

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE  
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

GILIANE GESSICA RASBOLD

**Espículas de esponjas de água doce e fitólitos como indicadores das características paleoambientais desde o Pleistoceno Tardio das ilhas Bandeirantes e Grande, alto rio Paraná**

Maringá  
2016

GILIANE GESSICA RASBOLD

**Espículas de esponjas de água doce e fitólitos como indicadores das características paleoambientais desde o Pleistoceno Tardio das ilhas Bandeirantes e Grande, alto rio Paraná**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. José Cândido Stevaux  
Coorientador: Prof. Dr. Mauro Parolin

Maringá  
2016

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"  
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

R222e Rasbold, Giliane Gessica, 1991-  
Espículas de esponjas de água doce e fitólitos como indicadores das características paleoambientais desde o Pleistoceno Tardio das ilhas Bandeirantes e Grande, alto rio Paraná / Giliane Gessica Rasbold. -- Maringá, 2016.  
61 f. : il. (algumas color.).  
Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--  
Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2016.  
Orientador: Prof. Dr. José Cândido Stevaux.  
Coorientador: Prof. Dr. Mauro Parolin.  
1. Paleocologia - Pleistoceno Tardio - Ilhas fluviais - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. Microfósseis de água doce - Espículas de esponjas - Pleistoceno Tardio - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 3. Microfósseis de plantas - Fitólitos - Pleistoceno Tardio - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 4. Geomorfologia fluvial - Pleistoceno Tardio - Ilhas fluviais - Planície de inundação - Alto rio Paraná. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -560.456409816  
NBR/CIP - 12899 AACR/2

GILIANE GESSICA RASBOLD

**Espículas de esponjas de água doce e fitólitos como indicadores das características paleoambientais desde o Pleistoceno Tardio das ilhas Bandeirantes e Grande, alto rio Paraná**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. José Cândido Stevaux  
Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Sidney Kuerten  
Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul (UEMS)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Isabel Teresinha Leli  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)

Aprovada em: 11 de março de 2016

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Dedico este trabalho à minha base, minha mãe Oresta Rasbold e meu pai Gilberto Rasbold (*in memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

A Pós-graduação foi uma etapa de amadurecimento e aprendizado na qual gestos, palavras e conselhos foram fundamentais para minha formação. Ao fim desta jornada, agradeço imensamente todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

À minha família, pelo constante incentivo e vínculo de amor, amor esse que minimiza os medos e dá sustentação para que seja possível ultrapassar barreiras. À minha mãe Oresta Rasbold, por não medir esforços e estar sempre disponível para os abraços e desabafos, sua presença diária foi fundamental para manter meu equilíbrio. Ao meu pai Gilberto Rasbold (*in memoriam*), por ser meu exemplo de força e determinação, sua presença constante em meus pensamentos me incentivam a buscar meus ideais. Ao meu irmão Jean Rasbold, por sempre me apoiar, auxiliar e incentivar.

Ao meu querido e amado Junior, por ser meu parceiro e companheiro nesta jornada, sua presença, auxílio e compreensão foram fundamentais.

À Maria das Graças Coelho, que sempre me acolheu como filha.

Ao meu orientador Dr. José Cândido Stevaux, obrigada por todos os ensinamentos e tempo despendido para esta pesquisa, nossas conversas foram valiosas. Obrigada por ter tido paciência e ter aceitado me orientar, sou muito grata!

Ao meu coorientador Dr. Mauro Parolin, por acompanhar meu desenvolvimento acadêmico e científico, por partilhar sabedoria e experiências, por ter sido um mestre e líder. Ao decorrer destes anos de convívio foi possível criar vínculos, tais como, a lealdade e admiração. Obrigada por “sempre se preocupar com os meus problemas”.

À Prof. Dra. Eloisa Parolin, por ser um exemplo de ética e profissionalismo.

À Dra. Isabel Leli pela disponibilização dos testemunhos, datações e informações. Muito obrigada!

Ao curso de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA), por proporcionar a realização desta pesquisa, pelo excelente corpo docente, equipe técnica e instalações.

À CAPES, pela bolsa de mestrado que possibilitou a dedicação integral a esta pesquisa.

Ao PROEX/CAPES, pelos recursos financeiros referentes ao material de consumo para as análises de laboratório e diárias para realização de campo.

Aos professores do PEA, por todo ensinamento repassado, ampliação das áreas de conhecimentos e pelos exemplos de pesquisadores.

Às queridas secretárias do PEA Aldenir Oliveira e Jocemara Santos, por sempre me atenderem prontamente, suportarem minha ansiedade e excesso de dúvidas.

Aos bibliotecários Maria Salete Arita e João João Fábio Hildebrandt, por sempre tornarem agradável a permanência na Biblioteca Setorial do Nupélia. Agradeço imensamente à Salete pela disponibilização de literatura e correções necessárias.

À Universidade Estadual do Paraná, *campus* Campo Mourão e ao Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam (Lepafe) por toda a estrutura disponibilizada em todas as etapas desta pesquisa.

Ao Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura do Centro de Geociências Aplicadas ao Petróleo – UNESPetro, Instituto de Geociência e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista por autorizar o uso do Microscópio Eletrônico de Varredura. Em especial ao Eng. Hermes Dias Brito por ter realizado as microfotografias, sua ajuda, paciência e profissionalismo foram muito importantes.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), por autorizar a coleta no Parque Nacional de Ilha Grande (44429-4). Ao analista ambiental do ICMBio Fernando Fávoro, por intermediar e auxiliar nos planejamentos para coleta. Aos pilotos de barco do ICMBio Nêgo e Cleberson, por auxiliarem durante o campo na ilha Bandeirantes.

À prefeitura de São Jorge do Patrocínio por meio da Secretaria de Meio Ambiente e Turismo Élidea Maiorani, que auxiliou na questão logística para realização das atividades de campo na ilha Grande.

Ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA), pelo empréstimo de equipamentos para a realização das coletas. Ao técnico Vanderlei Grze por sempre ter me auxiliado prontamente.

À Prof. Dra. Ana Paula Colavite pela ajuda com as imagens de satélites e mapas.

Ao Prof. Dr. Ulisses Pinheiro por auxiliar no entendimento das esponjas de água doce, na identificação das espécies e por disponibilizar uma vasta bibliografia sobre o tema. Muito obrigada professor!

Às Professoras Dra. Heloísa G. Coe e Dra. Margarita Osterrieth, pelas conversas e discussões sobre os fitólitos, sempre muito queridas e atenciosas.

À família Lepafe, que esteve presente no convívio diário, nossa rotina entre pães de queijo e café foram fundamentais para o bom andamento desta pesquisa, João Cláudio A. Santos, Leticia Pires, Nileide Silva, Dandara C. do Nascimento, Georgya C. Vierira e Dianne Landchuk obrigada por todos os auxílios.

Ao Renato L. Guerreiro, meu grande amigo, obrigada por sempre me auxiliar em minhas dúvidas, medos e receios, nossas longas conversas por *Skype* foram valiosas. Além de amigo e pesquisador te considero um irmão mais velho. Obrigada!

À Mayara dos Reis Monteiro, minha pequena grande amiga de gênio forte, obrigada por nossa longa parceria e cumplicidade, e por nossas descobertas inéditas e aquelas não tão inéditas (que foram a maioria, rsrs).

Ao Leandro D. Luz, meu amigo que transmite calma e serenidade, obrigada por todo o auxílio na parte teórica e prática (as marretadas no campo foram de extrema importância). Sua curiosidade e vontade em apreender são inspiradores!

À Mayra Stevanato, por sempre ser querida e disposta a auxiliar, obrigada por tolerar os momentos de euforia e os de lamentações. Sorte a minha ter você no laboratório!

À Elaine Kalinoski, pelas discussões sobre espículas e por todo o auxílio no campo.

Ao Prof. Dr. Marcelo G. Caxambu e Edemilson Siqueira, obrigada pelo auxílio em campo e principalmente por sempre estarem dispostos em me auxiliar.

Aos colegas de turma de mestrado 2014/2016, por me apresentarem as mais diversas linhas de pesquisa e principalmente por toda a cumplicidade ao decorrer da realização dos créditos. Em especial à Aline Magro, Andressa Bichoff, Geovani Moresco e Maria Julia Ganassin grandes amigos que a pós-graduação me proporcionou. Conhecer vocês foi um presente!

À minha ex-professora e hoje amiga Luciana Carapunarla, por todo o auxílio durante o período de preparação para a seleção do mestrado, obrigada por ter sanado minhas dúvidas.

À Helivania Sardinha, que por vezes cedeu um colchão para que eu pudesse realizar os créditos, compartilhou almoços e momentos de reflexão. Você se tornou muito especial!

Ao Jhonatan Ponço, por estar sempre presente durante as fases do mestrado e principalmente me auxiliar. Minhas idas ao Condor não seriam tão legais.

Ao João Karlos Locastro, ao qual tive a honra de conhecer durante a graduação e que por sorte foi meu companheiro de república. João não tenho palavras para agradecer sua amizade!

À equipe do Laboratório de Perifiton, Prof. Dra. Liliana Rodrigues, Andressa Bichoff Pereira, Bárbara Dunck Oliveira, Daiane Ruwer, Gabriela Junqueira, Helivania Sardinha, Luciana Carapunarla, Nicolli Osório e Ubirajara Fernandes, por sempre me acolher quando necessário, afinal se eu fosse uma alga seria fortemente aderida!

À Alma Ramírez, minha irmã científica colombiana, obrigada por tudo!

À todas as pessoas e instituições, que de alguma maneira me auxiliaram e que por falha tenha esquecido de mencionar.

*Muito obrigada...*



*“... um cientista deve acima de tudo ser como uma criança. Se ele vê algo, deve dizer o que está vendo, independente daquilo ser o que ele imaginava ver. Ver primeiro, testar depois. Mas sempre ver primeiro. Senão, você só vai ver o que espera ver.”*

Douglas Adams  
A vida, o universo e tudo o mais

# **Espículas de esponjas de água doce e fitólitos como indicadores das características paleoambientais desde o Pleistoceno Tardio das ilhas Bandeirantes e Grande, alto rio Paraná**

## **RESUMO**

O padrão de canal fluvial do alto rio Paraná é do tipo *anabanching*, composto por múltiplos canais divididos por ilhas vegetadas. Tais ilhas são importantes registros dos eventos ambientais e climáticos ocorridos nos últimos milhares de anos (Pleistoceno Tardio e Holoceno), com destaque para as ilhas Bandeirantes e Grande. Para compreender as características dos diferentes ambientes de formação dessas ilhas, analisou-se a quantificação e qualificação de fitólitos e espículas de esponja aliado à ocorrência de frústulas de diatomáceas, estas por sua vez sem identificação específica. Estudos mostraram que a ilha Bandeirantes no setor analisado originou-se por formação de ilha lago, as análises dos indicadores *proxy* possibilitaram a definição de cinco fases de formação: i) primeiramente a fase de formação de barra central registrada desde o Pleistoceno Tardio (14.620 anos cal. AP.) com a deposição de fitólitos tipo Podostemaceae; ii) fase de transição I que não favoreceu a deposição de microfósseis; iii) fase de lagoa caracterizada pela formação de espongo fácies composta predominantemente pelas espécies *Tubella variabilis* e *Radiospongilla amazonenses*, em conjunto com a preservação de grande quantidade de frústulas de diatomáceas inteiras e fitólitos de plantas herbáceas; iv) fase de transição II demonstra que este sistema lacustre sofreu paulatina colmatagem desde 1.220 anos cal. AP.; v) fase de várzea que é característica do ambiente atual. O testemunho da ilha Grande indica que sua formação deu-se de modo diferente do observado na ilha Bandeirantes, a literatura científica produzida na área até o momento, mostra que a mesma se originou por meio do recorte da planície. As análises das assembleias de fitólitos, espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas possibilitaram a definição de três fases de formação: i) fase de barra central registrada desde 12.425 anos cal. AP. com a deposição de fitólitos tipo Podostemaceae; ii) fase de planície de inundação na qual as características micropaleontológicas remetem à condições de remobilização sedimentar; iii) fase de dique marginal caracterizada pela deposição de fitólitos de plantas herbáceas e arbustivas, associadas a fácies sedimentares indicativas de depósitos de inundação, evidenciando o desenvolvimento de um dique marginal antes de 2.573 anos cal. AP. em consequência do recorte da planície de inundação por avulsão do canal.

**Palavras-chave:** Fitólitos. Espículas de esponja. Ilha lago. Rio *anabanching*. Alto rio Paraná. Paleoecologia.

# **Freshwater sponges and phytoliths as indicator of paleoenvironmental characteristics since the Late Pleistocene of the Bandeirantes and Grande Islands, upper Paraná River**

## ***ABSTRACT***

The river channel pattern of the upper Paraná River is anabranching type, composed of multi-channel divided by vegetated islands. These islands are important records of environmental and climate events in the last few thousand years (late Pleistocene and Holocene), highlighting the Bandeirantes and Grande Islands. Aiming to understand the formation environments of these islands we analyzed the quantification and qualification of phytoliths and sponge spicules in complement the occurrence of frustules of diatoms, without specific identification. Studies have shown that Bandeirantes island was originated by formation of a “lake island”, the analyzes of the proxy indicators allowed us to define five formation phases: i) first the central bar formation phase, recorded since the Late Pleistocene (14,620 years cal. BP) with the deposition of Podostemaceae phytoliths type; ii) first transitional phase without the deposition of microfossils; iii) pond phase characterized by the formation of spongofacies composed predominantly by the species *Tubella variabilis* and *Radiospongilla amazonensis*, with the preservation of large amounts of frustules, whole diatoms and phytoliths of herbaceous plants; iv) second transitional phase demonstrates that this lake system has undergone gradual clogging since 1220 years cal. BP; v) at least occurs an lowland phase which is characteristic of the current environment. The Grande Island core demonstrates that its formation took place differently than Bandeirantes Island, the scientific literature produced about the study area so far has shown that it was originated through the cut plain. The analysis of phytoliths assemblies, sponge spicules and diatomaceous frustules allowed us the definition of three formation phases: i) central bar phase recorded since 12,425 years cal. BP with the deposition of Podostemaceae phytoliths type; ii) flood plain phase with micropaleontology characteristics referring to the conditions of sediment remobilization; iii) finally levee phase characterized by deposition of phytoliths from grasses and shrubs, associated with sedimentary facies indicative of flood deposits, showing the development of a levee before 2573 years cal. BP as a result of the clipping of the floodplain by channel avulsion.

**Keywords:** Phytoliths. Sponge spicules. Lake island. Anabranching river. Upper Paraná River. Paleoecology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo, alto rio Paraná. ....	18
Figura 2 - Pontos de sondagem .....	21
Figura 3 - Perfis sedimentares .....	26
Figura 4 - Fotomicrografias em MEV das morfologias de fitólitos observados nos testemunhos IB2 e IG6, obtidos nas ilhas Bandeirantes e Grande, alto rio Paraná. ....	28
Figura 5 - Fotomicrografias em MEV das espículas de esponja observadas nos testemunhos IB2 e IG6, obtidos nas ilhas Bandeirantes e Grande, alto rio Paraná .....	33
Figura 6 - Espécies identificadas no testemunho IB2, obtido na ilha Bandeirantes, alto rio Paraná.....	35
Figura 7 - Espécies identificadas no testemunho IG6, obtido na ilha Grande, alto rio Paraná	36
Figura 8 - Diagrama de deposição de fitólitos, frústulas de diatomáceas, espículas de esponjas e zonas paleoambientais do testemunho IB2 e respectivas fases de formação da ilha, testemunho obtido na ilha Bandeirantes, alto rio Paraná. ....	42
Figura 9 - Fases de formação da paleoilha lago. Proposta de evolução da área com base no testemunho IB2, ilha Bandeirantes, alto rio Paraná. ....	47
Figura 10 - Diagrama de deposição de fitólitos, frústulas de diatomáceas, espículas de esponjas, zonas paleoambientais e respectivas fases de formação do testemunho IG6, obtido na ilha Grande, alto rio Paraná.....	50
Figura 11 - Fases de formação da paleoilha formada por recorte da planície. Proposta de evolução da área com base no testemunho IG6, ilha Grande, alto rio Paraná .....	53

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Informações referentes aos testemunhos analisados. ....	20
Quadro 2 - Fácies sedimentares e associação faciológica encontradas nos depósitos estudados .....	22
Quadro 3 - Medidas das estruturas espiculares das espécies identificadas no testemunho IB2, obtido na ilha Bandeirantes, alto rio Paraná. ....	34
Quadro 4 - Medidas das estruturas espiculares das espécies identificadas no testemunho IG6, obtido na ilha Grande, alto rio Paraná. ....	34

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Revista Brasileira de Paleontologia*. Disponível em: <[http://www.sbpbrasil.org/assets/uploads/files/INSTRU%C3%87%C3%95ES\\_AOS\\_AUTORES.pdf](http://www.sbpbrasil.org/assets/uploads/files/INSTRU%C3%87%C3%95ES_AOS_AUTORES.pdf)>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 ÁREA DE ESTUDO</b> .....	17
2.1 GEOMORFOLOGIA .....	17
2.2 VEGETAÇÃO E CLIMA .....	18
2.3 DESCRIÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS .....	19
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
3.1 AMOSTRAGEM.....	20
3.2 DESCRIÇÃO SEDIMENTAR.....	22
3.3 EXTRAÇÃO DOS MICROFÓSSEIS.....	22
3.4 CONTAGEM E CLASSIFICAÇÃO DOS FITÓLITOS .....	22
3.5 CONTAGEM DE FRÚSTULAS DE DIATOMÁCEAS .....	23
3.6 CONTAGEM E CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÍCULAS DE ESPONJA.....	23
3.7 FOTOGRAFIAS EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA .....	24
3.8 DATAÇÕES .....	24
3.9 ZONAS PALEOAMBIENTAIS .....	24
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	25
4.1 SEDIMENTOLOGIA E DATAÇÕES .....	25
4.1.1 Testemunho da ilha Bandeirantes.....	25
4.1.2 Testemunho da ilha Grande.....	25
4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS FITÓLITOS REGISTRADOS .....	27
4.3 CARACTERIZAÇÃO DA PALEOESPONGOFAUNA REGISTRADA .....	29
4.3.1 Estudo taxonômico .....	29
4.3.2 Medição e quantificação das espículas identificadas a nível específico .....	33
4.4 TESTEMUNHO ILHA BANDEIRANTES .....	37
4.4.1 Zonas paleoambientais .....	37
4.4.2 Fases de formação da paleoilha lago .....	39
4.5 TESTEMUNHO ILHA GRANDE.....	48
4.5.1 Zonas paleoambientais .....	48
4.5.2 Fases de formação da paleoilha por recorte da planície .....	49
4.6 CORRELAÇÕES ENTRE OS TESTEMUNHOS .....	54
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	55
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	56

## 1 INTRODUÇÃO

Diversos estudos analisando depósitos fluviais com a perspectiva geomorfológica, análise de fácies sedimentares e estratigráfica foram realizados no Alto curso do rio Paraná (SANTOS et al., 1992; FERNANDEZ et al., 1993; SOUZA-FILHO, 1993; STEVAUX, 1994a,b; SANTOS & STEVAUX, 2000; SANTOS, 2005; LELI, 2015), no entanto a quantidade de trabalhos que avaliam os indicadores biológicos presentes nestes sedimentos, ainda são restritos a poucas abordagens (PAROLIN et al. 2008; GUERREIRO et al., 2013; RAMÍREZ, 2014; GONÇALVES, 2014; ZVIEJKOVSKI, et al. 2015). Tal fato, justifica a necessidade de trabalhos que possibilitem a análise da estratigrafia, sedimentologia e a determinação de modelos quantitativos por meio de indicadores biológicos em escala regional ou mesmo global dos últimos milhares de anos (STEVAUX, 2000).

Enquanto os fitólitos evidenciam as características da vegetação, via de regra, terrestre que se desenvolve, próximo ou no local de deposição, as espículas de esponja e frústulas de diatomáceas podem auxiliar no entendimento das condições hídricas envolvidas (qualidade, natureza do fluxo, regime hidrológico) regidas por condições climáticas, os quais são influenciadores na dinâmica de deposição de sedimentos fluviais (JUNK et al., 1989).

Rios multicanais ou *anabranching* desenvolvem-se em todos os tipos de climas do planeta e abrangem um amplo espectro de descargas variando desde pequenos cursos de água a mega-rios ( $Q_m > 17.000 \text{ m}^3/\text{s}$ ) (NANSON & KNIGHTON, 1996; LATRUBESSE, 2008). Stevaux (1994) definiu o padrão do alto rio Paraná como anastomosado sendo posteriormente modificado por Latrubesse (2008) para *anabranching* conforme a proposição de Nanson & Knigthon (op. Cit). O rio é formado por um sistema de canais múltiplos separados por centenas de ilhas e barras que se estende desde a barragem de Porto Primavera e o remanso de Itaipu, num total de 235 km. Stevaux (1994a,b) e Leli (2015) contabilizaram 265 ilhas de diferentes tamanhos, formas, gêneses e idades, que dividem o fluxo em até seis canais secundários.

Esta área de planície de inundação tem sua maior representatividade na margem direita do rio Paraná (125 km de comprimento e até 9 km de largura), na qual pode-se observar canais ativos e intermitentes de diversas dimensões, lagoas, pântanos, áreas altas, diques marginais e leques de rompimento. Já na margem esquerda é menos desenvolvida e apresenta-se fragmentada, no entanto, tal configuração diferencia-se a jusante, na região do Parque Nacional de ilha Grande, onde ocorre um trecho de planície de 57 km de comprimento e 3 km de largura (LELI, 2015).



Leli (2015) classifica a planície de inundação do alto rio Paraná em duas categorias principais, sendo a planície adjacente ao canal que se desenvolve lateralmente, às margens do canal, podendo ser contínua ou descontínua, e a planície interna ao canal formada pelas grandes ilhas de avulsão (Bandeirantes, Grande e Peruzzi).

Stevaux et al. (2009) chamam atenção para a importância das barras arenosas na formação de ilhas e na divisão do fluxo em canais *anabranching*. As barras laterais, centrais e de soldadura são definidas como sendo depósitos de canais fluviais de baixa permanência, destituído de vegetação ou com esparsa cobertura de gramíneas e emergentes no nível médio do rio (SANTOS et al., 1992). Através de processos evolutivos próprios, as barras centrais tendem a formar ilhas, já as barras laterais crescem-se às margens do rio e as de soldadura crescem-se às margens das ilhas. As ilhas, por sua vez, constituem-se de depósitos sedimentares estáveis, submersos somente nas grandes enchentes e com abundante vegetação arbustiva e/ou arbórea (SANTOS et al., 1992).

Os depósitos fluviais constituem-se de importantes registros dos processos deposicionais pretéritos, retendo informações relevantes quanto as características do regime, conexão canal-planície, bem como sobre o estabelecimento e sucessão vegetacional (STEVAUX, 1994 a,b; MEDEANIK & STEVAUX, 2008; PAROLIN et al., 2008). No entanto, não apenas o registro sedimentar informa sobre os antigos processos fluviais mas também certas morfologias que acabam ficando preservadas na planície de inundação e nas ilhas, tais como: paleodiques marginais, paleocanais, paleobarras, paleorresacos e paleoilhas.

As paleoilhas destacam-se na paisagem por serem feições de grande porte. Leli (2015) descreve que no alto rio Paraná existem dois tipos principais de paleoilhas, às denominadas paleoilhas lago que não se encontram mais ativas, sendo apenas registradas nos depósitos sedimentares e as paleoilhas por recorte de planície que encontram-se na planície adjacente e tem formato irregular.

Visando entender as características paleoambientais registradas nos depósitos sedimentares, utilizam-se como ferramentas os indicadores *proxy*, que podem ser interpretados utilizando princípios físicos ou biofísicos, esta ferramenta têm o potencial de fornecer evidências de características ambientais antes da existência de registros documentais, instrumentais ou históricos (IPCC, 2011). Foram utilizados os fitólitos, espículas de esponjas continentais e frústulas de diatomáceas.

Fitólitos são partículas de opala biogênica, resultantes de processos físicos e biológicos que ocorrem em algumas espécies, em meio aos tecidos das plantas e dentro de algumas células

(ROVNER, 1988). Mulholland (1989) relata que os fitólitos podem ocorrer em todas as estruturas da planta (folha, caule, raiz e inflorescência) e Piperno (1988,1991) acrescenta que estes também podem ser encontrados nos frutos e sementes. Segundo Madella (2007), essas partículas silicosas são liberadas no solo após a morte do vegetal e podem constituir-se em importante ferramenta *proxy*, auxiliando na interpretação dos tipos vegetacionais vigentes nas fases de deposição de sedimentos ou de formação de solo. Diferentemente de outros registros *proxy*, como por exemplo, os grãos de pólen que necessitam de condições específicas para se preservarem, como ambientes anóxicos, os fitólitos são extremamente resistentes e são muito usados em estudos arqueológicos e de caráter paleoambiental (PIPERNO, 1991; 2006).

Esponjas de água doce, são animais aquáticos do filo Porífera, que diferentemente das esponjas marinhas, possuem espículas silicosas formadas pela deposição de dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ) (VOLKMER-RIBEIRO, 1981). Essa composição possibilita maior capacidade de preservação no sedimento, favorecendo sua utilização em estudos paleoambientais.

As espículas de esponja possuem variedade na forma e tamanho, podendo ser subdividida em três categorias principais. As megascleras em geral são as maiores que compõe a rede esquelética das esponjas. E, em contraste, as microscleras são espículas caracterizadas pelo tamanho reduzido e superfície recoberta por espinhos possuindo caráter taxonômico. As gemoscleras possuem maior importância na identificação taxonômica das famílias, gêneros e espécies, pois revestem as gêmulas, sendo estas caracterizadas como corpos de resistência e/ou dispersão produzidos quando as condições hidrológicas se tornam instáveis (VOLKMER-RIBEIRO & PAULS, 2000).

As esponjas possuem uma especificidade de *habitat*, necessitando por vezes de condições peculiares para seu estabelecimento, como temperatura, ambiente sombreado, substrato para fixação e velocidade de fluxo, podendo ter preferência entre ambientes lóticos ou lênticos. As espículas depositadas no sedimento servem de ferramenta para a inferência de uma paleofauna de esponjas, que por sua vez, poderá caracterizar um paleoambiente (VOLKMER-RIBEIRO & TURCQ, 1996; VOLKMER-RIBEIRO et al., 1999; PAROLIN et al., 2007).

Diatomáceas são algas unicelulares ou coloniais desprovidas de flagelos pertencentes ao Filo Bacillariophyta, que possuem parede celular denominada de frústulas, que devido as suas ornamentações possuem alto valor taxonômico. As diatomáceas podem ser perifíticas, bentônicas e/ou planctônicas, deste modo podem estar presentes em riachos, córregos, lagos, rios e áreas alagadas, devido a adaptações como pedúnculos mucilaginosos, produção de

matrizes de mucilagem, e colônias em forma de estrela ou ramos, fixas pela base (HOAGLAND et al. 1982; MURAKAMI et al. 2009). Estas estruturas propiciam grande vantagem a estas algas para sua permanência na comunidade perifítica e resistência frente às perturbações. As diatomáceas assim como as esponjas de água doce podem fornecer informações quanto as características de fluxo hídrico, sua preservação em sedimentos é favorecida devido a composição silicosa de suas paredes celulares. Neste sentido, a quantificação das frústulas tornou-se importante ferramenta no entendimento das condições paleoambientais.

Os resultados de análises *multiproxy* e datações absolutas desde o Pleistoceno Superior de depósitos fluviais de duas ilhas localizadas no alto rio Paraná, demonstraram que tais análises forneceram subsídios para detalhamento das condições ambientais durante os processos formadores das ilhas Bandeirantes e Grande.

## **2 ÁREA DE ESTUDO**

### **2.1 GEOMORFOLOGIA**

O rio Paraná nasce da confluência do rio Grande com o rio Paranaíba, na região central do Brasil. A área de drenagem da bacia é de aproximadamente 2.605.000 km<sup>2</sup>, com extensão de 3.965 km, considerando as nascentes do rio Grande na Serra do Mar, até sua foz no estuário do Prata na província de Buenos Aires, Argentina, (ANA, 2011; ORFEO & STEVAUX, 2002; LATRUBESSE, 2015). A área de estudo compreende o trecho inferior do Alto curso do rio Paraná. Neste segmento o rio possui basicamente dois canais separados por um grande número de ilhas, entre as quais se destacam a ilha Grande, com até 10 km de largura e 90 km de comprimento e a ilha Bandeirantes, que apresenta dimensões de até 4 km de largura por 25 km comprimento (Figura 1). Ao longo da ilha Grande, o braço direito do rio Paraná é o principal e sua profundidade pode ultrapassar 20 m, enquanto que o braço esquerdo mantém profundidade próxima a 5 m (SOUZA-FILHO & STEVAUX, 1997).

No trecho estudado são encontradas três unidades geomorfológicas principais: Unidade Taquaruçú, um terraço alto de idade pleistocênica, Unidade Fazenda Boa Vista, um terraço baixo de idade Pleistoceno Superior-Holoceno, e Unidade Rio Paraná composta pela própria planície aluvial (canais, ilhas e planície de inundação) do rio Paraná. Sendo assim, a área de estudo está inserida na Unidade Geomorfológica rio Paraná, subunidade Planície Fluvial e Compartimento Geomorfológico Ilha Grande, onde há domínio da bacia de inundação e um conjunto de diques marginais (STEVAUX, 1994a,b; SOUZA-FILHO & STEVAUX, 1997). Os

sedimentos estão assentados sobre a Formação Caiuá na maior parte do trecho, mas estão sobrepostos sobre a Formação Serra Geral na parte baixa do compartimento (SOUZA-FILHO & STEVAUX, 1997).

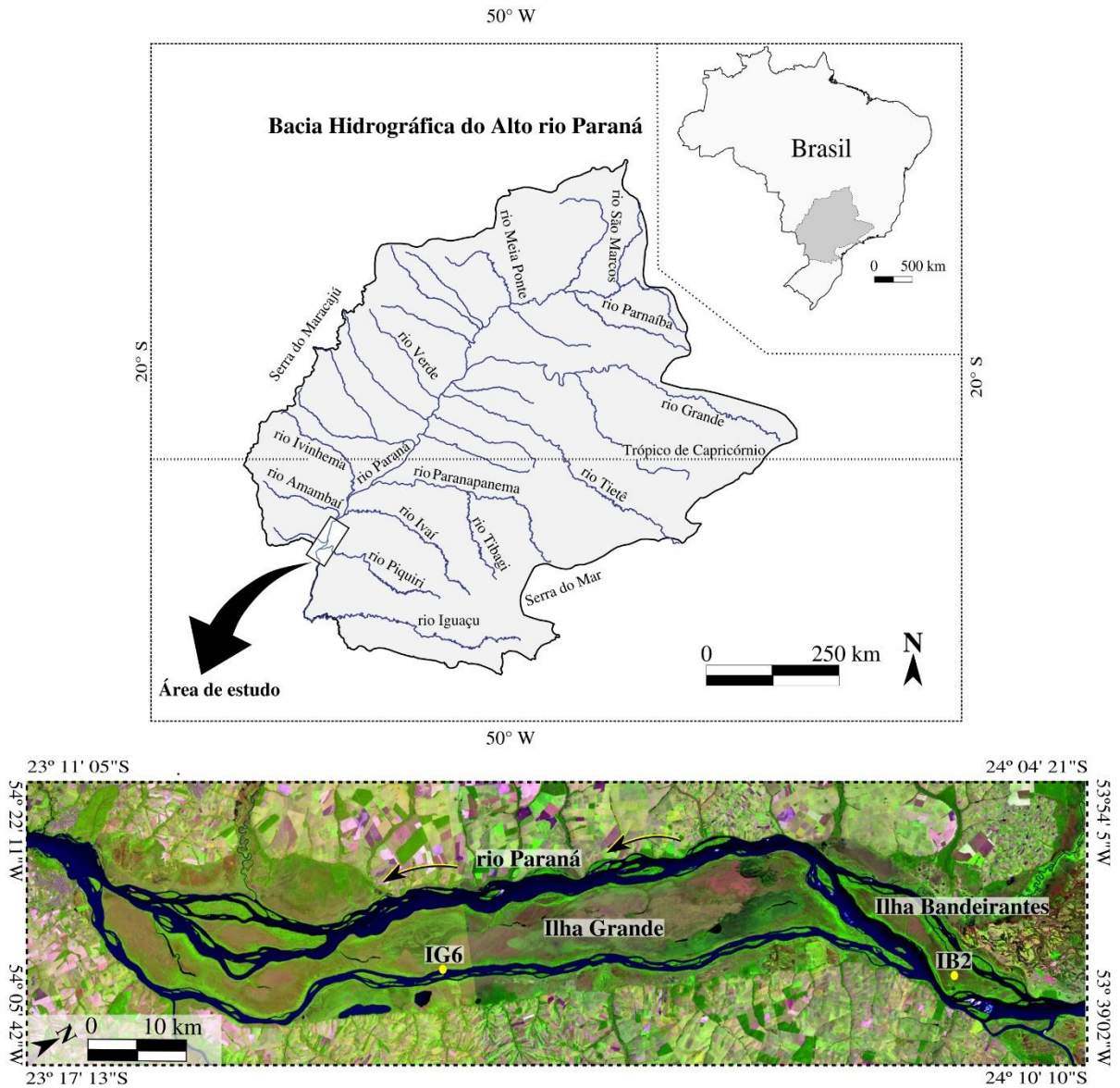


Figura 1. Localização da área de estudo, alto rio Paraná. Imagem de satélite evidenciando os pontos de coleta de material sedimentar IB2 na ilha Bandeirantes e IG6 na ilha Grande. Satélite LandSat-8, instrumento OLI, órbita/ponto 224/076 e 224/077.

## 2.2 VEGETAÇÃO E CLIMA

O estudo foi realizado nas ilhas Bandeirantes e Grande, que estão inseridas no Parque Nacional de Ilha Grande (Figura 1), criado pelo decreto s/n de 30 de setembro de 1997, com área de 78.875 ha. O parque está inserido no Bioma Mata Atlântica, com predomínio da

formação fitogeográfica Floresta Estacional Semidecidual. Da mesma forma, é composto por extensas áreas de várzeas e pântanos associados ao rio Paraná, com fitofisionomia das Formações Pioneiras de Influência Flúvio-lacustre (BRASIL, 2008).

As ilhas do alto rio Paraná originalmente apresentavam como cobertura vegetal a Floresta Estacional Semidecidual Submontana e áreas de cerrado (CAMPOS & SOUZA, 1997; IBGE, 2012). A paisagem apresentou grandes modificações devido as atividades agropecuárias, que substituíram a vegetação nativa por campos artificiais, gramíneas forrageiras e pastagens (CAMPOS & SOUZA, 1997).

O clima regional é caracterizado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com temperatura média no mês mais frio inferior à 18°C e acima de 22° C no mês mais quente. Os verões são quentes com geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida e precipitação média de 1.250 a 1.500 mm/ano (KÖPPEN & GEIGER, 1936; NIMER, 1972).

### 2.3 DESCRIÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS

A sondagem na ilha Bandeirantes (23° 21'25,1" S / 53°47'32,2" W; 232 m a.n.m), denominado IB2, está localizado numa área de várzea (Figura 2 – A.1 e A.2), ao lado do trecho da rodovia BR-487 que liga os estados do Paraná e Mato Grosso do Sul. A área não sofre ação direta do rio Paraná, exceto em grandes cheias. O relevo é plano e as camadas superficiais do solo são compostas por lama arenosa (areia fina), de cor cinza escuro com presença de restos vegetais preservados. A vegetação do tipo secundária é composta predominantemente por espécies herbáceas, arbustivas com alguns elementos arbóreos (*Cecropia pachystachya* Trécul).

O ponto amostrado na ilha Grande, denominado IG6, é um afloramento localizado em um dique marginal da margem esquerda da ilha (23°47'47,6" S / 54°00'40,7" W; 226 m a.n.m.) (Figura 2 – B.1 e B.2). A área é diretamente influenciada por cheias regulares, a vegetação predominante é do tipo secundária, com elementos herbáceos (*Dalechampia scandens* L., *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. Ex P. Wilson e *Sapium haemospermum* Müll. Arg.), arbustivos e arbóreos (*C. pachystachya*).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 AMOSTRAGEM

Os testemunhos analisados, descrições sedimentares e datações (Quadro 1) são provenientes de estudo realizado por Leli (2015), que realizou análise geomorfológica e sedimentológica dos processos formadores das ilhas fluviais do alto rio Paraná.

Testemunhos	Profundidade total (cm)	Profundidade por método de coleta (cm)			Idades (anos cal. AP.)		Autor
		Afloramento	Trado	Vibro-core			
IB2	260	-	-	240 cm	1.220	14.620	Leli (2015)
IG6	581	200 cm	270 cm	111 cm	2573	12.425	Leli (2015)

Quadro 1. Informações referentes aos testemunhos analisados.

O testemunho IB2 foi obtido por *vibro-coring*. Este procedimento se trata da inserção de um cilindro de alumínio (diâmetro de 10 cm) no solo com auxílio de sonda vibratória. Foi recuperado um testemunho de 260 cm de profundidade, do qual foram retiradas sistematicamente porções de 10 cm<sup>3</sup> de sedimentos, em intervalos a cada 6 cm, totalizando 29 amostras.

O testemunho IG6 recuperou 581 cm de sedimentos numa composição de afloramento (200 cm), tradagem (270 cm) e vibro-testemunhagem (111 cm). O afloramento foi limpo, fotografado, descrito e amostrado em campo. Amostras de 10 cm<sup>3</sup> de sedimentos foram obtidas de acordo com as fácies sedimentares descritas, observadas a 0 cm, 60 cm, 100 cm, 140 cm e 190 cm. Devido a problemas de sondagem vibratória, optou-se pela tradagem do intervalo de 200 a 470 cm profundidade, de onde foram retiradas amostras nas profundidades 240 cm, 260 cm, 280 cm, 320 cm, 350 cm, 380 cm, 440 cm e 470 cm. O restante, de 470 a 581 recuperou 111 cm. O testemunho foi analisado em laboratório e amostrado por alíquotas de 10 cm<sup>3</sup> tomadas a cada 4 cm.





Figura 2. Pontos de sondagem. A. ilha Bandeirantes: A.1. Inserção do tubo amostrador; A.2 Vista parcial da área amostrada; B. ilha Grande: B.1. Vista parcial do afloramento amostrado; B.2. Destaque ao tubo amostrador e ao fundo o rio Paraná.

### 3.2 DESCRIÇÃO SEDIMENTAR

Com exceção do trecho tradado, tanto afloramento como testemunhos foram fotografados e descritos quanto a sua faciologia. Para tanto utilizou-se o código de fácies introduzido por Miall (1978), Walker (2006) (Quadro 2).

Código de fácies	Litofácies	Estruturas sedimentares	Processo sedimentar
<b>Fm</b>	Silte e argila	Maciço	Decantação e atividades radiculares
<b>Fm (o)</b>	Silte e argila com matéria orgânica	Maciço	Pedogênese e atividade vegetal
<b>Fl (o)</b>	Lama e areia muito fina a fina com matéria orgânica	Laminar plana	Decantação
<b>Sr</b>	Areia fina	Estratificação cruzada	Fluxo unidirecional de baixa energia
<b>Sl</b>	Areia fina a muito grossa	Estratificação cruzada de baixo ângulo	Preenchimento de suaves depressões
<b>Sm</b>	Areia fina a grossa	Maciço	Fluxo unidirecional de baixa energia
<b>Vm</b>	Vegetação maciça	Maciço	Sem condição de fluxo

Quadro 2. Fácies sedimentares e associação faciológica encontradas nos depósitos estudados (modificado de Miall, 1978; 1985; Stevaux, 1993; Leli, 2015).

### 3.3 EXTRAÇÃO DOS MICROFÓSSEIS

Os fitólitos, espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas foram extraídas conforme Volkmer-Ribeiro (1985). Para tal, houve a separação do material sedimentar (1 g por intervalo), colocados em tubos de ensaio (15 ml), adicionado a estes 5 ml de ácido nítrico. Os tubos foram aquecidos à lamparina para desagregação e eliminação da matéria orgânica, posteriormente as amostras foram lavadas com água destilada até neutralização do pH (agilizou-se o processo de lavagem via centrifugação a 1.000 RPM). Para confecção de lâminas permanentes foi utilizado 25 µl de material por lâmina, secados em chapa aquecedora, resfriados à temperatura ambiente (25° C) e adicionado resina (Entellan®).

### 3.4 CONTAGEM E CLASSIFICAÇÃO DOS FITÓLITOS

Os fitólitos foram observados em microscópio óptico (x160 e x640) e identificados de acordo com o Código Internacional de Nomenclatura de Fitólitos (MADELLA et al., 2005), literatura especializada e banco de dados disponíveis (TWISS et al. 1969; FREDLUND &



TIEZEN, 1994; BREMOND, 2003; BREMOND et al., 2005; PIPERNO, 2006). Para a contagem e classificação de assembleia de fitólitos considerou-se a contagem de 100 morfotipos com significado taxonômico por lâmina, sendo três lâminas por intervalo. Para a estimativa de concentração de fitólitos, utilizou-se como critério a contagem dos morfotipos observados em três transeções aleatórias por lâmina, em três lâminas por intervalo.

### 3.5 CONTAGEM DE FRÚSTULAS DE DIATOMÁCEAS

Na presença de frústulas de diatomáceas, optou-se pela utilização do mesmo método de estimativa citado para a quantificação dos fitólitos, não sendo, contudo, realizada sua identificação específica e sim a quantificação das frústulas fragmentas e inteiras por intervalo. Para identificação da morfologia e ultraestrutura das frústulas utilizou-se o trabalho de Leandrini et al. (2010).

### 3.6 CONTAGEM E CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÍCULAS DE ESPONJA

A quantificação e identificação das espículas de esponja de água doce foi feita em microscópio óptico (x160 e x640) em três transeções aleatórias por lâmina, três lâminas por intervalo. Foram avaliadas as características morfológicas das espículas (MANCONI & PRONZATO, 2002), separadas nas categorias inteira (quando a estrutura não apresenta fratura) e fragmentada.

Após a quantificação, foi realizada visualização geral da lâmina de maneira sistemática, com o intuito de observar o conjunto espicular (gemoscleras e microscleras), como subsídio à identificação em nível específico. Fotomicrografia e medição das dimensões de gemoscleras e microscleras foram realizadas por meio do software Tsview®. Para morfologias estrôngilo e acantoestrôngilo, avaliou-se o comprimento e largura da porção média, para óxea e acantóxea verificou-se o comprimento e largura da porção mediana e para as estruturas em forma de birrótula e acantobirrótula mediu-se o comprimento e largura do eixo, comprimento da rótula maior e menor.

A identificação das espécies teve como base a chave de identificação de esponjas da Classe Demospongiae Sollas, 1885, Ordem Haplosclerida Topsent, 1928 e respectiva Subordem Spongillina Manconi e Pronzato, 2002, disponível no trabalho de Manconi & Pronzato (2002). Para tal foi avaliado o conjunto espicular, morfologia das espículas, dimensões

e consultas na literatura, as quais estão detalhadas no estudo taxonômico realizado (ver item 4.3.1).

A estimativa do grau de fragmentação das espículas de esponja foi feita por meio da equação:

$$Mf/Mi$$

onde,  $Mf$  é a quantidade de megascleras fragmentadas observadas e  $Mi$  a quantidade destas estruturas inteiras. Assim, quanto maior essa relação, maior a quantidade de espículas fragmentadas.

### 3.7 FOTOGRAFIAS EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA

Eletromicrografias de fitólitos e espículas de esponja foram realizadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV), no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura do Centro de Geociências Aplicadas ao Petróleo - UNESPetro, Instituto de Geociência e Ciências Exatas-IGCE, da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro.

### 3.8 DATAÇÕES

A cronologia dos depósitos foi feita pelo método do  $^{14}\text{C}$  apresentadas por Leli (2105). As amostras foram processadas no *Center for Applied Isotope Studies (CAIS)*, *University of Georgia*, Georgia, Estados Unidos, sendo utilizada a técnica de *Accelerator mass spectrometry (AMS)*, sendo os resultados calibrados em anos de calendário (anos cal. AP.) com base no software CALIB 6.0<sup>®</sup> (2014) e calculadas as médias aritméticas.

### 3.9 ZONAS PALEOAMBIENTAIS

As zonas paleoambientais foram diferenciadas pelo programa CONISS<sup>®</sup> (GRIMM, 1987) que realiza a análise de Cluster pelo método do incremento das somas dos quadrados de modo estratigráfico, tais agrupamentos foram observados e validados também de modo empírico, com a finalidade de verificar a composição das assembleias de microfósseis. Posteriormente para a definição das fases de formação das ilhas as zonas paleoambientais com características micropaleontológicas semelhantes foram agrupadas quando necessário.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 SEDIMENTOLOGIA E DATAÇÕES

#### 4.1.1 Testemunho da ilha Bandeirantes

O testemunho IB2, é constituído predominantemente por lama arenosa (Fácies Fm) intercalada por fácies orgânicas (Fácies Fm(o) e Vm) (Figura 3A). Entre 245 e 80 cm ocorre lama argilosa, de cor cinza escuro (Fm), com algumas laminações horizontais e mosqueamento de oxidação ocorrem em todo testemunho, e alguns pequenos intervalos ocorrência de restos vegetais moderadamente preservados e bioturbação vegetal. A amostra próxima à base do testemunho sedimentar (239 cm) foi datada por  $^{14}\text{C}$  em 14.620 anos cal. AP.

O intervalo 80 a 65 cm é composto predominantemente por grande quantidade de vegetais preservados e decompostos, com coloração cinza escuro (Fácies Vm). A amostra desse material aos 70 cm foi datada por  $^{14}\text{C}$  em 1.220 anos cal. AP. O material entre 65 a 20 cm constitui-se de lama, cinza, horizontalmente laminada (Fácies Fm), com restos vegetais bem preservados. Lama arenosa de cor cinza escura com restos vegetais moderadamente preservados (Fácies Fm (o)) compõe os últimos 20 cm do testemunho.

#### 4.1.2 Testemunho da ilha Grande

O testemunho IG6 é predominantemente composto por camadas intercaladas de lama arenosa e areia fina e média (Fácies Fl (o), Fm, Sl e Sm) (Figura 3B). A amostra próxima a base a 545 cm foi datada em  $^{14}\text{C}$  12.425 anos cal. AP. e a 190 cm foi datada em  $^{14}\text{C}$  2.573 anos cal. AP. Entre 580 e 550 cm ocorre fácies de lama arenosa com estratificação laminar (Fácies Sl) e laminações de material orgânico. Entre 550 a 440 cm o material apresenta-se laminado com aumento da fração orgânica em direção ao topo. De 440 a 280 cm há incremento da fração areia fina na lama, maciça (Fácies Fm), marrom médio com nódulos ferruginosos.

O intervalo 280 a 200 cm é formado por areia média lamosa (Fácies Sm), cinza médio e presença de nódulos ferruginosos. Lama maciça e endurecida com coloração cinza médio a escuro ocorre (Fácies Fm) ocorre entre 200 a 140 cm. No intervalo de 140 a 120 cm ocorre areia fina muito lamosa, de cor cinza mosqueada e presença de nódulos ferruginosos (Fácies Sm). De 120 cm até o topo ocorre lama endurecida, de cor marrom médio com presença de raízes e bioturbação por raízes (Fácies Fm).

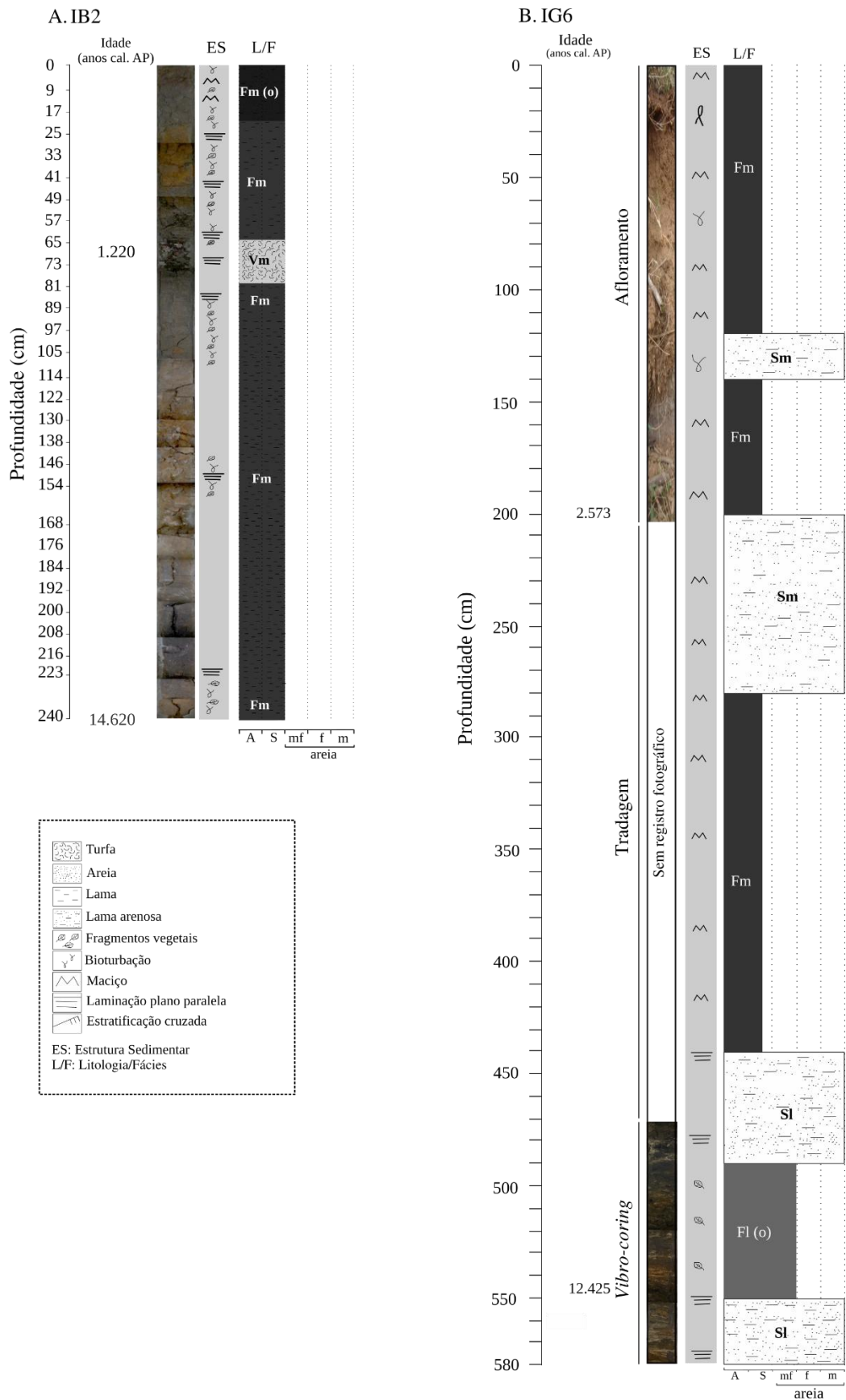


Figura 3. Perfis sedimentares. A. Perfil sedimentar IB2 (obtido na ilha Bandeirantes), alto rio Paraná; B. Perfil sedimentar IG6 (obtido na ilha Grande), alto rio Paraná.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS FITÓLITOS REGISTRADOS

Foram identificadas 23 morfologias de fitólitos para o testemunho IB2 e 22 para o testemunho IG6, sendo >90 % dos morfotipos com ocorrência comum para ambos os testemunhos (Figura 4). A concentração de *Elongate psilate* (Figura 4O) ocorreu de forma constante entre a base e o topo em ambos os testemunhos, sempre superior a 15 % das morfologias observadas. A morfologia tipo Podostemaceae (Figura 4U-X) foi predominante nos sedimentos da base dos testemunhos (240 a 200 cm para IB2 e 580 a 380 cm para IG6).

As maiores concentrações dos morfotipos *Bilobate* (Figura 4A-F), *Saddle* (Figura 4H-I) e *Rondel* (Figura 4G) foram observadas na base dos testemunhos (245-200 cm para IB2 e 580 a 470 cm para IG6) e na porção superior (73 cm ao topo para IB2 e 190 cm ao topo para IG6). Os morfotipos *Cuneiform bulliform* (Figura 4P-Q) e *Parallepipedal bulliform* (Figura 4S-T) apresentaram oscilações na concentração, mas a ocorrência destes foi correlata. As demais morfologias representaram menos de 10 % da concentração de fitólitos.

Observam-se três picos de concentração de fitólitos no testemunho IB2, sendo o primeiro entre 245 e 200 cm; o segundo entre 90 e 81 cm; e o terceiro entre 9 cm e o topo. Os picos de concentração de fitólitos no testemunho IG6 ocorreram entre 568 e 472 cm e de 240 cm ao topo.

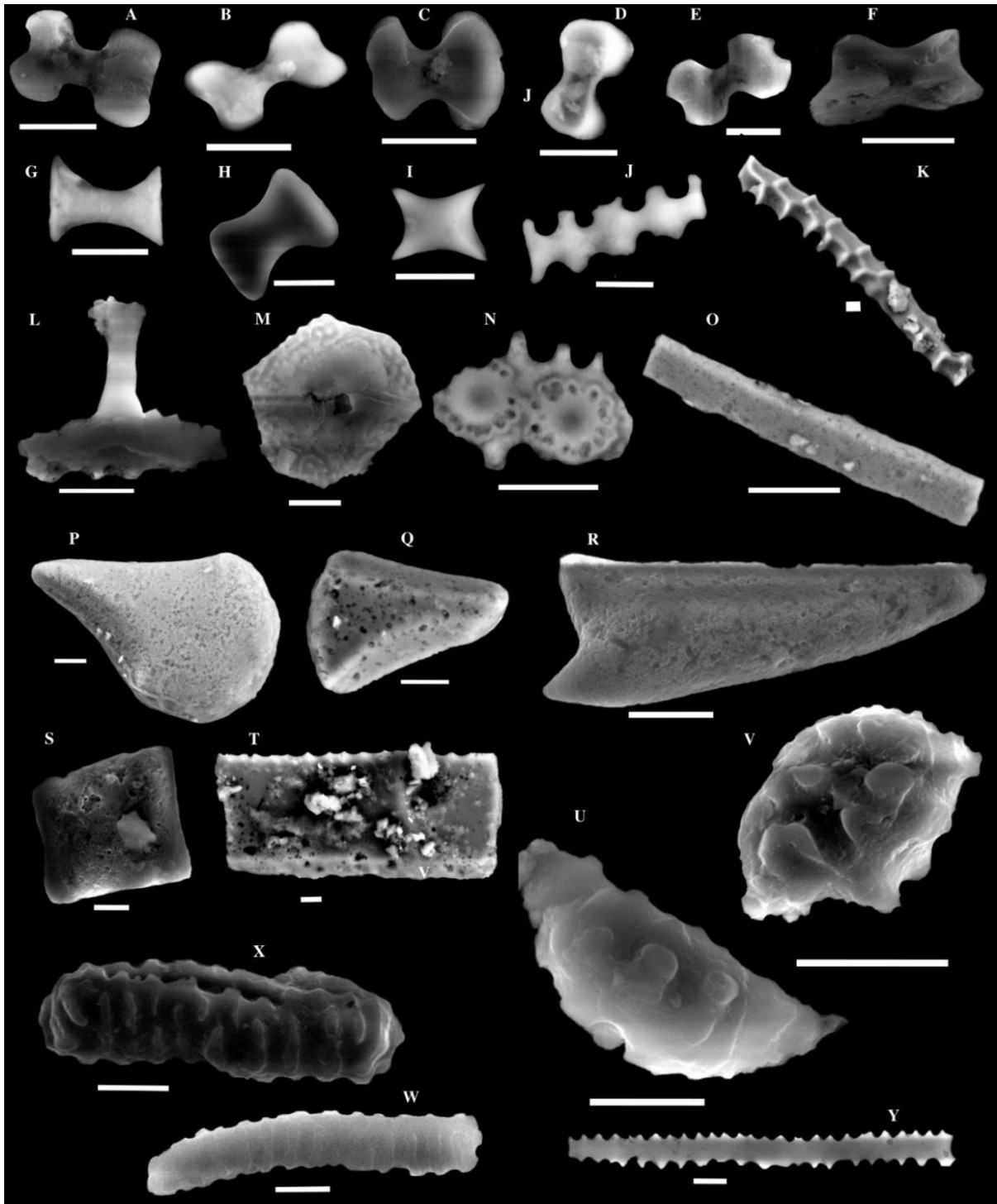


Figura 4. Fotomicrografias em MEV das morfologias de fitólitos observados nos testemunhos IB2 e IG6, obtidos nas ilhas Bandeirantes e Grande, alto rio Paraná. A-F. *Bilobate*; G. *Rondel*; H-I. *Saddle*; J. *Cylindrical polylobate*; K. *Irregular facetate*; I-N. *Cone shape*; O. *Elongate psilate*; P-Q. *Cuneiform bulliform*; R. *Scutiform*; S-T. *Parallepipedal bulliform*; U-W. Tipo *Podostemaceae*; Y. *Elongate echinate*. Escala: 10  $\mu\text{m}$ .

### 4.3 CARACTERIZAÇÃO DA PALEOESPONGOFAUNA REGISTRADA

#### 4.3.1 Estudo taxonômico

Foram identificadas 17 espécies de esponja continentais para os dois testemunhos analisados (Figura 5), pertencentes a três famílias diferentes, Spongillidae, Metaniidae e Potamolepidae todas da Subordem Spongillina, Ordem Haplosclerida e respectiva Classe Demospongiae.

A família Spongillidae apresentou maior representatividade, com 12 espécies, seguida por Potamolepidae com 3 espécies e Metaniidae com 2 espécies. O estudo taxonômico é composto pelas características espiculares de cada gênero e as respectivas descrições utilizadas na identificação específica.

#### Família Spongillidae Gray, 1867

Gênero *Corvoheteromeyenia* Ezcurra de Drago, 1979

Megascleras óxeas lisas

Gemoscleras birrótulas com eixo longo espinado

Microscleras pseudobirrótulas com eixo liso ou espinado

#### 1. *Corvoheteromeyenia* spp.

*Corvoheteromeyenia heterosclera* Ezcurra de Drago, 1974

Ezcurra de Drago (1979): 111; Volkmer-Ribeiro & Machado (2007): 159; Volkmer-Ribeiro & Machado (2009): 342.

*Corvoheteromeyenia australis* Bonetto & Ezcurra de Drago, 1966

Ezcurra de Drago (1979): 111; Tavares et al. (2003): 178.

Gênero *Corvospongilla* Annandale, 1911

Megascleras lisas ou com microgranulações

Gemoscleras estrangilos e/ou óxeas espinadas

Microscleras pseudobirrótulas com eixo liso

#### 2. *Corvospongilla seckti* Bonetto & Ezcurra de Drago, 1966 (Figura 5G)

Bonetto & Ezcurra de Drago (1966): 134; Batista & Volkmer-Ribeiro (2002): 131; Tavares et al. (2003): 176; Volkmer-Ribeiro & Batista (2007): 139; Batista (2007): 65; Batista et al. (2007): 622; Pinheiro et al. (2013): 4.

Gênero *Dosilia* Gray, 1867

Megascleras óxeas lisas

Gemoscleras birrótulas com um longo eixo espinado

Microscleras variam de acantóxeas típicas para “euasteres” com pontas espinadas

### **3. *Dosilia pydanieli* Volkmer-Ribeiro, 1992**

Volkmer-Ribeiro (1992): 329; Parolin et al. (2008): 195; Almeida et al. (2009): 126; Volkmer-Ribeiro & Parolin (2010): 116; Cândido et al. (2010): 443.

Gênero *Radiospongilla* Penney & Racek, 1968

Megascleras óxeas espinadas

Gemoscleras estrôngilos espinados

Microscleras ausentes

### **4. *Radiospongilla amazonensis* Volkmer-Ribeiro & Maciel, 1983** (Figura 5I-J)

Volkmer-Ribeiro & Maciel (1983): 263; Volkmer-Ribeiro (1992): 329; Tavares et al. (2003): 173; Batista (2007): 65; Batista et al. (2007): 622; Volkmer-Ribeiro & Parolin (2010): 120.

### **5. *Radiospongilla inesi* Nicacio & Pinheiro, 2011**

Nicacio et al. (2011): 60-61, Fig. 3 e 4

### **6. *Radiospongilla* spp.**

Gênero *Tubella* Carter, 1881

Megascleras óxeas espinadas

Gemoscleras birrótulas lisas

Microscleras ausentes

### **7. *Tubella delicata* Bonetto & Ezcurra De Drago, 1967**

*Trochospongilla delicata* Bonetto & Ezcurra De Drago (1967): 160; Volkmer-Ribeiro & De Rosa-Barbosa (1985): 89-90; Batista (2007): 65; Batista et al. (2007): 622.

### **8. *Tubella lanzamirandai* Bonetto & Ezcurra De Drago, 1964**



*Trochospongilla lanzamirandai* Volkmer-Ribeiro & De Rosa-Barbosa (1985): 89-90; Tavares et al. (2003): 175; Batista (2007): 65; Batista et al. (2007): 622

**9. *Tubella paulula* Bowerbank, 1863** (Figura 5C)

*Trochospongilla paulula* Volkmer-Ribeiro & De Rosa-Barbosa (1985): 89-90; Tavares et al. (2003): 175; Volkmer-Ribeiro & Batista (2007): 139; Batista (2007): 64; Batista et al. (2007): 619.

**10. *Tubella repens* Hinde, 1988**

*Trochospongilla repens* Volkmer-Ribeiro & De Rosa-Barbosa (1985): 89-90; Volkmer-Ribeiro & Batista (2007): 139; Batista (2007): 65; Batista et al. (2007): 622; Volkmer-Ribeiro & Parolin (2010): 116.

**11. *Tubella variabilis* Bonetto & Ezcurra de Drago, 1973** (Figura 5A-B)

*Trochospongilla variabilis* Volkmer-Ribeiro & De Rosa-Barbosa (1985): 89-90; Tavares et al. (2003): 175; Volkmer-Ribeiro & Batista (2007): 139; Batista et al. (2007): 622.

**12. *Tubella* spp.**

Família Metaniidae Volkmer-Ribeiro, 1986

Gênero *Metania* Gray, 1867

Megascleras óxeas e estrôngilos, lisos e espinados

Gemoscleras com morfologia “tubelliform”

Microscleras estrôngilos de lisos para espinados

**13. *Metania spinata* Carter, 1881** (Figura 6M)

*Tubella spinata* Carter (1881): 96; Traxler (1895): 64

*Metania spinata* Volkmer-Ribeiro (1986): 195; Volkmer-Ribeiro (1992): 329; Volkmer-Ribeiro & Costa (1992): 14; Parolin et al. (2008): 195; Volkmer-Ribeiro & Parolin (2010): 117

Gênero *Houssayella* Bonetto & Ezcurra De Drago, 1966

Megascleras acantoestrôngilos associados com óxeas lisas ou espinadas

Gemoscleras birótulas com eixo curto

Microscleras acantoestrôngilos e acantóxeas e exclusivamente espículas "aster-like",  
mostrando vários raios

**14. *Houssayella iguazuensis* Bonetto & Ezcurra De Drago, 1966**

Bonetto & Ezcurra de Drago (1966): 132

Família Potamolepidae Brien, 1967

Gênero *Oncosclera* Volkmer-Ribeiro, 1970

Megascleras lisas, robustas, óxeas levemente curvadas, raramente apoiando tubérculos  
ou grânulos com pontas "acerate"

Gemoscleras altamente variadas variando de estrôngilos verdadeiros para estrôngilos  
ovóides irregulares, de lisos para curvados com pequenos espinhos e tubérculos  
particularmente densos no ápice das espículas.

Microscleras ausentes

**15. *Oncosclera navicella* Carter, 1881** (Figura 5O)

*Spongilla navicella* Carter (1881): 87

*Oncosclera navicella* Volkmer-Ribeiro (1970): 440; Batista & Volkmer-Ribeiro (2002): 132;  
Pinheiro et al. (2003): 3; Tavares et al. (2003): 173; Batista et al. (2007): 624; Volkmer-Ribeiro  
& Parolin (2010): 117

**16. *Oncosclera schubarti* Bonetto & Ezcurra De Drago, 1967** (Figura 5F)

Batista & Volkmer-Ribeiro (2002): 131; De Rosa-Barbosa (1984): 143, 145

Gênero *Uruguayia* Carter, 1881

Megascleras estrôngilos granulados associados com óxeas lisas robustas

Gemoscleras estrôngilos lisos curvados

Microscleras ausentes

**17. *Uruguayia corallioides* Bowerbank, 1863** (Figura 5D-E)

*Spongilla corallioides* Bowerbank (1863): 460, Bonetto & Ezcurra de Drago (1969): 352,  
Ezcurra de Drago & Bonetto (1969): 365.

*Uruguayia corallioides* Batista (2007): 66; Batista et al. (2007): 624

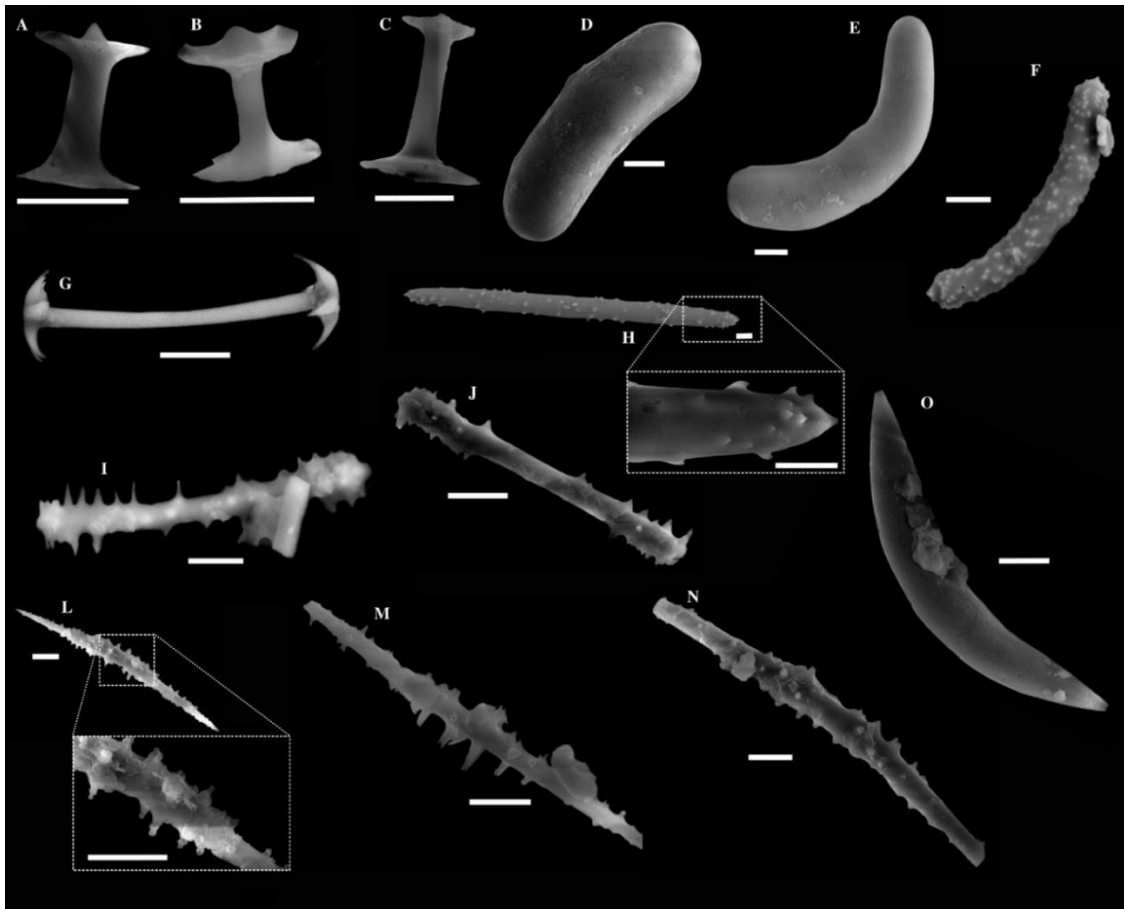


Figura 5. Fotomicrografias em MEV das espículas de esponja observadas nos testemunhos IB2 e IG6, obtidos nas ilhas Bandeirantes e Grande, alto rio Paraná. A-B. Birrótula *Tubella variabilis*; C. Birrótula *Tubella paulula*; D-E. Estrôngilo *Uruguay coralioides*; F. Acantoestrôngilo *Oncosclera schubarti*; G. Pseudobirrótula *Corvospongilla seckti*; H. Óxea espinada, com detalhe para a forma e direção dos espinhos; I-J. Acantoestrôngilo *Radiospongilla amazonensis*; L. Óxea espinada, com detalhes para as formas e disposição dos espinhos; M. Óxea espinada *Metania spinata*; N. Óxeas espinada; O. Óxea *Oncosclera navicella*. Escala 10  $\mu\text{m}$ .

#### 4.3.2 Medição e quantificação das espículas identificadas a nível específico

A identificação taxonômica foi baseada no conjunto espicular e estrutura morfológica das gemoscleras e microscleras (Quadros 3 e 4), onde observa-se pelo número de espículas analisadas que algumas espécies foram abundantes e outras ficaram restritas a poucas observações.

A observação das espículas foi realizada em sequência estratigráfica e os resultados apresentam uma diferenciação nas espécies observadas para cada testemunho, assim como as quantidades observadas (Figura 6 e 7). Nota-se que para o testemunho IB2, que as espículas referentes as espécies *Tubella variabilis* e *Radiospongilla amazonensis* tiveram deposição contínua e com variações de raríssima a abundante ocorrência para algumas porções do testemunho (Figura 6). O testemunho IG6 apresenta somente ocorrência raríssima das espécies, que em sua maioria não apresentam deposição contínua (Figura 7).

	Spongillidae											Potamolepidae		
	<i>Corvoheteromeyenia</i> spp.	<i>Corvospongilla</i> <i>seckti</i>	<i>Radiospongilla</i> <i>amazonensis</i>	<i>Radiospongilla</i> <i>inesi</i>	<i>Radiospongilla</i> spp.	<i>Tubella</i> <i>delicata</i>	<i>Tubella</i> <i>lanzamirandai</i>	<i>Tubella</i> <i>paulula</i>	<i>Tubella</i> <i>repens</i>	<i>Tubella</i> <i>variabilis</i>	<i>Tubella</i> spp.	<i>Oncosclera</i> <i>navicella</i>	<i>Oncosclera</i> <i>schubarti</i>	<i>Uruguay</i> <i>corallitoides</i>
	Gb	Mpb	Gee	Gee	Gee	Gb	Gb	Gb	Gb	Gb	Gb	Gol	Gee	Gel
N	10	2	34	1	11	2	5	1	1	37	15	5	4	4
MRA (µm)	16,1	12,6	-	-	-	17,9	11,6	18,8	15,6	11,9	8,8	-	-	-
MRB (µm)	15,9	12,4	-	-	-	17,3	10,7	9,2	15,6	10,1	7,9	-	-	-
MLE (µm)	4,6	2,7	4,6	5,5	4,7	4,7	2,4	3,9	7,2	3,1	2,4	12,6	10,7	17,5
MCE (µm)	50,5	24,1	60,8	75,2	66,5	18,7	23,5	23,4	15,8	14,5	14,2	88,1	77,6	59,6

N: número de espículas analisadas; MRA: Média aritmética do comprimento da rótula A; MRB: Média aritmética do comprimento da rótula B; MLE: Média aritmética da largura do eixo (região central da espícula); MCE: Média aritmética do comprimento do eixo; Gb: Gemosclera birrótula; Mpb: Microsclera pseudobirrótula; Gol: Gemosclera óxea lisa; Gee: Gemosclera estrôngilo espinado; Gel: Gemosclera estrôngilo liso.

Quadro 3. Medidas das estruturas espiculares das espécies identificadas no testemunho IB2, obtido na ilha Bandeirantes, alto rio Paraná.

	Spongillidae						Metaniidae		Potamolepidae		
	<i>Corvoheteromeyenia</i> spp.	<i>Corvospongilla</i> <i>seckti</i>	<i>Tubella</i> <i>lanzamirandai</i>	<i>Tubella</i> <i>paulula</i>	<i>Tubella</i> <i>repens</i>	<i>Tubella</i> spp.	<i>Metania</i> <i>spinata</i>	<i>Houssayella</i> <i>iguazuensis</i>	<i>Oncosclera</i> <i>navicella</i>	<i>Oncosclera</i> <i>schubarti</i>	<i>Uruguay</i> <i>corallitoides</i>
	Gb	Mpb	Gb	Gb	Gb	Gb	Mele	Moe	Gol	Gee	Gel
N	2	13	1	2	14	1	15	4	17	11	8
MRA (µm)	5,8	10,9	12,0	21,0	13,7	13,0	-	-	-	-	-
MRB (µm)	5,1	9,7	12,0	15,0	12,7	13,0	-	-	-	-	-
MLE (µm)	1,6	2,0	2,3	4,7	5,2	3,8	83,1	76,3	13,9	14,6	18,7
MCE (µm)	42,5	40,1	21	27	11,3	14,0	3,8	4,6	94,9	77,9	70,1

N: número de espículas analisadas; MRA: Média aritmética do comprimento da rótula A; MRB: Média aritmética do comprimento da rótula B; MLE: Média aritmética da largura do eixo (região central da espícula); MCE: Média aritmética do comprimento do eixo; Gb: Gemosclera birrótula; Mpb: Microsclera pseudobirrótula; Mele: Microsclera estrôngilos lisos para espinados; Moe: Microsclera óxea espinada; Gol: Gemosclera óxea lisa; Gee: Gemosclera estrôngilo espinado; Gel: Gemosclera estrôngilo liso.

Quadro 4. Medidas das estruturas espiculares das espécies identificadas no testemunho IG6, obtido na ilha Grande, alto rio Paraná.

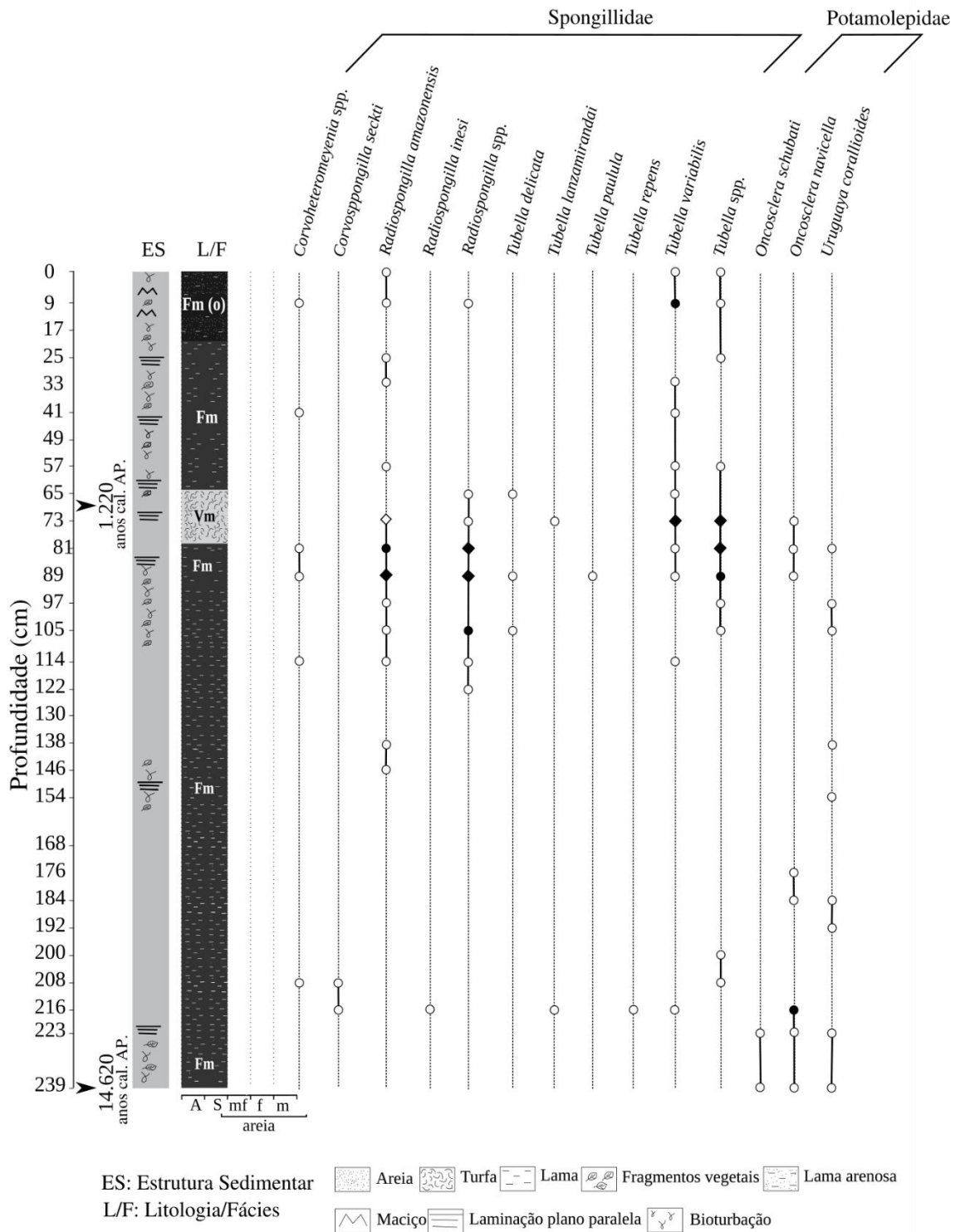


Figura 6. Espécies identificadas no testemunho IB2, obtido na ilha Bandeirantes, alto rio Paraná. Círculos vazios: 1-3 observações (raríssimo); Círculos preenchidos: 4-6 observações (raro); Losangos vazios: 7-10 observações (presente); Losangos preenchidos: >11 observações (abundante). Linhas destacadas que ligam os símbolos representam continuidade na deposição das espécies.

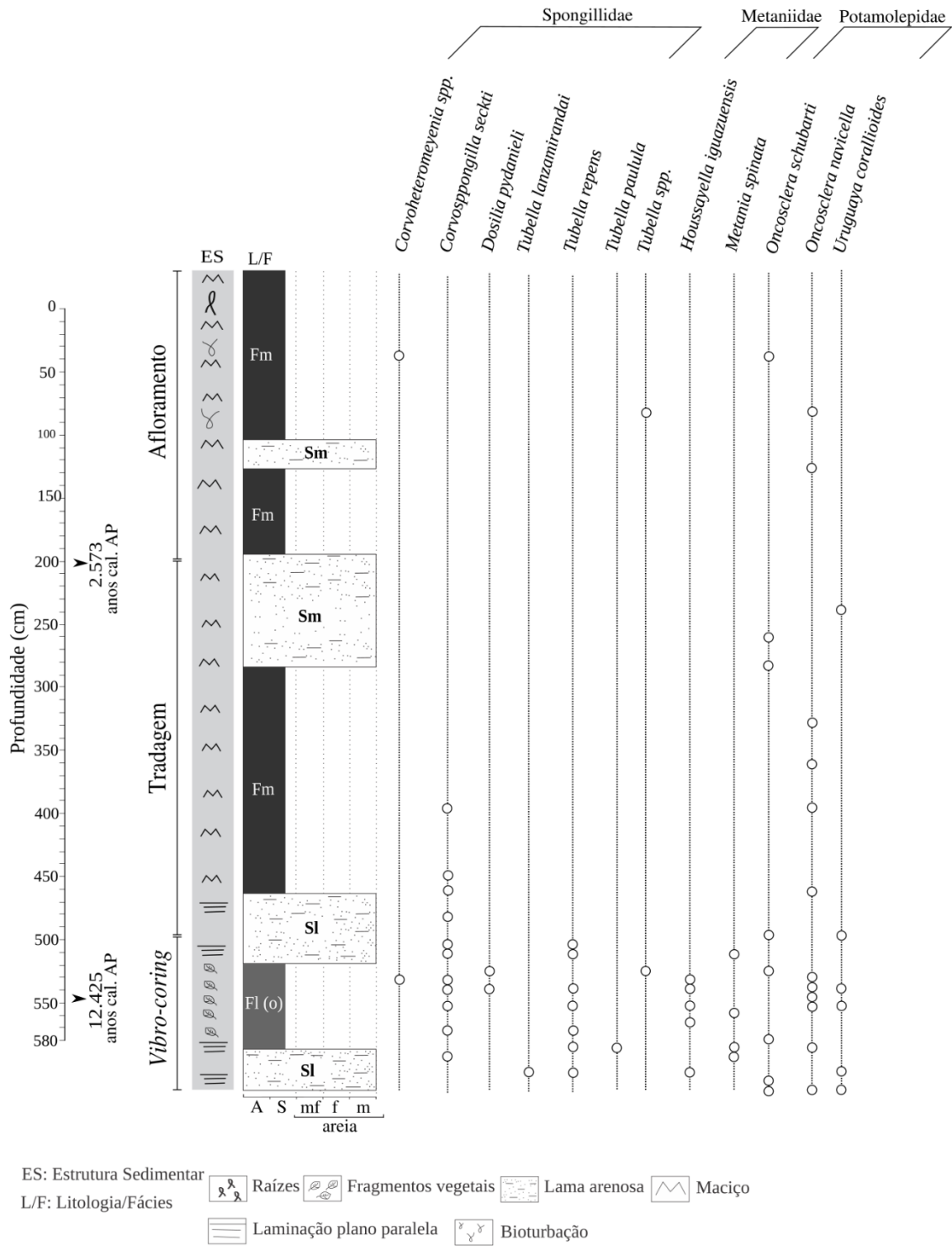


Figura 7. Espécies identificadas no testemunho IG6, obtido na ilha Grande, alto rio Paraná. Círculos vazios: 1-3 observações (raríssimo). Linhas destacadas que ligam os símbolos representam continuidade na deposição das espécies.

#### 4.4 TESTEMUNHO ILHA BANDEIRANTES

As zonas paleoambientais são determinadas pela homogeneidade da assembleia dos microfósseis (*proxy*) que integradas à análise de fácies permitem o maior detalhamento das características paleoambientais do depósito. No testemunho da Ilha Bandeirantes foram consideradas a presença de oito zonas paleoambientais, as quais foram agrupadas para posterior estabelecimento das fases de formação da ilha.

##### 4.4.1 Zonas paleoambientais

Zona I – Intervalo de 239-200 cm (14.620 anos cal. AP. em 239 cm)

Esta zona é composta por cinco intervalos, com concentração de 500 a 1.000 fitólitos por intervalo, sem presença de frústulas de diatomáceas e de 200 a 400 espículas de esponjas (Figura 8).

As análises qualitativas dos fitólitos indicam a predominância de morfotipos característicos da família botânica tipo Podostemaceae. A deposição destes fitólitos, corresponde até 40 % dos morfotipos contabilizados nesta zona. Os morfotipos característicos de espécies da família Poaceae denominados de *Short cells* (*Bilobate*, *Saddle*, *Rondel* e *Cross*) tem frequência entre 10 a 30 %, seguidos pelos morfotipos *Elongate psilate* entre 15-30 %; *Bulliforms* entre 15 a 20 %; *Globulares*, característicos de Areaceae, Bromeliaceae e dicotiledôneas lenhosas com até 1 %.

A relação *Mf/Mi* é de 2 a 4 vezes e a ocorrência de fragmentos de megascleras é maior em comparação às megascleras inteiras em todas as zonas identificadas. As espécies identificadas têm ocorrência raríssima (1 a 3 espículas por intervalo), com maior riqueza de espécies no intervalo entre 216-217 cm, com fragmentos de gemoscleras do tipo acontoestrôngilos e as microscleras do tipo acotóxeas.

As espículas de esponjas identificadas são da família Spongillidae, dos gêneros *Radiospongilla*, *Tubella*, *Corvospongilla* e *Corvoheteromeyenia*, e da família Potamolepidae, gêneros *Oncosclera* e *Uruguayia*.

Zona II – Intervalo de 192-114 cm

A concentração de fitólitos e espículas de esponjas diminui em relação a zona anterior. Os fitólitos somam menos de 200 por intervalo e as espículas entre 100 a 200 estruturas. Assim

como na zona anterior, não é notado a presença de frústulas de diatomáceas (Figura 8).

Os principais morfotipos de fitólitos *Bulliforms* com 40 a 55 % de predominância, seguidos por *Elongates psilates* com 35-50 % e os *Short cells* com até 10%. Raríssimas espículas (megascleras, gemoscleras e microscleras) dos gêneros *Radiospongilla*, *Tubella*, *Corvoheteromeyenia*, *Oncosclera* e *Uruguayia* são observadas em intervalos isolados e a proporção *Mf/Mi* é de 1 a 4.

#### Zona III – Intervalo de 105-97 cm

A deposição de fitólitos é maior nesta zona, com concentração entre 250 a 500 e predomínio dos morfotipos *Elongate psilate* (35 a 54 %) e *Bulliforms* (30 a 50 %) (Figura 8). Frústulas de diatomáceas tiveram raras ocorrências (10) e espículas de esponjas entre 100 a 200 por intervalo, pertencentes aos gêneros *Uruguayia* e *Tubella* (raríssima) e *Radiospongilla* (rara). A proporção *Mf/Mi* é de 4 a 7.

#### Zona IV – Intervalo 90-81 cm

A ocorrência de microfósseis é maior se comparada às zonas anteriores. As concentrações de fitólitos variaram de 1.600 a 2.000 e as espículas de esponjas entre 750 a 800. Frústulas de diatomáceas inteiras e fragmentadas, variaram entre 20 a 65 e 70 a 150, respectivamente (Figura 8).

A assembleia fitolítica é composta predominantemente por *Elongate psilate* (39 a 47 %) e *Bulliforms* (31 a 36 %). É notável a presença de gemoscleras, variando entre 47 a 64 gemoscleras inteiras e entre 21 a 38 gemoscleras fragmentadas. Espículas dos gêneros *Tubella* e *Radiospongilla* foram abundantes, em contraste com raras espículas dos gêneros *Oncosclera*, *Uruguayia* e *Corvohetemyenia*. A proporção *Mf/Mi* é de 8 a 14 vezes.

#### Zona V – Intervalo de 74-73 cm

A concentração é menor em comparação a zona IV e a quantidade de fitólitos decai para 877. Foram observadas 167 frústulas inteiras e 728 fragmentadas. A concentração de espículas de esponja foi de 178, inferior a zona anterior (Figura 8).

A assembleia de fitólitos é composta principalmente por *Elongate psilate* (30 %), *Short cells* (21 %) e *Bulliforms* (16 %).

Esta zona concentra 51 gemoscleras inteiras bem preservadas, ou seja, 30 % do total de espículas observadas. Espículas de esponjas do gênero *Tubella* são abundantes, do gênero *Radiospongilla* presentes e *Oncosclera* são raríssimas.



#### Zona VI – Intervalo de 66-33 cm (1.220 anos cal. AP. em 70 cm)

Os picos de deposição de fitólitos variam entre 300 a 900, o que difere essa zona das zonas anteriores, ocorre a diminuição de frústulas de diatomáceas sendo possível observar de 4 a 49 estruturas inteiras e 4 a 190 fragmentos. A deposição de espículas é constante em toda a zona, variando entre 132 a 210 (Figura 8).

Os fitólitos predominantes são *Bulliforms* com 25 a 48 % e *Elongate psilate* com 28 a 40 %, com aumento na ocorrência dos morfotipos *Short cells*, com variação de 4 a 35 %.

A relação *Mf/Mi* varia entre 4 e 18 vezes, com raríssimas ocorrências de gemoscleras dos gêneros *Radiospongilla*, *Tubella* e *Corvoheteromeyenia*.

#### Zona VII – Intervalo 26-17 cm

Ocorre a deposição de fitólitos entre 120 a 200, a observação de frústulas de diatomáceas ficaram limitadas a 2 estruturas inteiras e de 1 a 10 fragmentadas (Figura 8).

O conjunto espicular é composto de megascleras inteiras e fragmentadas, com deposição de 127 a 140 espículas, e 2 gemoscleras fragmentadas.

#### ZONA VIII – Intervalo 10-0 cm

Corresponde aos 10 últimos centímetros de testemunho sedimentar. Nesses intervalos ocorrem as maiores de deposição de fitólitos, 2.188 grãos com predomínio dos morfotipos *Short cells* (35-40 %), seguidos por *Elongate psilate* (22-25 %) e *Bulliforms* (22-23 %). Essa mesma tendência foi observada pela ocorrência de frústulas de diatomáceas, com 517 frústulas inteiras. A concentração de espículas varia entre 112 a 167, com predomínio de megascleras fragmentadas (Figura 8).

#### 4.4.2 Fases de formação da paleoilha lago

A análise micropaleontológica forneceu subsídios para corroborar, explicitar e detalhar a análise de evolução ambiental e geomorfológicas da paleoilha lago proposta por Leli (2015) no setor estudado da ilha Bandeirantes. Neste aspecto são propostas cinco fases de evolução (Figura 9); i) Fase I deposição de microfósseis indicativos de fluxo hídrico de canal desde o Pleistoceno Tardio há 14.620 anos cal. AP.; ii) Fase II é caracterizada como uma zona de transição entre a deposição de sedimentos de canal, para o isolamento de um sistema lacustre no interior da ilha; iii) Fase III ambiente de lagoa com o desenvolvimento de diatomáceas e abundancia de esponjas, encerrando-se há 1.220 anos cal. AP.; iv) Fase IV inicia-se há 1.220 anos cal. AP. caracterizando-se como transição entre ambiente lacustre para área de várzea com

a deposição de sedimentos recentes; v) Fase V característica de ambiente de várzea.

No entanto foi possível ir além da definição das fases de formação da ilha, estabelecendo-se a mudança na composição das assembleias de esponjas de água doce ao decorrer dos eventos ambientais ocorridos, os fitólitos foram de grande importância na diferenciação e caracterização dos ambientes aquáticos, terrestres e transicionais, e por fim as frústulas de diatomáceas indicaram por meio de seu padrão tafonômico a influência do fluxo hídrico.

As interpretações com bases nos indicadores *proxy* corroboram e detalham as mudanças indicadas por Leli (2015) de que a área de estudo pode ser caracterizada como uma paleoilha lago, a qual foi formada por sedimentação intracanal, resultando em barras emersas que se estabilizaram por consequência da deposição de lama e incorporação de vegetação, tendo formato ocelar. Deste modo a formação da ilha se deu por sedimentação de canal e acreção de formas de leito, tal qual caracterizada para “Lagunas de Albardón” (DRAGO, 1973; 1976).

#### Fase I - Formação de barra central (zona I)

A análise dos resultados referentes a zona I, são indicativos de que no Pleistoceno Tardio (14.620 anos cal. AP.) o ambiente de deposição era uma área de baixa velocidade de fluxo causado pela divisão do fluxo por uma barra ou outro impedimento (Figura 9) (SANTOS et al., 1992).

A velocidade de fluxo e oscilação de nível de água tornam-se limitantes para o desenvolvimento de alguns grupos de macrófitas aquáticas, visto que elevadas velocidades de corrente podem transportar as macrófitas aquáticas flutuantes e as espécies enraizadas podem ter o desenvolvimento prejudicado, visto que o sedimento se torna instável pelo fato de erosão ou intensa sedimentação (CAMARGO et al., 2003).

A família Podostemaceae é composta por espécies com adaptações a ambientes com elevado fluxo hídrico, tais espécies se desenvolvem aderidas a rochas e restritas a rios tropicais. A família é dividida em três subfamílias, sendo Tristichoideae, Weddellinoideae e Podostemoideae (KITA & KATO, 2001), destas para o Brasil ocorrem 90 espécies, pertencentes à 16 gêneros (BOVE, 2015).

Os táxons *Apinagia yguazuensis* Chodat et Vischer, *Mourera aspera* (Bong) Tul., *Podostemum aguirensis* Chodat et Vischer, *P. atrichum* Chodat et Vischer, *P. comatum*, *P. rutifolium* Warm., *P. milleri* Warm., *Wettsteiniola apipensis*) são restritas a bacia do Paraná

(TUR, 1997).

Philbrick et al. (2010) em estudo de endemismo de Podostemaceae Neotropical, mostram a distribuição de 22 espécies em cinco regiões hidrogeográficas do Brasil, sendo que no sistema rio Paraná ocorrem oito espécies, das quais 4 são restritas a este.

Ferreira et al. (2011), registram de modo pioneiro a presença da espécie *P. rutifolium* para a planície de inundação do alto rio Paraná, o ponto de coleta foi próximo a base de pesquisas do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura – Nupélia, no município de Porto Rico-PR, margem esquerda do rio Paraná. O exemplar foi coletado em período de águas altas aderido à arenitos em profundidade de 0,3 m, 1,5 m e 2,3 m com respectivas velocidades de fluxo  $2,7 \text{ m.s}^{-1}$ ,  $1,5 \text{ m.s}^{-1}$  e  $1,6 \text{ m.s}^{-1}$ .

A identificação de fitólitos característicos de Podostemaceae, associados a frústulas de diatomáceas e espículas de esponja em depósitos sedimentares da região de Entre Ríos, Pampa Norte na Argentina, evidenciaram a presença de corpos de água durante o Pleistoceno Superior – Holoceno (ERRA, 2010). Análises fitolíticas realizadas em sedimentos datados do Plioceno-Pleistoceno Inferior da Formação San Salvador (região de Entre Ríos, Argentina), evidenciaram a presença de Podostemaceae, Arecaceae e Poaceae indicando clima quente e úmido com disponibilidade hídrica e importantes atividades fluviais (PATTERER, 2015). Pesquisas como as citadas reforçam a importância e desempenho das análises integrando fitólitos e espículas de esponjas para o entendimento de condições paleoambientais.

A quantidade elevada de fitólitos do tipo Podostemaceae para sedimentos da fase I, é indicativa de que durante esta fase de deposição a área era influenciada diretamente por fluxos de canal. Deste modo, como o ambiente possibilitava mais deposição do que erosão, os sedimentos foram se acumulando, fornecendo a base para que a ilha surgisse.

Devido a capacidade de desenvolver estruturas adaptativas de fixação no substrato, tais como pedúnculos mucilaginosos, produção de matrizes de mucilagem, e colônias em forma de estrela ou ramos, fixas pela base (HOAGLAND et al., 1982; MURAKAMI et al., 2009) o desenvolvimento das diatomáceas pode ser favorecido em ambientes aquáticos com características hidrodinâmicas de alta velocidade de corrente e vazão, no entanto a turbulência pode interferir na deposição destas estruturas no sedimento. Neste sentido Ribeiro (2007), relata evidências de que a relação entre a preservação de diatomáceas em testemunhos esteja fortemente relacionada aos processos hidrodinâmicos, sendo a preservação destas estruturas associado a ambientes de elevada sedimentação, fato que justifica a observação restrita de poucas frústulas de diatomáceas de modo fragmentado no sedimento.

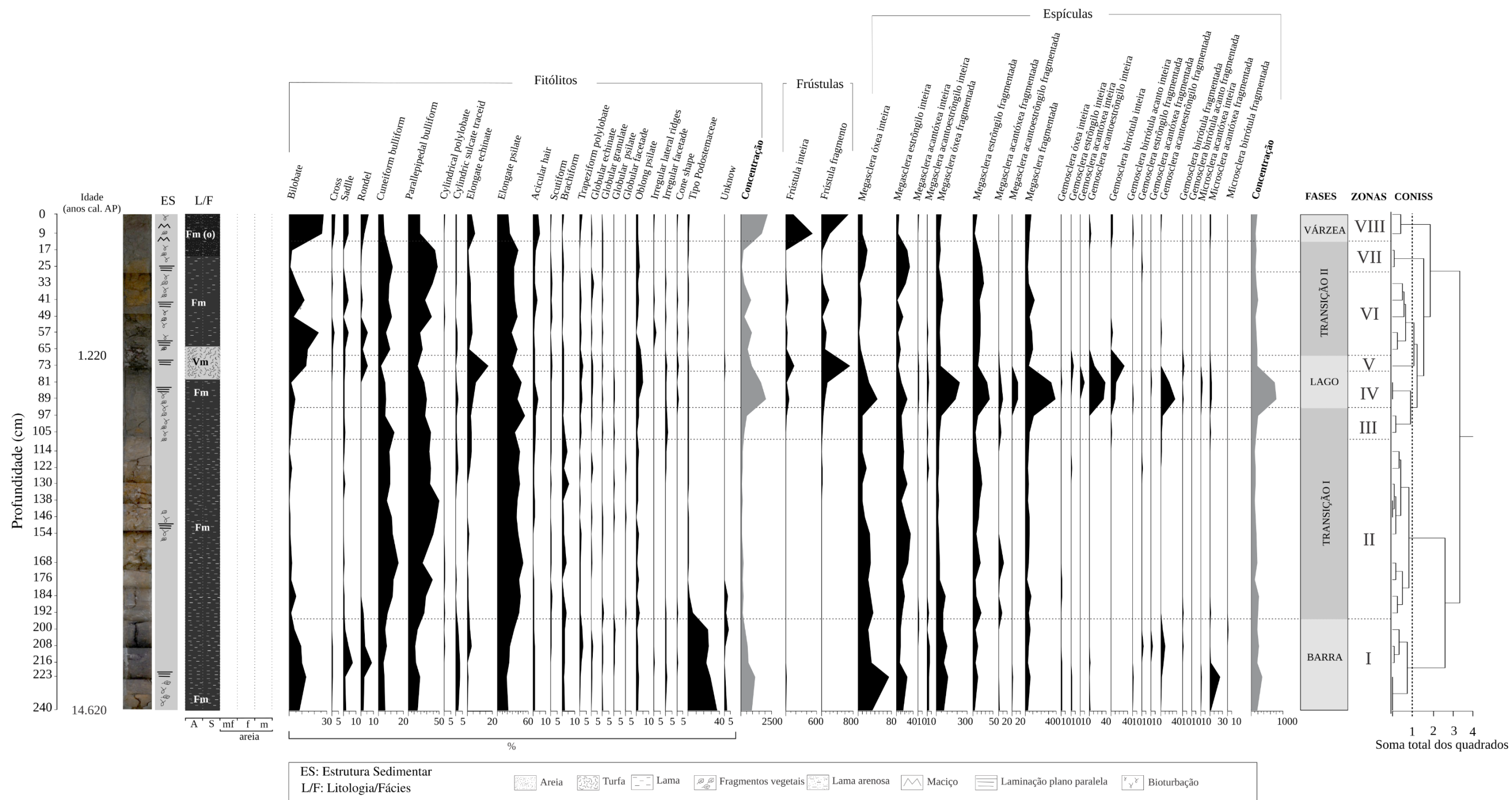


Figura 8. Diagrama de deposição de fitólitos, frústulas de diatomáceas, espículas de esponjas e zonas paleoambientais do testemunho IB2 e respectivas fases de formação da ilha, testemunho obtido na ilha Bandeirantes, alto rio Paraná.

A ocorrência raríssima de espículas de esponjas de diferentes espécies e ambientes, e o elevado grau de fragmentação podem ser indicativos que tais estruturas tenham origem alóctone. A bacia do rio Paraná tem ampla área de drenagem (2.605.000 km<sup>2</sup>), ambiente heterogêneo o qual possibilita a elevada diversidade de espécies e grande capacidade de transporte de sedimentos (ANA, 2011; ORFEO & STEVAUX, 2002). A drenagem de ambientes tão diversos é o que pode ter possibilitado a grande riqueza de espécies.

As espécies foram identificadas como *Oncosclera schubarti*, *Oncosclera navicella*, *Corvospongilla seckti*, *Tubella repens*, *Tubella* spp. Tais espécies correspondem predominantemente por preferência a condições lócticas, as quais são aderidas a substratos rochosos em rios (BONETTO & EZCURRA DE DRAGO, 1973; VOLKMER-RIBEIRO et al., 1975; EZCURRA DE DRAGO, 1993; BATISTA & VOLKMER-RIBEIRO, 2002; PINHEIRO et al., 2003), exceto *Corvoheteromeyenia* spp., *Radispongilla amazonensis*, *Tubella variabilis* e *Tubella lanzamirandai* que possuem ocorrência em lagoas (BONETTO & EZCURRA DE DRAGO, 1966; BONETTO & EZCURRA DE DRAGO, 1973; VOLKMER-RIBEIRO et al., 1999).

#### Fase II - Transição I (Zonas II e III)

A assembleia de fitólitos depositada nesta fase não expressa relação direta com algum grupo taxonômico, sendo que os morfotipos observados são redundantes, ou seja, são produzidos por diversas espécies, deste modo, atribui-se que os fitólitos preservados tem origem alóctone.

A concentração de espículas de esponja permanece semelhante à fase I, no entanto ocorre a diminuição na proporção de gemoscleras e microscleras, ou seja, a área ainda está influenciada por fluxo hídrico. Deste modo a riqueza de espécies também é menor, sendo a assembleia de esponjas composta por *Oncosclera navicella*, *Uruguayia corallioides*, *Radispongilla amazonensis*, *Radispongilla* spp., *Tubella delicata*, *Tubella variabilis*, *Tubella* spp. e *Corvoheteromeyenia* spp., a deposição destas espículas ocorre de modo isolado, disperso e raríssimo nesta zona. Em contraste a deposição de frústulas de diatomáceas é praticamente nula nesta zona, o qual demonstra que o ambiente não favorecia a deposição destas estruturas.

Possivelmente esta seja uma fase de transição entre um ambiente diretamente influenciado pelo fluxo hídrico e a formação de lagoa (fase III) (Figura 9). Esta transição possui um longo intervalo sedimentar dos 192 aos 97 cm, deste modo atenta-se a necessidade de

datação para o estabelecimento do padrão temporal desta zona e assim entender qual a escala de tempo para esta faixa transicional e possíveis eventos originários.

### Fase III – Formação de lago (Zonas IV E V)

A deposição de fácies sedimentar Vm é descrita como de ambiente central de ilha ocupado por intensa vegetação (LELI, 2015), fato que justifica a maior deposição de fitólitos, o aumento de *Short cells* são indicativos de que o ambiente tornou-se mais estável, propiciando o desenvolvimento e deposição de fitólitos de plantas herbáceas, os quais possivelmente tenham origem autóctone. Outro indicativo desta alteração ambiental é o pico de deposição de frústulas de diatomáceas.

Mudanças no padrão de deposição micropaleontológico (espículas de esponja, fitólitos e frústulas de diatomáceas) e sedimentológicos, podem estar ligadas a mudanças no ambientes de sedimentação. A deposição e preservação de gemoscleras inteiras de *Tubella variabilis* e *Radiospongilla amazonensis* são indicativas do estabelecimento de ambientes predominantemente lacustres. Tais espécies tem preferência por ambientes lênticos e fixam-se à raízes, folhas e caules de macrófitas aquáticas (VOLKMER-RIBEIRO & MACIEL, 1983; VOLKMER-RIBEIRO & TAVARES, 1990; VOLKMER-RIBEIRO et al., 1998; VOLKMER-RIBEIRO et al., 1999; TAVARES et al., 2003; PINHEIRO et al., 2003). Está fase possivelmente pode estar relacionada a uma espongo fácies, definida por Parolin et al. (2008) como um ou mais intervalos deposicionais, com predomínio de espículas de esponjas continentais de uma única espécie ou de uma assembleia de esponjas que permite identificação paleoambiental. Sendo consideradas além da identificação específica oferecida pelas espículas, a quantidade, o estado da formação e preservação, bem como a condição de deposição. Neste sentido, interpreta-se que a espongo fácies composta pelas espécies *T. variabilis* e *R. amazonensis* indica o isolamento de um sistema lacustre no interior da ilha.

Volkmer-Ribeiro (1999) relata a ocorrência das espécies *R. amazonensis*, *D. pydanieli*, *T. variabilis*, *M. spinata* e *C. thumi* para o estado de São Paulo e indicou que essa assembleia configura lagos típicos do Bioma Cerrado. Machado et al. (2012) relata a ocorrência de uma espongo fácies na porção basal de um testemunho retirado do paleolago Cemitério, Goiás, a assembleia foi composta pelas espécies *M. spinata*, *D. pydanieli*, *R. amazonensis*, *T. variabilis*, *H. fistula* e *C. thumi* à 39.700 anos AP., indicando a predominância de características lênticas.

Sendo assim, pode-se inferir que houve a formação de um lago por processo de

isolamento no interior na ilha (Figura 9), com lâmina de água suficiente para o desenvolvimento de duas espécies de esponja típicas de ambiente lêntico, nota-se que ao final desta fase houve uma mudança ambiental que possibilitou o aumento na ocorrência de frústulas de diatomáceas e a redução das espículas de esponjas. Provavelmente tal fato está associado a diminuição de lâmina de água e colmatação por deposição de matéria orgânica evidenciada pelas fácies Vm, no entanto durante toda a fase a vegetação de entorno foi composta principalmente por elementos herbáceos.

#### Fase IV - Transição II (Zonas VI E VII)

Esta fase foi caracterizada como a transição entre condições ambientais distintas, formação de ambiente lacustre no interior da ilha (fase III) e estabelecimento de condições ambientais semelhantes as atuais, ou seja, ambiente de várzea (fase V), atribuída as mudanças nos registros paleoambientais, tais como a diminuição na deposição de indicadores ambientais lacustres (espículas de esponja e frústulas de diatomáceas) em contraste com a maior deposição de indicadores terrestres, como fitólitos (Figura 9). Fato observado também na composição sedimentar que indica processos de pedogênese, fácies Fm com lama arenosa e restos vegetais preservados.

A deposição de fitólitos indicativos de Poaceae (*Short cells*) aliados a predominância das morfologias *Bulliforms*, as quais são tratadas na literatura como indicadores de estresse hídrico em plantas, relacionando a produção destas à potencialização do processo de evapotranspiração de gramíneas (PARRY & SMITHSON, 1958; SANGSTER & PARRY, 1969; BREMOND, 2003; BREMOND et al., 2005), indicam a predominância de elementos herbáceos, que evidenciam a diminuição de umidade disponível no solo em determinados períodos.

O decréscimo na deposição de espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas e incremento da deposição de fitólitos podem estar ligadas ao ressecamento da lagoa ou colmatagem do ambiente de deposição, de modo que as espécies *Tubella variabilis* e *Radiospongilla amazonensis* observadas de modo abundante nas zonas paleoambientais IV e V foram contabilizadas como raríssimas para a fase em questão.

Quando da análise do conjunto dos dados, pode-se inferir que houve mudanças nas condições ambientais da área, sugerindo que o ambiente antes predominantemente lacustre modificou-se paulatinamente para terrestre.

## Fase V – Formação de várzea (Zona VIII)

A deposição de lama arenosa e restos vegetais preservados (Fácie Fm (o)), aliados a fitólitos *Short cells*, com predominância do morfotipo *Bilobate*, o qual pode ser atribuído a plantas da subfamília Panicoideae, ou seja, gramíneas C4 adaptadas a condições de maior umidade (FREDLUND & TIESZEN, 1994; TWISS et al., 1969; BREMOND et al., 2005) e raríssimas ocorrências de espículas esponja e frústulas de diatomáceas são correspondentes ao tipo de ambiente atual nas várzeas do rio Paraná. Neste contexto, pode-se inferir que a zona VIII reflete as condições ambientais atuais vigentes na área, a qual pode-se denominar por várzea (Figura 10), locais periodicamente inundadas pelo transbordamento lateral de rios ou lagos e/ou por precipitação de chuva ou águas subterrâneas (JUNK et al., 1989).

A área é composta predominantemente por elementos herbáceos e está sujeita aos pulsos de inundação do rio Paraná, respondendo assim a presença de frústulas de diatomáceas e espículas de esponja fragmentadas.

Leli (2015) fez a análise sedimentar do testemunho IB2, o qual é objeto desta pesquisa, e interpretou que o processo de formação foi o de ilha lago. Tais resultados corroboram de forma inédita aponta as comunidades existentes em cada fase de formação desta paleoilha, sendo possível diferenciar as fases de formação e evolução desta ilha por meio da quantificação/qualificação dos fitólitos e espículas de esponja e quantificação das frústulas de diatomáceas. As fases ambientais, enumeradas neste trabalho de I a V, podem ser compostas por uma ou mais zonas paleoambientais.



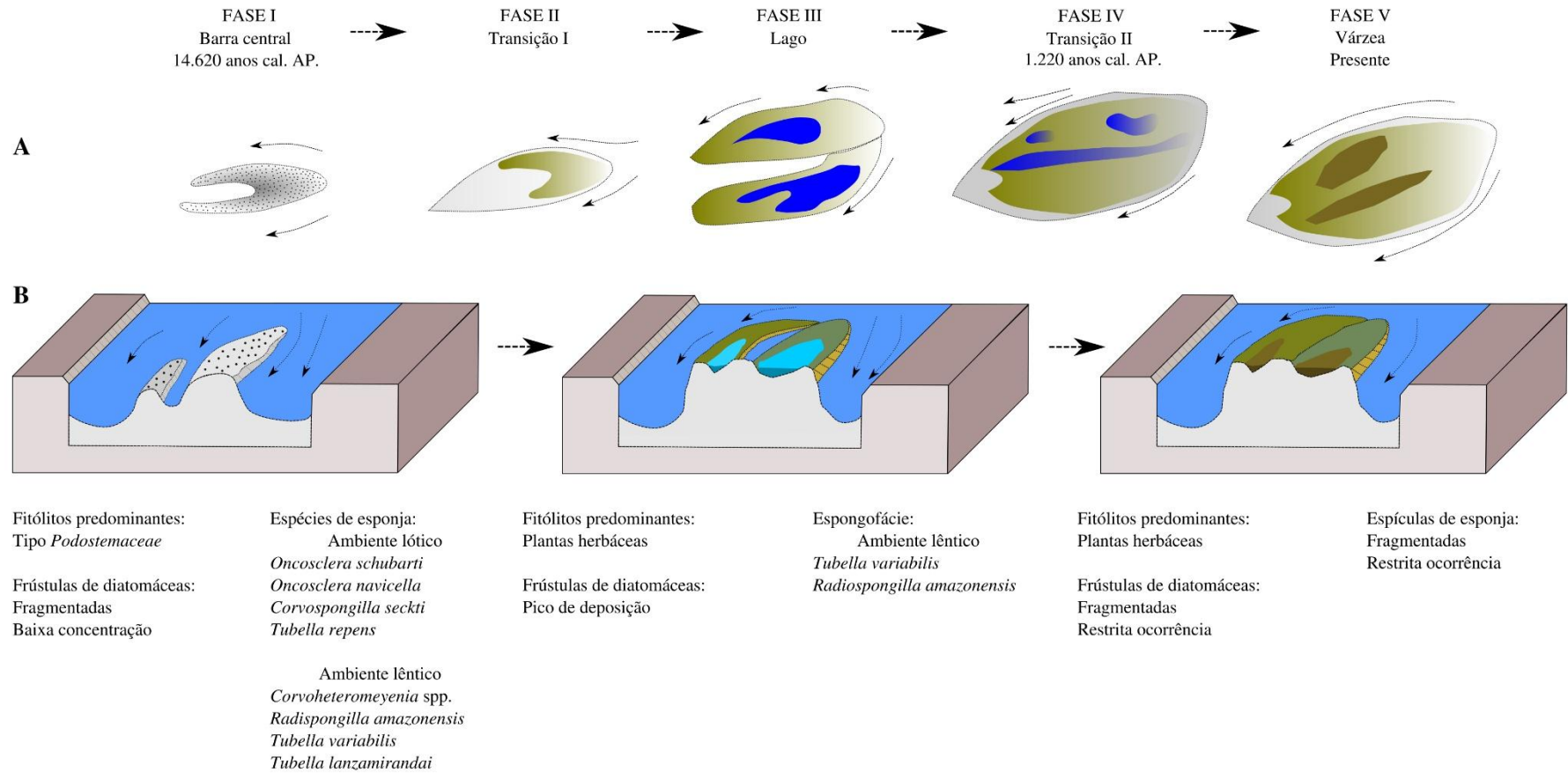


Figura 9. Fases de formação da paleoilha lago. Proposta de evolução da área com base no testemunho IB2, ilha Bandeirantes, alto rio Paraná. A. Modelo de evolução modificado de Drago (1985). B. Blocodiagrama evidenciando o modelo de evolução.

#### 4.5 TESTEMUNHO ILHA GRANDE

A homogeneidade da assembleia dos microfósseis (*proxy*), integradas à análise de fácies permitiram a diferenciação de três zonas paleoambientais para o setor analisado da ilha Grande. A zona I foi definida pela deposição predominante de fitólitos tipo Podostemaceae e frústulas de diatomáceas, a zona II apresenta deposição de espículas de esponjas e a zona III deposição de fitólitos de plantas herbáceas com restritas ocorrências de espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas.

##### 4.5.1 Zonas paleoambientais

Zona I – intervalo de 580-440 cm (12.425 anos cal. AP. em 545 cm)

Esta zona é composta por 21 intervalos para os quais a concentração de fitólitos é de 427 a 2245 grãos por intervalo, com pico de deposição de 589 frústulas fragmentadas e 55 inteiras aos 508 cm. A relação entre maior deposição de frústulas de diatomáceas fragmentadas em relação às inteiras é constante ao longo desta zona. A concentração das espículas é variável de 40 à 170 estruturas (Figura 10).

As análises qualitativas dos fitólitos indicam a predominância de morfotipos característicos de espécies da família botânica Podostemaceae, a deposição destes fitólitos ocorre de maneira constante nesta zona, com ocorrência superior à 40 % dos morfotipos contabilizados. Os morfotipos característicos de espécies da família Poaceae denominados de *Short cells* (*Bilobate*, *Saddle*, *Rondel* e *Cross*) tem frequência entre 4 a 19 %, os morfotipos *Bulliforms* tem frequência de 8 a 34 %, nota-se a presença de morfotipos *Elongates psilate* (5-17 %). Morfotipos *Globulares*, característicos de Arecaceae, Bromeliaceae e dicotiledôneas lenhosas representam menos de 2% da assembleia.

A deposição de megascleras fragmentadas e inteiras é semelhante, sendo a relação megascleras fragmentadas/megascleras inteiras (*Mf/Mi*) é próxima a 1 em todos os intervalos analisados. Dentre as demais estruturas espiculares, nota-se a presença de deposição de fragmentos de microscleras acantóxeas.

Ocorre a presença de sete gêneros de esponja de água doce, sendo da família Spongillidae os gêneros *Corvospongilla*, *Corvoheteromeyenia*, *Dosilia* e *Tubella*, da família Metaniidae os gêneros *Houssayella* e *Metania*, por fim da família Potamolepididae os gêneros *Oncosclera* e *Uruguayia*. No entanto, as espécies identificadas têm ocorrência raríssima (1 a 3 espículas por intervalo).

Zona II – Intervalo de 380-190 cm (2.573 anos cal. AP. em 190 cm)

A concentração de fitólitos diminui, contabilizado de 175 a 1.309 morfotipos, as

espículas apresentam uma maior deposição, sendo observado de 39 a 338 estruturas, ocorre o pico de deposição no intervalo de 240 cm. A presença de frústulas de diatomáceas é nula em praticamente todos os intervalos desta zona, somente no intervalo 190 cm é notada 10 frústulas inteiras e 148 fragmentadas (Figura 10).

Em contraste com a zona anterior a deposição dos morfotipos característicos de Podostemaceae foi muito reduzida com variação de 0 a 33 %, no entanto os morfotipos *Bulliforms* apresentam de 34 a 74 % de predominância, seguidos por *Elongates psilates* com 17 a 32 % e os *Short cells* foram observados de 1 a 2 8%.

A razão *Mf/Mi* é maior que a zona anterior com variação de 1 a 18, nota-se a presença de três gêneros de esponja de água doce, sendo da família Spongillidae o gênero *Corvospongilla* e Potamolepidae os gêneros *Oncosclera* e *Uruguayia*. No entanto, esses gêneros podem ser observados em sequencias isoladas e com ocorrência raríssima.

#### Zona III – Intervalo de 140-0 cm

Ocorre maior deposição de fitólitos que a zona anterior, concentração de 1.064 a 2.023 morfotipos, sendo observado até 5 frústulas de diatomáceas inteiras e 62 fragmentadas e de 52 a 143 espículas por intervalo (Figura 10).

Nesta zona ocorre a deposição mista de fitólitos, sendo os morfotipos *Short cells* dominantes com 20 a 46%, *Bulliforms* (21 a 27%), a deposição dos morfotipos característicos de Podostemaceae são novamente observadas (13 a 21%), o morfotipo *Elongate psilate* (12 a 15%) e por fim a deposição de *Globulares* de 2 a 13 %.

A razão *Mf/Mi* permanece de 1 a 3 e a ocorrência dos gêneros *Uruguayia*, *Tubella* e *Corvoheteromeyenia* em frequência raríssima e dispersa.

#### 4.5.2 Fases de formação da paleoilha por recorte da planície

Rios *anabranching* podem se desenvolver a partir do recorte de planície de inundação ou a partir da evolução de barras até formas estáveis como ilhas, sendo assim ambos os processos resultam na divisão do fluxo do canal (NANSON, 2013).

O modelo de recorte de planície dos depósitos da ilha de avulsão, apresentam a deposição de fácies sedimentares com o mesmo padrão de planície de inundação (LELI, 2015). Deste modo, a análise quantitativa/qualitativa de fitólitos e espículas de esponjas e a quantificação das frústulas de diatomáceas no testemunho IG6, indicam que os depósitos estudados se originaram do processo de recorte de planície de inundação (Figura 11), sendo possível a distinção das assembleias de bioindicadores observados para cada zona.

A zona I foi iniciada aos 580 cm, no entanto a datação foi realizada em 545 cm, resultando em 12.425 anos cal. AP. Pleistoceno Superior, a zona II foi encerrada aos 2.573 anos cal. AP. (190 cm), atribui-se que os sedimentos nestas zonas foram depositados, com estimativa de deposição de 0,36 mm.ano<sup>-1</sup>. A Zona III foi iniciada há 2.573 anos cal. AP. e tem no topo da sequência sedimentos recentes, a estimativa de deposição é de 0,73 mm.ano<sup>-1</sup>.

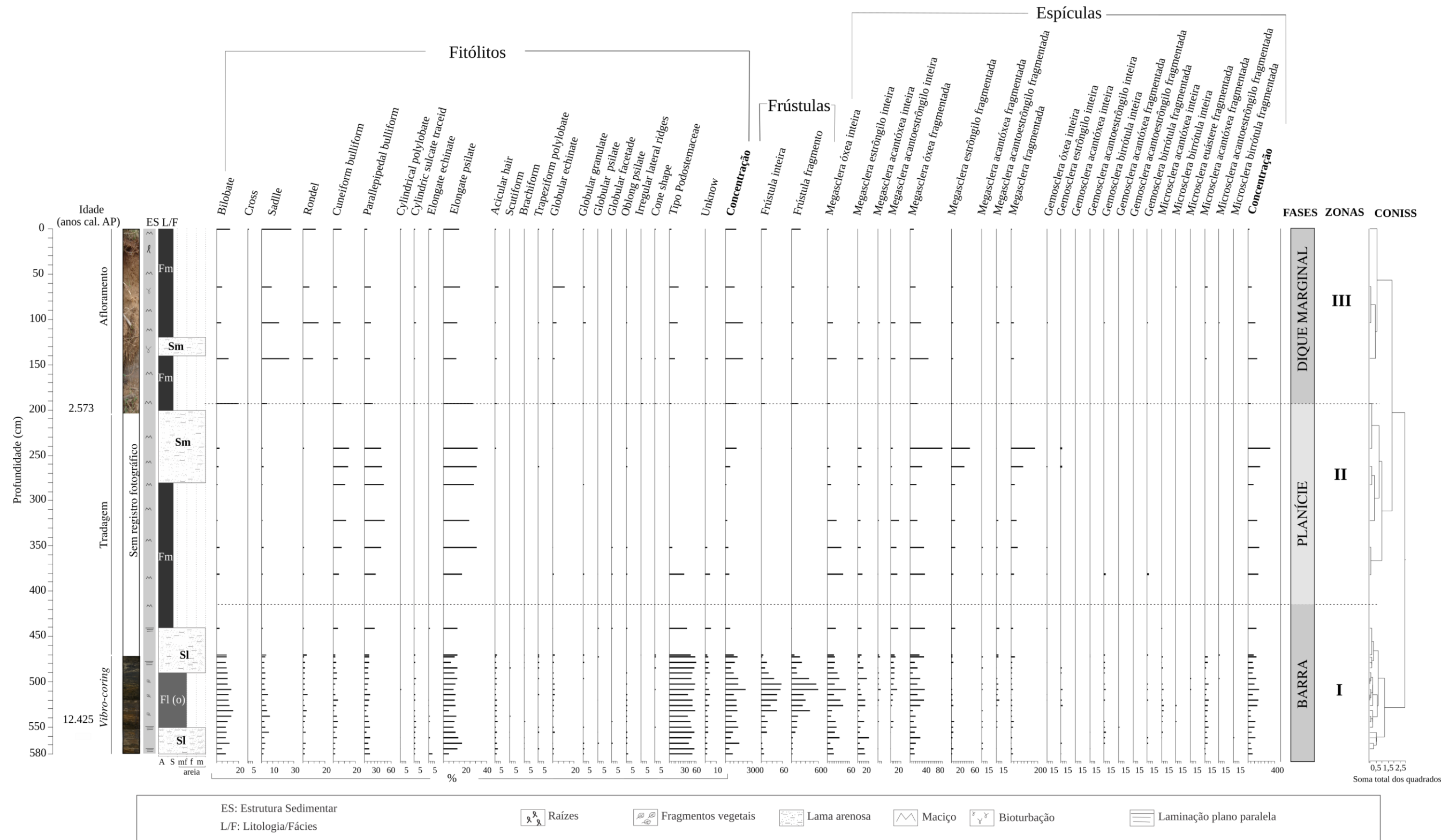


Figura 10. Diagrama de deposição de fitólitos, frústulas de diatomáceas, espículas de esponjas, zonas paleoambientais e respectivas fases de formação do testemunho IG6, obtido na ilha Grande, alto rio Paraná.

Fase I – Intervalo de 580-410 cm (12.425 anos cal. AP. em 545 cm)

A intercalação de fácies S1 (580 a 550 cm) e fácies Fl(o) (550 a 490 cm) indicam um ambiente de planície de inundação sob influência de pulsos de inundação e desenvolvimento de dique marginal. De 490 a 440 cm a ocorrência de fácies S1, a partir de 440 cm inicia-se uma deposição maciça da fácies Fm característica de depósitos de inundação (MIALL, 1985).

A assembleia de fitólitos observada nesta fase é composta predominantemente por morfotipos indicativos da família botânica Podostemaceae, o qual sugere que a área era influenciada diretamente por condições de fluxo hídrico, como já discutido para o perfil IB2 (item 4.4.2).

A deposição de megascleras associadas a presença de microscleras fragmentadas também indicam ambiente com fluxo hídrico mais intenso, para esta zona foram identificadas seis espécies com deposição constante, porém com ocorrência raríssima, sendo *Corvospongilla sekti*, *Tubella repens*, *Houssayella iguazuensis*, *Uruguay corallioides*, *Oncosclera navicella*, *Oncosclera schubarti*, características de ambientes lóticos (BONETTO & EZCURRA DE DRAGO, 1966; VOLKMER-RIBEIRO et al., 1975; VOLKMER-RIBEIRO & HATANAKA, 1991; EZCURRA DE DRAGO, 1993; BATISTA & VOLKMER-RIBEIRO, 2002; PINHEIRO et al., 2003; PINHEIRO, 2007). Já as espécies *Corvoheteromeyenia* spp., *Dosilia pydanieli*, *Tubella lanzamirandai*, *Tubella variabilis* e *Metania spinata* são restritas a intervalos sedimentares dispersos e com ocorrência raríssima. Deste modo, a zona possui uma riqueza de onze espécies de esponja, sendo ~20 % das espécies descritas para o Brasil (PINHEIRO, 2007). A elevada riqueza pode ser atribuída a grande área de drenagem da bacia do rio Paraná e sua respectiva capacidade de transporte de sedimentos.

As espículas de esponjas correspondem a espécies adaptadas a ambientes lóticos, apresentam padrão fragmentado associado a raríssimas ocorrências, neste sentido indicam que tais estruturas têm origem alóctone e foram depositadas nesta área devido à grande capacidade de transporte sedimentar do rio Paraná.

Fase II– Intervalo de 380-190 cm (2.573 anos cal. AP. em 190 cm)

A deposição maciça da fácies sedimentar Fm é característica de depósitos de inundação e pode ser observada dos 410 a 280 cm. No entanto de 280 cm a 200 ocorre mudança na deposição, sendo observada a fácies Sm gerada pela fluidização tardi-sedimentar.

A assembleia de fitólitos não caracteriza nenhum grupo botânico específico, podendo-se inferir que não houve o estabelecimento vegetal neste ponto. Dessa forma é possível que os morfotipos depositados tenham origem alóctone, trazidos por transporte hídrico. Não observou-se a ocorrência de frústulas de diatomáceas ao decorrer desta zona.

A predominância de megascleras fragmentadas em concentrações elevadas, em contraste com uma riqueza 3 espécies, ou seja, muito inferior a observada na zona anterior que era composta por 12 espécies, indicam ambiente influenciado por fluxo de alta energia (Figura 11). As espécies de esponjas detectadas têm preferências por habitats lóticos e ocorrem

dispersas e isoladas ao decorrer desta zona com raríssimas observações. São elas *Corvospongilla seckti*, *Uruguaya corallioides*, *Oncosclera schubarti* e *Oncosclera navicella*.

### Fase III – Intervalo de 190-0 cm

A fácies sedimentar Fm que compreende os últimos 200 cm comendo-se de areia fina, muito lamosa. Esta fase é interpretada como sendo depósitos de dique marginal naturais, ou seja, faixa elevada que acompanha os canais e são formadas pela consecutiva repetição do processo de deposição por inundação (STEVAUX, 1993).

Esta fase apresenta um misto entre assembleia de fitólitos característicos de Poaceae das subfamílias Panicoideae e Chloridoideae e outros grupos botânicos em menor escala, tais como Cyperaceae, Arecaceae e/ou Bromeliaceae e fitólitos de dicotiledôneas lenhosas, no entanto é possível a observação de proporções significativas (~20 %) de morfotipos característicos de Podostemaceae.

Deste modo é possível relacionar estas ocorrências com depósitos de dique marginal (Figura 11), pois como estas áreas são inundadas durante curtos períodos durante o ano, pode ocorrer o estabelecimento vegetal e deposição de morfotipos característicos de vegetação terrestre, no entanto devido a ocorrência dos pulsos de inundação é possível observar um misto com outros elementos, fato que justifica a presença de fitólitos referentes a plantas aquáticas (SUGUIU & BIGARELLA, 1990).

A baixa concentração e fragmentação das frústulas de diatomáceas aliada a uma menor deposição de espículas de esponja, das quais as espécies identificadas são observadas em intervalos restritos e com ocorrência raríssima de *Corvoheteromeyenia* spp., *Tubella* spp., *Oncosclera schubarti* e *Oncosclera navicella*, sugerem que tais estruturas tenham origem alóctone e tenham se depositado, devido aos pulsos de inundação.

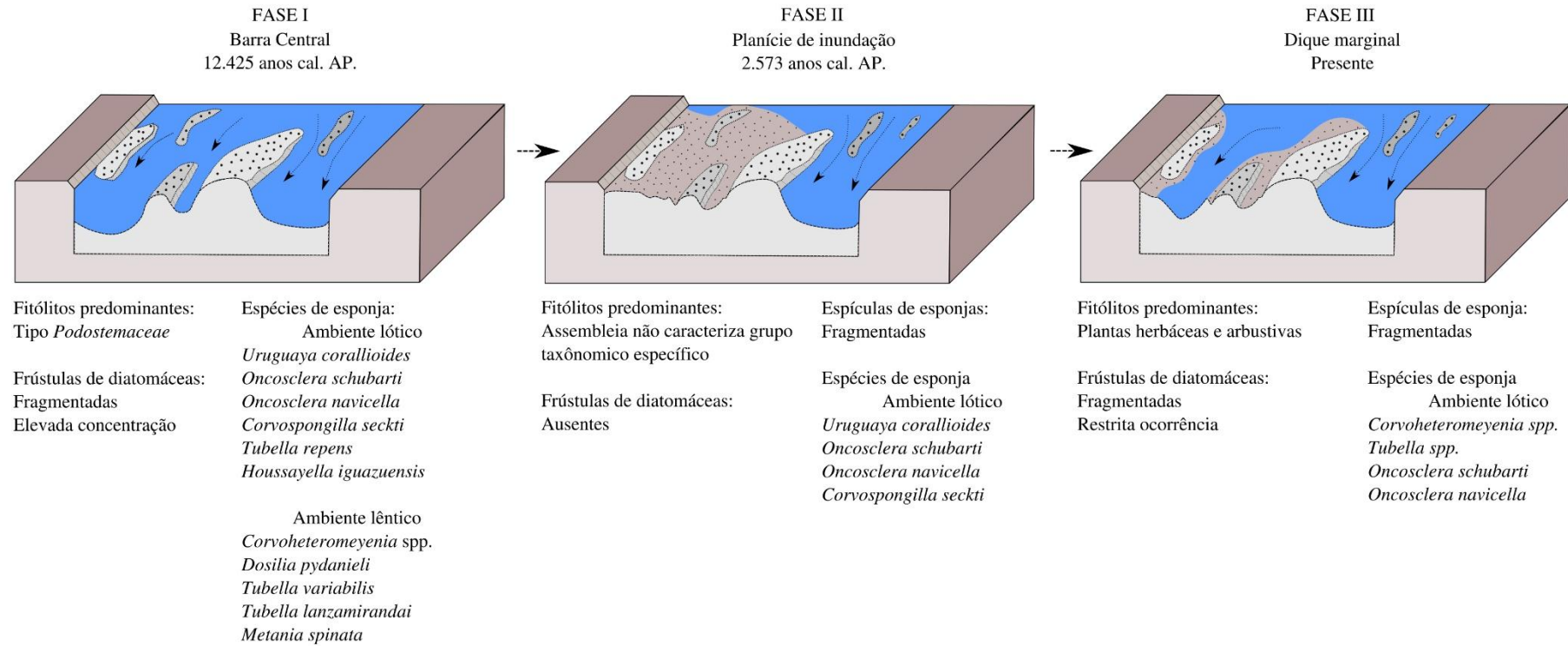


Figura 11. Fases de formação da paleoilha formada por recorte da planície. Proposta de evolução da área com base no testemunho IG6, ilha Grande, alto rio Paraná. Modificado de Leli (2015).

#### 4.6 CORRELAÇÕES ENTRE OS TESTEMUNHOS

A paleoespongofauna registrada para os testemunhos das ilhas Bandeirantes e Grande durante o Pleistoceno Tardio, indicam uma riqueza de 17 espécies de esponjas de água doce, pertencentes as famílias Spongillidae, Metaniidae e Potamolepidae. Atualmente para o Brasil são registradas 60 espécies de esponjas. Neste aspecto foram observadas e contabilizadas para os dois testemunhos ~25% da fauna conhecida para este grupo, fato que reforça a importância ecológica do rio Paraná e de estudos biogeográficos deste grupo.

Tais assembleias eram compostas por espécies características de ambientes lênticos e lóticos, e tal composição sugere que durante este período (IB2 - 14.620 anos cal. AP e IG6 - 12.425 anos cal. AP.) nas áreas analisadas eram diretamente influenciadas por fluxo hídrico, possibilitando a deposição de uma ampla variedade de espículas de ambientes diferenciados. A ampla diversidade de espécies é decorrente da grande área de drenagem da bacia do rio Paraná, que drena diversos tipos de ambientes. Os fitólitos depositados durante tal período são principalmente indicativos de plantas da família Podostemaceae, ou seja, plantas aquáticas adaptadas a condições de fluxo hídrico intenso.

Ocorre uma mudança na composição da assembleia de espículas de esponjas na porção média do testemunho IB2, observando então a formação de uma espongo fácies composta pelas espécies *T. variabilis* e *R. amazonensis*. A preservação de inúmeras gemoscleras com elevado grau de preservação, é indicativa de que houve a formação de um corpo lacustre, isolado do canal, o qual favoreceu o desenvolvimento e deposição de espículas de tais espécies, em conjunto com a preservação de grande quantidade de frústulas de diatomáceas inteiras.

Este sistema lacustre foi instalado e se desenvolveu em período anterior à 1.220 anos cal. AP. Posteriormente este sistema lacustre sofreu paulatina colmatagem e deste modo houve transição para ambiente de várzea, composto principalmente por elementos herbáceos, presença restrita de diatomáceas e espículas de esponjas, as quais tem origem alóctone e pode ter sido transportadas pelas grandes cheias.

O testemunho IG6 demonstra que a área estudada na ilha Grande evoluiu de forma diferente do constatado para a ilha Bandeirantes. Posterior a fase de barra central, os morfotipos de fitólitos não são indicativos de grupo taxonômico específico, ou seja, não foi possível estabelecer se houve o estabelecimento vegetal na área, nota-se a deposição de espículas de esponjas de espécies características de ambientes lóticos. As características dos microfósseis



remetem a condições de remobilização sedimentar, podendo ser atribuído características de planície de inundação.

É possível que de 2.573 anos cal. AP. até o presente a planície possa ter sido recortada pelo rio e que neste período tenha se formado um dique marginal, tal consideração encontra evidência no tipo de fitólito depositado (plantas herbáceas e arbustivas), o restrito número de espículas de esponjas e diatomáceas encontradas, bem como as fácies sedimentares do depósito em questão.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variações das assembleias de espículas de esponjas possibilitaram caracterizar diferentes tipos de ambientes durante as fases de deposição dos sedimentos, bem como o processo de formação destas ilhas fluviais.

Sedimentos arenosos com predomínio de fitólitos tipo Podostemaceae e espículas de esponjas de diversas espécies são evidências de que o setor analisado da ilha Bandeirantes iniciou-se com a deposição do tipo barra central há 14.620 anos cal. AP. Espongofácies marcaram o desenvolvimento de uma lagoa no interior da ilha Bandeirantes até 1.220 anos cal. AP. Essa lagoa foi posteriormente colmatada dando origem a atual área de várzea. Essas características detalham e explicitam as considerações feitas por Leli (2015) de que a ilha Bandeirantes, ao menos no trecho estudado, teve, em algum momento de sua evolução, as características de ilha lago.

A deposição de espículas de esponjas e fitólitos de Podostemaceae são indicativas de que a área analisada na ilha Grande evoluiu de uma barra central (12.425 anos cal. AP.) para uma planície de inundação até 2.573 anos cal. AP. As características dos sedimentos e da assembleia de fitólitos após esse período é de deposição de dique marginal com estabelecimento de vegetação. Essas características podem ser atribuídas a formação de uma paleoilha por recorte da planície.

A análise dos indicadores *proxy* forneceram resultados satisfatórios para o entendimento e detalhamento dos eventos paleoambientais registrados desde o Pleistoceno Tardio para as áreas estudadas, ilhas Bandeirantes e Grande. A quantificação/qualificação das espículas de esponjas e fitólitos, aliados a quantificação das frústulas de diatomáceas possibilitaram integrar e interpretar as fases de evolução dos ambientes aquáticos, transicionais

e terrestres, fato que comprova a eficiência destes microfósseis em estudos de caráter paleoambiental.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, A. C. S.; Volkmer-Ribeiro, C.; Varajão, A. F. D. C.; Gomes, N. S. & Varajão, C. A. C. 2009. Espículas de Esponjas Continentais nos Sedimentos Cenozóicos do Noroeste de Minas Gerais, como indicadores Paleoambientais. *Revista Brasileira de Paleotologia*, **12**:2:123-138, doi:10.4072/rbp.2009.2.03
- ANA, Agência Nacional de Águas. 2011. *Boletim de Monitoramento da Bacia do Alto Paraguai*. **6**:10, 22p.
- Batista, T. C. A. & Volkmer-Ribeiro, C. 2002. Comunidades de esponjas do curso superior dos rios Paraná (Goiás) e Paraguai (Mato Grosso), Brasil, com redescritção de *Oncosclera schubarti* (Bonetto & Ezcurra de Drago). *Revista Brasileira de Zoologia*, **19**:1:123-136.
- Batista, T. C. A. 2007. Esponjas (Porífera, Demospongiae) indicadoras ambientais na Apa Meandros do Rio Araguaia, Brasil. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos Tese de Doutorado, 177f.
- Batista, T. C. A.; Volkmer-Ribeiro, C. & Melão, M. G. G. 2007. Espongofauna da Área de Proteção Ambiental Meandros do rio Araguaia (GO, MT, TO), Brasil, com descrição de *Heteromeyenia cristalina* sp. nov. (Porífera, Desmonpongiae). *Revista Brasileira de Zoologia*, **24**:3:608-630.
- Bonetto, A. A. & Ezcurra de Drago, I. D. 1966. Nuevos aportes al conocimiento de las esponjas argentinas. *Physis*, **26**:71:129-140.
- Bonetto, A. A. & Ezcurra de Drago, I. D. 1967. Una nueva especie de esponja de la laguna de Setúbal (Porifera, Spongillidae). *Physis*, **27**:159-165.
- Bonetto, A. A. & Ezcurra de Drago, I. D. 1969. Notas sistematicas sobre el genero *Uruguayia* Carter (Porifera, Spongillidae). *Physis*, **28**:77:351-357.
- Bonetto, A. A. & Ezcurra de Drago, I. D. 1973. Las esponjas del genero *Trochospongilla* Vejdovsky en aguas argentinas. *Physis*, **32**:84:13-18
- Bove, C. P. 2015. Podostemaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB194>>. Acesso em: 29 Dez. 2015
- Bowerbank, J. S. 1863. A monograph of the Spongillidae. *Proceedings of the Zoological Society of London*, **XXXVIII**:440-472.
- BRASIL. 2008. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio). *Plano de manejo para o Parque Nacional de Ilha Grande*. Curitiba, 183p.
- Bremond, L. 2003. Calibration des Fonctions de Transfert entre Assemblages Phytolithiques, Structure des Vegetations et Variables Bioclimatiques Actuelles, pour L'integration de la Ynamique des Biomes Herbaces Dans les Modeles de Vegetation. Docteur de l'Universite de Droit, d'Économie et des Sciences D'Aix-Marseille, Universite de Droit, D'Économie et des Sciences D'Aix-Marseille, Année, Thèse, 197 p.
- Bremond, L.; Alexandre, A.; Peyron, O. & Guiot, J. 2005. Grass water stress estimated from phytoliths in West Africa. *Journal of Biogeography*, **32**:311-327.
- CALIB 6.0. 2014. Stuiver, M.; Reimer, P. J.; Reimer, R. *Radiocarbon Calibration*. Disponível em <<http://calib.qub.ac.uk/calib/calib.html>> Acesso em 15 de julho de 2014.
- Camargo, A. F. M.; Pezzto, M. M. & Henry-Silva, G. G. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S. M & Bini, L. M. (eds.). *Ecologia e Manejo de macrófitas aquáticas*. EDUEM: Maringá, p. 59-80.

- Campos, J. B. & Souza, M. C. 1997. Vegetação. In: Vazzoler, A. E. A. M.; Agostinho, A. A.; Hahn, N. S. (eds.). *A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná - Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá, EDUEM, p. 331-342.
- Cândido, J. L.; Volkmer-Ribeiro, C. & Fürstenau-Oliveira, K. 2010. *Dosilia* (Porifera, Demospongiae) redefined. *Iheringia, Série Zoologia*, **100**:4:425-448
- Carter, H. J. 1881. History and classification of the known species of Spongilla. *Annals and Magazine of Natural History*, **7**:5:77-107.
- De Rosa-Barbosa, R. 1984. Reavaliação da fauna espongológica continental do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, frente a novas coletas, *Iheringia, Série Zoologia*, **64**:127-148.
- Drago, E. C. 1973. Caracterización de la llanura aluvial del Parana Medio y de sus cuerpos de agua. *Boletín Paranaense De Geociências*, 31:31-44.
- Drago, E. C. 1976. Origen y clasificación de ambientes leníticos en llanuras aluviales. *Revista Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, 7:123-137.
- Erra, G. 2010. Asignación sistemática y Paleocomunidades inferidas a partir del estudio Fitolítico de Sedimentos Cuaternarios de Entre Ríos, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, **45**:3-4:309-319.
- Ezcurra de Drago, I. 1979. Un nuevo genero sudamericano de esponjas: *Corvoheteromeyenia* gen. nov. (Porifera:Spongillidae). *Neotropica*, **25**:109-118.
- Ezcurra De Drago, I. 1993. Distribución geográfica de las esponjas argentinas (Porifera: Spongillidae, Potamolepidae y Metaniidae). Relaciones zoogeográficas, vías de poblamiento. In: Boltovkoy, A. & López, Y. H. (eds.) *Conferencias de Limnología*, Buenos Aires Argentina, p. 115-125.
- Ezcurra De Drago, I. D. & Bonetto, A. A. 1969. Algunas características del bentos em los saltos del rio Uruguay, com especial referencia a la ecología de los poríferos. *Physis*, **28**:77:359-369.
- Fernandez, O. V. Q. O., Santos, M. L., Stevaux, J. C. 1993. Evolução e características faciológicas de ilhas no rio Paraná, região de Porto Rico, (PR). *Boletim de Geografia*, **11**:1:5-15.
- Ferreira, F. A.; Mormul, R. P.; Biolo, S. & Rodrigues, L. 2011. *Podostemum rutifolium* subsp. rutifolium como estruturador da comunidade de algas perifíticas em um rio neotropical. *Rodriguésia*, **62**:4:813-825.
- Fredlund, G. G. & Tieszen, L. T. 1994. Modern Phytolith Assemblages from the North American Great Plains. *Journal of Biogeography*, **21**:3:321-335.
- Gonçalves, A. C. 2014. Estratigrafia e o uso de palinórfos em um estudo da dinâmica sedimentar de formação da ilha mutum, alto rio Paraná, Brasil. Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Dissertação de Mestrado, 56f.
- Grimm, E. C. 1987. CONISS: A Fortran 77 Program for Stratigraphically Constrained Cluster Analysis by the Method of Incremental Sum of Squares. *Computers & Geosciences*, **13**:1:13-35.
- Guerreiro, R. L.; Stevaux, J. C.; Parolin, M.; Assine, M. L. 2013. Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments in ponds and alluvial sediments of Upper Paraná River, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **16**:39-46.
- Hoagland, K.D.; Roemer, S.C. & Rosowski, J.R. 1982. Colonization and community structure of two periphyton assemblages, with emphasis on the diatoms (Bacillariophyceae). *American Journal of Botany*, **69**:188-213.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*, 2ª ed., Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia estatística, 275p.

- IPCC. 2011. Intergovernmental Panel on Climate Change. Palaeoclimate proxy indicators. Disponível em: <<http://ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/068.htm>> Acesso em: 15 junho 2014.
- Junk, W. J.; Bayley, P. B. & Sparks, R. E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **106**:110-127.
- Kita, Y. & M. Kato. 2001. Intrafamilial phylogeny of the aquatic angiosperm Podostemaceae inferred from the nucleotide sequence of the matK gene. *Plant Biology*, **3**:156-163.
- Köppen, W. & Geiger, M. R. 1936. *Das geographische System der Klimate*. Berlin, 44p.
- Kramer, V. M. S. 1998. Mudanças Climáticas na região de Taquaruçu (MS) durante o Holoceno. Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Dissertação de Mestrado, 34f.
- Latrubesse, E. M. 2008. Patterns of anabranching channels: The ultimate end-member adjustment of mega rivers. *Geomorphology*, **101**:130–145.
- Latrubesse, E. M. 2015. Large rivers, megafans and other Quaternary avulsive fluvial systems: A potential “who's who” in the geological record. *Earth-Science Reviews*, **146**:1–30.
- Leandrini, J. A.; Cavalcanti, A. V. & Rodrigues, L. 2010. Diatomáceas. In: Parolin, M.; Volkmer-Ribeiro, C. & Leandrini, J. A. (orgs.) *Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná*. Campo Mourão, Editora da Fecilcam, p. 131-158.
- Leli, I. T. 2015. Gênese, Evolução e Geomorfologia das ilhas e Planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Tese de Doutorado, 123f.
- Machado, V. S.; Volkmer-Ribeiro, C. & Iannuzzi, R. 2012. Inventory of the Sponge Fauna of the cemitério Paleolake, Catalão, Goiás, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **84**:1:17-34.
- Madella, M. 2007. Phytoliths: a terrestrial botanical dataset for palaeoenvironmental reconstructions. *Geophysical Research*, **9**:060057.
- Madella, M.; Alexandre, A. & Ball, T. 2005. International code for phytolith nomenclature 1.0. *Annals of Botany*, **96**:2:253-260.
- Manconi, R. & Pronzato, R. 2002. Sub-order Spongillina subord. nov.: Freshwater sponges. In: Hooper, J.N.A.; Van Soestr, W. M. (eds.), *Systema Porifera: A guide to the Classification of Sponges*, New York, Kluwer Academic/Plenum Publ., p. 921-1019.
- Medeanik, S. & Stevaux, J.C. 2008. Palinomorfos e partículas de carvões nos sedimentos holocênicos na região do alto rio Paraná e sua aplicação nas reconstruções paleoambientais e paleoclimáticas. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, **30**:4:351-359. doi: 10.4025/actascibiolsci.v30i4.5864
- Miall, A. D. 1978. *Fluvial Sedimentology*. Geological Survey of Canada, Canada, Calgary, 859p.
- Miall, A. D. 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth-Science Reviews*, **22**:261-308.
- Mullholland, S. C. 1989. Phytolith shape frequencies in North Dakota grasses: a comparison to general patterns. *Journal of Archeological Science*, **16**:489-511.
- Murakami, E. A.; Bicudo, D. C. & Rodrigues, L. 2009. Periphytic algae of the Garças Lake, Upper Paraná River floodplain: comparing the years 1994 and 2004. *Brazilian Journal of Biology*, **69**:459-468.
- Nanson, G. C. 2013. Anabranching and Anastomosing rivers. In: Shroder, J. & Wohl, E (eds.). *Treatise on Geomorphology*, San Diego, Academic Press, **9**:330–345.
- Nanson, G. C.; Knighton, A. D. 1996. Anabranching rivers: Their cause, character and classification. *Earth Surface Processes and Landforms*, **21**:217-239.

- Nicacio, G., Severi, W. & Pinheiro, U. 2011. New species of *Radiospongilla* (Porifera: Spongillidae) from Brazilian inland waters. *Zootaxa*, **3132**:56-63.
- Nimer, E. 1972. Climatologia da Região Centro-Oeste do Brasil. Introdução à climatologia dinâmica. *Revista Brasileira de Geografia*, **34**:4:3-30.
- Orfeo, O. & Stevaux, J. C. 2002. Hydraulic and morphological characteristics of middle and upper reaches of the Parana River (Argentina and Brazil). *Geomorphology*, **44**:309-322.
- Parolin, M.; Volkmer-Ribeiro, C. & Stevaux, J. C. 2008. Use of Spongofacies as a proxy for river-lake paleohydrology in Quaternary deposits of central-western Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **11**:3:187-198.
- Parolin, M.; Volkmer-Ribeiro, C. & Stevaux, J. C. 2008. Use of Spongofacies as a proxy for River-Lake Paleohydrology in Quaternary Deposits of Central-Western Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **11**:3:187-198. doi: 10.4072/rbp.2008.3.05
- Parolin, M.; Volkmer-Ribeiro, C.; Stevaux, J. C. 2007. Sponge spicules in peaty sediments as paleoenvironmental indicators of the Holocene in the Upper Paraná river, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **10**:1:17-26.
- Parry, W. D. & Smithson, F. 1958. Silicification of Bulliform Cells in Grasses. *Nature*, **181**:1549-1550.
- Patterer, N. I. 2015. Análisis fitolíticos de la Formación San Salvador (Plioceno–Pleistoceno Inferior) en la Cuenca del Río Uruguay, Entre Ríos, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **72**:3:332-344.
- Philbrick, C. T.; Bove, C. P. & Stevens, H. I. 2010. Endemism in Neotropical Podostemaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **97**:425-456.
- PINHEIRO, U. S. 2007. Contribuições à taxonomia e biogeografia das Esponjas de águas continentais Brasileiras. Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 220f.
- Pinheiro, U. S., Hajdu, E. & Caballero, M. E. 2003. Três novos registros de esponjas (Porifera, Demospongiae): para águas continentais do Estado de São Paulo. *Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Zoologia*, **498**:1-14.
- Pinheiro, U., Docio, L., Nicacio, G.; Hajdu, E. 2013. A reassessment of neotropical species of *Corvospongilla* (Porifera: Spongillidae). *Journal of Natural History*, **47**:37-38:1-12 doi:10.1080/00222933.2013.798700
- Piperno, D. R. 1988. *A phytolith analysis: an archaeological and geological perspective*, London, Academic Press, 280 p.
- Piperno, D.R. 1991. The status of phytolith analysis in the American Tropics. *Journal of World Prehistory*, **5**:2:155-191.
- Piperno, D.R. 2006. *Phytoliths: a Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoecologists*. Oxford, AltaMira Press, 238 p.
- Ramírez, A. I. A. 2014. Reconstrução paleoambiental com base em sementes (semi-fósseis) na área de proteção ambiental das ilhas e várzeas do rio Paraná, Brasil. Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Tese de Doutorado, 66f.
- Ribeiro, F. C. P. 2007. Palinomorfos Aquáticos (Diatomáceas) em Sedimentos Lamosos de Intermaré da Praia de Itupanema, Município de Barcarena-Pará. Pós-graduação em Botânica Tropical, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Dissertação de Mestrado, 101f.
- Rovner, I. 1988. Macro and micro-ecological reconstruction using plant opal phytolith data from archaeological sediments. *Geoarchaeology*, **3**:2:155-163.
- Sangster G. & Parry, W.D. 1969. Some factors in relation to bulliform cell silicification in the grass leaf. *Annals of Botany*, **33**:2:315-323.

- Santos M. L.; Stevaux, J. C. 2000. Facies and architectural analysis of channel sandy macroforms in the upper Paraná river. *Quaternary International*, **72**:1:87- 94
- Santos, M. L. 2005. Unidades geomorfológicas e depósitos sedimentares associados no sistema fluvial do rio Paraná no seu curso Superior. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **6**:1:85-96.
- Santos, M. L.; Fernandez, O. V. Q. & Stevaux, J. C. 1992. Aspectos morfogênicos das barras de canal do rio Paraná, trecho de Porto Rico, PR. *Boletim de Geografia*, **10**:1:11-24.
- 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. & Hahn, N. S. (orgs.). *A planície de inundação do alto rio Paraná*, Maringá, EDUEM, p. 01-45.
- Souza-Filho, E. E. 1993. Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos sedimentares do rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR). Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 214f.
- Stevaux, J. C. 1993. O rio Paraná superior: Geomorfogênese, sedimentação e evolução quaternária. Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 242f.
- Stevaux, J. C. 1994a. Upper Paraná River (Brazil) Geomorphology and Paleoclimatology, *Quaternary International*, **21**:143-161.
- Stevaux, J. C. 1994b. Geomorfologia, Sedimentologia e Paleoclimatologia do Alto Curso do Rio Paraná (Porto Rico-PR). *Boletim Paranaense de Geociências*, **42**:97-112.
- Stevaux, J. C. 2000. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the Upper Parana River: Correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. *Quaternary International*, **72**:73-85.
- Stevaux, J. C.; Paes, R.; Franco, A. A.; Etchebehere, M. L.; Harumi, R. 2009. Morphodynamics in the confluence of large regulated rivers: the case of Paraná and Paranapanema Rivers. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, **16**:101-109.
- Suguio, K. & Bigarella, J. J. 1990. *Ambientes fluviais*. 2ª ed. Florianópolis, Editora da UFSC, 183p.
- Tavares, M. C. M., Volkmer-Ribeiro, C. & De Rosa-Barbosa, R. 2003. Primeiro registro de *Corvoheteromeyenia australis* (Bonetto & Ezcurra de Drago) para o Brasil com chave taxonômica para os poríferos do Parque Estadual Delta do Jacuí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **20**:2:169-182.
- Traxler, L. 1895. Spikule Von Süßwasserschwämmen Aus Brasilien. *Földani Közlöny*, **25**:62-65.
- Tur, N. M. 1997. Taxonomy of Podostemaceae in Argentina. *Aquatic Botany*, **57**:213-241.
- Twiss, P. C.; Suess, E. & Smith, R. M. 1969. Morphological classification of grass phytoliths. *Soil Science Society of America Proceedings*, **33**:109-115.
- Volkmer-Ribeiro, C. 1981. Porifera. In: Urlbert, S. H.; Odriguez, G. & Santos, N. D. (eds.). *Aquatic biota of tropical South America*. San Diego, San Diego State University, p.86-95
- Volkmer-Ribeiro C. & Pauls, S. M. 2000. Esponjas de água dulce (Porifera, Demospongiae) de Venezuela. *Acta Biologica Venezuelica*, **20**:1:1-28.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Batista, T. C. A. 2007. Levantamento de cauxi (Porifera, Demospongiae), provável agente etiológico de doença ocular em humanos, Araguatins, rio Araguaia, Estado do Tocantins, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **24**:1:133-143.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Costa, P. R. C. 1992. On *Metania spinata* (Carter, 1881) and *Metania kiliani* n. sp.: Porifera, Metaniidae Volkmer-Ribeiro, 1986. *Amazoniana*, **12**:1:7-16.
- Volkmer-Ribeiro, C. & De Rosa-Barbosa, R. 1985. Redescription of the Freshwater Sponges *Trochospongilla repens* (Hinde, 1888) and *Trochospongilla amazonica* (Weltner, 1895)

- with an account of the South American species of *Trochospongilla* (Porifera, Spongillidae). *Iheringia, Série Zoologia*, **65**:70:77-93.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Hatanaka, T. 1991. Nota científica: composição específica e substrato da espongofauna (Porifera) no lago da Usina Hidroelétrica- Tucuruí, Pará, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, **71**:177-178.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Machado, V. S. 2007. Freshwater sponges (Porifera, Demospongiae) indicators of some coastal habitats in South America: redescrptions and key to identification. *Iheringia, Série Zoologia*, **97**:2:157-167.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Machado, V. S. 2009. Freshwater sponges (Porifera, Demospongiae) in a benthic filter feeding community at the Guanacaste Dry Forest, Costa Rica. *Iheringia, Série Zoologia*, **99**:4:335-344.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Maciel, S. B. 1983. New Freshwater Sponges from Amazonian Waters. *Amazoniana*, **8**:2:255-264.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Parolin, M. 2010. As Esponjas. In: Parolin, M.; Volkmer-Ribeiro, C. & Leandrini, J. A. (orgs.) *Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná*. Campo Mourão, Editora da Fecilcam, p. 105-130.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Tavares, M. C. M. 1990. Nota Científica: Esponjas de água doce do complexo lagunar Mundaú-Manguaba e dos seus rios formadores; Alagoa, Brasil, *Iheringia, Série Zoologia*, **70**:171-172.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Turcq, B. 1996. SEM analysis of siliceous spicules of a freshwater sponge indicate paleoenvironmental changes. *Acta Microscópica*, **5**:186-187.
- Volkmer-Ribeiro, C. 1970. *Oncosclera* – a new genus of freshwater sponges (Porifera-Spongillidae) with redescription of two species. *Amazoniana*, **2**:4:435-442.
- Volkmer-Ribeiro, C. 1985. Esponjas de Água doce. *Manuais Técnicos para a Preparação de Coleções Zoológicas*, **3**:1-6.
- Volkmer-Ribeiro, C. 1986. Evolutionary study of genus *Metania* Gray, 1867: III. Metaniidae, New Family. *Amazoniana*, **9**:4:493-509.
- Volkmer-Ribeiro, C. 1992. The Freshwater Sponges In Some Peat-Bog Ponds In Brazil. *Amazoniana*, **12**:2:317-335.
- Volkmer-Ribeiro, C. 1999. Porifera. In: Ismael, D.; Valenti, W. C.; Matsumura-Tundisi, T. & Rocha, O. (eds.). *Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX. Invertebrados de água doce*, São Paulo, FAPESP, 4:1-9.
- Volkmer-Ribeiro, C., Correia, M. F., Brenha, S. L. A. & Mendonça, M. A. 1999. Freshwater sponges from a Neotropical sand dune area. *Memoirs of The Queensland Museum*, **44**:643-649.
- Volkmer-Ribeiro, C.; Grosser, K. M.; Rosa-Barbosa, R. & Pauls, S. M. 1975. Primeiro relato da ocorrência de Espongilideos (Porifera) na bacia do Guaíba, Estado do Rio Grande do Sul. *Iheringia, Série Zoologia*. 46:33-49.
- Volkmer-Ribeiro, C.; Motta, J. F. M. & Callegaro, V. L. M. 1998. Taxonomy and Distribution of Brazilian Spongillites. In: Wanabe, Y. & Fusetani, N. (eds). *Sponge Sciences*, Tokyo, Springer-Verlag, p. 271-278.
- Walker, R. G. 2006. Facies Models Revisited. In: Posamentier, H. W.; Walker, R. G. (eds.). *Facies Models Revisited*. United States of America, Society for Sedimentary Geology, 527p.
- Zwiejkovski, I. P.; Stevaux, J.C.; Leli, I.T.; Parolin, M.; Campos, J. B. 2015. Sponges in fluvial deposits used as proxy for island environment reconstruction and forest formation in the Upper Paraná River, Brazil. *Journal of Paleolimnology*. In press.