

## ESTUDOS PALINOLÓGICOS E PALEOECOLÓGICOS DAS TURFEIRAS DO MÉDIO VALE DO RIO PARAÍBA DO SUL, SÃO PAULO

Maria Judite Garcia<sup>1</sup>; Paulo Eduardo De Oliveira<sup>2</sup>; Eliane de Siqueira<sup>3</sup>; Rosana Saraiva Fernandes<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>*Dra. em Geologia Sedimentar, Professora e Pesquisadora da Universidade Guarulhos  
Praça Tereza Cristina nº1, Centro, Guarulhos, São Paulo. 07023-070, Fone: 6464 - 1708. e-mail: geo@ung.br*

<sup>2</sup>*Ph.D. em Botânica, Professor e Pesquisador do Laboratório de Geociências, Universidade Guarulhos*

<sup>3</sup>*Bióloga e Técnica do Laboratório de Geociências, Universidade Guarulhos*

<sup>4</sup>*Bióloga e Técnica do Laboratório de Geociências, Universidade Guarulhos*

### RESUMO

Apresentamos neste trabalho os resultados palinológicos para uma turfeira do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo. Os dados sugerem a divisão do diagrama polínico em 5 zonas. O clima da região estudada era úmido e mais frio entre 9720 e 8240 anos A.P. De 8240 a 5400 anos A.P. o clima era úmido e mais quente. Um relativo dessecamento ocorreu entre 5400 e 3500 anos A.P. como sugerem as baixas taxas de sedimentação encontradas para esse período. Os últimos 3500 anos representam condições climáticas diferentes devido ao retorno de elementos botânicos típicos de ambientes frios e úmidos tais como *Araucaria*, *Podocarpus*, *Ilex* e *Myrtaceae*.

### ABSTRACT

We report the results of a palynological analysis of a Holocene peat core from a peatbog located in the mid Paraíba do Sul River Valley, State of São Paulo, Brazil. The palynological content of the samples permitted the recognition of five distinct pollen zones which indicate that the Holocene of the Paraíba do Sul River Valley was characterized by humid and colder climates from 9720 ca. 8240 C<sup>14</sup> years B.P. From ca. 8240 to ca. 5400 C<sup>14</sup> years B.P. the climate was humid and warm and from from 5400 C<sup>14</sup> years B.P. to ca. 3500 C<sup>14</sup> years B.P. it was drier than present. The last 3500 years represent different climatic conditions due to the return of botanical taxa typically found in cold and wet environments, such as *Araucaria*, *Podocarpus*, *Ilex* and *Myrtaceae*.

Palavras-Chave: araucaria, pólen, holoceno.

### 1. INTRODUÇÃO

O acúmulo de turfa, que ocupa extensas áreas do vale do Rio Paraíba do Sul, entre a Serra da Mantiqueira e a Serra do Mar, sugere que o seu sistema fluvial moderno tem sofrido alterações na dinâmica sedimentar, possivelmente em sincronia com mudanças climáticas globais. Tal inferência é derivada das características dessa extensa sedimentação orgânica, cujas litologias chegam a atingir 20 metros de espessura. Datações basais de várias turfeiras da região mostram que em alguns locais ocorreu sedimentação a partir de 20.000 anos A.P., enquanto em outras áreas a sedimentação tem idade holocena. (Garcia, 1994).

O objetivo deste estudo é determinar a paleovegetação predominante na área de ocorrência das turfeiras do município de Jacareí, São Paulo e testar hipóteses geológicas e paleoclimáticas através de estudos palinológicos. Os resultados desta investigação são comparados com os dados palinológicos já existentes para outras áreas da região da Serra da Mantiqueira e do próprio vale do Rio Paraíba do Sul. A comparação desses dados poderão fornecer subsídios para a determinação de padrões climáticos regionais e locais durante o Holoceno da região Sudeste.

#### 1.1. As turfeiras do vale do Rio Paraíba do Sul

As bacias orgânicas (turfeiras) ocorrem, praticamente, ao longo de todo o curso do Rio Paraíba do Sul e são constituídas por camadas orgânicas (turfa), argilas orgânicas pretas, argilas maciças-plásticas cinza-esbranquiçadas. Em alguns locais sotopostos a esses sedimentos podem ocorrer arenitos grossos a finos,

micáceos, estratificados, além de lamitos e cascalheiras (Bistrichi *et al.* 1990).

As extensas turfeiras desta região já foram objeto de muitos estudos; os primeiros voltados para a exploração de turfa (Shimada & Carvalho, 1980; Algarte *et al.* 1982; Ostafiuc, 1986), em escala industrial, em especial para fins energéticos e corretivos de solos. O segundo grupo de estudos de cunho sedimentológico e cronológico (Melo *et al.*, 1987; Turcq *et al.*, 1992; Suguio *et al.*, 1987), cujas idades, obtidas por métodos radiométricos (C<sup>14</sup>) chegaram a 20.160 anos A.P., enquanto os estudos alostratigráficos, cronológicos e palinológicos (Moura *et al.* 1989), (Mello & Moura 1991), obtiveram idades máximas de 10.000 anos A.P. Garcia (1994) realizou estudos palinológicos em diversas turfeiras que apresentaram idades radiométricas de, no máximo, 11.080 anos A.P.

O curso médio superior do Rio Paraíba do Sul encontra-se encaixado numa unidade geotectônica do tipo "graben", que integra o sistema de rifts da Serra do Mar (Almeida, 1976). Os depósitos quaternários apresentam evidências de basculamentos tectônicos (Hasui & Ponçano, 1978) que segundo Riccomini (1989, 1992), causa a sismicidade regional natural e capturas de drenagem. Portanto, o desenvolvimento dessas bacias orgânicas é controlado pela tectônica, fato também observado por Cordani *et al.* (1974), quanto à migração dos meandros ao longo dos blocos rebaixados, à preservação de manchas sedimentares em zonas de embasamento e pelo escoamento dos aluviões quaternários nas regiões de blocos adernados.

## 1.2. A turfeira de Jacareí e condições ambientais atuais

A turfeira estudada localiza-se no município de Jacareí, São Paulo, (23° 17'S, 45° 58'W) e encontra-se a uma altitude de 550 m acima do nível do mar.

Atualmente, o clima do vale, segundo Nimer (1989) é do tipo mesotérmico brando semi-úmido, com a estação seca restrita aos meses de inverno. Nas serras acima de 1600 m o clima é mesotérmico médio brando superúmido e nas regiões entre as serras e o vale o clima é denominado mesotérmico brando úmido. A precipitação pluviométrica no vale é de cerca de 1200 mm, enquanto nas serras atinge 3.000 mm anuais.

A temperatura média anual varia entre 19° e 21° C, sendo as temperaturas mais baixas, 15° C (RadamBrasil., 1983).

Ainda são encontradas na paisagem fragmentos florestais de Floresta Ombrófila densa, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Mista (Floresta de *Araucaria*). No que tange à vegetação campestre ocorrem também fragmentos de cerrado, formações pioneiras com influência fluvial e área de contato cerrado/Floresta Ombrófila. No entanto, atualmente essas áreas encontram-se reduzidas a alguns agrupamentos ou são vegetações secundárias descaracterizadas por sucessivas queimadas oriundas do impacto ambiental antropogênico (RadamBrasil, 1983).

## 2.0 MATERIAIS E MÉTODOS

O testemunho, aqui estudado, com 6.43 m de comprimento, foi obtido no setor sul do campo de turfas do vale, cujas coordenadas são 23° 15'S- 45° 55' W. A testemunhagem foi feita com um amostrador com pistão obtido do Serviço Geológico da Finlândia. A partir de 6,43 m, uma camada de argilas compactadas não permitiu penetração do amostrador além desse nível.

Três amostras selecionadas para datação radiocarbônica (1.06, 4.32 e 6.42 m) foram datadas pela Beta Analytic Inc. (EUA).

Os métodos palinológicos empregados estão descritos em Faegri & Iversen (1989). Para remoção de silicatos empregou-se a dissolução de ácido fluorídrico por 48 horas e remoção da matéria orgânica da amostra assim como do interior dos palinomorfos pela técnica da acetólise (9 partes de anidrido acético para uma parte de ácido sulfúrico concentrado). Durante todo o processo, foi empregada a técnica de centrifugação e decantação explicitada em Colinvaux *et al.* (1999). Os resíduos finais foram montados em lâminas permanentes, em glicerina e em Entellan.

O número de grãos de pólen contados variou entre 178 (amostras inférteis) e 1475 grãos (muito férteis), e o número médio de grãos contados foi 353.

Os perfis palinológicos foram elaborados com os programas Tilia e TiliaGraph, e zonas polínicas foram determinadas através da estatística de *Cluster Analysis* fornecida pelo subprograma CONISS (Grimm, 1987).

## 3 RESULTADOS E INTERPRETAÇÃO

### 3.1. Estratigrafia e datação C<sup>14</sup>

Os sedimentos turfosos coletados em Jacareí possuem sedimentação homogênea, mas diferentes contribuições

de lignina e argila permitiram o reconhecimento das seguintes unidades estratigráficas: 0-0,5 m, solo turfoso; 0,50-4,60 m, turfa lignosa; 4,60-5,79 m, turfa argilosa e de 5,79 a 6,43 m, argila compacta. As três datações obtidas para as amostras 1,06-1,07 m, 4,32-4,33 e 6,42 e 6,43m são respectivamente, 4130 ± 70, 8100 ± 90 e 9720 ± 100 anos A.P.

### 3.2. Resultados Palinológicos

Os dados palinológicos obtidos permitiram, através do subprograma CONISS, a identificação de 5 zonas palinológicas, com datações interpoladas e estatisticamente relacionadas entre si.

#### 3.2.1. Zona JA1 (9720 - ca. 8853 C<sup>14</sup> anos A.P.)

Esta zona é caracterizada pela alta porcentagem (> 60%) do táxon aquático *Polygonum aff. hydro Piperoides*. Os outros elementos herbáceos presentes, que pertencem principalmente às famílias Poaceae e Asteraceae definem, a zona como herbácea, uma vez que somente 5% da soma total de pólen pertence a elementos arbóreos. Pteridófitas do gênero *Gleichenia* perfazem a totalidade dos esporos encontrados nesta zona. No final da zona há um expressivo aumento de elementos arbóreos representados exclusivamente por *Pisonia* (60% da soma total de pólen) o que sugere a separação desse evento em uma subzona. Uma subzona é sugerida pelo CONISS devido à uma redução de grãos de *Gleichenia*, *Polygonum* e outras ervas, em sincronia com o aumento de *Pisonia* e início da sedimentação de turfa.

#### 3.2.2. Zona JA2 (ca. 8850 - ca. 8240 C<sup>14</sup> anos A.P.)

Esta zona é estatisticamente diferente da zona anterior devido ao conspícuo declínio de esporos de *Gleichenia* e pelo aumento de *Selaginella*, *Polypodium*, *Cyathea*, *Asplenium* e outras pteridófitas. O desaparecimento de *Pisonia* do registro palinológico ocorre no momento em que surgem outros elementos arbóreos como *Alchornea*, *Erythroxylum*, *Ilex*, *Machaerium*, *Coccoloba*, *Schizolobium*, *Myrsine (Rapanea)*, *Sebastiania*, *Sorocea*, *Symplocos* e outros táxons da Floresta Atlântica. Esta zona também mostra um aumento progressivo de pólen de ervas, especialmente Poaceae. As algas, bem representadas, pertencem aos gêneros *Mougeotia*, *Spirogyra* e *Zygnema*.

#### 3.2.3. Zona JA3 (ca. 8240 - ca. 5400 C<sup>14</sup> anos A.P.)

Esta zona é caracterizada por um aumento progressivo de pólen de Poaceae (Gramineae) que varia entre 30% e 60% da soma total. Este aumento é sincrônico com o aumento *Lycopodium* e de algas. *Sphagnum* alcança seu maior valor percentual no início da zona e desaparece no seu final. O pólen arbóreo é representado especialmente por *Coccoloba*, uma árvore comum na Floresta Atlântica (Joly, 1976, Rizzini, 1997) e por *Araucaria*, *Celtis*, *Erythroxylum*, *Machaerium*, *Pisonia*, *Myrsine (Rapanea)*, *Sebastiania (aff. S. brasiliensis)*, *Schizolobium* e outros.

#### 3.2.4. Zona JA4 (ca. 5397 - 3506 C<sup>14</sup> anos A.P.)

Esta zona é caracterizada principalmente pela mudança na abundância e composição dos espectros de pteridófitas

tais como *Lycopodium*, que entra em declínio progressivo, em contraste com o aumento de *Asplenium*, *Cyathea*, *Gleichenia* e *Sphagnum*. Outra característica importante desta zona é o maior aumento em toda a análise, de Poaceae, que alcança 60% da soma total de pólen. As porcentagens de elementos arbóreos, contudo, é praticamente similar à da zona anterior, embora haja uma mudança importante na composição florística da vegetação com o decréscimo de *Coccoloba* e o aparecimento de *Cassia*, *Gaylussacia* (Ericaceae), *Leucothoe* (Ericaceae), Solanaceae nos espectros polínicos.

### 3.2.5. Zona JA5 (ca. 3506 - 1948 C<sup>14</sup> anos A.P.)

Esta zona representa condições ambientais radicalmente diferentes de todas as zonas anteriores. É marcada especialmente por um aumento dos elementos arbóreos, representados por *Bauhinia*, *Ilex* e *Alchornea*. Táxons pouco representados nesta zona pertencem à *Araucaria*, *Drimys*, *Clusia*, *Daphnopsis*, Ericaceae (*aff. Gaylussacia* e *aff. Leucothoe*), *Podocarpus* e *Myrsine* (*Rapanea*). Há um decréscimo de elementos formadores de turfa, tais como *Lycopodium*, concomitantemente ao aumento de *Gleichenia*. O táxon *Sphagnum* é encontrado com altos valores percentuais, mas decresce rapidamente no final da zona. Adicionalmente, em sincronia com essas mudanças, as algas decrescem rapidamente.

## 4. CONCLUSÕES

O registro palinológico da turfeira de Jacaréi, SP sugere:

➤ Entre 9720 e ca. 8240 C<sup>14</sup> anos A.P., o Holoceno do vale do Rio Paraíba do Sul foi caracterizado por clima regional úmido e frio, durante o qual iniciou-se um período de acúmulo de turfa;

➤ De ca. 8240 a ca. 5400 C<sup>14</sup> anos A. P., o clima regional era úmido e quente;

➤ De 5400 C<sup>14</sup> anos A.P. a ca. 3506 C<sup>14</sup> anos A.P., o clima regional era relativamente mais seco, com um número maior de meses secos, do que atualmente;

➤ Elementos da floresta de *Araucaria* aparecem no registro polínico de Jacaréi em duas épocas diferentes: de 8853 a 8239 anos A.P. e de 3506 a 1948 anos A.P. Essas duas fases de expansão da floresta de Araucária estão de acordo com registros palinológicos de outras localidades do Sudeste do Brasil (Behling, 1995, 1997, 2002, Bissa, 1998m, De Oliveira, 1992, Ledru, 1992, Ledru *et al.*, 1996, Takiya, 1997);

➤ A velocidade sedimentação foi alta (ca. 1,3 mm/ano) de 9720 a ca. 8240 C<sup>14</sup> anos A.P., enquanto foi baixa (ca. 0,82 mm/ano) de ca. 8240 a ca. 5400 C<sup>14</sup> anos A.P.;

➤ Nos últimos 3.500 anos ocorreu a maior mudança climática da região. Os elementos de floresta montana reaparecem no diagrama polínico e sugerem condições climáticas mais frias e úmidas;

➤ O presente estudo mostra que nas regiões tropicais a formação de extensos depósitos profundos de turfa também é possível em climas tropicais, o que contraria a hipótese de Lottess & Ziegler (1994) que exige clima temperado para esse processo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Guarulhos pelo suporte financeiro da maior parte desse trabalho, à CESP pelo auxílio na coleta do material estudado e ao Projeto FAPESP nº 2000/03960-5 intitulado “História da exumação da plataforma sulamericana a exemplo da região sudeste brasileira: Termocronologia por traços de fissão e sistemáticas AR/AR e SM/ND”, que subsidiou o término deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Algarde, J.P., Oliveira, C.A. & Aboarrage, A.M., 1982. Prospecção de turfa na Bacia de Taubaté – SP. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 32, Salvador, Bahia, 1982, Anais...5: 2261-2272.
- Almeida, F.F.M. 1976. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 48: 15-26.
- Behling, H. 1995. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. J. Paleolimnol. 14: 253-268.
- Behling, H. 1997. Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil. Palaeogeog. Palaeoclim. Palaeoecol. 129, 407-422.
- Behling, H. 2002. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 177: 19-27.
- Bissa, W. M. 1998. Reconstituição dos paleoambientes de uma planície holocênica no curso inferior do Rio Ribeira (Município de Iguape, SP). MS Thesis. Department of Geography. FFLCH, Universidade of São Paulo, São Paulo, SP, Brazil.
- Bistrichi, C.A., Saad, A. R., Gimenez Filho, A., Santoro, E., Campanha, V.A., Zaine, J.E., Machado Jr., D.L., Nagata, N. Ens, H.H., Monte, E.D. & Frasca, M.H.B.T. 1990. Geologia das Folhas Jacaréi, Tremembé, Taubaté e Pindamonogaba. Escala 1:50.000, no Estado de São Paulo. Relatório do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) nr. 28.732, V.1 e 2- São Paulo, 328 p.
- Colinvaux, P.; De Oliveira, P. E.; Patiño, J. E. M. 1999. Amazon Pollen Manual and Atlas = Manual e Atlas Palinológico da Amazônia. Harwood Academic Publishers, 332p.
- Cordani, U.G., Coimbra, A.M., Bottura, J.A. & Rodrigues, E.L.M. 1974. Geologia da região de Cruzeiro e Cachoeira Paulista e sua importância na interpretação da evolução tectônica do vale do Paraíba. Revista de Geologia e Ciências Tecnológicas (CEPEGE) 6: 9-30.
- De Oliveira, P. E. 1992. A Palynological Record of Late Quaternary Vegetational and Climatic Change in Southeastern Brazil. PhD Thesis. The Ohio State University, Columbus, Ohio.
- Faegri, K. and Iversen, J. 1989. Textbook of Pollen Analysis. Blackwell Scientific publications, 295 p.
- Garcia, M.J. 1994. Palinologia de Turfeiras Quaternárias do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

- Grim, E. C. 1987. CONISS: A Fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of the incremental sum of squares. Pergamon. 13, 13-35.
- Hassui, Y. & Ponçano, W. L. 1978. Organização estrutural e evolução da Bacia de Taubaté. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30, Recife. Anais... 1: 368-381.
- Joly, A.B. 1976. Botânica. Introdução à Taxonomia Vegetal. Comp. Editora Nacional. São Paulo. 777p.
- Ledru, M.P. 1992. Late Quaternary Environmental Changes in Central Brazil. Quat. Res. 39, 90-98.
- Ledru, M.P., Braga, P.I.S, Soubiès, F., Fournier, M., Martin, L., Suguio, K., Tuurcq, B. 1996. The last 50,000 years in the Neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 123, 239-257.
- Lottes, A. L. and Ziegler, A.M. 1994. World peat occurrence and the seasonality of climate and vegetation. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 106, 23-37.
- Mello, C.L. and Moura, J.R.S. 1991. Significado Paleoambiental da Aloformação Manso: Um Marco Estratigráfico no Holoceno do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. In: Resumos do 3º. Congresso da Associação Brasileira dos Estudos do Quaternário (ABEQUA), Belo Horizonte, MG. Publicação Especial no. 1, 49-52.
- Melo, M.S., Riccomini, C., Hassui, Y., Almeida, F.F. M. and Coimbra. 1987. Datações C14 em sedimentos Quaternários da Grande São Paulo. In: Anais do Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA, 1, Porto Alegre, 427-436.
- Moura, J.R.S., Mello, C.L., Silva, T.M. & Peixoto, M.N.O. 1989. O emprego da aloestratigrafia na reconstituição da dinâmica geomorfológica e estratigráfica – meio vale Rio Paraíba do Sul. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 1º., Rio de Janeiro, Boletim e Resumos: 24-25.
- Moura, J. R.S. and Mello, C. L. 1991. Classificação Aloestratigráfica do Quaternário Superior na Região de Bananal (SP/RJ). Rev. Bras. Geociências 21(3), 263-254.
- Nimer, E. 1989. Climatologia do Brasil. IBGE. Rio de Janeiro. 421 pp.
- Ostafiuc, G.B. 1986. Metodologia para o cálculo de reservas da turfeira de Jacaré e suas características físico-químicas. Tese de Mestrado, IG-USP, 62 p.
- Radambrasil. 1983. Levantamento de Recursos Naturais. Vol. 32. Folhas SF.23/24. Rio de Janeiro/Vitória. Ministério das Minas e Energia. Rio de Janeiro, RJ, Brazil. 775 pp.
- Riccomini, C. 1989. O Rift Continental do Sudeste do Brasil. PhD Thesis. Institute of Geosciences, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil. 304 p.
- Riccomini, C. 1992. Some remarks on neotectonic movements in southeastern Brazil. In: Paleoclimatic changes and the Carbon cycle. Série Geoquímica Ambiental nr. 1: 73-79.
- Rizzini, C.T. 1997. Tratado de Fitogeografia do Brasil. Aspectos ecológicos, sociológicos, e florísticos. Âmbito Cult. Ed. Ltda. Rio de Janeiro. 747 p.
- Schultz, A. 1985. Introdução à Botânica Sistemática. Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 414 pp.
- Suguio, K. , Turcq, B. & Soubies, F. 1987. Recent data on changes in Late Quaternary Fluvial regimes in Central Brazil. In: Cuaternario de America del Sur Pryegtom no. 201 del Programa de Correlacion Geológica (IGCP-UNESCO), Reunion Final, Centro Aaustrial de Investigaciones Científicas (CADIC), Contribucion Cientifica 4, Ushuaia. S/P.
- Takiya, H. 1997. Estudo da Sedimentação Neogênico-Quaternária no município de São Paulo: caracterização dos depósitos e suas implicações na geologia urbana. PhD Thesis. Institute of Geosciences. Univ. São Paulo, São Paulo, Brazil.
- Turcq, B., Suguio, K. , Martin, L. and Flexor, J.M. 1992. Late Quaternary Organic Deposition in Southeastern Brazil. In: Paleoclimatic Changes and the Carbon Cycle. Série Geoquímica Ambiental 1, 41-46.