Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Programa de Pós-Graduação em Geologia

O Espongilito de Três Lagoas, MS.

Registro e caracterização com ênfase em micropaleontologia

Doutorando:
José Luiz Lorenz Silva

Orientador:
Prof. Dr. Itamar Ivo Leipnitz

Coorientadores:
Profa. Dra. Cecilia Volkmer Ribeiro
Prof. Dr. Ernesto L. C. Lavina

São Leopoldo, Dezembro de 2004

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da
Universidade do Vale do Rio dos Sinos

S586e Silva, José Luiz Lorenz
O espongilito de Três Lagoas, MS: registro e caracterização com ênfase em micropaleontologia / por José Luiz Lorenz Silva. – 2004.
113 f.

Tese (doutorado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Geologia, 2004.
"Orientação: Prof. Dr. Itamar Ivo Leipnitz, Coorientadores: Dra. Cecilia Volkmer Ribeiro e Dr. Ernesto L.C. Lavina, Ciências Exatas e Tecnológicas".
1. Micropaleoontologia. 2. Espongilito. 3.Alto Paraná. I.Título.

CDU 552

Catalogação na Publicação:
Bibliotecária Eliete Mari Doncato Brasil - CRB 10/1184

Para

meus exemplos; Irena, Hércules e Bete,
e meus motivos; Luciana, Pedro e Filipe.

Com amor, dedico.

Muito obrigado:

Itamar Ivo Leipnitz
Cecília Volkmer Ribeiro
Ernesto L. C. Lavina
Professores e técnicos do PPGeo
Professores e técnicos do DNC
E. F. Stuermer (UMICH)
Eduardo. A. Morales (PCRC)
Reginaldo. Constantino (UNB)
Rita Fabiane G. de Oliveira
Rony Carlos Barcelos Blini
Lauro Moreira da Rosa
Fernanda Basso
Nereida Vilalba
Karin Bender

SUMÁRIO

Pg.

Resumo viii
Abstract ix

1. Introdução 1
1.1. A hipótese de trabalho 1
1.2. Antecedentes 2
1.3. Terminologia e dados históricos 3
1.4. O estado da arte 5
1.5. Os organismos geradores do depósito 9
2. Localização e contexto geoambiental 12
3. Temas e dados correlatos 17
3.1. O ciclo da sílica nos ambientes lênticos 17
3.2. A distribuição dos depósitos bio-silicosos no Brasil 19
3.3. Uso, aplicações e finalidades das rochas e sedimentos bio-silicosos 20
4. Métodos 26
4.1. Procedimentos iniciais 28
4.2. Microscopia 32
4.2.1. Petrografia 32
4.2.2. Micropaleontologia 34
4.3. Sedimentologia 36
4.4. Geocronologia 37
4.5. Geoquímica 40
4.6. A disponibilidade de amostras e lâminas 41
5. Resultados 42
5.1. Caracterização do depósito 42
5.1.1. Feições sedimentares 45
5.1.2. Microscopia 48
5.1.2.1. Petrografia do espongilito 48
5.1.2.2. Petrografia do arenito espiculítico 54
5.1.2.3. Micropaleontologia do espongilito 59
5.1.2.3.1. As espécies de esponjas identificadas 59
5.1.2.3.2. A quantificação das espículas 64
5.1.2.3.3. As espécies de diatomáceas identificadas 65
5.1.2.3.4. A quantificação das frústulas 70
5.2. Sedimentologia 71
5.3. Geocronologia 74
5.4. Geoquímica 75
6. Discusão e diagnóstico paleoambietal 79
7. Considerações finais 84
7.1. Conclusões 85
8. Referências bibliográficas 87
9. Anexos 95
9.1. Datação via termoluminescência: fundamentos e métodos 97
9.2. Esquemas de classificação 98
9.3. O depocentro da Sinéclise do Paraná: evolução e estratigrafia 100
9.4. O Rio Paraná 106
9.5. O ambiente lacustre 107
9.6. Bioindicadores dos depósitos bio-silicosos 109

LISTA D E Q U A D R O S

Quadro nº	Descrição	Pg
1.1	Cronologia dos estudos no exterior relacionados ao tema da presente abordagem.	6
1.2	Cronologia dos estudos no Brasil relacionados ao tema da presente abordagem.	7
2.1	Georreferências e características físicas, químicas e microbiológicas das lagoas.	16
3.1	A potencialidade deuso dos sedimentos espiculíticos da Lagoa do Araré.	22
3.2	Propriedades dos sedimentos e rochas bio-silicosos e o uso a elas relacionados.	23
3.3	Limites percentuais de óxidos nos sedimentos bio-silicosos para uso comercial.	24
4.1	Os métodos analíticos nos estudo de biólitos e oozes silicosos no Brasil.	26
4.2	Lagoas com depósitos bio-silicosos espiculres na região do Alto Paraná, MS.	27
4.3	Coordenadas dos pontos sondados no leito e nas imediações da Lagoa do Meio.	29
4.4	Procedimentos para a análise e o registro macroscópico do espongilito.	31
4.5	Procedimentos para laminação visando a análise petrográfica.	33
4.6	Procedimentos para laminação visando a análise micropaleontológica.	34
4.7	Procedimentos para a coleta e o preparo de amostras inconsolidadas para datação .	39
4.8	Procedimentos para a coleta e o preparo inicial de amostras litificadas para datação.	40
4.9	Depositários das amostras analisadas.	41
5.1	Cômputo de espículas por espécie.	64
5.2	Cômputo de espículas por espécie e nível no biólito.	65
5.3	Cômputo de frústulas por espécie.	70
5.4	Cômputo de frústulas por espécie e nível no biólito.	71
5.5	Comparativo entre ensaios preliminares para granulometria do espongilito.	71
5.6	Distribuição percentual de espículas nos sedimentos superficiais das lagoas do sistema local. Média de 4 ensaios. Município de Três Lagoas	73
5.7	Análise granulométrica do espongilito (fácies pelítico).	73
5.8	Análise granulométrica do arenito espiculítico (fácies psamítico).	74
5.9	Os elementos químicos na composição do espongilito	76
5.10	Percentuais de perda ao fogo e dos óxidos na composição do espongilito.	76
5.11	Comparativo químico entre depósitos biogênicos silicosos continentais no Brasil.	77
9.1	Critérios do BGS para a classificação de rochas e sedimentos silicosos e não clásticos	98
9.2	Classificação dos sedimentos lacustres adotada pelo GLAD	99

LISTA D E F I G U R A S

Figura	Descrição	Pg.
2.1	Localização dos sítios de amostragem e o substrato geológico regional.	12
2.2	Esboço de *log* com a posição relativa e fotografias das unidades sub-atuais e mesozóicas.	13
2.3	Núcleo urbano de Três Lagoas e o sistema lacustre local. LANDSAT (NASA, 2002).	14
2.4	Fotografia aérea do núcleo urbano do Município de Três Lagoas.	15
2.5	As vias de acesso ao sítio lacustre estudado	16
3.1	Gráfico do quantitativo de sílica amorfa dissolvida, em função do ph do meio.	18
3.2	Distribuição dos depósitos espiculíticos no Brasil.	19
3.3	Distribuição dos depósitos de diatomitos no Brasil.	20
4.1	Lagoa do Meio: Batimetria e localização relativa dos pontos de amostragem.	29
4.2	Fotomontagem: A) Amostrador de arrasto; B) Testemunho recuperado e detalhe da sondagem de percussão; C) Coleta de bloco por retro-escavação; C) Sondagem rotativa.	30
4.3	Posição dos campos de contagem na lâmina para análise micropaleontológica.	36
5.1	Comparativo entre lagoas com depósitos bio-silicosos espiculares.	44
5.2	Fotomontagem desde a margem oeste da Lagoa do Meio.	45
5.3	Fotografia digital do fácies pelítico da laje consolidada.	46
5.4	Fotografia da amostra W2 re-hidratada. Fácies pelítico (espongilito).	46
5.5	Fotografia da laje consolidada. Amostra W3. Arenito espiculítico.	47
5.6	Fotomicrografias. Amostra W2; topo do fácies pelítico da laje (espongilito).	50
5.7	Fotomicrografias (A=LN / B=LP). Amostra W2; base do espongilito.	51
5.8	Fotomicrografia (LN). Amostra W2 ; topo do fácies pelítico da laje (espongilito).	52
5.9	Fotomicrografia (LN). Amostra W2; topo do fácies pelítico da laje (espongilito).	53
5.10	Fotomicrografias (A=LN / B=LP). Amostra W3; fácies psamítico da laje consolidada.	55
5.11	Fotomicrografia (LN). Amostra W3; fácies psamítico da laje (arenito espiculítico).	56
5.12	Fotomicrografias (LN/LP). Amostra W3; fácies psamítico da laje (arenito espiculítico).	57
5.13	Fotomicrografias (A=LN / B=LP). Amostra W3; fácies psamítico da laje consolidada.	58
5.14	Fotografia de espécimes de *M. spinata.*	59
5.15	Esboço digital de conjunto espicular de *M. spinata.*	60
5.16	Fotomicrografias de microscleras espinadas de *M. spinata.*	60
5.17	Fotomicrografias e esboços digitais de conjunto espicular de *M. spinata.*	61
5.18	Fotografia de espécime de *D. pydanieli*.	62
5.19	Esboço digital de conjunto espicular de *D. pydanieli*.	62

5.20	Fotomicrografias de microscleras estreladas, elementos distintivos de *D. pydanieli*.	63
5.21	Fotomicrografias e esboços digitais de conjuntos espiculares de *D. pydanieli*.	63
5.22	Imagens MEV/IES. Detalhes de espículas megascleras.	64
5.23	Fotomicrografias de variantes morfológicas de *E. papilio*.	66
5.24	Fotomicrografia de frústula de *E. dydima.*	66
5.25	Fotomicrografia de frústula de *E. dydima*.	67
5.26	Fotomicrografia com reconstituição de frústula de *E. diodon*.	68
5.27	Fotomicrografia equalizada de frústula de *B.serians*.	68
5.28	Fotomicrografia de frústula de *P. latevittata*.	69
5.29	Imagem MEV/IES de frústulas.	70
5.30	Representação gráfica comparativa da análise granulométrica de sedimentos das lagoas do sistema três-lagoense.	73
5.31	Esboço com o posicionamento relativo das amostras coletadas para datação.	75
5.32	Difratograma de Raios X do espongilito.	76
6.1	Hábito, abundância e distribuição de espécies de esponjas em depósitos de turfeira.	80
6.2	Curva de temperaturas médias globais durante o Quaternário.	82
6.3	Blocos-diagrama da Região de Três Lagoas, MS (A) Inferência para o Pleistoceno; (B) Esboço do contexto atual.	83
9.1	Esquema de classificação utilizado pelo BGS	100
9.2	Imagem LANDSAT; esboço das unidades aloestratigráficas no depocentro da sinéclise e perfil do mio-geossinclíneo do Paraná.	101
9.3	Estratigrafia das unidades aflorantes nas imediações da área de estudo.	102
9.4	Afloramentos da Formação Santo Anastácio em Três Lagoas, MS.	103
9.5	Afloramentos da Formação Adamantina em Três Lagoas, MS.	104
9.6	Afloramentos da Formação Marilia em Três Lagoas, MS.	105
9.7	Blocos-diagrama das regiões montante e jusante à Três Lagoas.	105
9.8.	Desenho de *C. mespiliformis*, ameba testácea dominante nos sedimentos atuais da Lagoa do Meio.	1101
9.9	Termiteiros claros nas imediações da Lagoa Menor do sistema lacustre três-lagoense.	112
9.10	Fotografias: (A, B e C) de castas de *Velocitermes sp.* (D) Mocrofotografia de espículas em uma amostra da parede do termiteiro. (E) Fotografia de um fragmento do termiteiro.	113

Resumo

O presente estudo é centrado na abordagem micropaleontológica de um espongilito, litofácie pelítica de uma laje consolidada de um depósito lacustre situado no Município de Três Lagoas, Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. A região sob estudo (Alto Paraná) é caracterizada por terraços fluviais escalonados cujo substrato litológico são os Basaltos Serra Geral e os Arenitos Bauru, esses apontados como a fonte da sílica acumulada no espongilito. De várias trincheiras escavadas nas imediações da Lagoa do Meio, bem como diretamente do leito dessa, foram retirados blocos da laje consolidada. Amostras de sedimentos foram obtidas por meio da percussão de tubos até 50 cm de profundidade. Uma sondagem rotativa, realizada na margem norte da lagoa, atingiu um nível psefítico aos 10 m de profundidade. Amostras foram submetidas a análises micropaleontológicas, petrográficas, sedimentológicas, geoquímicas e geocronológicas. Na porção pelítica da laje (espongilito) foram identificados entre 15 e 35 cm de profundidade, quatro estratos sub-laminados. De cada um desses, foram analisadas duas lâminas com preparo para petrografia e seis lâminas com preparo para micropaleontologia. Nessas, em 35 campos por lâmina, foram contadas todas as microscleras, gemoscleras e frústulas identificáveis e, para a análise de detalhe, consideradas as espécies cujos remanescentes na rocha computassem mais do que 1 % do respectivo total. Da espongofauna foram identificadas espículas de *Metania spinata* (Carter, 181) e de *Dosilia pydanieli* Volkmer-Ribeiro, 1992. Da diatomoflora foram identificadas frústulas de *Eunotia papilio* (Ehrenberg) Hustedt, *Eunotia sudetica* O. Muller, *Eunotia dydima* Hustedt ex Zimmermann, *Eunotia diodon* Ehrenberg, *Pinnularia latevittata* Cleve e de *Brachysira serians* (Brébisson ex Kützing) Round & D. G. Mann. Na composição do espongilito mais de 80 % dos elementos identificáveis são espículas megascleras ou fragmentos destas e o quartzo é o único constituinte minerogênico destacável. O gradiente geoquímico entre amostras da base e do topo do espongilito, registra o decréscimo de voláteis (restrição hídrica) e o aumento da acidez (eutrofização) do meio, durante a formação do depósito. Amostras de uma litofácies arenosa e interdigitada à base do espongilito, foram laminadas para petrografia e datadas por termoluminescência, revelando idade de 37.000 ± 3.000 anos AP. (Pleistoceno tardio); quando o clima foi mais frio do que o atualmente registrado na região. Conhecidos os nichos atuais dos organismos registrados no biólito e considerada a interdigitação antes referida, o meio de vida da cenose produtora dos remanescentes no espongilito foi inferido como inicialmente semi-lótico, raso e de águas ácidas. Esse, após restrito, teria sediado a maior deposição bio-silicosa e sofrido a eutrofização típica das lagoas de turfeira.

Abstract

The present study is centered on the micropaleontological approach of a spongillite, pelitic lithofacies of a lacustrine flagstone deposit located in Três Lagoas, in the State of Mato Grosso do Sul, Brazil. The studied area (Alto Paraná) is characterized by fluvial terraces whose lithologic rigid substratum is made of the Serra Geral basalts and the Bauru sandstones, these pointed as the source of the spongillite silica. From trenches duged in the Lagoa do Meio pond surroundings as well as directly from the lacustrine bed, several flagstones blocks were taken out. Sediment samples were obtained through 50 cm depth percussion. A 10 m rotative survey was accomplished in the Lagoa do Meio north margin. Samples were submitted to micropaleontological, sedimentological, petrographical, geochemical and geochronological analyses. In the spongillite flagstone, between 15 and 35 cm depth, four sedimentary horizons were identified. Of each one of those two thin petrographical plates and six thin micropaleontological plates were made and analyzed. In 35 fields per plate, there have been counted all the identifiable microscleres, gemoscleres and frustules, and considered all the ones that, in average, computed more than one percent of the respective total. From the sponge fauna there have been identified spicules of Metania spinata (Carter, 1881) e de Dosilia pydanieli Volkmer-Ribeiro, 1992. From the diatom flora there have been identified frustules of Eunotia papilio (Ehrenberg) Hustedt, Eunotia sudetica O. Muller, Eunotia dydima Hustedt ex Zimmermann, Eunotia diodon Ehrenberg, Pinnularia latevittata Cleve and Brachysira serians (Brébisson ex Kützing) Round & D. G. Mann. In the spongillite composition more than 80 % of the identifiable elements are megasclere spicules or fragments of these and the quartz is the only representative minerogenic constituent. The geochemical gradient among samples from the base and the top of the spongillite, registers the volatile decreasing and the environment acidity increase (eutrophication) during the deposit formation. Samples from a sandy lithofaced base were submitted to termoluminescence dating and revealed 37.000 ± 3.000 years BP, (Late Pleistocene), when the climatic conditions were colder than the now registered in the studied area. Known the actual niches of the spongillite registered organisms, associated to the couple-faced sedimentary record of the flagstone base, leads to the inference of an originally semi-lotic environment with shallow an acid waters that, later restricted, was evolved as a pet bog pond

.

1. Introdução

A presente abordagem dá continuidade ao estudo dos recursos minerais do Estado de Mato Grosso do Sul, uma das linhas de pesquisa a que se dedica o autor desde 1982, ano em que ingressou no quadro docente da Universidade Federal daquele Estado.

Ao final da década de 1980, no âmbito do Grupo de Pesquisas de Economia Mineral da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), o autor promoveu uma avaliação do setor mineral sul-mato-grossense. Esse estudo, concluído em 1990, originou uma dissertação de Mestrado que foi defendida no mesmo ano.

Desde então, os depósitos sedimentares relacionados aos ambientes fluviais e lacustres da região do Alto Paraná constituem um tema recorrente nos projetos de iniciação científica, trabalhos de graduação e monografias de bacharelado e especialização orientados pelo autor.

O objeto deste estudo é uma rocha sedimentar biogênica; litofácies pelítica de uma laje consolidada, até então só constatada no leito e nas imediações da Lagoa do Meio, um dos corpos d'água que dá nome à Três Lagoas, município da fronteira oriental do Estado de Mato Grosso do Sul.

O Engenheiro Said Saiar atuou nos quadros da CESP e acompanhou tanto a prospecção quanto a exploração dos recursos minerais da região, visando o aproveitamento desses nas obras do Complexo Hidrelétrico de Urubupungá. Através de informação verbal o citado técnico descreveu o original depósito da Lagoa do Meio como uma camada de "pozolana" que, de afilada nas bordas, espessava até cerca de 2 m no centro da lagoa. Nesse ponto a base da laje interdigitava-se com sedimentos arenosos e possuía, em posição sotoposta, duas "lentes" também de sedimentos finos. Segundo a mesma fonte, os limites do depósito original eram pouco extrapolantes aos da atual margem da lagoa.

1.1. Objetivos

Registrar a ocorrência de uma rocha sedimentar de características inéditas, enfocando a respectiva análise micropaleontológica, complementada por ensaios sedimentológicos, petrofísicos, petrográficos, geoquímicos e geocronológicos.

Proceder o levantamento de dados acerca da gênese do depósito estudado e de outros vinculados ao aproveitamento econômico desse recurso natural.

Confirmar a hipótese de que o objeto de estudo é um acaustobiólito de idade quaternária, cujas características são passíveis de levantamento e uso na determinação da cenose geradora, assim como da dinâmica ambiental do respectivo meio de vida e deposição.

1.2. Antecedentes

O dia 23 de outubro de 1999 marca o início da atual fase de estudos. Naquela data uma notícia publicada pelo Jornal do Povo, periódico três-lagoense, informava que trabalhadores incumbidos da limpeza (remoção de plantas, entulhos e sedimentos do leito esvaziado) da Lagoa Maior, corpo d'água cujo entorno urbanizado fora adaptado para atividades de recreação e lazer, haviam necessitado de atendimento hospitalar, em conseqüência de inchaços nas pernas e reações alérgicas que foram atribuídas ao contato com os sedimentos da lagoa.

Em função do noticiado, vários questionamentos foram dirigidos ao Centro Universitário local. Transcorria o início da estação das chuvas, época para qual estava previsto o re-enchimento da lagoa. No âmbito da Universidade, foi montada uma equipe interdisciplinar de investigação, a qual contou com a participação de professores, técnicos e acadêmicos dos cursos de Biologia e de Geografia.

Coube aos técnicos do Laboratório de Geologia, do Departamento de Ciências Naturais (DCN), realizar sondagens visando o exame inicial dos sedimentos lacustres. Foram analisadas amostras obtidas através de sondagens

de percussão até 50cm de profundidade e recolhidas placas de um agregado branco e pelítico, apontado como o causador das reações constatadas nos trabalhadores.

A análise preliminar revelou nos sedimentos, a presença de espículas de esponjas em quantidades variáveis conforme a profundidade. Quanto ao agregado fino, constatou-se ser um concentrado de espículas de esponjas, de formas aciculares, lisas e muito fragmentadas. Poucas frústulas de diatomáceas, raros grãos de quartzo e uma massa silicosa criptocristalina, foram os complementos preliminarmente constatados no agregado.

Embora medidas preventivas tivessem sido tomadas, também na equipe de investigadores da Universidade, observaram-se reações alérgicas decorrentes do contato com o sedimento sob análise.

1.3. Terminologia e dados históricos

Há décadas, os sedimentos bio-silicosos constituem matéria-prima usada pelas pequenas olarias da região do Alto Paraná. Ao longo da década de 1960, em função das obras do Complexo Hidrelétrico de Urubupungá, os referidos sedimentos foram explorados pela Companhia Energética do Estado de São Paulo (CESP), para uso como aditivo pozolânico do concreto destinado à construção das usinas. Na região, vários desses depósitos foram exauridos, sem que dos mesmos fossem feitas análises de detalhe (Roque-Silva & Lorenz-Silva, 2000).

Os pequenos oleiros da região usam os finos sedimentos lacustres como matéria-prima para tijolos. Diante das reações alérgicas produzidas, o referido sedimento é por eles denominado de “Pó-de-Mico”. Já os técnicos da CESP que atuaram na prospecção e exploração dos recursos minerais úteis às obras do complexo hidrelétrico, referem-se a ele como “piçarra, pozolana, diatomito ou Trípoli”, evidentes impropriedades terminológicas usadas até mesmo em relatórios da CESP e da PETROBRAS. “Cauxi, espiculito, espongólito, espongiolito, esponjilito e espongilito”, são variações terminológicas constatadas na bibliografia disponível.

Tal diversidade decorre da inexistência de uma classificação nacional para a esse tipo de ocorrência.

Os depósitos lacustres situados nos municípios sul-mato-grossenses de Paranaíba e Aparecida do Tabuado, foram cubados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) em 1983, a pedido do Governo do recém criado Estado de Mato Grosso do Sul. A iniciativa, originalmente intitulada "Projeto Diatomito", necessitou ser re-denominada, em função do predominante conteúdo espicular constatado nos sedimentos.

Apesar da existência das mencionadas jazidas, o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) disponibiliza dados apenas para diatomito. Nos quadros estatísticos, no entanto, faz referência a "diatomito e substituto", reconhecimento tácito da existência de recursos similares mas ainda fora de sua base de dados (DNPM, 2002).

Na bibliografia consultada, apenas dois esquemas de classificação incluem sedimentos e ou rochas constituídos por espículas. O mais recente foi elaborado por Schnurrenberger *et al*. (2003) para o *Global Lake Drilling Program* (GLAD). Esse, visa organizar um banco de dados mundial acerca de depósitos sedimentares lacustres. O referido Programa, implementado pelo Centro de Pesquisas Limnológicas da Universidade de Minnesota, usou como base para sua classificação, um esquema elaborado por Mazzullo *et al*. (1990), para o *Ocean Drilling Program* (ODP). A classificação do GLAD aplica-se somente aos depósitos sedimentares lacustres inconsolidados.

Um esquema anterior e também baseado na classificação da ODP, é adotado pelo *British Geological Survey* (BGS) e foi baseado em um trabalho elaborado por Hallsworth & Knox (1999). O BGS não diferencia pela denominação as rochas e os sedimentos marinhos dos continentais. Conforme o esquema adotado por aquele Serviço, os biólitos devem ser nomeados através de um termo indicativo do grupo orgânico predominante na composição da rocha, seguido do sufixo "ito". Os sedimentos são denominados conforme a respectiva granulometria e um segundo termo, relacionado à respectiva matriz coesiva. As oozes são denominadas através do termo distintivo correspondente à respectiva matriz coesiva.

Na presente abordagem adotam-se os critérios e conceitos de classificação propostos pelo BGS para distinção de rochas e sedimentos silicosos e não clásticos. Quanto à denominação do biólito estudado, adota-se a forma tradicional e alusiva à família "Spongillidae", a mais antiga a enquadrar os espongiários de água doce.

Os esquemas de classificação elaborados pelo GLAD e pelo BGS, são apresentados no capítulo de anexos deste documento.

1.4. O estado da arte

O interesse pelo estudo dos depósitos bio-silicosos foi impulsionado por Alfred Bernhard Nobel que descobriu o efeito neutralizante de explosivos líquidos desse tipo de sedimento. Em 1864, Nobel misturou *Kieselguhr* (denominação alemã para o diatomito) à nitroglicerina e três anos após viria a patentear o resultado de sua descoberta a *Dynamite* (Lorenz-Silva, 2003).

Desde então, nos grandes centros industrializados, foi crescente a prospecção e o desenvolvimento de novos usos e aplicações para esse tipo de sedimento.

Até a década de 1960, a base de dados sobre os espongiários de água doce era escassa e pouco organizada, fato que teria inibido o uso de tais organismos como indicadores limnológicos (Harrison, 1988). Tal situação passou a ser modificada a partir dos estudos realizados na região neo-tropical, por Argentino A. Bonetto, Inés D. Ezcurra e Cecília Volkmer Ribeiro e a revisão publicada por Penney & Racek, em 1968, no Boletim do Museu Nacional dos Estados Unidos.

O século passado foi marcado pelo registro oficial do maior número de novas espécies de espongiários de água doce. Ao mesmo tempo, estudos multitemáticos relacionados aos depósitos bio-silicosos marinhos e continentais foram implementados, sendo as principais temáticas e os respectivos autores: a zoogeografia dos espongiários (Reid, 1967); a biologia dos espongiários silicosos recifais (Rützler, 1978); os espongiomorfos, (Rigby & Stearn, 1991); as analogias entre fósseis e recentes (Reitner &

Keupp, 1991); e as variáveis limitadoras da colonização do meio pelas esponjas (Maldonado *et al.*,1999).

Gammon & James (2001) estudaram os registros sedimentares produzidos pela dinâmica ambiental ocorrida ao fim do Eoceno na região sudoeste da Austrália. Constataram importantes diferenças entre os depósitos gerados próximos ao litoral (ricos em remanescentes silicosos) e os depósitos de mar aberto (ricos em remanescentes calcários).

O quadro 1.1 apresenta uma relação de autores (e respectivas contribuições) titulares de estudos realizados no exterior e relacionados ao tema da presente abordagem.

No Brasil, após 1895, ano em que Traxler publicou resultados acerca de depósitos bio-silicosos com espículas do interior paulista, somente no século seguinte estudos detalhados sobre as esponjas de água doce e seu registro sedimentar foram retomados.

Quadro 1.1 - Cronologia dos estudos no exterior relacionados à temática da presente abordagem.

Autor	Ano	Contribuição
Young	1878	Publicou dados acerca de uma esponja de água doce com remanescentes no depósito calcário de Purbeck, Eo-Cretáceo da Inglaterra.
Mallaroda	1954	Estudou os remanescentes de esponjas de água doce em depósitos Eocênicos do Monte Postale, na Itália.
Moura	1958	Descreveu a ocorrência de espongilídeos em diatomitos pleistocênicos em depósitos continentais da região de Alpiarca, Portugal.
Ott & Volkheimer	1972	Propuseram novos gênero e espécie de esponjas de água doce, com base em fósseis eo-cretácicos em depósito da Patagônia, na Argentina.
Müller *et al.*	1982	Estudaram espongilídeos de água doce nos xistos betuminosos eocênicos da região de Messel, na Alemanha.
Harrison	1988	Compilou dados e abordou o uso das esponjas de água doce como indicadores em levantamentos paleolimnológicos.

Quadro 1.1 – Continuação

Autor	Ano	Contribuição
Gruber	1994	Registraram a ocorrência de espículas de esponjas de água doce

		no depósito eocênico de Eckerfelder Maares, na Alemanha.
Martini & Schiller	1995	Registaram a ocorrência de anfidiscos de gemoscleras de uma esponja de água doce em sedimentos do Oligoceno de Sieblos/Rohn, Alemanha.
Richter & Wuttke	1995	Publicaram dados acerca de uma espécie de esponja de água doce encontrada nos xistos de Messel, na Alemanha.
Rosales *et al.*	1995	Estudou a tectônica associada à depósitos de espículas em território espanhol.
Gammon *et al.*	2000	Avaliaram o significado paleogeográfico de depósitos de espículas sitado na região sul da Austrália.
Matsuoka & Massuda	2000	Registraram a ocorrência de remanescentes de uma esponja dulcícola da Família Potamolepidae em sedimentos da Formação Nakamura, Mioceno do Japão.
Mehl-Janussen *et al*.	2000	Estudaram a ocorrência de esponjas de água doce em depósitos do Mioceno do Lago Baikal, na Sibéria.
Gammon & James	2001	Publicaram dados acerca de depósitos de espículas do Holoceno do Canadá.
Reitner & Wörheide	2002	Abordaram a diversidade e a preservação no registro fóssil de poríferos *Demospongiae*.

Há 40 anos, a pesquisadora Cecília Volkmer Ribeiro, vem promovendo um amplo estudo dessa fauna e seus depósitos em toda a região neotropical. O quadro 1.2 apresenta uma resenha da evolução dos conhecimentos gerados em estudos desenvolvidos no Brasil.

Quadro 1.2 - Cronologia dos estudos no Brasil relacionados à temática da presente abordagem.

Autor	**Ano**	**Contribuição**
Traxler	1895	Procedeu o registro de três espécies de esponjas de água doce em sedimentos lacustres de Porto Ferreira, noroeste do Estado de São Paulo.
Abreu	1973	Enfocou os espongilitos como associação freqüente a diatomitos, destacando ocorrências no Estado do Maranhão e nos lagos e igarapés amazônicos.

Quadro 1.2 – Continuação

Autor	**Ano**	**Contribuição**

Volkmer-Ribeiro	1981	Publicou uma chave para a identificação de esponjas de água doce até então conhecidas na região neotropical.
Volkmer-Ribeiro	1999	Publicou uma síntese dos conhecimentos acerca de esponjas de água doce, enfatizando a biodiversidade de poríferos no Estado de São Paulo.
Blini, & Lorenz-Silva	2000	Registraram a ocorrência de níveis de espículas em sedimentos do sistema lacustre de Três Lagoas, MS.
Esper	2000	Em pesquisa para dissertação, procedeu um estudo de caracterização mineralógica do Espongilitos depositados em lagoas da região do Município de João Pinheiro, no Estado de Minas Gerais.
Yamamoto	2000	Promoveram a avaliação de depósitos de espongilitos da região noroeste do Estado de São Paulo tendo em vista o uso dos mesmos como pozolana para cimento e concreto.
Roque-Silva & Lorenz-Silva	2000	Abordaram o contexto geográfico de ocorrência dos depósitos espiculares de Três Lagoas (MS) e os impactos recentes fruto da exploração dos sedimentos e da urbanização dos entornos lacustres.
Volkmer-Ribeiro *et al.*	2001	Promoveram um estudo acerca da espongofauna registrada na Lagoa do Caçó (Estado do Maranhão), relacionado espécies típicas de ambiente semi-lótico do ecótono cerrado/dunas.
Delbem *et al.*	2001	Publicaram dados referentes a um estudo de caracterização físico-química de amostras compostas homogeneizadas do espongilito da Lagoa do Araré, situada em Paranaíba, MS.
Blini *et al.*	2002	Publicaram dados preliminares sobre a ocorrência de um Espongilito consolidado na Lagoa do Meio, Município de Três Lagoas, MS.
Leipnitz *et al*.	2002	Publicaram técnicas básicas para o preparo de amostras, laminação e análise micropaleontológica de espongilitos.
Lorenz-Silva & Leipnitz.	2003	Publicaram dados preliminares sobre a geocronologia do espongilito consolidado da Lagoa do Meio.

1.5. Os organismos geradores do depósito

Esponjas são organismos sésseis, cujo corpo é constituído por células de morfologia adaptável à finalidade. Estudos recentes confirmam a natureza metazoária das esponjas, sem definir no entanto, a exata relação desses organismos com os demais da mesma categoria (Manuel *et al.*, 2003).

Possuem poros e ósculos, respectivamente as entradas e saídas de um sistema filtrador aqüífero, também dotado de canais inalantes e exalantes que se conectam a câmaras revestidas por células coanocitárias. Muitas espécies possuem esqueleto estruturado por espículas de dimensões micrométricas, que podem ser calcíticas ou silicosas (Reitner & Wörheide, 2002).

Os poríferos são hermafroditos ou gonocóricos. Espécies marinhas e quase todas as de água doce reproduzem-se também assexuadamente, através da produção de gêmulas, estruturas geralmente guarnecidas por espículas características denominadas de gemoscleras. À essa flexibilidade reprodutiva é atribuída a persistência filogenética e cronológica dos poríferos. O crescimento e a forma corpórea final de cada esponja, são respostas adaptativas às condições químicas, hidrodinâmicas e morfológicas do meio (Reitner & Keupp, 1991).

As esponjas habitam águas claras, calmas e limpas, onde é menor o risco da obturação de seus poros. Considerando as formas e a composição química dos elementos esqueletais, o Filo Porífera é subdividido em três classes:

a) Calcaria ou Calcispongiae; possuem espículas calcárias; vivem no mar até 30 metros de profundidade;

b) Hexatinellida ou Hyalospongiae; seu esqueleto é constituído por espículas silicosas hexarradiadas; no mar, vivem em profundidades de até 1000m;

c) Demospongia; com esqueleto constituído por espículas silicosas e espongina ou apenas espongina. A Classe inclui 90% das formas atuais, todas as formas dulciaqüícolas e as marinhas viventes até 300 metros de profundidade.

No mar, espículas são abundantes nos sedimentos da zona de intermarés, mas ocorrem até em depósitos abissais. No registro paleontológico marinho, foram encontrados remanescentes de esponjas em depósitos de 750 milhões de anos AP. As espécies continentais mais antigas remontam ao final do Carbonífero (Palácio & Bermudez, 1963).

Atualmente, são conhecidas cerca de 7.000 espécies de esponjas, dentre as quais, menos de 200 são de água doce. Dessas, no Brasil, há registro de 44 espécies em 20 gêneros. A comunidade de esponjas produtoras de espongilitos é restrita a seis espécies. A espongofauna participa de biocenoses e de cadeias tróficas exercendo o papel de organismo purificador (filtrador) da água. São organismos de grande sensibilidade a alterações do meio e portanto, bons indicadores ambientais (Volkmer-Ribeiro, 1999 e Manuel *et al*., 2003).

As diatomáceas são algas unicelulares clorofiladas de hábitos plantônicos ou bentônicos que vivem em ambientes bem iluminados no mar, em água doce, no solo ou em substratos úmidos. Os elementos distintivos das diatomáceas são as frústulas, esqueleto intracitoplasmático de sílica amorfa, que é formado por duas valvas cujo comprimento varia entre 30µm e 2mm (Round *et al.*, 1990). Segundo os mesmos, a forma e a ornamentação das frústulas são as características usadas para o reconhecimento taxonômico e a classificação ampla desses organismos em dois grupos:

a) Centrales; apresentam frústulas com formas circulares, elípticas ou poligonais e com ornamentação concêntrica ou radiada. O grupo congrega um grande número de espécies marinhas; sua reprodução é sexuada e realizada através de micrósporos;

b) Penales; possuem frústulas de forma navicular com rafe, estrutura que separa as valvas em duas metades. Têm reprodução assexuada e congregam a maior parte das espécies dulcícolas.

Nos 250 gêneros conhecidos foram distribuídas cerca de 100.000 espécies; sendo 2.000 de água doce, em 67 gêneros (Seyve, 1990). Dessas, no Brasil, há registro de cerca de 1.200 espécies mas, segundo Rocha (2003), estima-se que existam em nossos ecossistemas cerca de 5.000.

As formas marinhas existem desde o Cretáceo Superior e as dulcícolas desde o final do Terciário (Palacio & Bermudez,1963).

Conforme a sensibilidade ao teor de cloreto de sódio na água, as diatomáceas são classificadas em:

a) Polihalóbias; suportam salinidade igual ou maior do que 30ppm;

b) Mesohalóbias; habitam águas salobras, de salinidade entre 2 e 30ppm;

c) Oligohalóbias; habitam águas de salinidade inferior a 2ppm;

d) Halófobes; vivem exclusivamente em corpos de água doce.

2. Localização e contexto geoambiental

O espongilito estudado é a litofácies pelítica de um depósito bio-silicoso lacustre, localizado no município sul-mato-grossense de Três Lagoas, cujo núcleo urbano dista cerca de 200 km da confluência dos Rios Grande e Paranaíba, onde nasce o Rio Paraná (Figura 2.1). No município a Petrobrás perfurou o poço TL-ST-1-MT, um importante referencial no estudo da estratigrafia da Bacia Sedimentar do Paraná (Milani, 1997).

A fronteira oriental do Estado de Mato Grosso do Sul coincide, em posição, com o eixo de deposição da Sinéclise do Paraná. Na região, cerca de 4.000 m separam as coberturas recentes do embasamento. No item 9.3 do presente estudo apresentam-se dados acerca da evolução e da estratigrafia dessa região da Bacia Sedimentar do Paraná.

No Município de Três Lagoas a maior cota (518m), ocorre no Distrito de Garcias e a menor (259 m) constata-se junto à calha fluvial do Rio Paraná. A paisagem regional é monótona e caracterizada pela presença de muitos paleocanais relictos da dinâmica fluvial quaternária (Stevaux & Takeda, 1994).

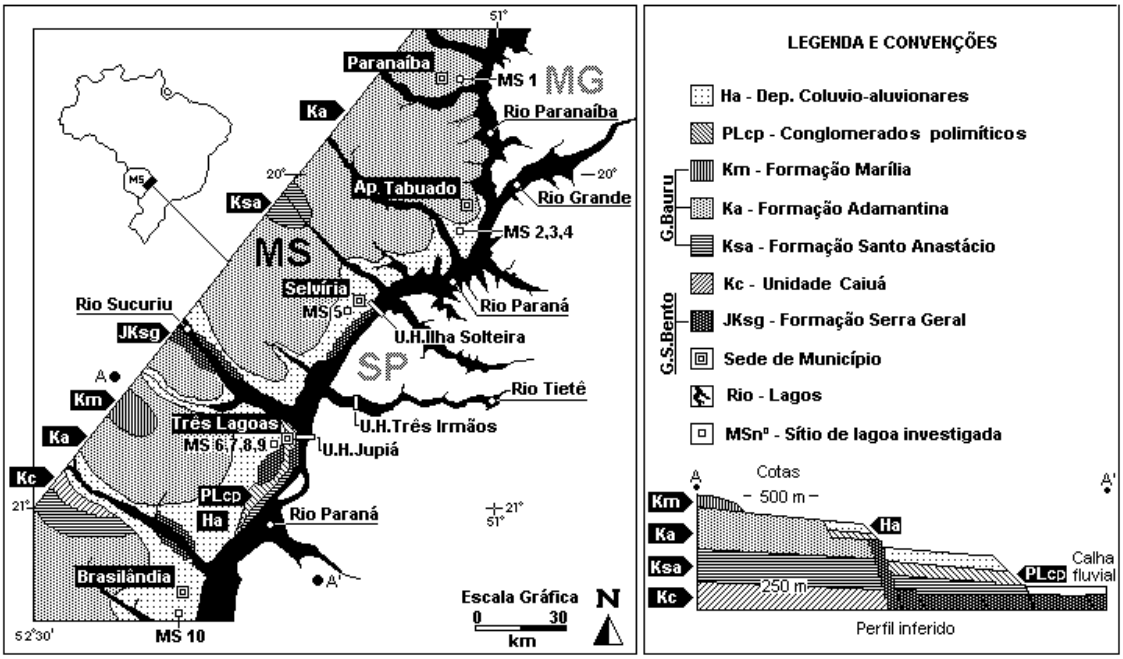


Figura 2.1 - Localização dos sítios de amostragem; substrato geológico regional e perfil entre os pontos A e A'. Esboço com dados estratigráficos compilados por Roque-Silva (2001).

As coberturas colúvio-aluvionares atuais (Figura 2.2) são produtos do retrabalhamento dos Arenitos Bauru, predominantes no substrato litológico regional e a fonte da sílica organicamente capturada, transformada e acumulada para formar o espongilito. Esse biólito, assim como as oozes e sedimentos biogênicos encontrados nas lagoas do Alto Paraná, complementam as coberturas quaternárias do centro da sinéclise.

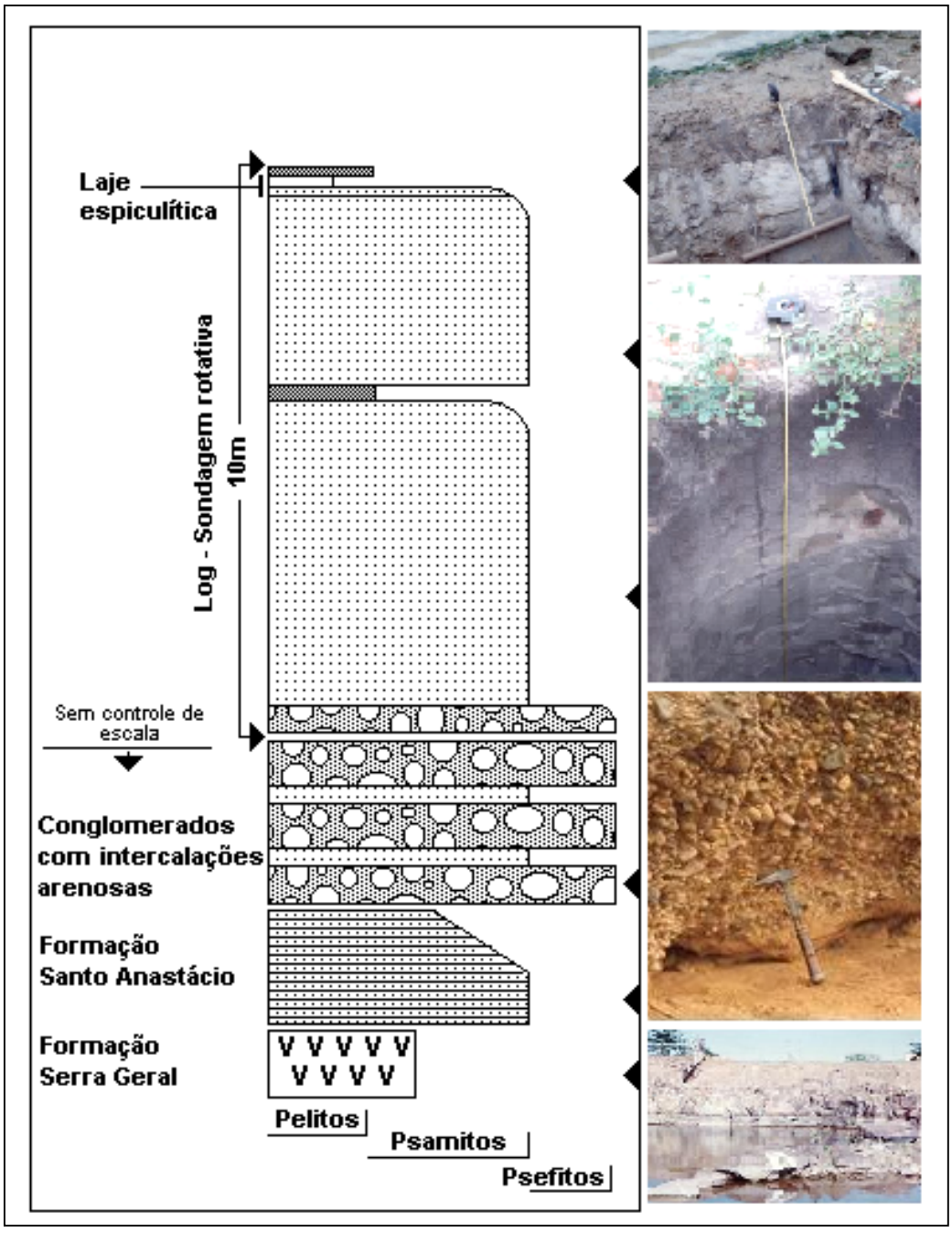


Figura 2.2 - Esboço de *log* e fotografias dos sedimentos sub-atuais e das unidades do substrato mesozóico em escavações ou afloramentos de ravina das imediações do depósito estudado.

Segundo Aranha-Silva (1999) as lagoas que dão nome ao município (Figuras de 2.3 a 2.5), foram pontos de parada para descanso e reabastecimento de muitos viajantes e tropeiros. Mesmo próximos, esses corpos d'água mostram diferenças importantes em função do conjunto de impactos a que foram submetidas a partir da ocupação de seus entornos.

Figura 2.3 - Imagens LANDSAT (NASA, 2002). Posição da Lagoa do Meio relativamente ao núcleo urbano três-lagoense na região do alto curso do Rio Paraná.

A Lagoa do Meio, sítio do depósito objeto do presente estudo, até a década de 80, foi cercada por 28 olarias que produziam os tijolos brancos, os mais baratos na região. Recentemente, a lagoa foi contemplada com um sistema de dutos, tanto para a afluência de águas pluviais quanto para a efluência via bombeamento até a Lagoa Maior. Parcialmente envolta pelo núcleo urbano, o entorno não urbanizado dessa lagoa, mostra uma cobertura arbustiva. Em suas imediações ainda funcionam olarias rudimentares, que já não usam como matéria-prima os sedimentos bio-silicosos antes explorados do leito da lagoa. Escombros das antigas instalações oleiras, depósitos de entulho e lixo, completam a paisagem local (Blini *et al.* 2002).

Figura 2.4 - Fotografia aérea das lagoas e do núcleo urbano de Três Lagoas, MS. Ao fundo, no Rio Paraná, a Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias (Jupiá). Fonte: Prefeitura Municipal.

A Lagoa Menor é a única que não conta com drenagens efluentes. Em seu entorno ainda constata-se a principal atividade econômica regional, a pecuária extensiva. Além das chuvas de verão, essa lagoa é abastecida por fontes naturais cujas nascentes situam-se nas colinas à oeste. Até a década de 1970, essa lagoa e a Lagoa do Meio, eram emolduradas por cerrados abertos. Mais recentemente, em decorrência da expansão pecuária, a cobertura original foi substituída pelos atuais pastos. Depósitos de lixo e entulho e a acelerada colmatação são os principais impactos observáveis na Lagoa Menor (Roque-Silva, 2001).

A Lagoa Maior é a única integralmente envolta pela malha urbana. Segundo Aranha-Silva (1999), essa lagoa foi até a década de 1930, um balneário rodeado por jardins. Suas águas eram limpas e usadas para o banho, a pesca e a navegação recreativa. No início da década de 1990, mais de 50 % da lâmina d'água mostravam-se tomados por macrófitas e outras plantas invasoras. Em 1998 a instalação de um empreendimento hoteleiro nas imediações da Lagoa Maior, motivou a Prefeitura Municipal a desencadear uma série de ações para a recomposição da paisagem local. Para tanto foram reformulados os sistemas de afluência e efluência de água e, com apoio técnico e financeiro da empresa CESP, a lagoa foi integralmente drenada, visando remover a vegetação e grande parte de seu substrato. Posteriormente

foi restabelecido o aporte de água desde a Lagoa do Meio e feito o tratamento paisagístico das imediações. O quadro 2.1. apresenta dados relacionados às lagoas mais diretamente vinculadas ao depósito objeto do presente estudo.

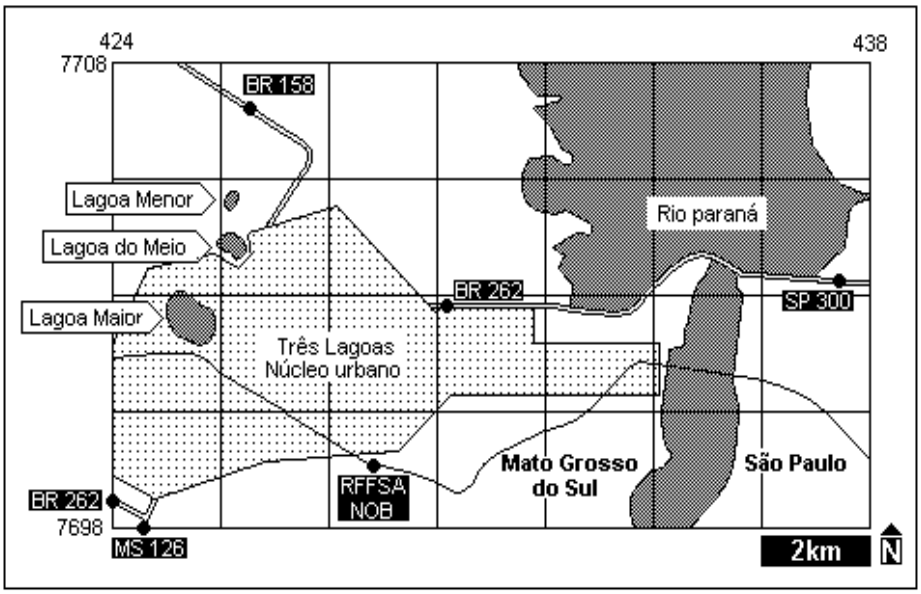


Figura 2.5 - As vias de acesso ao sítio lacustre estudado.

Quadro 2.1 – Georreferências e características físicas, químicas e microbiológicas das lagoas.

	Lagoa Maior	**Lagoa do Meio**	**Lagoa Menor**	**OBS. / Unidade**
Georreferência	20°46'57 ¨S 51°43'06¨W	20°46'30 ¨S 51°42'35¨W	20°46'02 ¨S 51°42'47¨W	Latitude Longitude
Área	418.000	162.000	62.000	m^2
Profundidade max.	3	7	9	m
Prof. a 4 m da margem	65	70	80	cm
Temperatura	22	21	21	°C *
Coliformes totais	1,2 x 10^2	4,0 x 10^2	1,5 x 10^2	NCMF/100 ml *
PH	Levemente alcalino	Levemente ácido	Levemente ácido	*
Odor	Sem	Sem	Sem	*
Turbidez (Secchi)	70	45	50	cm *
Aspecto	Amarelado (d)	Límpido (d)	Límpido (d)	(d) com depósito *

OBS: * Em outubro de 2003. Fonte: Secretaria Municipal da Saúde (SMS) de Três Lagoas.

3. Temas e dados correlatos

3.1. O ciclo da sílica nos ambientes lênticos

A efemeridade dos pequenos corpos d´água está fortemente vinculada ao clima bem como às características físicas, químicas e biológicas de cada leito e seu entorno. Tais variáveis constituem as determinantes da quantidade e da qualidade dos sedimentos que aportam aos mesmos, por unidade de tempo (Esteves, 1988).

Segundo Hofmann *et al.* (2002), denomina-se de ciclo o conjunto de fenômenos físicos e químicos pelos quais uma substância passa desde a sua afluência a um corpo d´água até a sua efluência do mesmo. Os referidos autores estudaram o ciclo da sílica no Lago Lugano, no norte da Itália, tendo constatado que a maior aporte desse óxido é de origem fluvial. O segundo maior aporte ocorre desde o lençol freático.

Em águas profundas, a sílica reside por cerca de sete anos, enquanto na superfície da coluna d´água esse tempo é inferior a um ano; fato que atribuíram à intensidade da captura orgânica de sílica na camada produtiva da coluna d'água. A disponibilidade de sílica, a luminosidade, a temperatura e o pH do meio são apontados como variáveis também influentes. A sílica não capturada via orgânica sofre transporte ou precipita. Ao longo do tempo, transporte e precipitação ocorrem também com os remanescentes silicosos das esponjas e das diatomáceas que, como sedimentos de fundo, são difundidos ou dissolvem e são reintegrados à coluna d'água (Hofmann *et al.,*2002).

Em pequenas lagoas, a quantidade de sílica dissolvida na água está relacionada também ao nível de eutrofização do meio; esse modulado pela qualidade e pela quantidade da matéria aportada ao corpo d'água. A diminuição do pH e do nível de oxigênio dissolvido e a proliferação de macrófitas sinalizam o incremento da eutrofização do meio lacustre (Esteves,1988).

Em meio muito ácido ou, no outro extremo, muito alcalino; mesmo que haja sílica dissolvida, não ocorre a captura orgânica. Organismos vegetais

(diatomáceas) e animais (radiolários e esponjas), produzem uma proteína que, sob gradientes físico-químicos sensíveis (temperatura baixa ou moderada e pH neutro), capturam a sílica presente na água sob a forma de ácido silícico, cuja fórmula genérica é $Si(OH)_4$. Segundo Morse & Tecedor (2002), o referido ácido pode configurar-se conforme sete diferentes arranjos, segundo os quais recebe uma das seguintes denominações: ácido tetra silícico ($H_2Si_4O_9$), ácido meta-di silícico ($H_2Si_2O_5$), ácido meta-tri silícico ($H_4Si_3O_8$), ácido meta silícico (H_2SiO_3), ácido orto-tri silícico (H_8Si_3O10), ácido orto-d silícico ($H_6Si_2O_7$) e ácido orto silícico (H_4SiO_4).

Para Martínez & Osterrieth (2002), a sílica de captura biogênica é a que mais satura e precipita no meio lacustre. Nestes ambientes, o maior volume de SiO_2 dissolvido (volumes superiores a 3.000 ppm), ocorre em ambientes alcalinos (Figura 3.1), onde já não ocorre a captura orgânica antes referida. Em meio ácido, a sílica amorfa disponível ocorre em concentrações máximas de 150ppm (Krauskopf, 1995).

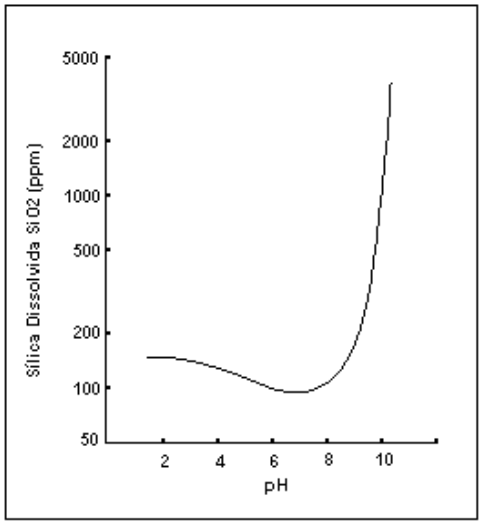


Figura 3.1 – Sílica amorfa dissolvida, em função do pH do meio. (Krauskopf, 1995).

Segundo Cha *et al.* (1999), é crescente o número de estudos das micro e nano-estruturas biogênicas silicosas, através do acompanhamento da produção de espículas em culturas de esponjas, visando o domínio dos mecanismos moleculares responsáveis pela síntese da sílica a baixas temperaturas. Interessa sobretudo o desenvolvimento de soluções ambientalmente favoráveis à produção nano-estruturada de materiais de alta performance.

As espículas são geradas a partir de um filamento axial de proteínas (silicateínas), que realizam a catálise e o direcionamento espacial da sílica. Esse filamento é após decomposto, deixando como evidência o canal central das espículas. Em laboratório, já foram geradas moléculas variantes das silicateínas e identificadas as cadeias responsáveis pela bio-silicificação (Cha *et al.,*1999).

3.2. A distribuição dos depósitos bio-silicosos no Brasil

A maior parte das abordagens acerca dos depósitos bio-silicosos no Brasil enfocam diatomitos, as ocorrências mais prospectadas desse tipo de sedimento. Nas figuras 3.2 e 3.3 apresentam-se dados relativos à localização desses depósitos.

Figura 3.2 - Depósitos espiculares no Brasil. 1) Ilha de Maracá, Rio Uraricoera, RR.; 2) Lago Caracaranã, RR.; 3) Serra do Carajás, PA. 4) Lençóis, MA.; 5) Caucaia, CE.; 6) Nísia Floresta, RN,; 7) Capão do Horta, RN.; 8) João Pinheiro, MG.; 9) Paranaíba, MS.; 10) Aparecida do Tabuado, MS.; 11) Três Lagoas, MS,; 12) Araçatuba, SP.; 13) Porto Ferreira, SP.

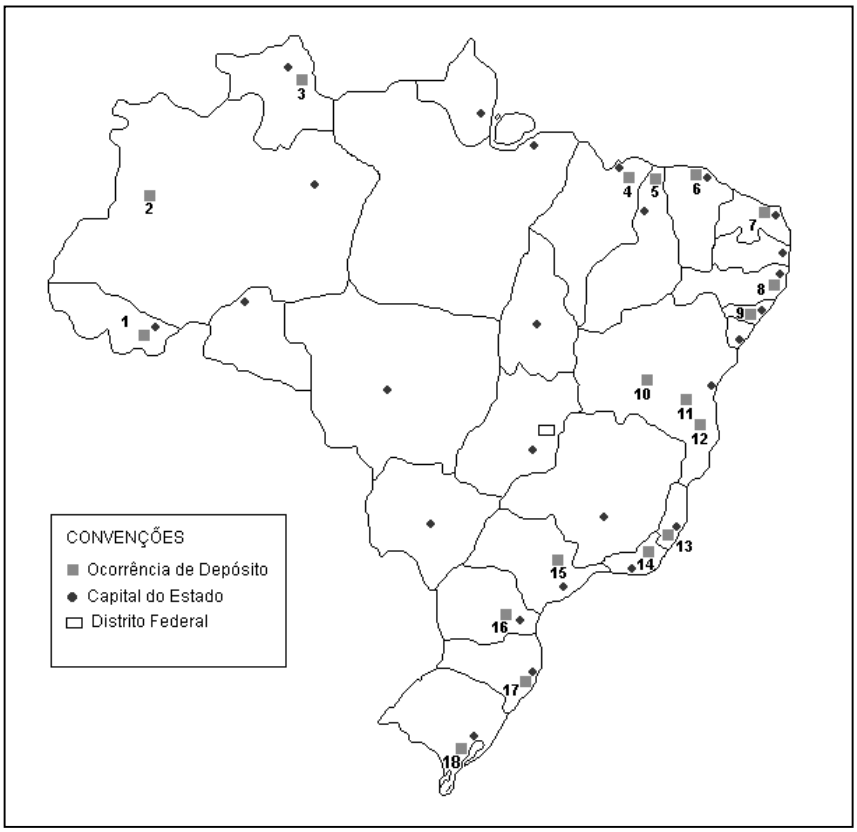


Figura 3.3 - Depósitos de diatomitos no Brasil. 1) Alto Rio Branco, AC.; 2) Santo Antônio do Içá, AM; 3) Tutóia, MA.; 4) Parnaíba, PI.; 5) Aracati, CE. ; 6) Ceará-Mirim, RN.; 7) Maxaranguape, RN.; 8) Dois Irmãos, PE.; 9) Maceió, Al.; 10) Mucugê, BA.; 11) Vitória da Conquista, BA. ; 12) Ibicoara. ; 13) Guarapari, ES.; 14) Campos dos Goitacazes, RJ.; 15) Porto Ferreira, SP.; 16) São Simão, PR.; 17) Araranguá, SC.; e 18) Santa Vitória do Palmar, RS.

3.3. Uso, aplicações e finalidades das rochas e sedimentos bio-silicosos

Por constituírem matéria amorfa de fácil desagregação, rochas e sedimentos bio-silicosos, ricos em espículas e ou frústulas, são usados para a obtenção de silicatos especiais (sílica gel e o silicato de sódio). Até o final da década de 1990, toda a sílica gel consumida no Brasil era importada (DNPM, 2002).

Na década de 1980 o IPT realizou uma série de análises de beneficiamento de espongilitos sul-mato-grossenses que foram coletados nos Municípios de Paranaíba (Lagoa do Araré) e Aparecida do Tabuado (Lagoa Santana). Com os ensaios visando o uso dessa matéria-prima na fabricação de

semi-isolantes e refratários, foi realizada a estimativa dos custos totais, os quais chegaram a US$ 124,8 por tonelada, quando o valor dos produtos acabados era cerca de US$ 411,00 por tonelada (IPT, 1984).

Espongilitos e diatomitos são excelentes pozolanas, nome que recebe toda a matéria silicosa ou sílico-aluminosa, natural ou residual de atividades industriais e agrícolas que, quando moída e adicionada à água e ao hidróxido de cálcio, forma um cimento muito resistente (pozolânico). Pozolanas são substitutos vantajosos do clínquer na fabricação do Cimento Portland, e um agregado que dá resistência ao cimento comum, usado nas argamassas e concretos (Ferreira *et al.,* 1995).

O uso de cimento pozolânico na construção das barragens de concreto é considerado uma tecnologia de segurança, pois seu uso acarreta uma sensível redução da reatividade química ao longo do tempo. O concreto com pozolana é menos permeável e mais compacto do que aquele produzido pelo uso do cimento comum (Gava, 1999).

No sul do Brasil, as cinzas produzidas pela queima do carvão nas usinas termelétricas, são os aditivos pozolânicos mais usados na fabricação dos cimentos especiais. No Nordeste o cimento recebe a mistura de argilas calcinadas. No Sudeste, onde se produz 54,25 % do cimento nacional, o uso das pozolanas é mínimo, fruto da inexistência de levantamentos geológicos básicos.

Pesquisadores da Universidade do Estado de São Paulo (USP), investigam a ocorrência de pozolanas naturais em depósitos situados nas imediações dos Municípios de Assis, Presidente Prudente e Araçatuba (Yamamoto, 2000).

Segundo esse autor, o uso das pozolanas preserva as jazidas de calcário, principal componente do cimento, mas também necessário em muitas outras destinações (corretivo de solo, fabricação de cal, produção do ferro-gusa, entre outras).

Para o meio ambiente, o uso das pozolanas reduz a emissão de dióxido de carbono, por exigir menos aquecimento para a produção do cimento convencional. Os fornos de alta temperatura, usados na queima de calcário e argila para a produção do cimento Portland, são responsáveis pela liberação

de enormes quantidades de dióxido de carbono na atmosfera. Por outro lado, o uso do cimento pozolânico agrega soluções de alta tecnologia a vários problemas enfrentados pela construção civil (Yamamoto, 2000). Santos (1993) abordou o uso potencial do espongilito. Algumas das informações levantadas pela autora são apresentadas no quadro 3.1.

Quadro 3.1 - A potencialidade de uso dos sedimentos bio-silicosos da Lagoa do Araré

Uso	**Detalhamento**	**Propriedades testadas e exigidas para a certificação do uso**
Agente filtrante de uso geral	Na clarificação de caldo de cana; para filtração de licores açucarados, xaropes, vinhos, tintas, vernizes, banhas de óleo de origem animal, lubrificantes, glicerina, níquel metálico e produtos químicos em geral.	Alvura; massa específica aparente; composição química; pH; resíduo em peneira ABNT nº 150; massa específica real; filtrabilidade e cor do filtrado.
Filtragens medicinais	No refino de substâncias usadas na produção de antibióticos	Alvura; massa específica aparente; composição química; pH; resíduo em peneira ABNT nº 150; massa específica real; filtrabilidade e cor do filtrado.
Absorvente	Em baterias elétricas; manufatura de explosivos; suporte para fertilizantes; produção de borracha; acondicionamento de frascos com líquidos corrosivos e manufatura de papel.	Umidade; massa específica aparente; resíduo em peneira ABNT nº 150 e nº 325; absorção de óleo; alvura; pH, resistividade, área específica e composição química.
Carga de uso geral	Amplo espectro de uso nas indústrias de: sabões, tintas, lacas, plásticos, borracha, retentores, gaxetas; catalisadores de níquel, vanádio e ácido fosfórico.	Umidade; massa específica aparente; resíduo em peneira ABNT nº 150 e nº 325; absorção de óleo; alvura; massa específica e composição química.
Abrasivos	Polidor de prata; polidor automotivo; componentes de líquidos, pastas e pós para limpeza de metais e azulejos.	Umidade; massa específica aparente; resíduo em peneira ABNT nº 150 e nº 325; absorção de óleo; alvura; pH, resistividade; área específica, abrasividade e composição química.
Carga em isolantes	Para a produção de formas para placas, tubos, calhas entre outras. Em placas, tijolos e telhas isolantes térmicos	Umidade; massa específica aparente; resíduo em peneira ABNT nº 150 e nº 350; absorção de óleo; alvura; pH, resistividade e área específica.
Fonte de sílica	Na substituição da areia, do quartzo e do quartzito para a produção de silicato de sódio e de sílica gel.	Composição química e granulometria.

Fonte: Santos (1993)

O Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), promoveu uma série de estudos visando a otimização da lavra e beneficiamento de diatomitos

oriundos da Bahia e do Ceará. Da base de dados disponibilizada pelo CETEM (2002), foram obtidas as informações apresentadas nos quadros 3.2 e 3.3 Essas são relativas às propriedades dos sedimentos bio-silicosos e consideradas relevantes nas principais aplicações e finalidades desse tipo de recurso natural.

Quadro 3.2 - Propriedades dos sedimentos e rochas bio-silicosos e o uso a elas relacionados.

Propriedades dos sedimentos e rochas bio-silicosos	
1	Agregante
2	Baixa densidade
3	Porosidade, alta capacidade de absorção
4	Elevada dureza
5	Baixa condutividade térmica e elétrica
6	Alta trabalhabilidade
7	Alvura
8	Inércia química
9	Granulometria (pulverulência)

Uso **Finalidade**	**Propriedades requeridas**
Abrasivos e polidores esp.	4; 6; 8; 9
Absorventes líquidos/ gases	3; 6; 9
Carga (filler)	1; 7; 8; 9
Cerâmicas	1; 7; 6; 8; 9
Compósitos e ligas especiais	1; 6; 8
Elementos filtrantes esp.	3; 6; 8; 9
Embalagens especiais	2; 3; 5; 8
Isolantes térmicos e elétricos	5; 6
Moldes	4; 6; 8
Aditivos pozolânicos	1; 2; 4; 8
Materiais refratários	2; 4; 5
Regulador (extender)	1, 2; 8
Secante e praguicida	3; 8; 9
Substratos para plantas	6; 8; 9

Fonte: CETEM (2002)

Segundo o DNPM (2002), no ano de 2000 o Brasil importou cerca de 20.412 t de sedimentos bio-silicosos e seus derivados. Esse montante representou um acréscimo de 21 % sobre a importação dos mesmos produtos no ano anterior. No mesmo ano os setores que mais demandaram beneficiados para carga, foram as indústrias de tinta e vernizes. As indústrias de bebidas e do açúcar são as maiores consumidoras de agentes filtrantes, mas há uma demanda crescente desses sedimentos nas indústrias brasileiras de abrasivos, ceras, fibras e isolantes.

Quadro 3.3 - Limites percentuais de óxidos nos sedimentos bio-silicosos para uso comercial.

Óxidos	**%**	**(N) mínimo necessário (A) máximo aceitável**
SiO_2	85 – 94	N
Al_2O_3	7	A
Fe_2O_3	2,5	A
TiO_2	0,5	A
CaO	3	A
K_2O	0,9	A
P_2O_5	0,2	A

Fonte: CETEM (2002)

A partir da análise físicoquímica de amostras do espongilito inconsolidado da Lagoa do Araré (Município de Paranaíba, MS.), Delbem *et al*. (2001) levantaram a potencialidade de uso desse sedimento como matéria adsorvente de compostos orgânicos, em função da superfície ativada da sílica amorfa hidratada, matéria capaz de fixar partículas com carga; no preparo do ácido ortosilícico estabilizado, a única fonte de silicone suplementar disponível para o uso humano em medicamentos e cosméticos destinados ao tratamento da pele, cabelo e unhas; e no fabrico de materiais isolantes térmicos e sonoros de alto desempenho e reciclabilidade. Segundo a mesma fonte, o espongilito apresenta propriedades similares as do vidro celular, material caro pela difícil obtenção e que é necessário nas colunas de destilação das refinarias.

Com base na cubagem e no resultado das análises físico-químicas realizadas com amostras de espongilito da Lagoa do Araré, (Município de Paranaíba, MS), o IPT (1984) publicou.

> "Consideradas as reservas já conhecidas, a homogeneidade, a localização em relação ao parque industrial paulista e às características físicas e químicas do espongilito, a possibilidade de abertura de mercado para este produto é muito boa".

4. Métodos

Os procedimentos inicialmente adotados na presente abordagem foram centrados na identificação dos remanescentes fósseis (espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas) que constituem o arcabouço do espongilito estudado. Visando elucidar a cronologia e a dinâmica ambiental geradora do depósito, foram também realizadas análises petrográficas, químicas e geocronológicas. Parte dos protocolos usados no presente estudo foram levantados na bibliografia consultada. O quadro 4.1 apresenta uma relação de autores e procedimentos que foram referenciais importantes para o presente estudo.

Quadro 4.1 - Os métodos analíticos nos estudo de biólitos e oozes silicosos no Brasil.

Instituição/Autor(es)	Finalidade ou tipo de análise	Métodos/procedimentos
INT (Abreu, 1973)	1) Caracterização, composição e textura; 2) Análise química.	1) Microscopia ótica; 2) Análise por reatividade.
USP (Riccomini *et al.*, 1997)	1) Análise de rocha total; 2) Análise mineralógica e textural.	1) Difração de Raios X ; 2) Microscopia eletrônica /IES.
UFMG (Esper, 2000)	1)Análise de fases minerais; 2) Sedimentologia; 3) Análise química quali-quantitativa; 4) Análise petrográfica; 5) Balanço de fases hidrat./hidrox. e 6) Análise termogravimétrica.	1) Difração de Raios X ; 2) Peneiramento úmido via Cyclosizer; 3) Fluorescência de Raios X; 4) Microscopia ótica e eletrônica /IES; 5) Espectrômetria; 6) Termogravímetria.
CETEM (França & Luz, 2002)	1)Análise de fases minerais; 2) Petrografia e registro microfoto.	1) Difração de Raios-X ; 2) Microscopia ótica e eletrônica.
FZB (Volkmer-Ribeiro *et al,* 2001)	1) Taxonomia de esponjas continentais; 2) Bioindicadores ambientais; 3) Micropaleontologia de esponjas; 4) Desenvolvimento de técnicas.	1) Tratamentos químicos específicos; 2) Dissociações espiculares; 3) Microscopia ótica e eletrônica;. 4) Curadoria, controle de coleções.
UNISINOS / UFMS (Lorenz-Silva *et al*., 2003)	1) Datação; 2) Sedimentologia e petrofísica; 3) Análise petrográfica; 4) Análise micropaleontológica; 5) Análise química quali-quantitativa; 6) Desenvolvimento de técnicas.	1) Termoluminescência; 2) Granulometria e porosimetria; 3) Tratamentos para dissociações; 4) Microscopia ótica; 5) Fluorescência de Raios-X; 6) Produção de material didático.

Siglas: (INT) Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro; (CETEM) Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro; (FZB - Fundação Zoobotânica do Estado do Rio Grande do Sul; (UNISINOS) Universidade do Vale do Rio do Sinos; (UFMS) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; (UFMG) Universidade Federal de Minas Gerais; (USP) Universidade do Estado de São Paulo.

Anteriormente à definição do tema e da abrangência da presente abordagem, várias lagoas em terraços fluviais da Região do Alto Paraná, no Estado de Mato Grosso do Sul, foram avaliadas por especialistas do IPT e da UFMS. O quadro 4.2 apresenta dados de localização e os tipos de sondagem realizados nas lagoas onde foram constatados depósitos bio-silicosos espiculares.

Quadro 4.2 - Lagoas com depósitos bio-silicosos espiculares na região do Alto Paraná, MS.

Lagoa	**Município do MS**	**Tipo de sondagem**	**D (km)**	**Georreferência (W-S)**
Araré	Paranaíba	sup/per	30	51º 01' – 19º25'
Carrasco	Aparecida Do Tabuado	sup	8	51º 06' – 20º07'
Do Merito	Aparecida Do Tabuado	sup	8	51º 06' – 20º08'
Santana	Aparecida Do Tabuado	sup/esc	9	51º 06' – 20º09'
Branca	Selvíria	sup/esc	7	51º 15' – 20º30'
Menor	Três Lagoas	sup/per	7	51º 42' – 20º45'
Do Meio	Três Lagoas	sup/per/rot/tri	8	51º 42' – 20º47'
Maior	Três Lagoas	sup/per/esc	8	51º 42' – 20º48'
Quatro	Três Lagoas	sup/per	6	51º 43' – 20º51'
Do Raul	Brasilândia	sup/per	3	52º 01' – 21º20'

D = distância à calha do Rio Paraná; sup = superficial (até 10 cm de profundidade), esc = coleta em escave de exploração; per = percussão (até 50 cm de profundidade); rot = rotativa (até 10m de profundidade), tri = trincheira.

A maior parte dos ensaios e análises foram realizados entre o inverno de 2001 e o verão de 2003, a partir amostras obtidas de blocos do espongilito, mecanicamente escavados do leito ou nas trincheiras abertas nas imediações da Lagoa do Meio.

As amostras do arenito espiculítico, só encontrado em 2003, embora tenham sido importantes para a confirmação das datações realizadas no Brasil, não receberam por exigüidade de tempo, o mesmo detalhamento analítico dispensado ao espongilito.

4.1. Procedimentos iniciais

As pesquisas de campo oportunizaram o diálogo com vários moradores das imediações lacustres assim como com antigos técnicos e engenheiros da Companhia Energética do Estado de São Paulo (CESP). Tais depoimentos foram importantes para o entendimento da original arquitetura do depósito da Lagoa do Meio.

A sondagem rotativa, bem como as retro-escavações, por envolverem veículos e equipamentos pesados, foram realizadas exclusivamente nas margens norte e oeste da Lagoa do Meio, visto que nas demais margens, o acesso é impossibilitado pela existência de terminações de esgoto, dutos de escoamento, cercas de quintais e inúmeros depósitos de entulho.

Com escavadeiras mecânicas foram abertas quatro trincheiras de 6m de comprimento, 1m de largura e 3,5 m de profundidade. Duas trincheiras rasas (até 1 m de profundidade), com 3 m de comprimento e 1m de largura, foram abertas via escavação manual. A posição relativa de todos os pontos a seguir referidos, é apresentada na figura 4.1 e a relação das respectivas coordenadas geográficas é apresentada no quadro 4.3.

As trincheiras profundas foram abertas nas margens norte e oeste da Lagoa do Meio (Figura 4.1, pontos N1, N4, W1 e W4). Desde as mesmas margens, foram retro-escavados blocos da laje consolidada diretamente do leito da lagoa (Figura 4.1, pontos N3, W3 e figura 4.2 D). Trincheiras rasas foram abertas na margem norte e na margem sul (Figura 4.1, imediações do ponto SR e do ponto S1).

Sedimentos inconsolidados foram coletados por meio de amostrador de arrasto (Figura 4.1, pontos C1, S2, L2, N2, W2, W5 e figura 4.2 A) e por meio da percussão de tubos de PVC (Figura 4.1, pontos S2, L1, L2, N2, W2, W5 e figura 4.2 B). Esses garantiram boa recuperação de amostras até 40 cm de profundidade.

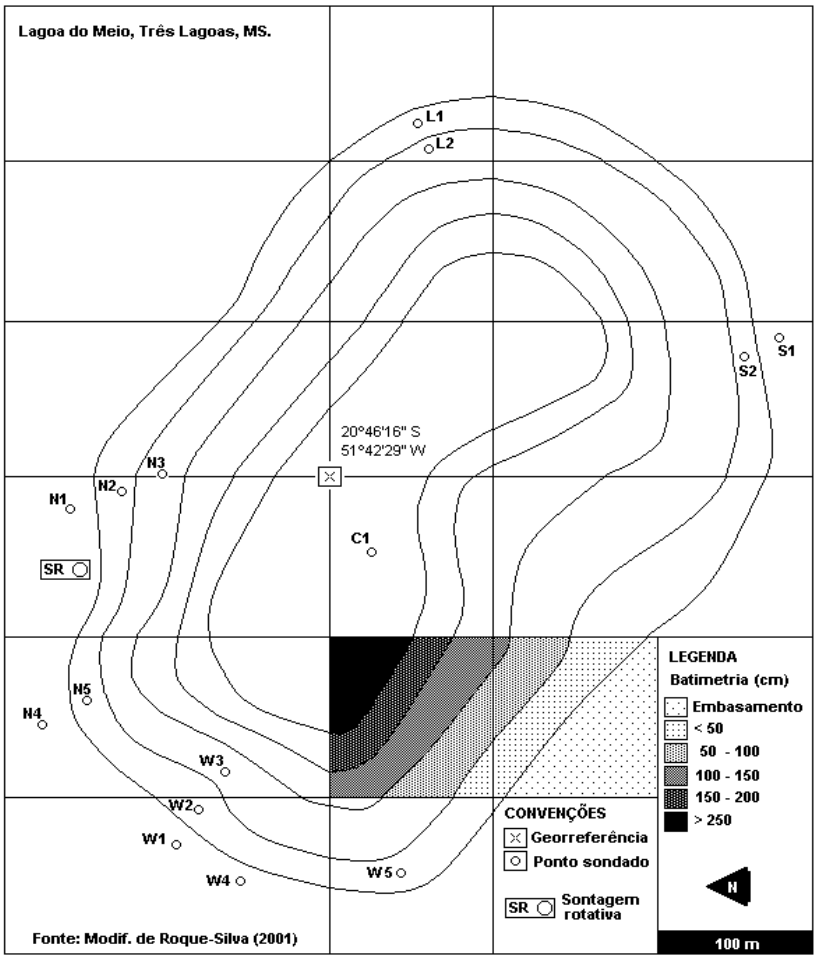


Figura 4.1 – Lagoa do Meio: Batimetria e localização relativa dos pontos de amostragem.

Quadro 4.3 – Coordenadas dos pontos sondados no leito e nas imediações da Lagoa do Meio. Município de Três Lagoas, Estado de Mato Grosso do Sul.

Ponto	S (Latitude)	W (Longitude)
SR	20º 46’12’’	51º42’31’’
C1	20º 46’17’’	51º42’31’’
S1	20º 46’24’’	51º42’27’’
S2	20º 46’23’’	51º42’28’’
L1	20º 46’17’’	51º42’24’’
L2	20º 46’18’’	51º42’24’’
N1	20º 46’12’’	51º42’31’’
N2	20º 46’14’’	51º42’30’’
N3	20º 46’13’’	51º42’33’’
N4	20º 46’11’’	51º42’34’’
N5	20º 46’12’’	51º42’33’’
W1	20º 46’13’’	51º42’35’’
W2	20º 46’14’’	51º42’35’’
W3	20º 46’15’’	51º42’34’’
W4	20º 46’15’’	51º42’32’’
W5	20º 46’18’’	51º42’32’’

Uma sondagem rotativa até 10 m de profundidade, foi realizada na margem norte da Lagoa do Meio (Figura 4.1, ponto SR; figura 4.2 C). Foram usadas hastes de 8,5" e 3 m de comprimento, ponteira perfuradora de aço duro, conjunto motor/gerador à diesel e bomba injetora de água. Os sedimentos deslocados foram recolhidos a cada metro perfurado, diretamente da tubagem de escoamento por meio de bandejas e peneiras, sendo após acondicionados em sacos plásticos e etiquetados. A retirada dos blocos da laje foi realizada sob controle de posicionamento e orientação.

Ao longo das várias atividades de campo, as amostras já embaladas e rotuladas, foram encaminhadas aos laboratórios da UFMS, onde foram preparadas para o transporte até a UNISINOS. Nos laboratórios dessa foram realizadas todas as análises micropaleontológicas, petrográficas e sedimentológicas apresentadas nesse estudo, bem como os tratamentos necessários à submissão de amostras à análise de laboratórios independentes tanto no Brasil quanto no exterior.

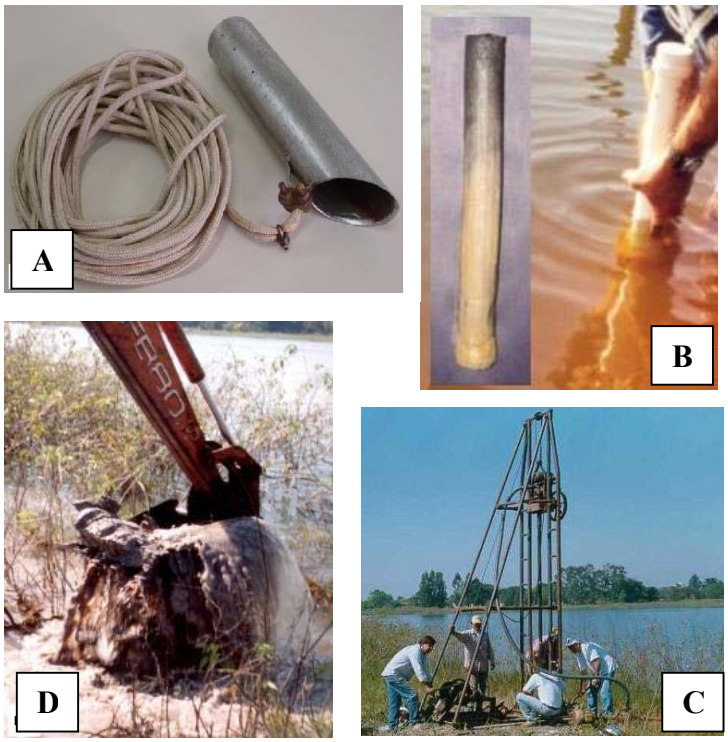


Figura 4.2 – Fotomontagem: A) Amostrador de arrasto; B) Testemunho recuperado detalhe da sondagem de percussão; C) Sondagem rotativa; e D) Coleta de bloco por retro-escavação direta do leito da lagoa .

Nos procedimentos iniciais de laboratório e gabinete, foram utilizados os seguintes recursos e equipamentos: Trena, conjunto de lixas finas, canetas a prova de água, câmeras fotográficas analógicas e digitais, Balanças digitais, vidraria, estufa, serra diamantada, bacia para re-hidratação, computador e *scanner*.

O quadro 4.4 apresenta os procedimentos usados para a análise e o registro fotográfico macroscópico inicial das amostras do espongilito.

Quadro 4.4 - Procedimentos para a análise e o registro macroscópico do espongilito.

Etapa	Procedimentos
Secagem 1	Amostras da laje foram deixadas secar naturalmente. Um segundo conjunto foi seco em estufa (40°C, por uma semana).
Preparo para corte	Com canetas à prova d'água foram marcadas as linhas de corte, reposicionadas e distribuídas marcas indicativas do topo e da base. O registro de dimensões foi feito com auxílio de trena.
Corte	Com serra diamantada e sob fluxo de água moderado, foram cortadas oito amostras com a forma geral de paralelepípedos.
Secagem 2	Duas amostras, uma do espongilito e outra do fácies arenoso-espiculítico foram secas em estufa. (40ºC, por uma semana).
Registro fotográfico 1	Várias amostras desidratadas foram fotografadas com câmeras analógica e digital.
Contraste de estruturas	Uma amostra desidratada do espongilito foi parcialmente submersa por alguns minutos e mantida sob pano úmido para o registro fotográfico das estruturas evidenciadas.
Registro fotográfico 2	A amostra parcialmente re-hidratada foi fotografada.
Tratamento de imagens	As fotografias analógicas foram reveladas e escanerizadas. Os registros digitais foram equalizados visando a exacerbação dos limites das principais estruturas.

Ensaios petrofísicos preliminares, visando a determinação da densidade e da porosidade aparentes do espongilito, foram realizados, via pesagem e medição de volume por deslocamento de fluído. Posteriormente, os mesmos parâmetros foram refinados nos laboratórios da UFMS, onde amostras do espongilito foram submetidas à intrusão e extrusão de mercúrio líquido sob pressão. As medições foram realizadas com um porosímetro Micromeritics, modelo 9320.

4.2. Microscopia

A laminação de pelitos litificados para a análise microscópica é um procedimento complexo e que exige o desenvolvimento de técnicas específicas. O grau de litificação do espongilito da Lagoa do Meio, favorece o corte sem perdas demasiadas de amostra, possibilitando a laminação para análise petrográfica da rocha.

Por outro lado, a mesma característica, exige a adoção de um método específico para a desagregação e o preparo das lâminas para análise micropaleontológica, na qual é necessário preservar a integridade dos elementos distintivos e remanescentes dos organismos geradores do depósito.

Considerando a necessidade de quantificar os elementos distintivos de cada táxon (espículas e frústulas), faz-se necessário ter em mente, que esses não guardam uma relação direta de quantidade ou abundância com os respectivos espécimes; isto é, uma espícula não deve ser computada como se fora um espécime de esponja. Quanto às frústulas, cada diatomácea produz duas valvas (hipovalva e epivalva) cuja diferenciação nos sedimentos não atuais é quase sempre impossível.

4.2.1. Petrografia

A impregnação polifásica com resina acrílica foi, dentre as técnicas testadas, a que proporcionou a melhor qualidade de lâminas para a análise petrográfica. Os procedimentos para a laminação de amostras do espongilito, são apresentados no quadro 4.5.

Foram utilizados: Serra diamantada, estufa, discos politrizes, dessecador, bomba elétrica de sucção, chapa térmica, lupas e microscópio petrográfico (Olympus OR3), placa base de vidro para abrasão, lâminas e lamínulas de vidro, bálsamo do Canadá, cera de carnaúba, (RA) Resina adesiva Araldite XGY1109, (RE) Resina endurecedora Araldite HY951, álcool etílico e carbureto de silício 220, 400, 600, 800 e 1200.

Quadro 4.5 - Procedimentos para laminação visando a análise petrográfica.

Etapa	Procedimentos
Corte da amostra	Com serra diamantada e sob fluxo d´água parte da laje do espongilito é fracionada em dez amostras com aproximadamente 3 cm de espessura, 3 cm de comprimento e 2 cm de largura.
Secagem 1	A amostra é seca por 24 horas em estufa regulada a 40ºC.
Identificação das amostras	As lâminas de vidro e cada um dos blocos iniciais de amostras do espongilito recebem rótulos de identificação atinente à posição da amostra no corpo da laje.
Preparo da impregnação	A resina usada e preparada diluindo-se, em 60 ml de álcool etílico, 123 ml do adesivo (RA) e 17 ml do endurecedor (RE).
Impregnação	Em recipiente fundo, as amostras são mergulhadas na resina. Esse conjunto é colocado no dessecador e passa por dez minutos de sucção via bombeamento elétrico.
Secagem 2	As amostras impregnadas são levadas a estufa (40ºC, por três horas).
Teste de friabilidade	Depois de seca e resfriada uma das amostras é testada na serra diamantada, visando confirmar o preenchimento dos interstícios e a redução da friabilidade. Para as amostras do espongilito verificou-se a necessidade de três impregnações, repetindo-se as etapas cinco e seis, até obter-se ausência de friabilidade.
Preparos para laminação 1	Uma lâmina de vidro deve ser manualmente fosqueada com carbureto de silício 600, visando a fixação da amostra impregnada da rocha sobre a lâmina. As amostras secas são polidas sobre discos politrizes inicialmente com carbureto de silício 400 e após com carbureto de silício 600.
Secagem 3	Lâminas de vidro e amostras devem ser limpas e secas em estufa, a 40ºC por três horas.
Preparos para laminação 2	A resina para cola da amostra sobre a lâmina é uma mistura de 10 ml de RA com 1ml de RE, sem qualquer outra adição.
Preparos para laminação 3	Sobre o cubo de amostra aquecida deitar 2 gotas da resina obtida na etapa 10 e sobre essas deitar a superfície fosca da lâmina de vidro também ainda quente. Através de movimentos circulares e compressão, eventuais bolhas devem ser deslocadas para a borda da lâmina.
Secagem 4	As amostras coladas devem ser secas em estufa, a 40ºC por três horas.
Preparos para laminação 4	O conjunto amostra/lâmina, secos e resfriados é colado sobre um suporte para desbaste na serra diamantada. Para tanto usa-se uma mistura de Bálsamo do Canadá com cera de carnaúba, a qual possibilita boa aderência e um posterior despregamento. O conjunto a amostra/lâmina/suporte é levado à serra para desbaste ou diminuição da espessura, o que deve ser o máximo possível. Após o mesmo conjunto é levado ao disco politriz rápido e a superfície da rocha é desbastada com carbureto de silício 220. Após é procedido um desbaste no disco politriz lento, inicialmente com carbureto de silício 400 e após com o carbureto de silício 600.
Laminação inicial	Através de atrito manual o conjunto amostra/lâmina/ suporte é levado a um leito de vidro onde a superfície da rocha é desbastada com carbureto de silício 800 e depois com carbureto de silício 1200. Esta etapa é feita sob controle de microscopia até atingida a espessura adequada à análise petrográfica. Para tanto observam-se as propriedades ópticas de minerais conhecidos, para o espongilito foi usado o quartzo.
Laminação final	O conjunto amostra/lâmina é separado do suporte e limpo. Com o conjunto na chapa térmica, deitam-se duas gotas da resina sobre a amostra e sobre essa deita-se a lamínula de vidro. Aplicam-se movimentos circulares e compressão visando a expulsão de bolhas para as laterais do conjunto.
Secagem final	A lâmina finalizada deve ser deixada secar fora da estufa por 48 horas.

Fonte: Laboratório de Laminação do PPGeo/UNISINOS

4.2.2. Micropaleontologia

Para a análise micropaleontológica do espongilito os melhores resultados foram obtidos através do protocolo que é apresentado no quadro 4.6.

Quadro 4.6 - Procedimentos para laminação visando a análise micropaleontológica.

Etapa	Procedimentos
Desagregação	Em frascos plásticos com tampa, seis amostras com aproximadamente 10 cm^3 de cada horizonte do espongilito, foram misturados 40 cm^3 de água e submetidos a agitação mecânica sobre plataforma elétrica regulada para agitação média, por um período de 48 horas. O material desagregado é deixado decantar por 48 horas.
Preparo 1	O sobrenadante de cada amostra foi descartado via despejo. Com medidor padronizado, cerca de 1g do material desagregado foi transferido para um tubo de ensaio. O desagregado restante foi deixado secar em placas de Petry e resguardado em frascos identificados.
Ataque químico	Ao tubo de ensaio foi adicioanado ácido nítrico (65 %) de modo a tampar a amostra desagregada. A mistura é aquecida sob controle para evitar demasiada crepitação, até que a coloração amarela e o despreendimento de gases cesse.
Desacidificação	Depois de frio, o produto de reação foi lavado com água destilada, manualmente agitado e centrifugado por 1 minuto. O sobrenadante foi descartado via despejo. Lavagem e centrifugação foram repetidas quatro vezes. O produto é mantido submerso em água ou, opcionalmente, em álcool.
Preparo 2	Com auxílio de uma mini-pipeta, duas gotas (aproximadamente 2/20ml) do conteúdo agitado do tubo, foram depositadas sobre uma lâmina de vidro previamente limpa e seca.
Calcinação	As lâminas foram colocadas sobre uma placa aquecida para secagem, produzindo a aderência do material residual na lâmina (calcinação).
Preparo 3	A resina para sobrelaminação foi preparada misturando-se 10 ml da resina adesiva com 1ml da resina endurecedora.
Sobrelaminação	Duas gotas da mistura de resinas foram aplicadas sobre o material calcinado e sobre essas foi depositada a lamínula. O conjunto foi deixado secar, sob peso, por 48 horas.

Foram utilizados: Ácido nítrico (diluído à 65%); Calgon (37,40g de hexafosfato de sódio e 7,94g de carbonato de sódio em 1 litro de água destilada); resinas acrílicas adesiva e endurecedora; agitador eletro-mecânico; lâmpada ou placa elétrica para secagem de lâminas; pipetas graduadas; pipetas de Pasteur; tubos de ensaio para centrífuga e ou copos de Becker; centrífuga e balança; lâminas, lamínulas e microscópios estereoscópicos e petrográficos.

Para a identificação dos elementos silicosos da fauna e o levantamento de dados de distribuição e ecologia das esponjas de água doce, as principais referências foram: Volkmer-Ribeiro (1981, 1992 e 1999) e Volkmer-Ribeiro & Motta (1995).

A diatomoflora predominate no espongilito foi identificada com base nas estampas e informações disponibilizadas por: Moreira-Filho *et al*. (1973 e 1974), Callegaro & Lobo (1990), Martinez-Machiavello & Aramburu (1994), Garcia & Vélez (1995), Patrick & Reimer (1966), Ricommini *et al*. (1997), Stoermer *et al*. (1999), Rumrich & Lange-Bertalot (2000), e CETEM (2002).

O registro fotomicrográfico das diatomáceas foi feito nos laboratórios da Universidade de Michigan. As estampas resultantes foram enviadas via *Internet* a vários pesquisadores. A diatomácea predominante no biólito, de uma espécie pouco freqüente no registro diatomológico, foi identificada no *Patrick Center for Environment Research*, vinculado à Academia de Ciências Naturais da Filadélfia com posterior confirmação por especialista do Instituto de Pesquisas Zoológicas da Kracóvia (ZBW).

Da fauna, foram computadas todas as gemoscleras e microscleras reconhecidas em 35 campos de cada amostra laminada, considerando-as os elementos distintivos das espécies de esponjas com remanescentes na rocha. Os elementos silicosos das esponjas (espículas) e das diatomáceas (frústulas) foram computados separadamente e, por não possibilitarem a noção da quantidade de espécimes aos mesmos relacionados, não passaram pelo tratamento estatístico tradicional em bioestatística.

Conforme Wetzel & Likens (2000), para que o resultado de análises de dados amostrais seja estatisticamente válido, faz-se necessário analisar um número mínimo de amostras, ao qual os referidos autores denominam de fator de adequação mínima (Nmin). O cálculo desse, parte de um cômputo preliminar, através do qual obtêm-se uma média (x) e um desvio padrão (s). Esses, modulados por uma constante de precisão (0.1 ou 10 %) e por um fator de desvio padrão (2), garantem que 95 % dos dados médios tenham variância máxima de 10 % da média real. O número mínimo de amostras destinadas à análise é, então, obtido através da fórmula: $\mathbf{Nmin = \{2s/(x)(0.1)\}^2}$

Sendo as espículas de esponjas os elementos biogênicos predominantes na composição do espongilito, o fator de adequação mínima para o biólito foi calculado a partir da contagem das mesmas, numa amostra retirada de um ponto médio entre a base e o topo da laje pelítica.

No descrito procedimento, bem como nos cômputos posteriores, foram contadas todas as espículas identificáveis em 35 campos da lâmina, cuja distribuição foi controlada para referencial de posicionamento conforme a figura 4.3.

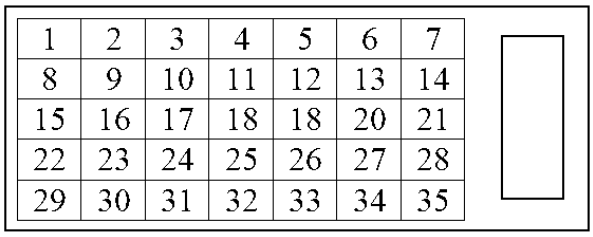


Figura 4.3 - Posição dos campos de contagem na lâmina para análise micropaleontológica.

A partir da média e do desvio padrão inicialmente obtidos o Nmin obtido para o espongilito é 4,8. Visando ampliar a margem de segurança, foram analisadas seis lâminas de cada um dos níveis estratais constatados no biólito.

4.3. Sedimentologia

Desde a década de 1980, vários corpos d'água do sistema lacustre do Alto Paraná foram sondados com vistas à prospecção de depósitos de interesse econômico. Com esse enfoque, o IPT e a UFMS são as instituições que mais investigaram os depósitos bio-silicosos sul-mato-grossenses.

Ao longo da presente abordagem amostras da laje consolidada da Lagoa do Meio foram submetidas à análise granulométrica. Para evitar a quebra das partículas biogênicas e a produção de uma fração fina irreal, de cada nível da

laje do espongilito foram serrados cubos de aproximadamente 40 cm^3, que foram desagregados conforme técnica anteriormente apresentada.

A secagem posterior foi realizada em estufa à 40°C, por 72 horas. Em duas baterias preliminares, uma a seco e outra via úmida, procedeu-se o peneiramento do desagregado antes obtido, usando-se um conjunto de peneiras metálicas (Granutest) com malhas entre 2 e 0,062 mm e agitação mecânica. Diante da discrepância de resultados, procedeu-se a análise semi-microscópica das frações retidas, constatando-se no material peneirado à seco, muitos agregados espiculares.

Devido ao exposto, à baixa densidade das espículas e à inexistência de parâmetros para confirmar a efetividade da pipetagem como técnica adequada ao objeto de estudo, foram considerados somente os resultados do peneiramento úmido e vistos com reservas os resultados quantitativos acerca das frações siltica e argilosa os quais, para representação gráfica dos resultados, foram agrupados.

As amostras do arenito espiculítico foram desagregadas manualmente, com auxílio de almofariz e pistilo e peneiradas à seco, com auxílio dos mesmos materiais e métodos antes descritos.

A análise de finos foi realizada seguindo os procedimentos usuais da pipetagem mas, em função da menor densidade das espículas em relação aos pelitos minerogênicos, os resultados obtidos também devem ser vistos com reserva.

4.4. Geocronologia

Diante da ausência de carbono na composição do espongilito, buscou-se datar a laje consolidada através de termoluminescência. Para tanto conjuntos de amostras foram enviados à dois laboratórios independentes: o Laboratório de Vidros e Datação da Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC) e o Laboratório de Datação da Universidade de Washington, sediado em Seattle, nos Estados Unidos.

Para datação foram preparados vários conjuntos de amostras; cada um contendo a amostra principal, isenta de iluminação atual, e uma segunda para calibração, de solo exposto nas imediações do ponto de coleta.

Os dois conjuntos inicialmente preparados com amostras do espongilito não continham a quantidade necessária de grãos de quartzo para a datação. Um terceiro conjunto, incluiu uma amostra (W2) coletada via percussão horizontal no substrato arenoso imediatamente sotoposto à laje consolidada apresentou composição favorável e foi datada.

Um quarto conjunto, contendo solo superficial e um cubo do litofácies arenoso (amostra W3), teve o núcleo datado, confirmado idades semelhantes às anteriormente obtidas por meio da datação da amostra W2.

Todos os pontos de coleta foram descritos e georreferenciados com GPS. Foram utilizados: retroescavadeiras com braços de 4 e 5 m, pás retas, tubos e tampas de 75 mm de PVC reforçado, marretas, martelo geológico, máquinas fotográficas analógica e digital, base para percussão, mecanismo de alavanca para retirada de amostra, sacos plásticos opacos, colher de pedreiro, pincéis, canetas à prova de água, tirantes de borracha, fitas adesivas, serra para metal, etiquetas e rótulos de papel e trena.

Uma resenha dos princípios e das técnicas adotadas na Universidade de Washington para a datação por meio da termoluminescência dos minerais, é apresentada nos anexos (Capítulo 9.) do presente estudo.

É comum e dispendioso o truncamento de ensaios de termoluminescência por inadequação da amostragem. Muitos laboratórios somente realizam datações de amostras que tenham sido coletadas sob supervisão de um técnico por eles credenciado.Tal situação implica numa demanda de tempo e de recursos financeiros, os quais devem ser previstos no âmbito do projeto.

Os procedimentos adotados no presente estudo, para a amostragem de sedimentos e de rochas que foram submetidos à termoluminescência, são detalhados nos quadros 4.7 e 4.8.

Quadro 4.7 - Procedimentos para a coleta e o preparo de amostras inconsolidadas visando a datação via termoluminescência.

Etapa	Procedimentos
Amostragem de superfície	Com auxílio de pá, uma amostra com aproximadamente 1 kg de sedimento superficial, sobrejacente ao ponto objeto de datação, é georreferenciado com GPS, coletado e seco via exposição direta ao sol. Amostras georreferenciadas e expostas ao sol no local de coleta são usadas para a calibração dos medidores de termoluminescência.
Amostragem no ponto a datar	Uma trincheira com cerca de 4 m de profundidade é retroescavada. As superfícies expostas são medidas com trena, aplainadas com auxílio de pás, limpos com pincel e fotografadas. Com auxilio da colher de pedreiro faz-se a demarcação dos limites da laje consolidada bem como a marcação, no sedimento úmido, do ponto a ser sondado.
Percussão horizontal	Com auxílio da base para percussão, marreta e do martelo geológico, um tubo de PVC é inserido via percussão, horizontalmente até cerca de 40 cm no ponto anteriormente demarcado. A extremidade exposta do tubo de PVC é serrada e tampada. Manualmente ou com auxílio de chave com alavanca, o tubo de PVC é retirado e a outra extremidade do mesmo é tampada.
Orientação da amostra	O tubo com a amostra é limpo. Com canetas a prova d'água são feitas marcas de orientação indicativas das extremidades externa e interna, bem como de um setor, em ponto médio do tubo, de onde deverá ser aproveitada a amostra para datação.
Embalagem	O tubo deve ser lacrado com fita adesiva e identificado com etiqueta contendo dados de profundidade e umidade do ponto de coleta. O tubo deve ser acondicionado e mantido em embalagem plástica opaca.
Preparo em laboratório	Cerca de 300 g , tanto da amostra do sedimento de superfície quanto da amostra de percussão serão necessárias para a datação via termoluminescência. A amostra obtida por percussão deverá ser mantida no tubo, o qual poderá ser reduzido com serra, desde que em ambiente isento de luz. Para o envio aos laboratórios, numa mesma caixa, devem seguir em saco comum etiquetado, as amostras superficiais e no tubo lacrado e etiquetado, as amostras de percussão.
Cuidados especiais	Amostras destinadas a análises no exterior devem receber etiquetas especiais fornecidas pelo laboratório de destino.

Quadro 4.8 - Procedimentos para a coleta e o preparo inicial de amostras litificadas para datação via termoluminescência.

Etapa	Procedimentos
Amostragem de superfície	Com auxílio de pá, uma amostra com aproximadamente 1kg de sedimento superficial e sobrejacente ao ponto objeto de datação, é georreferenciado, coletado e exposto ao sol para secar. Cerca de 300g desse sedimento serão necessárias para referenciar a calibragem da termoluminescência.
Amostragem no ponto a datar	Uma amostra com cerca de $10cm^3$ da rocha deve ser coletado sob máxima restrição de luminosidade. O ponto de amostragem deve ser georreferenciado e descrito; importando de forma especial os dados atinentes a profundidade e ao grau de umidade no ponto de amostragem.
Preparo e acondicionamento	Em laboratório a amostra a ser submetida a datação deve secar naturalmente e em local não iluminado. Mantendo os mesmos cuidados um cubo com cerca de 10cm de lado deve ser serrado e envolto em embalagem opaca devidamente etiquetada. Essa pode ser acondicionada saco simples etiquetado. As amostras de um mesmo ponto de coleta devem seguir na mesma caixa.
Cuidados especiais	Amostras destinadas a análises no exterior devem receber etiquetas especiais fornecidas pelo laboratório de destino.

4.5. Geoquímica

Amostras do espongilito foram desagregadas em moinho e enviadas à dois laboratórios independentes dentro de duas etapas. Inicialmente, com vistas a avaliar a presença de elementos passíveis de datação, foram realizados ensaios qualitativos nos laboratórios da Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (CIENTEC).

Uma segunda bateria de análises, realizada nos laboratórios da Lakefield Geosol LTDA., visou proceder o detalhamento químico-composicional do espongilito, iniciando pela determinação da fase de cristalização predominante na composição do biólito. Posteriormente foram determinados os gradientes de voláteis e de óxidos entre a base e o topo da litofácies pelítica da laje. O levantamento desses dados visou:

a) Proceder a classificação da rocha segundo os parâmetros propostos pelo BGS (1999);

b) Possibilitar a comparação químico-composicional do espongilito com a de outras litologias biossilícicas continentais e;

c) Constatar possíveis diferenças químicas entre amostras da base e do topo, visando embasar inferências sobre a dinâmica do meio deposicional.

A técnica inicialmente utilizada foi a espectometria de fluorescência de raios X, com aparelhagem RIX 3100 marca Rigaku. Este equipamento detecta elementos químicos com números atômicos superiores a onze. O relatório final do ensaio recebeu a identificação CIENTEC - 3563/8310.

A análise de fases minerais foi realizada com difratômetro de Raios-X (Philips/PW1710). As análises de perdas ao fogo e quali-quantitativa de óxidos foram realizados respectivamente via calcinação a 1000ºC até a obtenção de peso constante e via fluorescência de Raios X e fusão com tetracloreto de lítio. O relatório final destas análises recebeu a identificação, GEOSOL/LG5005.

4.6. A disponibilidade de amostras e lâminas

O quadro 4.9 apresenta a relação dos depositários das amostras de mão e laminadas que foram analisadas neste estudo.

Quadro 4.9 - Depositários das amostras analisadas.

Amostra	Registro nº	Instituição	Arquivo	Curador
Espongilito; amostras de mão blocos cortados.	6293	FZB: Museu de Ciências Naturais	Catálogo de peças de poríferos	Dra. Cecília Volkmer Ribeiro
Espongilito; lâmina delgada para petrografia.	6288			
Espongilito; lâminas delgadas para micropaleontologia	6289 a 6292			
Espongilito; amostras de mão blocos cortados.	ES 001	UNISINOS: Micropaleontologia	Arquivo de amostras laminadas	Dr. Itamar Ivo Leipnitz
Espongilito; lâmina delgada para petrografia.	ES 001-LP			
Espongilito; lâminas delgadas para micropaleontologia	ES 001- LM			
Arenito espiculítico; amostra de mão em blocos cortados	AE 001			
Arenito espiculítico; lâminas delgadas para petrografia.	AE 001-LP			

5. Resultados

Diversos fatores modulam as características finais dos depósitos sedimentares. Segundo Paim *et al.* (2003), aqueles podem variar desde a escala bacinal (gigaescala) até a petrográfica (microescala). Sob tal consideração, são intermediários os aspectos estratigráficos (megaescala), arquiteturais (macroescala) e as feições sedimentares (mesoescala).

Dados acerca da inserção do Alto Paraná no contexto da sinéclise e a estratigrafia das unidades-fonte da sílica acumulada na laje espiculítica da Lagoa do Meio, foram anteriormente apresentados. Características incluídas nas demais escalas de apreciação, assim como dados complementares às mesmas, são neste capítulo apresentados.

5.1. Caracterização do depósito

O depósito bio-silicoso da Lagoa do Meio é residual. Remanesce de uma exploração que foi muito intensa ao longo da década de 1960 em função das obras do Complexo de Urubupungá. É litificado, lajiforme e, nas margens norte e oeste da referida lagoa, exibe uma continuidade subaquosa de centenas de metros, observável durante as estiagens de inverno. Em posição extrapolante ao corpo d'água, a laje exibe continuidade apenas decamétrica. Os blocos coletados nas trincheiras são exclusivamente pelíticos e têm espessura máxima de 32 cm, diminuindo no sentido distal ao centro da lagoa.

Somente num bloco escavado diretamente do leito da Lagoa do Meio, foi constatada uma litofácies arenosa. Essa exibe espessura de aproximadamente 35 cm e sotopõem-se à fácies pelítica (espongilito) que, no topo do mesmo bloco, tem cerca de 10 cm de espessura.

Tal conjunto concorda com a descrição feita pelo Engenheiro Saiar (Capítulo 1) e evidencia que o depósito inicial gerou-se sob hidrodinâmica competente para transportar e depositar areias, restringindo-se após, ao transporte e o depósito de pelitos.

A figura 5.1 apresenta dados batimétricos, georreferenciais e de posicionamento dos pontos sondados, tanto da Lagoa do Meio, quanto na Lagoa do Araré no Município de Paranaíba, MS. Os depósitos bio-silicosos de Paranaíba foram estudados pelo IPT (1983). Segundo aquele instituto, são sedimentos ricos em espículas de esponjas que ocorrem sotopostos à camadas de turfa e superpostos à areias, em lagoas de terraço fluvial holocênico.

Durante os invernos secos da região, o nível d´água das lagoas rebaixa, deixando mais visível seu substrato. Em alguns pontos da Lagoa do Meio, a laje, muito clara, exibe continuidade por mais de 100m (Figura 5.2). Fora do contorno atual da lagoa, essa continuidade é apenas decamétrica, fato constatado nas trincheiras assim como nas escavações circulares, que nas residências locais, são feitas para a construção de fossas sépticas.

Por meio de uma sondagem rotativa realizada na margem Norte da Lagoa do Meio (Ponto SR e perfil na figura 5.1 A), recuperou-se aos 25 cm de profundidade, fragmentos da laje espiculítica. Desse ponto, até 4 m de profundidade, constatou-se intercalações de silte e areia fina. Até cerca de 10 m de profundidade foram recuperadas amostras de areia de granulometria variada; nesse ponto a sonda encontrou um estrato conglomerático que determinou a finalização do procedimento.

A figura 2.2 desse trabalho apresenta um esboço do *log* da sondagem rotativa, que é acompanhado por um registro fotográfico onde inclui-se o registro de uma escavação circular para a construção de fossas, conforme anteriormente mencionado.

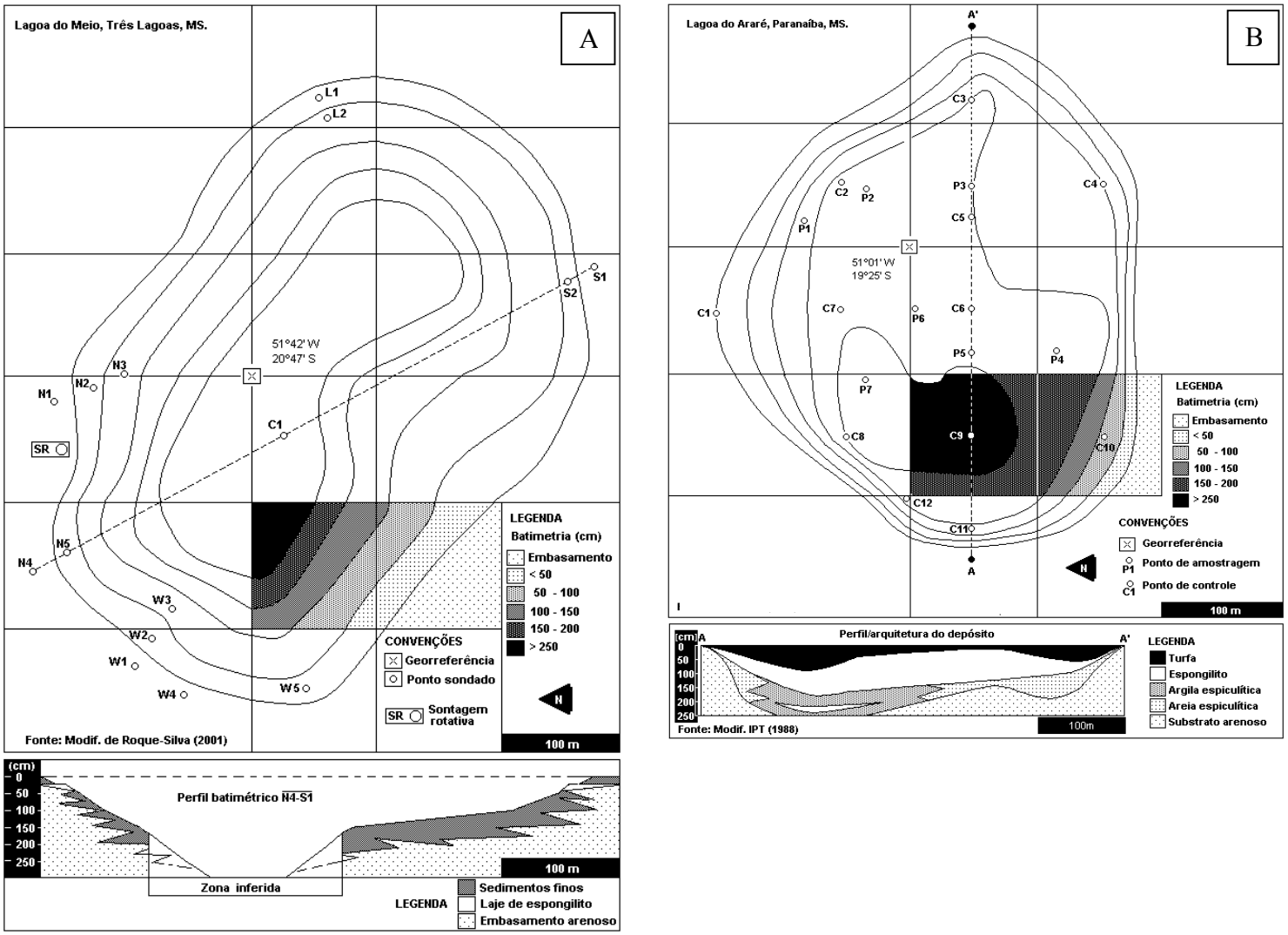


Figura 5.1 – Comparativo entre lagoas com depósitos bio-silicosos espiculares. Batimetria, perfilagem e localização dos pontos de amostragem: (A) Lagoa do Meio, Três Lagoas, MS. Terraço fluvial alto de idade pleistocênica; (B) Lagoa do Araré, Paranaíba, MS. Terraço fluvial baixo de idade holocênica. Fonte (B): IPT(1983).

Figura 5.2 - Fotomontagem desde a margem oeste da Lagoa do Meio: (A) Visão da margem oposta; (B) Exposição subaérea e subaquosa da laje consolidada e demarcação de seu limite e (C) Exposição da laje consolidada em trincheira. Tubo de PVC marca o ponto da sondagem para datação.

5.1.1. Feições sedimentares

Em amostras desidratadas do espongilito não é possível a distinção de unidades de sedimentação, estratos ou lâminas conforme propostos por Campbell (1967). Amostras do espongilito, quando desidratadas e cortadas, exibem cor muito clara e aspecto homogêneo, assemelhando-se ao giz. Se re-hidratadas, as mesmas amostras revelam 4 estratos com laminações (Figura 5.3). Cada estrato possui entre 5 e 7 cm de espessura e limites marcados por níveis siltosos.

Cada estrato é formado por lâminas milimétricas que constituem as menores unidades estratais macroscopicamente visíveis. Essas exibem cores claras, disposição planar sub-paralela ou cruzada, assemelhando-se às marcas onduladas de corrente que, para Suguio (2003) indicam deposições rasas e calmas, em contexto de moderadas taxas de carga em suspensão.

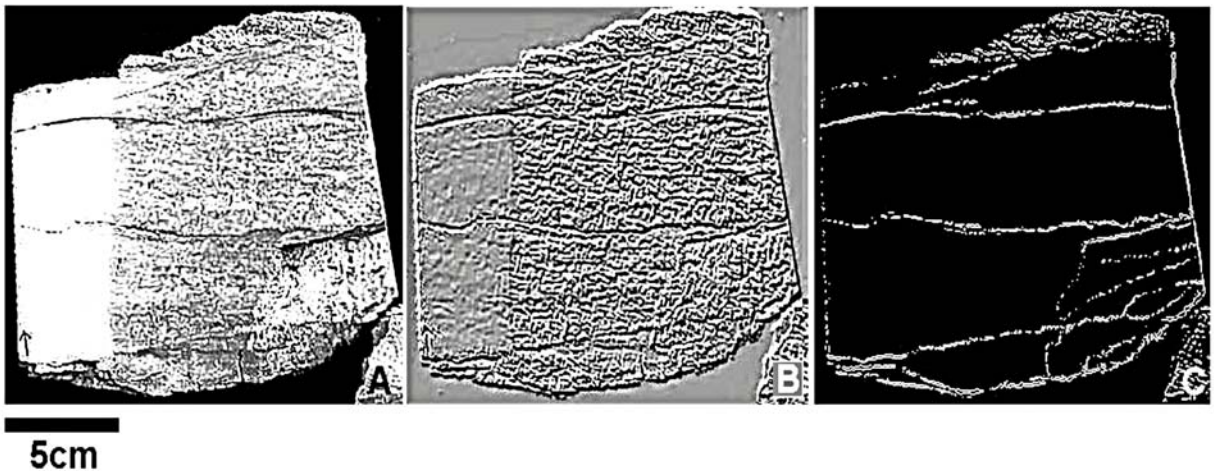


Figura 5.3 - Fotografia digital do fácies pelítico da laje consolidada: (A) Perfil de bloco cortado e parcialmente re-hidratado; (B) Imagem tratada para saliência de estruturas e (C) Imagem tratada para salientar limites de níveis estratais.

Outras estruturas, observadas da base ao topo de amostras re-hidratadas são verticalizadas e atribuídas a marcas de gretamento (Figura 5.4), registro de exposições do substrato fino, provavelmente durante secas estacionais.

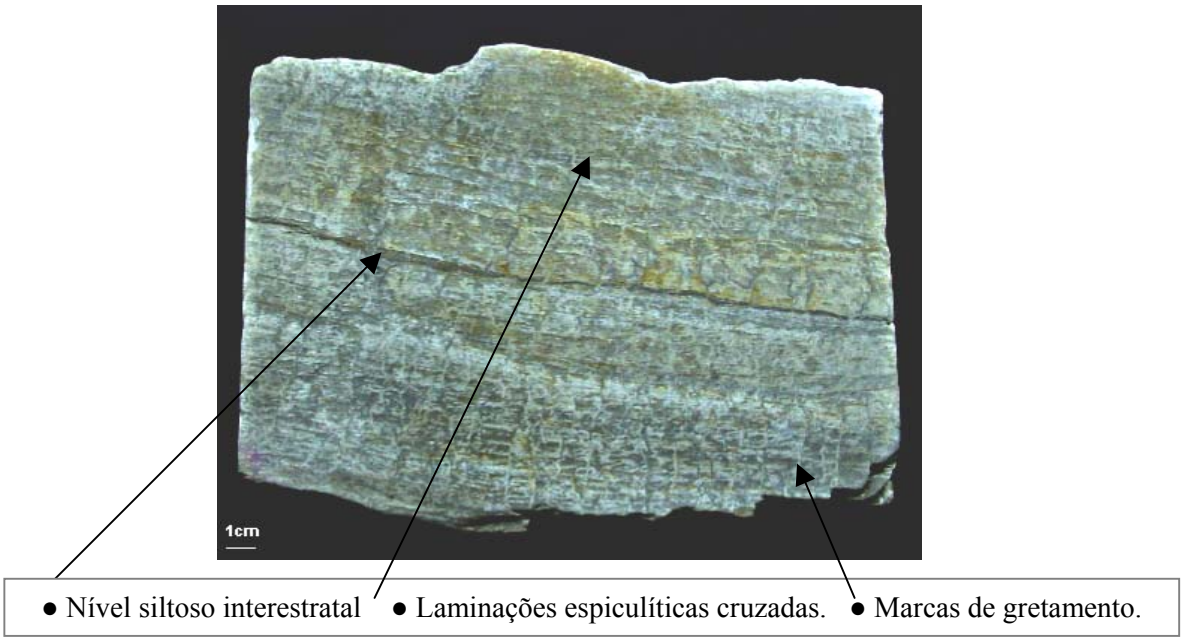


Figura 5.4 – Fotografia da amostra W2 re-hidratada . Fácies pelítico (espongilito).

A litofácies arenosa (Figura 5.5), exibe cor acinzentada mais escura do que a predominante na fácies pelítica (espongilito). No topo da referida amostra observam-se interdigitações que, segundo Mendes (1984), evidenciam a ocorrência de oscilações das condições paleoambientais.

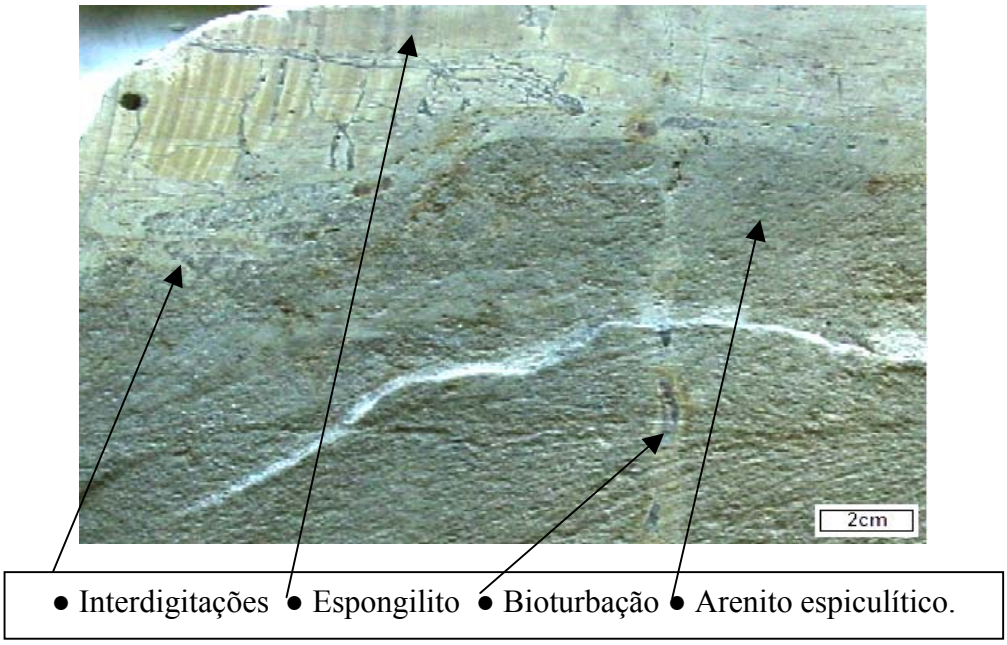


Figura 5.5 – Fotografia da laje consolidada. Amostra W3.

Na litofácies psamítica são também visíveis bioturbações atribuídas à fixação de raízes. Essas são estruturas verticais preenchidas por material pelítico, que mostram-se coloridas por óxido de ferro e evidenciam um sítio de deposição pouco profundo.

Amostras do espongilito são indeformáveis sob lâmina de espátula, característica que, na acepção do BGS (1999) o define como corpo litificado; portanto uma rocha. Esse tipo de litologia, segundo a mesma fonte, é classificado conforme a porosidade e o tipo de sílica constituinte.

O peso específico do espongilito é 2,2 g/cm^3 e a sua porosidade aparente é de 51,25 %, dados que posicionam o biólito no mesmo intervalo de classificação em que o BGS enquadra os diatomitos e os radiolaritos.

O difratograma de Raios X do biólito (item 5.4.) confirma o caráter amorfo da sílica constituinte. A denominação do organismo com predominância de remanescentes sedimentares na composição da rocha deve, também conforme a proposta do BGS, compor o nome final da litologia, antes já referida como um espongilito.

5.1.2. Microscopia

Os ensaios petrográficos de amostras do espongilito e do arenito espiculítico constituem análises inéditas que subsidiam a abordagem micropaleontologica do biólito, possibilitando a noção exata do arcabouço da rocha. As discrepâncias faciológicas constatadas na laje consolidada, evidenciam, por outro lado, aspectos da dinâmica ambiental, ao tempo da geração do depósito.

A análise de amostras laminadas para micropaleontologia possibilita a identificação e o registro fotomicrográfico de elementos microscópicos. Assim são as frústulas das diatomáceas e as microscleras, essas as menores espículas produzidas pelas esponjas, elementos que não são perceptíveis nas amostras laminadas para análise petrográfica. Conclui-se do exposto, o caráter complementar dos dois tipos de análise, cujos resultados são, a seguir, apresentados.

5.1.2.1. Petrografia do espongilito

Mais de 80% dos componentes identificáveis no arcabouço do biólito são espículas de esponjas ou fragmentos destas (Figuras de 5.6 e 5.7). Esses elementos dispõem-se formando agrupamentos (laminações) que diferenciam-se pelo grau de integridade das espículas bem como pelo ângulo de

imbricação das mesmas (Figura 5.8). As espículas identificáveis em lâminas para petrografia são megascleras lisas, diactinais e monoaxônicas, cujo comprimento varia entre 280 e 300µm e a largura varia entre de 8 e 15µm.

As frústulas de diatomáceas visíveis exibem formas naviculares de extremidades arredondadas e comprimento médio superior aos 300µm e são atribuídas ao Gênero *Pinnularia* (Figura 5.9). Esses elementos formam pequenos agrupamentos distinguíveis pela cor amarelada, devida ao preenchimento da estrutura muito porosa das frústulas por óxidos ou hidróxidos de ferro. A maior parte das frústulas observadas são também preenchidas por cimento silicoso.

O quartzo é o mineral mais abundante na composição do biólito (cerca de 7% da composição). Esse mineral ocorre em grãos com diâmetro médio inferior a 0,5mm e forma predominantemente subarredondada. Os contatos intergranulares são flutuantes ou, eventualmente, pontuais. O tipo de extinção mais freqüente é a reta e são raros grãos recristalizados ou com extinção ondulante.

Em alguns grãos de quartzo observam-se vacúolos e micrólitos de apatita ou zircão; outros exibem golfos de corrosão preenchidos por cimento silicoso, freqüentemente com tingimento ferruginoso.

Acúmulos de grãos de quartzo marcam os limites das laminações e dos quatro estratos constatados no fácies pelítico da laje consolidada.

O estrato da base desse pacote mostra-se mais avermelhado do que os sobrepostos, aspecto sugestivo de que esse tenha sido o nível mais afeto à ação oxidante de soluções percolantes pós-deposicionais.

Outros minerais constatados na composição do espongilito, ambos em quantidades mínimas, são a muscovita e a clorita.

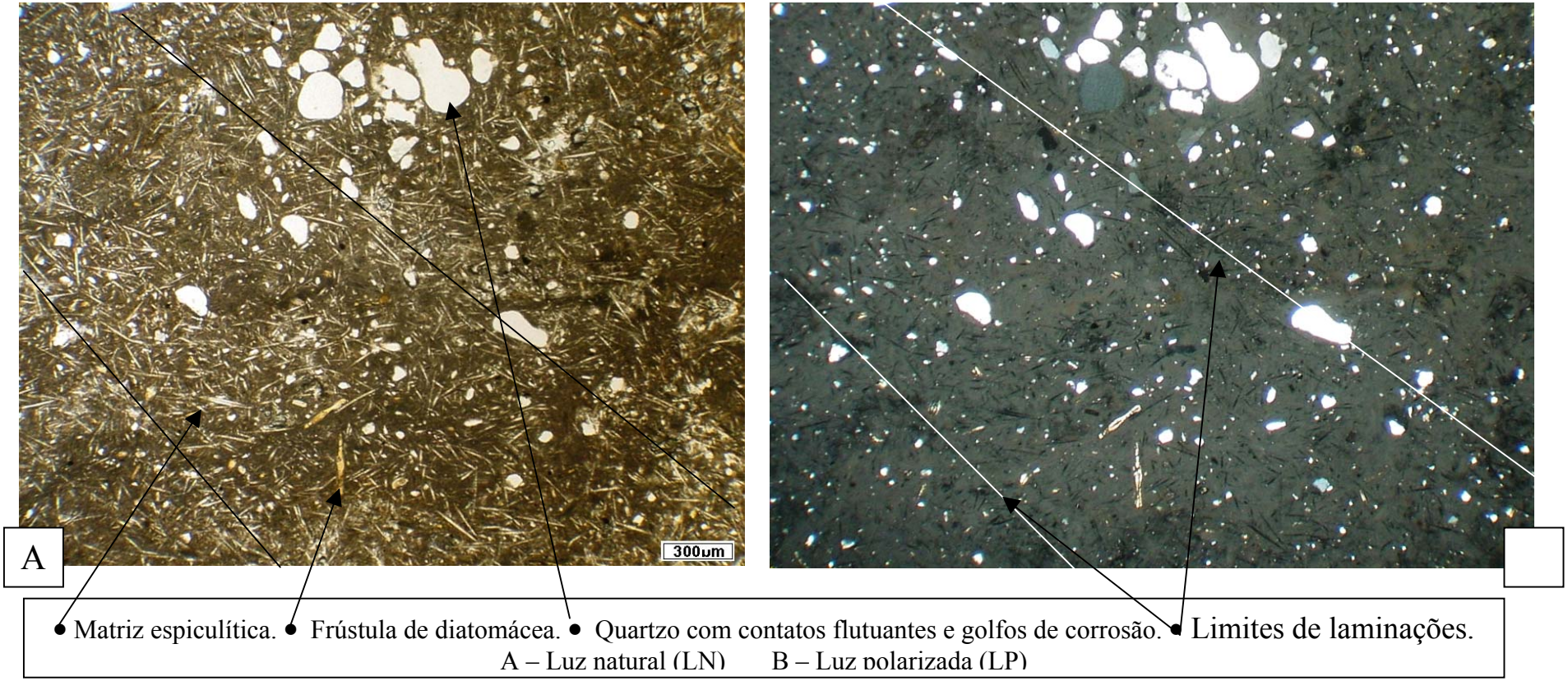


Figura 5.6 - Fotomicrografias. Amostra W2; topo do fácies pelítico da laje (espongilito).

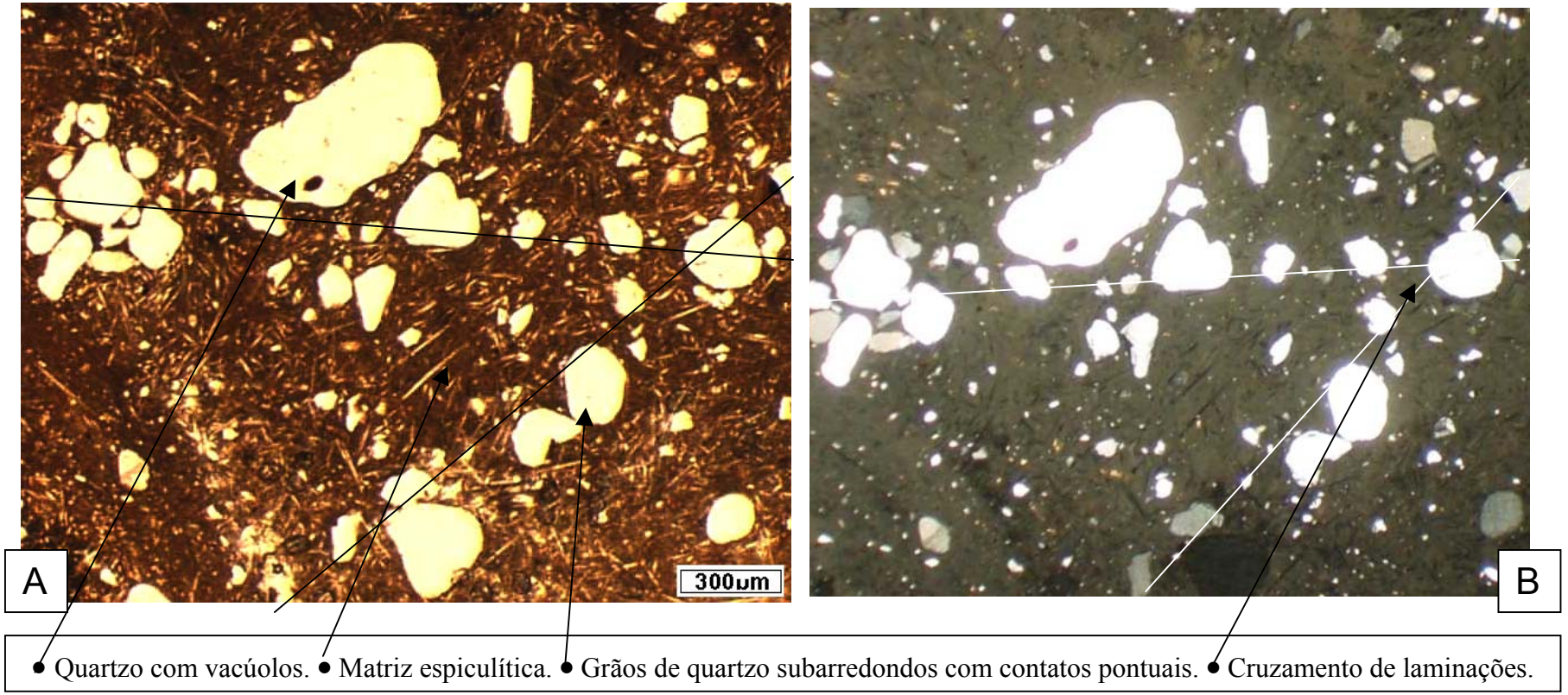
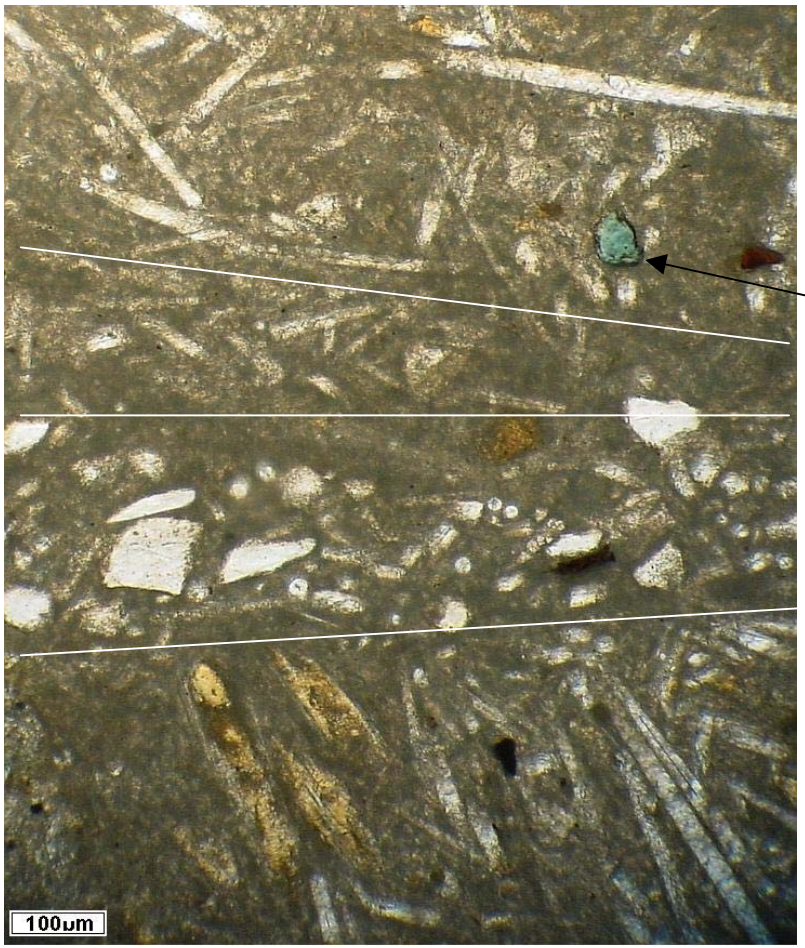


Figura 5.7 - Fotomicrografias (A=LN / B=LP). Amostra W2; base do fácies pelítico da laje (espongilito).



Laminação 1:
Com espículas íntegras em posição subhorizontal.

Clorita

Laminação 2:
Com espículas fragmentadas e dispostas em padrão cruzado.

Nível interestratal; Com grãos de quartzo pouco arredondados e secções transversais de espículas.

Laminação 3:
Frústulas naviculares com preenchimento de óxido ou hidróxido de ferro e espículas íntegras. Disposição subvertical.

Figura 5.8 - Fotomicrografia (LN). Amostra W2 ; topo do fácies pelítico da laje (espongilito).

.

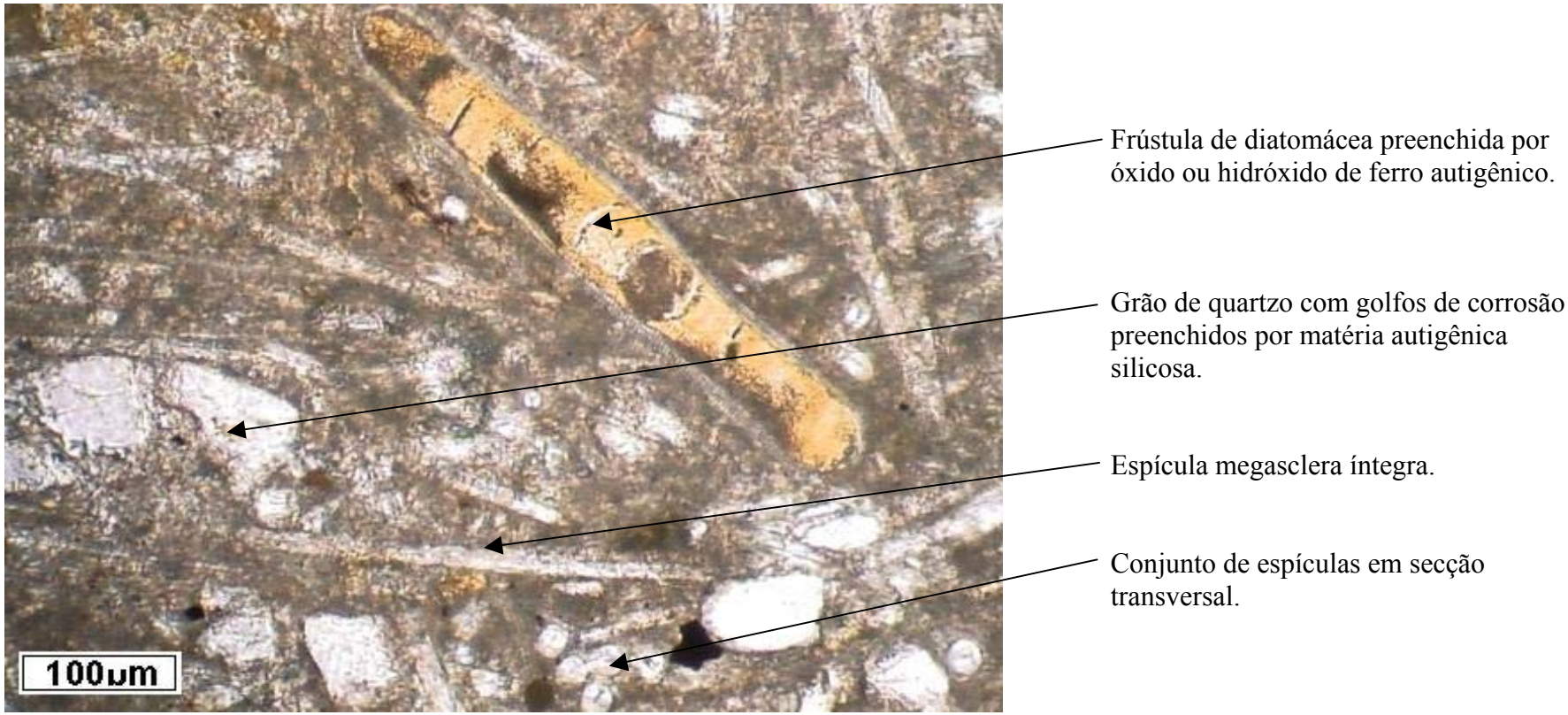


Figura 5.9 - Fotomicrografia (LN). Amostra W2; topo do fácies pelítico da laje (espongilito).

5.1.2.2. Petrografia do arenito espiculítico

Nas amostras do fácies psamítico da laje consolidada, grãos de quartzo são os constituintes predominantes (mais de 80% da composição média da rocha). A maior parte desses é subarredondada e apresenta extinção reta. Quando incluem micrólitos, esses são de apatita, zircão ou rutilo.

Em quantidades menores, ocorrem grãos de quartzo recristalizados e outros com extinção ondulante, produtos diagenéticos ou de uma rocha-fonte metamórfica. A presença de golfos de corrosão preenchidos por cimento criptocristalino e por soluções ferruginosas, é uma outra peculiaridade observável em grãos do mineral predominante.

Raros cristais de muscovita, de clorita e alguma sericita completam o conteúdo minerogênico do arenito. Uma matriz espiculítica e o cimento criptocristalino e ou ferruginoso ocupam os espaços intersticiais formando um conjunto que complementa o arcabouço do arenito.

As características dos grãos de quartzo, análogas às verificadas no espongilito, evidenciam o predomínio do quartzo comum, de origem magmática, o qual é também denominado por Suguio (2003), como quartzo plutônico (Figuras de 5.10 até 5.13).

O tipo e a forma dos grãos de quartzo, a composição mineral acessória e o distanciamento de áreas-fonte compatíveis com a mineralogia constatada, são evidências sugestivas do transporte e do retrabalhamento, possivelmente vinculados ao depósito mesozóico dos arenitos do Grupo Bauru, substrato litológico regionalmente predominante.

A cimentação e, no arcabouço da rocha, a forma dos grãos de quartzo, o tipo de contatos intergranulares e a ocorrência de golfos de corrosão, são peculiaridades litológicas que, conforme Strakhow (1953), caracterizam o segundo estágio diagenético. Esse, ocorrido sob temperaturas e pressões litostáticas moderadas, implica também na quebra, dissolução e re-precipitação dos constituintes mais suscetíveis, resultando na litificação incipiente do sedimento.

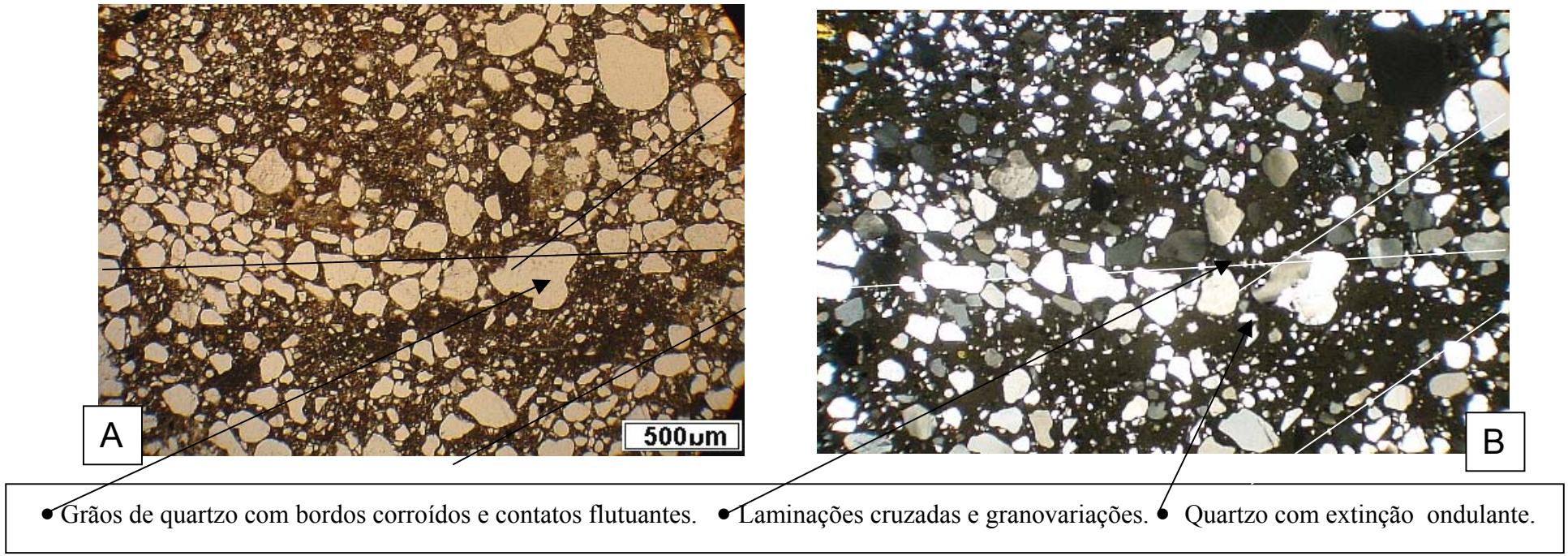


Figura 5.10 - Fotomicrografias (A=LN / B=LP). Amostra W3; fácies psamítico da laje (arenito espiculítico).

.

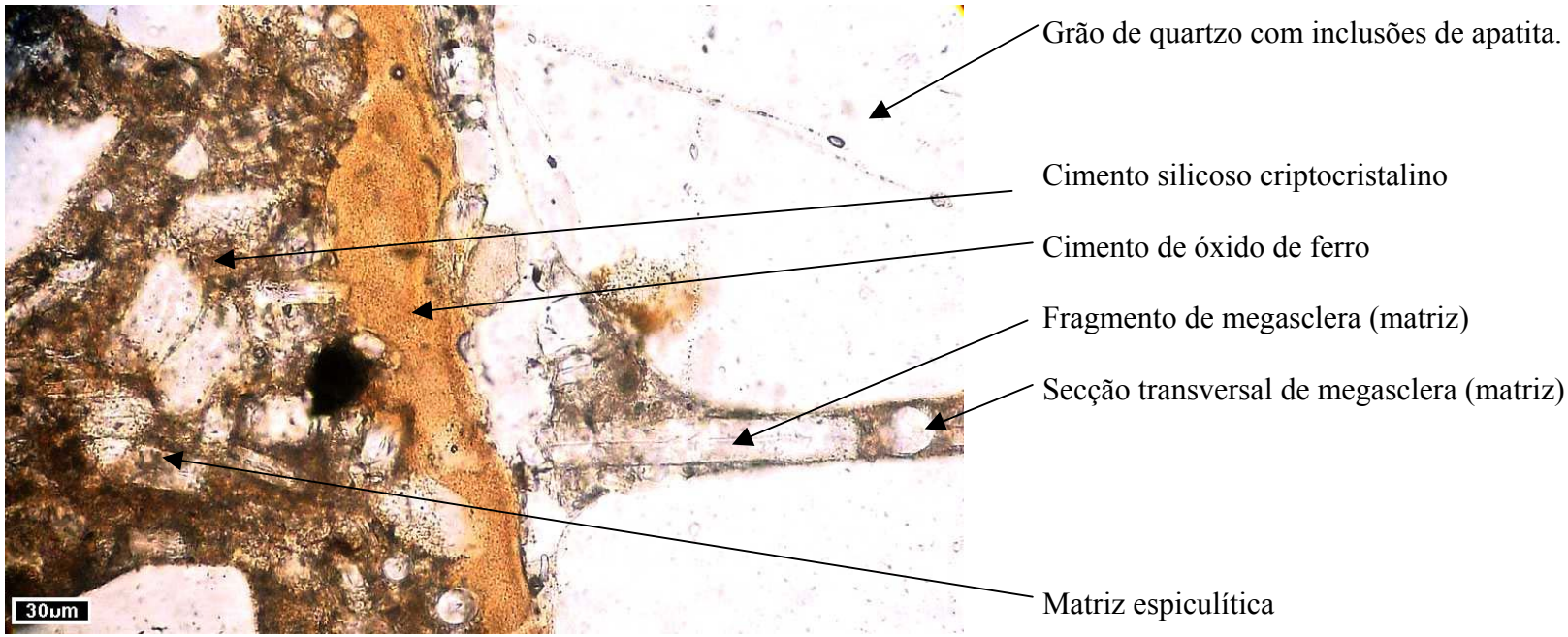


Figura 5.11 - Fotomicrografia (LN). Amostra W3; fácies psamítico da laje (arenito espiculítico).

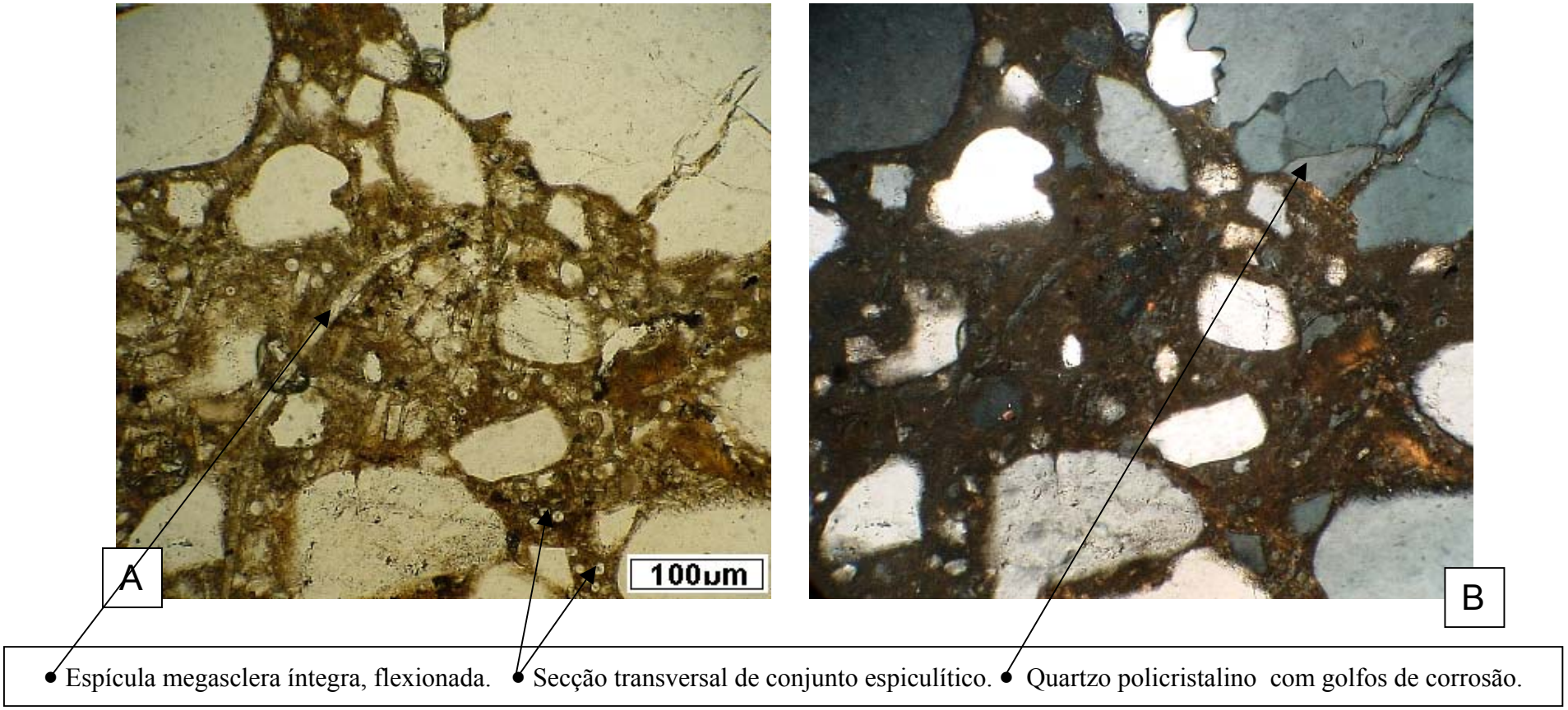


Figura 5.12 - Fotomicrografias (LN/LP). Amostra W3; fácies psamítico da laje (arenito espiculítico).

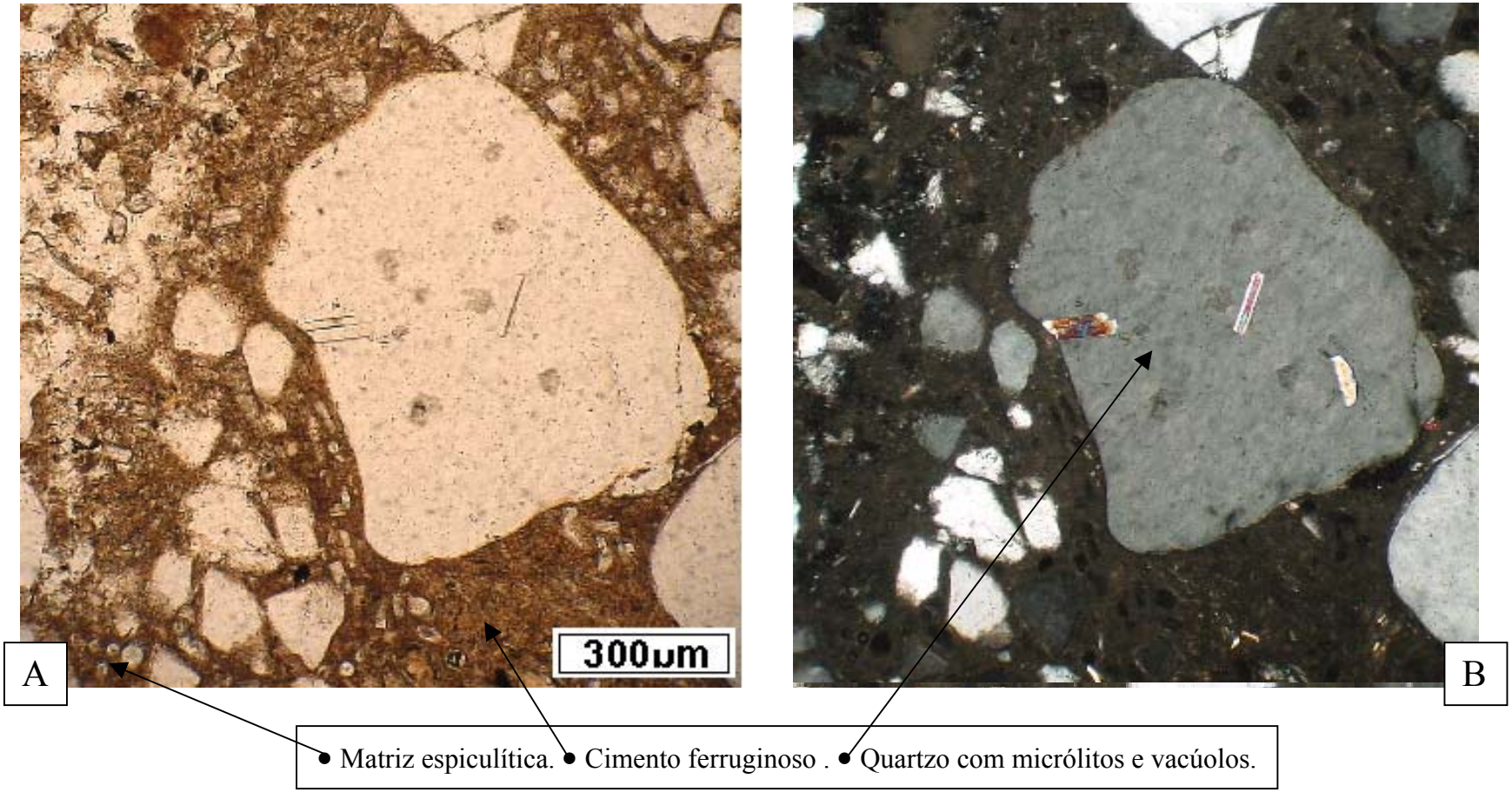


Figura 5.13 - Fotomicrografias (A=LN / B=LP). Amostra W3; fácies psamítico da laje (arenito espiculítico).

5.1.2.3. Micropaleontologia do espongilito

5.1.2.3.1. As espécies de esponjas identificadas

São apresentados dados taxonômicos e morfológicos das espécies que, no cômputo geral, ocorrem em médias percentuais maiores do que 1% do montante de gemoscleras e microscleras reconhecidas para contagem. As espécies são agrupadas por Gênero, em ordem decrescente de abundância dos respectivos elementos distintivos (microscleras e gemoscleras).

Reino	ANIMALIA
Filo	PORIFERA Grant, 1836
Ordem	POECILOSCLERIDA Topsent, 1928
Família	METANIIDAE Volkmer-Ribeiro, 1986
Gênero	*Metania* Gray, 1867 ¨sensu¨ Volkmer-Ribeiro, 1986
Espécie	*Metania spinata* (Carter, 1881)

Figura 5.14 - Fotografia de espécimes de *M. spinata.* Fonte: Modificado de Volkmer-Ribeiro (1999).

Os elementos esqueletais da espécie apresentam as seguintes características: megascleras óxeas lisas (Figura 5.15 A), ou espinhosas (Figura 5.15 B), com comprimento médio de 290µm e largura média de 23µm. Microscleras monoaxônicas espinadas (Figuras 5.15 C e 5.16 A e B), com comprimento médio de 40µm e largura média de 1,5µm. Gemoscleras cladotilotos (Figura 5.15 D), com comprimento médio de 55µm e rótulas inferiores raiadas (Figura 5.15 F) com diâmetro médio de 22µm. Na figura 5.17 apresentam-se fotomicrografias e esboços digitais de elementos esqueletais de *M. spinata*.

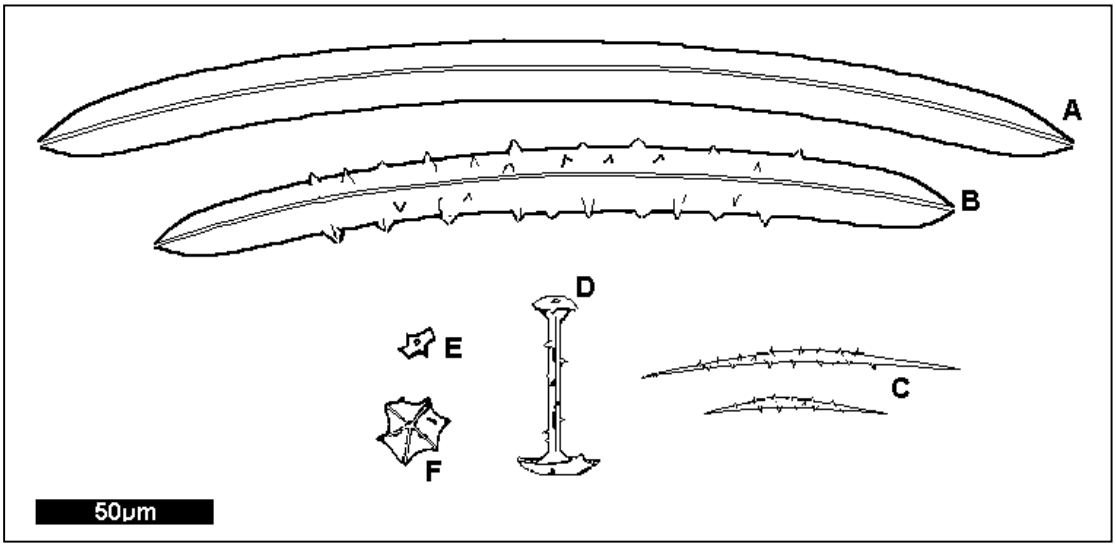


Figura 5.15 - Esboço digital de conjunto espicular de *M. spinata:* (A) Megasclera óxea, (B) Megasclera espinhosa, (C) Microscleras espinhosas, (D) Gemosclera, (E) Rótula superior e (F) Rótula
inferior.

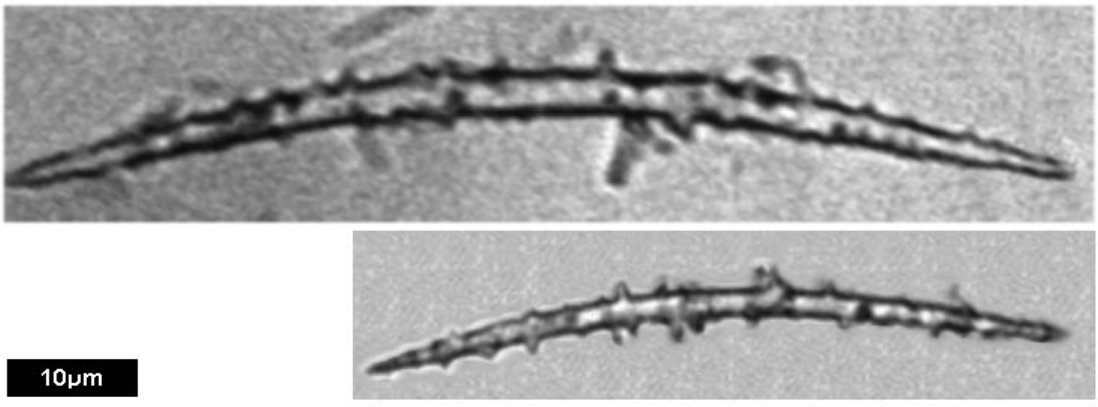


Figura 5.16 - Fotomicrografias de microscleras espinhosas, elementos distintivos de *M. spinata* computados para a análise estatística.

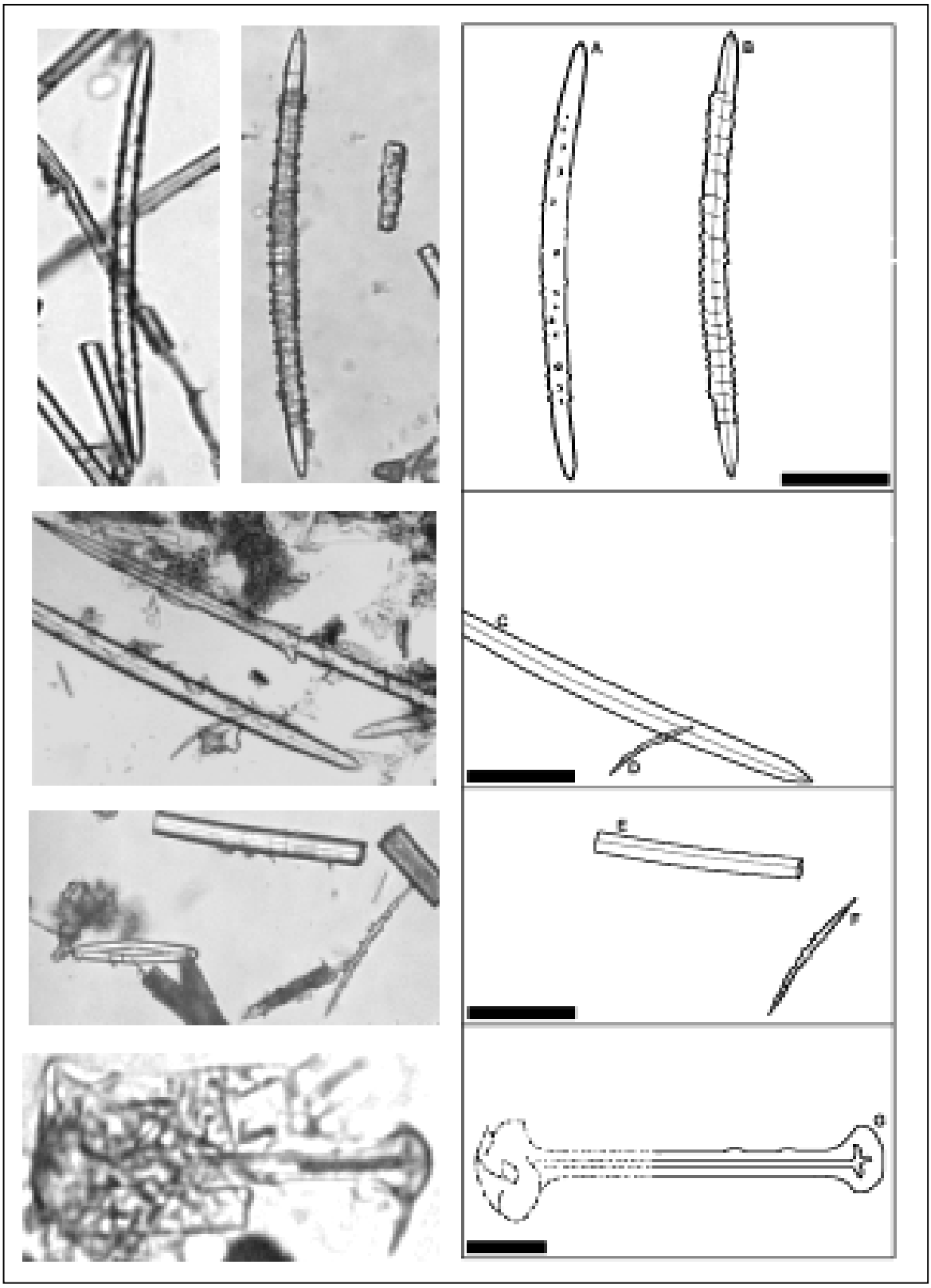


Figura 5.17 – Fotomicrografias e esboços digitais de conjuntos espiculares de *M. spinata*. Barra de escala para G = 10 μm; para demais barra de escala = 50 μm. (A e B) Megascleras espinhosas; (C e D) Megascleras lisas; (D e F) Microscleras espinhosas e (G) Gemosclera.

Ordem	HAPLOSCLERIDA Topsent, 1928
FamÍlia	SPONGILLIDAE Gray, 1867
Gênero	*Dosilia* Gray, 1867
Espécie	*Dosilia pydanieli* Volkmer-Ribeiro, 1992

Figura 5.18 - Fotografia de espécime de *D. pydanieli* .

Os elementos esqueletais da espécie apresentam as seguintes características: megascleras óxeas lisas (Figura 5.19 A e B), com comprimento médio de 310µm e largura média de 9,5µm. Microscleras estreladas (Figura 5.19 E), com raio médio de 21µm. Gemoscleras anfidiscos (Figura 5.19 C), com comprimento médio de 65µm. Rótulas com borda serrilhada (Figura 5.19 D), com diâmetro médio de 23µm.

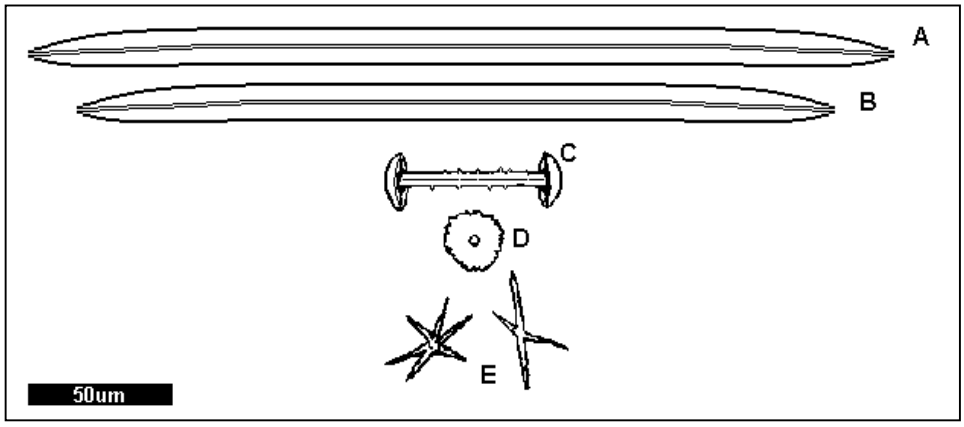


Figura 5.19 - Esboço digital de conjunto espicular de *D.pydanieli* . (A e B) Megascleras, (C) Gemosclera, (D) Rótula e (E) Microscleras.

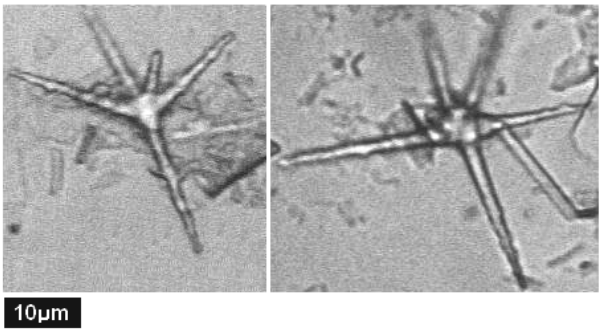


Figura 5.20 - Fotomicrografias de microscleras estreladas, elementos distintivos de *D. pydanieli*.

Na figura 5.21 apresentam-se fotomicrografias e esboços digitais de elementos esqueletais de *D. pydanieli* e, na figura 5.22, as imagens obtidas por meio de microscopia eletrônica revelam os detalhes de espículas megascleras atribuídas à *M. spinata*.

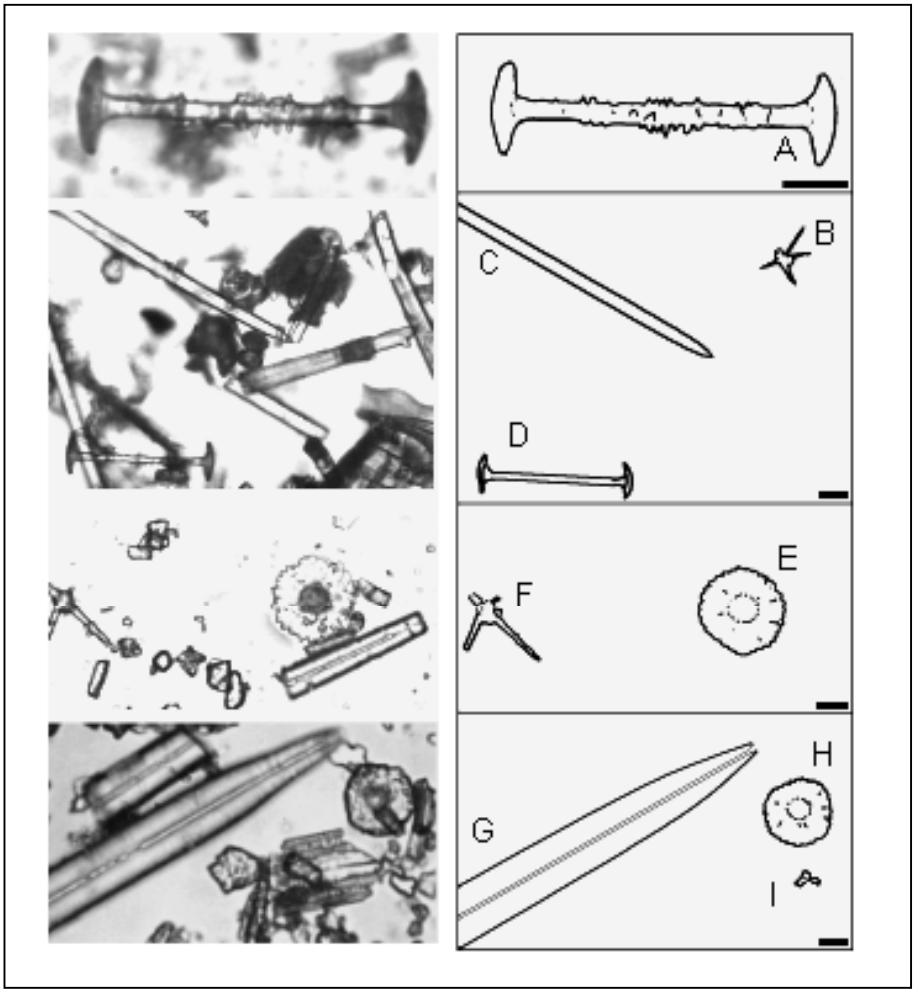


Figura 5.21 - Fotomicrografias e esboços digitais de conjuntos espiculares de *D. pydanieli*. Barras de escala = 10µm. (A e D) Gemoscleras, (B, F e I) Microscleras, (C e G) Megascleras e (E e H) Rótulas de gemoscleras.

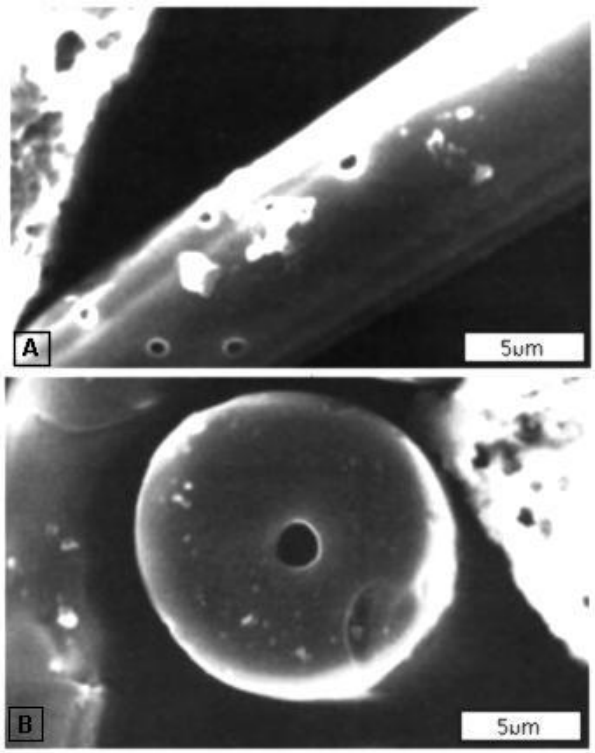


Figura 5.22 - Imagens MEV/IES. Detalhes de espículas megascleras: (A) Orifícios remanescentes de espinhosidades; (B) Corte transversal de espícula com eixo cilíndrico central, espaço inicialmente ocupado pela silicateína. Fonte: Esper (2000).

5.1.2.3.2. A quantificação das espículas

Foram computadas as microscleras identificáveis em 35 campos de cada uma das 24 lâminas (6 de cada estrato do espongilito). O quadro 5.1 apresenta o cômputo médio por espécie e o quadro 5.2 apresenta a distribuição quantitativa de espículas por espécie e disposição no biólito.

Quadro 5.1 - Cômputo de espículas por espécie.

Espécies	N°/ espículas	% Representação gráfica
M. spinata	4.587	58,2
D. pydanieli	3.295	41,8
Total	7.882	

Quadro 5.2 – Cômputo de espículas por espécie e nível no biólito.

	Topo	Topo/meio	Meio/base	Base
Espécie	5cm	10cm	15cm	20cm
M. spinata	2.185	1.105	528	769
D. pydanieli	842	938	842	673
Totais	3.027	2.043	1.370	1.442
Representação Gráfica				
	38,4%	25,9%	17,4%	18,3%

5.1.2.3.3. As espécies de diatomáceas identificadas

Apresentam-se dados taxonômicos e morfológicos atinentes às espécies de diatomáceas cujas frústulas constituem mais do que 1% do arcabouço do espongilito. Faz-se um agrupamentos por gênero, em ordem quantitativa decrescente dos respectivos elementos distintivos na composição do biólito.

Reino PROTISTA

Filo BACILLARIOPHYTA Engler & Gilg, 1924

Classe BACILLARIOPHYCEAE (Haekel, 1878) Mann, 1990

Subclasse EUNOTIOPHYCIDAE Mann, 1990

Ordem EUNOTIALES Silva, 1962

Família EUNOTIACEAE, Kützing, 1844

Gênero *Eunotia* Ehrenberg, 1837

Espécie *Eunotia papilio* (Ehrenberg) Hustedt

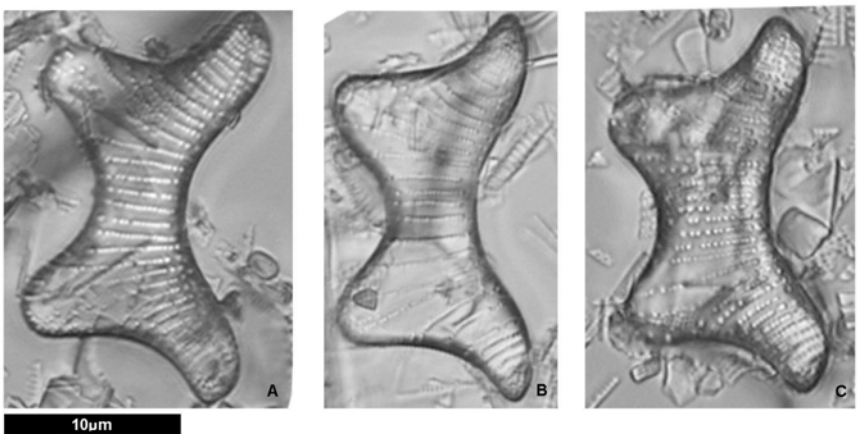


Figura 5. 23 - Fotomicrografias de variantes morfológicas de *E. papilio*.

As frústulas da espécie são papilionáceas (em forma de borboleta). Conforme característica do gênero, *E. papilio* possui frústulas birráfides, assimétricas segundo o eixo apical e simétricas segundo o eixo transapical. O comprimento máximo (dimensão transapical) das frústulas presentes em amostras do espongilito é de 48µm. A margem dorsal possui ampla ondulação central e extremidades encurvadas. O número de estrias, na maior parte das frústulas íntegras visíveis é de 34. As rafes são formadas por pontuações que encurvam-se nas proximidades dos ápices das valvas. Os nódulos terminais exibem forma semi-circular.

Espécie *Eunotia sudetica* O. Muller

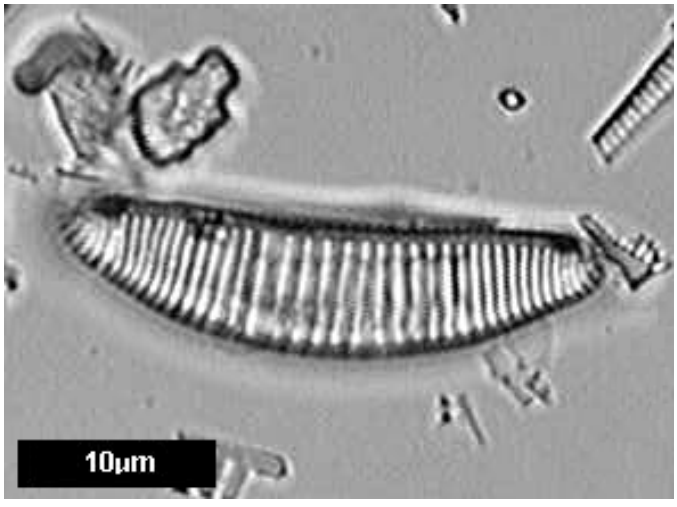


Figura 5.24 - Fotomicrografia de frústula de *E. sudetica*.

As frústulas da espécie destacam-se dentre as menores do gênero. Em amostras do espongilito seu comprimento máximo é cerca de 25µm. As valvas são alatumorfes (em forma de asas) e pouco alongadas. Exibem a simetria típica do gênero, margem dorsal pouco ondulada e a extremidade das valvas arredondada e levemente encurvada para cima. O número de estrias, na maior parte das frústulas visíveis, é 40. Estas formam rafes proeminentes sem destacar pontuações. Observam-se adensamento e encurvamento de estrias no sentido para as extremidades das valvas. Os nódulos terminais, deslocados para a região dorsal são bem destacados.

Espécie *Eunotia dydima* Hustedt ex Zimmermann

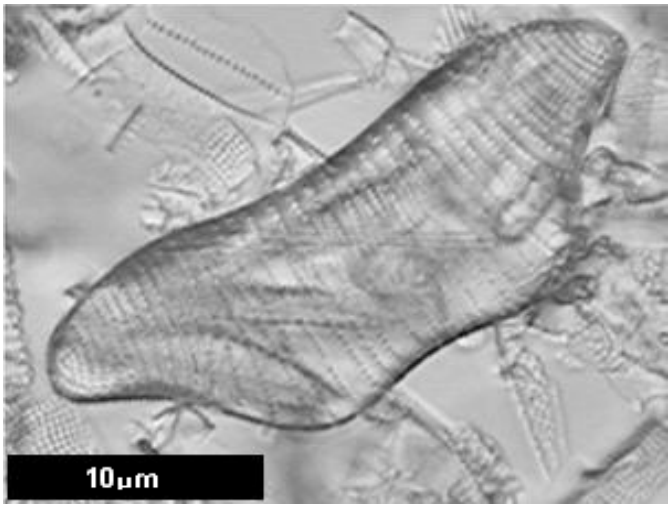


Figura 5.25 - Fotomicrografia de frústula de *E. dydima*.

As frústulas da espécie mostram a simetria típica do gênero e a forma geral papilionácea. A margem dorsal é menos encurvada se comparada às frústulas de *E. papilio*. O comprimento máximo das frústulas em amostras do espongilito é de 35µm. As rafes são formadas por um conjunto de 38 estrias com pontuações bem visíveis e relativamente espaçadas, com forma mais encurvada nas proximidades dos ápices das valvas. Os nódulos terminais exibem formas semi-circulares e nem sempre são bem evidentes.

Espécie *Eunotia diodon* Ehrenberg

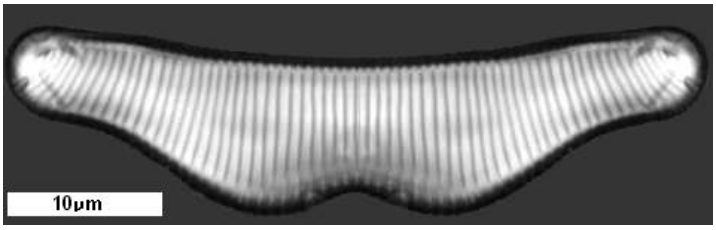


Figura 5.26 - Fotomicrografia com reconstituição de frústula de *E. diodon*.

As frústulas da espécie mostram valvas alatumorfes alongadas segundo o eixo transapical. O máximo comprimento das frústulas em amostras do espongilito é de 55µm. O padrão de simetria é o típico do gênero. A margem dorsal é pouco ondulada e as extremidades das valvas são arredondadas. O número de estrias, na maior parte das frústulas íntegras visíveis é de 66. As rafes são pontuadas e curvas nas proximidades dos ápices das valvas, onde situam-se os nódulos terminais que têm a forma de leque. Característica comum ao gênero é o tipo de crescimento celular que pode ocorrer tanto de forma independente ou isolada quanto em conjuntos coloniais, formando hastes mucilaginosas em forma de fita.

Subclasse BACILLARIOPHYCIDAE (Haekel, 1878) Mann, 1990
Ordem NAVICULALES Bessey, 1907
Família BRACHYSIRACEAE Mann, 1990
Gênero *Brachysira* Kützing, 1836
Espécie *Brachysira serians* (Brébisson ex Kützing) Round & D.G. Mann

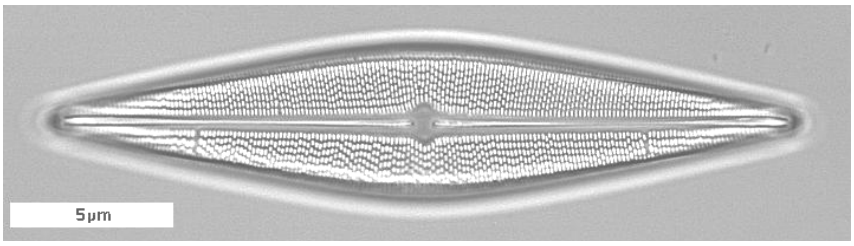


Figura 5.27 - Fotomicrografia equalizada de frústula de *B. serians*.

As frústulas dessa espécie são muito pequenas (comprimento máximo é 25µm). Têm forma geral lanceolada, margens lisas e as extremidades das valvas afiladas e arredondadas. As estrias são muito próximas, finamente

pontuadas e podem ser incompletas. Sob microscopia ótica e impossível a contagem desses elementos. A rafe mostra-se reta e, devido ao conjunto de estrias, tem o aspecto de lineações longitudinalmente onduladas. Os filamentos nodulares estão centrados na estreita área axial mediana.

Família	PINNULARIACEAE Mann, 1990
Gênero	*Pinnularia* Ehrenberg, 1843
Espécie	*Pinnularia. latevittata* Cleve

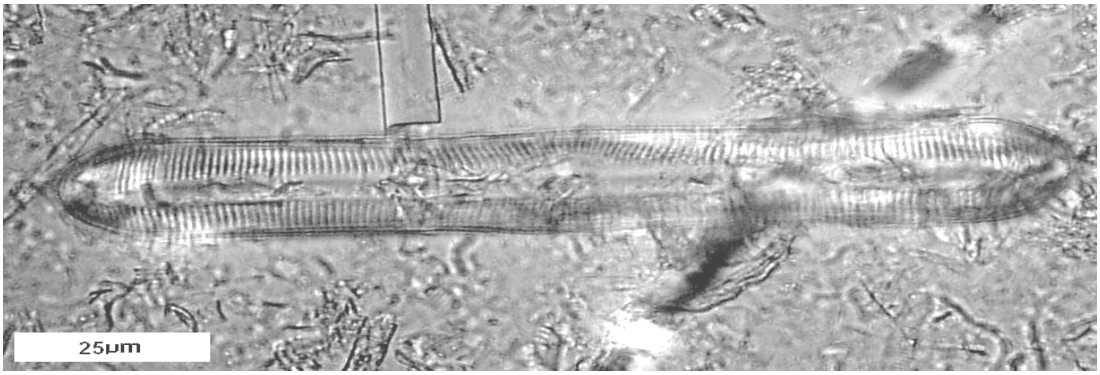


Figura 5.28 - Fotomicrografia de frústula de *P. latevittata*.

As frústulas de *P. latevittata* são as maiores dentre as diatomáceas componentes do espongilito. Frústulas da espécie chegam a comprimentos superiores aos 300µm, sendo as únicas visíveis em amostras laminadas para a petrografia.

Exibem formas naviculares, extremidades arredondadas e margens suavemente onduladas com proeminências suaves na porção central. As estrias pontuadas são quase imperceptíveis e podem ser incompletas e com inclinações variadas desde a área axial central até as extremidades. Conforme a quantidade e a disposição das estrias, a rafe mostra aspecto variavelmente complexo. O centro da frústula mostra expansões bilaterais.

As frústulas de todas as espécies do gênero são birráfides e exibem simetria apical e transapical. Já foram registradas, em distintos espécimes de uma mesma espécie, a ocorrência de áreas centrais diferentes.

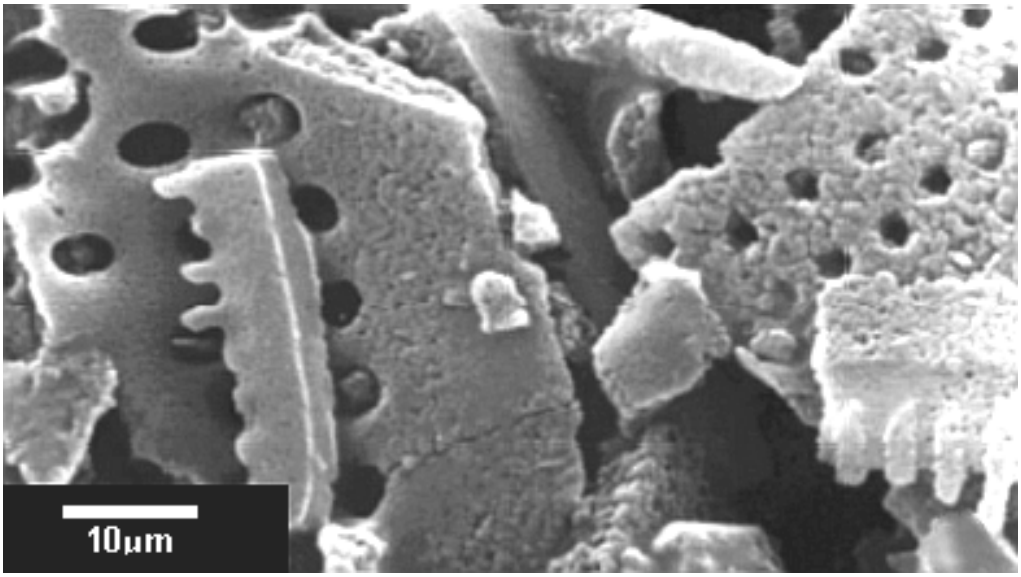


Figura 5.29 – Imagem MEV/IES. Detalhe de fragmentos de frústulas de diatomáceas com pontuações alinhadas formando o estriamento das rafes. Observe-se a microporosidade natural das paredes de sílica amorfa. Fonte: CETEM (2002).

5.1.2.3.4. A quantificação das frústulas

O quadro 5.3 apresenta o cômputo médio por espécie e o quadro 5.4 apresenta a distribuição quantitativa de frústulas por espécie e nível estratal do biólito.

Quadro 5.3 - Número de frústulas computadas por espécie.

Espécies	N°/ frústulas	%	Representação gráfica
E. papilio	3.168	39,7	
E. sudetica	1.728	21,7	
E. didyma	912	11,4	
P. latevittata	768	9,6	
E. diodon	744	9,3	
B. serians	648	8,1	
Total	7.966		

Quadro 5.4 - Número de frústulas por espécie e nível no biólito.

	Topo	**Topo/meio**	**Meio/base**	**Base**
Espécie	5cm	10cm	15cm	20cm
E. papilio	936	816	694	720
E. sudetica	600	624	336	168
E. didyma	360	312	144	96
P. latevittata	312	144	192	120
E. diodon	288	216	192	48
B. serians	336	120	96	96
Totais	2.832	2.232	1.654	1.248
Representação gráfica				
	35,5%	28%	20,8%	17,7%

5.2. Sedimentologia

Ensaios preliminares para a granulometria do espongilito foram realizados com amostras desagregadas e secas e com amostras em mistura aquosa. Os resultados são apresentados no quadro 5.5.

Quadro 5.5 - Comparativo entre ensaios preliminares para granulometria do espongilito.

		Peneiramento de sedimento seco			**Peneiramento em meio aquoso**		
	Malha	**Fração retida**			**Fração retida**		
	(mm)	(g)	(%)	Rep. Gráfica	(g)	(%)	Rep. Gráfica
Peso inicial		42,7296			44,0324		
Grânulos	2	11,4102	26,70		09,1032	20,67	
Areias	0,062	26,9004	62,95		07,3221	16,62	
Silte e argila	<0,062	03,4001	07,95		27,2011	61,77	
Peso final		41,7107			43,6264		
Perda		01,0189	02,38		00,406	00,92	

O exame semi-microscópico do material retido nas malhas maiores, mormente no produto do ensaio à seco, revelou a presença de torrões ou agregados espiculares. Em face do exposto, a peneiração aquosa foi o método adotado para a análise granulométrica do espongilito. Para tanto, quatro amostras, uma de cada horizonte deposicional do biólito, foram submetidas aos ensaios definitivos. Visando minimizar a retenção de agregados sem o incremento da quebra dos sedimentos biogênicos, optou-se por aumentar o tempo de desagregação destas amostras. Ainda assim, constatou-se haver a retenção de agregados, fato indicativo de que a fração pelítica resultante, devesse ser maior do que a efetivamente obtida. Dessa forma o montante real de finos seria superior ao efetivamente obtido.

Giovanini (2000), objetivando identificar concentrações espiculíticas nos substratos lacustres do sistema três-lagoense, realizou sondagens de percussão até 50cm de profundidade. A partir dessas, a referida pesquisadora procedeu uma análise granulométrica simplificada, bem como o exame semi-microscópico do material coligido à cada de 5cm de profundidade.

Ao longo dos trabalhos de campo, as sondas de percussão obtiveram boa recuperação de amostras até 40cm de profundidade; exceto na Lagoa do Meio onde, há cerca de 15cm da superfície, os amostradores encontraram um substrato litificado. No primeiro semestre de 2001, foram realizadas escavações nas imediações e no leito da Lagoa do Meio, oportunidade em que foi constatada a laje consolidada, alvo do presente estudo.

A figura 5.30 e o quadro 5.6 apresentam respectivamente, um comparativo gráfico com resultados de uma análise granulométrica e a distribuição do percentual de espículas resultantes de ensaios realizados por Giovanini (2000) a partir de amostras sondadas via percussão do substrato de várias lagoas do sistema três-lagoense. Observe-se que o registro sedimentar correspondente à profundidade do espongilito exibe, em todas as lagoas, evidências de quatro pulsos de sedimentação, a exemplo do que é constatado na laje do biólito. Os quadros 5.7 e 5.8 apresentam, respectivamente, os resultados das análises granulométricas das amostras do espongilito e do arenito espiculítico.

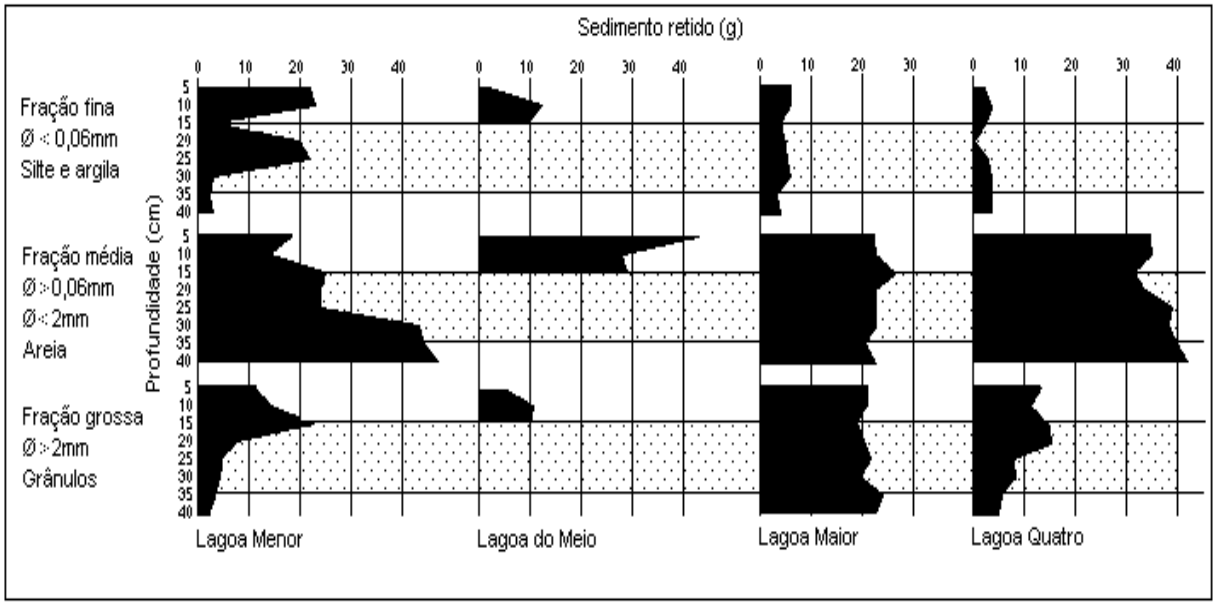


Figura 5.30 - Representação gráfica comparativa da análise granulométrica de sedimentos (até 40cm de profundidade) das lagoas do sistema três-lagoense. Média de quatro baterias. Nível pontilhado corresponde à posição da laje espiculítica da Lagoa do Meio. Fonte: Giovanini (2000).

Quadro 5.6 - Distribuição percentual de espículas até 40 cm de profundidade das lagoas do sistema local. Média de quatro ensaios. Município de Três Lagoas. MS. Fonte: Giovanini (2000).

Prof. (em cm)	**Lag. Menor**	**Lag. Do Meio**	**Lag. Maior**	**Lag. Quatro**	**Média por nível**
0-5	1%	15%	1%	1%	4,5%
5-10	1%	25%	1%	0%	6,75%
10-15	1%	30%	5%	0%	9%
15-20	2%		5%	0%	2,3%
20-25	15%		1%	0%	5,3%
25-30	3%		7%	0%	3,3%
30-35	3%		1%	0%	1%
35-40	1%		2%	0%	1%

Quadro 5.7 - Análise granulométrica do espongilito (fácies pelítico).

Peso inicial (g) 35,2040	**Fração retida**			**Acumulado**
Malha/fração	**(g)**	**(%)**	**Representação gráfica**	**(%)**
>2mm Grânulo	5,6008	16,07		16,07
0,062mm Areia m. fina	7,2412	20,78		36,85
< 0,062mm Silte e argila	22,0020	63,14		100,00
Peso final	34,8440	**Análise de finos**		
Perdidos	0,3600	**Silte 32,04% Argila 31,07%**		

OBS: Média de quatro análises

Quadro 5.8 - Análise granulométrica do arenito espiculítico (fácies psamítico).

Peso inicial (g) 40,6479	**Fração retida**			**Acumulado**
Malha/fração	**(g)**	**(%)**	**Representação gráfica**	**(%)**
>2mm Grânulo	0,1152	0,28		0,28
0,5mm Areia grossa	0,9465	2,33		2,61
0,25mm Areia média	7,3007	17,97		20,59
0,125mm Areia fina	8,9851	22,12		42,71
0,062mm Areia m. fina	4,4538	10,96		53,68
< 0,062mm Silte e argila	18,8083	46,31		100,00
Peso final	40,6096	**Análise de finos**		
Perdidos	0,0383	**Silte 30,53% Argila 15,78%**		

OBS: Média de quatro análises.

O resultado das análises granulométricas deve ser visto com reserva, visto que os métodos usuais para desagregação, peneiramento e pipetagem de sedimentos minerogênicos não produzem resultados igualmente coerentes para a matéria silicosa biogênica. Nos ensaios definitivos com amostras do espongilito, o material granular retido é formado por agregados espiculares. Conforme a classificação textural baseada na granulometria proposta por Shepard (1954), o espongilito é um siltito areno-argiloso. O arenito espiculítico, segundo a mesma classificação, é um arenito argilo-siltoso.

5.3. Geocronologia

Juntamente com as amostras destinadas à datação, foram enviados aos laboratórios externos, dados acerca das condições de umidade e a profundidade dos pontos de amostragem (Figura 5.31). A amostra W2 foi sondada via percussão de um tubo de PVC, à cerca de 60cm de profundidade, na parede de uma trincheira aberta na margem noroeste da Lagoa do Meio. A datação dessa amostra revelou idade de 39.000 ± 4.000 anos (FATEC, 2003).

A amostra W3 (bloco com a litofácies arenosa), foi retirada de uma profundidade de 50cm, diretamente do leito da Lagoa do Meio. A datação do núcleo de um cubo dessa amostra revelou idade de 37.900 ± 3.100 anos. Da mesma amostra, a determinação da idade mínima, resultou em 25.700 ± 2.100 anos (UW, 2004). Considerado o posicionamento relativo das amostras datadas, constata-se haver coerência nos resultados, os quais posicionam no Pleistoceno superior o evento gerador do depósito sob estudo.

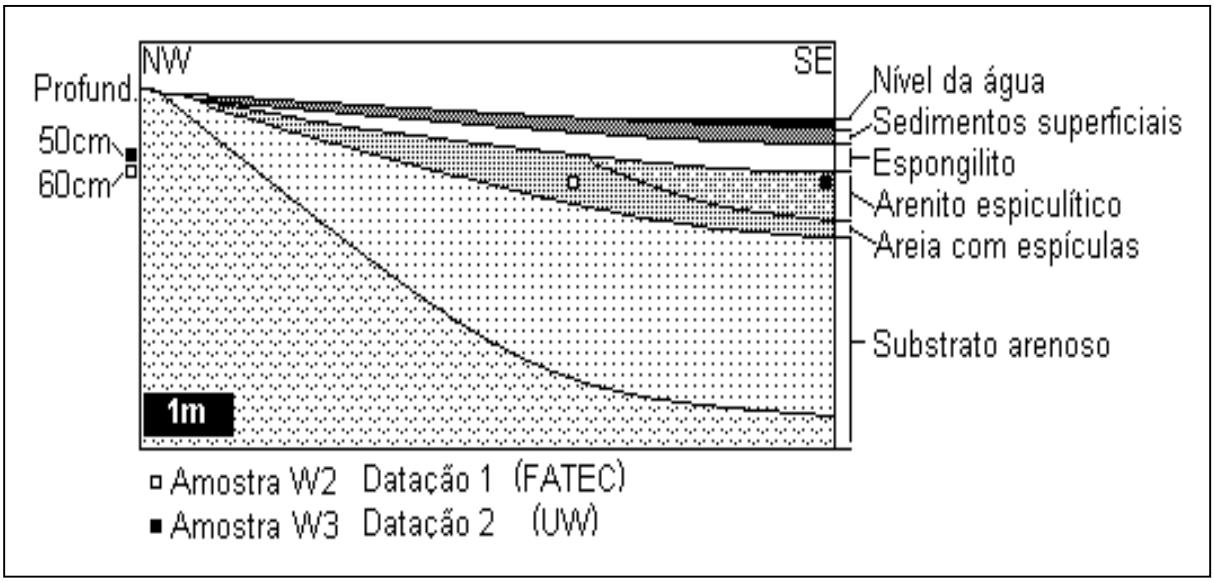


Figura 5.31 - Esboço com o posicionamento relativo das amostras coletadas para datação

A interdigitação de fácies na base da laje espiculítica sugere que o início da deposição dos remanescentes biogênicos, ocorreu em contexto semi-lótico, variavelmente competente.

5.4. Geoquímica

O difratograma do espongilito (Figura 5.32) mostra, entre os ângulos de espalhamento de 20 e 30 graus, um domo de amorfia, registro deixado pela sílica amorfa (opala A), o principal constituinte tanto das espículas, quanto das frústulas das diatomáceas. Segundo Suguio (2003), em rochas com esse tipo de predominância química, a matéria cimentante é bio-silicosa e um

produto da pressão de soterramento. Como fase cristalina, a difratometria de Raios X registra exclusivamente sinais para o quartzo.

Nos quadros 5.9 e 5.10 apresentam-se os resultados dos ensaios químicos realizados em laboratórios independentes. O quadro 5.11 apresenta um comparativo químico-composicional entre as amostras da base e as do topo do espongilito da Lagoa do Meio, assim como dados referentes a outros depósitos biogênicos silicosos continentais brasileiros.

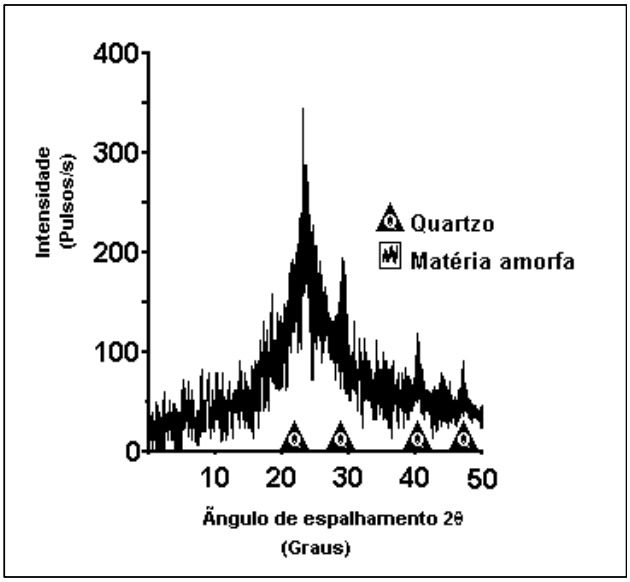


Figura 5.32 - Difratograma de Raios X do espongilito.

Quadro 5.9 - Os elementos químicos na composição do espongilito.

	Si	**Fe**	**Al**	**Ca**	**Ti**	**Na**	**P**	**K**	**Zr**	**Cr**	**Ni**	**Cu**
Topo	D	P	P	T	P	A	T	T	T	T	T	T
Base	D	P	P	P	P	T	T	T	T	T	T	T

OBS: D = Predominante; P = Presente; T = Traço; A = Ausente Fonte: CIENTEC, 2002)

Quadro 5.10 - Percentuais de perda ao fogo e dos óxidos na composição do espongilito.

	P.F.	**Óxidos (%)**									
		SiO_2	**Fe_2O_3**	**Al_2O_3**	**CaO**	**TiO_2**	**Na_2O**	**P_2O_5**	**K_2O**	**MgO**	**MnO**
Topo	4,36	92,00	0,40	2,30	0,05	0,36	0,11	0,02	0,10	0,24	0,01
Base	7,06	77,5	1,70	11,70	0,14	0,48	0,11	<0,01	0,11	0,41	0,01

OBS: P.F. = Perdas ao fogo (voláteis) Fonte: (LAKEFIELD GEOSOL, 2002)

Quadro 5.11 - Comparativo químico-composicional entre depósitos bio-silicosos continetais no Brasil. (Dados percentuais)

Composição	E1	E2	Base	Topo	Média	D1	D2	D3	D4	Média
SiO_2	82,50	97,50	77,50	92,00	87,38	88,20	75,30	72,70	64,00	76,10
Al_2O_3	7,40	1,87	11,70	2,30	5,82	0,90	9,30	10,50	19,40	10,15
Fe_2O_3	0,85	0,24	1,70	0,40	0,80	0,50	0,60	2,90	1,80	1,15
Voláteis	7,50	7,80	7,06	4,36	6,70	2,20	7,70	10,80	5,10	6,45
TiO_2	1,36	0,28	0,48	0,36						
CaO	0,05	0,01	0,14	0,05						
MgO	0,09	0,01	0,41	0,24						
Na_2O	0,02	0,05	0,11	0,11						
K_2O	0,06	0,05	0,11	0,10						
MnO	--	0,01	0,01	0,01						
P_2O_5	--	--	<0,01	0,02						

E1 = Espongilito de Paranaíba, MS. (Fonte 1).

E2 = Espongilito de João Pinheiro, MG. (Fonte 2).

Base / Topo = Espongilito objeto deste estudo.

D1 = Diatomito Mina da Ponte, BA. (Fonte 3).

D2 = Diatomito Lagoa do Graçuí, CE. (Fonte 4).

D3 = Diatomito Lagoa dos Doidos, RN. (Fonte 4).

D4 = Diatomito Lagoa de Cima, RJ. (Fonte 4).

Fontes: 1 (IPT, 1983); 2 (Esper, 2000);

3 (CETEM , 2002) e 4 (INT, 1939).

Do diatomito da Mina da Ponte, os dados de tipologia de sílica são: Total (88,2%); quartzo (0,7%); Caulinita (10,7%) e sílica amorfa (70,5%).

As análises químicas evidenciaram a ausência de carbono na composição do biólito, embasando a opção pela termoluminescência como método para a datação. No quadro 5.11 antes apresentado, as composições constatadas em depósitos que não o da Lagoa do Meio, foram obtidas a partir da análise de amostras compostas, sendo portanto uma média.

Constatados os gradientes químicos no espongilito da Lagoa do Meio, é plausível atribuir o conteúdo de óxidos de alumínio e de ferro, maiores na

base do biólito, à ação de fluídos intersticiais os quais, segundo Suguio(2003) podem estar relacionados à dinâmica freática.

O menor percentual de voláteis (perda ao fogo) constatado nas amostras de topo do biólito, mesmo diante do paralelo incremento de sílica hidratada, evidencia uma maior disponibilidade de água na base, ou ao início da deposição, dado coerente com a hipótese de uma progressiva restrição hidrodinâmica, passando de um contexto semi-lótico a um lacustre (lêntico).

Corrobora com a mesma idéia a variação constatada para P_2O_5, a qual, do ponto de vista ecológico, sinaliza a eutrofização do meio (Esteves, 1988).

Da base ao topo da laje pelítica, constata-se um gradiente geoquímico crescente em SiO_2 e decrescente em Fe_2O_3 e Al_2O_3.

Tais resultados evidenciam variações decrescentes de pH (incremento de acidez do meio), assim como de Eh, sinalizando condições menos oxidantes no topo do que na base do registro. Constata-se, portanto uma estratificação química compatível com a dos depósitos de turfeira que o IPT (1983), estudou na Lagoa do Araré, no Município de Paranaíba, onde estratos espiculares inconsolidados sotopõem-se ao nível de turfa, contexto gerado no Holoceno, como produto da colmatação e eutrofização de corpos d'água restritos e situados nos terraços fluviais baixos das imediações da atual calha fluvial do Rio Paraná.

6. Discussão e diagnóstico paleoambiental

Os elementos biogênicos predominantes no espongilito remanescem de uma espongofauna dulcícola ainda presente no registro biológico, a qual habita ambientes pouco hidrodinâmicos. A maior parte daqueles são pequenas lagoas onde desenvolvem-se depósitos de turfeira (Volkmer-Ribeiro & Motta, 1995).

As duas espécies cujas espículas predominam no arcabouço do espongilito da Lagoa do Meio (*Metania spinata* e *Dosilia pydanieli*), ocorrem no Brasil desde Roraima até o sudeste de Mato Grosso do Sul (Volkmer-Ribeiro, 1999).

Os espécimes de *M. spinata* incrustam desde substratos profundos até muito próximos à superfície. Em áreas sombreadas exibem cor marrom clara; sob exposição solar, associam-se à algas *Chlorophycea* que recobrem o corpo da esponja com uma fina película verde. A esponja *D. pydanieli* incrusta em caules e folhas submersas, preferindo locais abrigados da luz, de águas rasas e farta vegetação de macrófitas (Volkmer-Ribeiro, 1999).

Nos depósitos bio-silicosos espiculares das lagoas de turfeira, as mesmas duas espécies de esponjas dominam em cenose, na qual também podem participar esponjas das espécies: *Heterorotula fistula* Volkmer-Ribeiro & Motta, 1995*; Trochospongilla variabilis* Bonetto & Ezcurra de Drago, 1973; *Radiospongilla amazonensis* Volkmer-Ribeiro & Maciel, 1983 e *Corvomeyenia thumi* (Traxler,1895). A figura 6.1 apresenta um esboço da distribuição das espécies antes relacionadas, conforme os respectivos hábito e abundância em depósitos de turfeira.

Na composição do espongilito estudado ocorrem quantidades mínimas de megascleras espinhosas e gemoscleras curtas que foram atribuídas à *H. fistula*.

A diatomoflora identificada na composição do espongilito, embora inclua espécies também comuns em ambientes estuarinos e lacustres litorâneos (*Pinnularia latevittata* e *Eunotia sudetica*), constitui um registro estritamente

límnico, também evidente pela posição geográfica e a história quaternária da porção central da Sinéclise do Paraná.

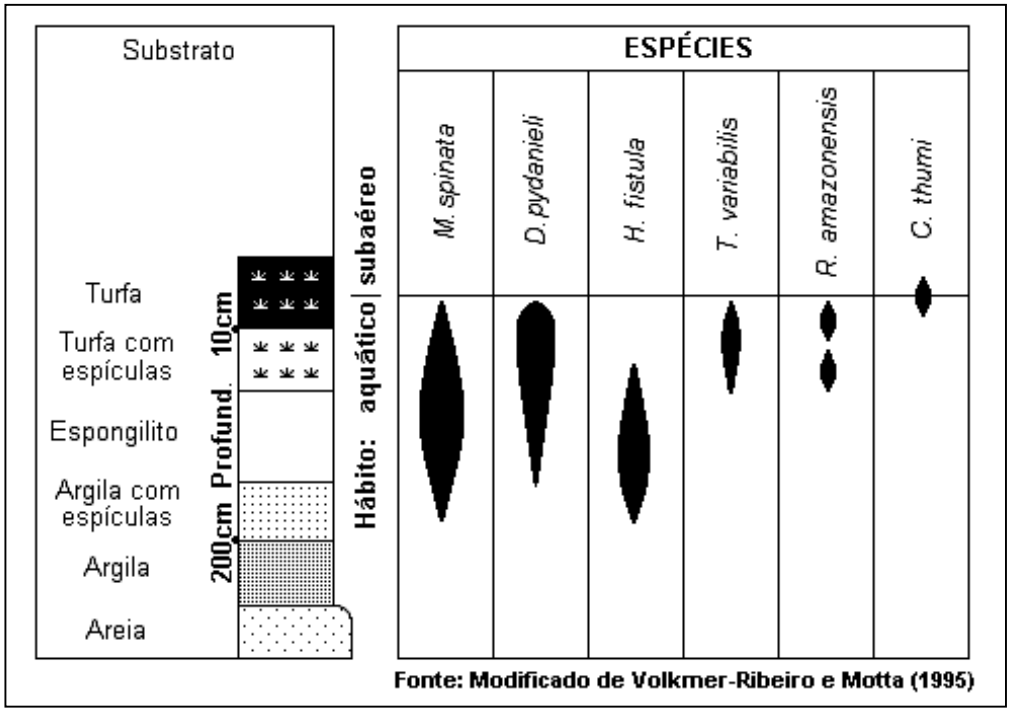


Figura 6.1 - Hábito, abundância e distribuição de espécies de esponjas em depósitos de turfeira.

A diatomácea *E. diodon,* (cerca de 9% entre o montante de frústulas computadas no espongilito), vive sob limites salinos muito restritos, não suportando mais do que 5ppm de NaCl (Moreira Filho *et al*., 1973 e 1974).

Todas as espécies de diatomáceas reconhecidas e computadas são acidófilas, sendo que *B. serians*, é espécie indicadora de depósitos de turfeira (Callegaro & Lobo, 1990), compatível portanto com o diagnóstico de evolução ambiental antes exposto.

A partir dos dados e evidências levantados e, tendo em vista a localização da ocorrência estudada, é plausível considerar que a mesmo seja relicta da base de uma turfeira, cujo topo tenha sido erodido como resposta ao alçamento do terraço fluvial que abriga, entre outras, a Lagoa do Meio.

Os resultados da análise quantitativa, tanto para espículas quanto para frústulas, evidenciam, entre a base e o topo da laje, uma discrepância

significativa. Constata-se que as amostras da base contêm aproximadamente a metade do número de elementos do que as do topo.

Um diagnóstico possível para tal variação está relacionado à dinâmica ambiental progressivamente menos propícia a uma biocenose silicosa. A conseqüente deposição de seus remanescentes, ocorreria sob maior restrição hidrodinâmica e progressiva eutrofização do meio.

Por outro lado, há que se considerar o efeito deletério da pressão de soterramento sobre os remanescentes frágeis (espículas e frústulas), mais atuante na base do pacote sedimentar. A fragmentação e a dissolução desses elementos, inviabilizam a identificação e a contagem dos mesmos. Observe-se também que a base do espongilito mostra-se mais afetada pela ação autigênica, evidenciada pela presença de cimentos (óxidos e hidróxidos de ferro) que mascaram as superfícies mais porosas. Também resultante de autigênese, o cimento silicoso micro e criptocristalino, constitui uma interferência limitadora da identificação dos elementos à computar.

Lagoas acumulam matéria orgânica, incrementando a produção de ácidos húmicos e reduzindo o pH do meio. Sob temperaturas amenas, a ação decompositora das bactérias tende a limitar-se. O meio, antes ácido, torna-se progressivamente mais alcalino e redutor, condições propícias à precitação da sílica (Krauskopf, 1995). A deposição de lama orgânica (depósito de turfeira) marcaria o ponto final da eutrofização lacustre (Esteves, 1988).

A idade da laje consolidada remonta ao período médio/superior glacial de Würm (Glaciação Alpina), concomitante portanto à época magnetoestratigráfica de Brunhes a qual, segundo Emiliani (1958), exibia polaridade normal (semelhante a atual). Tal cronologia é próxima ao estágio isotópico 2 que, na acepção de Cox (1969) e de Imbrie & Imbrie (1979), é caracterizado por uma razão $^{18}O/^{16}O$ alta e indicativa de temperaturas baixas (Figura 6.2).

O estudo dos registros sedimentares quaternários favorece o estabelecimento de inferências paleoecológicas tendo em vista a sua proximidade com as grandes glaciações e a fácil analogia entre os fósseis e os organismos atuais (Suguio, 2001).

Climas mais frios do que os atualmente registrados no Planalto Central Brasileiro, concordam com as evidencias até então elencadas, mostrando-se coerentes tanto com a inicial disponibilidade de SiO_2 para o aproveitamento das esponjas e das diatomáceas, quanto para a precipitação e o posterior desenvolvimento dos depósitos de turfeira.

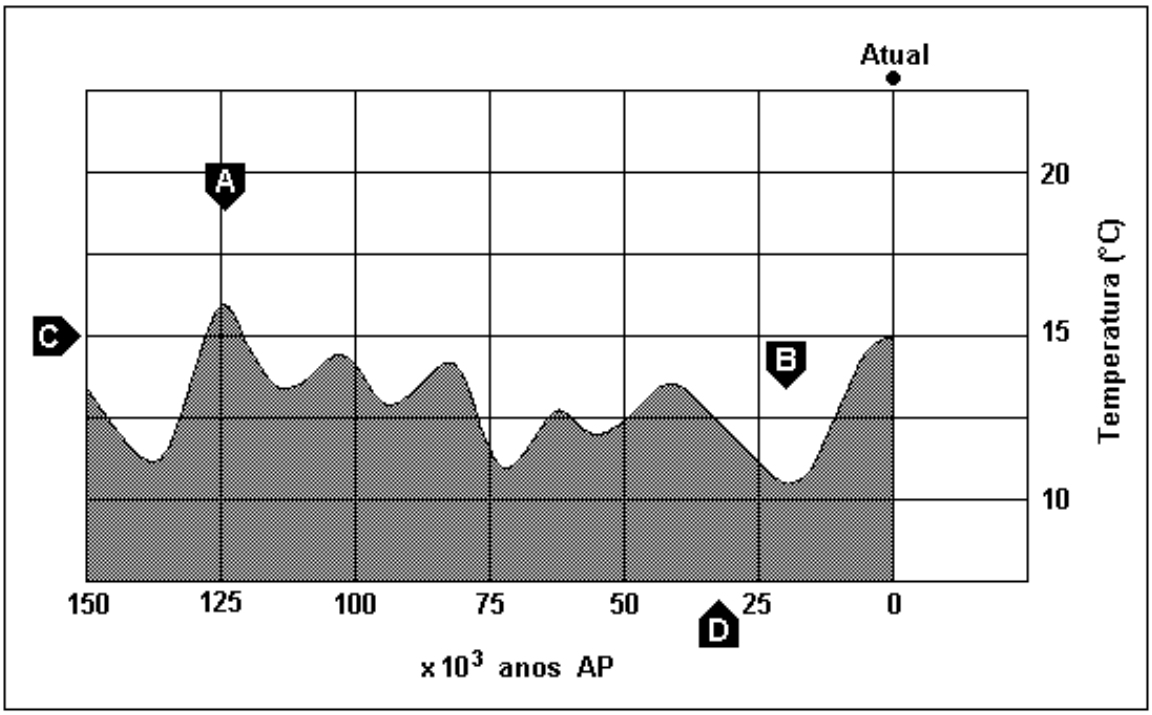


Figura 6.2 – Variação da temperatura ao longo do Quaternário: (A) Estágio isotópico 5a (interglacial); (B) Estágio isotópico 2, mínimo de temperatura da Glaciação Würm; (C) Temperatura média global atual; (D) Idade da laje consolidada da Lagoa do Meio. Fonte: Modificado de Imbrie & Imbrie (1979).

Os depósitos estudados pelo IPT (1983) em Paranaíba e Aparecida do Tabuado (nordeste de Mato Grosso do Sul), são análogos holocênicos aos depósitos da Lagoa do Meio, os quais registram um mesmo tipo de origem biogênica e testemunham a influência no meio e a persistência de um clima mais frio do que o atual, mesmo ao longo do Holoceno.

O conjunto de evidências e dados levantados ao longo do presente estudo permite inferir, entre o Pleistoceno tardio e o momento atual, uma dinâmica ambiental passível de ser esboçada em blocos-diagrama (Figura 6.3), recurso

que possibilita a observação tanto do substrato litológico quanto da geomorfologia resultante do trabalhamento geológico desse.

Eventos tectônicos e erosivos não deixaram de modular o ambiente, gerando paleocanais e os depósitos hoje expostos nas ravinas e nas cascalheiras dos terraços fluviais do Alto Paraná. Na região, a Lagoa do Araré é, desde o Holoceno, possivelmente o que tenha sido a Lagoa do Meio, desde o final do Pleistoceno.

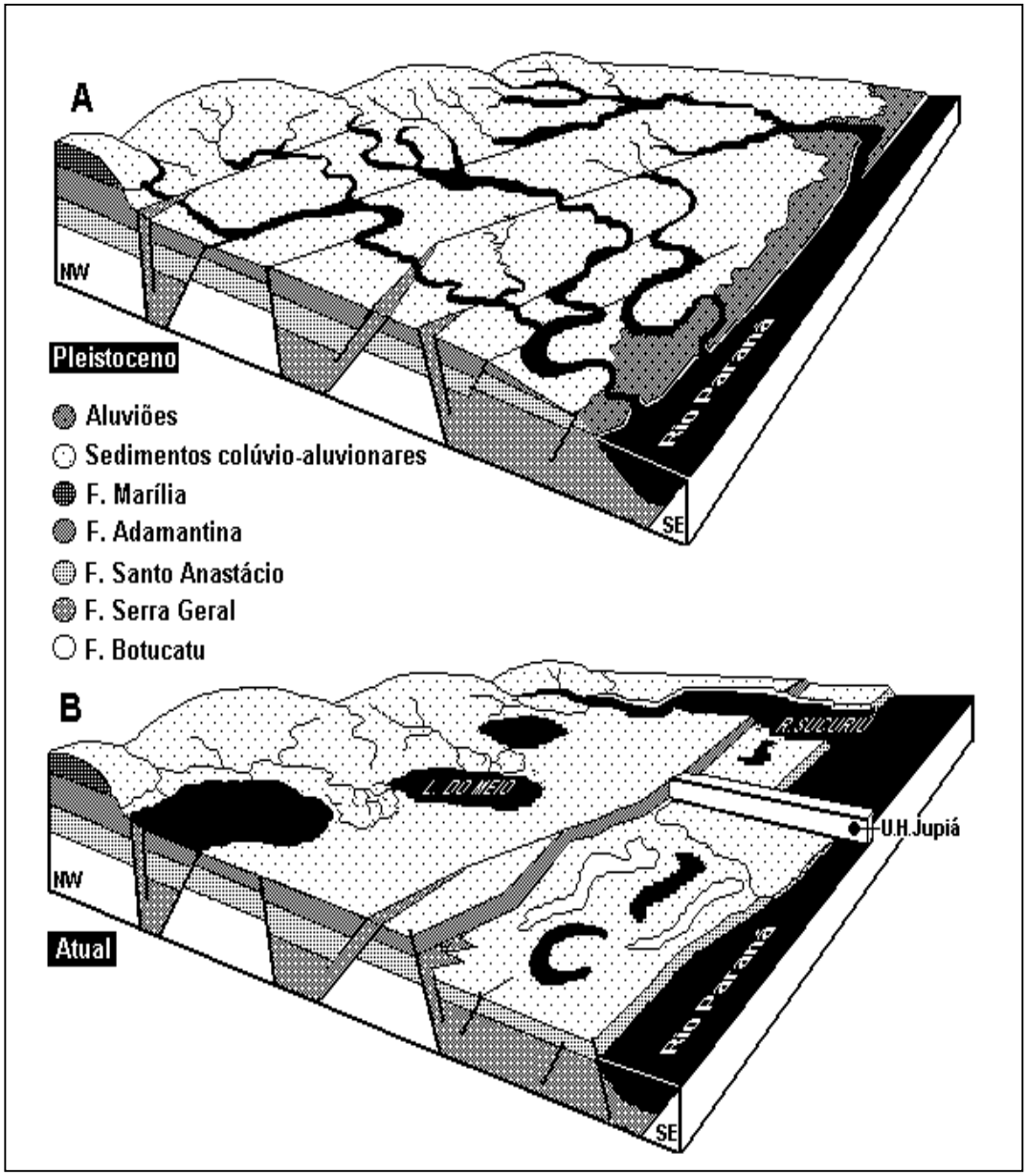


Figura 6.3 - Blocos-diagrama da região do depósito objeto de estudo (A) Contexto inferido para o Pleistoceno; (B) Contexto atual. Esboços do autor.

7. Considerações finais

Alguns pontos acerca da pesquisa dos biólitos silicosos em geral e dos espongilitos em particular, merecem a atenção dos interessados pelo estudo dessas litologias. Na presente abordagem, constatou-se que as tradicionais técnicas para laminação petrográfica geram produtos que não possibilitam a observação de todo o conteúdo biogênico na rocha. Por outro lado, as amostras laminadas para micropaleontologia, não possibilitam a noção do arcabouço original da rocha. Do exposto, conclui-se que as referidas técnicas são complementares e necessárias para a completa caracterização qualitativa e quantitativa desse tipo de biólito.

Devido ao reduzido conteúdo clástico, ao nível de coesão da matéria silicosa, à fragilidade dos remanescentes biogênicos e às particularidades físico-químicas da rocha; o preparo de amostras do espongilito com vistas aos ensaios de microscopia, exigiram o desenvolvimento e o ajuste dos procedimentos para o corte ou a desagregação, o ataque químico, a impregnação e a laminação de amostras. As técnicas usadas nas análises petrográficas e sedimentológicas de clásticos, se aplicadas aos bio-silicosos, inviabilizam a observação para identificação e cômputo dos remanescentes biogênicos e, pelo excessivo quebramento ou aglutinação de partículas, destorcem os resultados da granulometria.

Acompanhada a evolução das pesquisas acerca dos remanescentes silicosos dos poríferos, constatou-se especial interesse pelo estudo desses como indicadores ambientais. Por outro lado, têm recebido especial atenção os mecanismos pelos quais as esponjas sintetizam sílica sob baixa temperatura, conhecimento aplicável à produção de fibras, materiais cerâmicos, vitro-celulares e compósitos, todos nano-estruturados a frio (menor demanda de energia), particularidade que garante produtos baratos e eficientes se comparados aos similares atuais. A espongiocultura como fonte renovável de sílica não cristalina, é também uma possibilidade já aventada.

Tais considerações apontam alvos potenciais de pesquisa vinculados ao desdobramento do presente estudo.

Por outro lado, cabe refletir acerca do desconhecimento e do permitido sub-aproveitamento do espongilito, cuja potencialidade, avaliada na década de 1980, não traduziu-se em interesse pelo seu mais nobre aproveitamento. Constata-se a necessidade de gerar, talvez por meio da informação, o interesse pela exploração das rochas e dos sedimentos bio-silicosos espiculares, de forma a contribuir para o desenvolvimento regional e a minimização dos impactos decorrentes dos inadequados manejos de exploração, beneficiamento e destinação desse tipo de recurso natural.

7.1. Conclusões

1) O objeto de estudo é uma rocha sedimentar biogênica; atributo firmado pela indeformabilidade sob pressão de lâmina de espátula, pelo caráter amorfo dos constituintes predominantes (espículas de esponjas de água doce), assim como pela grande porosidade. Possui um alto grau de litificação, característica inédita entre as concentrações espiculíticas continentais até então conhecidas. Tais peculiaridades e a química não carbonosa, caracterizam a rocha sedimentar estudada como um acaustobiólito silicoso a ser denominado espongilito.

2) O ambiente de vida indicado pela cenose geradora do depósito possuíam águas rasas, calmas e ácidas e uma arquitetura variada, desde uma zona marginal bem vegetada (nicho da esponja *D. pydanieli*), até uma zona mais hidrodinâmica e profunda e menos provida de vegetação (nicho da esponja *M. spinata*).

3) Os gradientes químicos existentes entre a base e o topo do espongilito e a constatada interdigitação de distintas litofácies na base da laje consolidada, são evidências da progressiva restrição do meio original (semi-lótico) até um

contexto fechado (lêntico) o qual, por sinalização da assembléia micropaleontológica no espongilito, indica como provável uma culminância via colmatação tipicamente palustre e semelhante a registrada nos depósitos bio-silicosos holocênicos da mesma região.

4) Os níveis estratais e as laminações indicam um processo de sedimentação contínuo e ocorrido por meio de pulsos, também registrados nos depósitos clásticos das demais lagoas do sistema local.

5) A datação da litofácies arenosa, posiciona o início da deposição espiculítica no Pleistoceno superior; no intervalo de tempo correspondente ao Andar Würm médio/superior da Glaciação Alpina, quando a temperatura média global foi inferior aos 12°C.

6) O raro registro de gemoscleras, espículas de estruturas reprodutivas sintetizadas pelas esponjas como estratégia de resistência à secas estacionais ou duradouras, é sugestivo da regularidade da afluência de água e ou da pluviosidade. Marcas de gretamento, por outro lado, evidenciam a ocorrência sazonal de exposições.

7) O espongilito de Três Lagoas difere dos demais depósitos bio-silicosos da mesma região pelo alto grau de litificação. Sua gênese, necessariamente vinculada à uma grande disponibilidade de sílica no meio, ocorreu pela captura e transformação orgânica desse óxido, depois retornado ao ambiente, como sedimento. A diagênese formadora do biólito finaliza um ciclo comandado por variáveis orbitais (climáticas) mas também por acomodações vinculadas ao estabelecimento dos atuais terraços com lagoas que caracterizam a geomorfologia da região do Alto Paraná.

8. Referências bibliográficas

Abreu, S. F., 1973. *Recursos minerais do Brasil*. 3ªed. São Paulo, Edgard Blücher/EDUSP, 345 P.

Almeida, F. F. M., 1954. *Geologia do centro-leste mato-grossense.* Rio de Janeiro, DGM/DNPM, Rio de Janeiro, (Boletim 150). 97p.

Aranha-Silva, E., 1999. *Três Lagoas: Uma interpretação do rural com o urbano*. Presidente Prudente, SP. Dissertação de Mestrado. UNESP, 130 p.

Barcelos, J. H., 1984. *Reconstrução paleogeográfica da sedimentação do Grupo Bauru baseada na sua redefinição estratigráfica parcial em território paulista e no estudo preliminar fora do Estado de São Paulo*. Rio Claro, SP. Tese de Doutorado. UNESP, 470p.

Batista, T.C. A. & C. Volkmer-Ribeiro. 2002. Comunidades de esponjas do curso superior dos rios Paraná (Goiás) e Paraguai (Mato-Grosso), Brasil, com redescrição de *Oncosclera schubarti* Bonetto & Ezcurra de Drago. Curitiba, *Revista Brasileira de Zoologia*, 19 (1): 123-136.

Barnes, R. S. K.; Calow, P.; Olive, P.; Golding, D. & Spicer, R., 2001. *The invertebrates: A new synthesis*. Oxford, Blackwell Science, 488p.

Bergquist, P. R., 1978. *Sponges*. London, Hurchinson & Co., 268p.

BGS - British Geological Survey., 1999. Hallsworth, C. R. & Knox, R. W. (Orgs.) Classification of sediments and sedimentary rocks. (Scheme). Nottingham, UK, *Research Report Nº RR 99-3*. 44p.

Blini, R. C. B. & Lorenz-Silva, J. L., 2000. A ocorrência de níveis de sedimentos biogênicos lacustres na Região do Alto Paraná, MS/SP. In: Reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 52*, Anais em CD.* Brasília, SBPC.

Blini, R. C. B.; Lorenz-Silva, J. L. & Leipnitz, I. I., 2002. *Uma orictocenose lacustre em Três Lagoas, MS*. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 54, Anais Em CD. Goiânia, SBPC.

Boggiani, P. C. & Coimbra. A. A., 1991. Proveniência dos clastos silicosos das cascalheiras dos Rios Paraná e Araguaia. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 2, *Atas.* São Paulo, SBG. 1:1-7.

Bonetto, A.A. & I. Ezcurra. 1964. Nuevas esponjas de agua dulce de la República Argentina. Buenos Aires, *Physis*, 24 (68): 329-336.

Bonetto, A.A. & I. Ezcurra de Drago. 1966. Nuevos aportes al conocimiento de las esponjas argentinas. Buenos Aires, *Physis*, 26 (71): 129-140.

Bonetto, A.A. & I. Ezcurra de Drago. 1970. Esponjas de los afluentes del Alto Paraná en la provincia de Misiones. Tucumán, *Acta Zoologica Lilloana*, 27: 37-61.

Brusca, R. C. & Brusca, G. J., 1990. *Invertebrate zoology*. Massachusetts, USA, Sinauer, 922p.

Callegaro, V. L. & Lobo, E. A., 1990. Distribuição horizontal da comunidade de diatomáceas em turfeiras holocênicas da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. Caderno de Pesquisa.Série Botânica. Santa Cruz do Sul. 21 (1): 5-22.

Campbell, C. V., 1967. Lamina, laminaset, bed and bedset. *Sedimentology*, 8: 7-26.

Cattanio, M. B. & Lorenz-Silva, J. L., 1987. Geologia e Geomorfologia de Três Lagoas, Mato Grosso do Sul. *Revista Científica e Cultural da Ufms.* Campo Grande, 2 (2): 36-38.

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral., 2002. França, S.C.A. & Luz, A. B. (Org.). *Beneficiamento da Diatomita da Bahia. Série Rochas e Minerais Industriais*. Rio de Janeiro. 7: 1-50.

Cha, J. N.; Shimizu, K.; Zhou, Y.; Christiansen, S. C.; Chmelka, B. E.; Stucky, G. D. & Morse, D. E., 1999. Silicatein filaments and subunits from a marine sponge direct the polymerization of silica and silicones in vitro. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* , 96: 361-365.

CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul, 2002. *Relatório de ensaio* n° 3563/8310. Abril/02. 2p.

Chardez, D., 1967. Historie naturelle des Protozoaires Thécamoebiens. *Les Naturalistes Belges.* Bruxelas, (48)10: 484-576.

Coimbra, A. M.; Brandt-Neto, M. & Coutinho, J. M. V., 1981. Silicificação dos arenitos da Formação Bauru no Estado de São Paulo. In: SBG/ Núcleo São Paulo, A Formação Bauru No Estado De São Paulo e Regiões Adjacentes. São Paulo, *Coletânea de Trabalhos e Debates*, 103-115.

Constantino, R., 1999. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia* (São Paulo) 40(25):387-448.

Cox, A., 1969. Geomagnetic reversals. *Science*, 163: 663-675.

De Laubenfels, M. W., 1953. Fossil Sponges of Western Autralia. *Bol. J. Roy. Soc. W. Australia*. Camberra, 37:105-117.

Delbem, A. A. S. T; Melnikov, P.; Siqueira, O.; Delben, J. R. Jurkevics & Santos, F. J., 2001. Properties of spongillite and prospectives of its usage. In: Brazilian Meeting on Mineral Dressing and Extrative Metallurgy, 18, *Proceedings*. Rio de Janeiro, 2: 277-281.

DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral., 2002. SIGMETA: Listagem completa de requerimentos para diatomita em: *www.dnpm.gov.br.* Acessado 10/10/02.

Dunugan, S. P., 1999. A North American freshwater sponge (*Eospongilla morrisonensis* new genus and species) from the Morrison Formation (Upper Jurassic), Colorado. *Journal of Paleontology*, 73: 389

Emiliani, C., 1958. Paleotemperature analysis of core 280 and Pleistocene correlations. *Jour. Geol.,* 66: 264-275.

Esper, J., 2000. Caracterização mineralógica de espongilito da região de João Pinheiro, MG. Belo Horizonte, Universidade Federal de Mina Gerais. Dissertação de Mestrado. 116p.

Esteves, F. A., 1988. Fundamentos de Limnologia. 2ªed. Rio de Janeiro, Interciência , 602 P.

FATEC – Faculdade de Tecnologia de São Paulo, 2003. Relatório de ensaio para datação n° 778. Agosto/03. 2p.

Fernandes, J. L;. Franchi, J. G. & Lazzari, R. T., 1993. Diatomite Deposits From Januario Cico, Rio Grande do Norte. SBG, Symposium Of Northeastern Geology, 1, Natal, *Bulletin*, 1:222-224.

Fernandes, L. A. & Coimbra, A. M., 1996. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior Brasil) *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Rio de Janeiro , V. 68, n°2. p. 195-205.

Ferreira, H. R. Neves, C. & Araujo, G., 1995. Cais pozolânicas uma opção economica - estado da arte. In: CBC/ABC Congresso Brasileiro de Cerâmica, 40. Águas de Lindóia, *Anais*, 1:1066-1071.

Fúlfaro, V. J.; Gama, Jr., E. & Soares, P. C., 1980. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. São Paulo: PAULIPETRO, *Relatório interno.* 167p.

Fúlfaro, V. J.; Saad, A. R. & Santos, M. V., 1982. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. *Rev. Bras. de Geociências*, V.12, 4:233-256.

Gammon, P. R.; James, N. P.; Bone. Y. & Clarke, J. D. A., 2000. Sedimentology and Lithoestratigraphy of o Late Eocene Sponge-Dominated Sequence, Southern Western Australia. Aust. *J. Earth Sci.,* 47: 1087-1103.

Gammon, P. R. & James, N. P., 2001. Palaeogeographical influence on late Eocene biosiliceous sponge-rich sedimentation, southern-western Australia. *Sedimentology*, 48:559-584.

Garcia, M. & Vélez, E., 1995. Algas planctônicas da Lagoa Emboaba, Planície Costeira do Rio Grande do Sul: Avaliação qualitativa. Porto Alegre, *Boletim do Instituto de Biociências,* 54: 75-114.

Gava, P.G., 1999. *Estudo comparativo de diferentes metodologias para a avaliação de atividade pozolânica*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Dissertação de Mestrado, 240 p.

Giovanini, V. V., 2000. *análise preliminar de sedimentos bentônicos do sistema lacustre de Três Lagoas*, MS. UFMS/DCN, Monografia do Curso de Licenciatura em Ciências. 40p.

Gomes. J. R. C.; França,F. A. B. & Barros, M. J. G., 1989. Geologia In: Recursos naturais. *Nota explicativa das folhas SB 24/25*, Jaguaribe/Natal. DNPM/RDAMBRASIL, p. 11-24.

Gruber, G., 1994. Kieselschamm-Nadeln aus dem Mitteleozän des Eckerfelder Maares (Porifera: Spongillidae) *Mainzer Naturwissenschaftkiche Archiv*, 32: 1-6.

Guerra, A. T., 1969. *Dicionário Geológico-Geomorfológico.* Rio de Janeiro: IBGE. 380p.

Hallsworth, C. R. & Knox, R. W. O. B.,1999. Classification of sediments and sedimentary rocks. *BGS Research Report* 99-03, p. 21-42.

Harrison, F. W., 1988. Utilization of freshwater sponges in palelimnological studies. GRAY, J. (Ed.) *Paleolimnology*. Elsevier, Amsterdam, P. 387-397.

Harrison, F. W. & Westfall, J. A., 1991. *Microscopy of Invertebrates,: Placozoa, Porifera, Cnidaria, and Ctenophora*. New York, Wiley-Liss, 2.

Hofmann, A., Didier-Roussy, D. & Montserrat-Filella, M., 2002. Dissolved silica budget in the north basin of Lake Lugano. *Chemical Geology*. Elsevier. v.182 (1). p, 35-55.

Hooper, J. N. A., 2000. ***Sponge Guide.*** Queensland Museum. 110p.

Hooper, J. N. A. & Van Soest, R. W. M. (Eds.), 2002. *Systema porifera, a guide to the classification of sponges*. New York, Kluwer Academic Publishers, 1708p.

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1988. *Geografia do Brasil: Região Centro Oeste*. p. 81-83.

Imbrie, J. & Imbrie, K. P., 1979. Ice ages: solving the mystery. London, Macmillan, 224p.

INT – Instituto Nacional de Tecnologia., 1939. Kieselguhr nacional (Diatomito). Rio de Janeiro, *Boletim INT*. 55.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1983. Pesquisa da ocorrência de diatomito nos Municípios: Aparecida do Tabuado e Paranaíba (MS). *Relatório Nº 21.327.* 69p.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1984. *Relatório n.º 21.039,*

Projeto Diatomito, 59p.

Koltun, V. M., 1970. Sponges of the Arctic and Antarctic: A faunistic review. In: The Biology of the Porifer Symposia , 1*, Bol*. of the Zoological Society of London, 25: 285-297.

Krauskopf, K., 1995. *Introduction to Geochemistry.* Mc. Graw Hill, New York, 647 p.

Lakefield Geosol LTDA., 2002. *Certificado de análises n° LG 5005* – NOV/02. Dezembro/02. 2p.

Leipnitz, I. I. & Lorenz-Silva, J. L., 2002. Espongiários fósseis; Diatomáceas e Tecamebas in: Dutra. T. L. (Org.) *Técnicas e Procedimentos de Trabalho com Fósseis e Formas Modernas Comparativas*. São Leopoldo, RS. LAVIGEA/PPGEO/UNISINOS, 56p.

Lepesh, I. F., 1977. *Solos, formação e conservação*. São Paulo, EDUSP. 111p.

Lorenz-Silva, J. L. L., 2003. *Trípoli, diatomitos e espongilitos em depósitos continentais no Brasil*. São Leopoldo, RS. Monografia de Qualificação para Doutorado. UNISINOS, 81p.

Lorenz-Silva, J. L. & Leipnitz, I. I., 2003. Registro e Contexto de Ocorrência da Diatomácea *Eunotia papilio* (Ehrenberg) Hustedt na Região do Alto Paraná, MS. *Acta Geológica Leopoldensia*, 26(56):47-53.

Magalhães, F. M., 1997. C*onsiderações sobre o geoambiente e a exploração de sedimentos no Rio Paraná, Município de Castilho, SP*. Três Lagoas, MS. Monografia de Bacharelado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS. 120p.

Manuel, M.; Boury-Esnault, N. & Vacelet, J., 2003. A esponja, uma república celular. São Paulo, Ed. Duetto. Scientific American Brasil, 17:27-33.

Manuel, M.; Borchiellini, C.; Alivon, E.; Le-Parco, Y.; Vacelet, J. &, Boury-Esnault, N., 2003. Phylogeny and evolution of calcareous sponges: monophyly of calcinea and calcaronea, high level of morphological homoplasy, and the primitive nature of axial symmetry. Systematic biology, 52 (3): 311-333.

Maldonado, M.; Carmona, M. C.; Uriz, M, & Cruzado, A., 1999. Decline in mesozoic reef-building sponges explained by silicon limitation. *Nature*, 401: 785-788.

Mallaroda, R., 1954. Il Luteziano di Monte Postale (Lessini medi). Università di Padova *Memorie degli Instituti di Geologia e Mineralogia.* 19: 108.

Martinez, D. E. & Osterrieth, M., 2002. Geoquimica de la silice disuelta en el Acuifero Pampeano en la vertiente sudoriental de Tandilia. Centro de Geología de Costas y Cuaternario. Universidad Nacional de Mar del Plata. *Hipertexto em www.conicet.org*.

Martini, E. & Schiller, W., 1995. Amphidisken der Scwammgattung Ephydatia im Unter-Oligozän von Sieblos/Rhon. Osthessens. *Beiträge zur Naturkunde,* 31: 7-11.

Martinez-Michiavello, J. C. & Salas-Aramburu, W., 1994. Catalogo Taxonômico-Ecológico de las diatomáceas no-marinas recientes y fosiles de la Republica Argentina. Buenos Aires, *Bol. Instituto Antártico Argentino*. 27.

Matsuoka, K. & Massuda, Y., 2000. A new potamolepid freswater sponge (Demospongiae) from the Miocene Nakamura Formation, central Japan. *Paleontological Research*, 4: 131-137.

Mazzullo, J., Meyer, A. & Kidd, R., 1990. New Sediment Classification Scheme. *Shipboard Scientist's Handbook.* ODP. p.125-130.

Medioli, F. S. & Scott, D. B., 1988. Lacustrine thecamoebians (mainly Arcellaceans) as potential tools for paleolimnological interpretations in: Gray, J. (Ed.) Paleolimnology aspects of freshwater Paleoecology and Biogeography. Paleogeography,

Paleoclimatology, Paleoecology, 62:361-386.

Mehl-Janussen, D.; Ekert, C. & Weiberg, E. V., 2000. Investigations on the endemic freshwater Porifera of lake Baikal (Lubomoirskiidae): status and perspectives. *Terra Nostra*, 9: 49-59.

Mendes, J. C., 1984. *Elementos de Estratigrafia.* São Paulo: EDUSP, 566p.

Milani, E. J., 1997. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental*. Porto Alegre, RS. Tese de Doutoramento. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 255p.

Moreira-Filho, H. & Teixeira, C., 1963. Noções sobre as diatomáceas. Curitiba, *Boletim da Universidade do Paraná (Botânica)*. 11.

Moreira-Filho, H., 1960. As diatomáceas na geologia, arqueologia e na atualidade. Curitiba. Trib. *Farmaceutica*. (5).

Moreira-Filho, H.; Valente-Moreira, I. M. & Cecy, I. I. M., 1973. Diatomáceas na Barragem de captação de água da SANEPAR no Rio Iguaçu em Curitiba, PR. *Acta Biológica Paranaense*. Curitiba. 2: 133-145.

Moreira-Filho, H.; Valente-Moreira, I. M. & Cecy, I. I. M., 1974. Diatomáceas da foz do Rio Guamã, Belém do Pará, PA. *Leandra* (4, 5).

Morse, D. E. & Tecedor, J. C., 2002. Silica synthesis by sponges: unanticipated molecular mechanism. Santa Barbara, *Biogeosciences,* (1) 5-17.

Motta, J. F .M.; Cabral Jr. M. & Campanha, V .A., 1986. Diatomitos e espongilitos no Estado de São Paulo. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 34, Goiânia, *Anais,* 1:.2329-2341.

Moura, A., 1958. Espongilideos fósseis no diatomito de Asenhas do Vale de Attela (Alpiarca). *Memórias e Notícias,* 46: 23-33.

Müller, W. E. G.; Zahn, R. K. & Maidhof, A., 1982. *Spongilla gutenbergiana* n.sp. Ein Süsswasserrschwamm aus dem Mittel-Eozën von Messel. *Senckenbergiana Lethea*, 63: 465-472.

NASA – National Aeronautics and Space Administration, 2002. Exemplo de imagem LANDSAT registrada no inverno de 2002, disponível no site *htt:/rsd.gsfc.nasa.gov./rsd*. Acessado em 04/12/2002.

Ott, E. & Wolkheimer, W., 1972. *Paleospongilla chubttensis* n.g. *et* n.sp. Ein Süsswasserschwamm aus der Kreide Patagoniens. *Neues Jahrbuch für Geogie und Paläontologie Abhandlungen.* 140: 49-63.

Paim, P. S. G.; Faccini, U. F. & Netto, R. G. (eds.), 2003. *Geometria, arquitetura e heterogeneidades de corpos sedimentares* – estudo de casos. PPGEo /UNISINOS. São Leopoldo, RS. 239p.

Palacio, F. C. R. & Bermudez, P. J., 1963. *Micropalentologia General*. Univ. Central De Venezuela. 808p.

Parizzi, C., 1998. Genesis, and environmental history of Lagoa Santa, southeastern Brazil. London, *Holocene,*. (8) 3:311-3421.

Patrick, R. & Reimer, A., 1966. *The Diatoms of the United States*. Ac. Nat. Sci, of Phil. (1) 280p.

Penney, J. T. and A. A. Racek. 1968. Comprehensive Revision of a Worldwide Collection of Freshwater Sponges (Porifera: Spongillidae). *United States National Museum Bulletin*,

272: 1-184.

Pickett, J. W., 1983. An annotated bibliography and review of Australian fossil sponges. Australas Assoc. *Paleontol. Mem*., 1:93-120.

Protero, D. R. & Schwab, F., 1996. *Sedimentary Geology*. New York, W. H. Freeman Co. 575p.

Razanen, M. E.; Salo, I. & Junger, R., 1991. Holocene floodplain lake-sediments in the Amazon-C-14 dating and paleological use. *Quaternary Science Rev*. Pergamon-Elsevier Science LTDA., 3:363-372.

Reading, H. G. (Ed.), 1997. *Sedimentary environments and facies*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 615 P.

Reid, R. H. H., 1967. Thetys and the zoogeography of some modern and mesozoic Porifera. Ager, D. V. & Adams, C. G. (Eds.), 1967. Aspects of tethyan biogeography. London, *The Systematics Association Bo.,* 2: 171-181.

Reitner, J. & Keupp, H., 1991. *Fossil and Recent Sponges*. Berlin, Springer-Verlang. 578 p.

Reitner, J. & Wörheide, G., 2002. Non-lithistid fossil demospongiae; origins of their palaeobiodiversity and highlights in history of preservation. In : Hooper, J. N. A. & Van Soest, R., W. M. *Systema Porifera; a guide to the classification of sponges*. New York, Kluwer Academic Publishers, (1): 52- 68.

Riccomini, C.; Sant'Anna, L. & Coimbra, A. M., 1997. Sílica microcristalina (Trípoli) em rochas sedimentares permianas do flanco leste da Bacia do Paraná, Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*. (27) 4: 395-402.

Richter, G. & Wuttke, M., 1995. Der Messel Süsswasser Kieselschwamm *Spongilla gutenbergiana*, eine Ephydatia. *Natur und Museum*, 125: 134-135.

Rigby, J.K. & Stearn, C.V. 1991. *Sponges and Spongiomorphs,* Indianapolis, University of Tennessee. 22p.

Rocha, O., 2003. *Avaliação do estado do conhecimento da diversidade biológica do Brasil. Água doce.* MMA/CNPq/UNICAMP/UFSCAR. 70p.

Roque-Silva, L. C. & Lorenz-Silva, J. L., 2000. Sistema lacustre do Alto Paraná - Registro das transformações ambientais recentes, fruto da ação antrópica. Reunião anual da SBPC, 52, Brasília, *Anais em CD*.

Roque-Silva, L.C., 2001. *Resenha geofisiográfica do Município de Três Lagoas, MS*. Três Lagoas, MS. Monografia de Bacharelado.Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS. 120 p.

Rosales, I.; Mehl, D.; Fernández-Mediola, P .A. & García-Mondéjar, J., 1995 . An Usual Poriferan Community In The Albian Of Islares (North Spain) Paleonvironmental And Tectonic Implications. *Palaeoclimatol. Palaeoecol*, 19: 47-61.

Round, F. E.; Crawford, R. M. & Mann, D. G., 1990. *The diatoms biology and morphology of the genera*. Cambridge, C.U. Press, 340p.

Ruiz, M. D.,1963. *Geologia aplicada à barragem de Jupiá (Sistema Urubupungá)*. São Paulo, SP. IPT/SGA, 34p.

Rumrich, U. & Lange-Bertalot, H., 2000. Diatoms of the Andes From Venezuela to Patagônia Tierra Del Fuego. *Iconografia Diatomologica*, 9:1-649.

Rützler, K. & Macintyre, L.G., 1978. Siliceous sponge spicules in coral reef sediments.

Biology, 49:147-159.

Santos, I. V.,1993. *Pó de Mico: estudo de uma ocorrência em Paranaíba, MS*. Três Lagoas, MS. Monografia de Licenciatura. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS. 62 p.

Santos, M. L. & Stevaux J. C., 2001. Fácies e suas associações nos depósitos rudáceos na bacia hidrográfica do Rio Paraná em seu curso superior: Uma tentativa de classificação. CONGRESSO DA ABEQUA, 8, Imbé, RS. *Resumos,* p. 252-253.

Schnurrenberger, D., Russell, J. & Kelts, K., 2003. Classification of lacustrine sediments based on sedimentary components. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. *Journal of Paleolimnology.* 29:141–154.

Seyve, C., 1990. *Introdução à Micropaleontologia*. Universidade A. Neto, Faculdade de Ciências - Departamento de Geologia. Elf Aquitaine. 232p.

Shepard, F. P., 1954. em Suguio, K., 2003. *Geologia Sedimentar.* São Paulo, USP – Ed. Edgard Blücher LTDA. 400p.

Silva, K. A. & Lorenz-Silva, J. L., 1999. A ocorrência de espículas de esponjas no sistema lacustre da Região do Alto Paraná, MS/SP. In: Encontro Maringaense de Biologia, 1, e Semana de Biologia, 14, Maringá, UEM *Anais*, 1: 151.

SMS – Secretaria Municipal da Saúde do Município de Três Lagoas., 2003. *Boletins de análise fisicoquímica e microbiológica do sistema lacustre loca.* (Vários).

Soares, J. M., 1973. *Contribuição à geologia do extremo oeste do Estado de São Paulo*. Presidente Prudente, SP. Tese de Doutoramento. Universidade Estadual Paulista – UNESP. 320p.

Souza Filho, E. E. & Stevaux, J. C., 1997. Geologia e geomorfologia do Complexo Rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: Vazzoler, A. E. A. M.; Agostinho, A. A. & Hahnn, N. S. (Eds.). *A planície de inundação do alto Rio Paraná*. Maringá, UEM - Nupelia, p.3-43.

Stevaux, J. C. & Takeda, A. M., 1994. Dinâmica sedimentar no canal do Rio Paraná. Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 6, Porto Alegre, *Resumos Expandidos*, (1) p.:284-287.

Stoermer, E. F., Kreis Jr., R. G. & Andresen, N. A., 1999. Checklist of Diatoms From the Laurentian Great Lakes II. *J. Great Lakes Res.,* (25) 3:515-566.

Strakhow, N. M., 1953. Diagenesis of sediments and its significance in sedimentary ore formation. Izvest. Akad. Nauk. SSSR, *Seriya Geol*., 5.

Suguio, K., 2001. *Geologia do Quaternário e mudanças ambientais*. São Paulo, Paulos Editora. 366p.

Suguio, K., 2003. *Geologia Sedimentar.* São Paulo, USP – Ed. Edgard Blücher LTDA. 400p.

Teixeira, M. A., 2002. *Eletrodos modificados com matrizes de sílica obtida a partir do mineral espongiolito.* Campo Grande, MS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal e Matogrosso do Sul - UFMS. 105p.

Traxler, L., 1895. Spikule Von Süsswasserschämen Aus Brasilien. Földtani Közlony, 25:62-64.

Tundisi, J. G.; Bicudo, C. E. M. & Matsumura-Tundisi, T., 1995. Limnology in Brazil. Rio de Janeiro, SBL – *Bol. Academia Brasileira de Ciências.* P.35-58.

UW – Universidade de Washington, 2004. *Relatório de ensaio para datação UW 1029*.

Abril/04. 6p.

Vail, P. R.; Audemard, F.; Bowman, S. A.; Eisner, P. N. & Perez-Cruz, C., 1991. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentation. In: Einsele, G.; Ricken, W.; Seilacher, A. (Eds.) *Cycles and events in stratigraphy*. Berlin, Springer-Verlang, p. 617-659.

Velho, L. F. M.; Lansac-Tôha, F. A. & Bini, L. M., 1999. Spatial and temporal variations in densities of Testate Amoebae in the plankton of the upper Paraná River floodplain, Brazil. *Hidrobiologia*, 41:103-113.

Volkmer-Ribeiro, C., 1976. A new monotipic genus of freshwater sponges (Porifera – Spongillidae) and the evidence of a speciation via hybridism. *Hidrobiologia*, 50:271-281.

Volkmer-Ribeiro, C., 1981. Key to the presently known families and genera of neotropical freshwater sponges. *Revista Brasileira de Biologia*, 41: 803-808.

Volkmer-Ribeiro, C., 1992. The freshwater sponges in some peat-bog ponds in Brazil. *Amazoniana*, (12) 2:.317-335

Volkmer-Ribeiro, C., 1999. Esponjas in: *Biodiversidade do Estado de São Paulo. Síntese do conhecimento ao final do Século XX*. Invertebrados de água doce. São Paulo, FAPESP., 4: p.1-9.

Volkmer-Ribeiro, C. & Reitner, J., 1991. Renewed study of the type material of *Paleospongilla chubutensis* Ott and Volkheimer (1972). In: Reitner , J., & Keupp, H. (Eds.), Fossil and Recent Sponges, Springer, Berlin, 121-133 p.

Volkmer-Ribeiro, C. & Motta, J. F. M., 1995. Esponjas formadoras de espongilitos em lagoas do triângulo mineiro e adjascências, com indicação de preservação de habitat. *Biociências*. Porto Alegre, IB/PUCRS. (3) 2:145-169.

Volkmer-Ribeiro, C. Mansur, M. C. D.; Mera, P. A. S. & Ross, S. M., 1998. biological indicators of the quality of water on the Island of Maracá, Roraima, Brazil. In: Ratter, J. A. & Milliken, W. (Eds.). *Maracá: The biodiversity and environment of an amazonian rainforest.* Chichester, John Wiley & Sons Ltda., p. 403-414.

Volkmer-Ribeiro, C.; Motta, J. F. M. & Callegaro, V. L., 1998. Taxonomy and distribution of brazilian spongillites. In: Watanabe, Y. & Fusetani, N. (Eds.). *Sponge sciences multidisciplinary perspectives*. Tokyo, Springer-Verlang., p.271-278.

Volkmer-Ribeiro, C.; Sifedine, A. & Albuquerque, A. L. S., 2001, Avaliação ambiental indicada por espículas silicosas de esponja nos sedimentos atuais e sub-fósseis do Lago do Caçó, MA. In: CONGRESSO DA ABEQUA, 8, Imbé, RS. *Bol.de Resumos*, 1: 333-335.

Wetzel, R. G. & Likens, G. E., 2000. *Limnological Analyses*. New York, Springer-Verlang. 3ª Ed. 402 p.

Yamamoto, J. K., 2000. *Avaliação do potencial geológico de materiais pozolânicos no Estado de São Paulo.* São Paulo, DGSA/IG/USP/FAPESP. Pesquisa FAPESP. 60.

Young, J. T., 1878. On the occurrence of a freshwater sponge in the Purbeck Limestone. *Geological Magazine*. 5: 220-221.

9. Anexos

9.1. Datação via termoluminescência: fundamentos e métodos

O texto a seguir é um explicativo que acompanha o relatório de datação da laje espiculítica da Lagoa do Meio que foi elaborado pelo *Luminescence Dating Laboratory,* unidade do Departamento de Antropologia da Universidade de Washington.

Existente desde 1978, o método de datação por termoluminescência foi inicialmente desenvolvido no Centro da Investigação Interdisciplinar de Arqueologia Analítica da Universidade de Bordéus, visando a datação de cerâmicas pré-históricas.

O método baseia-se no fato de que a rede cristalina de minerais como o quartzo e o feldspato, apresenta interstícios que retêm elétrons deslocados desde os átomos dos elementos circundantes. Tal deslocamento ocorre induzido pela ação de partículas alfa, beta e dos raios gama emitidos pelo urânio 238, pelo tório 232, assim como pelo potássio 40. Esses elementos são radioativos e são comuns nos minerais.

Em função da radioatividade própria e da quantidade de radioativos nos minerais circundantes, o número de elétrons retidos aumenta com o tempo. Quando submetidos à aquecimento controlado, os elétrons aprisionados no mineral a ser datado, recebem energia suficiente para sair, fato que é acompanhado por uma emissão de luz de intensidade proporcional ao número de partículas deslocadas.

Diz-se então que o relógio atômico é zerado. Cada armadilha passa a receber elétrons novos, em número proporcional ao tempo decorrido. Através da termoluminescência mede-se esse tempo; para tanto, cada material a datar, deve ser aferido quanto ao próprio conteúdo radiogênico, quanto à carga de irradiação recebida e quanto à origem geográfica, segundo a qual devem ser corrigidos até 2 % de irradiações extras de origem cósmica.

Conforme o substrato, cada tipo de irradiação possui uma capacidade própria de aprofundamento. Considerando um mesmo substrato, enquanto as partículas alfa atingem até 20 micrômetros, as beta penetram até 2 milímetros,

e os raios gama até 30 centímetros. Conhecidas tais razões; basta levantar os efeitos das irradiações gama para conhecer a dose total anual de irradiações (alfa + beta + gama) específica de cada material. A dose total anual é obtida multiplicando-se o valor da irradiação gama total anual por uma constante variável conforme o tipo de substrato e calculada em função da sensibilidade às irradiações próprias de cada amostra a datar.

Irradiações gama do substratro-matriz são medidas com um gamâmetro por tempo inferior a 15 minutos. A datação obtida é uma curva de datas havendo, uma margem de erro que, em média, é inferior a 10 %.

Para a datação da laje espiculítica da Lagoa do Meio um conjunto de amostras recebeu a identificação UW1029. Como procedimento inicial foi feita a remoção da camada mais externa, parte suscetível a eventuais exposições luminosas. Pequena porção da amostra, foi submetida à medição da radioatividade natural.

Dos elementos urânio U^{238} e tório Th^{232}, constatou-se, através das irradiações alfa, uma deterioração em cadeias de 0,312 ± 0,026 Gy/ka. Nos testes preliminares somente 0,05 ± 0,010 % da irradiação natural medida foi atribuída ao potássio K; valor baixo mas considerado normal para o tipo de amostra. Medida a radioatividade beta derivada de U e Th, essa alcançou 0,288 ± 0,021 Gy/ka.

Tendo em vista o fato de a amostra original ter sido coletada de uma laje submersa e a necessidade da aplicação de fatores de correção, foi considerado como percentual de umidade de 15 %. Após desagregada e quarteada, uma parte da amostra foi submetida à ataque ácido (HCl) e com água oxigenada (H_2O_2). Visando a seleção dos grãos de quartzo do tamanho mais indicado para os procedimentos (125-150 μm), outra parte do desagregado inicial foi peneirada.

O conteúdo da fração antes referida foi tratado com uma solução de ácido fluorídrico à 48 % durante 40 minutos. A amostra tratada foi então lavada e submetida à uma solução de politungstato de sódio, cujo peso específico é

2,69; substância usada como meio de separação por gravidade. Os grãos de quartzo formam uma nata de cor clara que é separada.

As medidas de luminescência foram feitas individualmente em cerca de 2000 grãos, através de um emissor Risø/TL-DA-15, regulado para 0,8 s de excitação, temperatura de 125°C. O laser usado tem feixe de 532 nm e foi calibrado para 90 % de potência. Os filtros de captura usados são do tipo U340 de 7,5 mm. A análise baseou-se no registro do brilho dos primeiros 0,06 segundos. Para os testes as amostras foram pré-aquecidas por 10 segundos entre 160 e 260°C

Visando testar a adequação da amostra ao protocolo usual para esse tipo de datação, 400 grãos de quartzo receberam uma emissão laser equivalente a 29,4 Gy. Do total de grãos irradiados 231 mostraram propriedades de luminescência mensuráveis. Plotadas em um gráfico de tendência central, as respostas enquadram-se em um campo de limites de erro, cuja tendência central (28,9 ± 0,4 Gy) foi próxima ao montante irradiado, indicando boa adequação entre protocolo e amostra.

A dose equivalente natural (De), é um valor que representa a quantidade de energia (em Gy), que um grão de quartzo é capaz de acumular por unidade de tempo. Para a determinação da dose equivalente, 1442 grãos de quartzo foram irradiados. Destes 823 apresentaram luminescências mensuráveis; respostas que plotadas em um gráfico de tendência central, indicaram uma dose equivalente de 27.4 ± 0.3 Gy. A razão entre a De e o valor de irradiação total (alfa + beta + gama + cósmica), medida em Gy/Ka, fornece a idade da última iluminação dos grãos de quartzo. O procedimento descrito possibilitou, também, determinar a dose equivalente válida para os grãos mais jovens presentes na amostra (18.6 ± 0.6 Gy).

9.2. Esquemas de classificação

O quadro 9.1 e afigura 9.1 apresentam os critérios e o esquema de classificação que o BGS usa para as rochas e sedimentos silicosos não clásticos. O quadro 9.2, apresenta a classificação adotada pelo GLAD, para sedimentos lacustres.

Quadro 9.1 – Critérios para a classificação de rochas e sedimentos silicosos e não clásticos.

Critérios principais:	**Critérios secundários:**
Origem da sílica predominante (1); (3):	**Cristalização da sílica constituinte** (3):
Minerogênica (SM)	Quartzo (Qz); Cristobalita/Tridimita (CT) ;
Biogênica (SB)	Amorfa (A) ou mista (M)
Química (SQ)	**Dureza** (6):
Grau de litificação (5):	Alta (DA); baixa (DB)
Alto/indeformável (I)	**Fratura** (7):
Baixo/deformável (D)	Irregular (FI); Fratura conchoidal (FC)
Porosidade (4):	**Brilho** (7):
alta (50-90%) (PA);	Fosco (BF); vítreo (BV)
média (15-30%) (PM);	**Arquitetura e dimensão/constituintes** (1);(7):
baixa (<10%) (PB)	Nodular (N)
Organismo gerador dos remanescentes (1):	Bandeada (B)
Diatomáceas (Di)	Criptocristalino (Cr)
Radiolários (Ra)	**Cor** (7):
Esponjas (Sp)	Branca (b); cinza (c); negra (n); vermelha (v)
Métodos para avaliação: (1) Microscopia; (2) Análise geoquímica; (3) Difratometria de Raios X; (4) Porosimetria; (5) Pressão sob espátula; (6) Escala de Mohs; (7) Análise macroscópica.	

Denominação e o respectivo conjunto de características																										
	SM	SB	SQ	I	D	PA	PM	PB	QZ	CT	A	M	DA	DB	FI	FC	BF	BV	DI	RA	SP	N	B	CR	**b**	**c**	**n**	**v**
Diatomito		X		X		X					X			X	X		X		X						X			
Radiolarito		X		X		X					X			X	X		X			X					X	X		
Espongilito		X		X		X					X			X	X		X				X				X			
Sinter *			X	X		X				X				X	X		X								X			
Chert opalino.		X		X				X				X	X		X			X	X	X	X				X			
Chert quartz.	X			X				X	X			X	X			X		X							X			
Porcelanita	X			X			X						X			X		X							X	X		
Jaspe	X			X				X					X			X		X										X
Flint	X			X				X					X			X		X				X				X	X	
Ágata	X			X				X	X				X			X		X					X	X		X	X	X
Oozes		X			X							X							X	X	X				X	X	X	

OBS: * = Trípoli . Fonte: Modificado do BSG (Hallsworth e Knox , 1999).

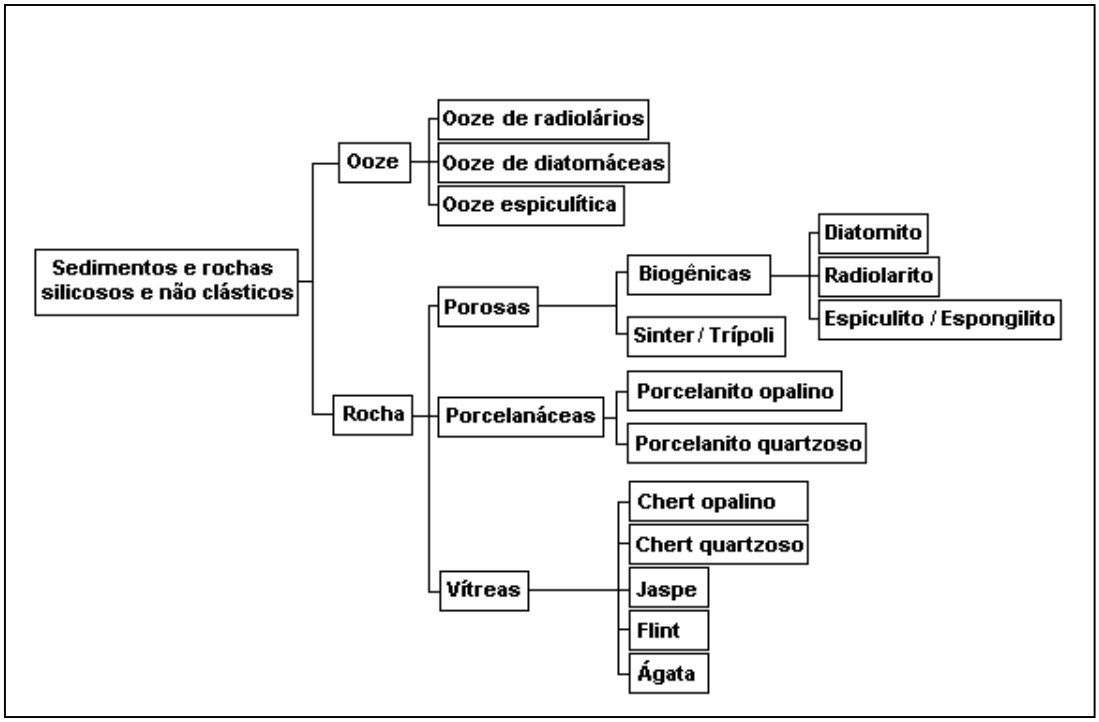


Figura 9.1 – Esquema de classificação das rochas sedimentares e dos sedimentos silicosos e não clásticos. Fonte: Modificado do BSG / Hallsworth e Knox (1999).

Quadro 9.2 – Classificação dos sedimentos lacustres adotada pelo GLAD.

Classe	Série/denominação	Modificador da denominação
Sedimentos clásticos.	Areia; Silte; Argila;	Granulometria, arredondamento, grau de seleção e fábrica.
Sedimentos químicos.	Gipso; Gipsito.	Mineralogia, tamanho e fábrica.
	Calcário; Dolomito; Lama carbonática.	Mineralogia, tamanho, fábrica e % de carbonatos.
Sedimentos biogênicos.	**(Carvão)** Antracito; Betume; Linhito; Turfa;	Táxon da planta e grau de fragmentação.
	Sapropel;	
	Ooze;	Organismo predominante nos remanescentes sedimentares.
	Coquina;	Tipo/organismo: Gastrópodos ou Biválvios.

Fonte: Modificado da GLAD (Mazzullo *et al*., 1990)

9.3. O depocentro da Sinéclise do Paraná: evolução e estratigrafia

Para Milani (1997), a evolução da Sinéclise do Paraná teria ocorrido via tectônica compressiva desde a porção sul-ocidental do Gondwana. em sincronia com uma ampla eustasia e a geração de espaços via dinâmica substratal (*sensu* Vail *et al.,*1991). Desde o início do Cretáceo, a evolução tectono-estratigráfica da sinéclise teria como evento principal, um soerguimento térmico, e concomitante a esse, o estabelecimento de uma plataforma dômica que teria antecedido os derrames da Formação Serra Geral. Essa unidade constitui o substrato rígido sobre o qual foram depositados os arenitos da Unidade Caiuá assim as várias unidades do Grupo Bauru (Fúlfaro *et al.,*1982).

Sistemas de falhas normais, teriam gerado os basculamentos que modelaram a paisagem da região do Alto Paraná. A origem daquelas estruturas teria sido síncrona ao rifteamento e ao soerguimento de partes da costa brasileira, cuja movimentação originou os arcos de Ponta Grossa e Assunção que são as principais áreas-fonte de sedimentos para o depocentro da Bacia do Paraná (Barcelos, 1984) (Figura 9.2).

A modulação tectônica da região do Alto Paraná é uma idéia embasada, em parte, pelo resultado de estudos realizados para as obras do Complexo Hidrelétrico de Urubupungá. Afloramentos de um mesmo derrame de basaltos, um na foz do Rio Paranapanema e outro, 270km ao norte (no Município de Três Lagoas), foram detalhados, constatando-se entre os dois um desnível de cotas de 122 metros. O mesmo comparativo foi feito entre Panorama e Presidente Epitácio, municípios paulistas distantes cerca de 100km. O desnível nesse trecho constatado é de 42 metros. Tais basculamentos são a origem da geomorfologia escalonada e dos inúmeros desvios dos canais fluviais característicos da paisagem do Alto Paraná (Soares, 1973).

Os derrames de lava que acompanharam os eventos tectônicos ao longo do Cretáceo Inferior, superpõem-se aos depósitos eólicos de climas áridos da Formação Botucatu (Fúlfaro *et al*.,1980).

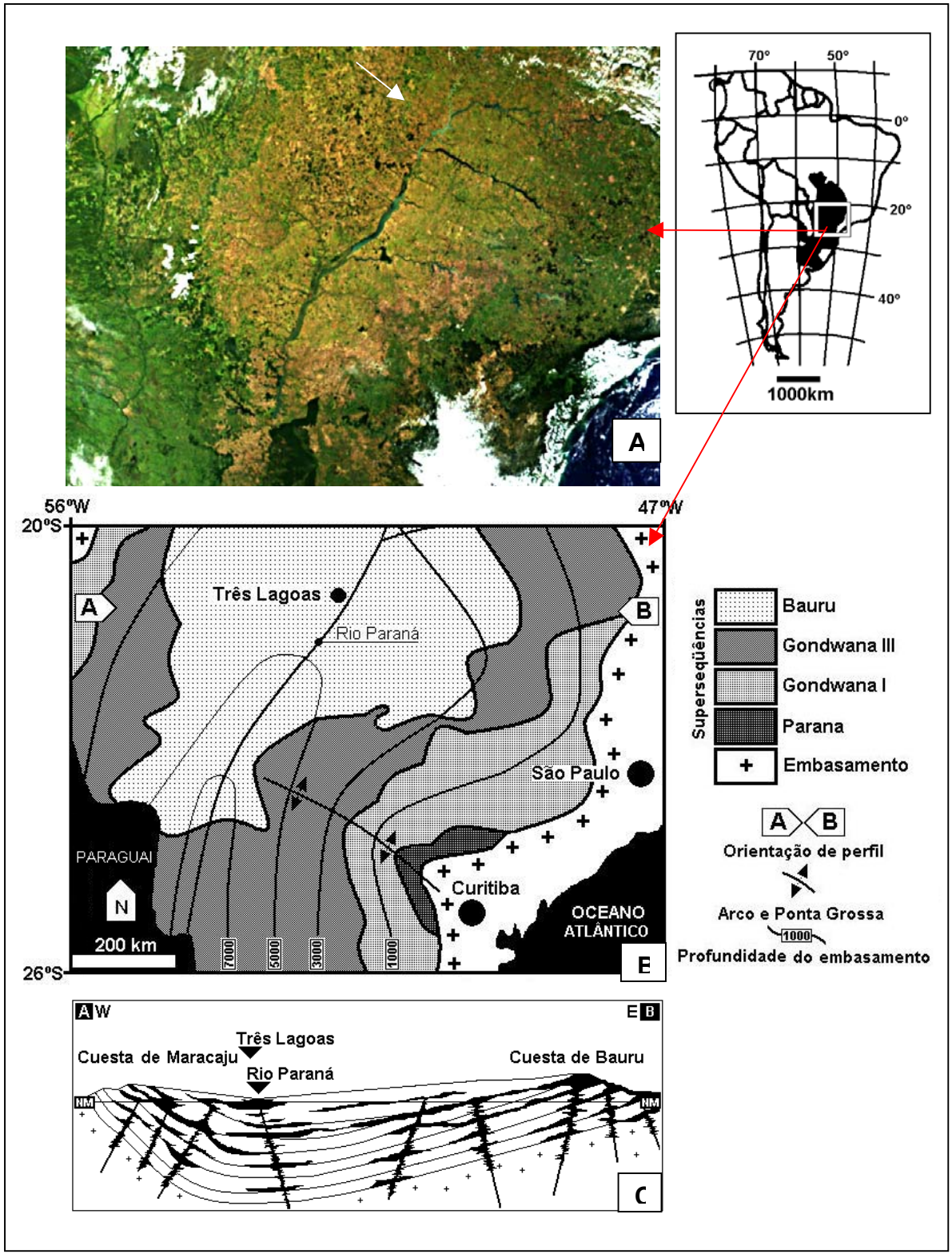


Figura 9.2 - (A) Na imagem LANDSAT (NASA, 2002), a localização (seta) do Município de Três Lagoas. (B) Contexto aloestratigráfico do depocentro da Sinéclise do Paraná. (C) Posição do Rio Paraná no perfil do Mio-geossinclíneo homônimo.

Após o magmatismo Serra Geral, deposições eólicas e fluviais geraram, respectivamente, as unidades Caiuá e Bauru (Figura 9.3), as quais exibem intercalações rudáceas bem expostas desde a foz do Paranapanema até o noroeste do Estado de São Paulo (Barcelos, 1984).

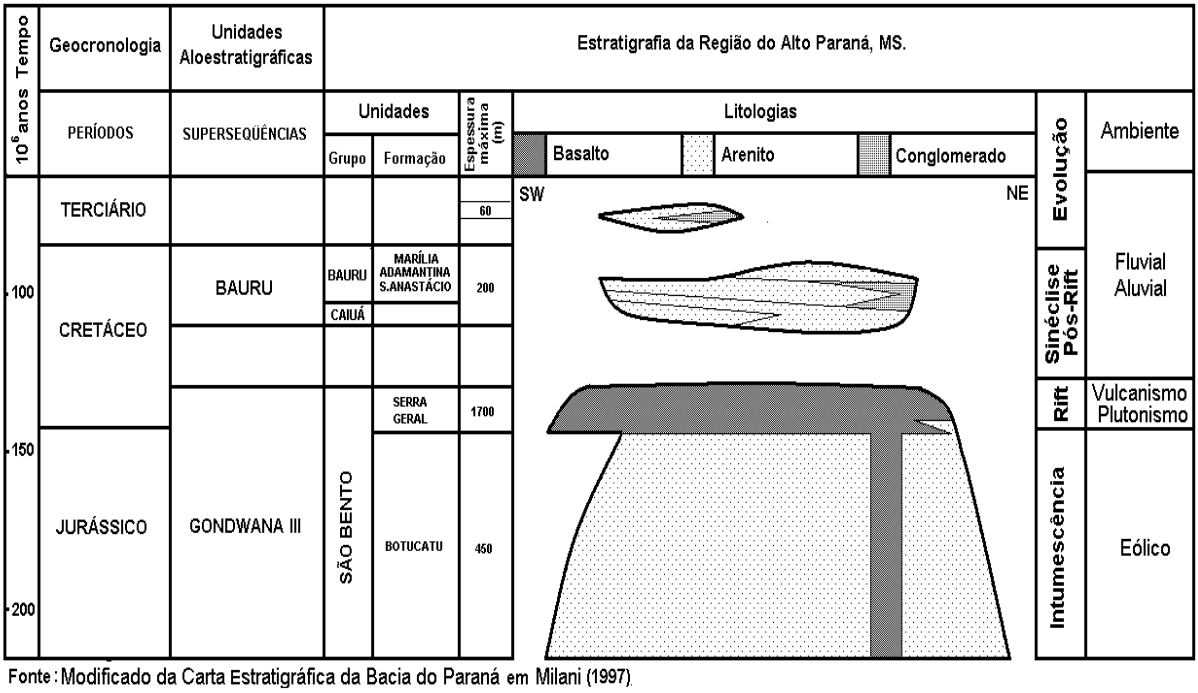


Figura 9.3 – Estratigrafia das unidades jurássicas, cretáceas e terciárias da Bacia Sedimentar do Paraná, na Região do Alto Paraná, MS.

Nos depósitos aluvionares do Alto Paraná, Santos e Stevaux (2001) destacam três unidades:

A) Argilas síltico-arenosas, nas áreas superficiais e sujeitas à inundação;

B) Areias finas e médias, em depósitos sotopostos à primeira unidade; e

C) Unidade basal, composta por um pacote de espessura métrica de seixos e pedregulhos com concreções e cimento ferruginoso.

Os mesmos autores subdividem a unidade basal em cascalheiras oligomíticas de alta ou baixa vertente e cascalheiras polimíticas. As cascalheiras de baixa vertente estariam vinculadas ao atual contexto fluvial; as e alta vertente teriam sido depositadas ao longo do Terciário, quando do estabelecimento da atual configuração da bacia hidrográfica e as cascalheiras polimíticas seriam o substrato pleistocênico dos aluviões recentes.

A fonte da sílica concentrada nos depósitos bio-silicosos da região do Alto Paraná é atribuída aos arenitos que constituem a Superseqüência Bauru, unidade que domina o substrato no depocentro da sinéclise. A referida unidade abrange cerca de 350.000 km^2 com registros nos Estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná. Nas imediações do Município de Bauru (SP), a espessura da unidade litoestratigráfica homônima é de 190 m (Magalhães, 1997).

No Município de Três Lagoas, os arenitos da Formação Santo Anastácio (Figura 9.4) afloram nas ravinas fluviais em pacotes com até 3 metros de espessura. Variam entre finos e médios, são limonitizados e exibem estratificações cruzadas e intercalações pelíticas sugestivas de uma dinâmica fluvial variável (ora de canal, ora de transbordamento). No Estado de São Paulo assim como em Mato Grosso do Sul, os referidos psamitos afloram na base dos vales afluentes ao Rio Paraná. Conforme Soares (1973), há evidências de que essa unidade tenha se depositado sob clima seco.

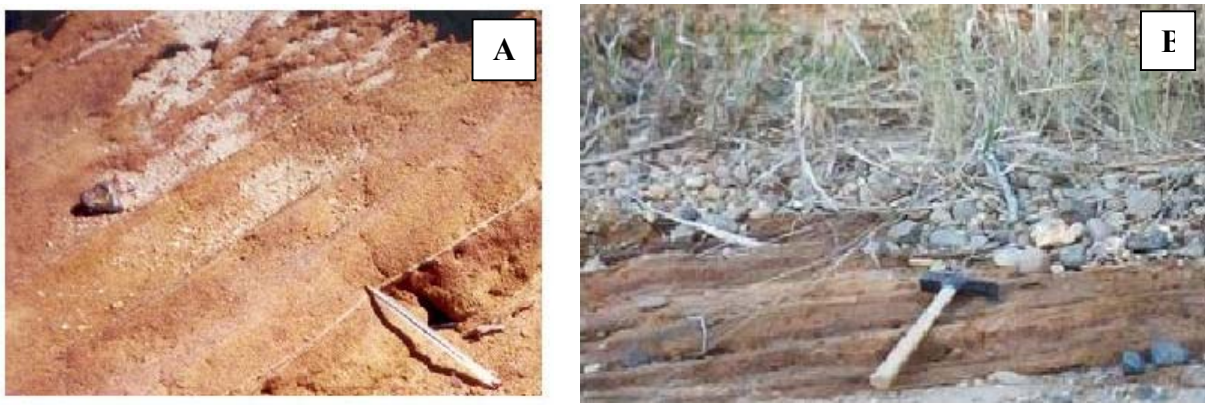


Figura 9.4 - Afloramentos de arenitos da Formação Santo Anastácio em ravina do Rio Paraná no Município de Três Lagoas, MS. (A) Estratos limonitizados; (B) Arenito em posição sotoposta (discordante) ao conglomerado polimítico.

Os arenitos médios e finos, siltitos e lamitos que constituem a Formação Adamantina, exibem cores claras, entre o castanho e o rosa (Figura 9.5). Na região de Três Lagoas as melhores exposições dessa unidade ocorrem nas ravinas das calhas fluviais e nos cortes de estrada. Na região essa unidade foi bem estudada por Barcelos (1984) e, mais recentemente por Coimbra (1981).

Os referidos autores descrevem a Formação Adamantina como um pacote de arenitos (2 e 50 metros de espessura) que dispõem-se diretamente sobre os Basaltos Serra Geral ou, mais comumente, entre os Arenitos Santo Anastácio e Marília. As descrições desses arenitos sugerem que a deposição dos mesmos ocorreu em ambiente fluvial.

Figura 9.5 – Formação Adamantina: (A) Detalhe de afloramento em corte de estrada, onde o arenito fino exibe cores muito claras. (B) Afloramento em ravina fluvial; as cores claras do arenito destacam-se em posição sotoposta aos aluviões atuais.

A Formação Marília (Figura 9.6), fora do território paulista, foi bem detalhada por Almeida (1954), autor que propôs a unidade como topo do Grupo Bauru. Esse posicionamento foi muito contestado, mas ainda hoje é o mais aceito. Fulfaro *et al.* (1982) destacam dessa unidade, o elevado grau de silicificação e as intercalações conglomeráticas.

Quanto à distribuição regional, a Formação Marília pode ser considerada residual. Cattanio & Lorenz-Silva (1987) mapearam esses arenitos na porção central do Município de Três Lagoas, onde afloram nos topos das colinas à cotas superiores aos 500m. Exibem cores variadas entre o cinza escuro (se pouco alterados) e o rosa claro, em superfícies mais expostas. O ambiente de deposição sugerido pela intercalação de fácies e o conjunto de registros sedimentares, é o fluvial com pulsos de alta competência.

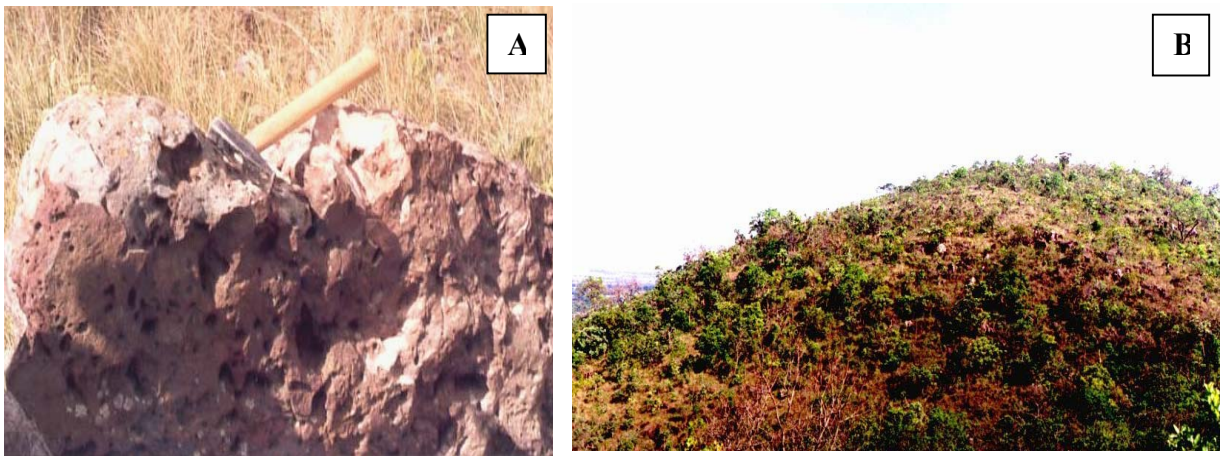
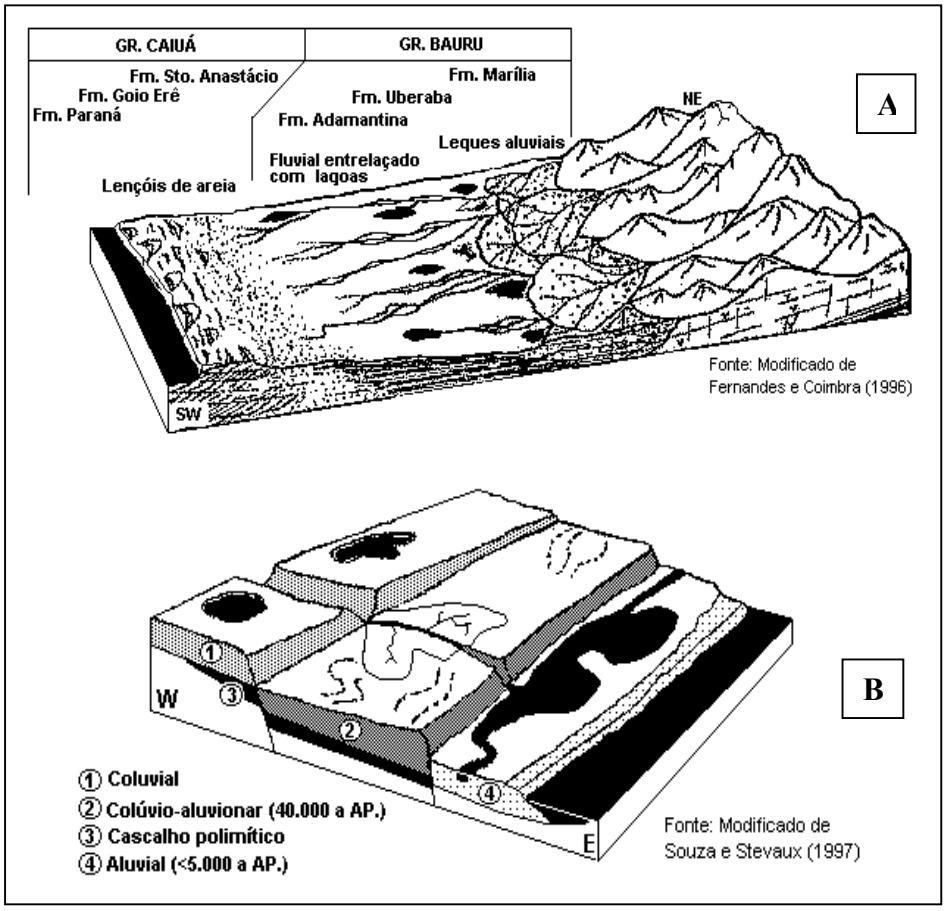


Figura 9.6 - Formação Marilia. (A) Bloco rolado inclui um estrato conglomerático. (B) Topo da Serrinha, nome do cerro que é suportado pelos Arenitos Marília.

Na figura 9.7 apresentam-se blocos-diagrama de pontos da região do Alto Paraná separados por 400 km de distância e situados no noroeste do Estado de São Paulo (A) e no Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul (B).



Figuras 9.7 - Blocos-diagrama da região do alto curso do Rio Paraná: (A) Noroeste do Estado de São Paulo e (B) Sudeste do Estado de Mato Grosso do Sul, fronteira com o Estado do Paraná.

9.4. O Rio Paraná

A Bacia hidrográfica do Rio Paraná é a quarta maior do planeta em área de abrangência (2.800.000 km^2); drena toda a porção centro-sul-americana, desde as encostas andinas até a Serra do Mar, gerando a décima maior descarga do planeta (cerca de 470.000.000 m^3/ano, 11.000 m^3/s ou 12,5 l/s/km^2). A carga sedimentar anual aportada à foz é sempre maior do que 90.000 t (IBGE, 1988).

Segundo a mesma fonte, na região de influência dessa bacia, a precipitação e a evaporação médias anuais são respectivamente de 1.385 mm e de 989 mm. Ao longo dos cerca de 4.695 km que separam a nascente (confluência dos Rios Grande e Paranaíba) da foz (estuário do Prata), o Rio Paraná é abastecido por importantes tributários, entre os quais o Iguaçu, o Tietê e o Paranapanema.

A calha fluvial encaixa-se sobre travessões de basalto, arenitos e aluviões, numa configuração que teria sido definida a partir do Cretáceo, como produto de basculamentos tectônicos Até o final da década de 1950, a calha no alto curso fluvial era estreita e marcada por importantes quebras da linha d'água (Salto de Urubupungá e a Cachoeira de Itapura). Desde então, 26 barramentos para o aproveitamento hidrelétrico mudaram a dinâmica fluvial e fizeram submergir muitas ilhas, braços abandonados, barras arenosas, canais secundários e lagoas instaladas nas pretéritas planícies de inundação (Souza Filho & Stevaux, 1997; Roque-Silva, 2001).

Embora influam no nível de base, as barragens não impedem a ocorrência de eventos sazonais de erosão e transporte, os quais continuam a modular os elementos deposicionais no contexto fluvial. Seixos e areias são mobilizados ou depositam-se no canal principal, enquanto os sedimentos mais finos seguem em suspensão para o baixo curso ou acumulam-se nos baixos terraços, compartimentos limitados por escarpas paralelas ao curso fluvial, que cumprem o papel anterior das planícies ora submersas (Magalhães, 1997).

Para Souza Filho & Stevaux (1997), os terraços fluviais são referenciais cronológicos para o estabelecimento da estratigrafia dos corpos aluviais de

ocorrência espacial fragmentada. Esses autores atribuem idade pleistocênica aos terraços altos e idades inferiores à 5.000 anos aos compartimentos mais baixos e próximos da calha do Paraná. Nas imediações fluviais predominam solos hidromórficos onde o acúmulo de matéria orgânica escurece, sob condições redutoras, os sedimentos do horizonte A. O óxido de ferro mosqueia de vermelho o horizonte B, onde geram-se as concreções lateríticas (Lepesh, 1977).

9.5. O ambiente lacustre

Para os ecólogos, lagoas são corpos rasos nos quais a radiação solar atinge o substrato sedimentar possibilitando que, em toda a extensão das mesmas, ocorra o crescimento de plantas aquáticas. Lagos são corpos maiores, mais profundos e menos iluminados (Esteves, 1988).

Sob o enfoque geográfico, lagoas são corpos efêmeros, pouco profundos e dependentes da pluviosidade. Têm formas predominantemente arredondadas, e salinidade variável (60 % são de água doce). Poucas lagoas possuem drenagens emissárias, característica que também as difere dos lagos (Roque-Silva & Lorenz-Silva, 2000).

A gênese dos sistemas lênticos naturais é complexa e muitas vezes modulada por condicionantes climáticas, tectônicas e ou situações geológicas específicas, (crateras, dolinas, etc). Grande parte das lagoas são formadas em contexto fluvial, fruto de erosões, afogamentos ou barramentos de trechos do curso ou da foz. A estabilidade destes corpos depende do balanço hídrico resultante das afluência, precipitação, evaporação, infiltração e efluência. Quanto a origem, lagos e lagoas podem ser tectônicos, de barramento, de erosão e de várzea. Quanto a hidrodinâmica, podem ser abertos ou fechados; os primeiros nas regiões costeiras (lagunas) e os demais no interior continental, onde são formados a partir de braços abandonados, paleocanais ou baixios das planícies fluviais (Guerra, 1969).

Folhelhos oleíginos, urânio, carvão, pozolanas e argilas, constituem depósitos de interesse econômico e um alvo freqüente da pesquisa dos

sedimentos lacustres. Nas lagoas e nos lagos abertos, a deposição sedimentar varia de acordo com a afluência da carga sedimentar transportada via suspensão e tração e, secundariamente, por meio do vento, do gelo e da ação de vulcanismos. Concentrações clásticas nas imediações das áreas de aporte são freqüentes quando de fluxos mais densos, caso em que pode ocorrer a formação de canais e diques sublacustres. Em posições mais distantes das margens, podem ocorrer fluxos turbidíticos e fluxos de massa (Reading, 1997).

Em corpos d'água restritos, sempre que a afluência e a precipitação são suplantados pela evaporação e a infiltração, ocorrem concentrações iônicas e o incremento da sedimentação química. A deposição de biogênicos varia conforme as condições ambientais, sendo maior durante os verões. Durante enxurradas, afluxos mais densos depositam clastos maiores, formando leques aluviais bordeados por depósitos ondulados ou laminados de areia. A deposição de evaporitos, carbonatos e sedimentos biogênicos são indicativos de variações climáticas (Protero, 1996).

Os cerrados são pontilhados por lagoas, a maior parte das quais formou-se em contexto de várzea. Assim é a Lagoa Santa, situada nas proximidades de Belo Horizonte. Nessa, segundo Parizzi (1998), esporos de *Licopodium* e algas nos estratos mais profundos têm idades que variam entre os 6.100 e os 5.400 anos AP. Em níveis sedimentares mais superficiais foram encontrados pólens de espécies arbóreas de cerrado, com idade de 4.600 anos AP. Tal ocorrência estaria registrando a adaptação das coberturas vegetais à mudança climática na região. Conforme os mesmos autores, os sedimentos quaternários da região dos cerrados revelam a ocorrência de um câmbio ambiental, com deposições de vales sotopostas a outras tipicamente lacustres.

O sistema lacustre do Alto Paraná assemelha-se ao das lagoas de várzea amazônicas, cuja dinâmica sedimentar está fortemente vinculada à vasta bacia hidrográfica do Amazonas e evolução relacionada aos eventos tectono-sedimentares daquela região (Razanen *et al.,*1991).

9.6. Bioindicadores dos depósitos bio-silicosos

Existem organismos que usam os sedimentos ou o produto de seu retrabalhamento, para a construção de esqueletos, tecas e ninhos. Muitos desses elementos ficam expostos ou em depósitos superficiais de fácil acesso e análise. Constituem portanto, indicadores primários da composição do respectivo substrato. Apresentam-se neste item, dados acerca das amebas testáceas e dos cupins, organismos que beneficiam-se dos sedimentos com espículas das imediações da Lagoa do Meio.

As amebas testáceas são protozoários que possuem corpo protoplasmático com pseudópodos, conjunto que é contido numa carapaça (testa ou teca) sem subdivisões internas. A maior parte das espécies tem hábito vágil e vive entre o fundo e a vegetação marginal de ambientes límnicos lênticos ou lóticos. Existem espécies subaéreas e outras cujo nicho é a parte mais alta de substratos vegetais. A quantidade e a diversidade de espécies são inversamente proporcionais à salinidade do meio; espécies marinhas são raras (Leipnitz, informação verbal).

As tecas desses protozoários têm comprimento variável entre 10 e 650μm e são construídas por meio da autosíntese de elementos silicosos, geralmente placas lenticulares, ovaladas, circulares ou quadrangulares. Muitas espécies aglutinam matéria mineral ou orgânica do substrato sedimentar. Para tanto, usam os pseudópodos, com os quais apreendem sedimentos que são colados com um verniz de quitina, formando a teca. Por meio de microscopia eletrônica é possível observar poros ou interstícios, tanto entre os elementos sintetizados quanto entre os aglutinados. A maior parte desses são grãos de quartzo, fragmentos de frústulas e espículas de esponjas (Chardez, 1967).

O registro mais antigo desses protozoários foi encontrado em rochas sedimentares do Eoceno, geradas portanto cerca de 40 milhões de anos AP. (Palacio e Bermudes, 1963).
Estudos recentes abordam as amebas testáceas como indicadores ambientais, tendo em vista a sensível resposta desses organismos às variações de volume e dinâmica da água, assim como às variações da qualidade e da quantidade de nutrientes no meio (Velho *et al.,* 1999). Os mesmos autores, a partir da análise desses protozoários no registro sedimentar de lagoas situadas na região do Alto Paraná, constataram que, em períodos de estiagem de inverno, a

abundância dos mesmos é maior do que a constatada nos sedimentos dos rios, canais e corpos abertos da mesma região.

A análise semi-microscópica dos sedimentos do sistema lacustre três-lagoense, revelou maiores abundância e diversidade de amebas testáceas nas amostras coletadas na Lagoa do Meio (Leipnitz, informação verbal). Segundo o mesmo, em $10cm^3$ de sedimentos dessa lagoa, foram identificados para cômputo, 4.397 espécimes, distribuídos entre as famílias: Centropyxidae, Difflugidae, Euglyphidae, Hyalosphenidae, Phryganellidae e Trigonopyxidae.

A espécie *Cucurbitella mespiliformis* Pennardi, 1902 é a localmente dominante (78,74% dos espécimes computados). Suas tecas mostram grande quantidade de fragmentos de espículas lisas e monoaxônicas aglutinadas (Figura 9.8).

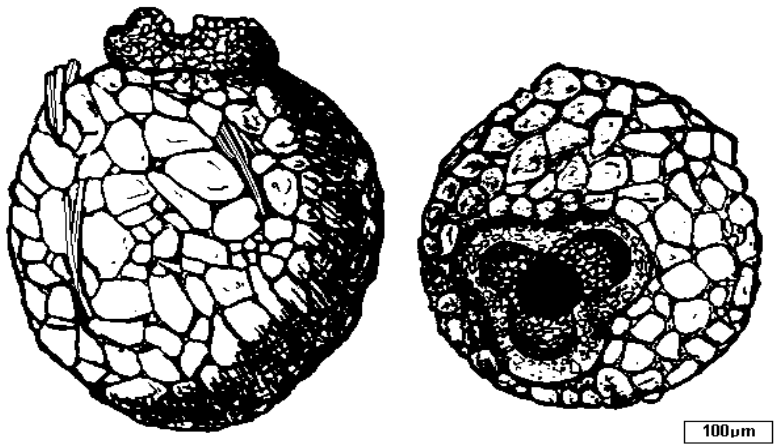


Figura 9.8 - *C. mespiliformis*, ameba testácea dominante nos sedimentos atuais da Lagoa do Meio. Esboço do autor.

Velho *et al*. (1999), apontam como nicho de *C. mespiliformis*, o espaço entre a vegetação submersa e os acúmulos carbonosos de fundo. A família Difflugiidae que inclui essa espécie, é numerosa e indicativa de águas continentais ácidas.

Os cupins são insetos que constroem ninhos usando o substrato sedimentar disponível. Selecionam a matéria-prima de acordo com as necessidades de ambientação de seus termiteiros. Como as abelhas, formigas e vespas, os cupins são sociais e vivem em colônias nas quais cada indivíduo exerce uma função. Essa é determinante do polimorfismo observado nesses insetos (Constantino, 1999).

O ninho desempenha um papel importante na manutenção dos níveis de umidade e de temperatura da colônia. Também garante proteção contra a ação de predadores e parasitas.

Termiteiros constituem uma ocorrência comum na fronteira leste do Mato Grosso do Sul. Na região do Alto Paraná, uma conseqüência notável do desmatamento dos cerrados é a proliferação dos cupinzeiros. Esses atingem mais de 2m de altura, tanto nos pastos quanto nas poucas áreas de cerrado remanescentes.

O tamanho e a quantidade dos cupinzeiros são proporcionais ao impacto decorrente dos desmatamentos e queimadas. Sem a sombra natural das savanas, o controle térmico do ninho exige uma maior área para a dissipação do calor. No Alto Paraná, as imediações das lagoas com depósitos bio-silicosos, são pontilhadas por termiteiros de cores muito claras (Figura 9.9). Esses são indícios bem visíveis do tipo de substrato sedimentar localmente predominante.

Figura 9.9 – Termiteiros claros nas imediações da Lagoa Menor do sistema lacustre três-lagoense.

A análise dos constituintes das paredes desses ninhos, revela a presença de agregados de espículas, grãos de quartzo, fragmentos vegetais e uma substância aglutinante secretada pelo próprio construtor. A termitofauna constatada nas imediações do sistema lacustre três-lagoense pertencente ao Gênero *Velocitermes* Holmgren, 1912, incluído na Família *Termidae*.

São características do gênero, ter o segmento abdominal longo e dilatado e, nos soldados, a presença de uma fontanela (proeminência tubular). As mandíbulas dos espécimes coletados nas imediações da Lagoa do Meio são do tipo humívoro ou têm a forma de C-cortado (Figura 9.10).

No Brasil há registro de 54 gêneros e 248 espécies da família *Termidae*, fato que torna a identificação a nível de espécie, um meticuloso e demorado trabalho de comparação morfológica (Constantino, 1999).

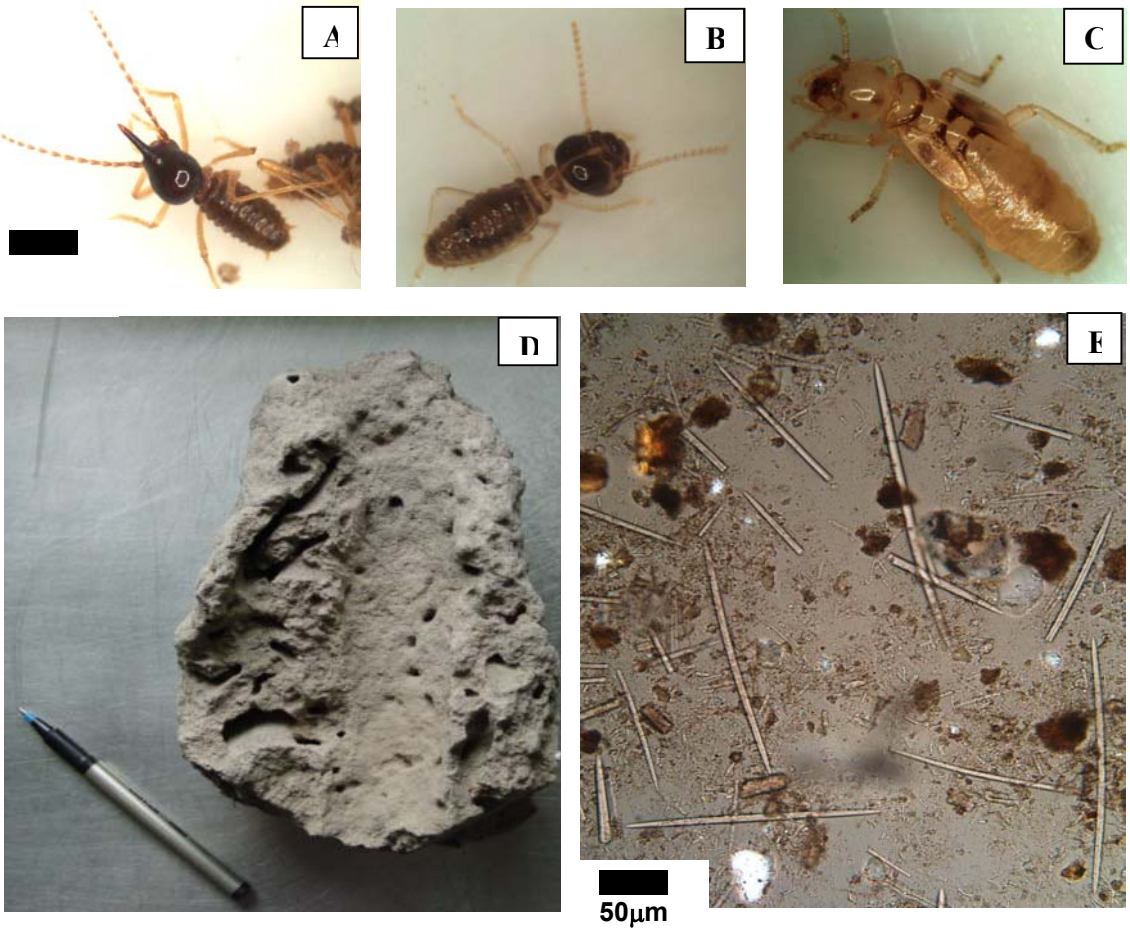


Figura 9.10 – Castas de *Velocitermes* sp: (A) Soldado (B) Operário e (C) Protoalado; espécimes coletados em termiteiros nas imediações da Lagoa do Meio. (D) Fragmento do cupinzeiro e (E) Fotomicrografia das espículas da composição do cupinzeiro. OBS: Escala em (A), é válida para (B e C).