

Palinomorfos não polínicos provenientes de depósitos quaternários do delta do rio Doce, Espírito Santo, Brasil. Parte 1

Mariana Ferrazzo

Programa de Pós-Graduação em Geologia – PPGeo, UNISINOS. Av. Unisinos, 950, 93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil. mariana.ferrazzo@gmail.com

Soraia Girardi Bauermann

Lab. de Palinologia, ULBRA/Canoas. Av. Farroupilha, 8001, Prédio 4, sala 360, 92425-900, Canoas, RS, Brasil. soraia.bauermann@ulbra.br

Itamar Ivo Leipnitz

Programa de Pós-Graduação em Geologia – PPGeo, UNISINOS. Av. Unisinos, 950, 93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil. itamar@unisinos.br

RESUMO

São apresentados os resultados de uma análise palinológica qualitativa realizada em material proveniente de quatro furos de sondagem realizados ao longo da planície deltaica do rio Doce, costa do estado do Espírito Santo, abrangendo um pacote depositado entre o final do Pleistoceno e Holoceno. Vinte e quatro distintos tipos palinológicos foram descritos e ilustrados, e mostraram a presença dominante de esporos de pteridófitas, acompanhados por representantes de algas clorófitas de água doce e, em menor expressão, amebas testáceas e palinoforaminíferos. As relações entre as formas presentes e seu contexto ecológico e ambiental moderno, quando possível, foram estabelecidas visando sua aplicação em ambientes análogos e deposições pretéritas.

Palavras-chave: Palinologia, planície deltaica, rio Doce, Espírito Santo, Brasil, Quaternário.

ABSTRACT

NON-POLLINIC PALYNOMORPHS OF QUATERNARY DEPOSITS FROM THE RIO DOCE DELTA, ESPIRITO SANTO STATE, BRAZIL. PART 1. Qualitative pollen analysis of Late Pleistocene and Holocene sediments obtained in four logs made along the deltaic environments of Doce River, in Espírito Santo State coastal plain are presented. Twenty four distinct non-pollinic palynomorphs are described and illustrated, attesting the presence of diversified pteridophyta, freshwater algae, and a minor component of testate amoebae and palynoforaminifers. The comparison with modern flora and its ecological appeals were made, looking for applications in a past analogue environmental context.

Key words: Palynology, delta plain, Doce River, Espírito Santo State, northeast Brazil, Quaternary.

INTRODUÇÃO

A palinologia é uma das ferramentas de maior aplicação aos estudos paleoambientais e de reconstrução paleoclimática, em especial quando associada a métodos isotópicos de datação. Para tanto, a descrição e ilustração dos tipos modernos e suas relações ecológicas, capaz de propiciar as comparações com elementos presentes no registro, é um recurso fundamental, permitindo, além disto, avaliar a composição das assembléias fósseis e sua resposta às mudanças ocorridas ao longo do tempo (Hooghiemstra, 1984).

Na região costeira do Estado do Espírito Santo apenas um trabalho com

este caráter havia sido realizado e referia-se a dois furos de sondagem em áreas submersas da costa (Behling *et al.*, 2002). Visando ampliar este conhecimento é aqui apresentada a primeira parte de uma análise desenvolvida em quatro perfurações provenientes de distintos setores ao longo do delta do rio Doce (Figura 1). As perfurações foram realizadas dentro das atividades do projeto “Parametrização do baixo vale do rio Doce para modelagem estratigráfica”, resultado de uma parceria entre a UNISINOS e a PETROBRAS.

A condição instável da área e a presença de distintos biomas, com representação das florestas Ombrófila Densa e Estacional Semidecidual (Rolim *et al.*, 2006),

torna ainda mais interessante este estudo, permitindo avaliar as causas e os efeitos das modificações ocorridas entre o final do Pleistoceno e o início do Holoceno, quando se formaram as restingas litorâneas na região sudeste do Brasil.

Os sedimentos do delta do rio Doce estão inseridos em um contexto de vale inciso escavado nos depósitos da Formação Barreiras, de provável idade Mioceno-Plioceno. O vale foi preenchido posteriormente por depósitos representativos da progradação deltaica que se seguiu aos três distintos episódios transgressivos que atestam as variações do clima e do nível do mar globais durante o Quaternário na região (Dominguez *et al.*, 1981).



Figura 1. Imagem de satélite da área de estudo com a localização dos poços amostrados onde foram feitas as análises.
Figure 1. Studied area satellite image, indicating the places from where the analyzed samples were collected.

Segundo Martin *et al.* (1996), em um período anterior a 7.000 anos AP, época em que o nível do mar estava semelhante ao atual, a região se caracterizava por um sistema de laguna-barreira, onde os sedimentos trazidos pelo rio Doce deram origem a um delta intralagunar. Assim, até o máximo transgressivo, os processos na laguna mostram o domínio dos ambientes marinhos. Com a regressão subsequente, entre 5.100 a 3.900 anos AP, movimentos prográdantes levaram ao domínio dos ambientes fluviais e à abertura de uma saída para o oceano. O rebaixamento do nível do mar gradualmente substituiu a laguna por pequenos corpos de água que, finalmente, originaram ambientes de pântanos.

Na porção externa das barreiras formaram-se terraços arenosos recobertos

em discordância por dunas praias e que representam sucessivos períodos de sedimentação e erosão causados pelas modificações na hidrodinâmica litorânea (Martin *et al.*, 1997).

MATERIAL E MÉTODOS

Os quatro poços (ES-RDC1, ES-RDC2, ES-RDC3 e ES-RDC4) foram perfurados com sonda rotativa, em locais previamente analisados por estudos de geofísica e eletroresistividade. Destes, foram extraídas 66 amostras selecionadas pela maior concentração de sedimentos pelíticos. As amostras foram tratadas pelo método de acetólise (Faegri e Iversen, 1989) e as lâminas montadas em gelatina glicerinada. Após a análise,

foram depositadas no Laboratório de Micropaleontologia da UNISINOS.

Para a análise qualitativa e auxílio na determinação taxonômica dos esporos de briófitas e pteridófitas foram utilizadas as contribuições de Erdtman (1957, 1969), Absy (1975), Roubik e Moreno (1991), Tryon e Lugardon (1991), García (1997), Colinvaux *et al.* (1999), Lorscheitter *et al.* (1998, 1999, 2001, 2002, 2005), Neves e Bauermann (2004) e, para os demais palinóforos, as de van Gell (1978), Evitt (1985) e Neves *et al.* (2003). A organização sistemática do material palinológico recuperado dos sedimentos seguiu a classificação taxonômica de Vitt (1984), para as briófitas, e de Kraemer e Green (1990) para as pteridófitas.

A terminologia palinológica é a de Barth e Melhem (1988) e Punt *et al.* (2007), com as descrições dos caracteres morfológicos, sempre que possível, seguindo a ordem: tamanho, polaridade, forma (unidade, polaridade e simetria), número, posição e tipo das aberturas, ornamentação e textura da exina, proposta por Salgado-Labouriau (2007). Ao final da descrição é apresentada a bibliografia utilizada nas comparações. As dimensões dos palinomorfos foram estabelecidas, sempre que possível, pela medida do eixo polar (P), seguida da medida do eixo equatorial (E). Para formas apolares ou esferoidais é apresentado somente o valor de diâmetro. Os nomes botânicos seguem as normas do Código Internacional de Nomenclatura Botânica (Greuter *et al.* 2003).

A localização dos palinomorfos na lâmina palinológica foi efetuada a partir da marcação das coordenadas do *charriot* do microscópio, tanto para a leitura das lâminas quanto para captura das imagens. Foi estabelecido que a primeira coordenada corresponde ao eixo das ordenadas, e a segunda ao das abscissas.

As imagens dos palinomorfos e as medidas foram obtidas através de sistema de captura Motic 2.0, acoplado ao microscópio Olympus BH-2, em aumentos de 40x e 100x.

As informações sobre a ecologia, hábitat e distribuição das formas modernas locais foram retiradas da literatura especializada, especialmente Tryon e Tryon (1982), Tryon (1986) e Melo e Salino (2002), e apontadas quando pertinente.

PALINOLOGIA SISTEMÁTICA E DESCRIÇÕES

Reino PLANTAE
Divisão BRYOPHYTA
Classe BRYOPSIDA
Família SPHAGNACEAE
Gênero *Sphagnum* (Dill.) Hedwig

(Figura 2A)

Descrição. Esporos de tamanho médio, triletes, heteropolares, radioassimétricos, âmbito triangular, sexina psilada, hialinos com parede espessa.

Dimensão. 50 µm de diâmetro.

Para a atribuição taxonômica, os exemplares foram comparados com formas previamente descritas e figuradas por Neves e Lorscheitter (1992) e Leonhardt e Lorscheitter (2007).

Os musgos caracterizam os locais úmidos e sujeitos a inundações, como brejos, pântanos e lagos rasos, inclusive na região estudada (Costa, 1997; Costa e Yano, 1998; Costa, 1999; Oliveira-e-Silva e Yano, 2000).

Divisão PTERIDOPHYTA
Classe LYCOPSIDA
Ordem LYCOPODIALES
Família SELAGINELLACEAE
Gênero *Selaginella* Pb.

(Figura 2B)

Descrição. Esporos de tamanho médio, triletes, heteropolares, radioassimétricos, parede equinada, espinhos de diferentes tamanhos e recurvados nas extremidades, perina ausente.

Dimensão. 35 µm de diâmetro.

Os licopódios são ervas terrícolas ou epífitas, distribuídas em diferentes ambientes, como margens de florestas, beiras de córregos, turfeiras e sobre paredões rochosos (Tryon e Tryon, 1982; Alston *et al.*, 1981). Melo e Salino (2002) identificaram a espécie *S. sulcata* (Desv.) Spring atual para o vale do rio Doce.

Classe FILICOPSIDA
Família ASPLENIACEAE
Gênero *Asplenium* L.

(Figura 2C)

Descrição. Esporos grandes, monoletes, heteropolares, bilateralmente simétricos, psilados.

Dimensões. P = 70 µm, E = 50 µm.

Para são fetos que ocorrem em matas de galeria, campos úmidos e matas inundáveis no bioma de cerrado e no próprio vale do Rio Doce, em Minas Gerais (Mendonça *et al.*, 1998; Melo e Salino, 2002). Podem apresentar hábitos terrícolas, crescer sobre rochas ou, mais raramente, como epífitas, em locais de

30 a 200 m de altitude em média (Lorscheitter *et al.*, 2002).

Família BLECHNACEAE
Gênero *Blechnum* L.

(Figuras 2D-E)

Descrição. Esporos de tamanho médio, monoletes, heteropolares, bilateralmente simétricos, parede psilada, perisporo não preservado.

Dimensões. P = 30-50 µm, E = 18-34 µm.

Ervas terrícolas, amplamente distribuídas no Brasil. Ocorrem em áreas de florestas tropicais úmidas, matas de galeria, cerrado, pantanal, restingas e vegetações alteradas (Mendonça *et al.*, 1998; Santos e Sylvestre, 2001), inclusive na área do rio Doce (Melo e Salino, 2002).

Família CYATHEACEAE
Gênero *Cyathea* Sm.

(Figuras 2F-G)

Descrição. Esporos de tamanho médio, triletes, heteropolares, radioassimétricos, psilados ou verrucados.

Dimensões. 23-39 µm de diâmetro.

Fetos arborescentes que ocorrem nas zonas tropicais e subtropicais do continente americano (Tryon, 1976; Tryon e Tryon, 1982). São hoje encontrados em ambientes do Cerrado e da Caatinga, em florestas ombrófilas e estacionais, onde vivem junto aos cursos de água e nas restingas e áreas de vegetação alterada (Santos e Sylvestre, 2001; Fernandes, 2003).

Cyathea corcovadensis (Raddi) Domin.
(Figuras 2H-K)

Descrição. Esporos de tamanho médio, triletes, heteropolares, radioassimétricos, âmbito triangular, parede com pequenas perfurações, obscurecidas por um fino perisporo, que pode estar ou não presente.

Dimensões. 37-40 µm de diâmetro.

Fetos arborescentes que ocorrem desde a região sudeste até o Rio Grande

do Sul, em altitudes de até 2.050 m (Melo e Salino, 2002; Fernandes, 2003). São encontradas com frequência em sítios mais secos e claros de matas higrofitas, em matas de galeria e vegetações ripárias de baixo porte, ou locais mais úmidos nas matas estacionais.

Família DIKSONIACEAE

Gênero *Dicksonia* Hook

Dicksonia sellowiana (Presl) Hook
(Figuras 2L, 3A)

Descrição. Esporos de tamanho médio, triletes, heteropolares, radiosimétricos com espessamento da parede ao longo da marca, parede psilada.

Dimensão. 57,5 µm de diâmetro.

De acordo com Gentry (1995) e Fernandes (2000), *Dicksonia* é a pteridófito arborecente de mais ampla distribuição na América do Sul. No Brasil, ocorre nas regiões sul e sudeste, em altitudes que variam de 60 m no Estado do Rio Grande do Sul, até 2.200 m na Serra do Itatiaia, no Rio de Janeiro. Na Serra do Caparaó, na divisa entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, ocorre a 1.800 metros de altitude.

Família GLEICHENIACEAE

Gênero *Gleichenia* Sm.

(Figura 3B)

Descrição. Esporos de tamanho médios, monoletes, heteropolares, bilateralmente simétricos, parede finamente papilada, rugulada, ápice agudo.

Dimensão. P = 47,4-50 µm, E = 30-30,8 µm.

Erva terrícola de ampla distribuição (Joly, 2002). Ocorrem no cerrado, em matas de galeria, campos úmidos e locais antropizados (Mendonça *et al.*, 1998; Windisch, 1996). Os representantes de Gleicheniaceae na região do rio Doce são de hábitos terrestres e estão representados pelos gêneros *Dicranopteris flexuosa* (Schrad.) Underw, *Gleichenella pectinata* (Willd.) Ching e *Sticherus nigropaleaceus* (J.W. Sturm) Prado & Lellinger (Melo e Molino, 2002).

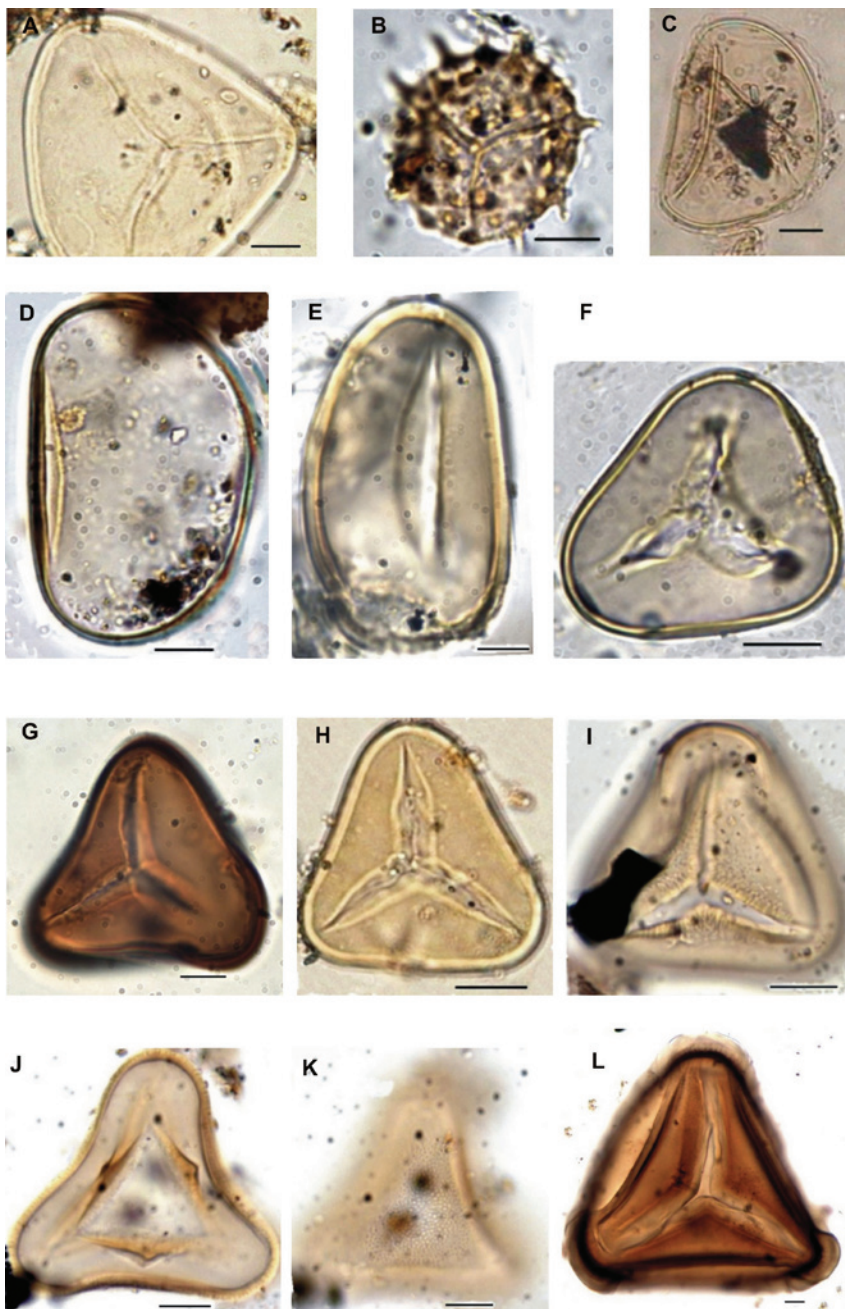


Figura 2. A. *Sphagnum* (ES-RDC1 - 15,5 m. Lâmina a: Ponto 1. 1000X.); B. *Selaginella* (ES-RDC4 - 9 m. Lâmina b: 66,8 x 18. 1000X.); C. *Asplenium* (ES-RDC1 - 16 m. Lâmina a: Ponto 8. 400X.); D. *Blechnum* (ES-RDC3 - 4 m. Lâmina a: 47 x 6. 1000X.); E. *Blechnum* (ES-RDC4 - 12 m. Lâmina a: 55,5 x 8,2. 1000X.); F. *Cyathea* (ES-RDC2 - 19 m. Lâmina a: 66 x 8. 1000X.); G. *Cyathea* (ES-RDC4 - 17 m. Lâmina a: 64,5 x 18,5. 1000X.); H. *Cyathea corcovadensis* (ES-RDC1 - 15,5 m. Lâmina a: Ponto 4. 1000X.); I. *Cyathea corcovadensis* (ES-RDC3 - 8 m. Lâmina a: 112 x 13. 1000X.); J, K. *Cyathea corcovadensis* (ES-RDC3 - 7 m. Lâmina c: 131 x 19. 1000X.); L. *Dicksonia sellowiana* (ES-RDC3 - 10 m. Lâmina c: 108 x 16,5. 1000X.). Escala: 10 µm.
Figure 2. A. *Sphagnum*; B. *Selaginella*; C. *Asplenium*; D. *Blechnum*; E. *Blechnum*; F. *Cyathea*; G. *Cyathea*; H. *Cyathea corcovadensis*; I. *Cyathea corcovadensis*; J, K. *Cyathea corcovadensis*; L. *Dicksonia sellowiana*. Scale bar: 10 µm.

Família HYMENOPHYLLACEAE

Gênero *Trichomanes* L.

(Figura 3C)

Descrição. Esporos grandes, triletes, heteropolares, radioassimétricos, parede equinada.

Dimensão. 62 µm de diâmetro

Ervas epífitas ou terrícolas que crescem em ambientes úmidos da Floresta Ombrófila Densa, florestas de galeria e em brejos (Lorscheitter *et al.*, 1999). Várias espécies do gênero foram identificadas na região do rio Doce por Melo e Molino (2002), tais como *T. kraussii* Hook. & Grev., *T. pinnatum* Hedw. e *T. radicans* Sw.

Família MARATTIACEAE

Gênero *Marattia* Sw.

(Figuras 3D-F)

Descrição. Esporos de tamanho médio, monoletes, heteropolares, bilateralmente simétricos, parede equinada.

Dimensão. P = 25-30 µm, E = 14-20 µm.

Ervas terrícolas encontradas no interior de florestas, comum na região sudeste do Brasil (Figueiredo e Salino, 2005). O gênero *Danaea* é registrado atualmente na área, com as espécies *D. elliptica* J. Sm. e *D. nodosa* (L.) J. Sm. (Melo e Salino, 2002).

Família POLYPODIACEAE Tipo I e II

(Figuras 3G-I)

Descrição. Esporos médios a grandes, monoletes, heteropolares, bilateralmente simétricos, parede verrucada.

Dimensão. P = 52-90 µm, E = 30-61 µm.

De acordo com Santos e Sylvestre (2001), são ervas terrícolas que ocorrem na Floresta Pluvial Amazônica, Floresta de Tábuleiro, Floresta Ombrófila Mista, matas ripárias, cerrado, caatinga, restingas e vegetação alterada.

As Polypodiaceae são hoje freqüentes na região do vale do rio Doce, onde estão representadas por oito diferentes espécies (Melo e Salino, 2002).

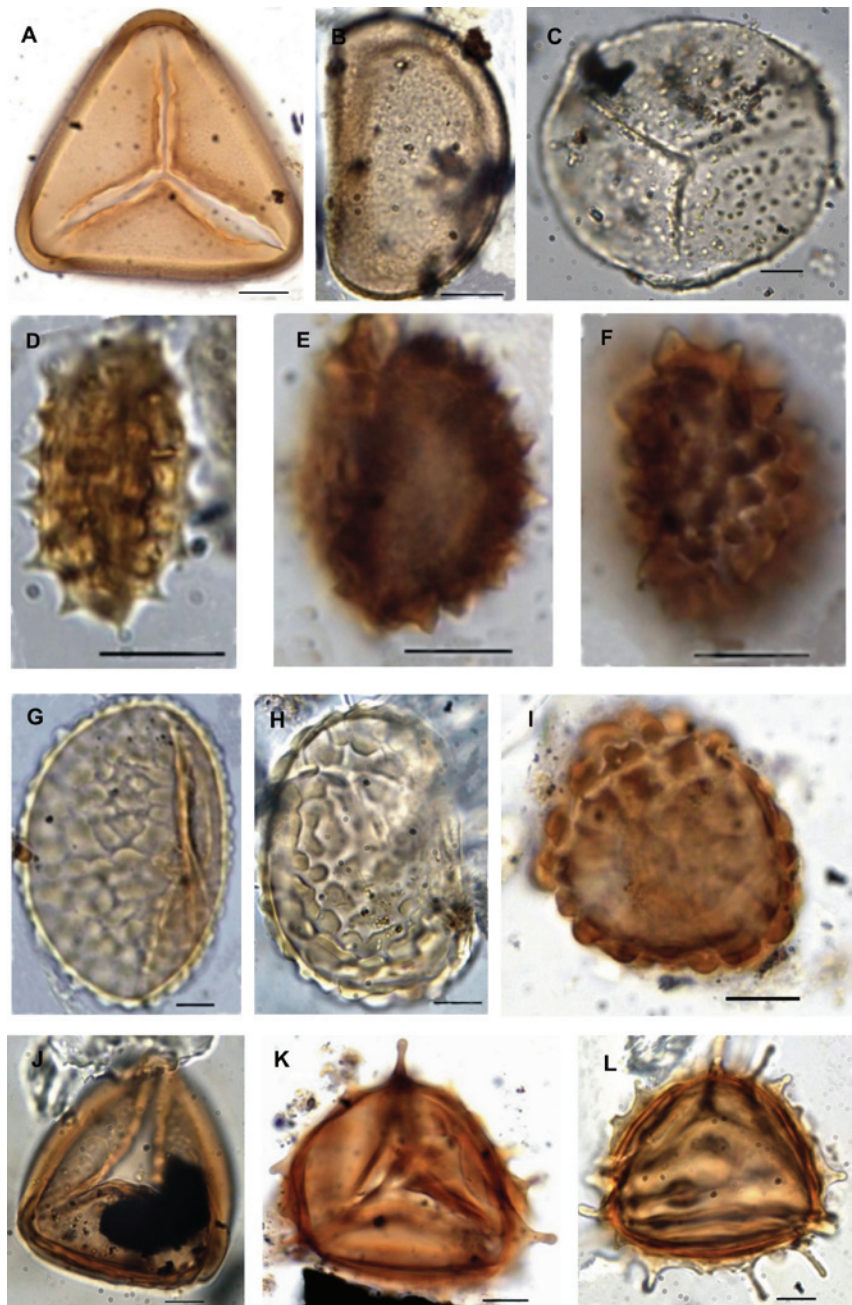


Figura 3. A. *Dicksonia sellowiana* (ES-RDC3 - 8 m. Lâmina b:120,5 x 14. 1000X.); B. *Gleichenia* (ES-RDC3 - 35 m. Lâmina a: 57 x 21,5. 1000X.); C. *Trichomanes* (ES-RDC2 - 10 m. Lâmina a: 66,5 x 25. 1000X.); D - *Marattia* (ES-RDC3 - 10 m. Lâmina b: 108,5 x 13,5. 1000X.); E, F. *Marattia* (ES-RDC3 - 4 m. Lâmina a: 61,5 x 9,8. 1000X.); G. *Polypodiaceae* Tipo I (ES-RDC3 - 4 m. Foto 33. 400x.); H. *Polypodiaceae* Tipo I (ES-RDC3 - 103 m. Lâmina a: 63 x 20. 1000X); I. *Polypodiaceae* Tipo II (116,5 x 19,5 La 1000X. ES-RDC3 - 7 m); J. *Acrostichum* (ES-RDC4 - 17 m. Lâmina a: 63 x 19,2. 1000X.); K. *Anemia* (ES-RDC3 - 8 m. Lâmina b: 113,5 x 15,5. 1000X.); L. *Anemia* (ES-RDC3 - 103 m. Lâmina c: 65,2 x 26,5.1000X.). Escala: 10 µm.

Figure 3. A. *Dicksonia sellowiana*; B. *Gleichenia*; C. *Trichomanes*; D - *Marattia*; E, F. *Marattia*; G. *Polypodiaceae* Tipo I; H. *Polypodiaceae* Tipo I; I. *Polypodiaceae* Tipo II; J. *Acrostichum*; K. *Anemia*; L. *Anemia*. Scale bar: 10 µm.

Família PTERIDACEAE

Gênero *Acrostichum* L.

(Figura 3J)

Descrição. Esporo de tamanho médio, triletes, heteropolares, radio-simétricos, parede verrucada.

Dimensão. 52-58 µm de diâmetro.

De acordo com Santos e Sylvestre (2001), ocorrem em floresta atlântica de baixada e vegetação alterada. Aparecem com frequência em manguezais e restingas. As Pteridaceae são o grupo mais numeroso de pteridófitas do atual vale do rio Doce, representadas pelos gêneros *Adiantum*, *Adiantopsis*, *Ceratopteris*, *Hemionitis*, *Pityrogramma* e *Pteris* (Melo e Salino, 2002).

A presença exclusiva de *Acrostichum* no furo C4, o mais proximal à costa marinha atual é bastante coerente. Estas pteridófitas são hoje adaptadas a mangue e estuários, suportando bem a salinidade mais elevada dos ambientes em torno (Untawale e Wafer, 1988; Kathiresan e Bingham, 2001).

Família SCHIZEACEAE

Gênero *Anemia* Sw.

(Figuras 3K-L; 4A-B)

Descrição. Esporos de tamanho médio, triletes, heteropolares, radio-simétricos, parede, estriada, com báculas.

Dimensão. 41-72 µm de diâmetro.

Ervas terrícolas, cosmopolitas, encontradas normalmente em encostas, paredões e locais sombreados (Lorscheitter *et al.*, 1998). Melo e Salino (2002) citam cinco espécies de *Anemia* e duas de *Lycopodium* para a área do rio Doce atual.

Família OSMUNDACEAE

Gênero *Osmunda* L.

(Figuras 4C-D)

Descrição. Esporos grandes, triletes, heteropolares, radio-simétricos, parede equinada.

Dimensão. 95 µm de diâmetro.

Segundo Lorscheitter *et al.* (1998), são ervas terrícolas típicas de campos úmidos, pântanos e locais sombreados. A espécie

O. regalis L. é apontada para o vale do Rio Doce por Melo e Salino (2002).

(Figura 4E)

Reino PROTISTA

Divisão CHLOROPHYTA

Família BOTRYOCOCCACEAE

Gênero *Botryococcus* Kützing

Descrição. Algas verdes coloniais, globulares, de 10 a 100 µm de diâmetro, com numerosos autósporos agrupados em uma matriz.

Dimensão. 40 µm de diâmetro.

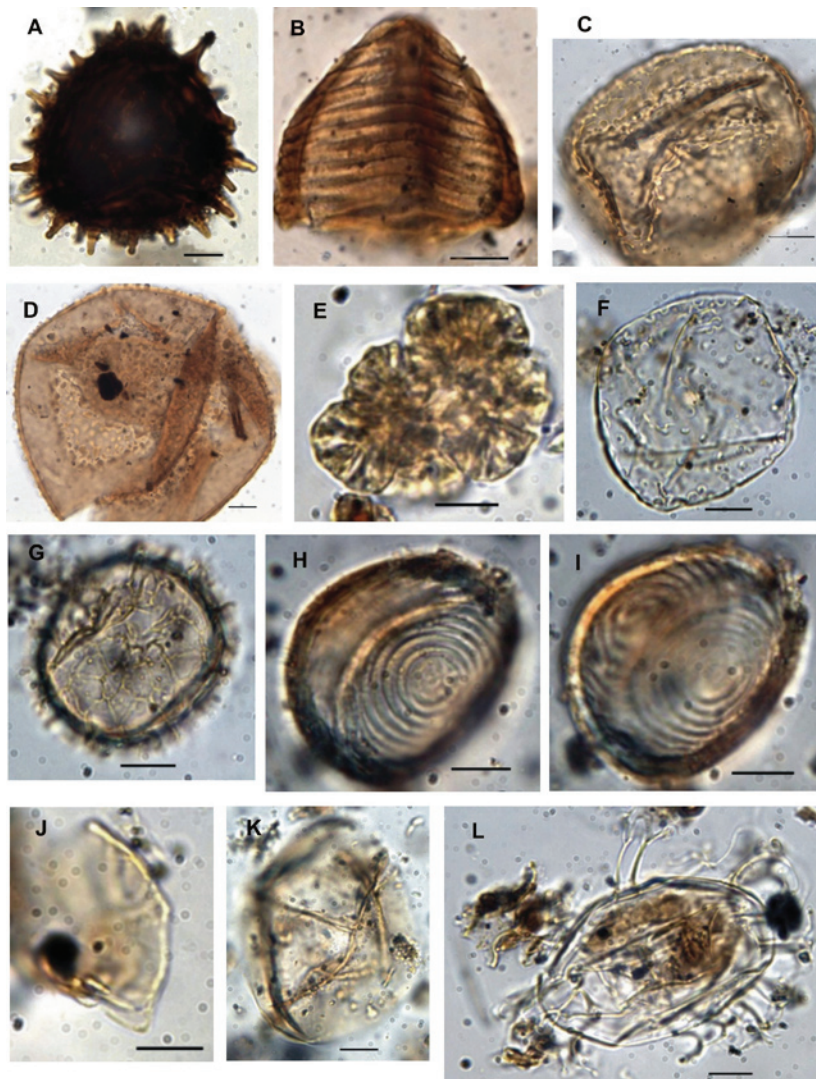


Figura 4. A. *Anemia* (ES-RDC4 - 18 m. Lâmina b: 53 x 9. 1000X.); B. *Anemia* (ES-RDC2 - 56 m. Lâmina b: 50 x 28,5. 400X.); C. *Osmunda* (ES-RDC2 - 46 m. Lâmina a: 60,2 x 17. 1000X.); D. *Osmunda* (ES-RDC3 - 8 m. Lâmina a: 101 x 19. 1000X.); E. *Botryococcus* (ES-RDC4 - 9 m. Lâmina a: 58 x 24,5. 1000X.); F. Zygnemataceae (ES-RDC3 - 4 m. Lâmina a: 59 x 21,5. 1000X.); G. *Spirogyra* (ES-RDC3 - 4 m. Lâmina a: 65 x 14. 1000X.); H, I. *Pseudoschizaea* (ES-RDC3 - 35 m. Lâmina a: 48,2 x 11. 1000X.); J. *Leosphaeridia* (ES-RDC4 - 9 m: Lâmina a: 60 x 7,5. 1000X.); K. *Leosphaeridia* (ES-RDC4 - 104,5 m: Lâmina a: 45 x 27,5. 1000X.); L. *Nematospaeropsis* (ES-RDC4 - 15 m. Lâmina b: 48,5 x 6,5. 1000X.). Escala: 10 µm.

Figure 4. A. *Anemia*; B. *Anemia*; C. *Osmunda*; D. *Osmunda*; E. *Botryococcus*; F. Zygnemataceae; G. *Spirogyra*; H, I. *Pseudoschizaea*; J. *Leosphaeridia*; K. *Leosphaeridia*; L. *Nematospaeropsis*. Scale bar: 10 µm.

A morfologia comparativa foi baseada em Batten e Grenfell (1996). Algas coloniais são comuns em turfeiras e em fundos lacustres e palustres pouco profundos e solos alagados (Rodhe, 1948; Erdtman, 1969; Stevenson *et al.*, 1996). Em áreas do Holoceno do sudeste e centro do Brasil, aparecem nos espectros palinológicos em níveis indicativos de corpos dulcícolas e com pouca energia (Parolin *et al.*, 2006)

Família ZYGNEMATACEAE

(Figura 4F)

Descrição. Zigósporo esférico, achatado, com numerosos poros distribuídos uniformemente pela parede.

Dimensões. 40-45 µm de diâmetro.

A morfologia deste palinomorfo é comparável a dos representantes de Zignemataceae apresentados por Leonhardt e Lorscheitter (2007). Este grupo de algas caracteriza os ambientes oligotróficos e bem oxigenados. A maioria das espécies é cosmopolita (Dias *et al.*, 2001).

Gênero *Spirogyra* Link

(Figura 4G)

Descrição. Zigósporo esférico, levemente escurecido, superfície reticulada marcada por formas poliédricas irregulares.

Dimensão. 37 µm.

O material foi comparado em termos taxonômicos aos descritos por Neves e Lorscheitter (1992). *Spirogyra* constitui um grupo de algas metafíticas dulce-aquícolas, com grande parte das espécies com distribuição cosmopolita (Dias *et al.*, 2001).

Família INCERTAE SEDIS

Gênero *Pseudoschyzaea* Christ.

(Figuras 4H-I)

Descrição. De contorno circular em vista polar, hialinas, ditadas de estrias concêntricas e finas e parede externa psilada.

Dimensões. 38-51 µm de diâmetro.

Estes microfósseis possuem o aspecto de uma impressão digital e são comuns nos

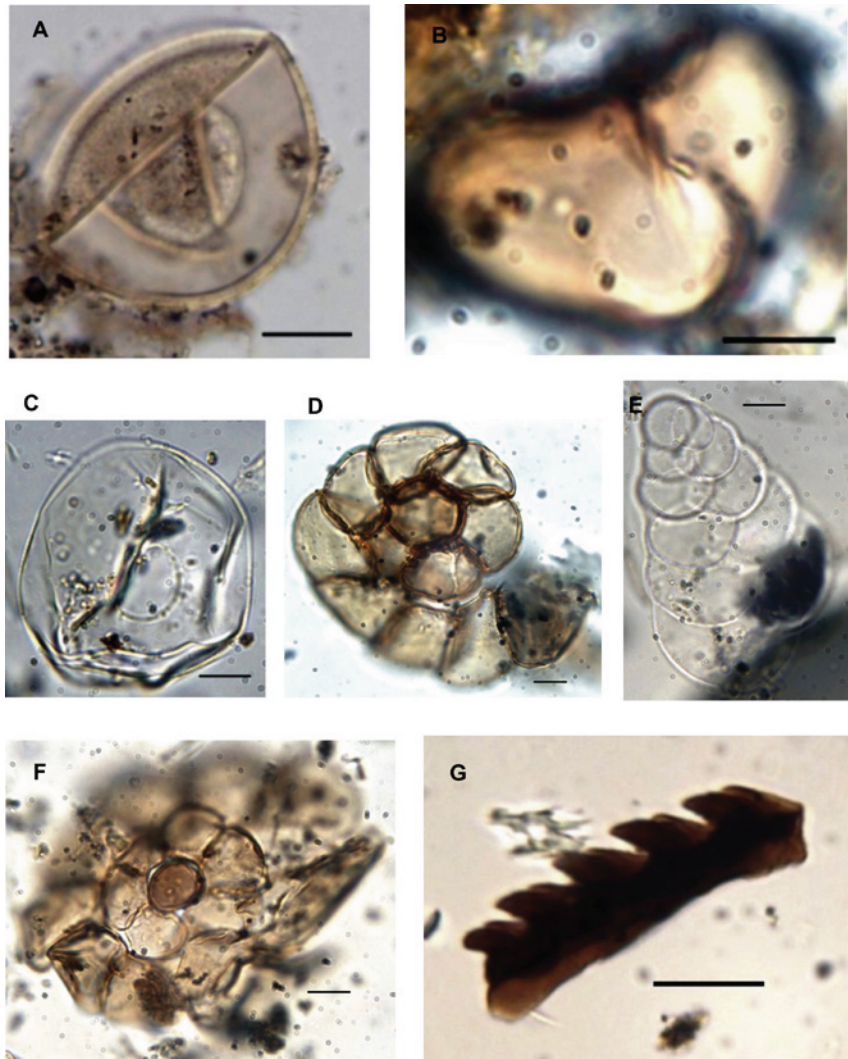


Figura 5. A. *Arcella* (ES-RDC3 - 6 m. Foto 2 e 3. 1000X.); B. *Arcella* (ES-RDC3 - 35m. Lâmina a: 58,5 x 21,5. 1000X.); C. *Arcella* (ES-RDC3 - 62 m: Lâmina a: 59 x 21,8. 1000X.); D. Palynoforaminifero (ES-RDC4 - 12 m. Lâmina a: 69,2 x 21. 1000X.); E. Palynoforaminifero (ES-RDC4 - 14 m. Lâmina b: 50,8 x 6. 1000X.); F. Palynoforaminifero (ES-RDC4 - 13 m. Lâmina a: 65 x 24. 1000X.); G. Escolecodonte (ES-RDC4 - 15 m. Lâmina b: 64,5 x 25,5. 1000X.). Escala: 10 µm.

Figure 5. A. *Arcella*; B. *Arcella*; C. *Arcella*; D. *Palynoforaminifera*; E. *Palynoforaminifera*; F. *Palynoforaminifera*; G. *Scolecodont*. Scale bar: 10 µm.

sedimentos palustres (Neves e Lorscheitter, 1992). Sem uma afinidade botânica precisa, possivelmente originam-se de algas dulce-aquícolas (Leonhardt e Lorscheitter, 2007).

Grupo ACROTARCA

Gênero *Leiosphaeridia*

(Figuras 4J-K)

Descrição. Cistos ovóides sem processos desenvolvidos.

Dimensões. 34-86 µm de diâmetro.

Os acritarcos formam um grupo artificial de palinomorfos marinhos, composto principalmente por prováveis cistos de dinoflagelados, ou outras algas planctônicas (Fensome *et al.*, 1996). A presença de *Leiosphaeridia* tem sido tradicionalmente utilizada para informar sobre condições marinhas em bacias pretéritas (Vesely e Assine, 2004).

Divisão PYRROPHYTA

Gênero *Nematosphaeropsis*

(Figura 4L)

Descrição. Cisto arredondado, com numerosos processos, ramificados. Arqueópilo irregular.

Dimensões. 81 µm de diâmetro, incluindo os processos.

A morfologia foi comparada com as apresentadas por Cookson e Eisenack (1958). *Nematospaeropsis* representa uma alga planctônica, exclusivamente marinha, segundo Arai e Lana (2004).

Subfilo SARCODINA

Classe RHIZOPODEA

Ordem ARCELLINIDA

Família ARCELLIDAE

Gênero *Arcella* Ehrenberg

(Figuras 5A-C)

Descrição. Teca plano convexa (*caplike*) hialina a castanha.

Dimensões. 37-70 µm de diâmetro.

São formas comuns em lagos e lagoas, com grande quantidade de matéria orgânica (Medioli e Scott, 1988).

Ordem FORAMINIFERIDA (Palinoforaminíferos)

(Figuras 5D-F)

Descrição. Testa interna quitinosa de foraminíferos, quase sempre em formas planoespirais.

Dimensões. 70-90 µm, podendo ocorrer fragmentos menores.

De classificação taxonômica ainda controversa, em geral, associados ao revestimento orgânico interno da testa de microforaminíferos (Traverse, 1988; Pedrão e Carvalho, 2002), os palinoforaminíferos informam sobre a presença de águas e ambientes marinhos. Igualmente incerto é o hábito bentônico do grupo e suas afinidades ecológicas mais específicas (Stancliffe, 1996; Antunes e Melo, 2001).

Reino ANIMALIA

Filo ANNELIDA

Classe POLYCHAETA (Escolecodonte)

(Figura 5G)

Descrição. Partes bucais quitinosas de anelídeos poliquetas.

Dimensão. 75 µm de comprimento.

A identificação dos escolecodontes é baseada na morfologia das partes bucais desses vermes. Os poliquetas são animais marinhos, bentônicos, vágeis ou sésseis (Traverse, 1988). São comuns nas áreas do litoral da região sudeste do Brasil (Rossi, 2008), onde vivem em fundos rochosos ou entre recifes de corais (Nonato e Luna, 1970).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os palinomorfos não polínicos aqui descritos, provenientes de quatro testemunhos realizados na região do delta do rio Doce, constituem a primeira contribuição para este tipo de ambiente e para o Quaternário da costa do Estado do Espírito Santo. Mostram uma composição onde dominam as pteridófitas (13 formas), protistas de água doce (5) e as briófitas são raras. Quatro elementos informam sobre a entrada de águas marinhas na região do delta.

Entre os tipos presentes se destacam *Sphagnum*, *Asplenium*, *Blechnum*, *Cyathea corcovadensis*, *Gleichenia*, *Trichomanes*, *Marattia*, formas de Polypodiaceae, *Acrostichum* e *Osmunda*, a maioria ainda presente hoje no vale do rio Doce. A identificação de variados grupos taxonômicos ao longo das perfurações e em distintos ambientes circunscritos ao delta do rio Doce reflete as transformações pelas quais passou o local ao longo dos últimos milênios, em que pese o caráter ainda preliminar desta análise e as avaliações apenas qualitativas.

O conjunto dos elementos e suas afinidades ecológicas modernas permitem supor que no intervalo de tempo anterior a 10.600 anos AP, onde o registro de briófitas e pteridófitas é maior, o clima era úmido, mesmo nos ambientes mais internos do delta, representados pelos poços C1 a C3. Nestes poços, a presença de algas de água doce, embora raras, sugere intervalos pontuais com a formação de corpos de água rasos.

A presença exclusiva de *Acrostichum* no furo C4, uma pteridófitas comum nos ambientes de mangue e restinga, com elevados graus de salinidade, coaduna-

se, por outro lado, com a posição mais marginal costeira desta perfuração. Seu aparecimento nos mesmos intervalos onde também são registrados os palinoforaminíferos, cistos de dinoflagelados, acritarcas e escolecodontes confirma este contexto paleoambiental e a informação sobre a ocorrência de um evento transgressivo entre 40.000 a 50.000 anos AP na região do vale do rio Doce.

A identificação quantitativa e qualitativa dos grupos taxonômicos, aliada aos dados provenientes dos grãos de pólen, que constituirão a segunda parte deste estudo, permitirá complementar os dados e a reconstituição dos diferentes ambientes do vale do rio Doce, entre o final do Pleistoceno e o Holoceno.

AGRADECIMENTOS

A Javier Helenes (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada), pelo auxílio na determinação de dinoflagelados e acritarcas. A Lezilda Torgan (FZB/RS), pela auxílio na determinação das algas, e a Paulo Günter Windish, pela colaboração com a ecologia das pteridófitas. Aos dois consultores anônimos nosso agradecimento pela importante contribuição ao aprimoramento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABSY, M.L. 1975. Pólen e esporos do Quaternário de Santos (Brasil). *Hoehnea*, 5:1-25.
- ALSTON, A.H.G.; JERMY, A.C.; RANKIN, J.M. 1981. The genus *Selaginella* in tropical South America. *Bulletin of the British Museum (Natural History)*, Botany, 9(4):223-230.
- ANTUNES, R.L.; MELLO, J.H. G. 2001. Micropaleontologia e estratigrafia de seqüências. In: H.J.S. RIBEIRO (ed), *Estratigrafia de Seqüências: conceitos e aplicações*. São Leopoldo, UNISINOS, p. 137-218.
- ARAI, M.; LANA, C.C. 2004. Histórico do estudo de dinoflagelados fósseis no Brasil: sua relação com a evolução da exploração petrolífera no Cretáceo das bacias da margem continental. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 12(1):175-189.
- BARTH, O.M.; MELHEM, T.S. 1988. *Glossário ilustrado de Palinologia*. Campinas, Unicamp, 75 p.
- BATTEN, D.J.; GRENFELL, H.R., 1996. Green and blue algae: Botryococcus. In: J.

- JANSONIUS; D.C. MACGREGOR (eds.), *Palynology: Principles and applications*. Dallas, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, p. 205-214.
- BEHLING, H.; ARZ, H.W.; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. 2002. Late Quaternary vegetational and climatic dynamics in southeastern Brazil, inferences from marine cores GeoB 3229-2 and GeoB 3202-1. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **179**:227-243.
- COLINVAUX, P.; OLIVEIRA, P.E.; PATIÑO, J.E.M. 1999. *Amazon pollen manual and atlas*. Amsterdam, Harwood Academic Publishers, 332 p.
- COOKSON, I.C.; EISENACH, A. 1958. Microplankton from Australian and New Guinea Upper Mesozoic sediments. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, **70**:19-79.
- COSTA, D.P. 1997. Bryophyta e Hepatophyta. In: M.C.M. MARQUES (ed.), *Mapeamento da cobertura vegetal e listagem das espécies ocorrentes na Área de Proteção Ambiental de Cairuçu, município de Parati, Rio de Janeiro. Série Estudos e Contribuições*, **13**:37-43.
- COSTA, D.P.; YANO, O. 1998. Briófitas da restinga de Macaé, Rio de Janeiro, Brasil. *Hoehnea*, **25**(2):99-119.
- COSTA, D.P. 1999. Epiphytic bryophyte diversity in primary and secondary lowland rainforests in Southeastern Brazil. *The Bryologist*, **102**(2):320-326.
- DIAS, I.C.A.; MENEZES, M.; SOPHIA, M.G.; SOUZA, C. A.; ARAUJO, A. M.; CARMO, B. P.; VIANNA, C. P. 2001. Listagem taxonômica e considerações fitogeográficas. In: A.F. COSTA; I.C.A. DIAS (eds.), *Flora do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e arredores, Rio de Janeiro, Brasil: listagem florística e fitogeografia*. Rio de Janeiro, Museu Nacional, p. 172-200.
- DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L. 1981. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltáicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, **11**:227-237.
- ERDTMAN, G., 1957. *Pollen and spore morphology. Plant taxonomy. Gymnospermae, Pteridophyta, Bryophyta*. Almqvist and Wiksell, Stockholm, 151 p.
- ERDTMAN, G. 1969. *Handbook of Palynology*. New York, Hafner, Publishing Co., 485 p.
- EVITT, W.R., 1985. *Sporopollenin dinoflagellate cysts: Their morphology and interpretation*. American Association of Stratigraphic Palynologists, Monograph Series, 1, 333 p.
- FAEGRI, K.; IVERSEN, J. 1989. *Textbook of pollen analysis*. New York, John Wiley & Sons, 328 p.
- FENSOME, R.A.; RIDING, J.B.; TAYLOR, F.J.R. 1996. Dinoflagellates. In: J. JANSONIUS; D.D. MACGREGOR (eds.), *Palynology: Principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, v. 1, p. 107-169.
- FERNANDES, I. 2000. Taxonomia dos representantes de Dickoniaceae no Brasil. *Pesquisas - Série Botânica*, **50**:5-26.
- FERNANDES, I. 2003. Taxonomia dos representantes de Cyatheaceae no nordeste oriental do Brasil. *Pesquisas - Série Botânica*, **53**:7-53.
- FIGUEIREDO, J.B.; SALINO, A. 2005. Pteridófitas de quatro reservas particulares do Patrimônio Natural ao sul da região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Lundiana*, **6**(2):83-94.
- GARCIA, M.J. 1997. Palinologia de turfeiras quaternárias do médio vale do rio Paraíba do Sul, estado de São Paulo, Brasil. Parte I: fungos, briófitas e pteridófitas. *Revista da Universidade de Guarulhos - Geociências*, nº especial, p. 148-165.
- GENTRY, A.H. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forests. In: S.P. CHURCHILL, H. BALSLEV, E. FORERO; J.L. LUTEYN (eds.) *Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests*. The New York Botanical Garden, New York, p. 103-126.
- GREUTER, W.; MCNEILL, J.; BARRIE, F.R.; BURDET, H.M.; DEMOULIN, V.; FILGUEIRAS, T.S.; NICOLSON, D.H.; SILVA, P.C.; SKOG, J.E.; TREHANE, P.; TURLAND, N.J.; HAWKSWORTH, D.L. 2003. *Código Internacional de Nomenclatura Botânica (Código de Saint Louis)*. Disponível em <http://www.bgbm.org/iapt/nomenclature/code/SaintLouis/0000StLuistitle.htm>, acessado em 25/11/2008.
- HOOGHIEMSTRA, H. 1984. *Vegetational and climatic history of the High Plain of Bogotá, Columbia: A continuous record of the last 3, 5 million years*. Vaduz, J. Cramer Verlag, Dissertation Botanicae, v. 79, 368 p.
- JOLY, A.B. 2002. *Botânica: introdução à taxonomia vegetal*. 13ª ed. São Paulo, Editora Nacional, 777 p.
- KATHIRESAN, K.; BINGHAM, B.L. 2001. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, **40**:81-251.
- KRAEMER, K.U.; GREEN, P.S. 1990. *The families and genera of vascular plants: Volume 1 - Pteridophytes and Gymnosperms*. Berlin, Springer Verlag, 293 p.
- LEONHARDT, A.; LORSCHTEITTE, M.L. 2007. Palinórfos do perfil sedimentar de uma turfeira em São Francisco de Paula, Planalto Leste do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, **30**(1):47-59.
- LORSCHTEITTE, M.L.; ASHRAFT, A.R.; BUENO, R.M.; MOSBRUGGER, V. 1998. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part I. *Palaeontographica Abt. B*, **246**:1-113.
- LORSCHTEITTE, M.L.; ASHRAFT, A.R.; WINDISCH, P.G.; MOSBRUGGER, V. 1999. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part II. *Palaeontographica Abt. B*, **251**:71-235.
- LORSCHTEITTE, M.L.; ASHRAFT, A.R.; WINDISCH, P.G.; MOSBRUGGER, V. 2001. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part III. *Palaeontographica Abt. B*, **260**:1-165.
- LORSCHTEITTE, M.L.; ASHRAFT, A.R.; WINDISCH, P.G.; MOSBRUGGER, V. 2002. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part IV. *Palaeontographica Abt. B*, **263**:1-159.
- LORSCHTEITTE, M.L.; ASHRAFT, A.R.; WINDISCH, P.G.; MOSBRUGGER, V. 2005. Pteridophyte spores of Rio Grande do Sul flora, Brazil. Part V. *Palaeontographica Abt. B*, **270**:1-180.
- MARTIM, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; ARCHANJO, J.D. 1996. Coastal Quaternary formations of the southern part of the State of Espírito Santo (Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **68**(3):389-404.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M. 1997. *Geologia do Quaternário costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo*. Belo Horizonte, CPRM, 112 p.
- MEDIOLI, F.S.; SCOTT, D.B. 1988. Lacustrine thecamoebians (mainly arcellaceans) as potential tools for paleolimnological interpretations. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleocology*, **62**:361-386.
- MENDONÇA, R.C.; FELFILI, J.M.; WALTER, B.M.T.; SILVA JÚNIOR, M.C. da; REZENDE, A.V.; FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P.E. 1998. Flora vascular do bioma cerrado. In: S.M. SANO; S.P. ALMEIDA (eds.), *Cerrado, ambiente e flora*. Planaltina, Embrapa, p. 289-556.
- NEVES, P.C.P.; BAUERMANN, S.G. 2004. Catálogo Palinológico de coberturas quaternárias no Estado do Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. Descrições taxonômicas - Parte II: Bryophyta e Pteridophyta. *Pesquisas - série Botânica*, **55**:227-251.
- NEVES, P.C.P.; LORSCHTEITTE, M.L. 1992. Palinologia de sedimentos uma mata tropical paludosa em Terra de Areia, Planície Costeira Norte, Rio Grande do Sul, Brasil. Descrições taxonômicas, Parte I: fungos, algas, briófitas, pteridófitas, palinórfos outros e fragmentos de invertebrados. *Acta Geologica Leopoldensia*, **36**:83-114.
- NEVES, P.C.P.; BAUERMANN, S.G.; KROEFF, V. 2003. Catálogo palinológico de coberturas quaternárias no Estado do Rio Grande do Sul (Guaíba e Capão do Leão), Brasil. Descrições taxonômicas - Parte I: fungos, algas, palinórfos outros e fragmentos de invertebrados. *Pesquisas - série Botânica*, **53**:121-149.
- MELO, L.C.N.; SALINO, A. 2002. Pteridófitas de duas áreas de floresta da bacia do rio Doce no Estado de Minas Gerais, Brasil. *Lundiana*, **3**(2):129-139.
- NONATO, E.F.; LUNA, J.A.C. 1970. Anelídeos poliquetas do Nordeste do Brasil. I: poliquetas bentônicas da costa de Alagoas e Sergipe. *Boletim do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo*, **19**:57-130.
- OLIVEIRA-E-SILVA, M.I.M.N.; YANO, O. 2000. Musgos de Mangaratiba e Angra dos

- Reis, Rio de Janeiro, Brasil. *Boletim do Instituto de Botânica*, **14**(31):1-137.
- PAROLIN, M.; MEDEANIC, S.; STEVAUX, J.C. 2006. Registros palinológicos e mudanças ambientais durante o Holoceno de Taquarussu (MS). *Revista Brasileira de Paleontologia*, **9**(1):137-148.
- PEDRÃO, E.; CARVALHO, M.A. 2002. Os fósseis da bacia de Sergipe-Alagoas. Palinoforamíferos. *Phoenix*, **4**(38):1-2. Disponível em <http://www.phoenix.org.br/Phoenix38>; acessado em 29/11/2008.
- PUNT, W.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; THOMAS, A. LE. 2007. *Glossary of pollen and spore terminology*. Utrecht, LPP Foundation, 71 p.
- RIZZINI, C.T. 1979. *Tratado de fitogeografia do Brasil*. São Paulo, Hucitec, v.2. 374 p.
- RODHE, W., 1948. Environmental requirements of fresh-water plankton algae. *Symbolae Botanicae Upsalienses*, **10**(1):1-149.
- ROLIM, S.G.; IVANAUSKAS, N.M.; RODRIGUES, R.R.; NASCIMENTO, M.T.; GOMES, J.M.L.; FOLLI, D.A.; COUTO, H.T.Z. 2006. Composição florística do estrato arbóreo da Floresta Estacional Semidecidual na planície aluvial do rio Doce, Linhares, ES, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, **20**:549-561.
- ROSSI, M.C.S. 2008. *Contribuição ao conhecimento taxonômico dos poliquetas Sabelídeos (Polychaeta: Sabellidae) da região Sudeste do Brasil*. São Paulo, USP, Dissertação de Mestrado, 190 p.
- ROUBIK, D.W.; MORENO, J.E. 1991. *Pollen and spores of Barro Colorado Island*, Missouri Botanical Garden, v. 36, 270 p.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L. 2007. *Critérios e técnicas para o Quaternário*. São Paulo, Edgard Blücher Ltda, 387 p.
- SANTOS, M.G.; SYLVESTRE, L.S. 2001. Pteridófitas. In: A.F. COSTA; I.C.A. DIAS (eds). *Flora do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e arredores, Rio de Janeiro, Brasil: listagem florística e fitogeografia*. Rio de Janeiro, Museu Nacional, p. 143-153.
- STANCLIFFE, R. P. W. 1996. Microforamiferal linings. In: J. JANSONIUS; D.C. MCGREGOR (eds.), *Palynology: Principles and applications*; American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, v. 1, p. 373-379.
- STEVENSON, J.; BOTHWELL, M.L.; LOWE, R.L. 1996. *Algal ecology: Freshwater benthic ecosystems*. USA, Academic Press, 753 p.
- TRAVERSE, A. 1988. *Paleopalynology*. Boston, Unwin Hyman, 600 p.
- TRYON, R.M. 1976. A revision of the genus *Cyathea*. *Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University*, **206**:19-98.
- TRYON, R.M. 1986. The biogeography of species, with special reference to ferns. *The Botanical Review*, **52**(2):117-156.
- TRYON, A.F.; LUGARDON, B. 1991. *Spores of the Pteridophyta*. New York, Springer, 648 p.
- TRYON, R.M.; TRYON, A.F. 1982. *Ferns and allied plants with special reference to tropical America*. New York, Springer, 857 p.
- UNTAWALE, A.G.; WAFER, S. 1988. Distribution of mangroves along the Gulf of Kutch. *Marine Archaeology of the Indian Ocean Countries (NIO, Goa)*, p. 135-138.
- VAN GELL, B. 1978. A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands, based on one analysis of pollen and macro and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **25**:1-120.
- VESELY, F.F.; ASSINE, M.L. 2004. Sequências e tratos de sistemas deposicionais do Grupo Itararé, norte do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, **34**(2):219-230.
- VITT, D.H. 1984. Classification of the Bryopsida. In: R.M. Schuster, *New manual of Briology*. Hatori, Botanical Laboratory, p. 696-759.
- WINDISCH, P.G. 1996. Towards assaying biodiversity in Brazilian pteridophytes. In: C.E.M. BICUDO; N.A. MENEZES (eds.), *Biodiversity in Brazil: a first approach*. São Paulo, CNPq, Proceedings of the Workshop Methods for the Assessment of Biodiversity in Plant and Animals, p. 109-117.

Submitted on September 23, 2008

Accepted on December 09, 2008