-bosque que, no Campo da Ciama, é formado por espécies da família Myrtaceae. Na parte superior da Bacia do Rio do Ponche há um núcleo de Pinhal, que foi explorado intensivamente pela Companhia Docas de Imbituba e pela Companhia Madeireira (CIAMA) em meados do século XX (KLEIN, 1981).

Estudos geomorfológicos realizados nas áreas de topo da Serra do Tabuleiro sugerem registro similar ao encontrado em áreas do Planalto de São Bento do Sul, com presença de turfeiras, rampas coluviais e terraços fluviais (OLIVEIRA, 2003; PAULINO, 2005; DUZZIONNI, 2007). Resultados inéditos de análises palinológicas apontam para variações paleoambientais associadas a mudanças climáticas na transição Pleistoceno/Holoceno e no Holoceno (JESKE-PIERUSCHKA & BEHLING, 2008). Os estudos que foram realizados no Campo da Ciama objetivaram complementar os trabalhos que foram desenvolvidos nas áreas de topo da Serra do Tabuleiro, possibilitando a construção de um cenário preliminar das áreas planálticas do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.

3. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL ATRAVÉS DA ESTRATIGRAFIA E PALINOLOGIA DE DEPÓSITOS CONTINENTAIS QUATERNÁRIOS

3.1 ESTRATIGRAFIA DE DEPÓSITOS CONTINENTAIS E PALEOAMBIENTES QUATERNÁRIOS

Estratigrafia é a ciência que estuda a sucessão das rochas e a correlação dos processos e eventos geológicos no tempo e no espaço, possibilitando a reconstrução da história geológica da Terra e da evolução da vida no planeta (KOUTSOUKOS, 2005).

As raízes dessa ciência são muito antigas. Entre as civilizações da Ásia Central (China e Índia), Grécia e Egito prevaleciam visões atreladas a doutrinas religiosas e mitos. Foi somente nos séculos VI e V AC que as visões se tornaram menos sobrenaturais. Mas, os princípios que fundamentam essa ciência começaram a ser estabelecidos somente a partir da Idade Média e do Renascimento (entre os séculos V e XVIII) (KOUTSOUKOS, 2005). Dentre esses princípios merece destaque a *lei da superposição de camadas* (N. Steno, 1638-1687) e o *princípio do uniformitarismo* (J. Hutton, 1726-1797).

O objetivo da Estratigrafia é sistematizar os conhecimentos sobre as rochas, possibilitando o estabelecimento de unidades e sequências estratigráficas (SUGUIO, 2004). As unidades estratigráficas convencionais são as cronoestratigráficas, litoestratigráficas e bioestratigráficas. Essas unidades são mais adequadas às camadas sedimentares mais antigas, onde os critérios cronológicos, litológicos e paleontológicos podem ser facilmente aplicáveis. Para a sistematização dos depósitos quaternários, no entanto, é necessária a utilização de outras unidades estratigráficas.

Os depósitos quaternários, sobretudo os continentais, são fragmentários e incompletos (SUGUIO, 1999; WILSON *et al.*, 2000), irregularmente distribuídos em diferentes formas de relevo, apresentam composição litológica similar e a recorrência de fácies é freqüente (MOURA, 1998). Além disso, como não houve grandes extinções no Quaternário, o conteúdo paleontológico não apresenta diferenciação taxonômica significativa. Existe ainda carência de dados cronológicos

precisos, embora importantes avanços na utilização de técnicas de datação, como as da família da Luminescência, já tenham sido obtidos (por exemplo, CLARKE *et al.*, 1999; PEIXOTO *et al.*, 2003; SUGUIO *et al.*, 2003; SALLUN & SUGUIO, 2006). Essas características dificultam a utilização dos critérios litológicos, paleontológicos e geocronológicos para a definição das unidades estratigráficas.

Uma possibilidade de superar esse problema é a utilização das chamadas *novas estratigrafias* (WALKER, 1990), que tentam subdividir as seqüências sedimentares em pacotes genéticos, separados entre si por superfícies de discordância (SUGUIO, 2004). Dentre essas *novas estratigrafias* merece destaque a Aloestratigrafia que foi introduzida no Brasil por Moura e Meis (1986) para sistematizar os depósitos quaternários do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, que culminaram na proposição da classificação aloestratigráfica para o Quaternário Superior da região de Bananal, em São Paulo (MOURA & MELLO, 1991). Essa perspectiva também foi utilizada por Etchebehere (2002) para os depósitos da Bacia do Rio do Peixe, em São Paulo.

3.1.1 Cabeceiras e vales fluviais e depósitos associados

O período Quaternário é marcado por alternância de períodos glaciais e interglaciais. Esse padrão de mudanças climáticas, repetido e regular, resulta da interação de fenômenos astronômicos, geofísicos e geológicos. Tais mudanças foram responsáveis por alterações nas taxas de pedogênese e morfogênese, nos regimes fluviais e na distribuição da fauna e da flora (MOURA & SILVA, 1998), mesmo em áreas que não foram diretamente atingidas pelas glaciações, como os trópicos e subtropicais úmidos, por exemplo.

O estudo dos depósitos que permanecem preservados no registro estratigráfico produzido durante esse período, torna possível a caracterização ambiental, através de parâmetros físicos, químicos e biológicos (SUGUIO, 1998). Dependendo da qualidade do registro sedimentar pode-se chegar a um grau de precisão maior ou menor de tais parâmetros.

Pesquisas desenvolvidas em áreas continentais têm demonstrado a importância do registro sedimentar para a compreensão das mudanças ambientais ocorridas durante o Quaternário. Os resultados gerados derivam de diversas áreas de conhecimento: Geologia, Geomorfologia,

Palinologia, Paleontologia e Micropaleontologia (por exemplo: WATSON *et al.*, 1984; MARKGRAF, 1989; CLAPPERTON, 1993; THOMAS & THORP, 1995; BEHLING, 1998; NEMEC & KAZANCI, 1999; IRIONDO, 1999; THOMAS, 2004; RABASSA *et al.*, 2005).

Nas regiões continentais dos trópicos e subtropicais úmidas, áreas não diretamente afetadas pelas glaciações quaternárias, os estudos de caracterização ambiental advêm, principalmente, de estudos palinológicos (THOMAS & THORP, 1995). No entanto, as inferências paleoclimáticas que podem ser realizadas através da análise desses dados, não oferecem instrumento eficaz para a compreensão da dinâmica da paisagem como resposta às mudanças climáticas identificadas em tais registros (THOMAS & THORP, 1995). Nesse sentido, estruturas e seqüências sedimentares, vem sendo utilizadas como indicadores de flutuações e mudanças climáticas (BIGARELLA *et al.*, 1965a; WATSON *et al.*, 1984; MOURA & MEIS, 1986; THOMAS, 1994; THOMAS & THORP, 1995; NEMEC & KAZANCI, 1999; THOMAS *et al.*, 2001; CLARKE *et al.* 2003) oferecendo a possibilidade de se compreender mais detalhadamente a dinâmica da paisagem (THOMAS & THORP, 1995).

Os processos morfogenéticos ocorridos no Quaternário, que resultaram em diferentes formas de relevo (feições erosivas e de acumulação), e os materiais correlatos, estão relacionados a vários ambientes continentais. Dentre esses ambientes, neste trabalho, será dada ênfase ao fluvial e, mais especificamente às cabeceiras e aos vales fluviais, seus processos e produtos morfogenéticos.

3.1.1.1 Cabeceiras de vale, depósitos coluviais e interpretação paleoambiental

As áreas de cabeceira de vale são áreas nas quais tem início a rede de drenagem e sua localização é influenciada pelo embasamento rochoso, características do solo, regime climático e uso da terra (MONTGOMERY & DIETRICH, 1988). Esses setores das bacias hidrográficas são caracterizados por interações entre processos hidrológicos, geomórficos e biológicos (GOMI *et al.*, 2002) e são áreas nas quais processos de encostas se articulam aos processos fluviais.

Desde a década de 1990, as cabeceiras de vale vêm sendo

apontadas como setores privilegiados das bacias hidrográficas, nos quais existe elevado potencial de geração e preservação de registro de mudanças hidrológicas pretéritas (OLIVEIRA, 1999), por serem áreas sensíveis a mudanças ambientais ocorridas ao longo do tempo (DIETRICH & DUNNE, 1993).

A gênese e evolução das cabeceiras de vale são, portanto, resultantes da atuação de processos de erosão e sedimentação ao longo do tempo. Isto se dá em função do processo de retenção local de sedimentos em bacias hidrográficas. Assim, o estudo das cabeceiras de vale, áreas situadas nas proximidades das fontes de fluxos e sedimentos, possibilita a compreensão detalhada da evolução da paisagem local e de suas relações com mudanças climáticas globais (OLIVEIRA, 1995).

Vários são os processos através dos quais pode-se explicar a gênese de cabeceiras de vale. Dietrich e Dunne (1993) descreveram em seu trabalho sobre desenvolvimento de canais em cabeceiras de vale os principais processos envolvidos nessa gênese:

a) Formação de cabeceira de vale por fluxo superficial, distinguindo-se dois tipos de fluxo:

- Fluxo superficial hortoniano que ocorre, segundo Horton (1945, *apud*, GUERRA, 1999), quando a taxa de precipitação excede a capacidade de infiltração do solo, promovendo a formação de poças e o início do escoamento superficial (MORGAN, 1986, *apud*, GUERRA, 1999) e

- fluxo superficial saturado gerado pela formação de zonas de saturação suspensas. Essas zonas podem ser criadas por descontinuidades hidráulicas sub-superficiais, levando ao afloramento de água sobre a superfície topográfica, gerando ou contribuindo para o fluxo de chuva.

b) Formação de cabeceira de vale por percolação, quando o aumento da precipitação afeta o nível do lençol freático, fazendo com que haja descarga crítica em torno da área de afloramento da água atravessando o meio poroso, propiciando a mobilização de material e a modificação da topografia (DIETRICH & DUNNE, 1993).

c) Formação de cabeceira de vale por erosão em túneis, gerada pela interação entre os fluxos superficiais e os fluxos sub-superficiais. Quando predominam sobre as paredes de macro-poros forças que atuam na erosão por percolação, há a desestruturação da superfície de vazamento, propiciando a formação de túneis e dutos. Se a macroporosidade se ramifica até a superfície topográfica, os fluxos de chuva tendem a contribuir com o fluxo de percolação, gerando fluxos

turbulentos e ampliando o colapso dos materiais através da expansão dos dutos e túneis (OLIVEIRA, 1999).

O efeito desses processos erosivos ao longo do tempo é o de modificar superfícies geomorfológicas que geram feições erosivas específicas transportando sedimentos para jusante. Tanto as feições erosivas como os sedimentos podem permanecer preservados no registro estratigráfico.

Dietrich & Dunne (1993), a partir do mapeamento do Vale do Rio Tenesse, na Califórnia-EUA, observaram que as áreas de cabeceira de vale estão, em geral, ocupadas por camadas colúviais.

A formação dos colúvios depende de eventos erosivos, que refletem a frequência da precipitação de alta magnitude, a degradação ou remoção da cobertura vegetal ou a combinação desses dois fatores, que podem iniciar a instabilidade da vertente (THOMAS, 1994). Nas vertentes, os vales não canalizados acumulam gradualmente depósitos colúviais (MONTGOMERY & BUFFINGTON, 2007). Tais depósitos são transportados periodicamente para as calhas fluviais através de fluxos de detritos. Novos processos de transporte reabastecem de sedimentos esses setores dos vales não canalizados, resultando em um ciclo de acumulação de longo prazo pontuado por erosão periódica. Esse ciclo de acumulação e erosão pode levar milhares de anos. Dessa forma, os colúvios constituem importante produto de processos que operam nas vertentes (THOMAS, 1994; NEMEC & KAZANCI, 1999) e podem auxiliar estudos de evolução de encostas (RENEAU *et al.*, 1989). Como cabeceiras de vale são formadas, em geral, por vales não-canalizados, sua identificação como unidades do relevo favorece estudos de caracterização paleoambiental.

Nesse sentido, alguns estudos realizados em diferentes partes do planeta atestam a validade dos colúvios como passíveis de auxiliarem na caracterização ambiental. Pode-se citar os trabalhos de Watson *et al.* (1984) no sul da África, Moura e Meis (1986) no Brasil, Reneau *et al.* (1989) nos EUA, Thomas e Thorp (1995) em diferentes áreas dos trópicos úmidos, Modenesi-Gauttieri e Toledo (1996) no Brasil, Nemeç e Kazanci (1999), no centro-oeste de Anatólia (Turquia), Clarke *et al.* (2003) na África do Sul.

Dentre esses, o trabalho de Nemeç e Kazanci (1999) merece destaque. Esses autores estudaram uma área no centro-oeste de Anatólia, na Turquia, enfocando sistemas deposicionais colúviais e o significado paleoclimático das *facies* sedimentares. O registro sedimentar local foi descrito e interpretado segundo os processos deposicionais envolvidos, estabelecendo-se diferentes *facies* sedimentares. Os dados obtidos foram

correlacionados com a história climática regional, derivada de dados palinológicos e isotópicos. A correlação entre os dados extraídos a partir do estudo das *facies* colúviais e dos eventos palaeoclimáticos regionais registrados é notável, reforçando a idéia de que os colúvios podem ser utilizados como “*proxy record*” (registro representativo) de mudanças climáticas. O pressuposto desse trabalho é que a sedimentação colúvial é controlada por condições climáticas (temperatura e precipitação) e condições locais da vertente. A resposta da vertente ao clima e às mudanças climáticas determina os processos deposicionais e resulta em variação estratigráfica das *facies* sedimentares. A associação de *facies* sedimentares específicas e diferenças entre assembléias de *facies* sucessivas pode prover informação paleoclimática (NEMEC & KAZANCI, 1999).

Os trabalhos anteriormente citados foram gerados em áreas do Hemisfério Sul e do Hemisfério Norte. Mas independente da área do planeta em que foram desenvolvidos, esses estudos apontam para a validade dos colúvios como indicadores de mudanças climáticas. De forma geral, os estudos apontam para a existência de período árido ou semi-árido durante o Último Ciclo Glacial, com sedimentação colúvial máxima durante o Último Máximo Glacial, em determinadas áreas. No caso específico desses estudos, os colúvios foram gerados em momentos nas quais as condições ambientais apontavam para o predomínio de clima árido e semi-árido. A presença de paleossolos intercalados às camadas colúviais atesta a existência de período de estabilidade ambiental, o que favoreceu a formação de horizontes pedológicos. Nas áreas estudadas no sul da África (WATSON *et al.*, 1984), no Brasil (MODENESI-GAUTTIERI & TOLEDO, 1996) e na África do Sul (CLARKE *et al.*, 2003) tais períodos de estabilidade ambiental ocorreram em fases alternadas por períodos de instabilidade durante todo o Pleistoceno Tardio.

No entanto, mesmo que a correlação dos resultados obtidos a partir do estudo dos colúvios e de dados paleoambientais gerados por diferentes áreas de conhecimento tenha sido satisfatória nas áreas estudadas, sobretudo em Anatólia, na Turquia (NEMEC & KAZANCI, 1999), deve-se ter cautela na utilização dos colúvios como indicadores de clima árido e semiárido. Camadas colúviais podem também indicar fases de transição entre glaciais e interglaciais e vice-versa (THOMAS & THORP, 1995). Deve-se considerar ainda que os sistemas colúviais, por caracterizarem sedimentação episódica, podem não ser necessariamente uma reação aos fatores atmosféricos e mudanças ambientais que são registrados nos biomas e lagos (NEMEC &

KAZANCI, 1999). Por este motivo, os dados extraídos da análise das camadas colúvias devem ser correlacionados com outros que ofereçam resultados representativos de mudanças climáticas.

No Brasil, a interpretação de depósitos colúvias como registro representativo de mudanças climáticas já havia sido ressaltada por Bigarella e Mousinho (1965a). Esses autores propuseram o conceito de rampa de colúvio para descrever a forma topográfica de inclinação suave formada pela deposição de colúvios. As rampas de colúvio são formadas através da atuação de processos de escoamento superficial, laminar ou torrencial e movimentos de massa. Esses processos sugerem condições ambientais nas quais a vegetação é aberta, favorecendo a remoção de clastos pela ação das enxurradas. Tais condições ambientais não são favorecidas pelas condições de clima úmido atualmente em vigor nas áreas do sudeste brasileiro, onde essas feições foram descritas. Dessa forma, as rampas de colúvio são formas herdadas de condições climáticas pretéritas, relacionadas às fases com tendência ao clima mais seco (BIGARELLA, 2003). Os estudos desenvolvidos nas áreas de planalto no sudeste brasileiro, mais precisamente no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul-SP/RJ, orientados pelo conceito de rampas de colúvio, evidenciam a importância das áreas de cabeceira de vale para o estudo de evolução da paisagem.

3.1.1.2 Depósitos aluviais e interpretação paleoambiental

No ambiente fluvial é encontrada ampla gama de depósitos que diferem, principalmente, na textura e nos tipos de estrutura sedimentar (SUGUIO & BIGARELLA, 1990). Clima e tectônica são os principais fatores que controlam a dinâmica dos rios e que regem todos os aspectos da sedimentação (SUGUIO & BIGARELLA, 1990). Nesse sentido, os depósitos aluviais podem ser fontes de informações paleoambientais (THOMAS, 2000), uma vez que através de seu estudo é possível inferir mudanças nos sistemas fluviais, que podem estar relacionadas às mudanças climáticas.

Os depósitos fluviais podem ser divididos em três grupos (SUGUIO & BIGARELLA, 1990; SUGUIO, 2003):

- Depósitos de canal: incluem os depósitos residuais de canal, de barras de meandro, de barras de canais e de preenchimento de canais;

- depósitos marginais: incluem os depósitos de diques marginais e de rompimento de diques marginais;
- depósitos de planície de inundação: incluem também depósitos paludiais.

Dentre esses depósitos, aqueles associados às planícies de inundação registram os efeitos de mais de 40 ka de flutuações ambientais nos trópicos e oferecem evidências em relação aos regimes fluviais, contribuindo para a compreensão da dinâmica da paisagem (THOMAS, 1994).

O emprego desses sedimentos para estudos de caracterização paleoambiental tem sido cada vez mais amplo (BLUM & TÖRNQVIST, 2000). Os dados disponíveis para as áreas dos trópicos e subtropicais úmidos são ainda fragmentários, mas permitem uma visão mais clara das respostas dessas áreas às mudanças climáticas ocorridas no Quaternário.

Thomas (1994; 2000; 2002), Thomas e Thorp (1995) e Thomas *et al.*, (2001) apresentam em seus trabalhos, resultados gerados em diferentes áreas dos trópicos e subtropicais úmidos, especialmente na África, América do Sul, Ásia e Oceania. Esses estudos apresentam uma visão geral da evolução climática dessas áreas, estabelecida a partir do estudo de depósitos de origem aluvial (e coluvial). Nesses trabalhos, depósitos aluviais, como leques aluviais¹ e depósitos de canais entrelaçados, têm sido relacionados a climas secos (THOMAS *et al.*, 2001). Já as planícies de inundação são correlacionadas a períodos mais úmidos (THOMAS *et al.*, 2001). Estruturas de corte e preenchimento e evidências de inundações foram relacionadas a períodos de transição entre clima seco e úmido (THOMAS, 2000).

Os resultados apresentados nos trabalhos desses autores permitem a reconstituição climática de áreas tropicais e subtropicais a partir do Estágio Istópicico Marinho 3 (EIM 3). Os depósitos aluviais datados do EIM 3 (aproximadamente 60 a 22 ka) nas áreas estudadas na América do Sul, Sudeste da Ásia, África (THOMAS, 2000) e Oceania (THOMAS *et al.*, 2001) evidenciam sedimentação importante. Na Austrália (THOMAS *et al.*, 2001) registra-se a formação de extensas planícies de inundação. Evidências de sedimentação durante esse período em outros continentes sugerem padrão regional (THOMAS, 2000). Essas evidências apontam para predomínio de ambiente mais

¹ Vale ressaltar que leques aluviais não são depósitos exclusivos de climas secos, podendo ser encontrados também em climas úmidos (RICCOMINI *et al.*, 2001).

úmido e mais quente em contraste com o ambiente frio e seco que predominou no EIM 4.

O EIM 2 (aproximadamente 22 a 13 ka) é caracterizado por um período de mudança nos padrões fluviais. Na Indonésia, Oeste da Amazônia e Austrália há registro de incisão de canais, formação de leques e evidências de que alguns rios africanos deixaram de fluir de 21 até 12,7 ka AP (THOMAS *et al.*, 2001). Para o Último Máximo Glacial (UMG) a redução das precipitações pluviais pode ter conduzido à formação de leques aluviais, como registrado no Nordeste da Austrália (THOMAS *et al.*, 2001), em decorrência da diminuição das descargas dos canais. Tal diminuição das vazões também foi registrada em alguns rios da África (THOMAS *et al.*, 2001). Essas evidências apontam para um clima mais seco e mais frio que na fase anterior.

As condições ambientais que predominaram no EIM 1 (a partir de 13 ka) foram variadas. Essa fase é caracterizada por apresentar o maior número de informações paleoambientais. Para fins de exposição das evidências encontradas nas áreas apresentadas pelos autores, o EIM 1 será dividido em:

- Transição Pleistoceno-Holoceno: de 13 a 10 ka;
- Younger Dryas (YD): de 12,9 a 11,5 ka;
- Holoceno Pluvial: de 10 a 8 ka, e
- Holoceno Médio ao Holoceno Tardio: a partir de 8 ka.

A transição Pleistoceno-Holoceno foi marcada por grandes inundações, incisão de canais e deposição de cascalhos (THOMAS & THORP, 1995; THOMAS, 2000; THOMAS *et al.*, 2001), em decorrência do aumento das precipitações, apontando para condições ambientais mais úmidas e mais quentes que no estágio anterior. Esse período úmido é interrompido pelo clima mais seco, correlacionado ao YD, resultando no recuo de florestas na Bacia Amazônica e no Congo, que permaneceram somente em áreas refugiadas. No entanto, apesar de registros de diminuição na atividade fluvial em alguns locais da África e da Ásia, os dados de nível de lagos na África sugerem que o clima não foi tão severo quanto no UMG (THOMAS & THORP, 1995). O Holoceno Pluvial foi um período caracterizado pelo retorno de condições ambientais úmidas, que fica evidenciado pelo nível mais alto dos lagos e registros de nova fase de atividade fluvial em escala comparável ao final do Pleistoceno (THOMAS & THORP, 1995). Do Holoceno Médio ao Holoceno Tardio reduções no pico das descargas de rios das bacias do Nilo e do Congo após 8 ka AP, baixo nível de alguns lagos na África e declínio de umidade na Serra dos Carajás (Brasil),

indicam mudança no regime das precipitações. Nas áreas mais úmidas da África há registros de períodos mais secos depois de 4 ka AP, o que fica evidenciado pelo nível dos lagos e vegetação (THOMAS & THORP, 1995).

Os resultados apresentados pelos autores reforçam a idéia de que depósitos aluviais podem auxiliar na reconstituição paleoambiental. Contudo, a confiabilidade das datações e interpretação desses depósitos pode ser comprometida em decorrência de algumas características desses sedimentos. Algumas estruturas sedimentares, como as de corte e preenchimento, exigem atenção tanto para a descrição estratigráfica, como para datação (THOMAS, 1994). Além disso, existe o problema da descontinuidade de camadas dentro do registro sedimentar (THOMAS, 2000). Outro problema está relacionado à datação desses sedimentos. Os materiais passíveis de serem datados, pelo método do ^{14}C , referem-se a restos vegetais (troncos e galhos, por exemplo), que podem ser mais antigos que os sedimentos que os contêm, devido ao retrabalhamento e redeposição, processos comuns no ambiente fluvial (THOMAS, 1994; THOMAS, 2000). Deve-se considerar ainda o papel das atividades neotectônicas que podem conduzir a mudanças no padrão de sedimentação em sistemas fluviais (e coluviais) sem que haja influência de mudança climática. O aumento do universo amostral, tanto no que se refere às datações, como aos dados sedimentológicos, o emprego de outras técnicas de datação, técnicas de Luminescência (Termoluminescência-TL e Luminescência Opticamente Estimulada-LOE), por exemplo (THOMAS, 1994), e a utilização de dados representativos que ofereçam dados sobre mudança da vegetação (dados isotópicos e palinológicos) podem contribuir para minimizar tais problemas. Dados mais confiáveis e interpretações mais consistentes poderão auxiliar na validação de dados sedimentológicos e geomorfológicos para estudos de caracterização ambiental.

No Brasil, a interpretação de dados sedimentológicos e geomorfológicos como registro representativo de mudanças climáticas teve início na década de 1960 com o trabalho pioneiro de Bigarella e Mousinho (1965a). Desde então, foram realizados trabalhos em várias regiões do Brasil, em áreas do Centro-Oeste (STEVAUX, 2000; KRAMER & STEVAUX, 2001), do Sudeste (MEIS, 1977; MEIS & TUNDISI, 1986; MOURA & MEIS, 1986; MOURA & MELLO, 1991; MODENESI-GAUTTIERI & TOLEDO, 1996; TURCQ *et al.*, 1997; MOURA, 1998; MOURA & SILVA, 1998; MELLO *et al.*, 1999; MODENESI-GAUTTIERI, 2000; ETCHEBEHERE, 2002; ETCHEBEHERE *et al.*, 2003; MELLO *et al.*, 2003; MELO &

CUCHIERATO, 2004; SALLUN & SUGUIO, 2006) e Sul (MELO *et al.*, 2003; CAMARGO, 2005). Essas pesquisas permitem traçar a evolução climática do Brasil a partir do final do Pleistoceno Inferior.

3.1.2 O estudo de depósitos continentais quaternários no Brasil

Estudos de reconstituição ambiental, a partir de dados sedimentológicos e geomorfológicos vem sendo conduzidos no Brasil desde a década de 1960 e permitiram a elaboração de quadro de evolução paleoambiental a partir do Pleistoceno Inferior. Dos trabalhos consultados, a maior parte das datações apresentadas abrange o período entre o Estágio Isotópico Marinho 3 (EIM 3) e o Estágio Isotópico Marinho 1 (EIM 1). Somente os trabalhos de Oliveira *et al.* (2006) e Sallun e Suguio (2006) apresentam idades superiores, atingindo Estágios Isotópicos Marinhos mais antigos. A concentração maior de datações a partir do EIM 3 se deve a técnica de datação empregada: método do ^{14}C . Já nas duas exceções apresentadas houve o emprego das técnicas de Luminescência (Termoluminescência-TL e Luminescência Ópticamente Estimulada-LOE). Apesar de certa descrença suscitada pelo emprego da Luminescência, resultados consistentes têm sido obtidos e correlações com dados de datações por ^{14}C têm desempenhado papel importante na validação dessa técnica (por exemplo, CLARKE *et al.*, 1999; PEIXOTO *et al.*, 2003; SUGUIO *et al.*, 2003), abrindo a perspectiva de ampliar a escala temporal para a reconstituição dos ambientes do Quaternário.

Em período anterior ao EIM 20 (aproximadamente 706 a 688 ka), na área estudada por Sallun e Suguio (2006) entre Marília e Presidente Prudente (SP), houve início da formação de depósitos colúviais. As datações obtidas para esses depósitos abrangem o período de 980 a 9 ka (EIM 20 ao EIM 1), evidenciando diferentes ciclos de formação. Linhas de pedra e ferricretes auxiliam no reconhecimento de hiatos deposicionais. Os ferricretes datados apresentam idades entre 54 a 41 ka (EIM 3) e sua formação foi associada a flutuações paleoclimáticas que conduziram à oscilações do lençol freático. Os depósitos aluviais apresentam idades entre 240 a 14 ka (EIM 8 ao EIM 2).

A partir desses dados os autores propuseram quadro de evolução da área que está ligada às mudanças paleoclimáticas e/ou neotectônicas. A formação dos depósitos colúviais foi associada a períodos de clima seco que favoreceram a peneplanização e a intensa colúviação até

aproximadamente 400 ka (EIM 12). Evidências de clima seco são também registradas nos sedimentos estudados no Médio Vale do Rio Doce-MG (MEIS, 1977; MEIS & TUNDISI, 1986), que apesar de não datados, parecem ter se desenvolvido durante esse período. Evidências de ocorrência de movimentos de massa e fluxos de detritos, que deram origem a depósitos coluviais, a partir das cabeceiras de drenagem, caracterizam a intensa atividade morfogenética, gerada por fenômenos climáticos de alta intensidade, chuvas concentradas e torrenciais, característicos de clima seco (MEIS, 1977). Evidências de drenagem semi-canalizada, sugerem melhor distribuição das chuvas a partir do Pleistoceno Superior.

Após 400 ka, entre Marília e Presidente Prudente-SP, mudanças paleoclimáticas alargam os vales e remodelam o relevo. A existência de terraços em diferentes níveis topográficos indica que além das mudanças climáticas, atividades neo-tectônicas tiveram papel na evolução da área, conduzindo à mudança do nível de base local. A partir de 120 ka (EIM 5) anos há a formação dos terraços atuais dos rios do Peixe e Aguapeí.

Apesar da quantidade importante de datações (64 datações ao todo) e de dados sedimentológicos apresentados no trabalho de Sallun e Suguio (2006), a ausência de dados representativos que possam ser correlacionados com estes para auxiliar na reconstituição ambiental da área, pode comprometer algumas interpretações. Além disso, a escala temporal dos períodos definidos para essa história evolutiva é muito ampla e parece não considerar flutuações e mudanças climáticas que possam ter ocorrido dentro desses períodos. Por exemplo, o primeiro período na seqüência de eventos apresentada pelos autores, durou aproximadamente 580 ka e foi caracterizado, em decorrência das evidências de peneplanização e da intensa colúviação, como uma fase de clima seco. O mesmo acontece com a segunda fase que durou aproximadamente 280 ka. Mas, apesar dessa generalização e dos problemas que ela pode gerar, alguns dados apresentados pelos autores, encontram correspondência com estudos realizados em outras áreas do Brasil. A ocorrência de ferricretes (entre 54 e 41 ka), cuja formação está ligada às oscilações do lençol freático, que pode ser consequência de mudanças climáticas, corresponde à formação de horizontes pedológicos ou depósitos com acumulação de matéria orgânica em outras áreas brasileiras (por exemplo, CAMARGO, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2006). Tal fato aponta para condições de clima mais úmido, que favoreceu o elevação do lençol freático, resultando na formação de horizontes pedológicos, depósitos com acumulação de matéria orgânica e formação de ferricretes. A posterior formação de depósitos coluviais também

encontra correspondência em outros trabalhos (por exemplo, MEIS, 1977; MOURA & MELLO, 1991; MODENESI-GAUTTIERI & TOLEDO, 1996; e MODENESI-GAUTTIERI, 2000).

No EIM 5 (aproximadamente 128 a 75 ka), no Planalto de São Bento do Sul, município de Campo Alegre, a presença de depósitos alúvio-coluviais e de depósitos de cascalhos datados de aproximadamente 90 e 86 ka, respectivamente, sugere a ocorrência de clima seco e frio (OLIVEIRA *et al.*, 2006). No Alto Rio Paraná, em Taquaruçu (MS) e no Segundo Planalto Paranaense, no município de Lapa, a presença de depósitos de cascalhos (em Taquaruçu-MS) e de evidências de instabilidade ambiental (em Lapa-PR), que expôs a rocha matriz, indicam predomínio de processos erosivos e também sugerem a ocorrência de clima seco (STEVAUX, 2000; CAMARGO, 2005). Apesar dos depósitos estudados no Estado do Paraná não serem datados é provável que sua formação tenha ocorrido em período anterior a 42 ka AP. Na Lapa (PR), a formação do depósito é anterior à formação de horizonte pedológico datado de aproximadamente 42 ka AP. Já em Taquaruçu (MS) foram datados dois troncos de árvores que estavam presentes na cascalheira, que exibiram idades de aproximadamente 42 e 31 ka AP.

No entanto, apesar das condições ambientais indicarem predomínio de clima seco, há em Campo Alegre (SC) a formação de turfeira, em período anterior a 49 ka AP. Segundo informações palinológicas dessa turfeira, condições de clima seco e quente são seguidas por condições de clima mais frio e mais úmido (OLIVEIRA *et al.*, 2006). A formação dessa turfeira, segundo os autores, pode ser explicada em função do padrão hidrológico das cabeceiras de vale, que propicia concentração e retenção de umidade do solo. Os dados sugerem, ainda, que o aumento da umidade não estava, necessariamente, associado ao aumento de temperatura (OLIVEIRA *et al.*, 2006), mas antes ao superávit de precipitação em relação à evaporação, sob temperaturas mais baixas. De fato, alguns autores sugerem que a formação de turfeiras está associada mais aos climas frios e úmidos, do que aos climas frios e secos (LOTTE & ZIEGLER, 1994; FALKENBERG, 2003).

As interpretações que foram feitas para as evidências encontradas em Lapa-PR e em Taquaruçu-MS, estão de acordo com as condições paleoambientais que foram definidas para outras áreas dos trópicos e subtropicais úmidos para o EIM 4, que sugerem condições de clima mais frio e, provavelmente, mais seco (THOMAS, 2000; THOMAS *et al.*, 2001). Já as condições ambientais para Campo Alegre, sugeridas pelos

registros, especialmente os da turfeira citada, apontam para padrão diferenciado que pode estar associado a condições locais ou que pode representar uma resposta distinta dessa área às mudanças climáticas ocorridas durante o período.

Durante o EIM 3 (aproximadamente 64 a 22 ka), no Segundo Planalto Paranaense, município de Lapa-PR (CAMARGO, 2005), no Planalto de São Bento do Sul, município de Campo Alegre-SC (OLIVEIRA *et al.*, 2006), na Bacia do Rio Peixe-SP (ETCHEBEHERE, 2002; ETCHEBEHERE *et al.*, 2003) e nos Altos Campos da Serra da Mantiqueira-RJ (MODENESI-GAUTTIERI, 2000) as evidências encontradas sugerem predomínio de clima seco e, provavelmente, frio. Em Lapa-PR (CAMARGO, 2005), as evidências apontam para período de intenso intemperismo que aumentou o aporte de sedimentos grossos, que foram depositados em eventos sucessivos promovendo a formação de depósitos aluviais que recobriram a baixa e média encosta. Em Campo Alegre-SC (OLIVEIRA *et al.*, 2006), em período posterior a 49 ka AP há evidências de erosão nos setores mais elevados da encosta de sedimentação alúvio-coluvial que promoveu a deformação da turfeira formada na fase anterior. Essas evidências apontam para ambiente no qual processo erosivos foram favorecidos. As chuvas eram provavelmente mal distribuídas e a vegetação era mais aberta. Por volta de 37 ka AP houve a formação de horizonte pedológico, no município de Campo Alegre-SC, que posteriormente foi truncado por processos erosivos. Nota-se, então, em Campo Alegre, a alternância de períodos de estabilidade e instabilidade morfogenética. Padrão semelhante é registrado nos Altos Campos da Serra da Mantiqueira-RJ (MODENESI-GAUTTIERI, 2000), onde depósitos coluviais, formados sobretudo por movimentos de massa, estão intercalados a horizontes pedológicos datados de 36 a 14 ka AP. As datações sugerem que esse padrão tem se repetido na área há pelo menos 36 ka.

Evidências que permitem definir esse período como mais seco são também encontradas nos registros da Bacia do Rio Peixe-SP (ETCHEBEHERE, 2002; ETCHEBEHERE *et al.*, 2003). A partir de 34 ka AP houve a formação de terraços com presença de *facies* arenosas e pelíticas. As *facies* arenosas sugerem a existência de canais fluviais de alta energia, característicos de rios entrelaçados. As *facies* pelíticas são características de depósitos de canais abandonados ou antigas planícies de inundação. *Facies* pelíticas mais espessas, ricas em matéria orgânica e restos vegetais sugerem origem lacustre. Esses lagos foram provavelmente gerados por barramentos de origem tectônica ou por movimentos de massa.

Esse padrão de evolução paleoambiental para as áreas citadas, não parece estar de acordo com o cenário das demais áreas dos trópicos e subtropicais úmidos para o EIM 3 (THOMAS & THORP, 1995; THOMAS, 2000; THOMAS *et al.*, 2001). De fato, nos trópicos e subtropicais úmidos o EIM 3 é definido como período quente e úmido, caracterizado por máxima deposição, responsável pela formação de extensas planícies de inundação (THOMAS *et al.*, 2001); a existência de período seco foi identificada somente entre 40 a 30 ka. No entanto, as evidências que foram encontradas nas áreas brasileiras aqui apresentadas, a partir da análise do registro estratigráfico, sugerem condições ambientais mais secas e, provavelmente, mais frias. Na fase de clima seco, sugerida por Thomas (2000), ocorrida entre 40 e 30 ka, áreas como os Altos Campos da Serra da Mantiqueira-RJ (MODENESI-GAULTIERI, 2000) e Campo Alegre-SC (OLIVEIRA *et al.*, 2006), apresentaram a formação de horizonte pedológico, indicando ambiente de maior umidade.

No EIM 2 (aproximadamente de 22 a 13 ka), no rio Tamanduá-MG (TURCQ *et al.*, 1997), no Centro-leste do estado de São Paulo (MELO & CUCHIERATO, 2004), na cidade de Ponta Grossa-PR (MELO *et al.*, 2003), no Planalto de São Bento do Sul, município de Campo Alegre-SC (OLIVEIRA *et al.*, 2006) e no Segundo Planalto Paranaense, município de Lapa-PR (CAMARGO, 2005) os registros sugerem a ocorrência de clima úmido, seguido por período seco, sob temperaturas mais baixas. No Rio Tamanduá-MG (TURCQ *et al.*, 1997), a ocorrência de um depósito rico em argila orgânica, provavelmente, acumulado em ambiente pantanoso, datado de 33 a 20 ka AP, sugere condições ambientais úmidas. Tais condições estão também registradas no Centro-leste do estado de São Paulo (MELO & CUCHIERATO, 2004), evidenciado pela formação de turfeira em período anterior a 26 ka AP. No entanto, em Lapa-PR (CAMARGO, 2005) os registros apontam para fase de intensa atividade morfogenética que propiciou o entulhamento de paleocanal através de processos de alta energia; padrão não compatível com a relativa estabilidade morfogenética que possibilitou a formação dos depósitos orgânicos descritos em Minas Gerais e em São Paulo (TURCQ *et al.*, 1997; MELO & CUCHIERATO, 2004). Por volta de 20 ka houve a formação de horizontes pedológicos em Campo Alegre-SC (OLIVEIRA *et al.*, 2006) e em Lapa-PR (CAMARGO, 2005). Essa fase, provavelmente mais úmida, seguiu-se por fase seca que é registrada no Rio Tamanduá-MG (TURCQ *et al.*, 1997), em Lapa-PR (CAMARGO, 2005), em Ponta Grossa-PR (MELO *et al.*, 2003) e em Campo Alegre-SC (OLIVEIRA *et*

al., 2006), após 15 ka. Nessas áreas os registros sugerem intensa erosão das vertentes (Campo Alegre-SC, Ponta Grossa-PR e Lapa-PR), formação de depósitos de canais do tipo entrelaçado e de leques aluviais (no Rio Tamanduá-MG e em Ponta Grossa-PR) e terraços (Ponta Grossa-PR), apontando para condições de umidade diferentes daquelas da fase anterior, que possibilitou a formação dos horizontes pedológicos. Tais eventos erosivos eram, possivelmente, decorrentes de episódios de alta precipitação que, aliados às evidências de lençol freático mais baixo que no período anterior, e à raridade de níveis orgânicos depositados nas planícies de inundação, reforçam a idéia de clima mais seco (TURCQ *et al.*, 1997).

As condições ambientais que podem ser deduzidas a partir do registro estratigráfico produzido durante o EIM 2 para essas áreas não estão de acordo com as condições ambientais que prevaleceram em outras áreas dos trópicos e subtropicais úmidos, tal como sugerido pelas compilações feitas por Thomas e Thorp (1995) e Thomas *et al.* (2001). O esfriamento e a diminuição das precipitações que caracterizaram o Último Máximo Glacial (THOMAS & THORP, 1995; THOMAS *et al.*, 2000), não parecem encontrar correspondência nas áreas brasileiras, citadas anteriormente (TURCQ *et al.*, 1997; CAMARGO, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2006). Apesar do predomínio de eventos erosivos durante o EIM 2, o período correlacionável ao UMG, nas áreas estudadas no Brasil por Turcq *et al.* (1997), Camargo (2005) e Oliveira *et al.* (2006), é marcado pela formação de depósitos orgânicos e desenvolvimento de horizontes pedológicos, que necessitam de relativa umidade e condições de estabilidade morfogenética, padrão não compatível com aquele observado nas áreas estudadas por Thomas e Thorp (1995) e Thomas *et al.* (2001).

No EIM 1 (a partir de 13 ka), a exemplo de outras áreas dos trópicos e subtropicais úmidos, as áreas brasileiras aqui citadas, possuem maior número de informações paleoambientais, quando comparados aos outros estágios; o que permite conhecimento mais detalhado das mudanças paleoambientais ocorridas durante esse período. Para facilitar a exposição dos dados será adotada a divisão do EIM 1 utilizada no item 3.1.1.2.

Durante a transição Pleistoceno-Holoceno (de 13 a 10 ka), no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul-RJ/SP (MOURA & MELLO, 1991), nos Altos Campos da Serra da Mantiqueira-RJ (MODENESI-GAUTTIERI & TOLEDO, 1996; MODENESI-GAUTTIERI, 2000) e no Médio Vale do Rio Doce-MG (MEIS & TUNDISI, 1986; MELLO *et al.*, 2003) os registros apontam para fase de intensa atividade

morfo genética, que deve ter sido resultado do aumento das precipitações. Tais eventos foram mais importantes no Médio Vale do Rio Doce-MG e no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul-RJ/SP, nos quais o grande aporte de sedimentos resultou no entulhamento dos vales que, represados, originaram a singular rede de lagos barrados do Médio Vale do Rio Doce-MG. Essa fase, caracterizada pelo aumento das precipitações, é também registrada em outras áreas dos trópicos e subtropicos úmidos (THOMAS & THORP, 1995; THOMAS, 2000; THOMAS *et al.*, 2001).

No período denominado de Holoceno Pluvial (de 10 a 8 ka), no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul-RJ/SP (MOURA & MELLO, 1991) e no Médio Vale do Rio Doce-MG (MEIS, 1977; MEIS & TUNDISI, 1986; MELLO *et al.*, 2003), a formação de sedimentos argilosos, de horizonte pedológico e da rede de lagos barrados, reforça a hipótese de uma fase mais úmida, que também é registrada em outras áreas dos trópicos e subtropicos úmidos (THOMAS & THORP, 1995). Essa fase mais úmida é também registrada no rio Tamanduá-MG, marcada pela reduzida erosão das vertentes e pela alta descarga que conduziu a erosão do vale (TURCQ *et al.*, 1997).

Essa fase é seguida por um período mais seco, no Rio Tamanduá-MG (TURCQ *et al.*, 1997), no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul-RJ/SP (MOURA & MELLO, 1991) e em Campo Alegre-SC (OLIVEIRA *et al.*, 2006), evidenciado pela redução da descarga do Rio Tamanduá-MG; pelos depósitos de encosta e das calhas fluviais que assumiram um sistema tipo entrelaçado, contribuindo para novo entulhamento dos vales, no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul-RJ/SP, e pela acumulação de depósitos alúvio-coluviais, criados por pulsos de escoamento superficial sobre encosta com vegetação aberta, em Campo Alegre-SC. Já nas áreas dos Altos Campos da Serra da Mantiqueira-RJ (MODENESI-GAUTTIERI & TOLEDO, 1996; MODENESI-GAUTTIERI, 2000), há a formação de espesso depósito de turfa a partir de 8,5 ka AP que sugere condição ambiental de maior umidade. Tais evidências são também encontradas no Médio Vale do Rio Doce-MG, onde sedimentos, essencialmente, lacustres começaram a se formar, assinalando a implantação final do sistema de lagos e a mudança abrupta do paleocanal para a posição atual (entre 8 e 5 ka). Os depósitos lacustres descritos em Taquaruçu-MS também corroboram as condições de maior umidade dessa fase (KRAMER & STEVAUX 2001). Nesse período ocorre a incisão do canal e a formação de um terraço de cerca de 10 m. A construção da atual planície de inundação do Rio Paraná é datada de 6 ka AP. Observa-se, então, que a adaptação da rede

hidrográfica às mudanças ambientais ocorridas nessa fase, não seguiram o mesmo padrão nas áreas brasileiras. Em determinadas áreas as evidências apontam para período mais seco (Rio Tamanduá-MG , Médio Vale do Rio Paraíba do Sul-RJ/SP e Campo Alegre-SC). Já em outras áreas o registro estratigráfico formado nesse período sugere condições mais úmidas (Altos Campos da Serra da Mantiqueira-RJ, Médio Vale do Rio Doce-MG e Taquaruçu-MS). A tendência de condições mais secas interpretadas para algumas áreas brasileiras foi também evidenciada nos registros dos trópicos e subtropicais úmidos, que apontam para fase globalmente mais seca, que se estendeu até o Holoceno Tardio (THOMAS & THORP, 1995).

Essa fase mais úmida é seguida em Taquaruçu-MS (STEVAUX, 2000) por um período seco entre 3,5 a 2,5 ka AP, no entanto, em escala não comparável ao Último Máximo Glacial. Houve intensa atividade eólica e escoamento superficial concentrado. Evidências desses processos foram encontradas nas lagoas, onde há ocorrência de pacote de areia maciça intercalada à camada de lama arenosa rica em matéria orgânica. De 2,5 ka AP até o período atual há indicações para o retorno a condições climáticas mais úmidas sem, contudo, chegar à escala do Holoceno Médio.

3.1.3 Estratigrafia do Quaternário e caracterização paleoambiental

A partir dos resultados apresentados para os trópicos e subtropicais úmidos e para o Brasil, mais especificamente, é possível afirmar que não há um padrão de evolução climático único, mesmo dentro do mesmo Estágio Isotópico Marinho.

A idéia de que não há um modelo único de evolução que possa explicar as mudanças climáticas para áreas dos trópicos e subtropicais foi ressaltada por Iriondo (1999). Nesse trabalho o autor propõe um modelo de evolução climática da América do Sul que integra dados de diferentes áreas do conhecimento. Iriondo (1999) resalta que em virtude da posição geográfica particular, da topografia e da atuação dos sistemas climáticos de primeira ordem, pode-se reconhecer três padrões climáticos regionais distintos na América do Sul: 1) Venezuelano: abrangendo o norte e parte da costa oeste da América do Sul; 2) Pampeano: centro, sul e parte da costa oeste; 3) Sul oceânico: abrangendo a Patagônia.

Traçando-se um paralelo entre o padrão Venezuelano e o Pampeano é possível perceber clara distinção:

<i>Estágio Isotópico Marinho</i>	<i>Venezuelano</i>	<i>Pampeano</i>
4	Temperaturas baixas; clima seco	Oscilações entre climas quentes e frios
3	No início precipitações maiores que atuais, favorecendo formação de solos. Segue-se clima semi-árido, sob temperaturas baixas. Após, novo período úmido com desenvolvimento de solos.	Inicia-se com período frio. Segue-se melhoria climática.
2	Clima frio. Segue-se curta fase úmida favorável ao desenvolvimento de solos. Segue-se clima seco com inundações esporádicas.	Clima mais frio e mais úmido que o atual. Após UMG clima árido (frio/seco) até 13 ka. Segue-se fase quente/úmida. Após, clima frio/úmido. Chuvas e temperaturas elevadas entre 14-10 ka.
1	Quente/úmido durante o Ótimo Climático. Clima seco a semi-árido durante o Holoceno Superior.	Oscilações entre clima quente/úmido e frio/seco.

Quadro 1 Características climáticas dos Estágios Isotópicos Marinhos para áreas abrangidas pelo modelo Pampeano e Venezuelano. Adaptado de IRIONDO, 1999.

Segundo esse modelo de evolução climática, aos períodos secos no sul da América do Sul correspondem intervalos úmidos no norte e vice-versa (IRIONDO, 1999). Com uma observação mais cuidadosa, pode-se constatar que o modelo clássico aceito para mudanças climáticas nas áreas tropicais e subtropicais do planeta, no qual as fases glaciais correspondem a climas frios e secos e fases interglaciais correspondem a fases quentes e úmidas (BIGARELLA *et al.*, 1965b; SALGADO-LABORIAU, 1994), não fica evidente. O modelo de Iriondo (1999) descreve fases frias e úmidas ocorrendo tanto dentro dos períodos glaciais, como por exemplo, durante o Último Máximo Glacial (UMG), como dentro de interglaciais.

As áreas brasileiras apresentadas nesta revisão estão enquadradas, segundo o modelo de Iriondo (1999), no padrão Pampeano. No entanto, há algumas incongruências. Por exemplo, no EIM 3, as condições

ambientais apontam para predomínio de clima seco e, provavelmente, mais frio, com fases de maior umidade que possibilitaram desenvolvimento de horizontes pedológicos em Campo Alegre-SC (OLIVEIRA *et al.*, 2006), em Lapa-PR (CAMARGO, 2005) e nos Altos Campos da Serra da Mantiqueira-RJ (MODENESI-GAUTTIERI, 2000), características mais compatíveis com o padrão Venezuelano.

Para o EIM 2 o padrão Pampeano sugere ocorrência de clima frio e úmido, inclusive no UMG, seguido de clima seco que se estende até 13 ka. Segue-se fase quente e úmida, procedida de clima frio e úmido. Tal padrão pode ser observado nas evidências encontradas nos registros do rio Tamanduá-MG (TURCQ *et al.*, 1997), do Centro-leste do estado de São Paulo (MELO & CUCHIERATO, 2004), na cidade de Ponta Grossa-PR (MELO *et al.*, 2003), do Planalto de São Bento do Sul, município de Campo Alegre-SC (OLIVEIRA *et al.*, 2006) e do Segundo Planalto Paranaense, município de Lapa-PR (CAMARGO, 2005). Nessa fase merece destaque o UMG (entre 18 e 20 ka) que nos trópicos e subtropicais úmidos correspondem a um período de resfriamento e ressecamento. Tal condição ambiental não favorece o desenvolvimento de depósitos enriquecidos de matéria orgânica, como as turfeiras que se desenvolveram em Campo Alegre-SC (OLIVEIRA *et al.*, 2006) e no Rio Tamanduá-MG (TURCQ *et al.*, 1997) ou o desenvolvimento de horizontes pedológicos, como aqueles formados em Lapa-PR (CAMARGO, 2005). Por outro lado, Thomas (1994) e Thomas e Thorp (1995) têm sugerido que, nos trópicos úmidos com ritmo climático classificado como temperado, como no Sul do Brasil, as mudanças climáticas envolvem aumento de precipitação com temperaturas baixas durante o UMG.

Após o UMG o padrão Pampeano sugere alternância entre fases frias e secas, quentes e úmidas e frias e úmidas até a transição para o Holoceno. Tais condições podem ter resultado nas instabilidades ambientais registradas no Segundo Planalto Paranaense (CAMARGO, 2005) e em Ponta Grossa-PR (MELO *et al.*, 2003).

Na transição Pleistoceno-Holoceno, esse padrão sugere aumento das precipitações sob temperaturas elevadas, característica evidenciada pela importante fase de colúviação que ocorreu no período, nos planaltos do sudeste (Altos Campos da Serra da Mantiqueira-RJ e Médio Vale do Rio Paraíba do Sul-RJ/SP).

O Holoceno é caracterizado no padrão Pampeano por oscilações entre clima quente e úmido e frio e seco, padrão observado na maior parte das áreas dos trópicos e subtropicais, incluindo áreas brasileiras, como, por exemplo, o Médio Vale do Rio Paraíba do Sul-RJ/SP

(MOURA & MELLO, 1991; MOURA, 1998; MOURA & SILVA, 1998) e o Médio Vale do Rio Doce/MG (MEIS, 1977; MELLO *et al.*, 2003).

Ainda que nem todos os resultados apresentados para o Brasil estejam em concordância com o padrão Pampeano estabelecido pelo modelo de Iriondo (1999), a principal contribuição que o trabalho desse autor oferece é a de ressaltar que as mudanças climáticas ocorridas na América do Sul não seguiram um único padrão. Além disso, os binômios clássicos quente/úmido e frio/seco não são apresentados, nesse modelo, como as únicas combinações possíveis.

Apesar da evolução das áreas aqui apresentadas estarem relacionadas, prioritariamente, às mudanças climáticas, há que se considerar o papel da neo-tectônica na evolução de algumas áreas. Esse fato é mais evidente no Médio Vale do Rio Doce-MG (MELLO *et al.*, 2003) e nos Altos Campos da Serra da Mantiqueira-RJ (MODENESI-GAUTTIERI, 2000). Os estudos desenvolvidos por Mello *et al.* (1999) a partir de dados geofísicos e de análises estruturais de juntas e falhas reforçam a contribuição de atividades neo-tectônicas na evolução do Médio Vale do Rio Doce-MG, sobretudo no que toca à rede de lagos barrados. Nos Altos Campos da Serra da Mantiqueira-RJ (MODENESI-GAUTTIERI, 2000), apesar de ainda não haver estudos mais sistemáticos, as atividades neo-tectônicas podem explicar a incongruência entre os dados palinológicos (BEHLING, 1997a) e os dados sedimentológicos, geomorfológicos e pedogenéticos levantados por Modenesi-Gauttieri (2000). Segundo os dados palinológicos, entre 35 e 10 ka há predomínio de clima frio e seco. No entanto, a alternância de períodos de colúviação com períodos de desenvolvimento de horizontes pedológicos, de 36 a 9 ka, implica em alterações nas condições bioclimáticas. O que não está de acordo com a continuidade ambiental descrita por Behling (1997a). A autora levantou a hipótese de que a influência da neo-tectônica, pode ter promovido a instabilidade da vertente, ocasionando as fases de colúviação.

Destaca-se, portanto, embora haja avanços observados no que toca à caracterização de ambientes deposicionais continentais, o predomínio da conhecida variabilidade do sinal paleoambiental, sobretudo quando este se fundamenta exclusivamente sobre dados estratigráficos. Nos resultados aqui apresentados, para os trópicos e subtópicos úmidos e para o Brasil é possível observar que as inferências que foram feitas a partir dos dados geomorfológicos e sedimentológicos estão relacionadas a causas que envolvem, em geral, variações de umidade. Em poucos casos há alusão a variações de

temperatura e quando essa alusão é feita, está em geral, baseada em dados de outras áreas do conhecimento (por exemplo: KRAMER & STEVAUX, 2001). Dessa forma, a correlação dos dados geomorfológicos e sedimentológicos com dados extraídos de outras áreas de conhecimento, como a Palinologia, pode resultar em uma reconstituição mais adequada dos paleoambientes estudados.

3.2 PALINOLOGIA DO QUATERNÁRIO E REPRESENTAÇÃO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

3.2.1 Aplicação da palinologia em estudos paleoambientais

A palinologia é o estudo dos grãos de pólen, esporos e outros materiais biológicos que podem ser estudados por meio de técnicas palinológicas (PUNT *et al.*, 2007) sendo denominados pelo termo geral de palinomorfos (SALGADO-LABORIAU, 2007).

A idéia de que o grão de pólen pode servir como dado representativo de mudanças climáticas foi aventada por Holst, no início do século XX, em 1909. Já nessa época, o autor ressaltava que em estudos paleobotânicos era necessário, além do conhecimento dos megafósseis, o estudo dos microfósseis, como os grãos de pólen. Mais tarde, em 1916, Von Post publicou um trabalho sobre fósseis de turfeiras do sul da Suécia, abrindo caminho para novas pesquisas (SALGADO-LABOURIAU, 1961).

A reconstituição paleoclimática a partir da palinologia é baseada na noção de que a distribuição da vegetação é determinada pelo clima (BRADLEY, 1999). Essa reconstituição somente é possível devido a quatro atributos básicos do grão de pólen:

- 1) Os grãos de pólen possuem características específicas para cada gênero e espécie de planta;
- 2) São produzidos em grandes quantidades pelas plantas e se distribuem em torno de sua área de origem, sobretudo os das plantas anemófilas (cuja dispersão se dá pelo vento);
- 3) São extremamente resistentes à decomposição em determinados ambientes sedimentares (turfeiras, lagos, estuários, ...);

4) Refletem a vegetação natural do período em que foram depositados. Dessa forma podem fornecer informações acerca das condições climáticas do passado.

Os grãos de pólen e os esporos são envolvidos por uma membrana chamada exina, que é muito resistente, sendo essa a parte que se preserva no registro sedimentar (FAEGRI & IVERSEN, 1975). A esporoderme contém características morfológicas, como aberturas, ornamentação e estrutura que possibilitam a identificação do gênero ou família e, em alguns casos, a espécie da planta-mãe (SALGADO-LABOURIAU, 2007).

No entanto, apesar de ser resistente ao tratamento químico, fato que permite o seu estudo, a exina é extremamente sensível ao ambiente oxidante. Dessa forma, alguns ambientes são mais propícios para a preservação dos palinomorfos. Dentre estes, lagos e turfeiras são os ambientes mais favoráveis para a preservação de grãos de pólen e de esporos, por representarem ambientes redutores. Isso pode explicar o fato da maior parte dos estudos palinológicos estarem restritos a lagos e turfeiras (JACOBSON & BRADSHAW, 1981). Lagos possuem vantagens em relação às turfeiras, uma vez que os registros neles contidos possuem uma escala temporal mais ampla (SALGADO-LABOURIAU, 2007). Já nas turfeiras superficiais essa escala é mais curta (SALGADO-LABOURIAU, 2007).

Apesar das turfeiras e dos lagos serem, classicamente, os sítios onde as pesquisas palinológicas são realizadas, alguns trabalhos têm apontado a possibilidade de se realizar tais estudos em outros ambientes. Planícies aluviais (THOMAZ, 2000; STEVAUX, 2000; MEDEANIC *et al.*, 2004; PRIETO, 2004), terraços (ETCHEBEHERE *et al.*, 2003; MELO *et al.*, 2003) e encosta (DIETRICH & DORN, 1984; MELO *et al.*, 2003), vêm sendo estudados desde a década de 1980. De fato, segundo Jacobson e Bradshaw (1981), combinações selecionadas de diferentes sítios, dentro de uma mesma área de estudo, podem prover informações detalhadas acerca da mudança da vegetação. Amostras coletadas em turfeiras podem prover informações vegetacionais regionais (de plantas que cresceram a longas distâncias da área de estudo) (JACOBSON E BRADSHAW, 1981). Amostras coletadas em lagos provêm informações da vegetação extra local, ou seja, de plantas que cresceram de 20 m até várias centenas de metros de distância do local de onde foi coletada a amostra (JACOBSON E BRADSHAW,

1981). Mor² e sedimentos de pequenas depressões fornecem dados acerca da vegetação que cresceu até 20 m de distância da área de onde a amostra foi coletada, referindo-se dessa forma, à vegetação local (JACOBSON E BRADSHAW, 1981). Um bom exemplo dessa combinação é representado pelo trabalho de Dietrich e Dorn (1984), na Califórnia. Os autores estudaram depósitos colúviais em área de cabeceira de vale. As informações palinológicas representaram uma valiosa ferramenta para a caracterização paleoambiental da área, sugerindo que os episódios de colúviação ocorridos no início do Holoceno foram, em parte, o resultado de uma vegetação rala, decorrente de queimadas, que se tornaram mais freqüentes no início do Holoceno, como sugerido pelo estudo.

Apesar da reconstituição ambiental não ser algo novo, tendo em vista que os primeiros estudos datam do início do século XX, pesquisas sobre o Quaternário baseadas em análises palinológicas no Brasil se iniciaram a partir da década de 1970, e se intensificaram a partir de 1990. Já foram estudadas áreas das regiões Norte, Sudeste e Sul, o que tornou possível estabelecer quadro geral para a resposta da vegetação às mudanças climáticas ocorridas no Quaternário.

Para as áreas de planalto do sul do Brasil, os estudos realizados nas duas últimas décadas permitem mostrar a sucessão vegetal dessas áreas a partir do Estágio Isotópico Marinho 3 (EIM 3), sobretudo.

3.2.2 Palinologia do Quaternário das áreas planálticas do sul do Brasil

Os registros palinológicos das áreas planálticas do sul do Brasil possibilitam a reconstituição ambiental dessas áreas a partir do EIM 3.

Registros palinológicos do EIM 3 foram encontrados em Cambará do Sul-RS (BEHLING *et al.*, 2004) e no Planalto de São Bento do Sul-SC (OLIVEIRA *et al.*, 2006). No Planalto de São Bento do Sul-SC o diagrama palinológico, obtido a partir do estudo de uma turfeira, sugere a existência de duas fases ambientais distintas. Na primeira fase (a mais antiga) a ocorrência menor de *Podocarpus*, gênero que se desenvolve melhor em ambientes úmidos, e o simultâneo aumento de

² Trata-se de húmus pouco evoluído, com pobre incorporação de matéria orgânica pouco transformada. Desenvolve-se em área de floresta (LOZET & MATHIEU, 1997).

Weinmannia, gênero que se adapta melhor às condições de clima frio, sugerem a ocorrência de clima quente e seco. Já na segunda fase a população de *Podocarpus* aumenta e a *Weinmannia* diminui o que indica a ocorrência de uma fase fria e úmida (OLIVEIRA *et al.*, 2006). Em Cambará do Sul-RS a presença de alguns táxons possibilita a inferência de flutuações climáticas durante esse período. A presença de *Myriophyllum* e *Isoetes*, indicadores de águas rasas, sugerem ambiente localmente mais úmido até aproximadamente 26,9 ka AP (BEHLING *et al.*, 2004). De forma geral, durante esse período nessas duas áreas predomina a vegetação campestre, dominada por espécies das famílias Poaceae e Asteraceae, indicando presença de clima regional seco e frio.

No EIM 2 evidências de clima mais frio e mais seco que no período anterior são encontrados nos registros de Cambará do Sul-RS (BEHLING *et al.*, 2004) e Parque Estadual de Aparados da Serra-RS (ROTH & LORSCHREITTER, 1990). Em Cambará do Sul, o lago local passa a ser intermitente, como fica sugerido pela redução de *Myriophyllum* e abundância de colônias de *Botryococcus*. Ocorre aumento também de *Eryngium* corroborando a idéia de condições de clima seco. No Parque Estadual de Aparados da Serra, as evidências de clima seco devem-se a presença majoritária de vegetação de campos.

O EIM 1, assim como verificado pelas informações estratigráficas, possui o maior número de informações paleoambientais. Os registros são encontrados em três áreas de Santa Catarina: Serra do Rio do Rastro, Serra da Boa Vista e Morro da Igreja (BEHLING, 1995); em uma do Paraná, na Serra dos Campos Gerais (BEHLING, 1997b) e em três do Rio Grande do Sul: Cambará do Sul (BEHLING *et al.*, 2004), Parque Estadual de Aparados da Serra (ROTH & LORSCHREITTER, 1990) e São Francisco de Paula (BEHLING *et al.*, 2001).

Nos registros estudados por Behling (1995) nas áreas planálticas de Santa Catarina, há indicações para condições de clima frio e relativamente seco. O clima frio fica evidenciado pela presença importante de *Isoetes*, *Croton*, *Lycopodium clavatum* e ausência de *Gunnera manicata* e *Laplacea fruticosa* (atualmente denominada *Gordonia fruticosa*) nos registros. A mesma tendência é encontrada nos registros da Serra dos Campos Gerais, no estado do Paraná (BEHLING, 1997b). O clima seco está indicado pela baixa ocorrência de *Xyris*. A raridade e/ou ausência de esporos de pteridófitos no registro palinológico reforça a ocorrência de clima seco nas áreas planálticas no sul do Brasil nesse período, uma vez que pteridófitos necessitam de ambiente permanentemente úmido. Em Cambará do Sul o lago que

existia por volta de 42 ka AP, se transforma em pântano; fato evidenciado pela acumulação de matéria orgânica e ocorrência esporádica de colônias de *Botryococcus*. A baixa frequência de Asteraceae, Apiaceae, *Eriocaulon/Paepalanthus* e *Plantago australis* nos registros indica mudança no padrão do diagrama polínico, ainda com predominância de grãos de pólen de vegetação campestre. O aumento de *Phaeoceros laevis* documenta mudança para temperaturas mais quentes, mas ainda sob condições de clima seco.

Na transição Pleistoceno-Holoceno (entre 10,8 e 10,5 ka AP) há mudança para clima úmido e quente, como demonstrado pelos registros de Santa Catarina (BEHLING, 1995). O clima mais quente é evidenciado pela redução de *Isoetes*, *Lycopodium clavatum*, *Croton* e pelos altos valores de *Weinmannia* e *Laplacae fruticosa* (atualmente denominada *Gordonia fruticosa*). As condições de maior umidade ficam demonstradas pela alta concentração de *Xyris* e aumento da *Dickisonia sellowiana*. Entre 10,5 e 10 ka AP, o clima se torna, novamente, mais frio e relativamente seco. O clima frio fica indicado pela diminuição de *Weinmannia* e altos valores de *Isoetes*. O clima seco fica evidenciado pela diminuição de *Dickisonia sellowiana*.

Por volta de 10 ka AP, no Parque Estadual de Aparados da Serra (ROTH & LORSCHREITER, 1990) há registros de formação de turfeira, após a melhoria climática que inaugura o Holoceno. A mudança para clima mais quente e úmido permite o desenvolvimento de turfeiras nas áreas deprimidas. Regionalmente, toda a vegetação se desenvolve e se dá o início do avanço da Floresta com Araucária sobre os campos. *Dickisonia sellowiana*, um importante indicador da Floresta com Araucária, aparece pela primeira vez nesse registro. Não há indicações de clima seco durante o Holoceno em Aparados da Serra.

Do início do Holoceno até o Holoceno Médio, a Serra dos Campos Gerais, no estado do Paraná, continua a ser ocupada por vegetação de campo (BEHLING, 1997b). No entanto, é possível observar mudança na composição do diagrama palinológico no início do Holoceno. Espécies de Floresta de Araucária ainda são raras, mas grãos de pólen de Floresta Ombrófila Densa se tornam mais frequentes; o aumento de *Myrsine* sustenta essa hipótese. Indicadores de águas rasas decrescem nessa fase e o desenvolvimento breve de *Sphagnum* sugere condições de maior umidade. Esse curto período mais úmido é seguido de flutuações no nível d'água resultado do aumento da estação seca. O aumento de *Botryococcus* reforça tal idéia. No diagrama palinológico do estado do Paraná não se observou a expansão da Floresta com

Araucária, provavelmente em razão da existência da estação seca de três meses registrada durante o período.

Em São Francisco de Paula (BEHLING *et al.*, 2001), entre 7,5 e 4 ka AP, os registros apontam para vigência de clima seco. Entre 4 e 1 ka AP o diagrama sugere mudança na composição florística, indicando início da expansão da Floresta com Araucária.

Por volta de 4,3 ka AP, em Cambará do Sul (BEHLING *et al.*, 2004), observa-se a expansão da Floresta com Araucária, formando uma rede de florestas galeria ao longo dos rios. Entretanto, os campos ainda continuam a dominar a paisagem. Por volta de 1,1 ka AP há franca expansão da Floresta com Araucária tanto em áreas do Rio Grande do Sul como de Santa Catarina (BEHLING *et al.*, 2001; BEHLING, 2002). No estado do Paraná a expansão ocorre antes por volta de 1,5 ka AP (BEHLING, 1997b).

3.2.3 Palinologia do Quaternário e caracterização de mudanças climáticas

Os primeiros estudos palinológicos visando a reconstituição ambiental foram centrados em testemunhos de turfeiras e lagos, pois esses ambientes oferecem a condição ideal para a boa preservação de palinomorfos: ambiente anóxico. Porém, nas últimas décadas novos sítios vem sendo explorados e os resultados obtidos tem sido animadores, abrindo, dessa forma, nova perspectiva para a palinologia.

No Brasil as pesquisas palinológicas, visando a reconstituição ambiental foram intensificadas a partir da década de 1990. Os estudos para as áreas planálticas do sul do Brasil têm permitido propor quadro de evolução que se inicia em período anterior a 50 ka. A história evolutiva dessas áreas é muito semelhante. No final do Pleistoceno há predomínio da vegetação de campo com presença de espécies de conjuntos de táxons de floresta, que se desenvolveram, provavelmente, nas áreas protegidas dos planaltos. O predomínio da vegetação de campo nessa fase é indicativo de clima frio e seco, embora a presença de táxons adaptados a ambientes aquáticos aponte para condições localmente úmidas. No Holoceno Inferior e Médio os campos continuam a predominar, mas é possível observar mudança nos diagramas palinológicos de diferentes áreas dos planaltos do sul do

Brasil. Os grãos de pólen encontrados nos sedimentos desse período apontam para clima quente e seco. No Holoceno Tardio, nos três estados, se observa a expansão da Floresta de Araucária, apontando para predomínio de clima mais úmido. Essa seqüência, similar para os três estados, segundo Behling (1997b), indica que as mudanças ambientais nos diferentes sítios estudados apontam para sinal de mudança climática regional.

3.3 ESTRATIGRAFIA E PALINOLOGIA DO QUATERNÁRIO: INTEGRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL

O quadro 2 apresenta síntese dos resultados gerados para as áreas dos trópicos e subtropicais úmidos, Brasil e setores de planaltos do sul do Brasil a partir de estudos estratigráficos e palinológicos de sedimentos continentais quaternários. A partir dessa síntese é possível constatar que a evolução das áreas tropicais e subtropicais úmidas foi mais complexa do que os modelos que têm sido freqüentemente aceitos (BIGARELLA *et al.*, 1965b; SALGADO-LABORIAU, 1994).

Estágios Isotópicos Marinheiros	Estratigrafia		Palinologia
	Trópicos e subtropicais úmidos	Brasil	Planaltos sulinos - Brasil
EIM 5 (128 a 75 ka)	Não citado.	Alternância de fases de estabilidade e instabilidade em SC, antes de 90 ka. Clima seco no ES, RJ, SP, SC.	Clima seco e quente, seguido de clima frio e úmido em SC, após 90 ka.
EIM 4 (75 a 64 ka)	Clima frio e seco.	Clima seco no PR e MS; Clima relativamente úmido em SC.	Clima seco e quente, seguido de clima frio e úmido em SC, até 49 ka.
EIM 3 (64 a 22 ka)	Clima quente e úmido com fase seca de 30 a 40 ka.	Clima seco e frio em SC, PR, SP, RJ, MS; no RJ e SC alternância entre fases de instabilidade e estabilidade ambiental.	Clima frio e seco no RS.

<p>EIM 2 (22 a 13 ka)</p>	<p>Clima árido e semi-árido; colúviação máxima no UMG; períodos de instabilidade alternados a períodos de estabilidade ambiental; clima seco e frio.</p>	<p>Clima úmido, seguido por período seco sob temperaturas mais baixas em MG, SP, PR, SC; no UMG clima úmido e frio.</p>	<p>Clima mais seco e mais frio que na fase anterior no RS.</p>
<p>EIM 1 (a partir de 13 ka)</p>	<p>Transição Pleistoceno-Holoceno: clima mais úmido, aumento das precipitações; Younger Dryas: Clima seco; Holoceno Pluvial: clima úmido; Holoceno Médio a Holoceno: clima seco;</p>	<p>Transição Pleistoceno-Holoceno: clima úmido (aumento das precipitações) em SC, SP, RJ e ES; Holoceno Pluvial: clima úmido em SP, ES, MG, seguido por período seco em MG, SP; clima úmido no RJ e ES e MS; segue-se período seco no MS; Holoceno Médio: clima seco em SC.</p>	<p>Transição Pleistoceno-Holoceno: clima frio e seco Entre 10,8 e 10,5 ka AP: clima úmido e quente em SC; Entre 10,5 e 10 ka AP: clima frio e seco em SC Em torno de 10 ka AP: clima quente e úmido no RS; Do início até o Holoceno Médio: maior umidade e existência de estações secas no PR; Por volta de 4,3 ka AP: início da expansão da Floresta de Araucária no RS; Por volta de 1,5 ka AP: Expansão da Floresta no PR; Por volta de 1,1 ka AP: Franca expansão da Floresta em SC e RS;</p>

Quadro 2 Características ambientais nos diferentes Estágios Isotópicos Marinhos extraídas de resultados estratigráficos e palinológicos para as áreas dos trópicos e subtropicais úmidos, para o Brasil e para as áreas planálticas do sul do Brasil.

Tal complexidade pode ser compreendida com a utilização de ferramentas que permitam a reconstituição ambiental. Nesse sentido, a estratigrafia e palinologia estão sendo utilizadas nesse trabalho com o intuito de aprofundar a caracterização paleoambiental do Planalto de São Bento do Sul e de determinadas áreas do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, possibilitando a compreensão das respostas dessas áreas às mudanças ambientais ocorridas no Quaternário. De fato, como pode ser observado no quadro 2, essa correlação pode permitir a geração de cenário mais completo para a evolução ambiental das áreas citadas.

No período entre 90 e 49 ka AP, os registros estratigráficos estudados em Santa Catarina (Campo Alegre), apontam para condições de clima frio e úmido que possibilitaram o desenvolvimento de turfeira. Os registros palinológicos estudados nessa mesma turfeira revelam que durante seu desenvolvimento houve aumento da umidade e diminuição da temperatura em direção ao topo. Nesse caso, a correlação dos resultados estratigráficos e palinológicos permitiu aprofundar a caracterização climática para essa fase.

No EIM 3 os resultados estratigráficos e palinológicos obtidos para Santa Catarina (Campo Alegre), Paraná (Lapa) e Rio Grande do Sul (Cambará do Sul) apontam para período de clima regionalmente frio e seco, mas com presença de fases mais úmidas. Essas fases mais úmidas são atestadas pela presença de espécies adaptadas a condições úmidas e desenvolvimento de solo.

No EIM 2, em geral, os resultados estratigráficos em Santa Catarina (Campo Alegre) e Paraná (Lapa) e palinológicos no Rio Grande do Sul (Cambará do Sul), apontam, globalmente, para condições de clima frio e seco. No entanto, os resultados estratigráficos para Santa Catarina (Campo Alegre) e Paraná (Lapa) também apontam para existência de fases úmidas no início desse estágio e durante o UMG. A ocorrência dessas fases úmidas pode ter sido causada não necessariamente pelo aumento das precipitações, mas sim pela diminuição da evapotranspiração, dada às baixas temperaturas que caracterizaram esse estágio.

No EIM 1, na transição Pleistoceno-Holoceno e no Holoceno Pluvial, os resultados estratigráficos, em Campo Alegre (Santa Catarina), e palinológicos em Campo Alegre, Serra do Rio do Rastro, Morro da Igreja e Serra da Boa Vista, (Santa Catarina) e em Cambará do Sul (Rio Grande do Sul), apontam para o mesmo sinal: aumento da umidade. Já durante o Holoceno Médio os resultados estratigráficos gerados para Santa Catarina (Campo Alegre) se aproximam daqueles encontrados em São Francisco de Paula. Em Campo Alegre e em São

Francisco de Paula essa fase é caracterizada por clima seco. No entanto, no Paraná há predomínio de condições mais úmidas.

Apesar de separadas geograficamente (distâncias inferiores a 500 km), as áreas analisadas fornecem resultados estratigráficos e palinológicos que apresentam boa correlação, possibilitando, dessa forma o aprofundamento da caracterização paleoambiental a partir do EIM 3, pelo menos. A integração entre a estratigrafia e a palinologia é interessante, na medida em que permite comparar eventos sedimentares e registros representativos que, por não serem necessariamente isocrônicos, possibilitam, por vezes, expandir o quadro paleoambiental abordado, pelo menos no que toca ao período temporal sob investigação (OLIVEIRA *et al.*, *submetido*).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 LEVANTAMENTO ESTRATIGRÁFICO

As seções estratigráficas foram elaboradas a partir de três abordagens distintas: a) sondagens com trado manual, ao longo de toposequências; b) diretamente em cortes de estrada e de vias de acesso; c) com auxílio do Radar de Penetração no Solo (GPR - Ground Penetration Radar). As que foram levantadas em corte de estradas foram elaboradas com o auxílio de um nível para fixação de uma linha horizontal que serviu de referência para a determinação do arranjo das unidades sedimentares observadas. Onde não houve seções expostas, foram elaborados perfis, a partir de sondagens com trado manual. Nesse caso, o arranjo das unidades sedimentares foi determinado a partir das relações das características físicas levantadas em campo em cada uma das sondagens, usando como referência de nível a superfície topográfica.

As unidades observadas nas seções estratigráficas foram individualizadas a partir das seguintes características físicas: cor da matriz (1), concentração e tamanho dos cascalhos (2), textura ao tato (3), tipo de estrutura pedológica ou ausência (4) e tipo de contato (5).

4.1.2 Levantamento de seção estratigráfica com utilização do Radar de Penetração do Solo (GPR - Ground Penetration Radar)

O Radar de Penetração do Solo (GPR - Ground Penetration Radar) vem sendo utilizado em estudos sedimentológicos e estratigráficos desde a década de 1990, em virtude de sua aplicabilidade na determinação da geometria dos corpos sedimentares (SOUZA, 2008).

Trata-se de método geofísico que gera imagens de alta resolução de estruturas e feições rasas presentes em subsuperfície, com base no registro do tempo duplo de propagação (ida e volta) das ondas eletromagnéticas, na frequência das ondas de rádio (ANNAN, 1992).

Os pulsos de ondas de rádio de alta frequência (10 a 2500 MHz), enviados através do solo pelas antenas do instrumento, são refletidos por descontinuidades entre camadas distintas, ou por irregularidades internas do material que implicam modificações das propriedades dielétricas ao longo do perfil. O lapso de tempo transcorrido entre a emissão e a recepção do sinal refletido é proporcional à distância percorrida pelo sinal, possibilitando a definição da profundidade de eventuais descontinuidades (OLIVEIRA, 2007).

As ondas refletidas são captadas ao retornar à superfície por uma antena receptora onde são amplificadas, digitalizadas e registradas (ROBINSON & MICHAUD, 1999). Essas antenas diferem, basicamente, por serem blindadas ou não e pela frequência central. A escolha da antena está condicionada ao objetivo do levantamento. A profundidade de investigação é inversamente proporcional à resolução espacial do produto (qualidade do radargrama). Quanto maior a frequência central da antena, menor a profundidade de investigação e maior a resolução do produto e vice-versa (SOUZA, 2008). No quadro 3 é apresentada a correlação da frequência da antena com a profundidade de penetração.

Frequência da Antena	Profundidade de Penetração
16-80 MHz	0-50 metros
100 MHz	2-15 metros
200 MHz	0-9 metros
270 MHz	0-6 metros
400 MHz	0-4 metros
900 MHz	0-1 metros
1000 MHz	A partir de 0,6 metros
1600 MHz	A partir de 0,5 metros
2000 MHz (Palm)	A partir de 0,4 metros
2600 MHz	A partir de 0,4 metros

Quadro 3 Correlação da frequência da antena com a profundidade de penetração. As profundidades citadas correspondem a valores médios, podendo ser maiores ou menores, dependendo do meio e da configuração usada.

Disponível em: <http://www.geophysical.com/antennas.htm>, acesso em 29/07/2010

A aquisição de dados GPR que foram utilizados neste trabalho foi feita por antena com frequência central de 400 MHz. Os dados obtidos foram processados pelos programas RADAN-6.6 e ReflexW-4.5.5, para eliminação de ruídos, realce do sinal original, correções geométricas e ajuste topográfico.

Após processamento e correção topográfica, o radargrama foi interpretado através da análise da geometria e distribuição dos refletores, levando à definição de unidades estratigráficas de radar, que são conjuntos de refletores que se agrupam em função de sua geometria. A partir dessa interpretação, voltou-se a campo para a obtenção de informação de afloramento, que foi obtida através de sondagens orientadas pela interpretação GPR, descrições de campo, coleta de amostras, análises granulométricas e determinação do teor de matéria orgânica.

4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS

Durante o levantamento das seções estratigráficas foram realizadas descrições de campo que serviram para primeira definição das unidades. Tais descrições compreenderam:

1. Cor da matriz: As cores foram descritas com o auxílio do sistema de Munsel (MUNSEL SOIL COLOR CHART, 1994);
2. Concentração e tamanho dos cascalhos;
3. Textura ao tato: A textura ao tato foi obtida com auxílio do Guia para Classes de Textura (IBGE, 1995) que apresenta as seguintes classes: areia, silte, argila, areia franca, franco, franco argilo-arenoso, franco argiloso, franco arenoso, argila arenosa, muito argiloso, argila siltosa, franco argilo-siltoso e franco siltoso;
4. Tipo de estrutura pedológica (ou ausência): A estrutura pedológica foi descrita de acordo com sua forma (tipo de estrutura), tais como: laminar, prismática (prismática ou colunar), blocos (angulares ou subangulares) e esferoidal (granular ou em grumos). As amostras que não apresentaram estrutura pedológica foram descritas de acordo com o grau de desenvolvimento, nesse caso sem estrutura pedológica, em duas classes: maciça (ocorrem

reunidas, formando uma massa, com coesão uniforme) e grão simples (não há qualquer agregação entre as partículas);

5. Tipo de contato: O contato entre as unidades foi estabelecido conforme a seguinte classificação: transição abrupta (até 2 cm), clara (2-5 cm), gradual (5-15 cm) e difuso (maior que 15 cm) (IBGE, 1995).

4.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A análise granulométrica, também chamada de análise mecânica, permite descrição padronizada dos sedimentos, além de auxiliar na interpretação tanto dos processos que atuaram durante o transporte, como dos ambientes deposicionais. A análise foi realizada em duas etapas: 1) determinação da distribuição granulométrica das partículas e 2) representação gráfica desta distribuição (SUGUIO, 1973). A primeira etapa foi realizada no Laboratório de Pedologia do Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da UFSC. As amostras selecionadas foram tratadas utilizando as técnicas de peneiramento para a fração grossa ($> 0,062$ mm) e pipetagem para a fração fina ($< 0,062$ mm), conforme Suguio (1973).

Para a segunda etapa, representação gráfica da distribuição granulométrica, foi utilizado o diagrama para a classificação textural e interpretação de mecanismos deposicionais idealizado por Flemming (2000) (Fig. 2 Quadro 4).

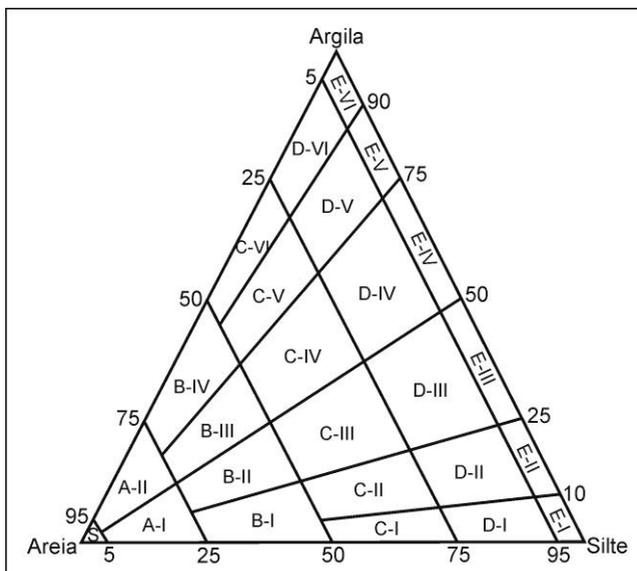


Figura 2 Diagrama triangular para a classificação de sedimentos proposta por Flemming (2000).

Tipo de sedimento	Código	Classe textural
Areia (<5% lama)	S	Areia
Areia levemente lamosa (5-25% lama)	A-I	Areia levemente siltosa
	A-II	Areia levemente argilosa
	B-I	Areia muito siltosa
	B-II	Areia siltosa
Areia lamosa (25-50% lama)	B-III	Areia argilosa
	B-IV	Areia muito argilosa
	C-I	Lama arenosa extremamente siltosa
	C-II	Lama arenosa muito siltosa
Lama arenosa (50-75% lama)	C-III	Lama arenosa siltosa
	C-IV	Lama arenosa argilosa
	C-V	Lama arenosa muito siltosa
	C-VI	Lama arenosa extremamente argilosa
	D-I	Lama levemente arenosa extremamente siltosa
	D-II	Lama levemente arenosa muito siltosa
Lama levemente arenosa (75-95% lama)	D-III	Lama levemente arenosa siltosa

Tipo de sedimento	Código	Classe textural
	D-IV	Lama levemente arenosa argilosa
	D-V	Lama levemente arenosa muito argilosa
	D-VI	Lama levemente arenosa extremamente argilosa
Lama (>95% lama)	E-I	Silte
	E-II	Silte levemente argiloso
	E-III	Silte argiloso
	E-IV	Argila siltosa
	E-V	Argila levemente siltosa
	E-VI	Argila

Quadro 4 Tipos de sedimentos e classes texturais contidas no diagrama triangular para a classificação textural proposta por Flemming (2000).

4.4 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA - MÉTODO WALKLEY-BLACK

Essa análise foi realizada no Laboratório de Análise de Solo, Água e Tecido Vegetal, do Departamento de Engenharia Rural e no Laboratório de Geodinâmica Superficial da do Departamento de Geociências, ambos da Universidade Federal de Santa Catarina. Esse parâmetro foi obtido com o objetivo de diferenciar, de forma mais precisa, camadas de horizontes pedológicos. Além disso, o teor de matéria orgânica foi útil para auxiliar na determinação das condições ambientais onde um determinado solo foi gerado.

Para a determinação da matéria orgânica, foi utilizado o método indireto da oxidação do carbono orgânico por via úmida, proposto por Walkley-Black (TOMÉ JR, 1997). O método baseia-se na determinação do carbono orgânico que contribui com 58% da matéria orgânica do solo. Logo, conhecendo-se o teor de carbono orgânico do solo, multiplica-se por 1,725 (fator de Van Bemmelen).

O método de Walkley-Black é realizado através da oxidação do carbono orgânico com dicromato de potássio 1,25 N (10 mL), que transforma o carbono orgânico em dióxido de carbono. Como essa reação requer meio ácido e temperatura elevada, é adicionado ácido sulfúrico concentrado (20 mL) e a amostra é então aquecida até chegar a

150°C. O dicromato de potássio é adicionado em uma quantidade conhecida e maior que a quantidade esperada de carbono orgânico na amostra. Certa quantidade desse oxidante sobra e como é conhecida a quantidade inicial, pode-se saber por diferença quanto reagiu com o carbono orgânico. O excesso de dicromato de potássio é determinado por titulação com sulfato ferroso 0,25 N. (TEDESCO *et al.*, 1985; TOMÉ JR, 1997). A quantidade de amostra analisada varia de 0,1 a 1 g, dependendo da quantidade de matéria orgânica esperada, quanto maior a quantidade esperada, menor a quantidade de amostra a ser utilizada.

4.5 ANÁLISE PALINOLÓGICA

A análise palinológica foi realizada no Laboratório de Palinologia da Universidade Luterana do Brasil (*Campus* Canoas-RS) e no Laboratório de Geodinâmica Superficial da Universidade Federal de Santa Catarina. Essa análise consiste no processamento químico das amostras, montagem de lâminas, análise quantitativa e análise qualitativa.

4.5.1 Coleta do material

A coleta dos testemunhos de sondagem foi realizada com o auxílio do amostrador *Russian*. Quando o emprego desse equipamento não foi possível, em virtude de características dos materiais, a coleta foi realizada com trado manual em intervalos de 5 a 10 cm.

Para a análise palinológica do registro atual foi seguida metodologia proposta por Adam e Mehringer (1975) que consiste na coleta de, pelo menos, cinco subamostras superficiais de solo ou sedimentos que são misturadas para a obtenção de uma única amostra, que segundo esses autores, são representativas da chuva polínica local.

4.5.2 Processamento químico

Para o processamento foi extraída dos testemunhos ou das amostras coletadas com trado manual, uma subamostra de 1 a 0,5 cm³. O método para processamento utilizado neste trabalho foi o descrito por Faegri e Iversen (1975). Antes da acetólise, que é a etapa do processamento químico responsável pela destruição da intina (parte interna da parede do grão de pólen) e do conteúdo do grão de pólen, é realizado um tratamento com ácidos e bases para a retirada de substâncias como sílica, ácidos húmicos, matéria orgânica, carbonatos que podem estar presentes nos sedimentos, como segue:

1. Ácido fluorídrico (HF) responsável pela remoção da sílica;
2. Ácido clorídrico (HCl) para a diluição dos carbonatos;
3. Hidróxido de potássio a 10% (KOH) para a dispersão dos ácidos húmicos e da matéria orgânica.

Com as amostras devidamente processadas, seguiu-se a montagem das lâminas em meio de gelatina glicerinada.

4.5.3 Análise qualitativa

Esta etapa teve por objetivo a determinação taxonômica dos grãos de pólen e esporos, até a categoria de menor nível hierárquico. Essa identificação foi realizada através da comparação do material fóssil com os seus equivalentes modernos através de consulta à Palinoteca de Referência do Laboratório de Palinologia da ULBRA-Canoas-RS e aos seguintes catálogos especializados: ERDTMAN, 1952; BARTH, 1961; SALGADO-LABOURIAU, 1973; BARTH & BARBOSA, 1975; CACCAVARI, 1986; MENÉNDEZ, 1987; ROUBIK & MORENO, 1991; BEHLING, 1993; SILVESTRE-CAPELATO & MELHEM, 1997; GARCIA, 1997, 1998; PIRE *et al.*, 1998, 2001, 2006; COLINVAUX *et al.*, 1999; MELHEM *et al.*, 2003; NEVES & BAUERMANN, 2003, 2004; LEAL & LORSCHREITER, 2006; CANCELLI, 2007; EVALDT *et al.*, 2009.

Os palinomorfos foram apresentados em ordem evolutiva utilizando-se Bicudo e Menezes (2005) para algas, Vitt (1984) para briófitos, Kramer e Green (1990) para pteridófitos e APG II (2003) para gimnospermas e angiospermas. As descrições foram realizadas de forma

sintética ressaltando-se as seguintes características: associação, forma, abertura, ornamentação e tamanho. A terminologia descritiva foi realizada de acordo com Barth e Melhem (1988) e Punt *et al.* (2007). As descrições morfológicas foram seguidas pelos *dados ecológicos* que auxiliaram nas inferências paleoambientais.

4.5.4 Análise quantitativa

Em paralelo com a determinação taxonômica, os grãos de pólen e esporos foram quantificados. Foram contados de 200 a 300 grãos de pólen em cada unidade amostral, sendo que os esporos foram contados à parte. Após esta etapa os táxons foram agrupados de acordo com suas afinidades ecológicas em hábitat.

Os dados assim obtidos foram representados em diagrama de porcentagem elaborado com o auxílio do software *TILIA* versão 2.0.2. Quando possível, foi realizada análise de agrupamento para auxiliar na interpretação das fases ambientais. Para esta etapa foi utilizado o software *CONISS*.

As fotomicrografias dos principais palinomorfos foram obtidas em microscopia óptica com aumentos de 1000x com máquina digital *Olympus evolt €330* acoplada ao microscópio *Olympus BX-51*. As dimensões dos palinomorfos são indicadas proporcionalmente à escala de 10 µm localizada na parte inferior e a direita de cada fotomicrografia.

4.6 GEOCRONOLOGIA

Objetivando inferências de cunho crono-estratigráfico, para subsidiar as correlações estratigráficas, foram realizadas datações através das técnicas da Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) e Carbono 14. Para amostras das unidades com maiores concentrações de matéria orgânica foram utilizadas datações pelo Carbono 14. Datações radiogênicas por luminescência opticamente estimulada (LOE) foram utilizadas para unidades minerais, passíveis de aplicação dessa metodologia. Essas análises foram realizadas no Centro de Energia

Nuclear na Agricultura – CENA (USP, Piracicaba-SP), no Center for Applied Isotopes Studies – Universidade da Geórgia (E.U.A.) e no AMS Labor Erlangen da Universidade de Erlangen (Alemanha), para Carbono 14 e no Laboratório de Vidros e Datação – Labvidros (FATECSP, São Paulo), para Luminescência Opticamente Estimulada (LOE).

5 CHAVES PARA A INTERPRETAÇÃO DOS DADOS ESTRATIGRÁFICOS E PALINOLÓGICOS

5.1 ESTRATIGRAFIA DO QUATERNÁRIO

Neste item é apresentado breve conceito dos materiais e estruturas sedimentares que foram descritos nas áreas estudadas. O quadro 5 sintetiza essas informações.

Os resultados (capítulos 6 e 7) que complementam a análise estratigráfica serão descritos detalhadamente para cada área estudada.

Áreas de estudo	Materiais	Estruturas sedimentares
<i>Seção Pedostratigráfica Campo da Ciama</i>	Manto de intemperismo, alúvio, alúvio-colúvio e horizontes pedológicos.	Estratificação plana; estratificação gradacional
<i>Turfeira Campo da Ciama</i>	Alúvio e turfa.	Lentes e camadas; corte e preenchimento; preenchimento transgressivo e regressivo.
<i>Turfeira Campo Alegre</i>	Alúvio-colúvio e turfa.	Não observado. Provável aporte aluvial.
<i>Seção Estratigráfica Salto do Engenho</i>	Alúvio e horizonte pedológico.	Estratificação plana; estratificação gradacional.
<i>Seção Pedostratigráfica Vale Nordeste</i>	Alúvio-colúvio, turfa, alúvio e horizontes pedológicos.	Corte e preenchimento; estratificação plana e estratificação irregular.

Quadro 5 Materiais e estruturas sedimentares descritos nas áreas estudadas.

5.1.1 Tipos de materiais

a) Manto de intemperismo: É a porção externa da litosfera atingida diretamente pelos processos de intemperismo (SUGUIO, 1998), também conhecida como elúvio, alterita; regolito; saprolito, e manto de alteração.

b) Colúvio: É definido como depósito incoerente, de aspecto terroso, localizado em vertentes e sopés de relevo mais ou menos acentuados (LEINZ & LEONARDOS, 1977; SUGUIO, 1998). Em geral, podem conter elementos minerais estranhos à rocha subjacente (LEINZ & LEONARDOS, 1977). Alguns depósitos podem apresentar estratificação incipiente, caracterizando transição para o alúvio (MENDES, 1985). Segundo Souza (1980), os colúvios podem ser transportados pela correnteza de águas ou por fluxos aquosos e subaquosos, diferenciando-se do alúvio pela curta distância do transporte. Tal definição se aproxima do segundo significado atribuído ao termo por Gary *et al.* (1973). Esses autores apresentam duas definições para colúvio, a primeira, semelhante àquela dos demais autores citados, ressalta que o material é essencialmente transportado por movimentos de massa. A segunda definição refere-se ao alúvio depositado por escoamento superficial difuso, ou por fluxo em lençol. A formação dos colúvios depende de eventos erosivos, que refletem a frequência da precipitação de alta magnitude, a degradação ou remoção da cobertura vegetal ou a combinação desses dois fatores, que podem iniciar a instabilidade da vertente (THOMAS, 1994).

c) Alúvio: Alúvio é um termo geral que pode ser utilizado para depósitos relacionados aos canais fluviais (NICHOLS, 1999). As definições encontradas para alúvio o descrevem como sedimento detrítico inconsolidado, formado por cascalho, areia, silte e argila, transportado por água corrente em período geológico recente (GARY *et al.*, 1973; LEINZ & LEONARDOS, 1977; SOUZA, 1980; SUGUIO, 1998). Para Gary *et al.* (1973) o termo pode ser aplicado a depósitos que são carregados por fluxos aquosos e subaquosos em planícies de inundação, deltas, cones, leques ou nos sopés de montanhas.

c) Alúvio-colúvio: Esse termo foi utilizado nesse trabalho para ressaltar a presença de água corrente, inclusive nas encostas.

d) Horizontes pedológicos: São unidades sobrepostas de aspecto e constituição diferentes, paralelas à superfície, resultantes dos efeitos combinados dos processos pedogenéticos (VIEIRA *et al.*, 1988; LEPSCH, 2002). Os solos são controlados por cinco fatores principais:

clima, organismos, material de origem, relevo e idade da superfície do terreno (LEPSCH, 2002). Nas áreas estudadas foram descritos horizontes pedológicos (inclusive enterrados) que auxiliaram na caracterização paleoambiental. Segundo Nichols (1999) a formação de solo é comum nas planícies de inundação.

e) Turfa: Sedimento orgânico residual, de cor castanha escura ou preta, formada pela decomposição parcial de plantas de áreas pantanosas (SUGUIO, 1998). Nas turfeiras a decomposição e humificação da matéria orgânica são muito lentas, em virtude do ambiente mal aerado e saturado de água, de maneira permanente (ou quase) em qualquer estação (LOZET & MATHIEU, 1997). Existem diversas classificações para turfeiras, no entanto, para este trabalho a classificação denominada *ecológica* (FRANCHI *et al.*, 2006) é a mais interessante, pois incorpora o critério hidrológico. Segundo essa classificação as turfeiras podem ser divididas em: ombrotróficas e minerotólicas. As turfeiras ombrotróficas são alimentadas exclusivamente pela água de precipitação. Já as turfeiras minerotólicas são influenciadas por águas dos limites externos da bacia de acumulação (transbordamento do rio, fluxos superficiais vindos da vertente, água) e/ou subterrâneas.

5.1.2 Estruturas sedimentares

Chama-se de estrutura sedimentar a feição encontrada na superfície, no interior de um sedimento ou rocha originada durante ou depois da sedimentação, com a atuação de fatores químicos, físicos e biológicos (SUGUIO, 1998). Elas fornecem informações sobre as condições hidráulicas do ambiente deposicional, oferecendo dessa forma indicadores dos processos que atuaram no ambiente deposicional (REINECK & SINGH, 1980). A formação das estruturas sedimentares está condicionada ao meio de deposição, à energia das correntes e à profundidade da água (SUGUIO, 2003).

As estruturas sedimentares podem ser classificadas em dois grandes grupos:

a) Estruturas sedimentares primárias (orgânicas e inorgânicas): são formadas durante a deposição ou imediatamente após, porém antes da consolidação dos sedimentos em que são encontradas (REINECK E SINGH, 1980).

b) Estruturas sedimentares secundárias: surgem durante o curto intervalo entre a deposição de sedimentos e o começo de litificação (BOGGS JUNIOR, 1992, *apud* CAMARGO, 2005); resultam de processos geoquímicos, semelhantes aos da formação diagenética de nódulos e concreções (SUGUIO, 2003; SELLEY, 1988).

As estruturas sedimentares primárias inorgânicas (quadro 6) podem ser subdivididas nas seguintes classes (SUGUIO, 2003): pré-deposicionais, sindeposicionais, pós-deposicionais e miscelâneas.

Grupos	Exemplos	Origens
Pré-deposicionais (Interestratais)	Canais Escavação e preenchimento Turboglifos Marcas de sulcos Marcas de objetos Marcas onduladas	Principalmente erosivas
Sindeposicionais (Intraestratais)	Maciça Estratificação plana Estratificação cruzada Estratificação gradacional Laminação plana Laminação cruzada	Principalmente deposicionais
Pós-deposicionais (deformacionais)	Escorregamento e deslizamento Estrutura de deformação plástica: - Laminação convoluta - Acamamento convoluto - Camadas frontais recumbentes - Estrutura de sobrecarga	Principalmente deformacionais
Miscelâneas	Marcas de pingos de chuva Gretas de contração Diques clásticos Pseudonódulos Boudinage	

Quadro 6 Estruturas sedimentares primárias de origem inorgânica, baseada na morfologia e no período de sua formação, segundo a classificação de Selley (1988).

As estruturas sedimentares primárias orgânicas, por sua vez, podem ser classificadas nos seguintes grupos (SUGUIO, 2003).

a) Partes duras de esqueleto: concentrações de conchas e outras partes duras de esqueleto (dentes, escamas, mais comumente calcários

ou quitinosos) ocorrem em depósitos de antigas praias, fundo de canais e depressões constituindo os depósitos residuais.

b) Estruturas de bioturbação: são feições produzidas pelas atividades, em vida, de animais (zooturbação) e plantas (fitoturbação).

c) Matérias excretadas: coprólitos (excrementos) de invertebrados são comuns em sedimentos de depósitos modernos (planícies de maré e ambientes marinhos)

d) Outras estruturas biogênicas: são feições bioconstruídas, cujo arcabouço é formado por organismos sedentários (Bióstroma – formados por bancos de ostras, corais, mexilhões etc.; Bioerma – recifes; e Estromatólitos – massa rochosa carbonática com forma dômica, colunar ou hemisférica, relativas à atividade das algas azuis).

Nesse trabalho foram descritas estruturas sedimentares pré-deposicionais, e sindeposicionais, como listado no quadro 5. Na sequência serão apresentadas as definições dessas estruturas.

5.1.2.1 Estruturas sedimentares primárias pré-deposicionais descritas nas áreas estudadas

Estruturas sedimentares primárias pré-deposicionais são feições que ocorrem nas superfícies entre camadas, formadas antes da deposição de camada sedimentar sobreposta de origem, principalmente, erosiva (SELLEY, 1988; SUGUIO, 2003).

a) Canais: Ao fluir sobre a superfície de sedimentos frágeis, a água pode, sob certas condições, formar um canal (REINECK & SINGH, 1980). São marcas de desbaste em forma de longa calha, cujo eixo longitudinal corre paralelo à direção de fluxo (NOWATZKI *et al.*, 1984 apud FERREIRA, 2009). Podem adquirir magnitudes variáveis (de centímetros a vários metros), são encontradas em ambientes diversificados com atuação de correntes aquosas (SUGUIO, 2003) ou devido a deslizamento de material denso.

b) Corte e preenchimento: Estrutura causada pela erosão do leito de deposição. Essa feição erosiva pode ocorrer em vários ambientes, mas necessita de condições subaquáticas para sua formação. Nos ambientes fluviais representa discordância local que está

relacionada episódio temporalmente curto (SUGUIO, 2003). Em encostas, estão relacionadas a ravinas e voçorocas soterradas.

5.1.2.2 Estruturas sedimentares primárias sindeposicionais descritas nas áreas estudadas

Estruturas sedimentares primárias sindeposicionais são formadas durante a sedimentação, sua principal característica é a estratificação (PETTIJOHN, 1963).

a) Maciça: os estratos apresentam pouca ou nenhuma laminação interna visível. Pode ser devido à deposição muito rápida, principalmente, por dispersões sedimentares muito concentradas, através de movimentos gravitacionais ou de massa (SUGUIO, 2003), ou, ainda, como resultado de intensa bioturbação, destruindo as estratificações (SUGUIO, 1998). Segundo Reineck e Singh (1980), o termo estratificação maciça é usado para descrever sedimentos mais ou menos homogêneos ao olhar. No entanto, segundo os autores, muitas dessas estratificações mostram laminações internas quando expostas a técnicas especiais (por exemplo, raios X).

b) Estratificação: É uma estrutura sindeposicional, ou seja, é formada durante a sedimentação. O termo refere-se à existência de camadas ou lâminas (estratos). Camadas são definidas como unidades litológicas que apresentam espessura de alguns milímetros até dezenas de metros. Lâminas podem ser entendidas como a menor unidade de uma sequência sedimentar e encontram-se no interior das camadas, com dimensões entre poucos centímetros e milímetros. O plano de estratificação pode definir uma superfície de não-deposição, ou de mudanças abruptas nas condições deposicionais, ou uma superfície de erosão. A geometria das camadas depende do plano de estratificação, que pode ser plano, ondulado, irregular. Como resultado, as camadas podem adquirir formas tabulares, lenticulares, irregulares, cuneiformes. A ocorrência de estratificação é determinada pela mudança na granulação do sedimento, mudança na composição mineralógica, mudança na geometria das camadas, orientação das partículas de dimensões distintas e intercalação de lâminas de argila (SUGUIO, 2003).

c) **Estratificação plana:** Ocorre quando as camadas são depositadas na posição horizontal (SUGUIO, 2003). É característica de fluxos superiores, com altas velocidades de escoamento, em que a resistência ao fluxo é pequena, carreando grande quantidade de sedimento (SUGUIO & BIGARELLA, 1990).

d) **Estratificação gradacional:** É constituída de camadas plano-paralelas, mais ou menos horizontais, nas quais ocorre gradação granulométrica, passando de partículas mais grossas na base a mais finas no topo, chamada de gradação normal. Na gradação inversa ocorre o contrário (SUGUIO, 2003). Para Nichols (1999) esse tipo de estratificação é uma das estruturas primárias que podem ser descritas na planície de inundação.

e) **Estratificação lenticular:** Nesse tipo de estratificação camadas argilosas se alternam com arenosas onduladas com laminações cruzadas, onde as partes arenosas são descontínuas vertical e horizontalmente (SUGUIO, 1998). Esse tipo de estrutura pode ser observado nas planícies de inundação, onde os finos estão intercalados com camadas arenosas originárias dos depósitos de rompimento de diques marginais.

5.2 PALINOLOGIA SISTEMÁTICA

Neste item são apresentados os grãos de pólen e os esporos que foram descritos nas áreas estudadas.

A descrição taxonômica dos grãos de pólen e esporos encontrados nessas áreas será feita em conjunto, e o registro palinológico será realizado para cada testemunho analisado. O quadro com os grãos de pólen e esporos, a área de ocorrência, síntese dos atributos ecológicos e agrupamento nos diagramas são apresentados no quadro 7. As figuras 3, 4 e 5 apresentam os principais palinomorfos encontrados nas áreas estudadas.

Família	Espécie ou Gênero	Área de ocorrência	Atributos ecológicos	Agrupamento no Diagrama
FUNGOS				
---	---	CC, TRT, SE, VN	Organismos que se desenvolvem, preferencialmente, em ambientes úmidos.	Fungos
ALGAS				
Zygnemataceae	Zygnema	TRT, SE	Algas de água doce; ambientes lacustres, palustres e solos úmidos com pouca profundidade.	Algas
“Incertae sedis”	<i>Pseudo-schizaea</i>	TRT	Algas, comuns em ambientes palustres e lacustres	Algas
---	<i>Alga indeterminada</i>	TRT	Desenvolvem-se em corpos d’água.	Algas
BRIÓFITOS				
Anthocerotaceae	<i>Phaeoceros laevis</i>	TRT, SE	Planta subaquática.	Briófitos
Sphagnaceae	<i>Sphagnum</i>	CC, TRT, VN	Planta subaquática.	Briófitos
---	<i>Briófito indeterminado</i>	CC, SE, VN	Plantas folhosas que crescem em locais úmidos.	Briófitos
PTERIDÓFITOS				
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i>	CC, TRT, SE, VN	Planta terrestre, ambiente semi-aberto.	Pteridófitos
Selaginellaceae	<i>Selaginella</i>	CC, VN	Planta aquática.	Pteridófitos
Isoetaceae	<i>Isoetes</i>	CC, TRT, VN	Planta aquática.	Pteridófitos
Marattiaceae	<i>Marattia</i>	TRT, VN	Planta terrestre de hábito arborescente.	Pteridófitos
Schizaeaceae		VN	Planta terrestre.	Pteridófitos
	<i>Anemia</i>	TRT	Planta terrestre.	Pteridófitos
Cyatheaceae	--	CC, TRT, SE, VN	Plantas terrestres de hábito arborescente.	Pteridófitos
	<i>Cyathea schanschin</i>	TRT, VN	Plantas terrestres de hábito arborescente.	Pteridófitos
Dicksoniaceae	<i>Dicksonia sellowiana</i>	CC, TRT, SE, VN	Plantas terrestres de hábito arborescente.	Pteridófitos
Blechnaceae	<i>Blechnum</i>	CC, TRT, SE, VN	Plantas terrestres subarborescentes ou rupestres.	Pteridófitos
Polypodiaceae	<i>Microgramma</i>	CC, TRT, SE, VN	Plantas epífitas ou rupestres.	Pteridófitos

Família	Espécie ou Gênero	Área de ocorrência	Atributos ecológicos	Agrupamento no Diagrama
---	<i>Monolete psilado</i>	CC, TRT, SE, VN	Plantas terrestres.	Pteridófitos
---	<i>Monolete verrucado</i>	CC, TRT, SE, VN	Plantas terrestres.	Pteridófitos
---	<i>Trilete psilado</i>	TRT, SE, VN	Plantas terrestres.	Pteridófitos
---	<i>Trilete verrucado</i>	CC, TRT, SE	Plantas terrestres.	Pteridófitos
GYMNOSPERMAS				
Araucariaceae	<i>Araucária angustifolia</i>	TRT	Árvores da Floresta Ombrófila Mista.	Floresta
Pinaceae	<i>Pinus</i>	TRT	Árvores exóticas.	Floresta
Podocarpaceae	<i>Podocarpus</i>	CC, TRT, SE, VN	Árvores Floresta Ombrófila Mista.	Floresta
ANGIOSPERMAS				
Winteraceae	<i>Drymis brasiliensis</i>	CC, VN	Árvores ou arbustos, comuns nas florestas de altitude das regiões Sul e Sudeste.	Floresta
Alismataceae	---	TRT, VN	Ervas aquáticas, parcialmente submersas, flutuantes ou paludosas.	Campos
Arecaceae	---	CC, TRT, VN	Palmeiras, comuns em todas as formações vegetais.	Floresta
Xyridaceae	<i>Xyris</i>	TRT, VN	Ervas, comum em áreas abertas e alagáveis.	Campos
Cyperaceae	---	CC, TRT, SE, VN	Ervas comuns em áreas abertas e alagáveis e nas bordas de mata.	Campos
Poaceae	---	CC, TRT, SE, VN	Ervas, comum em todas as formações campestres.	Campos
Caryophyllaceae	---	CC, SE	Ervas.	Campos
Amaranthaceae	---	TRT	Ervas (predominantemente), subarbustos ou trepadeiras.	Campos
Amaranthaceae	<i>Alternanthera</i>	CC, TRT, SE, VN	Ervas, comuns em regiões quentes e temperadas.	Campos
	<i>Gomphrena</i>	TRT, SE	Ervas ou subarbustos, comuns em regiões quentes e temperadas.	Campos
	<i>Pfaffia</i>	TRT	Arbustos, comuns em campos mais secos.	Campos
Haloragaceae	<i>Myriophyllum</i>	TRT, SE,	Ervas aquáticas.	Campos

Família	Espécie ou Gênero	Área de ocorrência	Atributos ecológicos	Agrupamento no Diagrama
Onagraceae	<i>Fuchsia</i>	VN	Arbustos ou lianas; comum em áreas de maior altitude das regiões Sul e Sudeste.	Floresta
Lythraceae	<i>Cuphea</i>	CC, TRT,	Ervas, comuns em formações abertas.	Campos
Myrtaceae	---	CC, TRT, SE, VN	Árvores e arbustos, comuns em todas as formações vegetais.	Floresta
Melastomataceae	---	CC, TRT, SE, VN	Ervas, arbustos ou árvores, comuns em todas as formações vegetais.	Floresta
Euphorbiaceae	---	TRT, VN	Ervas, arbustos, árvores ou lianas.	Campos
	<i>Alchornea</i>	CC, TRT, SE, VN	Arbustos ou árvores da Floresta Ombrófila Densa.	Floresta
	<i>Croton</i>	CC, TRT, SE, VN	Ervas, arbustos ou árvores, comuns em todas as formações vegetais.	Campos
	<i>Sebastiania</i>	CC, TRT	Árvores ou arbustos, comuns em todas as formações florestais brasileiras.	Floresta
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	TRT, VN	Ervas ou arbustos, comuns em campos e capões.	Campos
Cunoniaceae	<i>Lamanonia ternata</i>	CC, TRT, VN	Árvores ou arbustos, comuns em floretas de altitude das regiões Sul e Sudeste.	Floresta
	<i>Weinmannia</i>	CC, TRT, SE, VN	Arbusto ou arvoreta, comum na Floresta Ombrófila Densa.	Floresta
Fabaceae	---	TRT, SE, VN	Ervas, arbustos, árvores ou lianas, comuns em todas as formações vegetais.	Floresta
Mimosoideae	<i>Mimosa</i>	TRT, SE	Árvores arbustos ou ervas, comuns nos trópicos e importante gênero das formações vegetais brasileiras.	Floresta
	<i>Mimosa scabrella</i>	CC, TRT, SE	Árvore de até 15 m, exclusiva da Floresta Ombrófila Mista.	Floresta
Cannabaceae	<i>Celtis</i>	TRT	Arbustos, árvores ou lianas.	Floresta
Moraceae/ Urticaceae	---	TRT, VN	Ervas, arbustos, árvores ou lianas. Moraceae, comum na Floresta Ombrófila Densa. Urticaceae, comum em formações secundárias, clareiras no interior de florestas e borda de matas.	Floresta

Família	Espécie ou Gênero	Área de ocorrência	Atributos ecológicos	Agrupamento no Diagrama
Malvaceae	---	SE, VN	Ervas ou arbustos. Algumas espécies ocorrem em áreas alagadas.	Campos
Sapindaceae	---	CC, TRT, SE	Arbustos, árvores ou lianas, comuns nas florestas.	Floresta
Myrsinaceae	<i>Myrsine</i>	CC, TRT, SE, VN	Arbustos e árvores; comum em florestas das regiões Sul e Sudeste.	Floresta
Symplocaceae	<i>Symplocos</i>	CC, TRT, SE, VN	Arbustos ou árvores, comuns na Floresta Ombrófila Densa.	Floresta
Styracaceae	<i>Styrax</i>	VN	Arbustos ou árvores, comuns em florestas ciliares.	Floresta
Clethraceae	<i>Clethra</i>	CC, TRT, SE, VN	Árvores ou arbustos, comuns nas Florestas Ombrófilas Densa e Mista.	Floresta
Ericaceae	---	TRT, VN	Subarbustos, arbustos ou árvores, comuns nos campos de altitude das regiões Sul e Sudeste.	Campos
Rubiaceae		CC, TRT, VN	Ervas, subarbustos e arbustos.	Campos
	<i>Borreria</i>	TRT, SE	Ervas ou subarbustos comuns nos campos.	Campos
Plantaginaceae	<i>Plantago australis</i>	TRT, SE	Ervas, comuns nos campos sulinos.	Campos
	<i>Plantago turficola</i>	TRT, SE	Ervas, comuns em turfeiras.	Campos
Lamiaceae	---	SE	Ervas ou arbustos, comuns nos campos.	Campos
Solanaceae	---	SE	Ervas, arbustos ou pequenas árvores.	Campos
Apiaceae	---	CC, TRT, SE, VN	Ervas.	Campos
	<i>Eryngium</i>	TRT, SE, VN	Ervas comuns em áreas alagáveis, podendo ocorrer em áreas secas.	Campos
Aquifoliaceae	<i>Ilex</i>	CC, TRT, SE, VN	Arbustos ou árvores, comuns nas áreas de maior altitude das regiões sul e sudeste.	Floresta
Asteraceae	---	CC, TRT, SE, VN	Ervas, subarbustos, arbustos e menos frequentemente árvores ou lianas.	Campos
	<i>Gnaphalium</i>	SE	Ervas, comuns em áreas alteradas.	Campos
	<i>Holocheilus</i>	TRT	Ervas perenes.	Campos
	<i>Jungia</i>	VN	Ervas, comuns em todas as formações.	Campos

Família	Espécie ou Gênero	Área de ocorrência	Atributos ecológicos	Agrupamento no Diagrama
	<i>Trixis</i>	TRT, VN	Ervas perenes ou arbustos.	Campos
	<i>Vernonia</i>	CC, TRT, SE, VN	Ervas, arbustos e árvores, comuns nas formações campestres ou florestais.	Floresta
Valerianaceae	<i>Valeriana</i>	TRT, SE, VN	Ervas, subarbustos ou lianas, comuns nos campos de altitude.	Campos

Quadro 7 Lista dos grãos de pólen e esporos encontrados nas áreas estudadas.

Legenda: CC: Campo da Ciama; TRT: Turfeira Rio Turvo; SE; Salto do Engenho; VN: Vale Nordeste.

REINO FUNGI

Descrição: Estruturas esferoidais, elipsoidais, lenticulares; alguns apresentam várias perfurações circulares distribuídas uniformemente; alguns apresentam espinescências finas e alongadas; pequenos.

Dados ecológicos: Umidade é o primeiro e mais importante fator ambiental que define o nicho dos fungos terrestres (YELOFF *et al.*, 2007). São os principais decompositores da biosfera (RAVEN *et al.*, 2007). Yeloff *et al.* (2007) sugerem que a presença de fungos pode estar relacionada a um determinado tipo de vegetação. Outros trabalhos propõem que a ocorrência de fungos possa ser indicativa de presença de solo, dada sua grande concentração nesse ambiente.

REINO PROTISTA

Divisão: CHLOROPHYTA

Classe: Zygnematophyceae

Família: Zygnemataceae

Gênero: *Zygnema* C. A. Agardh

Descrição: Zigósporos esferoidais a elipsoidais; psilados; foveolados em toda a extensão; pequenos.

Dados ecológicos: Gênero atribuído a ambientes lacustres, palustres e solos úmidos com pouca profundidade (VAN GEEL & VAN DER HAMMEN, 1978; SALGADO-LABOURIAU, 2007). Essas algas são de água doce, com algumas espécies de água salobra. Certas espécies podem viver na neve, no gelo ou em águas ácidas, atingindo valores de pH=3 ou, mesmo, inferiores. Algumas espécies podem produzir compostos que inibem o crescimento de outras algas (REVIERS, 2006). Compreende ao redor de 120 espécies e tem distribuição cosmopolita. Há pouca referência à ocorrência de *Zygnema* no Brasil e os raros trabalhos que o citam jamais abrangem mais de duas espécies. Inexiste ainda, portanto, uma obra taxonomicamente mais abrangente (BICUDO & MENEZES, 2005).

Divisão: EUGLENOPHYTA

Classe: Euglenophyceae

Família: “Incertae sedis”

Gênero: *Pseudoschizaeae* Christ.

Descrição: Estruturas circulares; inaperturadas; psiladas; estrias finas e concêntricas dispostas paralelamente em vista polar; médios.

Dados ecológicos: Possivelmente são zigósporos de Zygnemataceae, comuns em ambientes palustres e lacustres (SALGADO-LABOURIAU, 2007).

Alga indeterminada

Descrição: Estruturas elípticas; inaperturadas; estriadas; pequenas.

Dados ecológicos: Algas são definidas como organismos aquáticos fotossintetizantes, podendo se desenvolver em ambiente marinho ou de água doce (JUDD *et al.*, 2008).

REINO PLANTAE

Divisão: ANTHOCEROTOPHYTA

Classe: Anthoceropsida

Família: Anthocerotaceae

Gênero: *Phaeoceros*

Espécie: *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk.

Descrição: Esporos triletes (bifurcados nas extremidades); esféricos e subesferoidais (em vista polar e equatorial); equinados; grandes.

Dados ecológicos: Ocorrem sobre solos úmidos em locais abrigados necessitando de cobertura vegetal para evitar o ressecamento. Comuns em margens de arroios, rios, vertentes e campos úmidos (MENÉNDEZ, 1962).

Divisão: BRYOPHYTA

Classe: Bryopsida

Família: Sphagnaceae

Gênero: *Sphagnum* (Dill.) Hedwig

Descrição: Esporos triletes (bifurcados nas extremidades); triangulares convexos; psilados; grandes.

Dados ecológicos: Plantas subaquáticas, comuns em solos ácidos, sujeitos à inundação, como brejos e pântanos. Podem ser encontrados também em lagos rasos (JOLY, 2002), rochedos, cumes de regiões

montanhosas e no estrato herbáceo no interior ou bordas de florestas úmidas (YANO *et al.*, 1985).

Briófito indeterminado

Descrição: Esporos triletes (com marcas triletes estriadas); triangulares convexos; psilados; pequenos.

Dados ecológicos: Briófitos são pequenas plantas folhosas ou achatadas que se desenvolvem em locais úmidos nas florestas temperadas e tropicais ou ao longo das margens de rios ou terras úmidas. Algumas espécies são aquáticas e outras podem crescer em rochas banhadas pelas águas do oceano (RAVEN *et al.*, 2007).

Divisão: PTERIDOPHYTA

Clado: Licófitas

Ordem: Lycopodiales

Família: Lycopodiaceae

Gênero: *Lycopodium*

Espécie: *Lycopodium clavatum* L.

Descrição: Esporos triletes; subtriangulares; reticulados; médios.

Dados ecológicos: Plantas terrestres atribuídas a ambientes semi-abertos (TRYON & TRYON, 1982).

Família Selaginellaceae

Gênero: *Selaginella* Pb.

Descrição: Esporos triletes; subtriangulares; clavados/pilados; médios.

Dados ecológicos: Plantas comuns em ambientes palustres e florestas. Podem ser ruspestres. Ocorrem em florestas pluviais primárias e secundárias próximo a locais úmidos (TRYON & TRYON, 1982).

Família: Isoetaceae

Gênero: *Isoetes* L.

Descrição: Esporos monoletes, lateralmente plano-convexos; elípticos; psilados; médios.

Dados ecológicos: Plantas aquáticas. No Estado de Santa Catarina ocorrem em áreas paludosas na Floresta Ombrófila Mista, em lagoas intermitentes ou em águas pouco correntes (FUCHS-ECKERT, 1986).

Clado: Monilófitas

Ordem: Marattiales

Família: Marattiaceae

Gênero: *Marattia* Sm.

Descrição: Esporos monoletes; bilateralmente simétricos; equinados; médios.

Dados ecológicos: Planta terrestres de hábito arborescente, comuns no interior de florestas (LORSCHAITTER *et al.*, 1998). Das 200 espécies que ocorrem no mundo, três foram encontradas no Estado de Santa Catarina (SEHNEM, 1967).

Ordem: Schizaeales

Família: Schizaeaceae

Descrição: Esporos triletes; subtriangulares; escabrados com estrias proeminentes; grandes.

Dados ecológicos: Plantas terrestres que ocorrem em vários ecossistemas, preferencialmente, em locais sombreados (LORSCHAITTER *et al.*, 1998).

Gênero: *Anemia* Sw.

Descrição: Esporos triletes; subtriangulares; escabrados com estrias proeminentes e paralelas; grandes.

Dados ecológicos: Plantas terrícolas, ocorrendo em locais sombreados, encostas e em áreas abertas (LORSCHAITTER *et al.*, 1998). Podem ser ruprestres.

Ordem: Cyatheaales

Família: Cyatheaceae

Gênero: *Cyathea* Sm.

Descrição: Esporos triletes; triangulares a subtriangular; psilados e reticulados; grandes.

Dados ecológicos: Plantas arborescentes, com ampla distribuição nos trópicos americanos, em florestas pluviais, ravinas, declives de montanhas, locais rochosos e junto a córregos (TRYON & TRYON, 1982).

Espécie: *Cyathea schanschin* Mart.

Descrição: Esporos triletes; triangulares (convexo); verrucados; grandes.

Dados ecológicos: Espécie arborescente (TRYON & TRYON, 1982).

Família: Dicksoniaceae

Gênero: *Dicksonia* L'Hér

Espécie: *Dicksonia sellowiana* Hook

Descrição: Esporos triletes; subtriangulares a triangulares; reticulados; grandes.

Dados ecológicos: A família Dicksoniaceae é formada por cinco gêneros e 37 espécies, sendo que no Brasil é representada por duas espécies: *Culcita conifolia* (Hook.) Maxon e *Dicksonia sellowiana* Hook (FERNANDES, 2000). A *Dicksonia sellowiana* Hook apresenta hábito arborecente, típica da Floresta Ombrófila Mista, crescendo em lugares, preferencialmente, sombreados e úmidos. Pode ser encontrada também em lugares abertos e ensolarados como em bordas de floresta (FERNANDES, 2000).

Ordem: Polypodiales

Família: Blechnaceae

Gênero: *Blechnum* L.

Descrição: Esporos monoletes; elípticos (vista polar) e plano-convexos (vista equatorial); psilados; grandes.

Dados ecológicos: Plantas terrestres subarborescentes, rupestres, raramente epífitas, amplamente distribuídas na América tropical, ocorrendo em pântanos, interior de florestas, bordas de floresta e áreas antropizadas. É constituída por cerca de 150 espécies, amplamente distribuídas pelo globo, sendo que nas Américas ocorrem 50 (TRYON & TRYON, 1982). Para o Estado de Santa Catarina foram descritas 22 espécies (SEHNEM, 1968).

Família: Polypodiaceae

Gênero: *Microgramma* C. Presl.

Descrição: Esporos monoletes, lateralmente plano-convexos; elípticos; verrucados; grandes.

Dados ecológicos: Espécies epífitas ou rupestres, com ampla distribuição nos trópicos americanos, em florestas pluviais em matas secundárias (TRYON & TRYON, 1982).

Monolete psilado

Descrição: Esporos monoletes; elípticos a esféricos; psilados; médios a grandes.

Dados ecológicos: Os pteridófitos possuem ampla distribuição, vivendo preferencialmente nas regiões tropicais do mundo, em locais úmidos e sombreados (XAVIER & BARROS, 2005).

Monolete verrucado

Descrição: Esporos monoletes; elípticos a esféricos; verrucados; médios a grandes.

Dados ecológicos: Idem monolete psilado.

Trilete psilado

Descrição: Esporos triletes; subtriangulares a triangulares; psilados; grandes.

Dados ecológicos: Idem monolete psilado.

Trilete verrucado

Descrição: Esporos triletes; subtriangulares a esféricos; verrucados; grandes.

Dados ecológicos: Idem monolete psilado.

Divisão: GYMNOSPERMAE

Ordem: Pinales

Família: Araucariaceae

Gênero: *Araucaria* Juss.

Espécie: *Araucaria angustifolia*

(Bertol.) Kuntze

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; inaperturados; escabradados; grandes.

Dados ecológicos: Árvores de até 40 m de altura. Pioneira e heliófita, colonizadora de campos (REITZ & KLEIN, 1966). É a espécie fisionomicamente dominante na Floresta Ombrófila Mista (SOBRAL & JARENKOW, 2006).

Família: Pinaceae

Gênero: *Pinus* L.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; esferoidais (corpo central); bissacados, sacos aéreos reticulados; grandes.

Dados ecológicos: Árvores, ocasionalmente arbustos. A família Pinaceae não é nativa do Brasil (SOUZA & LORENZI, 2008).

Família: Podocarpaceae

Gênero: *Podocarpus* (L'Herit) ex Pers

Descrição: Grãos de pólen em mônades; elipsoidais (corpo central); inaperturados; bissacados, sacos aéreos reticulados; grandes.

Dados ecológicos: Árvores de até 20 m de altura. Foram descritas duas espécies para Santa Catarina: *Podocarpus lamberti* Klotzsch ex Endl. e

Podocarpus sellowii Klotzsch ex Endl. (BACKES & NARDINO, 2003; SOBRAL & JARENKOW, 2006).

Divisão: ANGIOSPERMAE

Clado: Magnoliídeas

Ordem: Canellales

Família: Winteraceae

Gênero: *Drymis* Juss.

Espécie: *Drymis brasiliensis* Miers

Descrição: Grãos de pólen em tétrades, compostos por grãos de tamanho médio; monoporados; reticulados; tétrade de tamanho grande.

Dados ecológicos: Árvores ou arbustos; comuns em florestas de altitude das regiões Sul e Sudeste. No Brasil ocorre somente esse gênero e somente uma espécie *Drymis brasiliensis* (SOUZA & LORENZI, 2008), que em Santa Catarina é comum nos capões dos campos e no sub-bosque da Floresta Ombrófila Mista (TRINTA & SANTOS, 1997). A existência de uma única espécie não é consenso entre os taxonomistas, uma vez que alguns consideram a existência de outra espécie, *D. angustifolia* (SOUZA & LORENZI, 2008).

Clado: Monocotiledôneas

Ordem: Alismatales

Família: Alismataceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares ; periporados; escabradados; médios.

Dados ecológicos: Ervas aquáticas, parcialmente submersas, flutuantes ou paludosas; comuns em áreas alagáveis. No Brasil ocorrem três gêneros e cerca de 25 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008).

Ordem: Arecales

Família: Arecaceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; elípticos, apresentando uma das extremidades mais afilada, monossulcado, estreitos e tão longo quanto os grãos; psilados a escabradados; médios.

Dados ecológicos: Palmeiras. No Brasil ocorrem 43 gêneros e aproximadamente 200 espécies; são comuns em todas as formações vegetais brasileiras (SOUZA & LORENZI, 2008). Para o Estado de Santa Catarina foram descritas oito espécies (BACKES & NARDINO, 2003; SOBRAL & JARENKOW, 2006).

Ordem: Poales

Família: Xyridaceae

Gênero: Xyris Gronov. ex L.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; prolatos; monocolpados; reticulados; médios a grandes.

Dados ecológicos: Ervas; comum em áreas abertas e alagáveis. No Planalto de São Bento do Sul foram descritas quatro espécies de porte herbáceo. Comuns em banhados, lugares úmidos, campos úmidos ou sujeitos a inundação (SMITH & DOWNS, 1965).

Família: Cyperaceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares e prolatos; pantoporados; escabrados; médios.

Dados ecológicos: Ervas. No Brasil ocorrem 44 gêneros e cerca de 700 espécies; são comuns em áreas abertas e alagáveis e nas bordas de floresta (SOUZA & LORENZI, 2008). Nas formações campestres do Planalto das Araucárias essa família apresenta 83 espécies (BOLDRINI *et al.*, 2009).

Família: Poaceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; monoporados, com ânulo proeminente; psilados a levemente escabrados; pequenos a médios.

Dados ecológicos: Ervas; é o principal componente das formações campestres do mundo, não são muito comuns no interior de florestas. No Brasil ocorrem 170 gêneros, sendo que os mais comuns são *Paspalum* e *Panicum*, e 1.500 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008). Para o Estado de Santa Catarina foram descritas sete espécies de bambu (BACKES & NARDINO, 2003). Boldrini *et al.* (2009) salientam que nos campos do Planalto das Araucárias essa família apresenta o segundo maior número de espécies (231 espécies). Apesar de ocupar o segundo lugar essa família se destaca na fisionomia dos campos, pois apresenta maior abundância de indivíduos, formando extensas populações.

Clado: Eudicotiledôneas core

Ordem: Caryophyllales

Família: Caryophyllaceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; pantoporados; presença de columelas; psilados; médios.

Dados ecológicos: Ervas. No Brasil ocorrem dez gêneros e cerca de 20 espécies; são comuns nos campos (SOUZA & LORENZI, 2008).

Família: Amaranthaceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; periporados; escabradados; médios.

Dados ecológicos: Possui distribuição cosmopolita, com predominância nas regiões tropicais e subtropicais da América e África. Os representantes dessa família apresentam hábito variado, predominantemente são ervas, subarbustos ou trepadeiras, anuais ou perenes (MARCHIORETTO *et al.*, 2008).

Gênero: *Alternanthera* Forsk.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; pantoporados; presença de columelas; reticulados; pequenos.

Dados ecológicos: Ervas, mais raramente subarbustos, representada por 180 espécies encontradas nas regiões quentes e temperadas do globo (LEAL & LORSCHREITER, 2006).

Gênero: *Gomphrena* L.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; pantoporados; presença de columelas; reticulados; pequenos.

Dados ecológicos: ervas ou subarbustos, com aproximadamente 90 espécies encontradas nas regiões quentes e temperadas (LEAL & LORSCHREITER, 2006).

Gênero: *Pfaffia* Mart.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; pantoporados; presença de columelas; reticulados; muito pequenos.

Dados ecológicos: Ervas e subarbustos que ocorrem em campos rupestres, campos limpos, borda de mata, beira de rio e capoeira (MARCHIORETTO *et al.*, 2010).

Ordem: Saxifragales

Família: Haloragaceae

Gênero: *Myriophyllum* L.

Descrição: Grãos de pólen mônades; circulares; tetraporados; psilados; médios.

Dados ecológicos: Ervas aquáticas; algumas espécies ocorrem em lagoas temporárias. Foi descrita para Santa Catarina somente uma espécie *M. brasiliensis*. Esse gênero é exclusivo de banhados e ocorre nos campos de altitude, pequenos córregos, solos encharcados ou em beira de rios. Formam, por vezes, densos agrupamentos, sobretudo em

açudes, banhados rasos ou em águas de pouca correnteza (FEVEREIRO, 1975).

Clado: Rosídeas

Ordem: Myrtales

Família: Onagraceae

Gênero: *Fuchsia* L.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; triangulares-convexos, suboblato; triplicados; psilados; grandes.

Dados ecológicos: Arbustos ou lianas; esse gênero é comum em áreas de maior altitude das regiões Sul e Sudeste (SOUZA & LORENZI, 2008).

Família: Lythraceae

Gênero: *Cuphea* P. Br.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; triangulares, oblato; tricolporados; psilados; médios.

Dados ecológicos: Ervas comuns nas formações abertas, algumas espécies de *Cuphea* ocorrem em áreas brejosas. No Planalto de São Bento do Sul foi descrita uma espécie, de porte herbáceo e arbustivo encontrada em turfeiras (LOURTEIG, 1969).

Família: Myrtaceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; triangulares-convexos, oblato; tricolporados, sincolporados; psilados a levemente escabridos; pequenos.

Dados ecológicos: Árvores ou arbustos; as espécies dessa família são comuns nas Florestas Ombrófilas e em formações abertas. No Brasil ocorrem 26 gêneros e 1.000 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008). Para o Estado de Santa Catarina foram descritas 88 espécies, sendo 61 de porte arbóreo (BACKES & NARDINO, 2003; SOBRAL & JARENKOW, 2006).

Família: Melastomataceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; prolato; heterocolpado, presença de pseudocolpos; psilados; pequenos.

Dados ecológicos: Ervas, arbustos ou árvores; família comum nos campos e nas Florestas Ombrófilas. No Brasil ocorrem 70 gêneros e 1.000 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008). Para o Estado de Santa Catarina foram descritas 19 espécies, sendo que destas somente seis possuem porte arbóreo (BACKES & NARDINO, 2003).

Clado: Eurosídeas I

Ordem: Malpighiales

Família: Euphorbiaceae

Gênero: Euphorbiaceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; subprolatos; tricolporados; escabrados; médios.

Dados ecológicos: Ervas, arbustos, árvores ou lianas. No Brasil ocorrem 70 gêneros e aproximadamente 1000 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008). Para o Estado de Santa Catarina foram descritas dez espécies (SOBRAL & JARENKOW, 2006).

Gênero: *Alchornea* Sw.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; suboblato; tricolporados, operculados, escabrados; médios.

Dados ecológicos: Arbustos ou árvores. Para Santa Catarina são citadas três espécies, que são comuns na encosta atlântica ocupada pela Floresta Ombrófila Densa (SMITH *et al.*, 1988).

Gênero: *Croton* (L.) Müll. Arg.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; inaperturados; padrão “croton” de ornamentação; grandes.

Dados ecológicos: Ervas, arbustos ou pequenas árvores; comum a quase todas as formações vegetais brasileiras. Para o Planalto de São Bento do Sul (SC) são citadas 31 espécies, sendo que a maior parte são arbustos ou subarbustos comuns nos campos (SMITH *et al.*, 1988).

Gênero: *Sebastiania* Spreng.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; subprolatos; tricolporados; microrreticulados; médios.

Dados ecológicos: Árvores ou arbustos; comum nas formações florestais brasileiras e na Floresta Ombrófila Densa (BACKES & IRGANG, 2004; SOUZA & LORENZI, 2008). Para o Planalto de São Bento do Sul é citada uma espécie (SMITH *et al.*, 1988).

Ordem: Oxalidales

Família: Oxalidaceae

Gênero: *Oxalis* L.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; subprolatos; tricolpados, com colpos longos; reticulados; médios.

Dados ecológicos: Ervas ou arbustos. No Planalto de São Bento do Sul são citadas seis espécies, na maior parte ervas, que podem ser encontradas em campos ou capões (LOURTEIG, 1983).

Família: Cunoniaceae

Gênero: *Lamanonia* Vell.

Espécie: *Lamanonia ternata*

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; prolatos; dicolporados; reticulados; pequenos.

Dados ecológicos: Árvores ou arbustos; são comuns em florestas de altitude das regiões Sul e Sudeste. Espécie quase exclusiva da Floresta Ombrófila Mista (BACKES & IRGANG, 2004). No Estado de Santa Catarina é comum na Floresta Ombrófila Densa e nas encostas ocupadas por essa formação. No Planalto de São Bento do Sul é comum nas Florestas de Galeria (CUATRECASAS & SMITH, 1971).

Gênero: *Weinmannia* L.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; prolatos; tricolporados; reticulados; pequenos.

Dados ecológicos: Arbusto ou arvoretta comum na Floresta Ombrófila Densa e rara na Zona dos Pinhais e Matinha Nebular (CUATRECASAS & SMITH, 1971).

Ordem: Fabales

Família: Fabaceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; subprolatos; tricolporados; psilados; pequenos a médios.

Dados ecológicos: Ervas, arbustos, árvores ou lianas. No Brasil ocorrem 175 gêneros e 1500 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008). Para o Estado de Santa Catarina são citadas 44 espécies, comuns em formações campestres e florestais (SOBRAL & JARENKOW, 2006). Nos campos do Planalto das Araucárias essa família apresenta 102 espécies, no entanto, não contribui muito para a fisionomia dessa formação, pois suas populações ou indivíduos isolados estão dispersos, entremeados ou ocultos pela vegetação circundante (BOLDRINI *et al.*, 2009).

Subfamília: Mimosoideae

Gênero: *Mimosa* L.

Descrição: Grãos de pólen em tétrades; oblatos, circulares a elípticos; periporados; psilados; muito pequenos a pequenos.

Dados ecológicos: Árvores comuns nos trópicos e importante gênero das formações vegetais brasileiras devido ao número de espécies (JOLY, 2002). Para o Estado de Santa Catarina foram descritas nove espécies arbóreas (BACKES & NARDINO, 2003).

Espécie: *Mimosa scabrella* Benth.

Descrição: Grãos de pólen em tétrades de contorno oval; triporados; psilados a escabradados; muito pequenos.

Dados ecológicos: Árvore de até 15 m, exclusiva da Floresta Ombrófila Mista, uma das plantas mais características dessa formação (BURKART, 1979; SOBRAL & JARENKOW, 2006).

Ordem: Rosales

Família: Cannabaceae

Gênero: *Celtis* L.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; suboblato; triporados; psilados a levemente escabradados; médios.

Dados ecológicos: Arbustos, árvores ou lianas. Para o Estado de Santa Catarina foram descritas três espécies arbustivas (BACKES & NARDINO, 2003; SOBRAL & JARENKOW, 2006).

Família: Moraceae/Urticaceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; prolato; diporados; psilados; pequenos.

Dados ecológicos: Ervas, arbustos, árvores ou lianas. Espécies da família Moraceae são comuns na Floresta Ombrófila Densa. Para o Estado de Santa Catarina foram descritas oito espécies arbóreas (BACKES & NARDINO, 2003; SOBRAL & JARENKOW, 2006). A família Urticaceae é comum em formações secundárias e clareiras no interior das florestas, podem ocorrer também nas bordas (SOUZA & LORENZI, 2008). Para o Estado de Santa Catarina foram descritas duas espécies arbustivas (BACKES & NARDINO, 2003).

Clado: Eurosídeas II

Ordem: Malvales

Família: Malvaceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; triporados; columelados e equinados; grandes.

Dados ecológicos: Ervas ou arbustos; algumas espécies dessa família ocorrem em áreas alagadas. No Brasil ocorrem 80 gêneros e aproximadamente 400 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008). Para o

Estado de Santa Catarina foram citadas seis espécies (SOBRAL & JARENKOW, 2006).

Ordem: Sapindales

Família: Sapindaceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; triangulares; oblatos; sincolpados; microrreticulados; médios.

Dados ecológicos: Arbustos, árvores ou lianas. No Brasil ocorrem 24 gêneros e aproximadamente 400 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008). No Estado de Santa Catarina ocorrem dez gêneros e cerca de 37 espécies, comuns nas florestas (REITZ, 1980). Backes e Nardino (2003) citam 19 espécies para esse Estado, sendo que destas, dez são lianas e sete são de porte arbóreo.

Clado: Asterídeas

Ordem: Ericales

Família: Myrsinaceae

Gênero: *Myrsine* L.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; tetracolpados; psilados; pequenos.

Dados ecológicos: Arbustos e árvores; comum em florestas das regiões Sul e Sudeste. Para o Estado de Santa Catarina foram descritas dez espécies de porte arbóreo (SOBRAL & JARENKOW, 2006).

Família: Symplocaceae

Gênero: *Symplocos* Jacq.

Descrição: Grãos de pólen mônades; triangulares-convexos; e oblatos; tricolporados; psilados a microrreticulados; médios.

Dados ecológicos: Arbustos ou árvores; são comuns na Floresta Ombrófila Densa. No Brasil ocorre somente esse gênero, englobando 40 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008). Cinco espécies foram descritas para o Estado de Santa Catarina (SOBRAL & JARENKOW, 2006).

Família: Styracaceae

Gênero: *Styrax* L.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; subprolatos; tricolporados; escabradados; médios a grandes.

Dados ecológicos: Arbustos ou árvores; os gêneros da família Styracaceae são comuns em florestas ciliares. Foram descritas duas espécies arbóreas para o Estado de Santa Catarina (BACKES & NARDINO, 2003; SOBRAL & JARENKOW, 2006).

Família: Clethraceae

Gênero: *Clethra* L.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; subprolatos; tricolporado; psilados; pequenos.

Dados ecológicos: Árvores ou arbustos. Em Santa Catarina ocorrem duas espécies, comuns nas encostas cobertas pela Floresta Ombrófila Densa e Mista (ICHASO & GUIMARÃES, 1975; BACKES & IRGANG, 2004).

Família: Ericaceae

Descrição: Grãos de pólen em tétrades; tricolporados; escabradados; médios a grandes.

Dados ecológicos: Subarbustos, arbustos ou árvores; são comuns nos campos de altitude das regiões Sul e Sudeste, algumas espécies ocorrem em áreas alagáveis. No Brasil ocorrem 12 gêneros e cerca de 100 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008). No Estado de Santa Catarina, as espécies dessa família são muito comuns nas Matinhas Nebulares. Para o Planalto de São Bento do Sul foram reconhecidas sete espécies, na maior parte de porte arbustivo, ocorrendo nos campos (MARQUES, 1975).

Clado: Euasterídeas I

Ordem: Gentianales

Família: Rubiaceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; tricolporados; reticulados; médios a grandes.

Dados ecológicos: Ervas, subarbustos e arbustos. No Brasil ocorrem 120 gêneros e 2000 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008). Para o Estado de Santa Catarina foram descritas 15 espécies (SOBRAL & JARENKOW, 2006). Nas formações campestres do Planalto das Araucárias essa família apresenta 28 espécies (BOLDRINI *et al.*, 2009).

Gênero: *Borreria* G. Mey.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; suboblados; estefanocolporados; reticulados; médios.

Dados ecológicos: Ervas ou subarbustos comuns nos campos (JOLY, 2002).

Ordem: Lamiales

Família: Plantaginaceae

Gênero: *Plantago* L.

Espécie: *Plantago australis* Lam.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; periporados; escabradados; médios.

Dados ecológicos: Ervas e raramente arbustos; comuns nos campos sulinos (SOUZA & LORENZI, 2008).

Espécie: *Plantago turficola* Rahn

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; periporados; verrucados; pequenos a médios.

Dados ecológicos: Ervas comuns em turfeiras (RAHN, 1966).

Família: Lamiaceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; subprolatos; estefanocolpado (com 6 - 8 colpos longos); equinados; médios.

Dados ecológicos: Ervas ou arbustos. Para o Estado de Santa Catarina foram citadas quatro espécies, comuns em todas as formações florestais (SOBRAL & JARENKOW, 2006). Nas formações campestres do Planalto das Araucárias essa família é representada por 26 espécies (BOLDRINI *et al.*, 2009).

Ordem: Solanales

Família: Solanaceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; subprolatos; tricolporados; psilados; médios.

Dados ecológicos: Ervas, arbustos ou pequenas árvores. No Brasil ocorrem 32 gêneros e cerca de 350 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008). Para o Estado de Santa Catarina foram descritas 27 espécies, sendo seis são de porte arbóreo e duas são lianas e as demais são arbustos (BACKES & NARDINO, 2003). Nos campos do Planalto das Araucárias essa família apresenta 31 espécies, sendo o *Solanum* o principal gênero com 15 espécies (BOLDRINI *et al.*, 2009).

Clado: Euasterídeas II

Ordem: Apiales

Família: Apiaceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; prolatos a perprolatos; tricolporados; psilados; médios.

Dados ecológicos: Ervas. No Brasil ocorrem oito gêneros e aproximadamente 100 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008). Nas formações campestres do Planalto das Araucárias essa família apresenta 31 espécies (BOLDRINI *et al.*, 2009).

Gênero: *Eryngium* L.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; prolatos a perprolatos; tricolporados; pilados; médios.

Dados ecológicos: Ervas comuns em áreas alagáveis ou secas (SOUZA & LORENZI, 2008). Irgang (1973) descreveu 29 espécies nos campos de altitude do Estado do Rio Grande do Sul e ressalta que esse gênero é adaptado a diferentes habitats, mas a maior parte das espécies pertence a ambientes úmidos. Esse é principal gênero da família Apiacea nos campos do Planalto das Araucárias, apresentando 17 espécies (BOLDRINI *et al.*, 2009).

Ordem: Aquifoliales

Família: Aquifoliaceae

Gênero: *Ilex* L.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; subprolatos; tricolporados; clavados e pilados; médios.

Dados ecológicos: Arbustos ou árvores. A família Aquifoliaceae inclui somente o gênero *Ilex*, que no Brasil é representado por cerca de 50 espécies, ocorrendo em áreas de maior altitude das regiões Sul e Sudeste (SOUZA & LORENZI, 2008). Backes e Nardino (2003) descreveram sete espécies para o Estado de Santa Catarina, todas de porte arbóreo. No Planalto de São Bento do Sul foram reconhecidas cinco espécies, de porte arbóreo, na encosta atlântica coberta pela Floresta Ombrófila Densa (EDWIN *et al.*, 1967).

Ordem: Asterales

Família: Asteraceae

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; tricolporados; equinados; médios.

Dados ecológicos: Ervas, subarbustos, arbustos e menos frequentemente árvores ou lianas; são comuns nos campos sulinos, sendo *Baccharis* e *Senecio* os gêneros mais comuns das formações abertas. No Brasil ocorrem 250 gêneros e cerca de 2000 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008). Para o Estado de Santa Catarina foram descritas 81 espécies, sendo a maior parte de porte arbustivo, embora, ocorram árvores (sete espécies) e lianas (cinco espécies). Destas 81 espécies, 42 pertencem ao

gênero *Baccharis* e são de porte arbustivo. Segundo Boldrini *et al.* (2009) essa família apresenta maior número de espécies (276 espécies) nas formações campestres do Planalto das Araucárias.

Gênero: *Gnaphalium* L.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; subtriangular a circular; tricolporados; microequinados; pequenos.

Dados ecológicos: Ervas; comuns em áreas alteradas (JOLY, 2002).

Gênero: *Holocheilus* Cass.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; prolato; tricolporados; microequinados; médios.

Dados ecológicos: Ervas perenes (CABRERA & KLEIN, 1973; BREMER, 1994).

Gênero: *Jungia* Boehm.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; prolato; tricolporados; psilados; médios.

Dados ecológicos: Cabrera e Klein (1973) citaram para o Estado de Santa Catarina apenas uma espécie desse gênero, ocorrendo nas bordas da Floresta Ombrófila Mista, floresta latifoliada, ao longo de estradas, clareiras e especialmente em orlas de florestas que delimitam áreas de cultivo, onde os solos foram recentemente alterados. Podem ser encontradas em áreas úmidas, secas ou rochosas.

Gênero: *Trixis* P. Browne

Descrição: Grãos de pólen em mônades; triangulares-convexo; prolato, tricolporados; microequinados; médios.

Dados ecológicos: Ervas perenes ou arbustos. Para o Estado de Santa Catarina foi descrita uma espécie arbustiva (*Trixis praestans* (Vell.) Cabrera) (BACKES & NARDINO, 2003).

Gênero: *Vernonia* Schreb

Descrição: Grãos de pólen em mônades; esféricos a subtriangulares; tricolporados; reticulados com muros altos sobre os quais desenvolvem espinescências; médios.

Dados ecológicos: Ervas, subsarbustos, arbustos e árvores; comuns nas florestas secundárias (SOUZA & LORENZI, 2008). Para o Estado de Santa Catarina foram citadas duas espécies de porte arbóreo: *Vernonia discolor* (Spreng.) Less. e *Vernonia puberula* Less. (BACKES & NARDINO, 2003; SOBRAL & JARENKOW, 2006), ocorrendo na

Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa e Matinha Nebular. Para o Planalto de São Bento do Sul foram citadas dez espécies, sendo que a maioria de porte herbáceo, mas ocorrem também arbustos e árvores. É comum nos campos, Floresta Ombrófila Mista e Florestas Galeria (CABRERA & KLEIN, 1980).

Ordem: Dipsacales

Família: Valerianaceae

Gênero: *Valeriana* L.

Descrição: Grãos de pólen em mônades; circulares; tricolporados; equinados; médios.

Dados ecológicos: Ervas, subarbustos ou lianas; comuns nos campos de altitude. No Brasil só ocorre esse gênero, reunindo sete espécies (SOUZA & LORENZI, 2008).

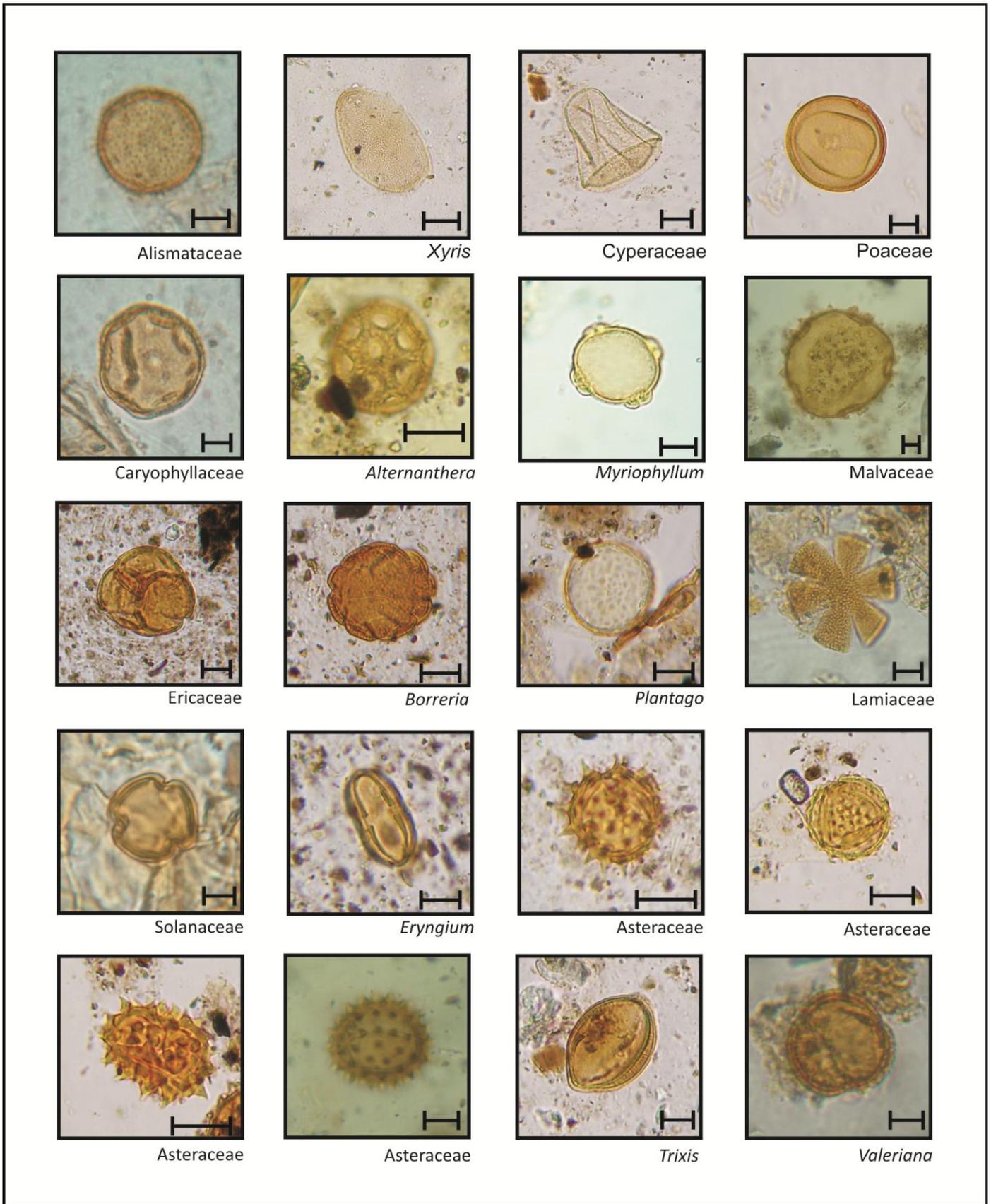


Figura 3 Principais grãos de pólen da formação vegetacional campestre. Barras 10 micrômetros.

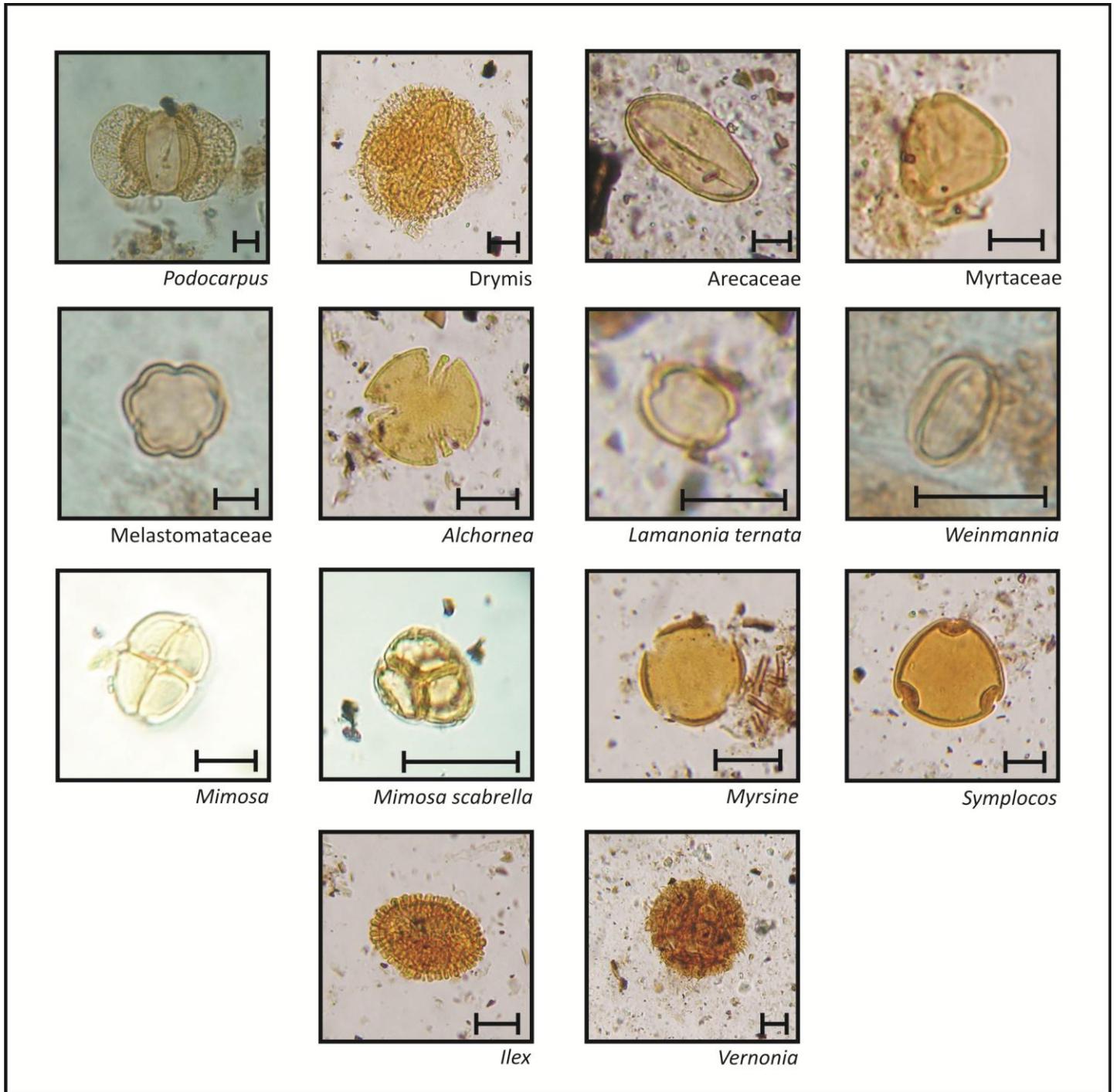


Figura 4 Principais grãos de pólen da formação vegetacional florestal. Barras 10 micrômetros.

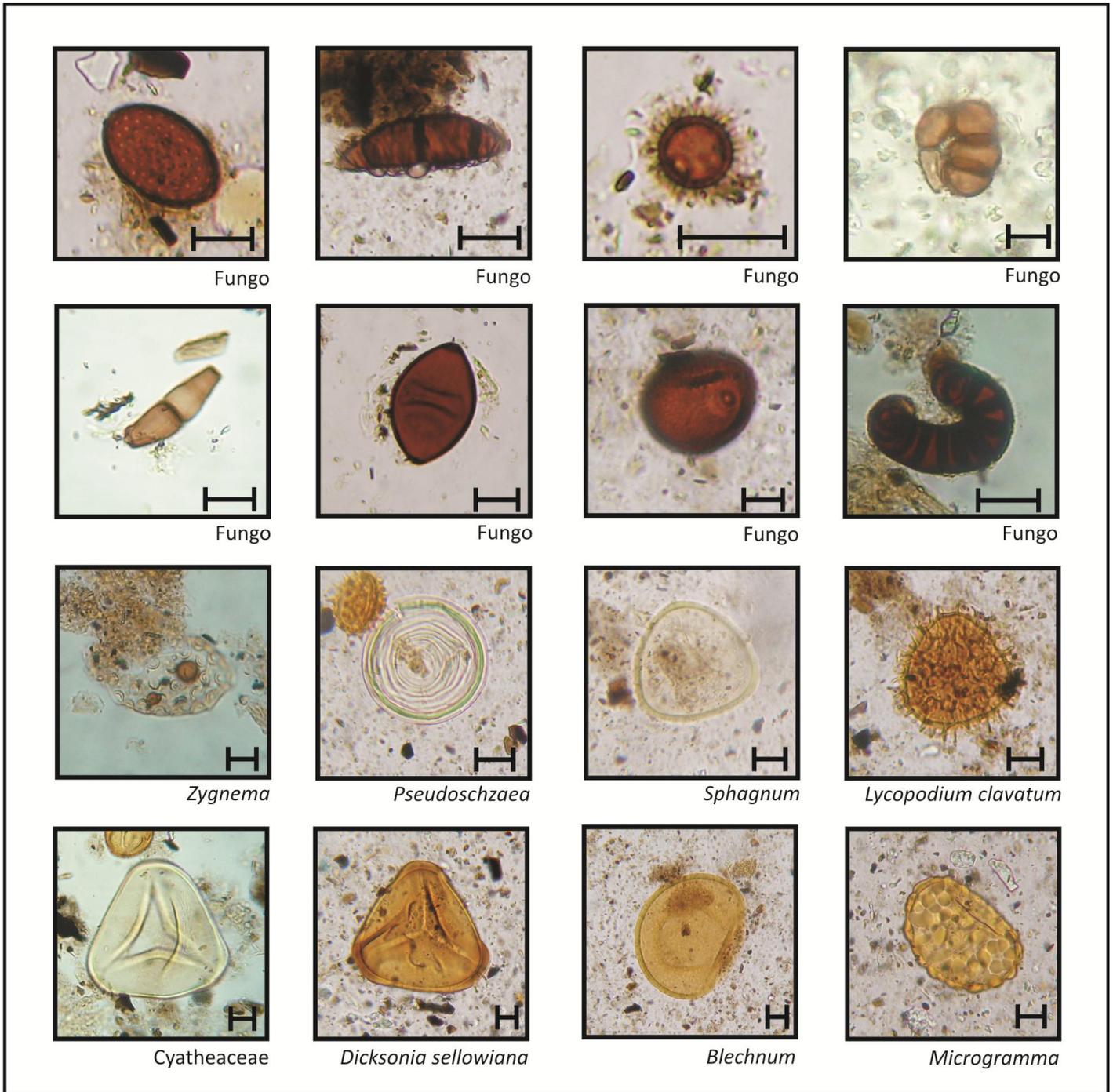


Figura 5 Principais esporos de campo e floresta. Barras 10 micrômetros.

6 PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO TABULEIRO

6.1 SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA TURFEIRA CAMPO DA CIAMA

6.1.1. Estratigrafia

6.1.1.1 Levantamento estratigráfico e características físicas dos materiais

Essa turfeira está inserida em área de cabeceira de vale na localidade Campo da Ciama (Fig. 6), no nordeste do município de São Bonifácio-SC, dentro dos limites do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.

A seção estratigráfica foi elaborada com auxílio do Radar de Penetração no Solo (GPR - Ground Penetration Radar). Através da análise dos perfis de radar, das descrições de campo, dos resultados das análises granulométricas e teor de matéria orgânica foi possível o estabelecimento de quatro zonas de radar, subdividas em 20 conjuntos de refletores GPR (Fig. 7).

As amostras para análise granulométrica e de teor de matéria orgânica foram coletadas conforme plano estabelecido a partir de análise preliminar de perfis de radar, seguindo a distribuição dos refletores GPR.

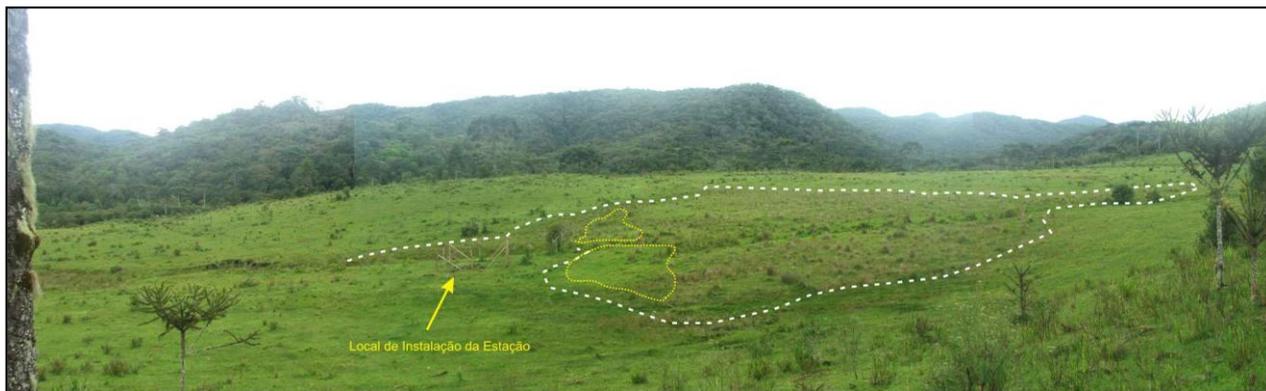


Figura 6 Vista parcial da Turfeira Campo da Ciama. A área tracejada em branco representa a turfeira e as linhas em amarelo os “colchões d’água”.
(Foto: Marcelo Oliveira, 2009)

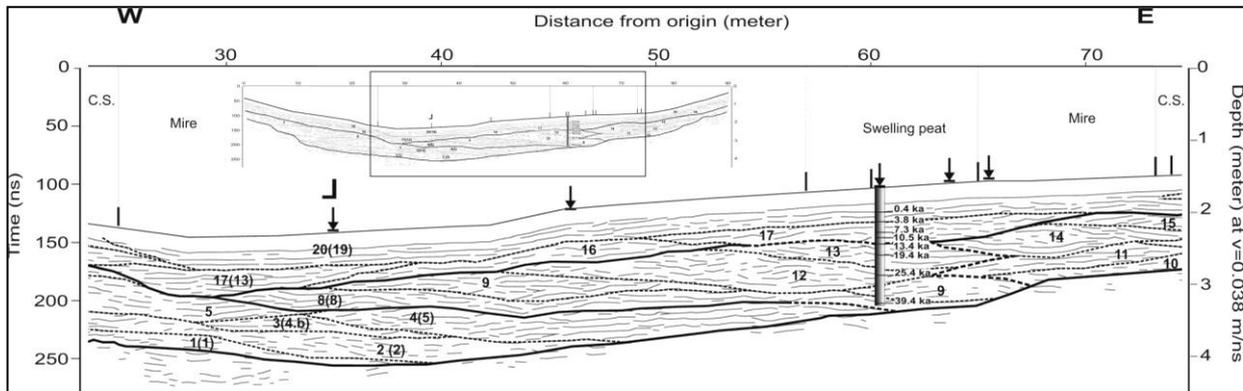


Figura 7 Perfil de radar interpretado da Seção Turfeira Campo da Cima.
 (Fonte: Oliveira et al., *submetido*)

Foram submetidas à análise granulométrica 48 amostras, coletadas na área ocupada pela turfeira e em pontos adjacentes, abrangendo três das quatro zonas que compõem a seção. As amostragens foram realizadas com o coletor *Russian*, pois esse equipamento permite a coleta de amostras indeformadas, o que facilita as descrições de campo e amostragem detalhada. Para a representação gráfica e comparação dos sedimentos, em virtude da alta concentração de cascalho nessas amostras, foram utilizados os diagramas de Folk (1954) e de Flemming (2000). No quadro 8 e na figura 8 são apresentados os resultados de 20 amostras coletadas em testemunho que abrange as duas zonas superiores (zonas 2 e 3) da seção. Os resultados das outras 28 amostras estão listados no quadro 9.

A partir da análise do quadro 8 e das figuras 8 e 9 observa-se que existe distinção clara entre as duas zonas de radar. A zona 2 apresenta predomínio de materiais com textura grossa, com concentração média em torno de 62% (sendo 35% de areia e 29% de cascalho), sendo classificados como *lama arenosa* (50 a 75% de lama), sendo a classe mais freqüente *lama arenosa siltosa* (C-III). Segundo a classificação de Folk (1954) essas amostras são compostas por materiais que variam de *lama cascalhosa* (gM) a *areia cascalhosa lamosa* (gms). Uma exceção a esse padrão da zona 2 é apresentada pela amostra 14, que consiste de lâmina de material lamoso (85% de lama), que foi classificado como *lama levemente arenosa siltosa* (DIII, 75 a 95% de lama), segundo a classificação de Flemming (2000). Já os materiais que compõem a zona 3 são essencialmente lamosos, com teores médios em torno de 92%. Na classificação de Flemming esses materiais variaram de *lama levemente arenosa* (75 a 95% de lama) a *lama* (>95% de lama) e na classificação de Folk como *lama* (M) e *lama arenosa* (sM). Ressalte-se que os materiais mais ricos em areia foram encontrados nas amostras próximas à base dessa zona. Os materiais com textura mais grossa, nessa zona, não ultrapassam 16% (concentração média de 8%) e são compostos majoritariamente por areia (teores médios de 7%).

Os dois conjuntos de amostras listados nos quadros 8 e 9 foram plotados nos diagramas de Flemming e Folk. Analisando os dois diagramas (Fig. 9) é possível observar que durante o período de formação da seqüência sedimentar houve diminuição da energia deposicional em direção ao topo. A figura 8 (diagrafia), ilustra variações granulométricas importantes, sugerindo acamadamento, sobretudo na zona 2, tal como verificado pela análise do radargrama (Oliveira *et al.*, *submetido*).

Amostra	Profundidade (cm)	Unidade	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação Textural*	Classificação Textural**
T.1	20	3	0	0,3	23,58	69,13	DIV	M
T.2	40		0	0	3,8	96,28	EVI	M
T.3	60		Não determinada					
T.4	80		3,64	3,95	8,22	84,10	EV	(g)M
1.1	90 a 112		Não determinada					
1.2		0,13	15,93	54,49	29,08	DIII	sM	
1.3		0,35	14,42	76,28	13,49	DII	sM	
2.1	112 a 117	2	32,25	40,3	18,12	9,1	BII	gms
3.1	117 a 123		48,48	39,09	6,97	5,78	AI	gms
3.2			35,36	44	14,05	7,47	BII	gms
4.1			18,28	35,45	25,3	21,86	CIII	gM
4.1A	123 a 140		25,5	34,03	28,25	13,14	CIII	gM
4.2			21,78	32,32	26,05	19,86	CIII	gM
4.2A			16,27	35,09	27,92	20,43	CIII	gM
5.1			31,69	28,2	25,7	14,46	CIII	gM
6.1	140 a 179		8,64	7,72	59,32	25,86	DIII	gM
7.1			20,88	34,31	39,25	5,4	CII	gM
7.2			25,65	33,64	23,1	17,83	CIII	gM
8.1			38,87	26,06	17,4	17,63	CIV	gM
8.2		36,79	34,87	15,78	12,32	BII	gms	

Quadro 8 Dados granulométricos das 20 amostras coletadas em testemunho na Seção Estratigráfica Turfeira Campo da Ciama.

*Conforme Flemming (2000); **Conforme Folk (1954).

Amostra	Profundidade (cm)	Unidade	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação Textural*	Classificação Textural**
18	66 a72	3	0	1,14	5,92	93,11	EVI	M
14	89 a 99	3	0	0,69	32,98	66,02	EIV	M
22	91 a 99	3	6,77	22,22	15,67	55,61	DV	gM
23	83 a 91	3	21,78	21,55	10,29	46,53	CV	gM
24	170 a 176	3	0,19	4,64	12,68	83,20	EV	M
25	176 a 182	3	4,89	16,51	16,41	62,66	DV	(g)sM
8	49 a54	3	Não determinada					
4	52 a 59	3	Não determinada					
13	70 a75	3	Não determinada					
1	130 a 133	3	4,4	0	20,70	47,4	CIV	(g)sM
2	133 a 140	3	16,86	23,24	28,40	31,5	CIV	gM
9	66 a 71	2	26,26	39,81	7,92	26,68	BIV	gms
19	72 a 83	2	8,71	45,12	9,87	35,68	CV	gms
10	90 a 95	2	18,94	30,7	22,6	27,56	CIV	gM
11	123 a 128	2	19,93	36,49	15,33	21,21	CIV	gM
21	125 a 130	2	22,49	48,78	12,56	18,46	BIII	gms
12	128 a 133	2	27,50	32,16	27,93	14,25	CIII	gM
20	130 a 133	2	17,97	48,08	9,28	24,62	BIII	gms
3	141	2	24,25	37,31	11,44	26,96	CIV	gM
15	168	2	30,92	27,45	21,59	20,01	CIII	gM
26	182 a 188	2	15,27	27,17	10,64	41,78	CV	gM
16	189 a 199	2	27,85	31,53	20,89	18,75	CIII	gM
17	199 a 206	2	42,17	27,21	1,49	28,80	CVI	gM
27	?	2	43,78	20,94	16,66	18,28	CIV	gM
5	61 a 71	1	12,02	30,84	37,13	20,05	CIII	gM
6	77 a 83	1	26,12	37,66	17,29	18,63	BIII	gms

Amostra	Profundidade (cm)	Unidade	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação Textural*	Classificação Textural**
7	103	1	29,55	19,63	38,52	12,16	CII	gM
28	?	1	30,47	28,57	23,25	18,10	CIII	gM

Quadro 9 Dados granulométricos das 28 amostras coletadas na Seção Turfeira Campo da Ciama.

*Conforme Flemming (2000); **Conforme Folk (1954).

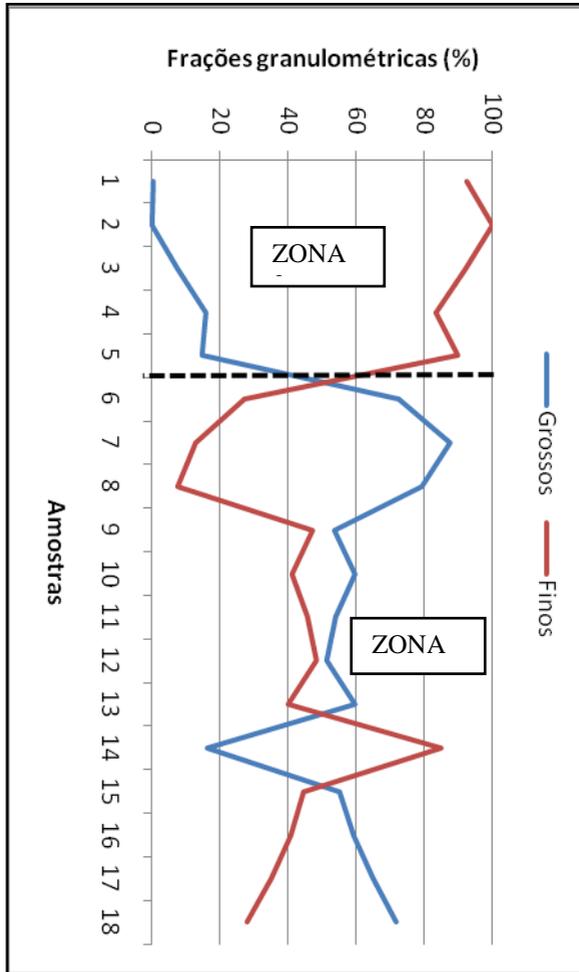


Figura 8 Distribuição das frações granulométricas na seção Turfeira Campo da Ciama. Os números 2 a 3 no interior do gráfico correspondem às zonas de radar.

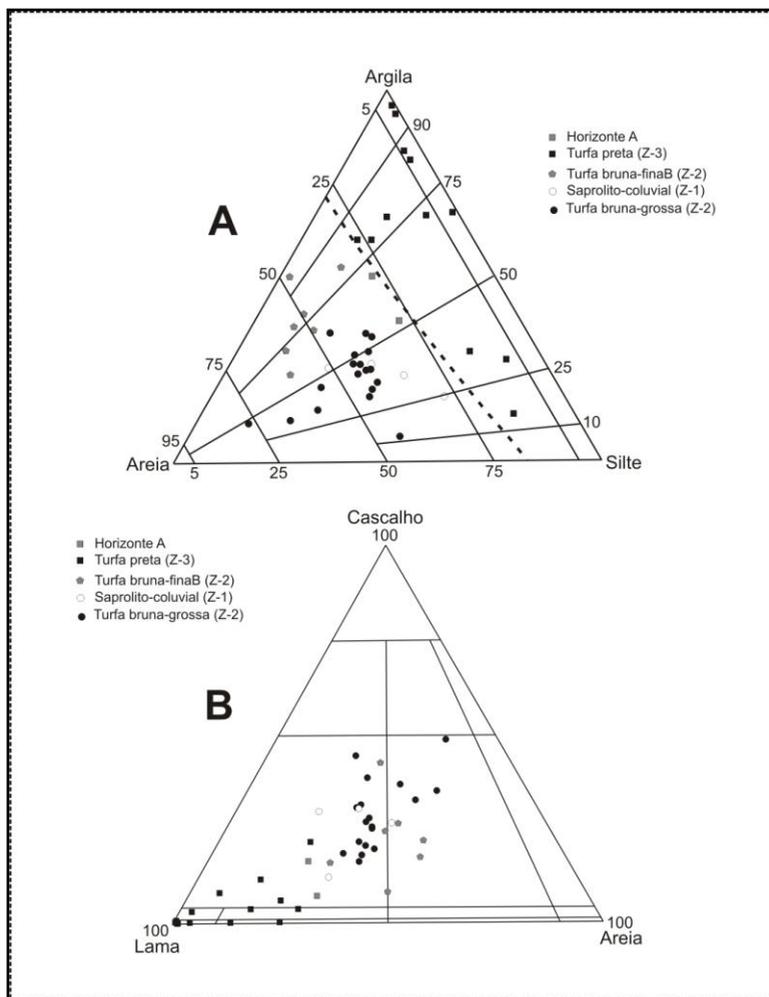


Figura 9 Diagramas texturais para as amostras da seção Turfeira Campo da Ciama: Fig. A, diagrama de Flemming (2000) e Fig. B, diagrama de Folk (1954). A linha tracejada no diagrama de Flemming indica o limite das áreas ocupadas pelas amostras analisadas, à direita da linha estão concentradas as amostras das unidades 2 e 3 e à esquerda, as amostras das unidades 1 e 2.

As zonas 1 e 2 são compostas por sedimentos com importante concentração de materiais grossos (cascalho e areia), com média de 54% na zona 1 e 62% na zona 2, o que indica que esses sedimentos foram depositados em ambiente de alta energia, possibilitando o transporte de

cascalho e areia misturados a materiais lamosos, que nessas unidades apresentaram concentração entre 46% (zona 1) e 37% (zona 2). Outra característica importante desses sedimentos, ressaltada pelo diagrama de Folk, é a importante concentração de cascalho nas amostras. De fato, 50% das amostras analisadas foram classificadas como *lama cascalhosa*. Já na zona 3, os materiais são essencialmente lamosos, com concentração média de 86%, sugerindo ambiente com baixa energia deposicional.

6.1.1.2 Teor de matéria orgânica

Foram submetidas a essa análise oito amostras, abrangendo as duas zonas superiores (2 e 3) individualizadas nessa seção.

Observando os dados apresentados no quadro 10 e na figura 10 é possível constatar que as amostras da seqüência apresentam alta concentração de matéria orgânica com valores superiores a 14%. É possível observar ainda tendência ao aumento dos teores de matéria orgânica em direção ao topo.

Esses dados indicam presença de horizonte A turfoso, que é horizonte diagnóstico dos Organossolos, e é definido como camada superficial constituída de material orgânico, com espessura maior que 40 cm (IBGE, 1995).

Amostra	Profundidade (cm)	Unidade	Carbono orgânico (%)	Matéria orgânica (%)	Classificação quantitativa
1	34	3	50,62	87,06	Alta
2	47		51,05	87,80	Alta
3	61		46,60	80,16	Alta
4	71	Subunidade 2	34,22	58,86	Alta
5	83		36,68	63,10	Alta
6	94		15,22	26,17	Alta
7	122		16,75	28,82	Alta
8	167		8,69	14,96	Alta

Quadro 10 Teor de carbono orgânico e matéria orgânica das amostras da Seção Estratigráfica Turfeira Campo da Ciama.

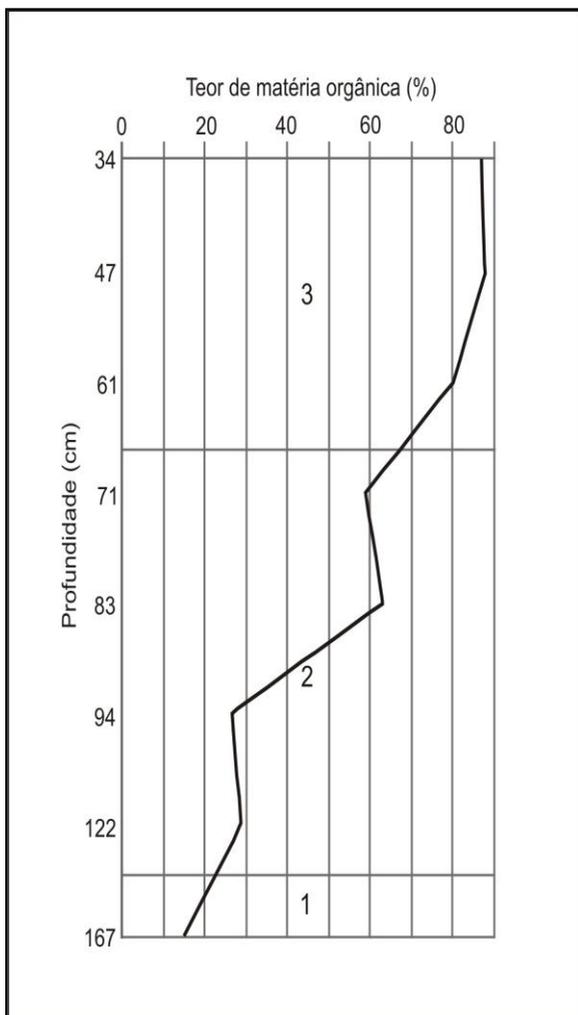


Figura 10 Distribuição do teor de matéria orgânica na Seção Turfeira Campo da Ciama. Os números de 1 a 3 no interior do gráfico indicam as unidades da seção.

6.1.1.3 Geocronologia

Amostras em diferentes profundidades foram submetidas à datação radiométrica por carbono 14 no AMS Labor Erlanger (Alemanha) e no Center for Applied Isotopes Studies – Universidade da Geórgia (E.U.A.). As datações por Termoluminescência (TL) e Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) foram realizadas no Laboratório de Vidros e Datação – Labvidros (FATECSP, São Paulo). As idades são apresentadas nos quadros 11 e 12.

Amostra	Profundidade (cm)	Zona	Idade (AP)
1	20 (solo)	4	400 ± 20
2	20	4	670 ± 25
3	34	4	459 ± 44
4	35	3	1.860 ± 25
5	40	3	2.020 ± 30
6	47	3	3.820 ± 39
7	61	3	7.327 ± 45
8	71	3	10.536 ± 63
9	83	2	13.399 ± 72
10	94	2	19.439 ± 115
11	122	2	25.380 ± 152
12	167	2	39.407 ± 681
13	210	1	53.560 ± 1.450

Quadro 11 Idades Carbono 14 obtidas para amostras coletadas na Seção Turfeira Campo da Ciama.

Amostra	Profundidade (cm)	Zona	Idade
1	140	2	25.300 +/- 3.100
2	84	1	45.900 +/- 4.700
3	175	1	64.500 +/- 7.000
4	120	1	99.400 +/- 11.300
5	190	1	159.700 +/- 17.100

Quadro 12 Idades Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) obtidas para amostras coletadas na Seção Turfeira Campo da Ciama.

6.1.1.4 Estratigrafia da turfeira de altitude

A geometria geral da zona 1 é lenticular e sua espessura varia de 1 m na periferia, afinando em direção ao fundo de paleo-vale, onde a turfeira se desenvolveu (Fig. 7, p. 90). Essa zona apresenta as cores mais claras de toda a sequência sedimentar (*amarela-clara-acinzentada* a *bruna-amarelada-clara*). É constituída por mistura de cascalho, areia e lama, com características muito próximas às do manto de intemperismo. As descrições de campo apontaram a presença de restos vegetais centimétricos misturados ao arcabouço, que foi classificado, segundo o diagrama de Folk (1954), como *lama cascalhosa*.

A zona 2 também apresenta geometria lenticular, sendo mais fina nas periferias da turfeira. As cores são mais escuras que na zona anteriormente descrita, variando de bruna acinzentada a bruna muito escura, que pode ser o resultado da maior concentração de matéria orgânica humificada. Nessa zona os teores de matéria orgânica variaram de 14,96%, na base a 58,86%, no topo. Nas descrições de campo, que foram confirmadas posteriormente pela análise granulométrica, foram observadas a presença de lâminas de materiais lamosos intercalados ao material de matriz mais grossa, composta por areia e cascalho. A análise do perfil de radar apontou no interior da zona 2, área em que os refletores GPR eram fracos ou raros (conjuntos 8, 9 e 10) e que estão relacionados à baixa ocorrência de cascalhos nesse setor da zona 2 (Oliveira *et al.*, *submetido*).

A zona 3 corresponde à turfa propriamente dita. Apresenta cor preta, textura lamosa (teor médio de 92%), alta concentração de matéria orgânica, variando de 80 a 87%.

A zona 4 é composta essencialmente por tecido vegetal, fato que impossibilitou que amostras dessa zona fossem processadas para análise mecânica.

Observa-se, portanto, a ocorrência de estratificação nos depósitos da turfa de altitude, formada por várias subunidades, definidas pela interpretação estratigráfica de radar e confirmadas por análises diversas (Oliveira *et al.*, *submetido*). Essas subunidades foram agrupadas em zonas de radar, definindo quatro unidades principais: Zona 1; Zona 2; Zona 3, e Zona 4.

6.1.1.5 Interpretação da evolução de turfeira de altitude em cabeceira de vale

A integração dos dados estratigráficos (radargrama; descrições de campo; análises físicas e químicas; datações) sugere quadro ambiental relativamente complexo, em que processos de erosão e sedimentação estiveram presentes, promovendo o acúmulo de depósitos de turfa que foram misturados com materiais de matriz grossa (cascalho e areia) e restos vegetais.

A idade obtida para um pedaço de madeira encontrado na base da zona 1 (53,6 ka AP) é consistente com as idades LOE obtidas para outras amostras da mesma zona, o que atribui consistência à afirmação de que o início da sedimentação local ocorreu durante o Estágio Isotópico Marinho 3 (EIM 3). A mistura de materiais oriundos do manto de intemperismo e de restos vegetais à matriz grossa e heterogênea, composta por cascalho, areia e lama, assim como a geometria da zona 1, sugerem caráter coluvial para essa unidade.

A zona 1 teria sido gerada por fluxos densos que transportaram materiais das vertentes para as partes mais baixas (paleo-vale), onde uma turfeira começou a se desenvolver em período posterior. A presença de restos vegetais centimétricos (pedaços de troncos e raízes) sugere ocorrência de vegetação lenhosa (arbustiva e/ou arbórea) durante essa fase de evolução da turfeira. A fase sugere intensa atividade morfogenética, que também encontra paralelo em outras áreas planálticas do Brasil, para o período. No Segundo Planalto Paranaense, por exemplo, os sedimentos estudados por Camargo (2005) indicam período de intenso intemperismo que aumentou o aporte de sedimentos grossos ao longo das encostas, gerando eventos deposicionais sucessivos que promoveram a formação de depósitos aluviais sobre a baixa e média encosta (CAMARGO, 2005). De fato, o EIM 3 é caracterizado nos trópicos e subtropicais como período de sedimentação importante em diferentes áreas da América do Sul, Sudeste da Ásia, África (THOMAS, 2000) e Oceania (THOMAS *et al.*, 2001), estando os depósitos estudados associados a sinal de caráter global.

Após essa fase de colúviação, a turfeira começa a se desenvolver, entre 39,4 a 13,4 ka AP, correlacionável ao final do EIM 3, EIM 2 (Último Máximo Glacial), e o chamado Tardiglacial, sendo esse desenvolvimento associado aos depósitos da zona 2. A presença de lâminas de areia e cascalho, intercaladas às camadas lamosas sugere a

atuação de escoamento superficial, carreando alúvios para o fundo da cabeceira. Nessas áreas mais baixas, os depósitos lamosos dos conjuntos de radar 8, 9, 10 (Fig. 7, p. 90) foram interpretados como depósitos aluviais distais finos que colmataram pequeno lago durante o EIM 2 (Oliveira *et al.*, *submetido*).

A aparente mudança do padrão hidrológico entre o EIM 3 e o EIM 2 é uma evidência de que as condições ambientais eram diferentes daquelas existentes na zona 1. Esse aumento de umidade, que favoreceu a mudança do padrão deposicional e o início da formação da turfeira foi também registrado em outras áreas do Brasil. Os depósitos estudados na região Sudeste do Brasil atestam a formação de depósitos ricos em argila (TURCQ *et al.*, 1997) e de turfeiras (MELO & CUCHIERATO, 2004) entre 33 e 20 ka AP. O Último Máximo Glacial (UMG), evento global com sinais contraditórios em ambos os hemisférios, é caracterizado nos trópicos e subtropicais úmidos como período de redução das precipitações (THOMAS *et al.*, 2001). No entanto, na turfeira estudada no Campo da Ciama, assim como no Segundo Planalto Paranaense as evidências apontam para a existência de clima relativamente úmido, que favoreceu o desenvolvimento de horizonte pedológico no Segundo Planalto Paranaense (CAMARGO, 2005) e deu início ao desenvolvimento da turfeira no Campo da Ciama.

Um testemunho de sondagem de 167 cm foi coletado nesta turfeira e submetido à análise palinológica, abrangendo registro dos últimos 39,4 ka AP (JESKE- PIERUSCHKA & BEHLING, 2008). A integração desses dados com os da estratigrafia possibilita maior detalhamento do registro holocênico na área, correspondentes às zonas 3 e 4.

Os sedimentos que compõem a zona 3 são essencialmente turfosos e foram depositados entre 10,5 a 1,9 ka AP. No entanto, a análise granulométrica aponta presença de areia nessa zona, sugerindo a continuidade da atuação do escoamento superficial. O diagrama palinológico elaborado por Jeske-Pieruschka & Behling (2008) sugere o predomínio da vegetação campestre até aproximadamente 3,8 ka AP. No entanto, a partir de 10,5 ka AP, observa-se aumento do conjunto dos táxons florestais, representados majoritariamente por elementos da Floresta Ombrófila Densa, atestando clima quente e úmido, o que também é reforçado pelo relativo aumento dos esporos de pteridófitos nos registros. A partir de 3,8 ka AP, observa-se a franca expansão dos conjuntos dos táxons florestais (Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista). A maior concentração de esporos de *Sphagnum* nesses sedimentos reforça o desenvolvimento de turfa típica durante

essa fase, uma vez que este briófito está intimamente associado a esse ambiente. A integração desses dois conjuntos de dados possibilita a definição de condições ambientais mais quentes e mais úmidas que favoreceram o desenvolvimento dessa turfeira. De fato, os trabalhos desenvolvidos em áreas temperadas da América do Sul (MARKGRAF, 1989), nas cavernas de Botuverá, no Estado de Santa Catarina (CRUZ *et al.*, 2009) e em áreas planálticas da região sudeste como a Serra da Mantiqueira (MODENESI & GAUTTIERI, 2000), Serra do Mar (PESSENDA *et al.*, 2009), atestam predomínio de clima mais úmido durante o Holoceno Médio, contrariando outros estudos que sugerem para esse período a existência de ambiente mais seco (THOMAS & THORP, 1995; THOMAS, 2008).

A zona 4 é constituída por material vegetal pouco decomposto, formado entre 670 a 400 anos AP. O diagrama palinológico sugere recuo da floresta em período posterior a 459 anos AP, que pode ser interpretado como resposta à intensa exploração da floresta em meados do século XX relatada por Klein (1981).

Oliveira *et al.* (*submetido*) sugerem que essa turfeira possa ser classificada como turfeira em cabeceira de vale, no que se refere à geomorfologia e como turfeira minerotrófica, no que concerne a sua evolução hidromorfológica. Para esses autores os processos de colúviação estavam presentes na área desde o EIM 3, pelo menos. A segunda metade desse interestádio foi, provavelmente, mais úmida no local de estudo, embora mais frio e mais seco do que a fase atual, o que é reforçado pela atuação dos processos aluviais e pela presença de lago raso associado aos depósitos lamosos da zona 2. Esse lago foi posteriormente preenchido entre o Último Máximo Glacial até o Tardiglacial. A análise do diagrama palinológico para o Pleistoceno do sítio estudado confirma essa interpretação (Oliveira *et al.*, *submetido*).

6.2 SEÇÃO PEDOESTRATIGRÁFICA CAMPO DA CIAMA

6.2.1. Estratigrafia

6.2.1.1 Levantamento estratigráfico e características físicas dos materiais

Essa seção está situada no Campo da Ciama, no nordeste do município de São Bonifácio-SC, dentro dos limites do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. A seção está inserida em área de transição entre cabeceira de vale e calha fluvial, em afluente do rio do Ponche. Vista parcial da área pode ser observada na figura 11.



Figura 11 Vista parcial da seção levantada em corte de estrada no Campo da Ciama. A seta indica canal de primeira ordem em um dos afluentes do rio do Ponche (Foto: Glaucia Ferreira, 2005).

A seção (Fig. 12) foi levantada em corte de estrada, possui em torno de 20 m de extensão e 1,80 m de altura. A partir das características físicas dos materiais, levantadas em campo, foram individualizadas oito unidades estratigráficas.

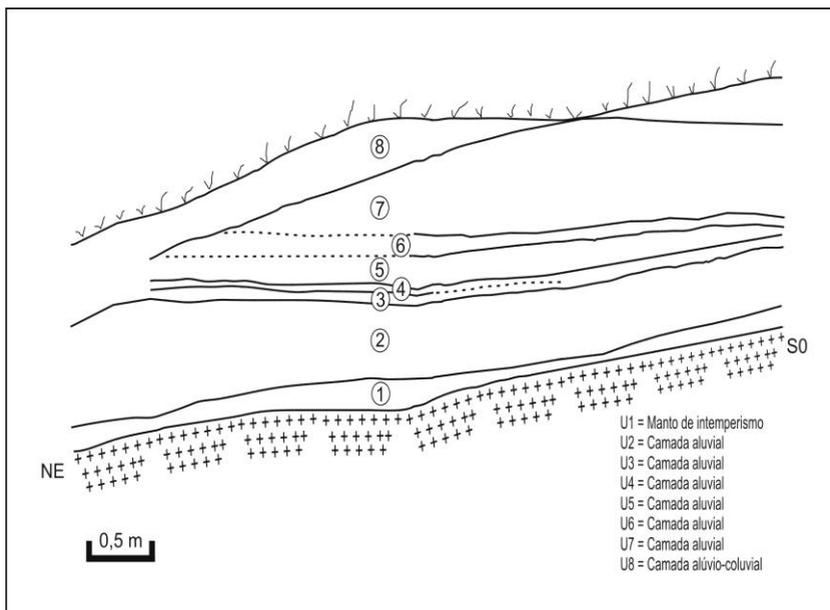


Figura 12 Seção Pedoestratigráfica Campo da Ciama. Os números de 1 a 8 indicam as unidades individualizadas.

Como pode ser observado na figura 12, a geometria da unidade 1, que consiste do manto de intemperismo, sugere caimento em direção ao canal. Já as unidades de 2 a 7 estão dispostas de forma plano-paralela, com tendência à caimento horizontal no setor mais próximo ao canal fluvial (NE). Nesse, as unidades de 2 a 7 encontram-se truncadas, o que confere a essas unidades geometria lenticular, sobretudo na unidade 7. A sequência é recoberta pela unidade 8.

Síntese das características físicas dos materiais que compõem a seção pode ser observada no quadro 13.

Unidades/ Característica	Cor da matriz	Concentração e tamanho dos cascalhos	Textura ao tato	Tipo de estrutura pedológica	Tipo de contato	Observações
9	Cinzenta muito escura (7.5YR 3/1, úmida) a bruna amarelada escura (10YR4/4, úmida)	Ausente	Arenosa	Grãos simples	---	Presença de muitas raízes
8	Preta (10YR 2/1, úmida) a cinzenta muito escura (10YR 3/1, úmida)	Ausente	Arenosa	Grãos simples	Clara a abrupta	Presença de raízes, com canais oxidados
7	Bruna acinzentada muito escura (10YR 3/2, úmida) a preta (5YR 2.5/1, úmida)	Ausente	Arenosa	Grãos simples	Clara a abrupta	Presença de raízes, com canais oxidados
6	Cinzenta muito escura (7.5YR 3/1 e 10YR 3/1, úmida) a preta (5YR 2.5/1, úmida)	Ausente	Argilo-siltosa	Granular	Clara a abrupta	Presença de raízes
5	Cinzenta muito escura (7.5YR 3/1, úmida) a preta (5YR 2.5/1, úmida)	Ausente	Argilo-siltosa	Granular	Abrupta	Presença de raízes e carvão
4	Cinzenta muito escura (2.5Y 3/1, úmida) a preta (5YR 2.5/1 7.5YR 2.5/1, úmida)	Ausente	Argilo	Granular	Abrupta	Presença de raízes
3	Preta (5Y 2.5/1 e N 2.5, úmida)	Ausente	Argilo-siltosa	Granular	Clara	Presença de raízes
2	Preta (10YR 2.5/1 e 5YR 2.5/1 úmida) a Cinzenta muito escura (2.5Y 3/1, úmida)	Ausente	Argilo-siltosa	Granular	Gradual	Presença de raízes
1	Amarela brunada (10YR 6/8, úmida) a bruna amarelada (10YR 5/8, úmida)	Ausente	Argilo-siltosa	Maciça	Gradual	Presença de raízes e pedótubulos

Quadro 13 Características físicas das unidades que compõem a Seção Campo da Ciama.

Com exceção do manto de intemperismo (Unidade 1), que exhibe cores mais claras (*amarela brunada a bruna amarelada*), as cores predominantes na seqüência variam de cinzenta muito escura a preta. A textura ao tato é, predominantemente, mais fina da base da seqüência até a unidade 6, ficando mais grossa a partir da unidade 7, em direção ao topo. As transições entre as unidades variam de clara a abrupta, tendo sido classificadas como gradual somente as transições entre as unidades inferiores (de 1 a 3).

A partir da análise da seção estratigráfica foram determinados seis pontos para coleta de amostras para análise granulométrica, teor de matéria orgânica e análise palinológica. Esses pontos podem ser observados na figura 13.

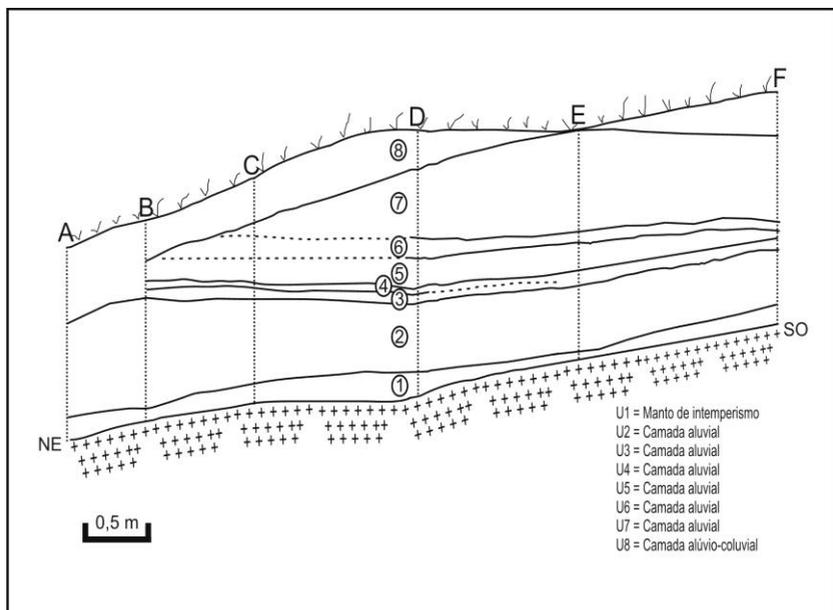


Figura 13 Localização das seções colunares onde foram coletadas as amostras para as análises de laboratório. As letras A, B, C, D, E e F indicam os locais de coleta de amostras.

Foram submetidas 47 amostras à análise granulométrica e a síntese dos resultados obtidos pode ser observada no quadro 14.

Amostra	Profundidade (cm)	Unidade	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação Textural
Seção colunar A							
0-4	31	8	0,84	60,83	36,11	2,22	BI
0-3	71	2	0,13	32,31	56,91	10,66	CII
0-2	106	2	0,05	55,53	29,91	14,51	BII
0-1	136	1	0,56	5,834	39,7	53,91	DIV
Seção colunar B							
1-7	23	8	0	64,68	33,85	1,47	BI
1-6	38	5	0	65,26	24,86	9,87	BI
1-5	48	4	0	26,99	49,81	23,2	CIII
1-4	53	3	0	15,84	58,68	25,49	DIII
1-3	76	2	0	24,8	53,5	21,7	DIII
1-2	111	2	0	51,45	39,99	8,56	BI
1-1	148	1	0	9,02	37,83	53,15	DIV
Seção colunar C							
1	12	8	0	81,33	12,02	6,91	AI
2	20	8	0,15	80,89	9,86	7,67	AI
3	30	8	0	72,21	20,64	6,49	BII
4	40	7	0	76,85	15,12	6,88	AI
5	50	7	0	65,32	24,96	9,08	BII
6	60	6	0	71,2	20,25	7,61	BI
7	70	5	0	69,94	19,61	8,72	BII
8	80	5	0	55,44	31,35	12,99	BII
9	90	4	0	9,56	70,4	19,71	DIII
10	100	3	0	30,07	48,35	19,09	CIII
11	110	2	0	61	30,73	5,18	BI
12	Não determinada						
13	130	2	0	56,45	29,72	10,06	BII
14	140	2	0	60,91	29,18	8,38	BI

Amostra	Profundidade (cm)	Unidade	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação Textural
15	150	2	0	29,34	70,65	19,91	CIII
16	160	1	0,8	5,72	40,23	54,12	CIII
Seção colunar D							
2-8	73	7	0	64,67	28,66	6,66	BI
2-7	98	6	0	67,51	26,26	6,23	BI
2-6b	109	5	0	59,1	32,03	8,87	BI
2-6a	120	5	0	37,23	44,37	18,4	CIII
2-5	129	4	0	15,45	57,33	27,22	DIII
2-4	134	3	0	9,619	73,18	17,2	DII
2-3	156	2	0	18,03	47,75	34,22	DIII
2-2	175	2	0,11	27,58	40,17	32,14	CIII
2-1	191	1	0,33	6,93	38,16	54,58	DIV
Seção colunar E							
3-5	56	7	0	62,12	29,15	8,73	BI
3-4	86	6	0	57,31	29,8	12,89	BII
3-3b	98	5	0	55,77	35,24	8,99	BI
3-3a	108	5	0	42,46	41,14	16,4	CIII
3-2	116	3	0	3,352	66,52	30,13	EIII
3-1	143	2	0,11	11,93	52,53	35,43	DIII
Seção colunar F							
4-6	29	8	0	17,79	45,03	37,18	DIII
4-5	86	7	0	58,77	25,84	15,4	BII
4-4	109	6	0	53,34	34,77	11,9	BII
4-3	119	5	0	24,94	56,82	18,24	DII
4-2	130	3	0,44	7,19	55,93	36,44	DIII
4-1	146	2	0,34	8,60	53,57	37,48	DIII

Quadro 14 Dados granulométricos da seção pedoestratigráfica Campo da Ciama.

Analisando-se os dados apresentados no quadro 14 e nas figuras 14 e 15 pode-se observar que predominam materiais com granulometria mais fina da unidade 1 até a unidade 4. Os materiais dessas unidades foram classificados como *lama levemente arenosa (D)* (75 a 95% lama), sendo que a classe granulométrica mais freqüente é *lama levemente arenosa siltosa (DIII)*. A partir da unidade 4, em direção ao topo da seqüência, a maior parte dos materiais foi classificada como *areia lamosa (B)*(25 a 50% de lama), que por definição são materiais que apresentam teores de lama que variam de 5 a 25%, seguido pelo tipo *areia levemente lamosa (A)* (25% a 50 % de lama). Nessas unidades a classe granulométrica mais freqüente foi *areia muito siltosa (BI)*, seguida pela classe *areia siltosa (BII)*.

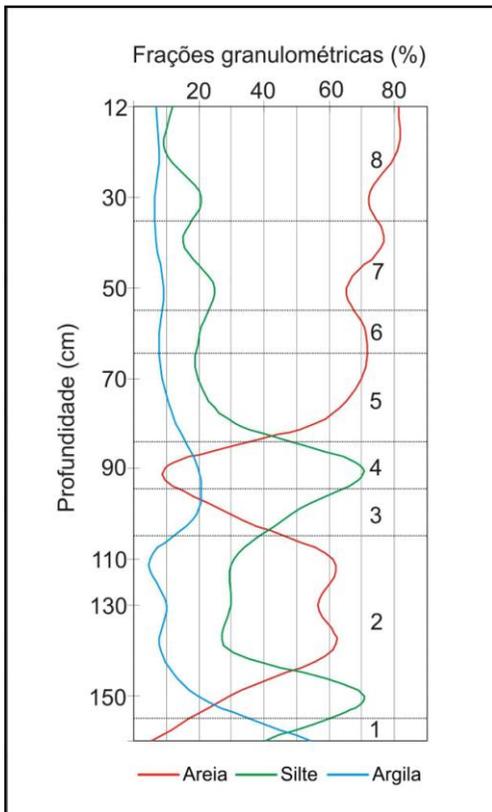


Figura 14 Distribuição das frações granulométricas na seção Campo da Ciama. Os números de 1 a 8 no interior do gráfico correspondem às unidades da seção.

A análise do diagrama de Flemming (Fig. 15) para as amostras dessa seqüência sugere mudança no padrão hidrológico durante sua deposição. Da unidade 1 até a 4 (área indicada pela letra A), a existência de materiais finos sugere o predomínio de ambiente de baixa energia. A partir da unidade 4, em direção ao topo (área indicada pela letra B), o diagrama indica ambiente de sedimentação com mais energia disponível, possibilitando o transporte de areia e, em menor proporção, cascalho; não somente na área mais afastada da calha fluvial, mas, em toda a extensão da seção.

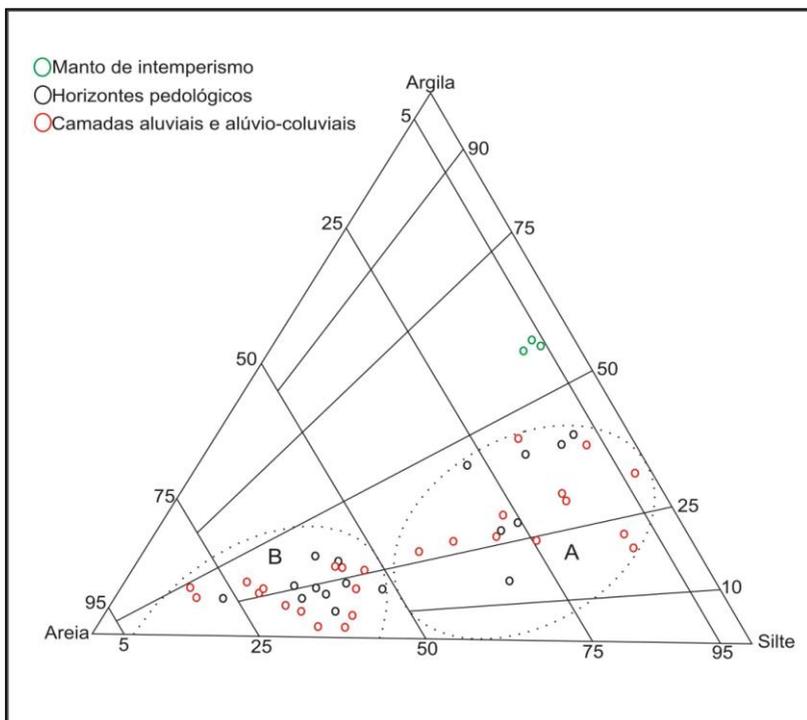


Figura 15 Diagrama de classificação textural de Flemming (2000) para as amostras da Seção Campo da Ciama.

Através da análise granulométrica pode-se observar que a unidade 1, considerada como manto de intemperismo, é rica em argila (mais de 50%), sendo classificada como *lama levemente arenosa (classe D-IV)*. A unidade 2 apresenta maior proporção de areia em relação à

unidade anterior (ver fig. 14). Nessa unidade, os materiais variam de *areia lamosa* (classes *BI e BII*) a *lama levemente arenosa* (classe *DIII*). A proporção de areia aumenta gradualmente a partir da base da unidade, e estabiliza em torno de 60%, sendo, predominantemente, areia fina (24%) e areia muito fina (21%). Os teores de silte e de argila aumentam para o topo da unidade. Os materiais que compõem as unidades 3 e 4 foram classificadas, majoritariamente, como *lama levemente arenosa* (classes *DII e DIII*). Nota-se, na diagrafia, variação importante de teores de silte nessas unidades. As unidades 5, 6, 7 e 8 possuem predomínio de frações arenosas, entre 50 e 80%, com maiores aportes de areia fina (39%), areia média (16%) e areia muito fina (14%). As amostras dessas unidades foram classificadas, predominantemente, como *areia lamosa* (classes *BI e BII*). Observa-se que as unidades 3 e 4 constituem intercalação lamosa, entre sedimentos predominantemente arenosos. Como fica evidente na figura 14, as maiores concentrações de silte e argila são observadas nessas unidades. Nelas o teor médio de argila e silte está em torno de 60% e 25%, respectivamente. Nas demais unidades a soma dessas duas frações não ultrapassa 34%, em média.

6.2.1.2 Teor de matéria orgânica

Para a determinação do teor de matéria orgânica foram analisadas 16 amostras, que foram coletadas na seção colunar C (Fig. 13 p. 105), abrangendo as oito unidades que compõem a seção. Síntese desses resultados pode ser observada no quadro 15.

Assim como foi observado nos resultados granulométricos, os dados do teor de matéria orgânica também apresentaram dois padrões distintos. Esses teores para a maior parte das amostras foram classificados como *médio* e *alto*, variando de 1,69 a 8,80 %. No entanto, observa-se que as maiores concentrações são registradas entre o topo da unidade 2 a unidade 4, variando de 1,69 a 8,80 %. A partir da unidade 4 os teores variam de 1,47 a 5,01%, em direção ao topo da seqüência.

Amostra	Profundidade (cm)	Unidade	Carbono orgânico (%)	Matéria orgânica (%)	Classificação quantitativa
1	12	8	1,85	3,18	Média
2	20	8	1,22	2,10	Baixa
3	30	8	1,59	2,73	Média
4	40	7	2,91	5,01	Alta
5	50	7	2,01	3,45	Média
6	60	6	0,85	1,47	Baixa
7	70	5	1,95	3,35	Média
8	80	5	2,77	4,77	Média
9	90	4	3,46	5,94	Alta
10	100	3	4,59	7,90	Alta
11	110	2	5,12	8,80	Alta
12	120	2	3,73	6,42	Alta
13	130	2	2,93	5,04	Alta
14	140	2	2,55	4,38	Média
15	150	2	2,21	3,81	Média
16	160	1	0,98	1,69	Baixa

Quadro 15 Teor de carbono orgânico e matéria orgânica das amostras da seção Campo da Ciama.

O maior acúmulo de matéria orgânica nas camadas inferiores (até a unidade 4) pode ser o resultado das condições ambientais vigentes durante a formação dessas unidades. Tem sido aceito que as condições requeridas para a decomposição lenta de matéria orgânica são locais de clima frio e/ou de altitudes elevadas, ou áreas baixas que possibilitem o acúmulo de água (TOMÉ JR, 1997). Ambas as condições estão associadas no local estudado.

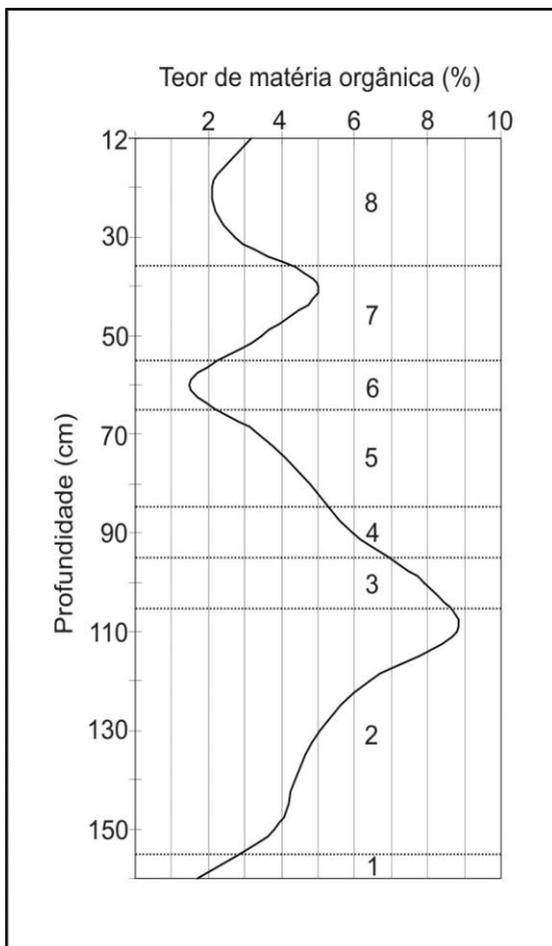


Figura 16 Distribuição do teor de matéria orgânica na Seção Campo da Ciama. Os números de 1 a 8 no interior do gráfico indicam as unidades da seção.

6.2.1.3 Geocronologia

Amostras das unidades 2, 4 e 7 foram submetidas à datação radiométrica pelo Carbono 14, no Center for Applied Isotopes Studies – Universidade da Geórgia (E.U.A.) e no AMS Labor Erlangen da Universidade de Erlangen (Alemanha). As idades obtidas são apresentadas no quadro 16.

Amostra	Profundidade (cm)	Zona	Idade (AP)
3	134	7	4.930 ± 30
2	80	4	7.793 ± 140
1	46	2	7.700 ± 30

Quadro 16 Idades Carbono 14 obtidas para amostras coletadas na Seção Turfeira Campo da Cima

6.2.1.4 Agradação local e retrabalhamento de depósitos de planície de inundação durante o Holoceno Médio

A seqüência estratigráfica analisada está assentada sobre o manto de intemperismo que se diferencia das outras unidades em virtude de suas cores mais claras (*amarela brunada a bruna amarelada*), textura fina (*lama levemente arenosa siltosa*) e baixo teor de matéria orgânica (1,69%).

O início da formação da seqüência sedimentar ocorreu em período anterior a 7,7 ka AP, com a formação da unidade 2. Essa unidade consiste de camada de origem provável aluvial, com alta concentração de areia (em torno de 52%, sendo composta por areia fina e areia muito fina), que aumenta em direção ao topo da unidade, passando de 29% na base e atingindo 61% no topo. Essa alta concentração de areia e o padrão de distribuição das mesmas sugere aporte de sedimentos por fluxos cuja competência aumenta da unidade 1, para o meio da unidade 2, carreando não somente silte e argila em suspensão, mas também importantes quantidades de areia. A presença de matéria orgânica é igualmente importante nessa camada, com valor médio em torno de 6%, e pode sugerir a existência de ambiente com acúmulo de água ou vigência de clima frio, associado á deposição da unidade, favorecendo a lenta decomposição de material orgânico.

Amostra obtida do centro da camada 2 foi submetida á datação radiométrica pelo carbono 14, apresentando idade em torno de 7,7 ka AP. A deposição da camada, portanto, marca o início de processo de agradação local na área estudada, ocorrida, provavelmente, na transição entre o Pleistoceno e o Holoceno.

A alta energia de fluxo, que parece ter vigorado no ambiente durante a transição Pleistoceno-Holoceno, deu lugar a fluxos menos competentes que resultaram na deposição de camadas lamosas (em torno de 79% de lama), referentes às unidades 3 e 4 que, assim como a unidade 2, também apresentam concentração importante de matéria orgânica (em torno de 7%). A camada 4 foi datada de 7,8 ka AP, período correlacionável ao Holoceno Médio.

Após a deposição dessas camadas essencialmente lamosas, atestando a atuação de fluxos de baixa energia, a deposição de camadas aluviais cada vez mais ricas em areia (aumentando de 55% na unidade 5 a 81% na unidade 8), indica o retorno de condições ambientais favoráveis a fluxos mais competentes. Os dados texturais, além de indicarem maior concentração da fração areia, apontam também para aumento do tamanho dos grãos. Nas camadas superiores (unidades 5, 6 e 7) observa-se maior presença de areia média, em comparação com as unidades anteriores. Os teores de matéria orgânica são mais baixos nessas unidades (variando de 1,47 a 5,01%) sugerindo ambiente menos favorável à conservação de matéria orgânica, seja pela vigência de clima menos frio que no período anterior, seja pelo baixo acúmulo de água no sítio deposicional.

A geometria plano-paralela das unidades de 2 a 7, associada a caimentos de baixo ângulo nas proximidades do canal fluvial, sugere período de agradação anterior a 7,7 ka AP (na transição Pleistoceno-Holoceno, provavelmente), se estendendo até 4,9 ka AP. Após 4,9 ka AP, essa fase de agradação é interrompida por fase erosiva, responsável pelo truncamento de toda a sequência sedimentar, como pode ser observado na figura 12 (p. 103), sobretudo no setor próximo à calha fluvial. A sequência foi recoberta pela camada aluvial referente à unidade 8, após o período de truncamento das camadas. As maiores concentrações de areia (de 70 a 80%) e os menores teores de matéria orgânica (entre 2,10 a 3,18%) da sequência sedimentar são observadas na unidade 8.

Apesar da interpretação aqui avançada, a seção estratigráfica não revelou estruturas deposicionais significativas. A maioria dos materiais apresenta estrutura maciça, sugerindo aportes relativamente rápidos de sedimentos, provavelmente em pulsos de maior vazão fluvial. Esse

padrão se deve à fisiografia local, caracterizada por vale confinado em superfície geomorfológica dissecada sobre os granitos do Tabuleiro.

6.2.2 Palinologia

6.2.2.1 Registro fóssil em depósitos de vale

Foram analisadas 22 amostras na seção (sendo seis amostras teste), abrangendo todas as unidades estratigráficas. As amostras foram coletadas com trado manual em intervalos de 10 cm. A coleta foi realizada no local da seção colunar C (Fig. 13, p. 105). Devido à baixa concentração de palinomorfos nas amostras coletadas, foram contados o mínimo de 200 grãos de pólen, de modo que das 16 amostras analisadas, dez foram consideradas férteis.

Os 33 palinomorfos identificados foram agrupados conforme suas afinidades ecológicas. O diagrama palinológico percentual da seção é apresentado na figura 17.

Com base na análise de agrupamento foram definidas duas fases: *CC-I (que inicia em período anterior a 7.793 +/- 140 anos AP)* e *CC-II (posterior a 7.793 +/- 140 anos AP)*.

CC-I (< 7.793 +/- 140 anos AP, 165-110 cm, 3 amostras)

Nessa fase há predomínio da vegetação de campo, representada por grãos de pólen de espécies das famílias Poaceae (70%) e Asteraceae (20%). Nos representantes dos táxons florestais (<20%) destaca-se o gênero *Weinmannia*, seguida pelos gêneros *Myrsine* e *Symplocos*. Os pteridófitos são representados, essencialmente, pelo *Lycopodium clavatum*. Fungos são pouco frequentes no período.

CC-II (> 7.793 +/- 140 anos AP, 70-10 cm, 7 amostras)

Essa fase marca a franca expansão da floresta (80 a 90%), representada, majoritariamente, pelo gênero *Weinmannia* (70 a 90%), seguido pela família Myrtaceae e pela espécie *Lamanonia ternata*. A concentração de pteridófitos e de fungos aumenta.

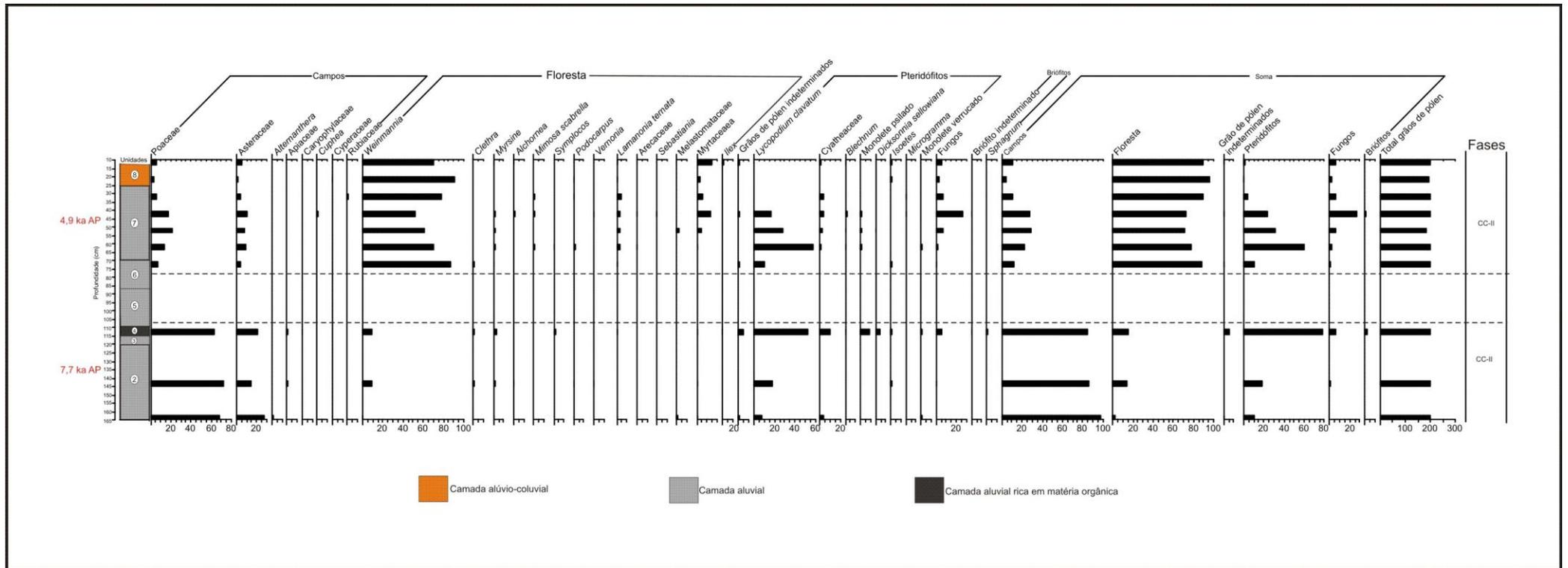


Figura 17 Diagrama palinológico de porcentagem da Seção Campo da Cima.

6.2.2.2 Registro atual

Essa análise seguiu o procedimento descrito no item 4.5.1, sendo as cinco amostras coletadas em círculo com raio de 4 m, em área próxima à seção estudada (ver item 6.2.1.1).

Conforme demonstrado pelas figuras 18 e 19 o espectro palinológico atual da área sugere predomínio da vegetação de campo e respectivo recuo dos táxons florestais em comparação ao registro fóssil (até 90%). O gráfico indica ainda mudança na composição florística com aumento de espécies da família Myrtaceae (ver fig. 19).

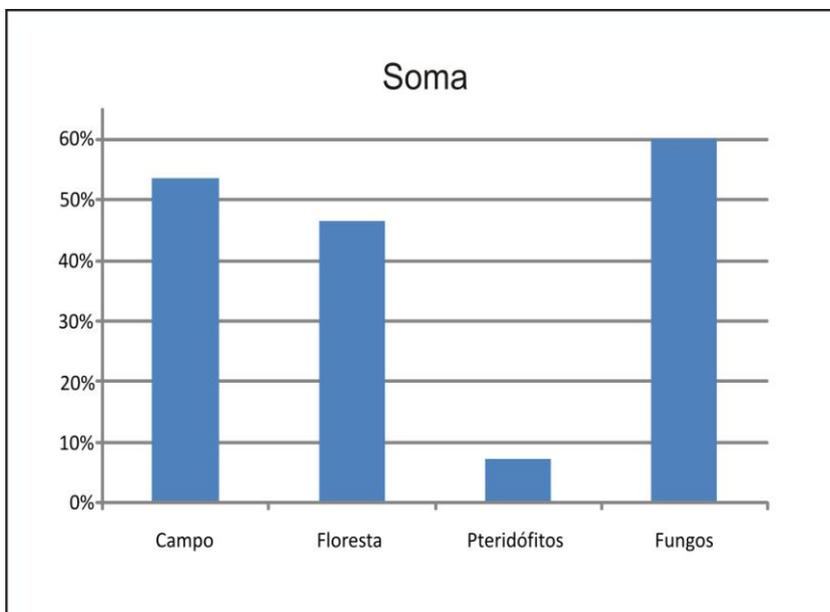


Figura 18 Gráfico em porcentagem dos agrupamentos ecológicos registrados nas amostras superficiais coletadas no entorno da Seção Campo da Ciama.

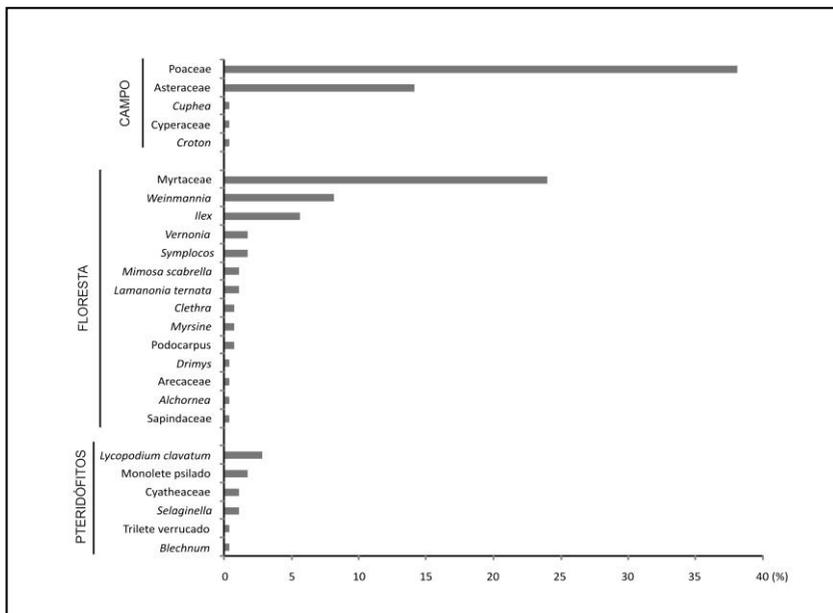


Figura 19 Gráfico em porcentagem do espectro polínico atual das amostras superficiais coletadas no entorno da Seção Campo da Ciama.

6.2.2.3 Preservação de palinomorfos em depósitos aluviais

Das oito unidades que compõem a seção, encontrou-se registro palinológico em cinco (unidades 2, 4, 6, 7 e 8).

Em geral, aceita-se que depósitos ricos em areia não favorecem a preservação de palinomorfos, por estarem sujeitos à aeração e oxidação. No entanto, na seção estudada, das 16 amostras submetidas à análise palinológica 10 foram consideradas férteis. Embora com baixa concentração, essas amostras apresentaram palinomorfos bem preservados.

Em tentativa de estabelecimento de algum critério para explicar a preservação de palinomorfos no local, os resultados globais da seção foram submetidos à análise estatística multivariada. Foram utilizados dois métodos: *modelo de regressão não linear de probabilidade de ocorrência* e *escalonamento multidimensional, utilizando estatística não paramétrica*. Para essa análise foram utilizados dados granulométricos

(parâmetros estatísticos e valores absolutos das frações granulométricas), teor de carbono orgânico e ausência e presença de palinomorfos.

A presença de palinomorfos não se correlaciona com nenhuma das variáveis utilizadas, segundo os dois métodos aplicados. Essa ausência de correlação pode se explicar pelo pequeno universo amostral (34), número considerado baixo para esse tipo de análise. Porém, considerando-se que a análise está correta, a ausência de correlação também indica que a preservação dos palinomorfos não depende de nenhuma das variáveis sedimentológicas utilizadas. Ou seja, a ausência ou presença de grãos de pólen e esporos em determinadas camadas não está condicionada às características do material sedimentar, aparentemente, o que indica que o depósito sedimentar, em si, não constitui fator limitante para a preservação de palinomorfos no ambiente estudado.

6.2.2.4 Balanço parcial

6.2.2.4.1 Considerações sobre o registro palinológico estudado

Correlacionando os resultados obtidos pela análise dos registros fósseis às idades radiométricas é possível constatar que existe discrepância entre esses dados e o que tem sido aceito para a evolução do quadro vegetacional das áreas planálticas do sul do Brasil durante o Holoceno.

De fato, tem sido aceito que a franca expansão da floresta ocorreu somente por volta de 1,1 ka AP, nas áreas planálticas de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e em torno de 1,5 ka nas áreas estudadas no Paraná (BEHLING, 1997b; 2002), embora o início da expansão tenha ocorrido anteriormente, por volta de 4,3 ka AP (BEHLING *et al.*, 2004). Como explicar então a explosão do gênero *Weinmannia*, entre 7,8 e 4.9 ka AP, no Campo da Ciama?

A explicação pode estar relacionada às características dos sedimentos onde esses palinomorfos ficaram preservados. De fato, os materiais das unidades 6, 7 e 8 são os sedimentos mais arenosos de toda

a sequência deposicional. Nessas unidades, as concentrações de areia são altas, entre 70 e 80%, e o tamanho do grão é maior, predominando areia fina e média, quando comparadas às outras unidades que contém registro palinológico (unidades 2 e 4). Em virtude da alta porosidade, sedimentos arenosos, favorecem a percolação dos grãos de pólen ao longo da camada (SALGADO-LABOURIAU, 2007). Analisando o diagrama palinológico percentual do registro fóssil, é possível observar que dos 200 grãos de pólen contados nas amostras referentes às unidades 6, 7 e 8 consistem, majoritariamente, de grãos de pólen do gênero *Weinmannia*, que é classificado como muito pequeno (menor que 10 micrômetros). O diâmetro dos grãos teria então favorecido a percolação desses palinomorfos ao longo das camadas citadas, concentrando-os em determinados níveis, sem relação aparente com as características sedimentológicas dos depósitos.

Dessa forma, a utilização do registro palinológico poderia estar comprometida, pois o material acumulado, como defende Salgado-Labouriau (2007), seria a mistura dos grãos de pólen que foram depositados ao longo do tempo em que os sedimentos estiveram na superfície. Por outro lado, o fato dos grãos de pólen terem percolado pelos sedimentos também demonstra sua existência, de fato, em determinado período, durante a formação da sequência deposicional.

No caso específico do Campo da Ciama, o estudo de uma turfeira pleistocênica distante aproximadamente 500 m da seção aqui estudada, oferece um referencial para a análise dos registros palinológicos contidos na sequência sedimentar. Essa turfeira possui 167 cm de espessura e seus registros abrangem os últimos 39,4 ka AP.

A turfeira pleistocênica foi estudada a partir de testemunho de sondagem de 167 cm, abrangendo registro dos últimos 39,4 ka AP (JESKE- PIERUSCHKA & BEHLING, 2008). O diagrama palinológico indica predomínio dos campos até 3,8 ka A.P., formado por espécies das famílias Poaceae e Asteraceae. Após essa fase ocorre o início da expansão da floresta, representada, principalmente, por espécies do gênero *Weinmannia*, da família Myrtaceae e pela *Mimosa scabrella*. A análise desse diagrama possibilita ainda, verificar que mesmo que a expansão da floresta tenha ocorrido em torno de 3,8 ka AP, a maior concentração de grãos de pólen do gênero *Weinmannia*, em torno de 40%, foi encontrado em torno de 459 AP. Esses dados permitem inferir que o registro palinológico das unidades 6, 7 e 8 fornece sinal ambiental mais relacionado a um período histórico. Portanto, o registro encontrado na seção estratigráfica é válido, na medida em que ele encontra paralelo nos resultados obtidos na turfeira estudada por Jeske- Pieruschka e

Behling (2008).

6.2.2.4.2 Síntese dos resultados da análise palinológica

A análise de agrupamento permitiu a individualização de duas fases: CC-I (abrangendo as unidades 2 e 4) e CC-II (unidades 6, 7 e 8).

De forma geral, na fase CC-I há predomínio de campo. Contudo, uma observação mais cuidadosa do diagrama permite inferir variações ambientais sutis que podem auxiliar na melhor compreensão do período.

No início dessa fase (unidade 2), a vegetação campestre domina a paisagem. Mas, em direção ao topo da unidade 2, observa-se o início da expansão da floresta e relativo aumento dos pteridófitos (predominantemente *Lycopodium clavatum*), que apontam para acréscimo de umidade, ainda sob clima frio, como sugerido pelo registro da unidade 4.

A fase CC-II (unidades 6, 7 e 8) assinala a franca expansão da floresta. Nessa fase observa-se presença importante dos táxons florestais representados pelos gêneros *Weinmannia*, pela família Myrtaceae e pela espécie *Lamanonia ternata*. A diminuição dos pteridófitos, a partir da unidade 7, pode ser interpretada como resposta ao aumento de temperatura, uma vez que o *Lycopodium clavatum* apresenta maior ocorrência em áreas de clima mais frio (BEHLING, 1995). O aumento da temperatura que ocorre nesse período fica evidente com a importante presença da *Weinmannia*, que apresenta maior ocorrência em áreas de climas mais quentes (BEHLING, 1995), e que teria se concentrado no local em função do aporte recente, provavelmente histórico, através de fluxos de percolação no sedimento

Os resultados palinológicos na seção indicam a influência do ambiente deposicional estudado e, como seus sedimentos, guardam sinal paleoambiental, embora talvez desprovidos do caráter representativo esperado.

6.2.3 Agradação de vales aluviais e expansão da floresta durante o Holoceno

Integrando os dados estratigráficos e palinológicos é possível propor quadro de evolução ambiental para a área estudada.

O período anterior a 7,7 ka AP assinala início de agradação local em área onde o vale fluvial disseca os granitos locais e está, portanto, relativamente confinado. A camada aluvial 2 é o primeiro registro dessa história evolutiva, e sugere a existência de fluxos que se tornaram mais competentes ao longo do tempo, sendo capazes de carrear importante quantidade de areia em suspensão. Os altos teores de matéria orgânica, o predomínio de grãos de pólen de vegetação campestre e a ocorrência de esporos de *Lycopodium clavatum*, sugerem que essa camada foi formada sob clima frio.

Esse primeiro conjunto de dados sugere que essa camada aluvial tenha sido formada em período anterior a 7,7 ka AP, durante a transição Pleistoceno-Holoceno (entre 10 e 13 ka AP). Essa transição é caracterizada nas áreas tropicais e subtropicais úmidas por períodos de alta precipitação (MOURA & MELO, 1991; THOMAS & THORP, 1995; MONDENESI-GAUTTIERI, 2000; MELO *et al.*, 2003); o que constitui quadro compatível com a importante deposição de areias registrada na unidade 2, que atesta aumento da competência dos fluxos ao longo do tempo. A existência de clima frio, sugerido pela alta concentração de matéria orgânica e pela presença de conjunto de táxons campestres, é apoiada por dados de outras áreas estudadas no sul do Brasil que apontam o predomínio dos campos até o Holoceno Tardio (ROTH & LORSCHREITER, 1990; BEHLING, 1995; BEHLING, 1997b; BEHLING *et al.*, 2004). Nas áreas estudadas na Serra Geral, em Santa Catarina (BEHLING, 1995), há alternância entre clima frio e úmido durante a transição Pleistoceno-Holoceno.

O ambiente de maior energia que parece ter vigorado no momento da deposição da unidade 2, deu lugar a depósitos de baixa energia, que podem estar associados a diminuição das precipitações e das vazões locais, gerando as unidades 3 e 4, que são essencialmente lamosas e ricas em matéria orgânica. O registro palinológico contido nos sedimentos que compõem a unidade 4 sugere o predomínio de vegetação campestre e presença importante de esporos de pteridófitos. A idade da camada 4 (7,8 ka AP), permite estabelecer que essa unidade foi formada no início do Holoceno Médio, período caracterizado por diminuição na vazão dos rios, ocasionada, provavelmente, pela

diminuição nas precipitações, em algumas áreas do trópicos e subtropicos úmidos (THOMAS & THORP, 1995; THOMAS, 2000; THOMAS *et al.*, 2001). Essas características são compatíveis com a deposição de materiais lamosos verificada no período, na área estudada, associada a ambiente de baixa energia. Assim como na fase anterior, a alta concentração de matéria orgânica, a presença de vegetação campestre e a presença importante de esporos de *Lycopodium clavatum* sugerem que essa camada foi depositada sob clima frio.

Após esse período seco e frio, que possibilitou a formação das camadas aluviais 3 e 4, houve a retorno às condições mais úmidas, possibilitando a formação das camadas aluviais 5, 6 e 7, que apresentam importante concentração de areia. A menor concentração de matéria orgânica nessas camadas pode indicar clima mais quente que na fase anterior, favorecendo a decomposição desse material. A idade obtida para amostra no centro da unidade 7 (4,9 ka AP) é correlacionável ao Holoceno Médio. Em alguns locais dos trópicos e subtropicos úmidos o Holoceno Médio foi caracterizado como um período de clima mais seco (THOMAS & THORP, 1995; THOMAS, 2000; THOMAS *et al.*, 2001). Já em áreas temperadas da América do Sul, há evidências de fase mais úmida (MARKGRAF, 1989), como por exemplo nas cavernas de Botuverá no Estado de Santa Catarina (CRUZ *et al.*, 2009).

Os registros palinológicos das camadas estudadas requer cautela na sua interpretação, não sendo possível afirmar que eles reflitam de fato a vegetação do período. No entanto, a partir dos resultados de turfeira estudada por Jeske-Pieruschka e Behling (2008), nas proximidades do local, é possível afirmar que esse o Holoceno Médio é caracterizado por clima mais quente e mais úmido que o anterior, associado ao início da expansão da floresta (a partir de 7,4 ka AP, segundo o diagrama). Dessa maneira, pode-se afirmar que as camadas aluviais 5, 6 e 7 foram depositadas sob clima mais quente e mais úmido do que na fase anterior. Conseqüentemente, mesmo considerando a necessidade de cautela, acima citada, deve-se ressaltar a coincidência de interpretação entre os diferentes registros estudados: sedimentológico, palino-sedimentológico e palinológico.

O período de agradecção apontado para a área, associado à formação das unidades 2 a 7, se iniciou, provavelmente, na transição entre o Pleistoceno e o Holoceno. Em período posterior a 4,9 ka AP os depósitos foram erodidos e truncados, definindo a geometria atual das camadas. Essa fase erosiva resultou no truncamento de toda a sequência sedimentar e em seu recobrimento pelos sedimentos da unidade 8 (Fig. 12, p. 103). Os registros estratigráficos encontrados na unidade 8 são

muito semelhantes àqueles encontrados nas unidades subjacentes (unidades 6 e 7); o que deve ser atribuído ao fato de que os materiais da unidade 8 são feitos do retrabalhamento das unidades sotopostas. Em função disso, é provável que a deposição da camada aluvial 8 ocorreu em período posterior a 459 AP, em associação com a explosão do gênero *Weinmannia* apontada por Jeske-Pieruschka e Behling (2008) nessa época, segundo diagrama palinológico de turfeira estudada pelos autores.

Como exposto no item anterior, a grande concentração de grãos de pólen de *Weinmannia* nas camadas sotopostas à unidade 8 seria o resultado da percolação desses palinomorfos ao longo do tempo. Se essa idéia for aceita, pode-se afirmar que a fases de erosão das unidades mais antigas e a deposição da camada aluvial sobreposta (unidade 8) ocorreu em período mais quente e mais úmido.

O registro palinológico atual sugere o recuo da floresta (Figs. 18 e 19, p. 117-118), que pode ser interpretado como resposta à intensa exploração da floresta em meados do século XX, como relatado por Klein (1981). Esse mesmo sinal é observado no diagrama palinológico da turfeira estudada por Jeske-Pieruschka e Behling (2008), aqui utilizada como referencial para a análise dos resultados obtidos.

7 PLANALTO DE SÃO BENTO DO SUL

7.1 TURFEIRA EM TRIBUTÁRIO DO RIO TURVO, CAMPO ALEGRE

7.1.1 Estratigrafia

7.1.1.1 Levantamento estratigráfico e características físicas dos materiais

A turfeira (Fig. 20) está situada no sul do município de Campo Alegre, em planície aluvial formada pela retenção de sedimentos sobre reverso de patamar estrutural pouco dissecado, drenado pelo Rio Turvo. O testemunho de sondagem analisado possui 261 cm. A partir das descrições de campo foi possível a individualização de três unidades estratigráficas.



Figura 20 Vista parcial do local onde se encontra a turfeira. O círculo vermelho indica o ponto de amostragem. (Foto: Marcelo Oliveira, 2009).

Síntese das características físicas é apresentada no quadro 17.

Unidades/ Característica	Cor da matriz	Concentração e tamanho dos cascalhos	Textura ao tato	Tipo de estrutura pedológica	Tipo de contato	Observações
3	Preta (7.5YR2.5/1 úmida)	A 120 cm de profundidade (até 2 mm)	Argilo- siltosa	Maciça	---	Presença de restos vegetais (raízes)
2	Preta (7.5YR2.5/1 úmida)	A 120 cm de profundidade (até 2 mm)	Argilo- siltosa	Maciça	Claro	Presença de restos vegetais (raízes)
1	Preta (7.5YR2.5/1 úmida)	10% (até 3 mm)	Silto- arenosa	Maciça	Claro	Presença de restos vegetais (raízes, galhos e folhas de até 1 cm)

Quadro 17 Características físicas das unidades que compõem a Turfeira Rio Turvo.

As unidades se diferenciam pela textura e presença de restos vegetais. Em campo os materiais que apresentaram textura grossa foram os que compõem a unidade 1. As unidades 2 e 3 são compostas por materiais de textura fina. A presença de restos vegetais foi outro elemento que definiu as diferentes unidades. Na unidade 1 a concentração de restos vegetais é relativamente alta, e se encontram misturados à matriz silto-arenosa, sendo compostos por galhos, folhas e raízes. Na unidade 2 observa-se presença de raízes, essencialmente. A unidade 2 se distingue da unidade 3 em virtude do grau de decomposição dos restos vegetais que, nessa unidade, se acham parcialmente decompostos. Nas descrições de campo foi registrada presença de cascalho em outros níveis da sequência sedimentar, além da unidade basal onde essa fração é mais abundante.

Devido à dificuldade de submeter esse tipo de material à análise granulométrica, em virtude da alta concentração de matéria orgânica que formava novamente agregados depois da dispersão com peróxido de hidrogênio, o que poderia interferir no resultado final das frações grossas, foram selecionadas somente sete amostras em intervalos de 40 cm. Os resultados estão apresentados no quadro 18 e na figura 21.

Amostra	Profundidade (cm)	Unidade	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação Textural
1	20	3	0	3,96	42,38	53,66	EIV
2	60	2	0	1,96	56,37	41,67	EIII
3	100	2	0	0,96	58,95	40,08	EIII
4	140	2	0	1,34	55,61	43,05	EIII
5	180	2	0	5,13	55,92	38,96	DIII
6	220	2	0	2,92	39,83	57,26	EIII
7	260	1	0,22	8,31	67,78	23,7	DIII

Quadro 18 Dados granulométricos da Turfeira Rio Turvo.

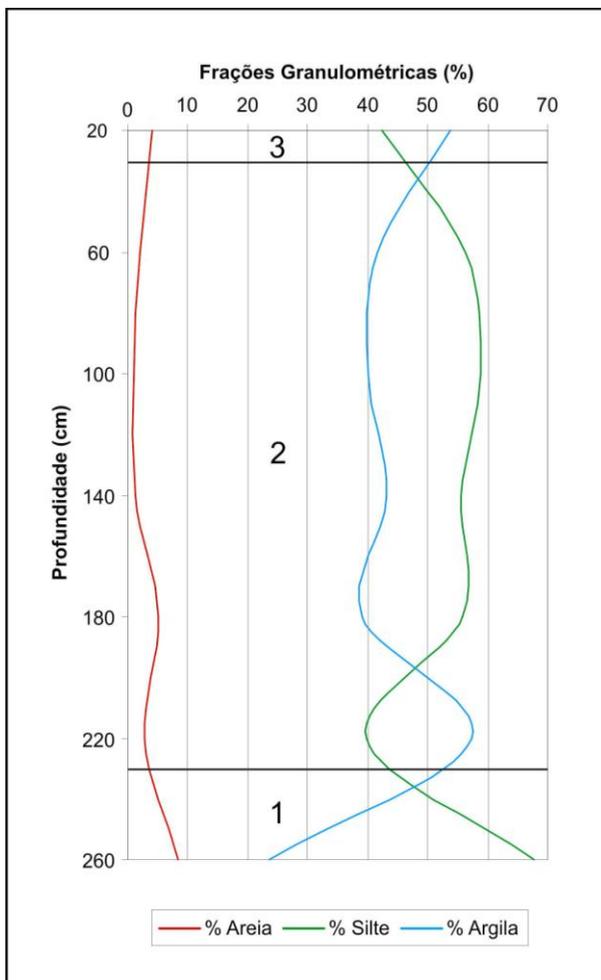


Figura 21 Distribuição das frações granulométricas da Turfeira Rio Turvo. Os números no interior do gráfico indicam as unidades.

As figuras 21 e 22 demonstram que a turfeira é composta essencialmente por materiais de textura fina, apresentando mais de 95% de lama, sendo classificadas como *silte argilosa (EIII)*. No entanto, há presença de areia ao longo de toda a sequência em concentração inferior a 10%, que apresenta tendência à diminuição em direção ao topo. A maior concentração foi encontrada na amostra da unidade 1 e foi classificada como *lama levemente arenosa siltosa (DIII)*. Uma das

amostras da unidade 2 também foi classificada como *lama levemente arenosa siltosa (DIII)*. Na unidade 3 há ligeiro aumento da fração areia, sem contudo chegar às proporções da amostra da unidade 1, que além de areia apresenta 0,22% de cascalho.

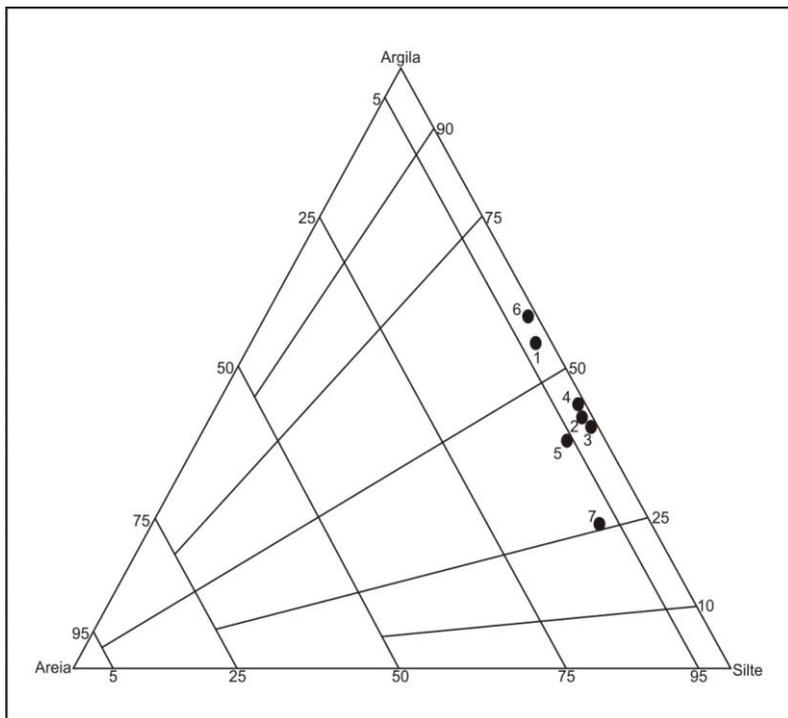


Figura 22 Diagrama textural para as amostras da Turfeira Rio Turvo.

A análise do diagrama de Flemming não revela distinção clara entre as unidades que compõem essa turfeira, em virtude da baixa concentração de areia (variando de 0,96 a 8,31%). Sendo que as amostras foram plotadas próximas aos eixos do silte e da argila, sugerindo ambiente onde prevaleceu baixa energia deposicional.

7.1.1.2 Teor de matéria orgânica

Foram submetidas a essa análise 13 amostras em intervalos de 20 cm. Os resultados são apresentados no quadro 19.

Amostra	Profundidade (cm)	Unidade	Carbono orgânico (%)	Matéria orgânica (%)	Classificação quantitativa
1	20	3	36,11	62,11	Alta
2	40	3	31,52	54,21	Alta
3	60	2	27,85	47,90	Alta
4	80	2	24,18	41,59	Alta
5	100	2	17,54	30,17	Alta
6	120	2	17,28	29,72	Alta
7	140	2	14,83	25,51	Alta
8	160	2	21,33	36,69	Alta
9	180	2	10,67	18,36	Alta
10	200	2	11,60	19,95	Alta
11	220	2	8,40	14,45	Alta
12	240	1	7,46	12,83	Alta
13	260	1	5,08	8,74	Alta

Quadro 19 Teor de carbono orgânico e matéria orgânica das amostras da Turfeira Rio Turvo.

Como pode ser observado no quadro 19 e na figura 23 as amostras dessa turfeira apresentam alta concentração de matéria orgânica, variando de 8,74 a 62,11%, e apresentando tendência de enriquecimento em direção ao topo do depósito. Observa-se ainda que a partir de 160 cm, em direção ao topo, a concentração de matéria orgânica é superior a 30%.

Esses dados e aqueles apresentados nos itens anteriores apontam para presença de horizonte A turfoso, diagnóstico dos Organossolos (turfas). Esse horizonte é definido como camada superficial constituída de material orgânico, com espessura maior que 40 cm (IBGE, 1995).

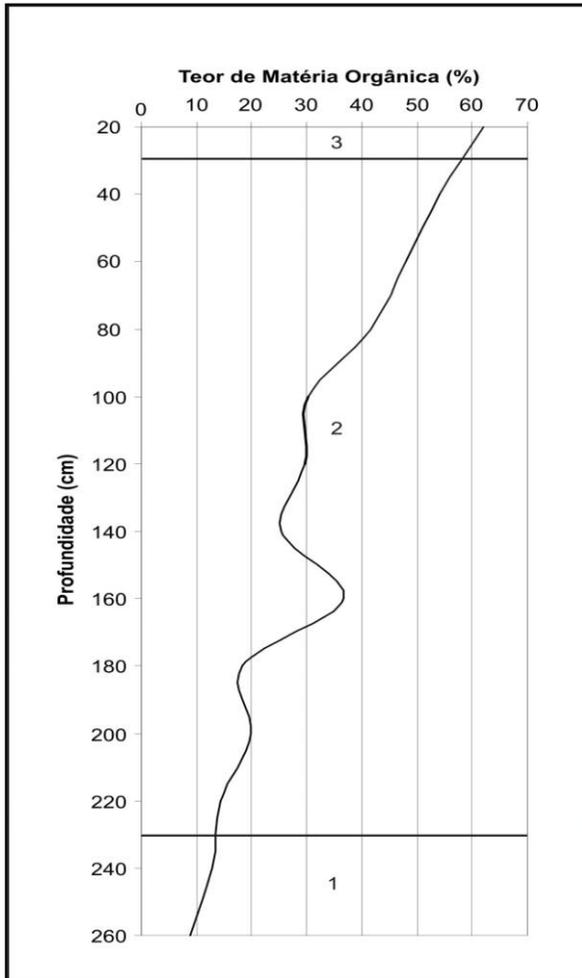


Figura 23 Distribuição do teor de matéria orgânica das amostras da Turfeira Rio Turvo. Os números no interior do gráfico indicam as unidades.

7.1.1.3 Geocronologia

Amostras das profundidades 165 e 60 cm foram datadas pelo Carbono 14, no Center for Applied Isotopes Studies – Universidade da Geórgia (E.U.A.). Os resultados são apresentados no quadro abaixo:

Amostra	Profundidade (cm)	Unidade	Idade (AP)
2	60	2	6.260 ± 30
1	165	1	20.110 ± 50

Quadro 20 Idades Carbono 14 obtidas para amostras coletadas da Turfeira Rio Turvo

7.1.1.4 Balanço parcial

O testemunho de sondagem analisado consiste de três unidades principais que foram diferenciadas a partir das descrições de campo, das análises granulométrica e de teor de matéria orgânica.

A unidade 1 consiste de camada aluvial com importante concentração de matéria orgânica, que confere a ela cor preta. A textura é predominantemente fina, mas a presença de areia em concentração menor que 10% possibilitou classificá-la como *lama levemente arenosa siltosa*, que são sedimentos que apresentam entre 5 e 25% de areia. As descrições de campo apontaram para a presença de restos vegetais e cascalhos em pequena quantidade misturados a essa matriz lamosa levemente arenosa.

A unidade 2 se diferencia da camada aluvial 1 em função da textura, que nessa camada é mais fina, ocupando a classe *silte argilosa*. Embora nessa camada sejam encontrados materiais com maior percentual de areia, que foram classificados como *lama levemente arenosa siltosa*. Nas descrições de campo, em determinados níveis, foi detectada presença de cascalho (descrita somente em campo). A presença de cascalho nessa unidade também é freqüente. A unidade 3 se distingue da unidade anterior por apresentar alta concentração de restos vegetais pouco decompostos.

Os sedimentos acima descritos podem ser classificados como depósitos de planície de inundação, que são definidos como os materiais

mais finos do sistema fluvial, provenientes da carga carreada em suspensão durante as cheias (SUGUIO & BIGARELLA, 1990). A sedimentação nesses ambientes inicia com a deposição de areias, passando para frações mais finas como silte (SUGUIO & BIGARELLA, 1990). De fato, na unidade 1 observa-se maior concentração de areia em relação às outras camadas. Posteriormente, houve a deposição da unidade 2 e 3 que são texturalmente mais finas.

Vale ressaltar, no entanto, que, mesmo com a diminuição das areias em direção ao topo do depóstio, há presença dessa fração em toda extensão do testemunho e há aumento da concentração em alguns níveis como fica demonstrado pela amostra 5 (180 cm), na qual a presença de areia foi descrita em campo e confirmada posteriormente em laboratório. A presença constante de areia e maior concentração em determinados níveis sugere atuação de pulsos de maior energia durante as cheias.

Essas características permitem classificar essa turfeira como *turfeira em planície de inundação (Floodplain mire ("fen"))* que é caracterizada por receber água do transbordamento do rio, escoamento superficial e/ou subterrânea. Nesse tipo de turfeira, o material turfoso está misturado aos depósitos aluviais (CHARMAN, 2002).

7.1.2 Palinologia

7.1.2.1 Registro fóssil

O testemunho analisado possui 261 cm, do qual foram extraídas amostras em intervalos de 5 cm. Das 53 amostras analisadas (sendo cinco amostras teste), 31 foram consideradas férteis, ou seja, apresentaram, no mínimo, 300 grãos de pólen. As amostras estéreis foram encontradas nos primeiros 96 cm da base da seção, abrangendo a totalidade da unidade 1 e parte da unidade 2.

Os 64 palinomorfos identificados foram agrupados conforme suas afinidades ecológicas. A partir da análise de agrupamento foi possível a identificação de quatro fases distintas, *CA-I*, *CA-II*, *CA-III* e *CA-IV*, que

serão descritas a seguir. O diagrama palinológico percentual dessa turfeira pode ser observado na figura 24.

CA-I (<20.110 +-50 anos AP, 165-160 cm, 2 amostras)

Nessa fase há predomínio de campos (80%). No entanto, é possível observar a presença de táxons florestais (10%). A vegetação de campo está representada pelas famílias Poaceae (75%), Asteraceae (10%), Cyperaceae (5%), Ericaceae (<5%) e pelos gêneros *Gomphrena* e *Xyris* (<5%). A floresta está representada pelo gênero *Myrsine* (5%), seguido pelas famílias Moraceae-Urticaceae (5%), Myrtaceae (<5%) e pelos gêneros *Podocarpus* (<5%) e *Vernonia* (<5%). Registra-se também a presença de pteridófitos (*Lycopodium clavatum* e *Blechnum*), fungos e briófitos (*Sphagnum*).

CA-II (<20.110 +-50 anos AP, 160-115 cm, 9 amostras)

O conjunto de grãos de pólen de táxons campestres ainda predomina (entre 90 a 95%) e observa-se diminuição na vegetação florestal. Os campos são representados por espécies da família Poaceae (90%), Asteraceae (<10%) e Cyperaceae (5%). Nessa fase observa-se a diminuição do gênero *Xyris* e de espécies da família Ericaceae. A vegetação florestal continua a ser representada pela família Moraceae-Urticaceae (5%), pelos gêneros *Myrsine* (5%) e *Podocarpus* (<5%). O gênero *Vernonia* (<5%) é observado somente no início dessa fase e a família Myrtaceae praticamente desaparece do registro. Ocorre também diminuição dos pteridófitos, desaparecimento dos fungos e aumento dos briófitos (*Sphagnum*).

CA-III (<20.110 +-50 anos AP, de 115-60 cm, 11 amostras)

Nessa fase observa-se sensível recuo do campo e início da expansão da floresta (atingindo 20%). Espécies das famílias Poaceae (80 a 60%) e Asteraceae (10 a 20%) continuam a dominar o campo, mas, pode-se observar no início dessa fase a presença das famílias Cyperaceae (<5%) e Ericaceae (<5%). No final dessa fase há o aparecimento dos gêneros *Eryngium* (<5%), *Plantago australis* (<5%) e espécies da família Alismataceae (<5%). A floresta se torna mais diversificada com o aparecimento de espécies do gênero *Alchornea* (<5%), *Clethra* (<5%) e da família Melastomataceae (<5%). *Sphagnum* desaparece do registro nessa fase.

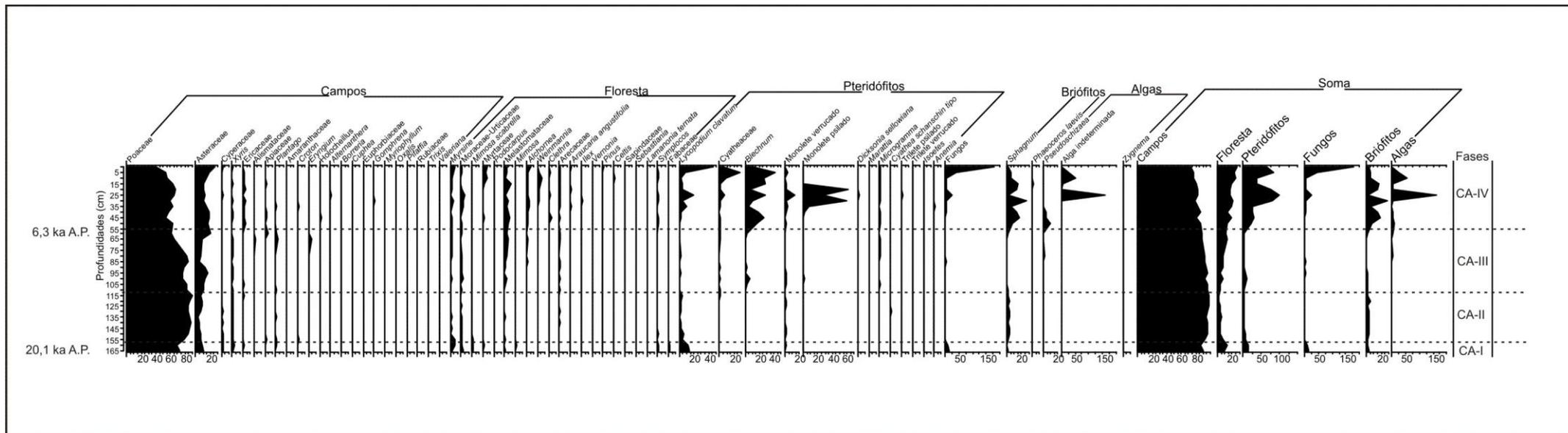


Figura 24 Diagrama palinológico de porcentagem da Turfeira Rio Turvo.

CA-IV (<6.260 +/- 30 anos AP, 60-0 cm, 12 amostras)

O recuo dos campos e a expansão da floresta observada na fase anterior se tornam mais evidentes. Campos e floresta ficam mais diversificados. A vegetação campestre continua a ser dominada pelas famílias Poaceae (40 a 70%) e Asteraceae (10 a 30%). Espécies das famílias Cyperaceae, Ericaceae e do gênero *Xyris* que haviam diminuído nas fases anteriores, são observados novamente no registro, com concentração maior. Na floresta merecem destaque as famílias Melastomataceae, Moracea-Urticaceae, Myrtaceae e os gêneros *Alchornea*, *Clethra*, *Myrsine*, *Weinmannia* e *Vernonia*. Espécies de pteridófitos arborescentes (*Cyatheaceae*, *Marattia*, *Dicksonnia sellowiana*) ficam mais abundantes. Fungos, algas e briófitos também aumentam nessa fase.

7.1.2.2 Balanço parcial

Com base na análise de agrupamento foi possível a definição de quatro fases, denominadas CA-I, CA-II, CA-III e CA-IV.

A primeira fase (CA-I), iniciada por volta de 20 ka AP, é marcada pelo predomínio dos campos. Contudo, a presença do gênero *Xyris*, de fungos, briófitos (*Sphagnum*) e pteridófitos (*Lycopodium clavatum* e *Blechnum*) aponta para ambiente com relativa umidade. Essa relativa umidade pode ser somente local. A presença de grãos de pólen de táxons florestais indica a manutenção de floresta (de galeria?) representada por espécies do gênero *Myrsine*, *Podocarpus* e *Vernonia* pelas famílias Moraceae (ou Urticaceae) e Myrtaceae, o que sugere que nos vales havia umidade suficiente para a manutenção dessa formação vegetacional. O clima dessa fase pode ser classificado como frio, como o predomínio dos campos sugere, juntamente com a presença de *Podocarpus*, que se adapta melhor às condições de clima frio e relativamente úmido. A umidade ambiente é ainda indicada pela presença de conjuntos de táxons florestais, dos pteridófitos e de briófitos, que são indicadores de umidade.

Na segunda fase (CA-II) os campos continuam a predominar, mas, a diminuição do gênero *Xyris*, do conjunto dos táxons florestais e dos pteridófitos sugere que houve diminuição da umidade.

A terceira fase (CA-III) é marcada pelo início do recuo dos

campos e expansão da floresta. Há relativo aumento da umidade no final da fase, em comparação com a fase anterior, atestado pelo aparecimento do gênero *Eryngium* e espécies da família Alismataceae, que são indicativas de ambiente úmido (IRGANG, 1973; BEHLING, 1995; SOUZA & LORENZI, 2008). Além da expansão, a floresta se torna mais diversificada com o aparecimento dos gêneros *Alchornea*, *Clethra* e da família Melastomataceae.

Na fase mais recente (CA-IV), iniciada por volta de 6,3 ka AP, a floresta continua a expandir. O aumento dos grãos de pólen do gênero *Xyris*, da família Cyperaceae, esporos de briófitos, de fungos e de algas, apontam para aumento de umidade. O aparecimento da *Weinmannia*, que se adapta melhor a ambientes com temperaturas mais elevadas (BEHLING, 1995), sugere aumento da temperatura no período. Aumento de espécies de pteridófitos arborescentes como as da família Cyatheaceae, dos gêneros *Marattia* e da espécie *Dicksonnia sellowiana* que necessitam de áreas sombreadas para se desenvolver (TRYON & TRYON, 1982), reforçam o indicativo da franca expansão da floresta nesse período em clima quente e úmido.

7.1.3 Do Último Máximo Glacial ao Holoceno Médio: construção de planície de inundação e formação de turfeira durante o início da expansão da floresta

A seqüência sedimentar em foco se desenvolveu em ambiente típico de planície de inundação em período anterior a 20 ka AP. As características físicas dos materiais que compõem a unidade basal sugerem ambiente em que a energia deposicional era competente o suficiente para carrear além de materiais de textura fina, areia, restos vegetais e pequenas proporções de cascalho. Estes materiais foram depositados na planície de inundação, em ambiente de baixa energia. Este ambiente passa a predominar a partir do Último Máximo Glacial (UMG).

A energia de fluxo continua a decrescer, associada à deposição de lamas com alto teor de matéria orgânica, onde predomina a fração silte, formando as unidade 1 e 2.

A primeira fase de desenvolvimento da turfeira ocorreu em ambiente que não pôde ser determinado, em função da ausência de

palinomorfos preservados nos primeiros 96 centímetros do testemunho. A única inferência ambiental está associada às lamas com maior proporção de areias, que tende a diminuir para o topo do depósito, em padrão granodécrescente que sugere diminuição da energia do escoamento. Ao final desse período, já em ambiente sedimentar de menor energia, há indícios de ambiente frio, mas com umidade suficiente para garantir a permanência de vegetação florestal e de espécies vegetais relacionadas a ambientes mais úmidos, como pteridófitos e briófitos, em torno de 20 ka AP.

Após 20 ka AP os registros palinológicos evidenciam mudança nas condições ambientais. Essa mudança resultou em sensível diminuição dos conjuntos dos táxons florestais, dos pteridófitos, e no desaparecimento dos fungos, relacionados, provavelmente, à diminuição das temperaturas durante o UMG. No entanto, os briófitos aumentam nesse período, o que sugere que a diminuição das temperaturas não foi acompanhada por queda da umidade, pelo menos localmente.

Sinal similar foi registrado na localidade de Cerro do Touro em área relativamente próxima à turfeira estudada, no sul do município de Campo Alegre, Planalto de São Bento do Sul. Nesse local foi descrito horizonte húmico, datado de aproximadamente 19 ka AP (OLIVEIRA & PEREIRA, 1998), associado a padrão isotópico ($\delta^{13}\text{C}$) que indica campos sujos, ou mata aberta (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Tal padrão, observado no Planalto de São Bento do Sul, não é compatível com o que tem sido observado nos trópicos e subtropicais úmidos. Como mencionado anteriormente, durante o UMG essas áreas apresentaram sinal que aponta para diminuição da umidade (THOMAS *et al.*, 2001). Mesma assinatura encontrada nos depósitos estudados por Behling e Negrelle (2001), no litoral norte do Estado de Santa Catarina, que acusaram rara ocorrência de vegetação florestal em período imediatamente anterior ao UMG, e ausência de floresta durante esse período. No entanto, indicações de ambiente com relativa umidade durante o UMG foram encontrados nos trabalhos de Turcq *et al.* (1997) no Estado de Minas Gerais, Melo & Cuchierato (2004) no Estado de São Paulo e Camargo (2005) no Segundo Planalto Paranaense.

Esse padrão local, de relativa umidade durante o UMG, deu prosseguimento à formação da turfeira, que está condicionada à existência de clima frio e úmido (LOTTE & ZIEGLER, 1994; FALKENBERG, 2003). É possível que as inundações apresentaram pulsos de maior energia, como fica evidenciado pela presença de cascalho a 120 cm (descrita em campo).

Após essa fase de retração da floresta, observa-se novo período

de expansão e mudança na composição florística da vegetação campestre e florestal, associada à fase palinológica CA-III, provavelmente em período de transição entre o UMG e Holoceno. Conjuntos de táxons campestres mais adaptados à ambientes úmidos são observados pela primeira vez no registro palinológico. A floresta se torna mais diversificada.

Expansão da floresta se torna mais evidente após 6,3 ka AP (CA-IV), durante o Holoceno Médio. Essa expansão é acompanhada pelo aumento de fungos, algas, briófitos e pteridófitos. Os sedimentos dessa fase são essencialmente finos e a presença de areia é rara; o que sugere ambiente deposicional de baixa energia. No topo da seqüência observa-se maior concentração de areia, podendo significar retorno de fluxos mais competentes.

Novamente, os registros dessa fase, sugerem que a área não corresponde ao padrão que tem sido aceito para outras áreas dos trópicos e subtropicais úmidos, nas quais o Holoceno Médio foi caracterizado como período mais seco (THOMAS *et al.*, 2001). Fundamentados em dados sedimentológicos e em datações LOE, associados a depósitos de leques aluviais, Oliveira *et al.* (2006) e Oliveira *et al.* (2008) sugerem ambiente com longa estação seca para a área de estudo, durante o Holoceno Médio. No entanto, os dados palinológicos aqui apresentados não apóiam essa interpretação. De fato, como mencionado anteriormente, a ocorrência de clima úmido durante o Holoceno Médio também é defendida em outros trabalhos realizados nos subtropicais úmidos, evidenciada pela formação de turfeiras, de depósitos ricos em argila (MEIS, 1977; MEIS & TUNDISI, 1986; MODENESI & GAUTTIERI, 2000; KRAMER & STEVAUX, 2001) e pelo início da expansão da floresta (MARKGRAF, 1989; CALEGARI, 2008; CRUZ *et al.*, 2009; PESSENDA *et al.*, 2009).

7.2 SEÇÃO ESTRATIGRÁFICA SALTO DO ENGENHO

7.2.1 Estratigrafia

7.2.1.1 Levantamento estratigráfico e características físicas dos materiais

A localidade do Salto do Engenho (Fig. 25) está situada no noroeste do município de Campo Alegre, no Planalto de São Bento do Sul.



Figura 25 Localização da área de estudo. Notar: queda d'água no primeiro plano. A seta amarela indica o local em que foi levantada a seção.

A área estudada (Fig. 26) é uma planície aluvial formada pela retenção de sedimentos a montante de nível de base local, determinado por ruptura do perfil do vale associada à queda d'água (Fig. 27). O vale se alarga a montante da cachoeira, propiciando espaço para a preservação dos depósitos.



Figura 26 Vista parcial da planície aluvial na localidade de Salto do Engenho.
(Foto: Marcelo Oliveira, abril de 2007)



Figura 27 Imagem de cachoeira que constitui nível de base no Salto do Engenho.
Foto: Simone Kalbusch – Google-Earth, acesso 29/07/2010.

A seção (Fig. 28) foi levantada com auxílio de trado manual, com espaçamento entre as sondagens variando de 1,35 a 1,85 m. No total foram realizadas oito sondagens, distribuídas em 9,95 m de extensão, abrangendo uma porção da área total da planície. A partir das descrições de campo foram individualizadas sete unidades que estão descritas no quadro 21.

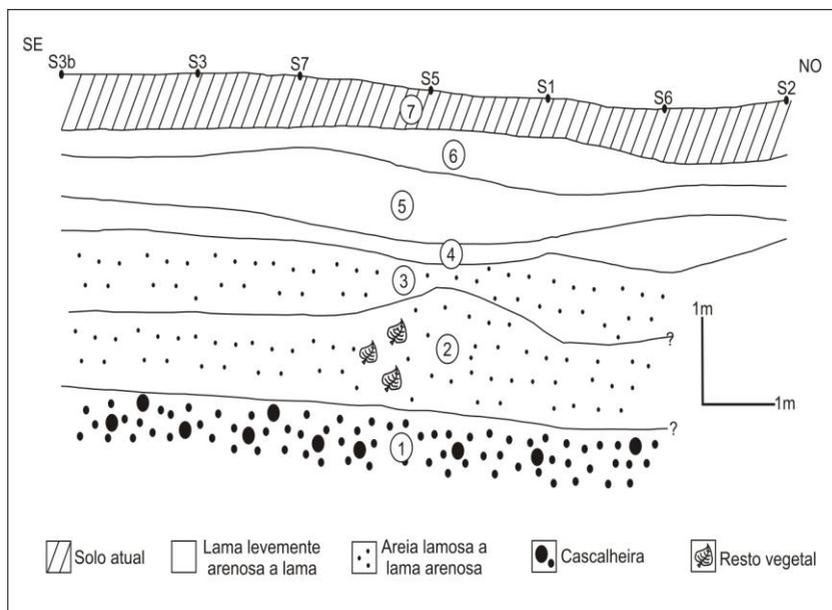


Figura 28 Seção estratigráfica Salto do Engenho.

Analisando o quadro 21 observa-se que a seção apresenta cores escuras, predominando as cores brunadas, sendo mais acinzentadas nas unidades 2 e 3 e mais amareladas, em função do mosqueamento, nas unidades de 4 a 6. A textura ao tato é granodrecrescente, com cascalho na unidade basal, e passando de *arenosa* a *argilo-siltosa* em direção ao topo da sequência. As transições entre as unidades foram classificadas como *claras*. Restos vegetais, como galhos e folhas bem preservados, foram descritos nas unidades 1 e 2. A unidade 7 que recobre a sequência se distingue das demais unidades pela presença de estruturação (*em grumos*) e pela textura mais siltosa.

Unidades/ Característica	Cor da matriz	Concentração e tamanho dos cascalhos	Textura ao tato	Tipo de estrutura pedológica	Tipo de contato	Observações
7	Bruna (7.5YR2.5/2, úmida) a bruna amarelada escura (10YR4/4, úmida)	Ausente	Siltoso a argilo-siltoso	Grumos	---	Presença de raízes
6	Bruna escura(10YR3/3, úmida) a (10YR6/6, úmida) amarela brunada	Ausente	Argilo-siltoso	Maciça	Clara	Mosqueamento (de 5 a 30%); Presença de raízes
5	Bruna amarelada escura (10YR4/6, úmida), bruna amarelada (10YR5/8, úmida), (5YR5/8, úmida) vermelha amarelada	Ausente	Argilo-siltoso	Maciça	Gradual	Mosqueamento (>50%)
4	Bruna escura (7.5YR3/2, úmida) a), bruna amarelada (10YR5/8, úmida)	Ausente	Argiloso	Maciça	Clara	Mosqueamento (10%)
3	Cinza muito escura (10YR3/1, úmida) a bruna clara acinzentada (10YR6/3, úmida)	Ausente	Argiloso	Maciça	Clara	Presença de carvão; Nível d'água
2	Preta (7.5YR2.5/1, úmida) a bruna acinzentada escura (10YR4/2, úmida)	Ausente	Arenoso	Maciça a grãos simples	Clara	Presença de resto vegetal (galhos e folhas)
1	Bruna forte (7.5YR5/8, úmida)	15%	Arenoso	Grãos simples	Clara	Presença de resto vegetal (galhos e folhas)

Quadro 21 Características físicas das unidades que compõem a Seção Salto do Engenho.

A partir da individualização das sete unidades foram coletadas amostras das sondagens 5 e 7, abrangendo as unidades de 2 a 7. Os resultados das 51 amostras analisadas podem ser observados no quadro 22.

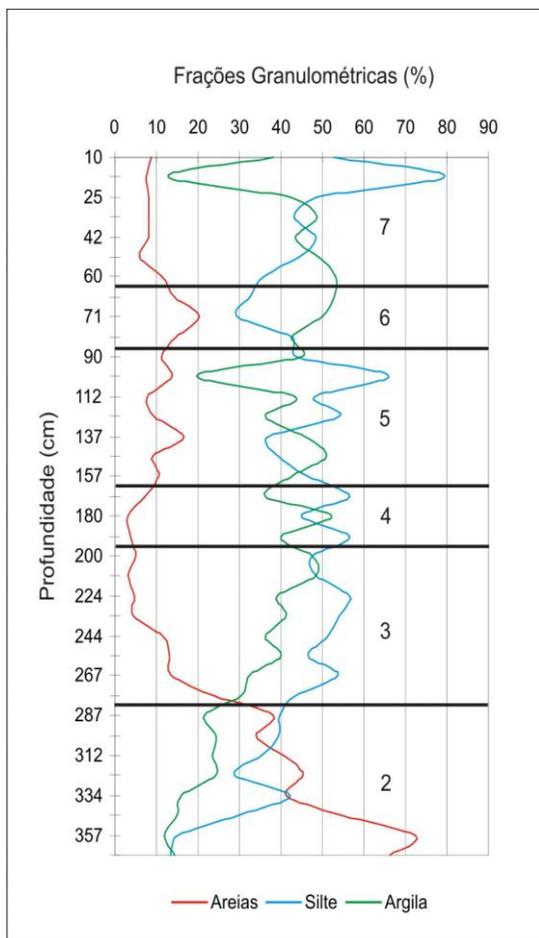


Figura 29 Distribuição das frações granulométricas da sondagem 7 da seção Salto do Engenho. Os números de 2 a 7 no interior do gráfico correspondem às unidades.

Amostra	Profundidade (cm)	Unidade	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação Textural
Sondagem 7							
1	10	7	0	8,82	52,79	38,08	DIII
2	20	7	0	7,62	79,37	12,80	DII
3	25	7	0	8,04	48,56	42,51	DIII
4	34	7	0	8,02	43,02	48,87	DIII
5	42	7	0	8,08	48,55	43,48	DIV
6	53	7	0,24	5,90	44,47	49,21	DIV
7	60	7	0	11,16	35,82	53,07	DIV
8	67	6	0	14,35	32,36	52,81	DIV
9	71	6	0	20,26	29,51	50,10	DIV
10	80	6	0	14,68	42,77	42,37	DIII
11	90	5	0	11,15	43,67	44,92	DIII
12	100	5	0	13,72	65,90	19,67	DII
13	112	5	0	7,75	48,23	43,56	DIII
14	122	5	0	9,38	53,94	36,12	DIII
15	137	5	0	16,52	36,79	45,88	DIV
16	144	5	0	8,94	39,51	50,96	DIV
17	157	5	0	10,56	46,11	42,70	DIII
18	169	4	0	7,32	56,65	36,17	DIII
19	180	4	0	3,03	44,87	52,05	EIV
20	190	4	0	3,79	56,69	40,10	EIII
21	200	3	0	5,15	47,52	47,57	EIII
22	210	3	0	3,20	48,32	48,39	EIV
23	224	3	0	4,60	56,59	39,00	EIII
24	232	3	0	4,52	54,07	41,22	EIII
25	244	3	0	11,69	51,14	36,17	DIII
26	254	3	0	13,04	46,54	40,00	DIII
27	267	3	0	13,45	53,86	32,38	DIII
28	276	3	0	23,95	43,52	30,38	DIII

Amostra	Profundidade (cm)	Unidade	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação Textural
29	287	2	0	38,03	39,75	21,70	CIII
30	304	2	0	34,16	39,43	24,41	CIII
31	312	2	0	40,50	35,28	23,46	CIII
32	323	2	0	45,39	28,85	24,42	CIII
33	334	2	0	41,14	42,11	15,91	CIII
34	345	2	0	54,53	30,15	14,95	BII
35	357	2	0	72,48	14,98	11,83	BII
36	370	2	0,87	66,35	13,44	14,47	BIII
Sondagem 5							
1	175	4	0	2,847	43,01	54,15	EIV
3	185	4	0	2,758	39,63	57,61	EIV
5	195	4	0	4,423	35,16	60,42	EIV
7	205	3	0	3,29	39,57	57,14	EIV
9	215	3	0	5,162	44,92	49,91	DIV
11	225	3	0	6,024	46,47	47,51	DIV
13	235	2	0	2,237	55,46	42,3	EIII
15	245	2	0	6,43	55,7	37,87	DIII
17	255	2	0	16,66	50,87	32,47	DIII
19	265	2	0	7,203	47,47	45,33	DIII
20	275	2	0	17,59	48,83	33,58	DIII
21	285	2	0	14,47	37,95	47,59	DIV
22	295	2	0	10	58,83	31,17	DIII
24	315	2	0	28,33	48,54	23,13	CIII
26	335	2	0	41,64	36,8	21,56	CIII

Quadro 22 Dados granulométricos da seção Salto do Engenho.

Analisando a figura 29 é possível observar padrão granodrecrescente bem definido, até a metade da unidade 3. A partir da metade dessa unidade, a concentração da fração areia fica relativamente estável, embora atinja um mínimo na metade da unidade 4. A partir daí, a proporção de areias tende a subir em direção ao topo da sequência, não atingindo, no entanto, proporções similares às da unidade 2.

Da unidade 2 até a metade inferior da unidade 3 predominam materiais classificados como *lama arenosa (C)*, que possuem de 50 a 75% de lama, sendo que essa unidade inicia com materiais mais grossos, que foram classificados como *areia lamosa (B, 25 a 50% de lama)*. Já na metade inferior da unidade 3 prevalecem materiais do tipo *lama levemente arenosa (D)*, que apresentam de 75 a 95% de lama.

A partir da metade superior da unidade 3 até a unidade 4 predominam materiais que foram classificados como *lama (E, >95% de lama)*, sendo mais freqüente a classe *argila siltosa (EIV)*. A partir da unidade 5 prevalecem materiais classificados como *lama levemente arenosa (D, 75 a 95% de lama)*, sendo mais freqüente a classe *lama levemente arenosa siltosa (DIII)*.

A análise do diagrama de Flemming (Fig. 30) para as amostras da seqüência confirma a variação da energia dos fluxos que atuaram durante sua de evolução. É possível observar que as amostras que compõem a unidade 2 estão agrupadas no centro do diagrama, em direção ao eixo das areias, o que indica concentração de areia entre 50 e 95% de areia. Já as amostras pertencentes às outras unidades ficaram concentradas próximas aos eixos do silte e da argila. Essa distribuição sugere que a energia de fluxo era maior no período de deposição da unidade 2 e foi diminuindo em durante a deposição das outras camadas, porém com um máximo de deposição lamosa durante a formação da unidade 4.

Até a metade da unidade 3, predominam materiais mais grossos, que necessitam de fluxos de maior energia para serem carreados. A partir dessa unidade, em direção ao topo, as classes granulométricas são mais finas, indicando diminuição na energia dos fluxos.

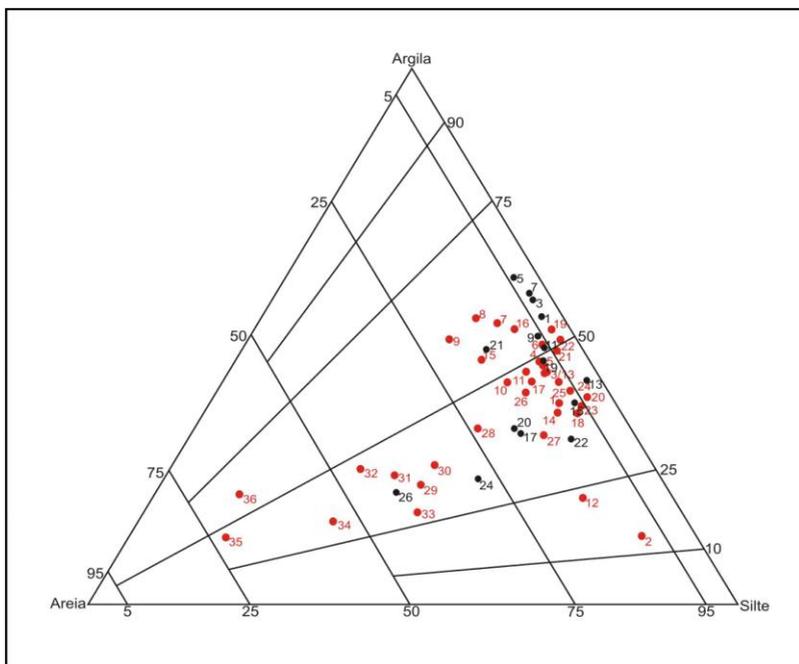


Figura 30 Diagrama textural para as amostras da seção Salto do Engenho. As amostras em vermelho são oriundas da sondagem 7 e em preto são da sondagem 5.

7.2.1.2 Teor de matéria orgânica

Foram submetidas a essa análise 45 amostras coletadas nas sondagens 7 e 5, abrangendo as unidades de 2 a 7. Os resultados dessa análise são observados no quadro 23.

Amostra	Profundidade (cm)	Unidade	Carbono orgânico (%)	Matéria orgânica (%)	Classificação quantitativa
Sondagem 7					
1	10	7	6,07	10,44	Alta
2	20	7	5,66	9,74	Alta
3	25	7	5,37	9,24	Alta
4	34	7	4,70	8,09	Alta
5	42	7	4,07	7,00	Alta
6	53	7	3,18	5,46	Alta
7	60	7	2,15	3,69	Média
8	67	6	1,66	2,85	Média
9	71	6	1,14	1,96	Baixa
10	80	6	0,75	1,30	Baixa
11	90	5	0,92	1,57	Baixa
12	100	5	1,08	1,85	Baixa
13	112	5	0,70	1,20	Baixa
14	122	5	0,57	0,98	Baixa
15	137	5	0,64	1,10	Baixa
16	144	5	0,65	1,12	Baixa
17	157	5	0,58	0,99	Baixa
18	169	4	0,79	1,36	Baixa
19	180	4	1,61	2,77	Média
20	190	4	0,71	1,23	Baixa
21	200	3	0,52	0,89	Baixa
22	210	3	0,48	0,82	Baixa
23	224	3	0,63	1,08	Baixa
24	232	3	0,62	1,07	Baixa
25	244	3	0,56	0,97	Baixa
26	254	3	1,20	2,06	Baixa
27	267	3	1,85	3,18	Média
28	276	3	1,67	2,87	Média

Amostra	Profundidade (cm)	Unidade	Carbono orgânico (%)	Matéria orgânica (%)	Classificação quantitativa
29	287	2	2,08	3,59	Média
30	304	2	2,21	3,80	Média
31	312	2	2,49	4,28	Média
32	323	2	2,34	4,03	Média
33	334	2	1,74	2,98	Média
34	345	2	1,68	2,89	Média
35	357	2	0,98	1,69	Baixa
36	370	2	1,27	2,19	Baixa
Sondagem 5					
1	175	4	1,51	2,6	Média
5	195	4	1,25	2,15	Baixa
9	215	3	0,97	1,67	Baixa
13	235	3	1,44	2,47	Média
17	255	3	2,6	4,05	Média
20	275	3	2,69	4,63	Média
22	295	2	3,28	5,65	Alta
24	315	2	3,82	6,58	Alta
26	335	2	2,94	5,06	Alta

Quadro 23 Teor de carbono orgânico e matéria orgânica das amostras da Seção Salto do Engenho.

Analisando a figura 30 é possível observar que a maior parte das amostras (47%) foi classificada como materiais que apresentam baixo teor de matéria orgânica (até 2,5%). 33% das amostras apresentaram média concentração de matéria orgânica (2,6 a 5%) e somente 20% apresentaram alta concentração de matéria orgânica (>5%).

As unidades 2 e 7 apresentaram os maiores valores de matéria orgânica. Na unidade 2, esse percentual variou de 1,69 a 6,58%. Essa alta concentração pode ser resultado do acúmulo de restos vegetais (galhos e folhas) na unidade. Nas unidades superficiais a concentração de matéria orgânica chegou a 10,44%, sugerindo horizonte de solo superficial.

As demais unidades apresentaram, majoritariamente, baixa concentração de matéria orgânica, variando de 0,82 a 4,63%.

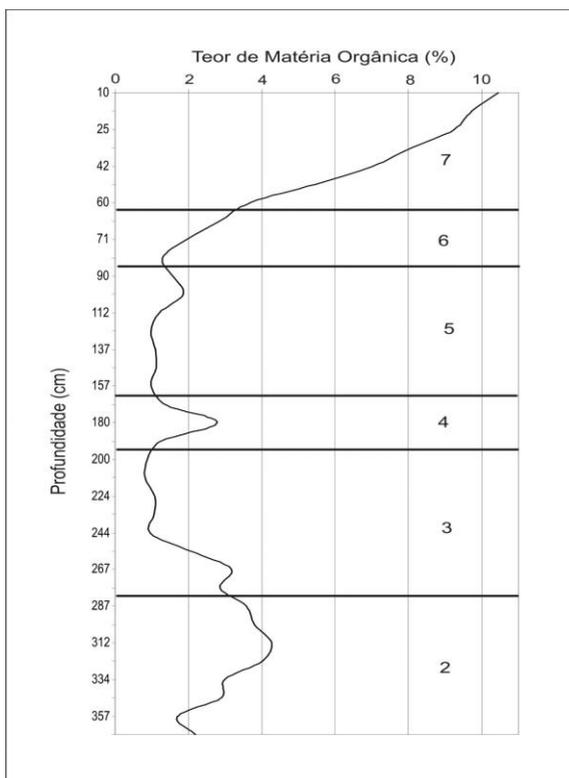


Figura 31 Distribuição do teor de matéria orgânica na sondagem 7 da seção Salto do Engenho. Os números de 2 a 7 no interior do gráfico indicam as unidades da seção.

Os dados sugerem presença de camadas aluviais finas que possuem, de maneira geral, média a baixa concentração de matéria orgânica (no máximo 5%), recobertas por horizonte superficial espesso (com mais de 40 cm) e rico em matéria orgânica.

7.2.1.3 Grau de Saturação por bases e determinação do Horizonte A

Uma amostra da unidade 7 foi submetida a essa análise no Laboratório Físico Químico e Biológico da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (CIDASC).

O quadro abaixo apresenta síntese dos dados físicos e químicos para as amostras das unidades submetidas a essa análise.

Unidade	Espessura (cm)	Estrutura	Cor	Teor de MO (%)	Saturação por bases (%)
7	40 a 60	Grumos	Bruna a bruna amarelada escura	3,69 a 10,44	2,79

Quadro 24 Características físicas e químicas das unidades 7 da Seção Salto do Engenho.

Os dados apresentados no quadro acima demonstram que a unidade 7 satisfaz os requisitos que permitem classificá-la como horizonte A húmico, que apresenta as seguintes características:

- Horizonte mineral espesso (40 a 50 cm);
- Estrutura granular ou grumosa;
- Cor escura;
- Rico em matéria orgânica (>7,5%);
- Baixa saturação por bases;

Conforme afirma Tomé Jr. (1997) horizontes ricos em matéria orgânica estão associados a regiões de clima frio e/ou elevadas altitudes. Condições atendidas pela localidade de Salto do Engenho, que está inserida no Planalto de São Bento do Sul, com altitudes entre 850 e 950 m, resultando em clima mesotérmico brando.

7.2.1.4 Geocronologia

Amostras nas profundidades de 202 cm e 275 cm foram datadas pelo Carbono 14, no Center for Applied Isotopes Studies – Universidade

da Geórgia (E.U.A.). Os resultados são apresentados no quadro abaixo:

Amostra	Profundidade (cm)	Zona	Idade (AP)
2	202	3	27.860 ± 110
1	275	2	34.560 ± 150

Quadro 25 Idades Carbono 14 obtidas para amostras coletadas na Seção Salto do Engenho.

7.2.1.5 Balanço parcial

A seqüência estudada inicia em período anterior a 34 ka A.P., com a deposição da cascalheira basal, referente a unidade 1. Nessa camada observou-se presença de material vegetal (galhos e folhas) em bom estado de conservação. As cores avermelhadas sugerem existência de nível de impedimento hidrológico, na base.

Assentada sobre essa cascalheira está a unidade 2, que consiste de camada aluvial com textura variando de *areia lamosa* a *lama arenosa*, com importante aporte de matéria orgânica (até 6,58%). As cores preta e bruna acinzentada escura, descritas para essa unidade, podem resultar dessa acumulação de matéria orgânica. A camada apresenta granodecrescência em direção ao topo, o que sugere deposição fludial, sedimentando primeiramente clastos mais grossos.

Sobre essa unidade depositou-se nova camada aluvial (unidade 3) com textura mais fina (variando de *lama levemente arenosa* a *lama*), dando seqüência ao decréscimo de energia do escoamento sugerido pela gradação normal da unidade sotoposta. Foi observada na unidade 3 presença de material vegetal, embora em menor quantidade, quando comparada à unidade anteriormente descrita. Os teores de matéria orgânica não passaram de 4,63%, resultando em cores mais claras (cinzenta muito escura a bruna clara acinzentada).

Até a metade da unidade 3 observa-se padrão de deposição granodescrescente, que sugere fluxos com pouca velocidade.

A partir dessa unidade até o topo da unidade 4 a textura é essencialmente fina (*lama*) e não se observa oscilação dos teores da fração areia, o que sugere ambiente no qual predomina decantação em águas calmas. Os tons escuros descritos para essas camadas sugerem ambiente redutor.

Partindo da unidade 4 em direção ao topo da seqüência, em

período posterior a 27 ka A.P., a textura ainda é fina (*lama levemente arenosa*) mas, observa-se aumento gradativo da fração areia, alternando pulsos de maior energia de fluxo.

Observa-se nas unidades 5 e 6 presença de mosqueamento (de 10 a >50%, em direção ao topo). A cor predominante do mosqueado é vermelha, sugerindo importante conteúdo de sesquióxidos e óxidos de Fe não hidratados, assim como a boa drenagem dessas camadas (VIEIRA *et al.*, 1988; OLIVEIRA *et al.*, 1992). Esse processo de enriquecimento de compostos de Fe pode ser atribuído ao processo pedogenético de translocação, que consiste na remoção desses compostos do horizonte A através da água de percolação, pelos quelatos (formados por húmus) até as camadas inferiores (VIEIRA, 1975), onde se precipitam após drenagem do solo.

A seqüência sedimentar é recoberta pela unidade 7, que foi classificada como horizonte A húmico em virtude da sua espessura, estrutura, cor, teor de matéria orgânica e grau de saturação por bases. A formação desse espesso horizonte pode estar relacionada a uma fase em que as inundações se tornaram menos freqüentes, provavelmente em função da adaptação da drenagem às condições vigentes no Holoceno, que seriam propícias ao aprofundamento da calha fluvial em sedimentos pretéritos.

A posição desses depósitos, paralela ao rio, e sua granulação, essencialmente fina (*lama levemente arenosa*), sugerem ambiente de baixa energia. A granodecrescência, os tons escuros e as cores acinzentadas sugerem ambiente redutor e permitem classificar o ambiente deposicional como *bacia de inundação* (SUGUIO & BIGARELLA, 1990). As bacias de inundação formam depressões na planície de inundação, que são por vezes preenchidas com água, são por vezes pantanosas e estão constantemente inundadas (RICCOMINI *et al.*, 2001). Nelas são depositados os sedimentos mais finos do ambiente aluvial, que são carregados em suspensão durante as cheias.

Do ponto de vista geocronológico, a seqüência registra unidades basais mais grossas, cuja idade coincide: a) com a última oscilação interestadial do Estágio Isotópico Marinho 3 (EIM 3); b) com a passagem para o último máximo glacial (UMG), a partir de aproximadamente 28 ka AP. Fragmentos orgânicos foram depositados junto com clastos minerais no período. A partir de 27 ka AP, os sedimentos se tornam mais lamosos, atingindo um máximo de teor de lama (97%) na metade da unidade 4, cuja idade não foi determinada. Essas relações sugerem fluxos mais competentes ao final do EIM 3, associados às unidades basais, que tendem a arrefecer na passagem para

o UMG (EIM 2), sugerindo cenário coerente com o que seria previsto para o Último Máximo Glacial, quando déficits hídricos seriam mais pronunciados. A planície de inundação teria sua sedimentação concluída, no local, através de pulsos de cheias, com um pouco mais de energia de transporte, durante a formação das unidades 5 e 6. Às quais segue a unidade lamosa 7, posteriormente pedogenizada.

7.2.2 Palinologia

7.2.2.1 Registro fóssil

O testemunho analisado vai de 202 a 322 cm, abrangendo as unidades 2, 3 e 4 da seção. As amostras foram extraídas a cada 10 cm, totalizando 24 amostras (sendo quatro amostras teste), das quais somente dez foram consideradas férteis, ou seja, apresentaram no mínimo 300 grãos de pólen, abrangendo as unidades 2 e 3. Essa análise foi realizada no Laboratório de Palinologia da Universidade Luterana do Brasil (*Campus* Canoas-RS). O local de coleta das amostras pode ser observado na figura 32.

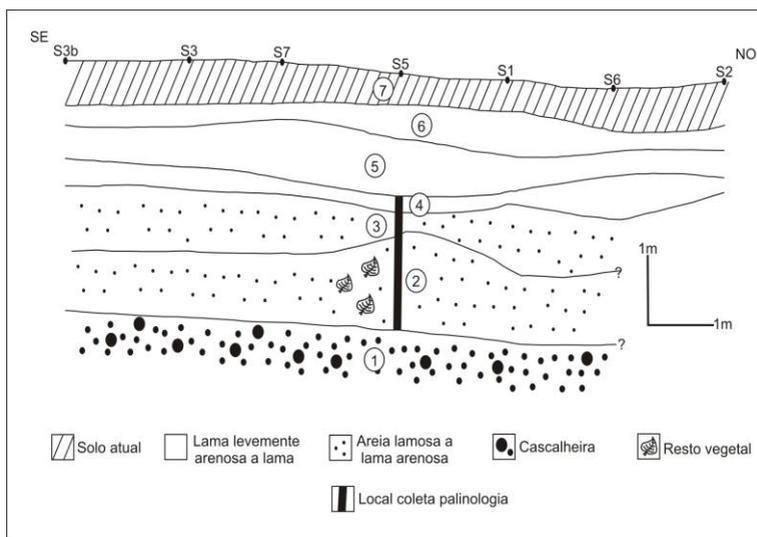


Figura 32 Local de coleta das amostras Seção Salto do Engenho.

Os 35 palinórfos identificados no testemunho foram agrupados em táxons conforme suas afinidades ecológicas. O diagrama palinológico percentual pode ser observado na figura 33.

Com base na análise de agrupamento foram individualizadas duas fases distintas: SE-I (anterior a 34.560 +/- 150 anos AP) e SE-II (de 34.560 +/- 150 a 27.860 +/-110 anos AP).

SE-I (anterior a 34.560 +/- 150 anos AP)

Nessa fase há predomínio da vegetação de campos (95%), com destaque para as famílias Poaceae (50%), Asteraceae (20%), Cyperaceae (10%), seguidas por espécies do gênero *Gnaphalium*. Em direção ao topo observa-se aumento relativo da família Cyperaceae (20%) e do gênero *Myriophyllum* (10%). Nessa fase os conjuntos de táxons florestais são representados pelos gêneros *Mimosa*, *Weinmannia* e *Ilex*. Observa-se a presença de esporos de pteridófitos e de fungos que decrescem em direção ao topo.

SE-II (de 34.560 +/- 150 anos a 27.860 +/-110 anos AP)

A vegetação campestre continua a predominar nessa fase e a floresta praticamente desaparece. Nos conjuntos dos táxons campestres observa-se diminuição e posterior desaparecimento do gênero *Gnaphalium* e da família Apiaceae, aumento dos gêneros *Valeriana* e *Alternanthera* e aparecimento do gênero *Eryngium* no registro.

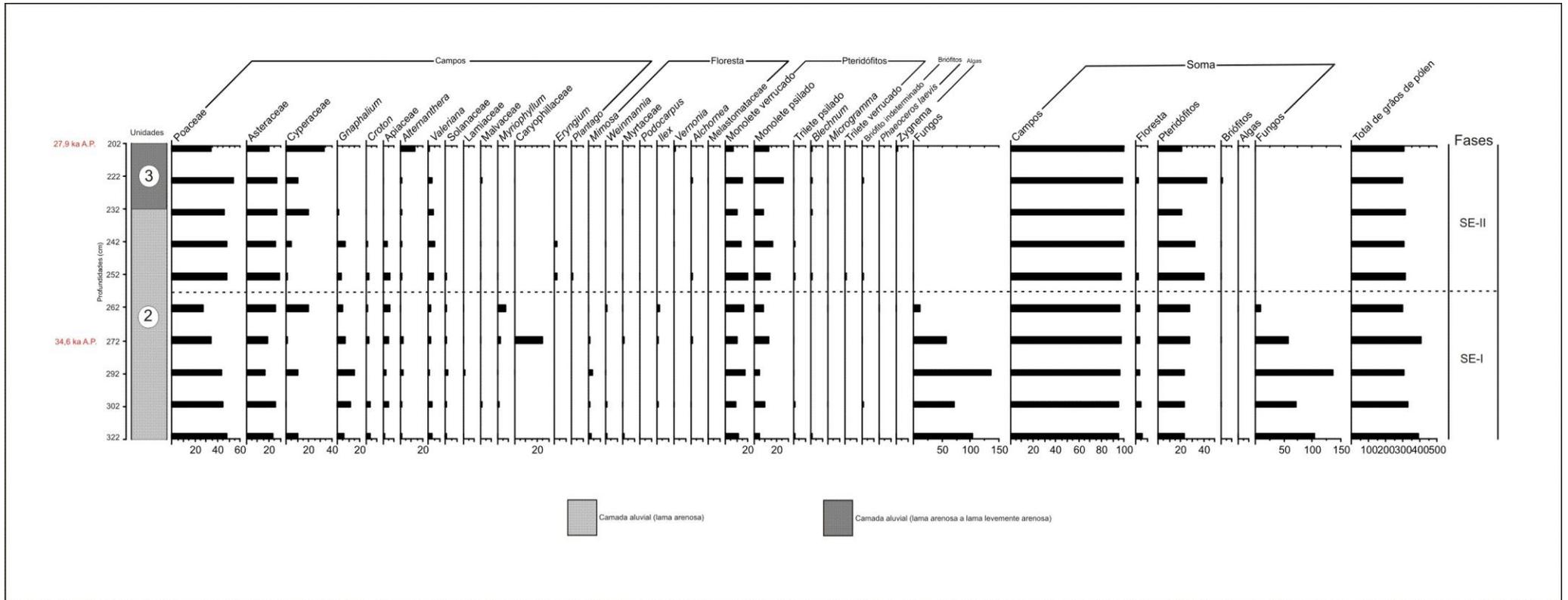


Figura 33 Diagrama palinológico de porcentagem da Seção Salto do Engenho.

7.2.2.2 Registro atual

Essa análise seguiu o procedimento descrito no item 4.5.1 (p. 47), sendo que as cinco amostras foram coletadas em um quadrado de 44 m de lado, nas imediações da seção estudada.

Conforme demonstrado pelas figuras 34 e 35 o espectro palinológico atual da área sugere predomínio da vegetação de campos (90%), com predomínio de espécies da família Poaceae (47%), Cyperaceae (28%) e Asteraceae (12%). Os táxons florestais somam quase 10% e destacam-se espécies da família Myrtaceae e dos gêneros *Ilex* e *Alchornea*.

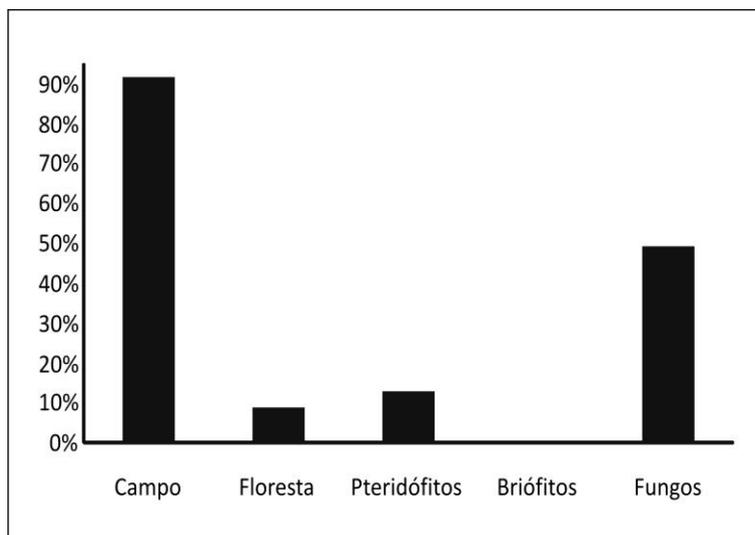


Figura 34 Gráfico em porcentagem dos agrupamentos ecológicos registrados nas amostras superficiais coletadas no entorno da Seção Salto do Engenho.

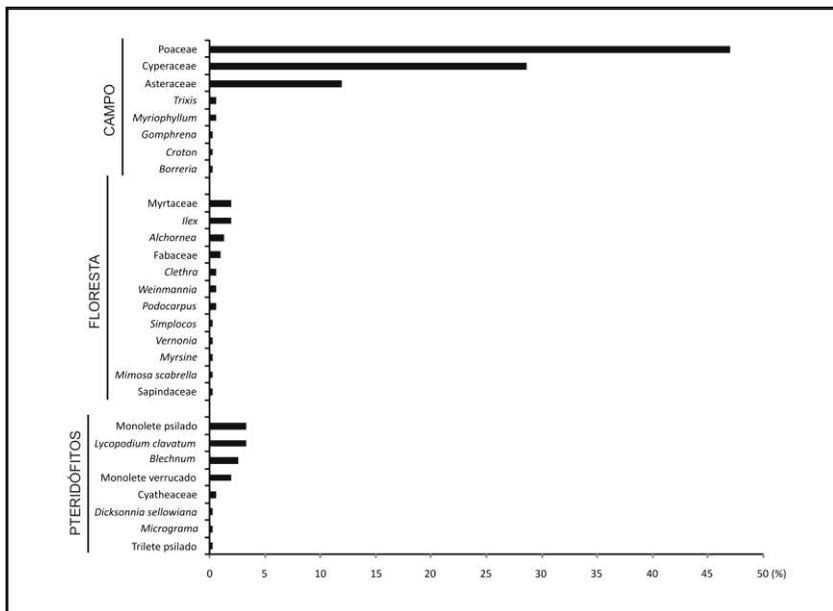


Figura 35 Gráfico em porcentagem do espectro polínico atual das amostras superficiais coletadas no entorno da Seção Salto do Engenho.

7.2.2.3 Balanço parcial

Das sete unidades que compõem essa seção somente em três (unidades 2, 3 e 7) foi possível proceder à análise palinológica.

A análise de agrupamento apontou a existência de duas fases: SE-I e SE-II.

A primeira fase inicia antes de 34 ka AP com predomínio dos campos, presença de grãos de pólen de táxons arbóreos (em torno de 5%) e alta concentração de esporos de fungos, indicando que o ambiente local era úmido. A ocorrência nessa fase de *Myriophyllum*, uma planta aquática, exclusiva de banhados (FEVEREIRO, 1975), reforça a idéia de umidade local. O predomínio de vegetação de campos, associado ao baixo percentual de táxons arbóreos, indica ambiente mais frio do que o atual, embora indícios de umidade local, associada à ocorrência de ambiente alagado, apontem para o que poderia ser interpretado como o resultado de clima relativamente menos frio e mais úmido, associado ao

final do EIM 3.

A segunda fase é caracterizada pela quase ausência de grãos de pólen de táxons florestais e esporos de fungos; o gênero *Myriophyllum* desaparece do registro, o que pode indicar diminuição gradativa da lâmina d'água. Em conjunto, o sinal indica ambiente mais seco e mais frio, que é condizente com o resfriamento esperado para o período associado a essa fase, na passagem para o EIM 2.

O registro atual aponta para o predomínio da vegetação campestre. Contudo, observa-se aumento dos táxons florestais em relação ao registro fóssil. Naqueles registros a concentração dos táxons arbóreos não chegava a 5%. No espectro atual esse índice atinge 10%. O que sugere clima mais quente e mais úmido que nas fases anteriores.

A ausência de registro palinológico (fóssil) após 27 ka AP não permite compreender como foi a dinâmica vegetacional entre o EIM 2 e o Holoceno. Dessa forma, não se pode afirmar que o predomínio de campo foi constante nos últimos 34 ka AP, uma vez que o domínio do campo, atualmente, está provavelmente associado ao desmatamento, resultado da colonização iniciada no século XIX (KORMANN, 1989) e da exploração da Floresta Ombrófila Mista pela indústria moveleira.

O registro palinológico fóssil permite vislumbrar, no entanto, condições ambientais distintas que coincidem com as interpretações estratigráficas, no que toca aos ambientes deposicionais e à coerência com eventos globais associados à geocronologia.

7.2.3 Evolução da bacia de inundação ocupada por pântano na transição entre o EIM 3 e o EIM 2

Os dados estratigráficos e palinológicos sugerem o desenvolvimento de banhado em ambiente de bacia de inundação, em período anterior a 34 ka AP, período correlacionável ao Estágio Isotópico Marinho 3 (EIM 3). O EIM 3 é caracterizado globalmente, assim como nos trópicos e subtropicais úmidos como um período relativamente mais quente e mais úmido do que os períodos mais frios da última glaciação, marcado por sedimentação importante na Ásia, América do Sul, África e Oceania (THOMAS, 2000; THOMAS *et al.*, 2001). O desenvolvimento do banhado, assim como o desenvolvimento de horizonte pedológico em outra área do Planalto de São Bento Sul, no sul do município de Campo Alegre, por volta de 37 ka AP (OLIVEIRA *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2008ab), estão de acordo com as

condições ambientais que vigoraram durante esse período em outras áreas dos trópicos e subtropicais úmidos.

O início da sedimentação ocorreu em ambiente de energia relativamente alta, associado a escoamento fluvial que gerou depósito com organização granodécrescente, sob clima frio e localmente úmido. A energia do escoamento diminuiu gradualmente até aproximadamente 27 ka AP. Após esse período, ocorrem pulsos de cheias, possibilitando o transporte de maior quantidade de areia para a bacia de inundação, sem atingir contudo atingir a magnitude da fase anterior, gerando depósitos sobretudo lamosos, em ambiente de energia mais baixa. Esse período de diminuição dos fluxos ocorreu em período correlacionável ao início do resfriamento que antecedeu o Último Máximo Glacial (UMG), que nas terras altas dos trópicos e subtropicais úmidos, ocorreu por volta de 40 ka AP (THOMAS & THORP, 1995).

A ocorrência de inundações, sobretudo dos depósitos que ficaram retidos na planície após os pulsos de vazão, podem ter ocasionado a diminuição da lâmina d'água através da acreção vertical associada à agradação da bacia, levando ao desaparecimento do *Myriophyllum* do registro palinológico. Esse processo de acreção coincide com período provavelmente mais frio e mais seco, no início do EIM 2.

Dando seqüência ao processo de agradação, sob clima menos úmido, picos de vazão associados à inundações deixaram de atingir o local estudado, processo que pode estar associado à migração do canal ao longo do vale. O espesso horizonte húmico, formado sob clima mais úmido e mais quente que nas fases anteriores, resulta, provavelmente, da readaptação do canal fluvial a novas condições ambientais que não foram documentadas pelo registro disponível.

A presença de ervas aquáticas, como o *Myriophyllum*, de espécies da família Cyperaceae, de fungos e pteridófitos sugerem a existência de ambiente localmente úmido até aproximadamente 34 ka AP.

7.3 SEÇÃO VALE NORDESTE

7.3.1 Estratigrafia

Essa seção foi preliminarmente estudada por Lima (2005), em sua dissertação de mestrado. Porém, como resultados palinológicos inéditos, associados à seção, serão discutidos aqui, então será apresentada também síntese dos resultados estratigráficos obtidos durante o desenvolvimento daquele trabalho.

Essa seção foi levantada na localidade de Cerro do Touro (Fig. 36) no extremo sul do município de Campo Alegre. A área consiste de vale tributário bastante dissecado, com canal de primeira ordem, escalonado em compartimento topográfico de origem estrutural, que criou nível de base local, a montante do qual o vale foi entulhado por aluviões. O desenho da seção é apresentado na figura 37.



Figura 36 Vista parcial do terraço aluvial onde foi levantada a Seção Vale Nordeste.

(Foto: Marcelo Oliveira, 2003).

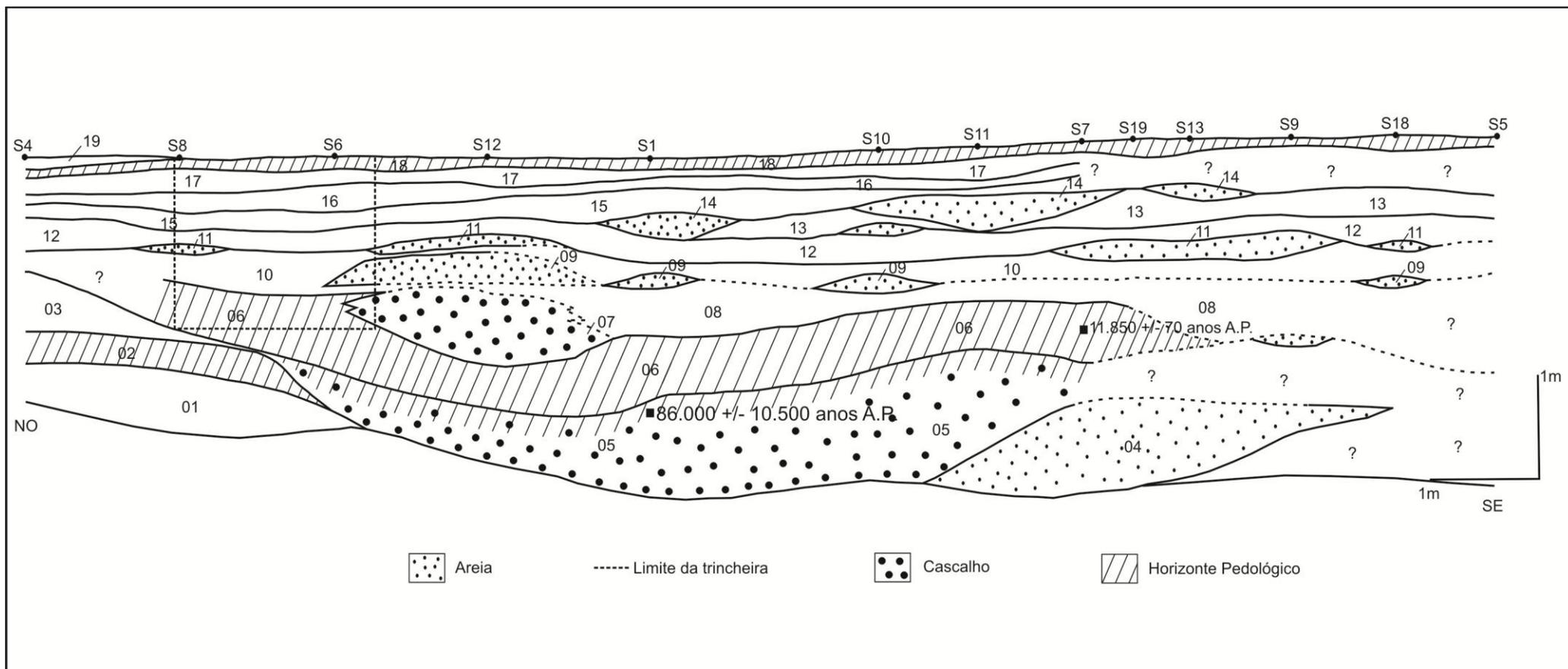


Figura 37 Seção Estratigráfica Vale Nordeste.

A seqüência de eventos inicia em período anterior a 86 ka, quando houve a formação de camada coluvial (unidade 1), que foi posteriormente pedogenizada, formando o horizonte pedológico (A proeminente) referente à unidade 2. Nova fase de colúviação possibilitou a deposição de outra camada coluvial (unidade 3), que recobriu o horizonte pedológico anteriormente desenvolvido (unidade 2).

As camadas colúvias e o horizonte pedológico foram truncados durante fase erosiva em período anterior a 86 ka, quando houve a formação dos depósitos alúvio-colúvias referentes às unidades 4 e 5. Na unidade 5 destaca-se a presença importante de cascalho e material vegetal, constituído de galhos e folhas bem preservados (LIMA, 2005). O topo dessa unidade foi datado de aproximadamente 86.000 +/- 10.500 anos. Após a formação dessas duas camadas seguiu-se período de erosão que impossibilitou a geração de registro sedimentar.

Esse período de importante atividade erosiva, evidenciando lacuna deposicional pleistocênica, foi seguido pelo desenvolvimento da turfeira que apresenta as seguintes idades: 15.031 +/- 127 anos AP, na base (inérito); 11.850 +/- 70 anos AP no nível intermediário (LIMA, 2005) e 11.370 +/- 60 anos AP, no topo (OLIVEIRA *et al.*, 2006). O desenvolvimento da turfeira foi interrompido por nova fase erosiva, que possibilitou a incisão de canais que foram posteriormente preenchidos. Registro dessa fase é representado pela unidade 7.

A incisão desses canais é procedida pelo início da formação da planície de inundação. Camadas de materiais finos (unidades 8, 10, 12, 13, 15, 16 e 17) estão intercaladas a camadas de material mais grosso (unidades 9, 11 e 14). Os depósitos mais grossos sugerem pulsos de maior energia durante os períodos de cheias e foram classificados por Lima (2005) como depósitos de rompimento de diques marginais. A identificação de provável área pantanosa (unidade 10) na seqüência estratigráfica, corrobora a classificação daquelas camadas como depósitos de planície de inundação. Na unidade 10 foram observadas marcas de folhas na posição vertical, indicando que estas achavam-se em posição de vida, habitando o banhado que se encontrava limitado, de um lado, pela rampa, e de outro, pela lente de areia que forma a unidade 9 (Fig. 36).

Essa seção apresenta seqüência sedimentar formada a partir da atuação de processos colúvias e alúvias. Esses processos são descritos através dos depósitos e estruturas sedimentares que se acham ali preservadas, tais como: depósitos colúvias, (unidades 1 e 3); depósitos de canais (unidades 5 e 7) e depósitos de planície de inundação com

presença de depósitos de rompimentos de diques marginais (unidades de 8 a 17). As unidades coluviais e os solos mais antigos foram truncados pela erosão, que foi sucedida por depósitos que se acumularam em aparente progradação, a partir do vale fluvial. Sobre essa planície pleistocênica, então aluvial, desenvolveu-se um banhado, com acumulação de turfas, ao final do EIM 2. As idades do depósito turfoso coincidem com o período entre o interestádio Bølling e o final do Younger Dryas, no hemisfério Norte. Esses depósitos foram truncados e retrabalhados a partir do final do Younger Dryas, dando origem, finalmente, aos depósitos lamosos de planície de inundação que completaram a seqüência sedimentar, provavelmente no Holoceno.

7.3.2 Palinologia

7.3.2.1 Registro fóssil

Com o objetivo de complementar as informações palinológicas obtidas através do estudo da turfeira enterrada (Fig. 40), correspondente a unidade 6, dessa seção (OLIVEIRA *et al.*, 2006), foram coletados testemunhos abrangendo unidades sotopostas e sobrepostas à unidade turfosa. O local da coleta desses testemunhos pode ser observado na figura 38.

Foram submetidas à análise palinológica amostras das unidades 2 (horizonte pedológico), 5, 8, 10, 12, 15 e 16 (camadas aluviais), das quais, somente as unidades 5 e 8 apresentaram amostras férteis, ou seja, que apresentaram no mínimo 300 grãos de pólen. As amostras foram extraídas a cada 10 cm, totalizando 33 (sendo 11 amostras teste). O processamento e análise foram realizados no Laboratório de Palinologia da Universidade Luterana do Brasil (Campus Canoas-RS) e no Laboratório de Geodinâmica Superficial da Universidade Federal de Santa Catarina.

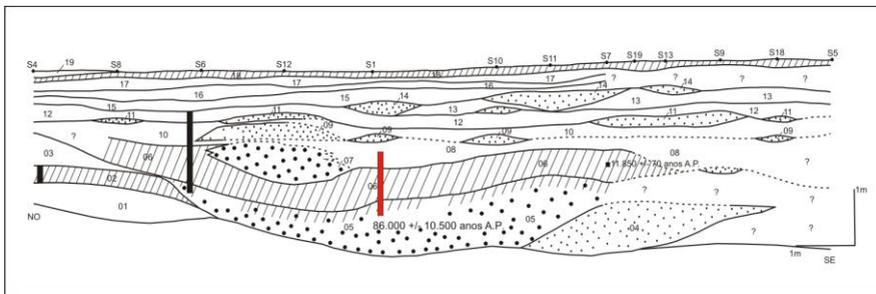


Figura 38 Local de coleta das amostras. As barras indicam os locais das coletas. A barra vermelha indica o local do testemunho de sondagem que será apresentado. As barras pretas indicam o local de coleta das amostras estéreis.

Os 50 palinórfos identificados nas duas unidades foram agrupados em táxons conforme suas afinidades ecológicas. O diagrama palinológico percentual dessas unidades pode ser observado na figura 39.

O diagrama palinológico da unidade 6 (Fig. 40) sugere a existência de duas fases distintas. Na fase 1 (de 15.031 +/- 127 anos AP a 11.850 +/- 70 anos AP) há predomínio da vegetação de campos (70 a 80%), composta basicamente por espécies das famílias Poaceae, Asteraceae e Cyperaceae. Nessa fase o conjunto dos táxons florestais (<20%) é representado por espécies da família Melastomataceae e do gênero *Myrsine*. Os pteridófitos nesse período estão representados, essencialmente, pelo *Blechnum imperiale*. A fase 2 (de 11.850 +/- 70 anos AP a 11.370 +/- 60 anos AP) marca o início da expansão da floresta que se torna mais diversificada, com destaque para espécies da família Myrtaceae e do gênero *Weinmannia*. Os pteridófitos são mais freqüentes e começam a predominar os de hábito arbóreo como espécies da família Cyatheaceae e *Dicksonnia sellowiana*.

A unidade 5 (Fig. 40) corresponde a uma camada alúvio-coluvial formada entre 86.000 +/- 10.500 e 15.031 +/- 127 anos AP. Nessa unidade há predomínio da vegetação de campos (90%), destacando-se as famílias Poaceae (70 a 80%) e Asteraceae (20%), seguidos por Cyperaceae e *Croton* (<5%). No táxon florestal (10%) destacam-se a *Myrsine*, Myrtaceae e *Alchornea*. Nessa unidade os pteridófitos são representados, essencialmente, pelo *Blechnum*. Fungos e briófitos são pouco freqüentes.

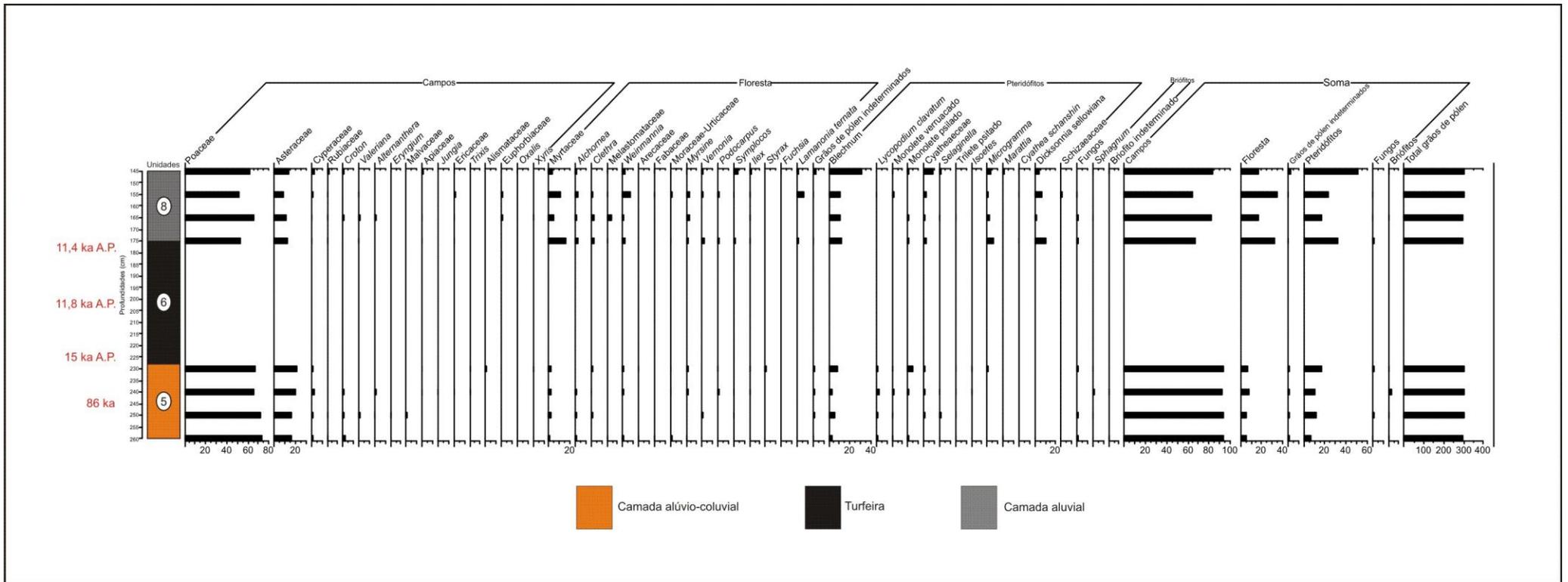


Figura 39 Diagrama palinológico de porcentagem da Seção Vale Nordeste. O diagrama palinológico de porcentagem da unidade 6 será apresentado na sequência.

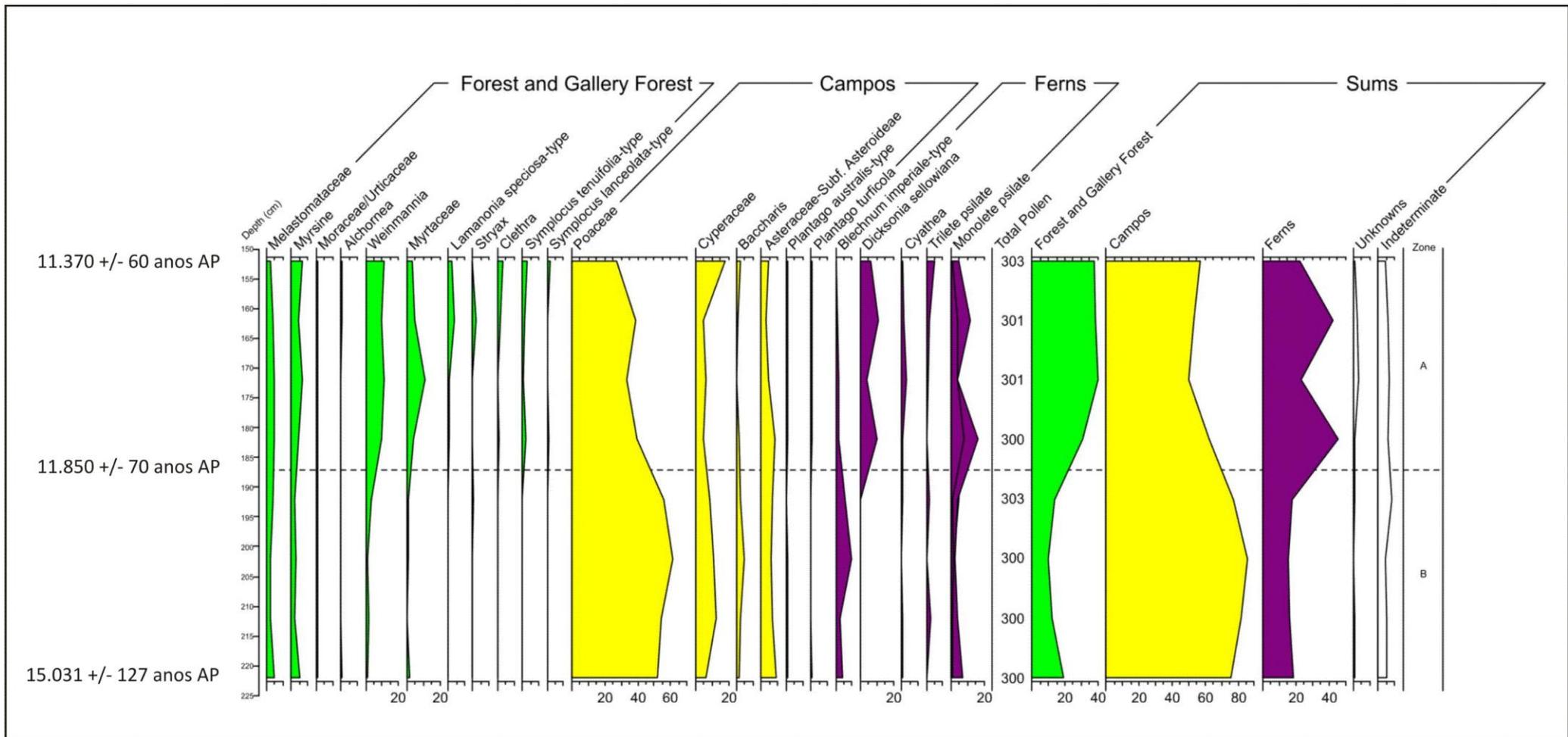


Figura 40 Diagrama palinológico de porcentagem da Seção Vale Nordeste.

A unidade 8 corresponde à camada aluvial lamosa (formada pelos finos da planície de inundação) depositada em período posterior a 11.370 +/- 60 anos AP. Nessa unidade observa-se o recuo do campo e a expansão da floresta. O campo (60 a 80%) continua a ser dominado por espécies das famílias Poaceae (60 a 80%) e Asteraceae (<20%). A floresta (até 40%) se torna mais diversificada com presença *Clethra*, *Lamanonia ternata*, Melastomataceae, *Symplocos* e *Weinmannia*, além *Myrsine*, Myrtaceae e *Alchornea* que já estavam presentes na unidade 5. Os pteridófitos aumentam nessa unidade, com destaque para o *Blechnum*, Cyatheaceae e *Dicksonnia Sellowiana*.

7.3.2.2 Registro atual

Essa análise seguiu o procedimento descrito no item 4.5.1 (p. 47), sendo que as amostras foram coletadas em um círculo com 10 m de raio, em área onde está inserida a seção estudada.

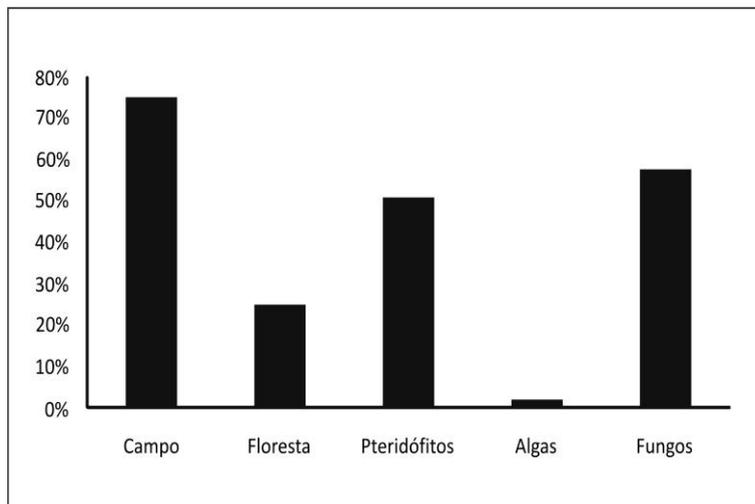


Figura 41 Gráfico de soma dos táxons encontrados nas amostras superficiais coletadas no entorno da Seção Vale Nordeste

Conforme demonstrado pelas figuras 41 e 42 o espectro palinológico atual da área sugere predomínio da vegetação de campo (> 70%), com predomínio de espécies da família Poaceae e Asteraceae.

O gráfico (Fig. 41) indica a retração da floresta no período atual em relação ao registro fóssil. Na transição Pleistoceno-Holoceno os táxons florestais correspondiam a 40% do total (unidade 5). Atualmente esse percentual não ultrapassa 30%. Assim como foi interpretada para a localidade de Salto do Engenho, a retração da floresta é o resultado do desmatamento, gerado pela colonização, iniciada no século XIX (KORMANN, 1989) e pela exploração da Floresta Ombrófila Mista pela indústria moveleira.

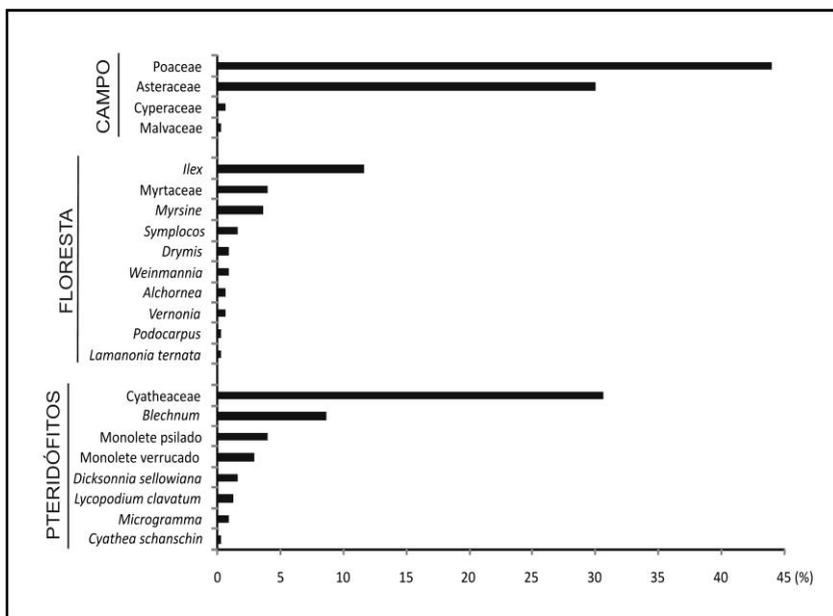


Figura 42 Gráfico em porcentagem do espectro polínico atual das amostras superficiais coletadas no entorno da Seção Vale Nordeste.

A importante presença de pteridófitos, sobretudo da família Cyatheaceae, sugere presença de floresta (de galeria), uma vez que essas plantas se desenvolvem, preferencialmente, em locais sombreados.

7.3.2.3 Balanço parcial

O registro palinológico encontrado nessa seção abrange período entre 86 ka e posterior a 11,4 ka AP.

Em torno de 86 ka, havia predomínio de vegetação de campo, sugerindo clima regional frio e seco. Porém, a ocorrência de grãos de pólen de táxons florestais, ainda que em menor concentração, sugere que havia umidade suficiente para a manutenção de espécies arbóreas dos gêneros *Alchornea* e *Myrsine* e da família da Myrtaceae. A presença de esporos de pteridófitos reforça essa idéia.

Os táxons florestais começam a expandir e, por volta de 15 ka AP, sua somatória chega a mais de 20%, apontando para aumento de umidade, em período que coincide com a oscilação interestadial Bølling-Allerød, no Hemisfério Norte, e com o aquecimento que antecede a Inversão Fria Antártica, no Hemisfério Sul.

Por volta de 11,8 ka AP a expansão da floresta se torna mais evidente, após ligeiro decréscimo que foi também acompanhado pelo crescimento dos conjuntos de táxons campestres, entre 15 ka e 11,8 ka AP. Pteridófitos da família Cyatheaceae e da espécie *Dicksonnia sellowiana*, reforçam a interpretação, pois são espécies de hábito arbóreo que necessitam de ambiente sombreado (TRYON & TRYON, 1982). O aumento dos pteridófitos também indica maior umidade, entre 11,8 ka e 11,4 ka AP. A presença do gênero *Weinmannia* indica aumento das temperaturas (BEHLING, 1995). A datação obtida para essa fase coincide com a oscilação stadial Younger Dryas, no Hemisfério Norte, e com a tendência de aquecimento da atmosfera ao final da Inversão Fria Antártica, no Hemisfério Sul.

Em período posterior a 11,4 ka AP a floresta em franca expansão se torna mais diversificada com a presença de *Clethra*, *Lamanonia ternata*, Melastomataceae, *Symplocos* e *Weinmannia*. Observa-se, igualmente, presença mais importante de pteridófitos.

O espectro palinológico atual aponta para o recuo da floresta, em relação ao registro fóssil.

7.3.3 Formação de planície de inundação e expansão da floresta durante o Tardiglacial

Essa seção foi anteriormente estudada por Lima (2005). Os dados geomorfológicos, estratigráficos, sedimentológicos e geocronológicos gerados possibilitaram a reconstrução parcial da atividade fluvial passada, responsável pela formação da planície de inundação.

A seqüência inicia em período anterior a 86 ka AP e seu registro aponta para a alternância de períodos de morfogênese e pedogênese. Esse mesmo sinal é registrado no Segundo Planalto Paranaense, evidenciado pela deposição de camadas colúviais, geradas por fluxos densos (CAMARGO, 2005). Por volta de 86 ka, durante o Estágio Isotópico Marinho 5 (EIM 5) houve a deposição de camadas aluviais e alúvio-colúviais que apresentam elevada presença de materiais clásticos heterogêneos, com estratificação incipiente e restos vegetais (galhos e folhas) bem preservados. O registro palinológico desse período aponta para o predomínio de vegetação campestre, mas, com presença de táxons florestais e pteridófitos, que sugere que o ambiente era relativamente úmido nessa fase. Essas características apontam para a existência de ambiente de alta energia sob clima que se torna mais quente e relativamente mais úmido, dentro do último glacial. De fato, esse período assinala a transição do estágio 5b para o interestádio 5a, que apresenta tendência ao aquecimento (WILSON *et al.*, 2000). Essa mesma tendência foi encontrada através da análise dos teores de $\delta^{18}\text{O}$ de estalagmites das cavernas de Botuverá, no Estado de Santa Catarina (CRUZ *et al.*, 2009).

A fase de predomínio de erosão, ou ausência de sedimentação impossibilitou a geração de registro sedimentar até 15 ka AP, quando houve o desenvolvimento de turfeira, que perdurou até aproximadamente 11,4 ka AP, em ambiente cada vez mais úmido e mais quente do que no período anterior, como sugerido pelo registro palinológico, que aponta para o início da expansão da floresta. O início da formação da turfeira está correlacionado à Inversão Fria Antártica (OLDFIELD, 2005), fase que interrompe a tendência de aquecimento que procede ao UMG. As cavernas de Botuverá também registram fase mais fria durante esse período (CRUZ *et al.*, 2009). O desenvolvimento de turfeira de vale no período pode estar associado à ambiente mais frio, de fato, porém com relativo aumento da umidade local em função de taxas de evaporação mais baixas. Aparentemente, o registro palinológico e estratigráfico estão adaptados às mudanças climáticas

verificadas a partir de dados representativos da Antártida.

O registro palinológico da turfeira estudada sugere que por volta de 11,8 ka AP houve o início da expansão da floresta que começa a regredir por volta de 11,4 ka AP. Essa fase é correlacionável ao Younger Dryas (YD), que no Hemisfério Norte é marcado pelo retorno das condições frias (SUGUIO, 2001) e nos trópicos e subtropicais úmidos como período seco (THOMAS, 2008), o que não parece ter ocorrido no Planalto de São Bento do Sul. Novamente esse padrão diferenciado em relação à umidade foi ressaltado por Markgraf (1989), que defende que em algumas áreas da América do Sul a resposta ao YD foi uma fase seca e em outras uma fase mais úmida, como no sul da América do Sul, por exemplo. No caso estudado, os registros indicam ambiente relativamente úmido, com ligeira oscilação para o resfriamento na base do depósito, seguida de aumento da temperatura e da umidade, com expansão da floresta.

A evolução da turfeira foi interrompida por nova fase de instabilidade morfogenética, que conduziu à incisão e posterior preenchimento com depósitos de canal, que foram registrados na área de estudo tanto em média encosta (OLIVEIRA & PEREIRA, 1998) quanto em planície aluvial, como no caso aqui estudado. O depósito de preenchimento de canal, que recobre a turfeira, sugere a atuação de fluxos de alta velocidade capazes de erodir a camada turfosa, lamosa (NICHOLS, 1999), e carrear areia de granulação grossa e cascalho. Esse período de erosão local e sedimentação ocorreu, provavelmente, em período posterior a 11,4 ka AP, correlacionável à transição Pleistoceno-Holoceno (entre 13 e 10 ka AP), que é caracterizada nos trópicos e subtropicais úmidos pelo aumento das precipitações em ambiente com clima cada vez mais quente e mais úmido (THOMAS & THORP, 1995; THOMAS, 2000 e THOMAS *et al.*, 2001). De fato, o aumento de precipitação resultou, na Serra da Mantiqueira (MODENESI & GAUTTIERI, 2000), no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (MOURA & MELO, 1991) e no Médio Vale do Rio Doce (MEIS & TUNDISI, 1986; MELLO *et al.*, 2003) em fase de intensa erosão, que foi mais importante nessas duas últimas áreas, resultando no entulhamento dos vales e formação de rede de pequenos lagos barrados. No local deste estudo, os depósitos sugerem a atuação de processos de avulsão do canal fluvial, associado ao rompimento de dique marginal, durante eventos de inundações, e à destruição do depósito turfoso nas proximidades do canal.

As camadas posteriormente depositadas consistem dos finos da planície de inundação, que ocorrem intercalados com depósitos de

rompimento de diques marginais. Esses depósitos indicam maior aporte de carga em suspensão no período, associado a fluxos que tenderiam a se espalhar sobre a planície, porém ainda com a presença de fluxos de alta velocidade durante picos de cheias.

A tendência ao rompimento de diques marginais arrefece em direção ao topo da seqüência, como evidenciado pela ausência dos depósitos de rompimento de diques marginais, indicando ausência de avulsão do canal fluvial, provavelmente associada à definição e manutenção do escoamento ao longo de calha bem definida no Holoceno. A presença dos depósitos lamosos de planície de inundação sugere ambiente de baixa energia deposicional, associado ao transbordamento do canal durante picos de inundações, carreando para a planície, sobretudo, sedimentos em suspensão. Verificou-se a formação de horizonte pedológico na planície, parcialmente recoberto por depósitos alúvio-colúviais pene-contemporâneos no setor mais afastado do canal, sob efeito do escoamento superficial oriundo das encostas adjacentes. A retração da floresta observada nesse período mais recente pode ser o resultado da colonização, iniciada no século XIX (KORMANN, 1989).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.1 CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL DE ÁREAS PLANÁTICAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA A PARTIR DO ESTÁGIO ISOTÓPICO MARINHO 5

Os resultados deste trabalho contribuem para os estudos realizados em áreas planáticas do Estado de Santa Catarina, de caráter estratigráfico e palinológico, e permitem estabelecer quadro de evolução ambiental a partir do Estágio Isotópico Marinho 5 (EIM 5). As principais mudanças ambientais relacionadas a esse período estão descritas no quadro 26.

Estágio Isotópico Marinho	Idades (C ¹⁴ , TL e LOE)	Condições ambientais prováveis (evidências estratigráficas)	Condições ambientais prováveis (evidências palinológicas)
1	670 a 400 anos AP (d)	Presença de turfeira formada por material vegetal pouco decomposto.	Expansão dos campos sobre a floresta.
	4,9 ka AP (inédito)	Presença de horizonte A proeminente?	---
	5,7 ka AP (e)	Presença de material turfoso, intercalado com camadas aluviais.	---
	6,2 ka AP (inédito)	Início de formação de turfeira.	Predomínio de campos.
	6,3 ka AP (inédito)	Presença de turfeira formada sobre depósitos de planície de inundação.	Expansão da floresta, com presença importante de pteridófitos, briófitos (<i>Sphagnum</i>), algas e fungos.
	6,6 ka (c)	Presença de lentes alúvio-colúviais finamente estratificadas.	---
	7,7 ka AP (inédito)	Formação de horizonte A húmico?	Predomínio de campos, com presença de pteridófitos.
	10,5 a 1,9 ka AP (d)	Formação de turfeira, com menor presença de camadas aluviais.	Predomínio de campos até 3,8 ka AP, quando ocorre início da expansão da floresta; Importante presença de <i>Sphagnum</i> .

Estágio Isotópico Marinho	Idades (C¹⁴, TL e LOE)	Condições ambientais prováveis (evidências estratigráficas)	Condições ambientais prováveis (evidências palinológicas)
2	15 a 11,4 ka AP (inédito)	Formação de turfeira.	Predomínio de campos, com presença de importante de pteridófitos; Expansão da floresta a partir de 11,8 ka AP.
	15,3 ka AP (a)	Formação de horizonte pedológico A húmico, truncado pela erosão. Estruturas de corte e preenchimento.	---
	19,1 ka AP (a)	Formação de horizonte pedológico A húmico.	---
	20,1 ka AP (inédito)	Início da formação de turfeira sobre depósitos de planície de inundação, essencialmente lamosa (presença da fração areia até 10%).	Predomínio de campos, com presença de grupos de táxons florestais (até 10%), pteridófitos, briófitos e fungos.
3	27,9 ka AP (inédito)	Depósitos de planície de inundação com importante fração lamosa.	Predomínio de campos, com presença de pteridófitos. Ausência das ervas aquáticas, grupos de táxons florestais e fungos.
	34,6 ka AP (inédito)	Depósitos de planície de inundação com importante fração arenosa; Formação de banhados.	Predomínio de campos, com presença de ervas aquáticas, pteridófitos e fungos, além de briófitos e grupos de táxons florestais, minoritariamente.
	37 ka AP (c)	Formação de horizonte pedológico A moderado. No topo desse horizonte há evidências de erosão.	---
	39,4 a 13,4 ka AP (d)	Início de formação de turfeira, intercalada a depósitos aluviais.	---
	53,6 ka AP (d)	Formação de depósitos coluviais.	---
	>50 a 49,3 ka AP (c)	Formação de banhados e depósitos turfosos, localmente truncados e deformados por erosão e deposição subsequente	Evidências de duas fases ambientais: Fase 1: quente e seco e Fase 2: frio e úmido.
5	Entre 90 (c) e 86 ka (b)	Formação de depósitos alúvio-coluviais, impregnado com material orgânico proveniente do depósito turfoso, desenvolvido posteriormente.	Predomínio de campos, com presença de grupo de táxons florestais, pteridófitos e fungos.

Quadro 26 Cronologia das mudanças ambientais ocorridas durante o Quaternário Tardio de áreas planálticas do Estado de Santa Catarina. OLIVEIRA *et al.* 2001 (a); LIMA, 2005 (b); OLIVEIRA *et al.* 2006 (c); OLIVEIRA *et al.*, *submetido* (d); NAU, 2010 (e).

O EIM 5 é representado em áreas planálticas do Estado de Santa Catarina por depósitos com importante aporte de sedimentos clásticos (com presença de restos vegetais), implicando escoamento torrencial sobre vertentes e vales. O conteúdo palinológico desses sedimentos sugere o predomínio de campos, com presença minoritária de grupos de táxons florestais, pteridófitos e fungos. Essas evidências sugerem vigência de clima frio, atestado pela presença dos campos, e relativamente úmido, como sugerido pela formação de depósitos alúvio-coluviais e pela manutenção de espécies florestais e de organismos que são exigentes em relação à umidade, como pteridófitos e fungos. O período de formação desses depósitos é correlacionável à transição do estágio do EIM 5b para o interestádio do EIM 5a, caracterizada por tendência de elevação das temperaturas (ver fig. 43) (WILSON *et al.*, 2000). Essa tendência de caráter global foi observada nos resultados de $\delta^{18}\text{O}$ das cavernas de Botuverá-SC (CRUZ *et al.*, 2009), sugerindo existência de fase entre mudanças climáticas globais e seus efeitos registrados nos planaltos estudados. O aquecimento relativo do EIM 5a pode ter sido acompanhado de aumento da umidade, favorecendo a formação de depósitos alúvio-coluviais e o desenvolvimento de vegetação mais adaptada à ambientes úmidos. O EIM 4, que é caracterizado nos trópicos e subtropicais úmidos como período de clima frio e seco (THOMAS, 2000) não está representado nos depósitos estudados no Estado de Santa Catarina.

O EIM 3 é um ininterestádio marcado várias oscilações estádais (períodos frios) e interestádais (períodos quentes), com tendência geral ao resfriamento (Fig. 43). É nesse período que inicia, nas terras altas dos trópicos e subtropicais úmidos estudados por Thomas e Thorp (1995), o resfriamento que culmina no Último Máximo Glacial (UMG), no EIM 2. Os registros estratigráficos e palinológicos estudados em áreas planálticas do Estado de Santa Catarina, datados desse período, apontam para a existência de fases de atividade morfogenética, intercaladas a períodos de menor atividade, que possibilitaram o desenvolvimento de banhados, de turfeiras e de horizontes pedológicos. As fases de maior atividade morfogenética, representadas por processos de colúviação, são datadas do início do EIM 3. Uma segunda fase parece ter ocorrido depois de 37 ka AP.

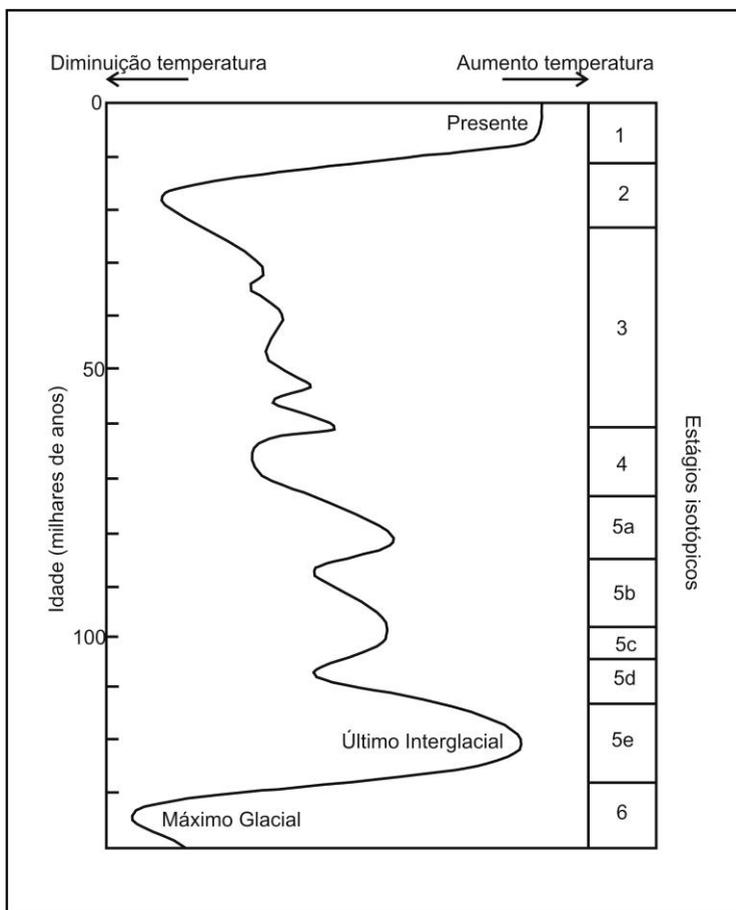


Figura 43 Curva dos Estágios Isotópicos de Oxigênio nos últimos 140.000 anos. Os números ímpares indicam períodos quentes, os números pares indicam períodos frios. (Wilson *et al.*, 2000).

A formação e manutenção de turfeiras, banhados e horizontes pedológicos (húmicos e moderados), durante o EIM 3, requerem condições ambientais relativamente úmidas e frias (LOTES & ZIEGLER, 1994; TOMÉ JR, 1997; FALKENBERG, 2003). A existência de clima frio é sustentada pela presença de campos, que parece ter dominado a paisagem dessas áreas planálticas do Estado de Santa Catarina durante o EIM 3. A relativa umidade é reforçada pela

presença de grãos de pólen arbóreos, de ervas aquáticas e de esporos de pteridófitos, briófitos, algas e fungos encontrados nos sedimentos desse período. Os registros revelam ainda que processos aluviais foram freqüentes durante a formação dessas turfeiras e banhados, como fica evidenciado pela presença de camadas de materiais mais grossos intercaladas nos depósitos. Fases de colúviação e pedogênese registradas nesse mesmo período no Segundo Planalto Paranaense (CAMARGO, 2005), que é uma extensão topográfica do Planalto de São Bento do Sul no Estado do Paraná, sugerem que esse sinal seja regional. De fato, o EIM 3 é caracterizado nos trópicos e subtropicais como período úmido e relativamente frio (THOMAS, 2008), como fica evidente pela formação de lago raso em Cambará do Sul-RS (BEHLING *et al.*, 2004), de ferricretes no sudeste brasileiro (SUGUIO & SALLUN, 2006) e pelos valores mais negativos de $\delta^{18}\text{O}$ nas cavernas de Botuverá-SC (CRUZ *et al.*, 2009).

O EIM 2 abriga dois importantes eventos de mudança climática: o Último Máximo Glacial (UMG), ocorrido entre 18 e 20 ka, fenômeno de repercussão global e a Inversão Antártica, ocorrida entre 15 e 13 ka, evento de caráter hemisférico (OLDFIELD, 2005), com repercussões globais. O UMG é caracterizado nos trópicos e subtropicais úmidos como uma fase de clima seco (THOMAS *et al.* 2001; THOMAS, 2008). No entanto, em áreas planálticas do Estado de Santa Catarina esse período está associado ao desenvolvimento de turfeiras e de horizontes pedológicos húmicos. Apesar da existência de relativa umidade, necessária para o desenvolvimento e manutenção de turfeiras e horizontes húmicos, o registro palinológico sugere diminuição de espécies arbóreas e de pteridófitos como resposta provável à diminuição de umidade e das temperaturas, em comparação com períodos anteriores. A raridade de grãos de pólen arbóreos nos sedimentos estudados nessas áreas, durante o UMG foi também evidenciada nos depósitos estudados por Behling e Negrelle (2001) em Volta Velha-SC.

A Inversão Antártica, evento que no Hemisfério Sul interrompe a tendência ao aquecimento que conduz ao Holoceno (OLDFIELD, 2005), é caracterizada nessas áreas planálticas do Estado de Santa Catarina pelo desenvolvimento de turfeira e horizonte húmico. Os registros palinológicos desse período sugerem predomínio de campos, mas com presença importante de pteridófitos.

Outro importante evento global parece estar registrado nos depósitos aqui estudados. O *Younger Dryas*, caracterizado no Hemisfério Norte pelo retorno às condições frias (SUGUIO, 2001) e no Hemisfério Sul como período seco (THOMAS, 2008), foi marcado nas

áreas estudadas como fase de importante expansão da floresta, durante o Pleistoceno. Resposta que já havia sido ressaltada para outras áreas temperadas da América do Sul por Markgraf (1989).

Os registros holocênicos estudados nessas áreas planálticas do Estado de Santa Catarina sugerem presença de clima úmido, que se torna cada vez mais quente em direção ao Holoceno Tardio, contrariando as evidências de um Holoceno Médio seco em outras áreas dos trópicos e subtropicais úmidos (THOMAS & THORP, 1995; THOMAS, 2008). A agradação contínua dos vales; o início do desenvolvimento de turfeiras e a manutenção das pré-existentes; a formação de horizontes proeminentes e expansão da floresta que se intensifica por volta de 3,8 ka AP, sugerem período cada vez mais úmido e mais quente. Esse período mais úmido não é exclusivo das áreas estudadas em Santa Catarina. O mesmo sinal foi encontrado nas áreas temperadas da América do Sul (MARKGRAF, 1989), nas cavernas de Botuverá-SC (CRUZ *et al.*, 2009) na Serra da Mantiqueira-SP (MODENESI & GAUTTIERI, 2000) e na Serra do Mar-SP (PESSENDA *et al.*, 2009).

No Holoceno Tardio o registro estratigráfico sugere presença de camadas aluviais e aluvio-coluviais, recobrando as sequências sedimentares estudadas e sugerindo atividade morfogenética em fase mais recente. O registro palinológico estudado nessas áreas, de idade histórica, evidencia avanço dos campos sobre a floresta como resposta provável à ação antrópica (KLEIN, 1981; KORMANN, 1989).

8.2 INTEGRAÇÃO DA ESTRATIGRAFIA E DA PALINOLOGIA PARA A CARACTERIZAÇÃO DE PALEOAMBIENTES DO QUATERNÁRIO

A caracterização paleoambiental a partir da palinologia é baseada na noção de que a distribuição da vegetação é determinada pelo clima (BRADLEY, 1999). Essa idéia já havia sido defendida por Holst e Von Post no início do século XX em seus trabalhos paleobotânicos conduzidos em turfeiras (SALGADO-LABOURIAU, 1961). Os estudos de caracterização paleoambiental através da utilização da palinologia privilegiaram desde então, ambientes como turfeiras e lagos. No entanto, em alguns locais, a raridade desses sítios forçou os pesquisadores a buscarem outros ambientes nos quais esses estudos

pudessem ser desenvolvidos, tais como: planícies aluviais (SOLOMON *et al.*, 1982; PRIETO, 1996; QINGHAI *et al.*, 1996; STEVAUX, 2000; THOMAZ, 2000; MANCINI *et al.*, 2002; PALAZZESI *et al.*, 2003; MEDEANIC *et al.*, 2004; PRIETO *et al.*, 2004) terraços (ETCHEBEHERE *et al.*, 2003; MELO *et al.*, 2003), encostas (DIETRICH & DORN, 1984; MELO *et al.*, 2003), deltas (FERRAZZO, 2008) e cavernas (NAVARRO *et al.*, 2001).

A pesquisa palinológica em ambientes alternativos não é algo novo, embora ainda persistam dúvidas quanto à sua utilização como ferramenta de reconstituição climática. Nos ambientes fluviais, causa ceticismo o fato de que há poucos trabalhos sobre o comportamento dos palinomorfos em ambientes cujo transporte é realizado pela água, uma vez que nas turfeiras, sítio privilegiado nos estudos palinológicos, o transporte é feito, essencialmente, pelo ar (BAUERMANN *et al.*, 2002), possibilitando acumulação através da chuva polínica em ambiente lântico. Além disso, planícies, terraços, encostas, etc. são ambientes onde processos de retrabalhamento são recorrentes, associados à água corrente e ao transporte fluidal, podendo acarretar imprecisão na interpretação paleoambiental, como sugerido por Ravazzi (2006).

Uma forma de transpor esse problema seria associar aos resultados palinológicos obtidos a partir desses depósitos alternativos, resultados extraídos de turfeiras e de lagos próximos aos locais estudados, como feito por Dietrich e Dorn (1984) na Califórnia. Esses autores relacionaram os dados palinológicos de depósitos coluviais aos dados obtidos em depósitos lagunares em uma área próxima. Após a validação dos resultados palinológicos através da comparação com os registros lagunares, Dietrich e Dorn (1984) ofereceram uma das primeiras tentativas de integração entre estratigrafia e palinologia, possibilitando avanços na caracterização da área estudada. Outra forma alternativa seria a de relacionar os dados palinológicos a outros dados representativos como isótopos estáveis, por exemplo.

No Brasil, tentativas de integração entre dados palinológicos e estratigráficos são representados pelos trabalhos de Etchebehere *et al.* (2003), Melo *et al.* (2003), Ferrazzo (2008), Siqueira (2006) e de Oliveira *et al.* (*submetido*). Dentre esses trabalhos, merecem destaque os trabalhos de Siqueira (2006) e Oliveira *et al.* (*submetido*), uma vez que tais estudos foram conduzidos em ambientes de turfeira, que são os sítios privilegiados nos estudos palinológicos, em virtude da qualidade do registro. No trabalho de Siqueira (2006), realizado na Serra da Mantiqueira (MG), a associação de dados palinológicos e estratigráficos possibilitou o estabelecimento de interpretações de variações

paleoflorísticas e de processos deposicionais. Nesse trabalho a autora observou forte correlação entre os dois tipos de registro e ressaltou que a integração dos dados possibilitou a inferência de oscilações de variáveis climáticas (umidade e temperatura). Já no trabalho de Oliveira *et al.* (*submetido*), os estudos estratigráficos e palinológicos foram conduzidos de maneira independente, e os resultados, quando integrados, também ofereceram visão mais completa do paleoambiente estudado.

8.2.1 Integração de dados estratigráficos e palinológicos em sedimentos quaternários de áreas planálticas de Santa Catarina

Em três seções estratigráficas analisadas neste trabalho, foram selecionadas unidades sedimentares que, em virtude de determinadas características, apresentavam potencial para estudos palinológicos. Essas unidades correspondem a turfeiras e horizontes pedológicos enterrados, camadas aluviais, coluviais e alúvio-coluviais com concentração importante de matéria orgânica ou lama (silte e argila).

Na Seção Campo da Ciama (Parque Estadual da Serra do Tabuleiro) foram submetidas à análise palinológica amostras abarcando todas as unidades, totalizando 16 amostras. Somente as amostras das unidades 2, 4, 6, 7 e 8 foram consideradas férteis.

Na Seção Salto do Engenho (Planalto de São Bento do Sul), amostras das unidades 2, 3, 4 e 5 foram submetidas à análise palinológica, totalizando 29 amostras, das quais somente 10 foram consideradas férteis, abrangendo as unidades 2, 3 e 4.

Na Seção Vale Nordeste (Planalto de São Bento do Sul) foram selecionadas amostras das unidades 2, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 16, 17 e 18 para serem submetidas à análise palinológica, tendo em vista a maior concentração de matéria orgânica e percentual importante de lama. Foram analisadas 17 amostras, no entanto, somente amostras das unidades 5, 6, 8, 10 e 12 mostraram-se férteis.

As três seções estratigráficas analisadas estão inseridas em ambiente fluvial. Os resultados obtidos a partir de estudos estratigráficos permitiram a caracterização paleoambiental a partir do Estágio Isotópico Marinho 5 (EIM 5), viabilizando a elaboração de cenários paleoambientais que são coerentes com eventuais efeitos de mudanças climáticas globais sobre as áreas estudadas.

Na Seção Vale Nordeste, os resultados possibilitaram a

elaboração de quadro evolutivo que inicia por volta de 86 ka, período correlacionável ao EIM 5. A história inicia com a formação de depósitos alúvio-coluviais, com presença de clastos e restos vegetais misturados a uma matriz arenosa, evidenciando transporte realizado pela água corrente. Essa fase de atividade morfogenética gerou longa lacuna estratigráfica, que só foi preenchida por volta de 15 ka AP, quando teve início a formação de turfeira. A formação dessa turfeira foi interrompida pela incisão e posterior preenchimento de canais, ocorrido em período posterior a 11 ka AP, quando pulsos de avulsão do canal fluvial criou estruturas de corte e preenchimento na planície. Após a incisão desses canais tem início a formação da planície de inundação, propriamente. Os depósitos finos da planície de inundação, nessa fase inicial, ainda se encontram intercalados aos depósitos de rompimento de diques marginais, que se tornam mais raros em direção ao topo da seqüência sedimentar, quando cheias com forte aporte de carga em suspensão completam a seqüência, sem mais evidências das avulsões que marcaram, provavelmente, o início do Holoceno na área.

A história evolutiva formulada a partir da análise da Seção Estratigráfica Salto do Engenho tem início por volta de 34 ka AP (EIM 3), com a formação de camadas aluviais arenosas, com gradação normal e importante presença de restos vegetais (galhos e folhas bem preservados) misturados ao sedimentos. Por volta de 27 ka AP as camadas aluviais formadas são texturalmente mais finas, sugerindo diminuição na energia de transporte da águas fluviais. Após esse período as camadas revelam pulsos de vazão com alguma carga de areias, embora os sedimentos permaneçam essencialmente lamosos. Os fluxos aparentam perder energia durante o processo de agradação da planície de inundação, em período que coincide com a transição entre o EIM 3 e o EIM 2. Horizonte A húmico se desenvolve sobre os depósitos, em período ainda não determinado.

A Seção Campo da Ciama é uma seção holocênica que evidencia processo de agradação contínua do vale, a partir de 7 ka AP, em período correlacionável ao Holoceno Médio. A fase de agradação se dá em ambiente que apresentou mudança no padrão hidrológico, que é evidenciado pelas mudanças texturais das camadas depositadas. Em período posterior a 4,9 ka AP toda a seqüência foi truncada e posteriormente recoberta por depósitos aluviais, evidenciando interrupção do período de agradação e erosão subaérea.

Durante o desenvolvimento do trabalho foram observadas diferenças na concentração e na preservação de palinomorfos nesses ambientes. No Campo da Ciama foi constatada concentração baixa e má

preservação de palinomorfos, provavelmente em função de os depósitos se encontrarem em nível relativamente elevado, do ponto de vista topográfico. Já nas planícies de inundação estudadas no Planalto de São Bento do Sul havia alta concentração de palinomorfos e os grãos de pólen estavam em boas condições de preservação. De fato, QINGHAI *et al.* (1996) observaram essa distinção na concentração de palinomorfos, nas diferentes *facies* sedimentares dos depósitos por ele estudados nas planícies do norte da China.

No Campo da Ciama a baixa concentração de palinomorfos pode ser explicada em virtude das características do ambiente sedimentar, no qual a seção está inserida. As cores mais vivas de determinadas unidades (unidades 5 e 6, por exemplo), a presença de raízes ao longo de toda a seção e pedótubulos preenchidos por areia, sugerem que esses depósitos estiveram expostos ao ar por longos períodos, permitindo o desenvolvimento de vegetação que favorece boa aeração dos sedimentos, o que pode conduzir à oxidação, como o que ocorre nos depósitos de diques marginais (SUGUIO & BIGARELLA, 1990). Essa aeração não favorece a preservação de palinomorfos, uma vez que o envoltório (a exina) dos grãos de pólen e esporos é pouco resistente ao oxigênio. Consequentemente, a aeração dos registros estudados na Seção Campo da Ciama resultou na baixa ocorrência de palinomorfos. Como exposto no item 6.2.2 (p. 114), os palinomorfos preservados nessa seção estão concentrados em dois setores distintos: o primeiro, abrangendo as unidades 2 e 4 e o segundo, as unidades 6, 7 e 8. A preservação de palinormorfos nas unidades basais pode ser o resultado de ambiente mais saturado, o que provavelmente, não ocorreu nas camadas depositadas acima, que possivelmente ficaram por mais tempo expostas ao ar. Apesar de todos os problemas de resolução, o registro foi utilizado, pois a estratigrafia e os estudos palinológicos de uma turfeira próxima ofereceram informações que possibilitaram interpretar o registro ali contido. Concluiu-se que os registros das unidades basais refletiam a vegetação do período datado, já os das unidades superiores resultam de material proveniente da migração de palinomorfos das camadas superiores. Esses palinomorfos que estiveram expostos durante o período em que aqueles sedimentos (unidade 8) estiveram na superfície. Como não existem datações para a camada 8, que recobriu toda a sequência torna-se difícil saber em qual período isso ocorreu. No entanto, o diagrama palinológico da turfeira estudada próxima a essa área (JESKE-PIERUSHKA & BEHLING, 2008) e os resultados das amostras superficiais coletadas na área da seção sugerem que esses palinomorfos foram depositados após 3,8 ka AP.

No ambiente típico de planície de inundação, no entanto, verifica-se boa preservação dos palinomorfos. Os depósitos estudados contêm os sedimentos mais finos das bacias hidrográficas e, em climas úmidos, podem ocorrer áreas pantanosas e turfeiras (SUGUIO, 2003), que se desenvolvem nas planícies. Tais ambientes ganharam importância nos estudos palinológicos (SOLOMON *et al.*, 1982; PRIETO, 1996; QINGHAI *et al.*, 1996; STEVAUX, 2000; THOMAZ, 2000; MANCINI *et al.*, 2002; PALAZZESI *et al.*, 2003; MEDEANIC *et al.*, 2004; PRIETO *et al.*, 2004). Exemplo disso é representado pelas amostras das seções estudadas no Planalto de São Bento do Sul (Seção Vale Nordeste e Seção Salto do Engenho).

Pesquisas palinológicas conduzidas em planícies de inundação (SOLOMON *et al.*, 1982; QINGHAI *et al.*, 1996; BROWN *et al.*, 2007) sugerem que os palinomorfos aí contidos são, majoritariamente, provenientes da vegetação da planície de inundação propriamente dita, embora a contribuição de outras áreas não seja descartada. Alguns autores afirmam, no entanto, que o fato de os palinomorfos encontrados nesses ambientes serem oriundos da vegetação que se desenvolve exclusivamente na planície de inundação, invalidaria a sua utilização para estudos de reconstituição ambiental, uma vez que o registro apontaria apenas para sinal local (SOLOMON *et al.*, 1982). No entanto, no caso específico das áreas estudadas no Planalto de São Bento do Sul, a integração de dados estratigráficos e palinológicos possibilitou caracterização relativamente detalhada daqueles paleoambientes, demonstrando associação com sinais paleoclimáticos globais. No Salto do Engenho, por exemplo, as evidências estratigráficas apontam para a formação de camadas aluviais mais arenosas na base da seqüência, com presença de restos vegetais, evidenciando ambiente de alta energia deposicional. As camadas depositadas posteriormente, essencialmente de textura lamosa, evidenciam a redução da energia deposicional, ou o aumento de transporte em suspensão. As cores pretas e acinzentadas dos materiais sugerem ambiente redutor. A geometria e a localização da seqüência sedimentar na planície de inundação permitiram defini-la como bacia de inundação, que são depressões topográficas nas planícies, nas quais corpos de águas calmas se desenvolvem (BIGARELLA & SUGUIO, 1990). Os dados palinológicos dessa seqüência apontam para a existência de ervas aquáticas, de pteridófitos e de fungos. Os dados sugerem, portanto, a existência de ambiente úmido (pelo menos, localmente). O predomínio de grãos de pólen de ervas aponta para presença de vegetação campestre na seqüência estudada. Integrando os dois conjuntos de dados foi possível constatar a existência de uma bacia

de inundação, colonizada por ervas aquáticas e pteridófitos, que se desenvolveu sob um clima frio, evidenciado pela presença de vegeta o campestre do entorno. As ervas aquáticas e os pteridófitos oferecem um sinal local, mas, o fato   que esse sinal local possibilitou compreensão mais clara do ambiente deposicional vislumbrado através dos dados estratigráficos e sedimentológicos. Além disso, quando comparados a outros registros palinológicos (BEHLING *et al.*, 2004) e estratigráficos (CAMARGO, 2005; SUGUIO & SALLUN, 2006) estudados em áreas planálticas do sul e sudeste do Brasil, os resultados obtidos apresentam forte correla o, o que aponta para sinal ambiental que pode ser regional. Ou seja, apesar das reticências que esses depósitos suscitam para a análise palinológica, a sua integra o a abordagens sedimentológicas e estratigráficas, contribuem para caracteriza o paleoambiental que   coerente com o sinal paleoclimático aceito pela comunidade científica internacional.

Outra característica dos palinomorfos preservados nas plan cias de inunda o está relacionada a diferenças de concentra o entre diferentes camadas (SOLOMON *et al.*, 1982; QINGHAI *et al.*, 1996 e BROWN *et al.*, 2007). Os autores relacionaram essa diferença   sazonalidade e a episódios de inunda es, que poderiam alterar o padrão de acumula o ideal de palinomorfos. Essa característica fica evidente nos depósitos estudados na Se o Vale Nordeste. Analisando o diagrama palinológico elaborado para essa se o (unidade 8, ver se o p.167)   possível observar que não há uma distribui o que aponte para expansão ou recuo nos conjuntos dos táxons florestais e campestres, como geralmente   observado nos diagramas de turfeiras e lagos. Esse padrão pode ser o resultado da diferença de deposi o de palinomorfos, em diferentes episódios de inunda es.

Os dados palinológicos gerados a partir de amostras selecionadas nas se es estudadas, sugerem que depósitos aluviais, al vio-coluviais, turfeiras e horizontes pedológicos enterrados apresentam potencial para estudos palinológicos, na medida em que esses registros sejam integrados a dados estratigráficos e sedimentológicos, podendo oferecer subsídios para caracteriza o paleoambiental mais detalhada. Pelo menos no que toca ao potencial de elucida o da estratigrafia do Quaternário continental, a análise palinológica de depósitos associada ao registro estratigráfico permite a elabora o de cenários paleoambientais relativamente consistentes.

No caso específico das áreas estudadas nesta tese, a integra o desses dados permitiu melhor detalhamento das condi es ambientais vigentes durante o período de forma o dos depósitos analisados. Os

dados obtidos pela palinologia possibilitaram reconhecer períodos mais úmidos durante o Pleistoceno. Isso ficou evidente nos depósitos alúvio-colúviais datados de 86 ka e nos depósitos de planície de inundação datados de 34 ka AP. A presença nesses depósitos de grãos de pólen de espécies arbóreas e de esporos de pteridófitos permitiram a inferência de fases mais úmidas, que foram correlacionadas à outras áreas do sul e sudeste do Brasil. Os registros datados do Último Máximo Glacial (UMG) apontam para a diminuição dos conjuntos dos táxons florestais, de esporos, de briófitos e de pteridófitos, apontando para diminuição da umidade. Nos sedimentos correlacionados ao *Younger Dryas*, mas sobretudo ao final da Inversão Antártica, os dados palinológicos apontam para expansão da floresta, por volta de 12 ka A.P. Os sedimentos analisados datam dos últimos 86 ka, abarcando praticamente todo o Pleistoceno Superior, e em todos os diagramas que foram elaborados a partir das amostras analisadas, nas diferentes seções estratigráficas, observa-se a presença, ainda que em concentração baixa, de grupos de táxons florestais. O que pode indicar ambiente com umidade suficiente para a manutenção de conjuntos de táxons florestais no período; com exceção do EIM 4, cujos depósitos não foram documentados nas áreas estudadas.

Esses resultados reforçam a idéia de que os binômios paleoclimáticos clássicos quente/úmido e frio/seco não se aplicam às áreas estudadas no estado de Santa Catarina, como já havia sido sugerido por outros trabalhos (OLIVEIRA *et al.*, 2001 e OLIVEIRA *et al.*, 2006). Além disso, o conhecimento da vegetação permite melhor definição sobre os significados dos termos seco, úmido quente e frio. Por exemplo, quando se afirma que em um determinado período haveria predomínio de vegetação campestre, se pode inferir informação a respeito da precipitação. Com efeito, segundo Odum (1985), o bioma campestre é caracterizado por precipitação anual entre 250 e 750 mm, o que caracteriza inferência importante que possibilita melhor compreensão das mudanças climáticas do Pleistoceno Superior que, em geral, tende a ser definido como um período de clima seco e frio.

Ainda que seja necessária cautela na interpretação de dados palinológicos obtidos em depósitos aluviais e alúvio-colúviais, por se tratarem de materiais que são criados por processos de retrabalhamento por fluxos mais ou menos densos, ou fluidais, os resultados gerados podem ser validados através de dados comparativos, e representativos, utilizando informação obtida do estudo de turfeiras e de lagos em áreas próximas às estudadas. Além disso, a integração dos registros palinológico e estratigráfico permite abarcar períodos de evolução da

paisagem que são relativamente longos, estendendo, portanto, a abrangência temporal de estudos do Quaternário.

9. REFERÊNCIAS

ADAM, D P; MEHRINGER, P J. Modern pollen surface sample an analysis of subsamples. **Journal of Research of the U.S. Geological Survey**, Washington, v. 6, p. 733-736, 1975.

ANNAN, A. P. **Ground Penetrating Radar workshop notes. Canadá:** Canadá: Sensors & Softwares, inc., internal report, 1992.

BACKES, A.; NARDINO, M. **Árvores, arbustos e algumas lianas nativas no Rio Grande do Sul.** São Leopoldo: UNISINOS, 2003.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Mata Atlântica: as árvores e a paisagem.** Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2004.

BARTH, M. O. Catálogo sistemático dos polens das plantas arbóreas do Brasil Meridional (Parte Complementar: Coniferales). **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, n. 60 (2), p. 199-208, 1962.

BARTH, O M; BARBOSA, A F. Catálogo sistemático dos polens das plantas arbóreas do Brasil Meridional: XIX – Melastomataceae. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, n. 73, 1975.

BARTH, O M; MELHEM, T S. **Glossário ilustrado de palinologia.** Campinas: Unicamp, 1988.

BAUERMANN, S. G. Métodos de estudos em palinologia do Quaternário e de plantas atuais. **Caderno La Salle XI**, Porto Alegre, n. 2, p. 99-107, 2005.

BAUERMANN, S. G.; MARQUES-TOIGO, M.; BEHLING, H.; NEVES, P. C. P. Aspectos tafonômicos em Palinologia de Quaternário. **Pesquisas: Série Botânica**, São Leopoldo, n. 52, p. 223-239, 2002.

BEHLING, H. **Untersuchungen zur spätpleistozänen und holozänen vegetations und klimageschichte der tropischen küstenwälder in Santa Catarina (südbrasilien).** 1993. 1 v. Tese (Doutorado) – Curso de Doutorado em Biologia, Universidade de Göttingen, Göttingen, 1993.

BEHLING, H. Investigation into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S Brazil).

Vegetation History and Archaeobotany, n. 4, p. 127-152, 1995.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil.

Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, n. 129, p. 407-422, 1997a.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South America).

Review of Palaeobotany and Palynology, n. 97, p. 109-121, 1997b.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation and climatic changes in Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, n. 99, p. 109-121, 1998.

BEHLING, H. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, n. 177, p. 19-27, 2002.

BEHLING, H.; BAUERMANN, S. G.; NEVES, P. C. P. Holocene environmental changes from the São Francisco de Paula region, southern Brazil. **Journal South American Earth Science**, n. 14, p. 631-639, 2001.

BEHLING, H.; NEGRELLE, R. R. B. Tropical Rain Forest and climate dynamics of the Atlantic Lowland, Southern Brazil, during the Late Quaternary. **Quaternary Research**, n. 56, p. 383–389, 2001.

BEHLING, H.; PILLAR, V. D.; ORLÓCI, L.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (Campos) fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará. do Sul core in southern Brazil.

Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, n. 203, p. 277-297, 2004.

BICUDO, C. E. M. & MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições.** São Carlos: Rima Editora, 2005.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais.** Florianópolis: UFSC, 2003.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R. Considerações a respeito dos terraços, rampas de colúvio e várzeas. **Boletim Paranaense de Geografia**, n. 16 e 17, 1965a.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Considerações a respeito da evolução das vertentes. **Boletim Paranaense de Geografia**, n. 16 e 17, 1965b.

BIONDI, J. C.; VASCONCELLOS, E. M. G. & VANZELA, G. A. Estudo comparativo entre os minérios da mina Bateias e de outras minas da região de Campo Alegre (Santa Catarina). **Revista Brasileira de Geociências**, n. 32, p. 245-254, 2002.

BLUM, M. D. & TÖRNQVIST, T. E. Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward. **Sedimentology**, n. 47, p. 2-48, 2000.

BOLDRINI, I. I.; EGGERS, L.; MENTZ, L. A.; MIOTTO, S. T. S.; MATZENBACHER, N. I.; LONGHWAGNER, H. M.; TREVISAN, R.; SCHNEIDER, A. A.; SETUBAL, R. B. Flora. In: BOLDRINI, I. (Org.). **Biodiversidade dos Campos do Planalto das Araucárias.** Brasília: Gráfica Diplomata, 2009. (Biodiversidade 30).

BRADLEY, R. S. Paleoclimatology: reconstructing climates of the Quaternary. **International Geophysics Series**, n. 64, 1999.

BRAGA, H. J.; GHELLRE, R. Proposta de diferenciação climática para o estado de Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XI. **Anais.** Florianópolis, 1999. CD-ROM.

BRASIL, J. W. **Contribuição de levantamentos topográficos planialtimétricos para estudos de evolução geomorfológica. 2004.** 1 v. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Curso de Bacharelado

em Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

BREMER, K. **Asteraceae – Cladistics & Classification**. Oregon: Timber Press, 1994.

BROWN, A. G.; CARPENTER, R. G.; WALLING, D. E. Monitoring fluvial pollen transport, its relationship to catchment vegetation and implications for palaeoenvironmental studies. **Review of Palaeobotany and Palynology**, n. 147, p. 60–76, 2007.

BURKART, A. Leguminosas - Mimosoídeas. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, p. 1-324, 1979.

CABRERA, L. A. & KLEIN, R. M. Plantas compostas - Tribo: Mutiseae. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, p. 1-124, 1973.

CABRERA, A. L., KLEIN, R. M. Compostas 3. Tribo: Vernonieae. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, p. 227-403, 1980.

CACCAVARI, M. A. Estúdio de los caracteres del pólen en las Mimosa-Lepdotae. **Pollen et Spores**, n. 28, n. 1, p. 29-42, 1986.

CALEGARI, M. R. Ocorrência e significado paleoambiental do Horizonte A húmico em Latossolos. 2008. 1 v. Tese (Doutorado) – Curso de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, 2008.

CAMARGO, G. **O Significado Paleoambiental de Depósitos de Encosta e de Preenchimento de Canal no Município de Lapa (PR) no Sul do Segundo Planalto Paranaense**. 2005. 1 v. Tese (Doutorado) – Curso de Doutorado em Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

CANCELLI, R. R. **Palinologia de Asteraceae: morfologia polínica e suas implicações nos registros do Quaternário no Rio Grande do Sul**. 2007. 1 v. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Geociências, Departamento de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

CARUSO JR., F. **Mapa geológico e de recursos minerais do Sudeste de Santa Catarina**. Brasília: DNPM, 1995.

CHARMAN, D. **Peatlands and environmental change**. Chichester: Wiley, 2002.

CLAPPERTON, C. M. Nature of environmental changes in South America at the Last Glacial Maximum. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, n. 101: p. 189-208, 1993.

CLARKE, M. L.; RENDELL, H. M.; WINTLEY, A. G. Quality assurance in luminescence dating. **Geomorphology**, n. 29: p. 173-185, 1999.

CLARKE, M. L.; VOGEL, J. C.; BOTHA, G. A. ; WINTLE, A. G. Late Quaternary hillslope evolution recorded in eastern South African colluvial badlands. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, n. 197, p. 199-212, 2003.

COLINVAUX, P. A.; De OLIVEIRA, P. E.; PATIÑO, J. E. M. **Amazon Pollen Manual and Atlas – Manual e Atlas Palinológico da Amazônia**. Amsterdam: Hardwood Academic, 1999.

CRUZ JUNIOR, F. W.; VUILLE, M.; BURNS, S. J.; WANG, X.; CHANG, H.; WERNER, M.; R. L. E.; KARMANN, I.; AULER, A.; NGUYEN, H. Orbitally driven east-west anti-phasing of South American precipitation. **Nature Geoscience**, n. 2, p. 210-214, 2009.

CUATRECASAS, J. C.; SMITH, L. B. Cunoniáceas. Flora ilustrada catarinense, Itajaí, 1971.

DIETRICH, W. E.; DORN, R. Significance of thick deposits of colluvium on hillslopes: a case study involving the use of pollen analysis in the coastal mountains of northern California. **The Journal of Geology**, n. 92: p. 147-58, 1984.

DIETRICH, W. E.; DUNNE, T. The channel head. In: BEVEN, K & KIRKBY, M. J. (eds.). **Channel network hydrology**. John Willey e Sons Ltd, 1993.

DUZZIONNI, R. I. **Feições erosivas em turfas de topo nas montanhas do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro – SC.** 2007. 1 v. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Curso de Bacharelado em Geografia, UFSC. Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

EDWIN, G.; REITZ, R. Aquifoliáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, p. 1-47, 1967.

EMBRAPA. Manual de Métodos de análise de Solos. Rio de Janeiro: SNLCS – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979.

ERDTMAN, G. **Pollen morphology and plant taxonomy-Angiosperms.** Estocolmo: Almquist & Wiksell, 1952.

ETCHEBEHERE, M. L. C. Aloestratigrafia - Revisão de conceitos e exemplos de aplicação, com ênfase nos depósitos neoquaternários de terraço da Bacia do Rio do Peixe, SP. **Revista da Universidade de Guarulhos**, Guarulhos, n. 7, p. 15-34, 2002.

ETCHEBEHERE, M. L.; SAAD, A. R.; GARCIA, M. J.; BRANDT NETO, M.; ZANARDO, A. Fácies pelíticas em depósitos de terraços no Vale do Rio do Peixe, Região Ocidental Paulista, Brasil: Considerações paleoambientais e econômicas. **Geociências**, n. 22, p. 17-31, 2003.

EVALDT, A. C.; BAUERMANN, S. G.; FUCHS, S. C. B. Grãos de pólen e esporos do Vale do Rio Caí, nordeste do Rio Grande do Sul, Brasil: descrições morfológicas e implicações paleoecológicas. **Gaea – Journal of Geoscience**, n. 5, p. 86-106, 2009.

FAEGRI, K.; IVERSEN, J. **Textbook of pollen analysis.** Nova Iorque: Hafner Press, 1975.

FALKENBERG, D. B. **Matinhas nebulares e vegetação rupícola dos Aparados da Serra Geral (SC/RS), sul do Brasil.** 2003. 1 v. Tese (Doutorado), Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

FATMA (Fundação de Amparo à Tecnologia e ao Meio Ambiente). **Parque Estadual da Serra do Tabuleiro: Diagnóstico dos Meios Físico e Biótico – Produto Básico de Zoneamento**. 2005. (CD-ROM)

FERNANDES, I. Taxonomia dos representantes de Dicksoniaceae no Brasil. **Pesquisas: Série Botânica**, n. 50: 5-26, 2000.

FERRAZZO, M. Reconstituição paleoambiental com base em palinomorfos do Quaternário do Baixo Vale do Rio Doce, Espírito Santo, Brasil. 2008. 1 v. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2008.

FERREIRA, G. M. S. S. **Estratigrafia de depósitos quaternários em cabeceira de vale (Cerro do Touro, Campo Alegre – SC): aplicação da análise textural e micromorfológica**. 2009. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

FEVEREIRO, P. C. A. Haloragáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, p.1-17, 1975.

FLEMMING, B. W. A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis ternary diagrams. **Continental Shelf Research**, n 20, p. 1125-1137, 2000.

FOLK, R. L. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rocks. **Journal of Geology**, n. 62, p. 344-359, 1954.

FRANCHI, J. G.; SÍGOLO, J. B.; MOTTA, J. F. M. Diagnóstico das turfas no Brasil: histórico da utilização, classificação, geologia e dados econômicos. **Revista Brasileira de Geociências**, n. 36, p. 179-190. 2006.

FUCHKS-ECKERT, H.P. Isoetáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**, p. 1-42, 1986.

GARCIA, M. J. Palinologia de Turfeiras Quaternárias do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo, Brasil. parte I: Esporos de

Fungos, Algas, Briófitas e Pteridófitas. **Revista Universidade Guarulhos - Geociências**, Guarulhos, n. 2, p. 148-165, 1997.

GARCIA, M. J. Palinologia de Turfeiras Quaternárias do médio vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo. Parte II. Gymnospermae e Magnolophyta. **Revista Universidade Guarulhos - Geociências**, Guarulhos, n. 3, p. 84-107, 1998.

GARY, M. **Glossary of geology**. Washington: American Geological Institute, 1973.

GOMI, T.; SIDLE, R. C.; RICHARDSON, J. S. Understanding Processes and Downstream Linkages of Headwater Systems. **Bioscience**, n. 52, p. 905-916, 2002.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1995.

ICHASO, C. L. F., GUIMARÃES, E. F. Cletráceas. **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí, p. 1-19, 1975.

IRGANG, B. E. 1973. **O gênero *Eryngium* L. (Umbelliferae) no Rio Grande do Sul**. 1973. 1 v. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1973.

IRIONDO, M. Climatic changes in the South American plains: Records of continent-scale oscillations, **Quaternary International**, n. 57 e 58. p. 93-112, 1999.

JACOBSON, G. L.; BRADSHAW, R. H. W. The Selection of Sites for Paleovegetational Studies. **Quaternary Research**, n. 16, p. 80-96, 1981.

JESKE-PIERUSCHKA, V.; BEHLING, H. A 43,000-year record from Serra do Tabuleiro, southern Brazil: vegetation, climate and fire history. In: International Palynological Congress, 12th., 2008, Bonn. **Abstract Volume**. Bonn, 2008, p. 325.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002.

JUDD, W. S., CAMPBELL, C. S., KELLOG, E. A., STEVENS, P. F. & DONOGHUE, M. J. **Sistemática Vegetal Um Enfoque Filogenético**. Porto Alegre: ARTMED, 2008.

KLEIN, R. M. Aspectos dinâmicos da vegetação do sul do Brasil. **Sellowia**, Itajaí, n. 36, p. 5-54, 1984.

KLEIN, R. M. Fisionomia, importância e recursos da vegetação do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. **Sellowia**, Itajaí, n. 33, p. 5-55, 1981.

KLEIN, R. M. Importância e fidelidade das Lauráceas na “Formação de Araucária” do estado de Santa Catarina. **Insula**, Florianópolis, n. 7, p. 1-19, 1974.

KLEIN, R. M. **Mapa Fitogeográfico do Estado de Santa Catarina**. Itajaí, 1978.

KORMANN, J. **Histórico da Estrada Dona Francisca: de Joinville por Campo Alegre, São Bento do Sul e Rio Negrinho a Mafra**. Florianópolis: IOESC, 1989.

KOUTSOUKOS, E. A. M. Stratigraphy: Evolution of a concept. In: KOUTSOUKOS, E. A. M. (ed). **Applied stratigraphy**. Netherlands: Springer, 2005.

KRAMER, K.U. & GREEN, P.S. Pteridophytes and Gymnosperms. In: K. Kubitzki (ed.). **The families and Genera of Vascular Plants**. Berlin: Springer-Verlag, 1990.

KRAMER, V. M. S. & STEVAUX, J. C. Mudanças climáticas na região de Taquaruçu (MS) durante o Holoceno. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 49, p. 79-91, 2001.

LEAL, M. G. & LORSCHUITTER, M. L. Polens, esporos e demais palinomorfos de sedimentos holocênicos de uma floresta paludosa, encosta inferior do nordeste, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia: Série Botânica**, Porto Alegre, n. 61, p. 13-47, 2006.

LEINZ, V; LEONARDOS, O. H. **Glossário geológico com a correspondente terminologia em inglês, alemão, francês.** São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1977.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LIMA, G. L. **Caracterização de solos coluviais em área de cabeceira de drenagem: Cerro do Touro, Campo Alegre-SC.** 2002. 1 v. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Bacharelado em Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

LIMA, G. L. **Caracterização Pedoestratigráfica de Depósitos de Encosta e de Vale, Localidade de Cerro do Touro, Campo Alegre, Estado de Santa Catarina.** 2005, 1 v. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LORSCHREITER, M. L.; ASHRAF, A. R.; BUENO, R. M.; MOSBRUGGER, V. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part I. **Palaeontographica**, Stuttgart, n. 246, p. 1-113, 1998.

LOTTE, A. L.; ZIEGLER, A. M. World peat occurrence and the seasonality of climate and vegetation. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, n. 106, p. 23-37, 1994.

LOURTEIG, A. Litráceas. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, p. 1-80, 1969.

LOURTEIG, A. Oxalidáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, 1983.

LOZET, J.; MATHIEU, C. **Dictionnaire de science du sol.** Paris: Lavoisier TEC & DOC, 1997.

MANCINI, M. V.; PAEZ, M. M.; PRIETO, A. R.; Cambios paleoambientales durante los últimos 7.000 ¹⁴C años en el ecotono bosque-estepa, 47-48°S, Santa Cruz, Argentina. **AMEGHINIANA**, Buenos Aires, n. 39, p. 151-162, 2002.

MARCHIORETTO, M. S.; AZEVEDO, F.; JOSENDE, M. V. F.; SCHNORR, D. M. Biogeografia da família Amaranthaceae no Rio Grande do Sul. **Pesquisas: Série Botânica**, São Leopoldo, n. 59, p. 171-190, 2008.

MARCHIORETTO, M. S.; SENNA, L.; SIQUEIRA, J. C. **Amaranthaceae: In: Lista de espécies da flora do Brasil**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/fb000042>> Acesso em: ago. 2010.

MARKGRAF, V. Palaeoclimates in Central and South America since 18,000 BP based on pollen and lake-level records. **Quaternary Science Reviews**, n. 8, p. 1-24, 1989.

MARQUES, M. C. M. Ericáceas. Flora Ilustrada Catarinense, Itajaí, p.1-63, 1975.

MEDEANIC, S.; GARCIA, M. J.; STEVAUX, J. C. A importância dos palinomorfos de fungos e de algas nas reconstruções paleoambientais por meio de estudos em sedimentos Alto Rio Paraná, Taquaruçu, MS, Brasil. **Revista da Universidade de Guarulhos - Geociências**, Guarulhos, n. 9, p. 19-40, 2004.

MEIS, M. R. M. Índícios de variações neo-quaternárias no Médio Vale do Rio Doce. **Anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, n. 1, 1977.

MEIS, M. R.; TUNDISI, J. G. Geomorphological and limnological processes as a basis for lake typology the Middle Rio Doce system. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, n. 58, p. 103-120, 1986.

MELHEN, T. S. CRUZ-BARROS, M. A. V.; CORRÊA, A. M. S.; MAKINO WATANABE, H.; SILVESTRE-CAPELATO, M. S. F. ESTEVES, V. L. G. Variabilidade polínica em plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). **Boletim do Instituto de Botânica**, v.16, p-16-104, 2003.

MELLO, C. L.; METELO, C. M. S.; SUGUIO, K.; KOHLER, H. C. Quaternary sedimentation, neotectonics and the evolution of the Doce

River Middle Valley Lake System (Southern Brazil). **Revista do Instituto Geológico**, n. 20, p. 29-36, 1999.

MELLO, C. L.; SUGUIO, K.; SARGES, R. R. Idade de formação do sistema de lagos do médio vale do rio Doce (Holoceno, Minas Gerais, Sudeste do Brasil). In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 9, 2003, Recife. **Anais**. Recife, 2003.

MELO, M. S.; CUCHIERATO, G. Quaternary colluvial-eluvial covers of the Eastern Parana Basin, Southeastern Brazil. **Quaternary International**, n. 114, p. 45-53, 2004.

MELO, M. S.; MEDEIROS, C. V.; GIANNINI, P. C. F.; GARCIA, M. J.; PESSEDA, L. C. R. Sedimentação Quaternária no Espaço Urbano de Ponta Grossa, PR. **Geociências**, n. 22, p. 33-42, 2003.

MENDES, J. C. **Elementos de estratigrafia**. São Paulo: T. A. Queiroz Neto, 1985.

MENÉNDEZ, G. G. H. *Phaeoceros laevis* (L.) prosa. and *P. carolinianus* (Michx.) Prosa., their spores. **Journ. Hattori Bot. Lab.**, n. 62, p. 281-288, 1987.

MODENESI-GAUTTIERI, M. C. Hillslope deposits and the Quaternary evolution of the Altos Campos – Serra da Mantiqueira, from Campos do Jordão to the Itatiaia Massif. **Revista Brasileira de Geociências**, n. 30, p. 508-514, 2000.

MODENESI-GAUTTIERI, M. C.; TOLEDO, M. C. M. Weathering and the formation of hillslope deposits in the tropical highlands of Itatiaia – southeastern Brazil. **Catena**, n. 27, p. 81-103, 1996.

MONTGOMERY, D R; BUFFINGTON, J M. **Channel Processes, Classification, and Response**. Disponível em: <<http://www.swf.usace.army.mil/pubdata/enviro/regulatory/other/links/stream/channeprocessesclassificationandresponse.pdf>>. Acesso em: nov. 2007.

MONTGOMERY, D. R.; DIETRICH, W. E. Where do channels begin? **Nature**, n. 17, p. 232-234, 1988.

- MOURA, J. R. S. Geomorfologia do Quaternário. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Editores). **Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- MOURA, J. R. S. & SILVA, T. M. Complexo de rampas de colúvio. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- MOURA, J. R. S.; MEIS, M. R. M. Contribuição à estratigrafia do quaternário no Planalto SE do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, n. 58, p. 89-102, 1986.
- MOURA, J. R. S.; MELLO, C. L. Classificação aloestratigráfica do Quaternário Superior na região de Bananal (SP/RJ). **Revista Brasileira de Geociências**, n. 21, 1991.
- MUNSSSEL SOIL COLOR CHART. Baltimore: Munssel Color Company, 1994
- NAU, D R. **Estratigrafia de Rampa Colúvio-aluvial em Cabeceira de Vale Turfosa, Campo do Ciama, Parque Estadual da Serra do Tabuleiro – SC**. 2010. 1 v. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Bacharelado em Geografia, Departamento de Geociências, UFSC, Florianópolis, 2010.
- NAVARRO, C.; CARRIÓN, J. S.; MUNUERA, M.; PRIETO, A. R. Cave surface pollen and the palynological potential of karstic cave sediments in palaeoecology. **Review of Palaeobotany and Palynology**, n. 117, p. 245-265, 2001.
- NEMEC, W. & KAZANCI, N. Quaternary colluvium in west-central Anatolia: sedimentary facies and palaeoclimatic significance. **Sedimentology**, n. 46, p. 139-170, 1999.
- NEVES, P. C. P.; BAUERMAN, S. G. Catálogo palinológico de coberturas quaternárias do Estado do Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. Descrições Taxonômicas Parte - I: fungos, algas, palinomorfos outros e fragmentos de invertebrados. **Pesquisas: Série Botânica**, São Leopoldo, n. 53, p. 121-149, 2003.

NEVES, P. C. P.; BAUERMANN, S. G. Catálogo palinológico de coberturas quaternárias do Estado do Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. *Descrições Taxonômicas Parte - II: Bryophyta e Pteridophyta. Pesquisas: Série Botânica*, São Leopoldo, n. 55, p. 227-251, 2004.

NICHOLS, S. **Sedimentology & Stratigraphy**. Blackwell Science Ltd, 1999.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE. 1989.

NOWATZKI, C. H.; DOS SANTOS, M. A. A.; LEÃO, H. Z.; SCHUSTER, V. L. L.; WACKER, M. L. **Acta Geológica Leopoldensia**. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, n. 18 e 19, p. 432, 1984.

ODUM, E. 1985. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1985.

OLDFIELD, F. **Environmental change: key issues and alternatives approaches**. New York: Cambridge University Press, 2005.

OLIVEIRA, M. A. T. Evolução de voçorocas e integração de canais em áreas de cabeceira de drenagem: modelo conceitual, taxas de erosão e sinergia de mecanismos. **Geosul**, Florianópolis, n. 19 e 20, p. 153-182, 1995.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçoroca. In: GUERRA, A. J. T. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

OLIVEIRA, M. A. T. **Valorização ambiental e turística dos Campos Gerais através de sua História Natural: Parque Estadual da Serra do Tabuleiro**. Florianópolis: UFSC, 2003. 1 v.

OLIVEIRA, M. A. T. **Proposta de Estágio de Pós-Doutorado: aplicação de radar de penetração do solo (GPR) à caracterização de turfeiras de planalto e à estratigrafia de dunas de cavaleamento**. Florianópolis: UFSC, 2007. 20 p.

OLIVEIRA, M. A. T.; BEHLING, H.; PESSENDA, L. C. R. Environmental changes in highland valley head areas during the Late Pleistocene of Santa Catarina State, Southern Brazil. In: INQUA, 16, 2003, Nevada. **Congress Program with Abstracts**. Nevada: The desert research Institute, 2003, p. 84.

OLIVEIRA, M. A. T.; BEHLING, H.; PESSENDA, L. C. R.; LIMA, G. L.; FERREIRA, G. M. S. S.; SANT'ANA, W. O. Registro de mudanças ambientais pleistocênicas e holocênicas em cabeceira de vale do Planalto Norte Catarinense: Município de Campo Alegre. X In: Congresso da ABEQUA, 10, 2005, Guarapari. **Anais**. Guarapari: ABEQUA, 2005. p. 9-16.

OLIVEIRA, M. A. T.; BEHLING, H.; PESSENDA, L. C. R. Late-Pleistocene and mid-Holocene environmental changes in highland valley head areas of Santa Catarina state, Southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, n. 26, p. 55-67, 2008a.

OLIVEIRA, M. A. T.; BEHLING, H.; PESSENDA, L. C. R.; LIMA, G. L. Stratigraphy of near-valley head quaternary deposits and evidence of climate-driven slope-channel processes in southern Brazilian highlands. **Catena**, n. 75, p. 77-92, 2008b.

OLIVEIRA, M. A. T.; CAMARGO, G.; PAISANI, J. C.; CAMARGO FILHO, M. Caracterização paleohidrológica de estruturas sedimentares quaternárias através de análises macroscópicas e microscópicas: do registro sedimentar local aos indícios de mudanças globais. **Pesquisa em Geociências**, vol. 28, n. 2, p. 183-195, 2001.

OLIVEIRA, M. A. T.; LIMA, G. L. Classificação de sedimentos quaternários em cabeceiras de vale através da aplicação do diagrama de Flemming: município de Campo Alegre, Norte de Santa Catarina. **Revista Geociências**, Rio Claro, n. 22, 2004.

OLIVEIRA, M. A. T.; PEREIRA, K. N. Identificação de Solos Colúviais em Áreas de Cabeceira de Drenagem: Cerro do Touro, Campo Alegre (SC). **GEOSUL**, Florianópolis, n. 14, p. 476-481, 1998.

OLIVEIRA, M. A. T.; PESSENDA, L. C. R.; BEHLING, H.; LIMA, G. L.; FERREIRA, G. M. S. S. Registro paleoambiental em depósitos aluvio-colúviais de cabeceira de vale: município de campo alegre,

Planalto Norte Catarinense. **Revista Brasileira de Geociências**, n. 36, p. 474-487, 2006.

OLIVEIRA, M. A. T.; PORSANI, J. L.; LIMA, G. L.; JESKE-PIERUSCHKA, V.; BEHLING, H. Upper Pleistocene to Holocene peatland evolution in Southern Brazilian highlands as depicted by radar stratigraphy, sedimentology and palynology, *submetido*.

PAEZ, M. M.; PRIETO, A. R. Paleoenvironmental reconstruction by pollen analysis from loess sequences of the southeast of Buenos Aires (Argentina). **Quaternary International**, n. 17, p. 21-26, 1993.

PALAZZESI, L.; BARREDA, V.; PRIETO, A.R. Análisis evolutivo de la vegetación cenozoica en las provincias de Chubut y Santa Cruz (Argentina) con especial atención en las comunidades herbáceo-arbustivas. **Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales**, n. 5, p. 151-161, 2003.

PAULINO, R. B. **Mapeamento e caracterização de turfeiras na Serra do Tabuleiro, Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (SC)**. 2005. 1 v. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Bacharelado em Geografia, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PEIXOTO, M. N. O.; TATUMI, S. H.; MELLO, C. L.; BARRETO, A. M.; MOURA, J. R. S. Comparação entre idades obtidas por luminescência e idades radiocarbono de depósitos coluviais quaternários – Bananal e Barra Mansa (SP/RJ) Depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 9, 2003, Recife. **Anais**. Recife, 2003.

PESSENDA, L. C. R.; DE OLIVEIRA, P. E.; MOFATTO, M.; DE MEDEIROS, V. B.; FRANCISCHETTI GARCIA, R. J.; ARAVENA, R.; BENDASSOLI, J. A. ; ZUNIGA LEITE, A.; SAAD, A. R.; LINCOLN ETCHEBEHERE, M. The evolution of a tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since 28,000 ¹⁴C yr BP based on carbon isotopes and pollen records. **Quaternary Research**, n. 71, p. 437-452, 2009.

PIRE, S. M.; ANZÓTEGUI, L. M.; CUADRADO, G. A. **Flora Polínica del Nordeste Argentino**. Corrientes: EUDENE-UNNE, 1998.

PIRE, S. M.; ANZÓTEGUI, L. M.; CUADRADO, G. A. **Flora Polínica del Nordeste Argentino**. Corrientes: EUDENE-UNNE, 2001.

PIRE, S. M.; ANZÓTEGUI, L. M.; CUADRADO, G. A. **Flora Polínica del Nordeste Argentino**. Corrientes: EUDENE-UNNE, 2006.

PRIETO, A. R. Late Quaternary vegetational and climatic changes in the Pampa Grassland of Argentina. **Quaternary Research**, n. 45, p. 73–88, 1996.

PRIETO, A. R.; BLASI, A. M.; FRANCESCO, C. G.; FERNÁNDEZ, C. Environmental history since 11,000 ¹⁴C yr B.P. of the northeastern Pampas, Argentina, from alluvial sequences of the Luján River. **Quaternary Research**, n. 62, p. 146–161, 2004.

PUNT, W.; HOEN, P.P.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; THOMAS, A. Le. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Palaeobotany and Palynology**, n. 143, p. 1–81, 2007.

QINGHAI, X.; XIAOLAN, Y.; CHEN, W.; LINGYAO, M.; ZIHUI, W. Alluvial Pollen on the North China Plain. **Quaternary Research**, Washington, n. 46, p. 270–280, 1996.

RABASSA, J.; CORONATO, A. M.; SALEMME, M. Chronology of the Late Cenozoic Patagonian glaciations and their correlation with biostratigraphic units of the Pampean region (Argentina). **South American Earth Sciences**, n. 20: p. 81–103, 2005.

RAHN, K. Plantaginaceae. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, 1966.

RAVAZZI, C. Comment on “Paleoclimatic record of the past 22,000 years in Venice (Northern Italy): Biostratigraphic evidence and chronology” by Serandrei Barbero et al. [Quaternary International 140–141, 37–52]. “Interstadials” or phases of accumulation of reworked pollen? **Quaternary International**, n. 148, p. 165–167, 2006.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

REINECK, H. E. & SINGH, I. B. **Depositional Sedimentary Environments**. Berlím: Springer-Verlag, 1980.

REITZ, R. Sapindáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, p.1-160, 1980.

REITZ, R.; KLEIN, R. Araucariaceae. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, 1966.

RENEAU, S. L.; DIETRICH, W. E; RUBIN, M; DONAHUE, D. J; JULL, A. J. T. Analysis of hillslope erosion rates using dated colluvial deposits. **Journal of Geology**, n. 97, p. 45-63, 1989.

REVIERS, B. **Biologia e filogênia das algas**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

RICCOMINI, C; GIANNINI, P. C. F.; MANCINI, F. Rios e processos fluviais. In: In: TEIXEIRA, W, TOLEDO, M. C. M., FAIRCHILD, T. R., TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2001.

ROBINSON, S.; MICHAUD, Y. Ground penetrating radar. In: **Handbook of Geophysical Techniques for Geomorphic and Enviromental Research**, Gilbert, B. Editor, Open file 3731, Geological Survey of Canada, 1999. p. 69-102.

ROTH, L.; LORSCHBITTER, M. L. Palynology of a bog in Parque Nacional de Aparados da Serra, East Plateau of Rio Grande do Sul. **Quaternary of South America and Antarctic Península**, n. 8, 1990.
ROUBIK, D. W.; MORENO, J. E. **Pollen and Spores of Barro Colorado**. St. Louis: Missouri Botanical Garden, 1991.

SALGADO-LABORIAU, M. L. Fundamentos, técnicas e algumas perspectivas. **Revista Brasileira de Geografia**, n. 4, p. 695-717, 1961.
SALGADO-LABOURIAU, M. L. **Contribuição à palinologia dos cerrados**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1973.

SALGADO-LABORIAU, M. L. **História ecológica da Terra**. São Paulo: Edgard Blücher, 1994.

SALGADO-LABORIAU, M. L. **Critérios e técnicas para o Quaternário**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K. Depósitos quaternários da região

entre Marília e Presidente Prudente, SP. **Revista Brasileira de Geociências**, n. 36, p. 385-395, 2006.

SALOMON, J. C.; DIETRICH, W. Onagráceas: Parte I. Flora Ilustrada Catarinense, Itajaí. 1984.

SANTA CATARINA, GABINETE DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL, SUBCHEFIA DE ESTATÍSTICA, GEOGRAFIA E INFORMÁTICA. **Atlas de Santa Catarina**. Aerofoto Cruzeiro. Rio de Janeiro, 1986.

SEHNEM, A. S. J. Blecnáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, 1968.

SEHNEM, A. S. J. Maratiáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, 1967.

SELLEY, R. C. **Applied sedimentology**. Londres: Academic Press Limited, 1988.

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

SIQUEIRA, Eliane de. **História Vegetacional e climática da floresta da Araucária na região de Monte Verde: Análises Palinológicas e Sedimentológicas**. 2006. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geociências, Departamento de Geociências, Usp, São Paulo, 2006.

SMITH, L. B., DOWNS, R. J.; KLEIN, R. M. Euforbiáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, p. 1-408, 1988.

SMITH, L. B.; DOWNS, R. J. Xiridáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, 1965.

SOBRAL, M.; JARENKOV, J. A. **Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil**. Porto Alegre: Novo Ambiente, 2006.

SOLOMON, A. M.; BLASING, T. J.; SOLOMON, J. A. Interpretation of floodplain in alluvial sediments from an arid region. **Quaternary Research**, n. 18, p. 52-71, 1982.

SOUZA, A. M. **Uso do GPR na geração de modelos estáticos 3D para planejamento de lavra de minerais pesados depositados em dunas eólicas.** 2008. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geodinâmica e Geofísica, UFRN, São Paulo, 2008.

SOUZA, L. G. M. **Dicionário de geologia e mineralogia.** São Paulo: Melhoramentos, 1980.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II.** Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

STEVAUX, J. C. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the Upper Parana River: Correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. **Quaternary International**, n. 72, p. 73-85, 2000.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

SUGUIO, K. Estratigrafia do Cenozóico Brasileiro. Anais da In: Reunião Aberta da Comissão Brasileira da Estratigrafia, 2004, Porto Alegre. **Anais.** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, 2004.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais.** São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar.** São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2003.

SUGUIO, K. **Introdução a Sedimentologia.** São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 1973.

SUGUIO, K.; TATUMI, S. H.; BARRETO, A. M. F. Comparação entre os métodos do radiocarbono (^{14}C) e da termoluminescência (TL) na datação do Quaternário. In: Congresso da ABEQUA, 9, 2003, Recife. **Livro de Resumos.** Recife, 2003.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais.** Florianópolis: UFSC; Curitiba: UFPR, 1990.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J. BOHNEN, H. Análise de solo, plantas e outros materiais. Bol. Técnico nº 5. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos – Faculdade de Agronomia, 1985.

THOMAS, M. F. **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. Inglaterra: John Wiley and Sons Ed. Winchester, 1994.

THOMAS, M. F. Landscape sensitivity to rapid environmental change a Quaternary perspective with examples from tropical areas. **Catena**, n. 55, p. 107-124, 2004.

THOMAS, M. F. Late Quaternary environmental changes and the alluvial record in humid tropical environments. **Quaternary International**, n. 72, p. 23-36, 2000.

THOMAS, M. F. Quaternary Fans and colluvium as indicators of environmental change and landscape sensitivity. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, n. 23, p. 1-11, 2002.

THOMAS, M. F. Understanding the impacts of Late Quaternary climate change in tropical and sub-tropical regions. **Geomorphology**, n. 101, p. 146-158, 2008.

THOMAS, M. F.; NOTT, J.; PRICE, D. M. Late Quaternary stream sedimentation in the humid tropics: a review with new data from NE Queensland, Australia. **Geomorphology**, n. 39, p. 53-6, 2001.

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 Reviews**, n. 14, p. 193-207, 1995.

THOMAZ, S. L. Paleopalínologia e paleoecologia de depósitos holocênicos da planície aluvial do Alto Rio Paraná na região de Porto Rico, Estado do Paraná, (Brasil). **Cadernos de Geografia**, n. 19, p. 135-160, 2000.

TOMÉ JR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Livraria Editora Agropecuária. Guaíba, 1997.

TRINTA, E. F.; SANTOS, E. Winteráceas. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, p.1-20, 1997.

TRYON, R. M.; TRYON, A. F. **Ferns and allied plants**. Nova Iorque: Springer-Verlag, 1982.

TURCQ, B.; PRESSINOTTI, M. N.; MARTIN, L. Paleohidrology and Paleoclimate of the past 33.000 years at the Tamanduá River, Central Brazil. **Quaternary Research**, n, 47, p. 284-294, 1997.

VAN ANDEL, T.A. **New views on an old planet**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

VAN GEEL, B.; VAN DER HAMMEN, T. Zygnemataceae in Quaternary Colombian sediments. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, n. 25, p. 377-392, 1978.

VIEIRA, L S. **Manual da ciência do solo**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1975.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C.; VIEIRA, N. F. **Solos: propriedades, classificação e manejo**. Brasília: MEC/ABEAS, 1988.

VITT, D. H. Classification of the Bryopsida. In: SCHUSTER, R. M. **New manual of Bryology**. Japão: Hattori Botanical Laboratory, 1984.

WALKER, R. G. Facies modeling and sequence stratigraphy. **Journal of Sedimentary Petrology**, n. 60, p. 777-786, 1990.

WATSON, A.; WILLIAMS, D. P.; GOUDIE, A. S. The palaeoenvironmental interpretation of colluvial sediments and palaeosols of the Late Pleistocene Hypothermal in Southern Africa. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, n. 45, p. 225-249, 1984.

WILSON, R. C. L.; DRURY, S. A.; CHAPMANN, J. L. **The Great Ice Age**. Londres: Routledge, 2000.

XAVIER, S. R. S.; BARROS, I. C. L. Pteridófitas e seus aspectos ecológicos ocorrentes no Parque Ecológico João Vasconcelos Sobrinho, Caruaru, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, n. 19, p. 775-781, 2005.

YANO, O.; PIRANI, J. R.; SANTOS, D. P. O gênero *Sphagnum* (Bryopsida) nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, n. 8, p. 55-80, 1985.

YELOFF, D. A.; CHARMAN, D.; VAN GEEL, B.; MAUQUOY, D. Reconstruction of hydrology, vegetation and past climate change in bogs using fungal microfossils. **Review of Palaeobotany and Palynology**, n. 146, p. 102–145, 2007.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)