

SIDNEY KUERTEN

EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA E MUDANÇAS  
AMBIENTAIS NO MEGALEQUE DO NABILEQUE,  
QUATERNÁRIO DO PANTANAL MATO-GROSSENSE

Rio Claro - SP  
2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
*Campus de Rio Claro*

SIDNEY KUERTEN

EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA E MUDANÇAS  
AMBIENTAIS NO MEGALEQUE DO NABILEQUE,  
QUATERNÁRIO DO PANTANAL MATO-GROSSENSE

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Mario Luis Assine  
Co-orientadora: Edna Maria Facincani

Rio Claro - SP  
2010

551.4a Kuerten, Sidney  
K96e       Evolução geomorfológica e mudanças ambientais no megaleque do  
Nabileque, Quaternário do Pantanal Mato-Grossense / Sidney Kuerten. -  
Rio Claro : [s.n.], 2010  
96 f. : il., figs., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de  
Geociências e Ciências Exatas

Orientador: Mario Luis Assine

Co-Orientador: Edna Maria Facincani

1. Geomorfologia 2. Micropaleontologia. 3. Pantanal. 4. Rio Paraguai.  
5. Megaleque fluvial. 6. Quaternário. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

SIDNEY KUERTEN

EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA E MUDANÇAS  
AMBIENTAIS NO MEGALEQUE DO NABILEQUE,  
QUATERNÁRIO DO PANTANAL MATO-GROSSENSE

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Mario Luis Assine

Profa. Dra. Sandra Baptista da Cunha

Prof. Dr. Mauro Parolin

Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho

Prof. Dr. Jose Cândido Stevaux

Rio Claro, SP  
02 de setembro de 2010

Àqueles que foram os responsáveis por esta realização, meus pais, Lídia S encovici K uerten e J oão K uerten, que por diversas vezes se sacrificaram em nome de meu sonho e que, antes disso, acreditaram nele e nunca me deixaram desistir. Obrigado por todo apoio, encorajamento, amor e ensinamentos que formaram os alicerces de minha história, um dia sonharam e hoje compartilham este importante momento comigo.

“Se enxerguei mais longe, foi porque me apoiei sobre os ombros de gigantes”.

Isaac Newton (1643 - 1727)

## **AGRADECIMENTOS**

“Em tudo quanto for fazer, lembre-se de colocar Deus em primeiro lugar. Ele guiará os seus passos e você andará pelo caminho do sucesso” (Provérbios 3:6). Por isso, agradeço primeiramente, a Deus, grande amigo, que desde o início desta etapa esteve sempre presente e me deu muita força, paciência, ânimo, consolo e luz para conclusão deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pela concessão de bolsas de doutorado (processo 143294/2009-1).

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por valioso fomento à pesquisa desenvolvida no Pantanal Mato-Grossense (processo 07/55987-3).

Ao Professor Mario Luis Assine, por sua orientação, ensinamentos, atenção, paciência e confiança depositada em minha pessoa ao longo do desenvolvimento desta tese; também pela amizade e oportunidades profissionais que me proporcionou durante estes anos de convívio.

A Professora Edna Maria Facincani (UFMS-CPAQ), por todo apoio, comprometimento, atenção e esforço imensurável despendido para a realização dos trabalhos de campo, além das valiosas discussões sobre a tese.

Ao Professor Mauro Parolin, por sua orientação, ensinamentos, atenção, envolvimento e preocupação no desenvolvimento desta tese; por contribuir para meu crescimento profissional e despertar o entusiasmo pela ciência pura; pela amizade que construímos ao longo destes anos de trabalho e pela confiança depositada em minha pessoa.

Aos professores Alessandro Batezelli e Mario Lincoln de Carlos Etchebehere pelas valiosas sugestões feitas no exame de qualificação.

A Aguinaldo Silva pela confiança depositada em mim para o desafio de realizar pesquisa no Pantanal; por ser incentivador e companheiro nos momentos difíceis, pela ajuda em campo e amizade que construímos desde o mestrado.

A Fabrício Aníbal Corradini por toda a amizade e companheirismo imensurável durante os trabalhos de campo e por todas as conversas e discussões que enriqueceram este trabalho.

A Frederico dos Santos Gradella pela amizade, discussões, trabalhos realizados ao longo destes anos de doutorado e por seu desmedido companheirismo e sua valiosa ajuda nos trabalhos de campo.

A Hiran Zani por seus valiosos ensinamentos sobre sensoriamento remoto, discussões sobre o Pantanal e amizade desenvolvida.

A todos os amigos do Laboratório de Estudos Paleoambientais da FECILCAM, Mauro, Renato, Rosemary, Helton, Viviane, Tais e Giseli, que envolvidos pelo espírito de equipe e companheirismo deram prestimoso apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos Thiago Matsushima, Eduardo J. Sartori e Maurício Hirata pelo grande suporte nos trabalhos de laboratório e de descrição sedimentológica, discussões sobre o Pantanal e pelo incondicional companheirismo.

Aos Professores José Cândido Stevaux e Manoel Luis dos Santos (UEM), pelo apoio e incentivo que contribuiu para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do IGCE da UNESP Campos de Rio Claro, que contribuíram para meu crescimento profissional, com destaque para os professores José Alexandre Perinotto, Antonio Roberto Saad, Paulo Tibana, Paulo Milton Barbosa Landim, Dimas Dias Brito, Reinaldo José Bertini, Paulina Setti Riedel.

A Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, pelos equipamentos, veículos e suporte dado ao desenvolvimento dos trabalhos de campo.

A Marinha (Sexto Distrito Naval – Ladário-MS) e Exército (18ª Brigada de Infantaria de Fronteira) pelo valioso apoio prestado ao longo do trabalho.

Aos técnicos dos laboratórios de geotecnia e laminação do IGCE/UNESP, Alan de Oliveira, Adilson José Rossini e Nelson Pereira Lopes Júnior, pelo auxílio nas análises laboratoriais.



A Rosangela Vacello secretária da Pós-Graduação (Geociências/Geologia) da UNESP Campus de Rio Claro, e a todos os colegas da pós-graduação, em especial Beatriz, César, Alessandra, Simone, Humberto, Eder, Harumi, Leonardo, Patrick, Magnólia, Juliano, Fabiano, Bruno, José Ricardo, Vanessa, Diego, Rodrigo, pelo apoio, ajuda, idéias e momentos de descontração.

Aos amigos da República Genaro, Alex e César, pelo aprendizado de vida que adquiri durante nossa convivência; pela paciência em dias difíceis e pela amizade que construímos.

A todos fazendeiros do Pantanal do Nabileque (Faz. Nossa Senhora Aparecida, Faz. Baia Jatobá, Faz. São João do Capim Dourado, Faz. Rebojo, Faz. Paraná, Faz. Água Limpa, Faz. Tupaci, entre outras) e o povo pantaneiro sul mato-grossense que nos recebeu em suas propriedades e permitiu que as sondagens fossem realizadas, que nos deram pouso, alimentos, momentos repletos de histórias pantaneiras. Obrigado especial ao Senhor Ramon e Dona Vera pela desmedida ajuda durante vários dias de trabalho de campo em novembro de 2008.

A Cristina Pasuch pelo amor, carinho, atenção, apoio e participação em todas as etapas deste trabalho; por toda sua compreensão, preocupação e dedicação com meu bem estar; por toda força e luz nos momentos difíceis; por compreender a minha ausência momentânea e ter sempre uma palavra amiga ou um gesto simples que me fez lembrar que vida deve ser vivida sem pressa para poder aproveitar cada momento.

A meus pais e irmãos Shirley, Sérgio, Sander por aceitar se privar de minha presença; por ser o alicerce de minha história de que me orgulho, pois é um privilégio de ter pessoas maravilhosamente singulares que sempre sonharam, acreditaram e apoiaram minhas escolhas. Obrigado especial a minha querida Mãe, pelas simples e sinceras palavras de amor, carinho e força em todos os momentos do desenvolvimento deste trabalho; por todas suas orações, por nunca ter medido esforços para garantir meus estudos e crescimento profissional. Obrigado especial também ao meu grande Pai (*in memoriam*), que contava a todos com enorme entusiasmo sobre seu filho doutorando, que sempre me incentivou e foi meu grande motivador nesta conquista.

## ÍNDICE

	Página
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA DA TESE</b> .....	05
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	13
<b>4. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO MEGALEQUE FLUVIAL DO NABILEQUE</b> .....	15
4.1. Métodos e materiais .....	16
4.2. Resultados .....	17
4.2.1. Planície aluvial degradada .....	18
4.2.2. Cinturão de meandros abandonado .....	22
4.2.3. Cinturão de meandros atual .....	23
4.3. Discussão dos resultados .....	24
4.4. Conclusões .....	29
<b>5. DEPÓSITOS SEDIMENTARES, DATAÇÕES E MUDANÇAS PALEOAMBIENTAIS E PALEO-HIDROLÓGICAS</b> .....	31
5.1. Métodos e materiais .....	32
5.2. Resultados.....	39
5.2.1. Sedimentologia .....	39
5.2.2. Cronologia dos depósitos.....	57
5.3. Discussão dos resultados.....	59
5.4. Conclusões .....	65
<b>6. MUDANÇAS AMBIENTAIS NO HOLOCENO: UMA ANÁLISE COM BASE EM ESPICULAS DE ESPONJAS</b> .....	67
6.1. Área amostrada .....	68
6.2. Métodos e materiais .....	70
6.3. Resultados .....	71
6.4. Discussão dos resultados.....	71
6.5. Conclusões .....	80
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	82
Referências.....	84

**TABELAS**

	Página
1	Localização dos pontos e depósitos datados pelo método LOE. .... 37
2	Idades LOE dos depósitos da planície aluvial degradada indiferenciada..... 57
3	Idades LOE dos depósitos da planície aluvial degradada com espiras de meandros.... 58
4	Idades LOE dos depósitos do cinturão de meandros abandonado ..... 58
5	Idades LOE dos depósitos do cinturão de meandros atual ..... 59

**FIGURAS**

	Página
1	Sistemas deposicionais da bacia de drenagem do Alto rio Paraguai com localização da área estudada ..... 2
2	Descarga fluvial média do rio Paraguai medida durante o intervalo de novembro de 1999 a outubro de 2000..... 3
3	Mapa geológico do Pantanal do Nabileque e áreas adjacentes, em território brasileiro ..... 6
4	Mapa geomorfológico do Pantanal do Nabileque e áreas adjacentes, em território brasileiro ..... 7
5	Carandazal próximo à margem esquerda do rio Paraguai ..... 10
6	Paratudal sem folhagem em imagem obtida no período de inundação..... 10
7	Comparação de MDEs da planície do rio Paraguai , gerados a partir de dados SRTM..... 17
8	Imagem de satélite do Pantanal do Nabileque ..... 19
9	MDE da área estudada..... 20
10	Mapa geomorfológico do Pantanal do Nabileque ..... 21
11	Novos e erosivos canais tributários superimpostos caracterizam a drenagem instalada na planície aluvial em degradação ..... 22
12	Feições geomorfológicas que caracterizam a cinturão de meandros aba Feições geomorfológicas que caracterizam a cinturão de meandros abandonados onde flui o rio Nabileque..... 22

13	Pantanal do Nabileque em período de cheia em mês anômalo .....	27
14	Estágios de mudança do curso do rio Paraguai .....	28
15	Condicionamento do curso do rio Paraguai por estruturas NE relacionadas ao Lineamento Transbrasiliano.....	29
16	Dificuldades encontradas durante a realização dos trabalhos de campo.....	33
17	Cenas da abertura de trincheiras na área estudada.....	34
18	Cenas do trabalho de campo durante realização de sondagem .....	35
19	Localização das sondagens realizadas .....	36
20	Perfil sedimentológico do Ponto NA-08 .....	41
21	Perfil sedimentológico do Ponto NA-09 .....	42
22	Perfil sedimentológico do Ponto NA-10 .....	43
23	Perfil sedimentológico do Ponto NA-12 .....	44
24	Perfil sedimentológico do Ponto NA-27 .....	45
25	Perfil sedimentológico do Ponto NA-14 .....	46
26	Perfil sedimentológico do Ponto NA-18 .....	47
27	Perfil sedimentológico do Ponto NA-11 .....	48
28	Perfil sedimentológico do Ponto NA-13 .....	49
29	Perfil sedimentológico do Ponto NA-15 .....	50
30	Perfil sedimentológico do Ponto NA-16 .....	51
31	Perfil sedimentológico do Ponto NA-17 .....	52
32	Perfil sedimentológico do Ponto NA-21 .....	53
33	Perfil sedimentológico do Ponto NA-22 .....	54
34	Perfil sedimentológico do Ponto NA-24 .....	55
35	Perfil sedimentológico do Ponto NA-28 .....	56
36	Mudanças paleo-hidrológicas e estágios evolutivos do megaleque do Nabileque.....	61
37	Localização do ponto NA-11.....	69
38	Diagrama do perfil sedimentológico analisado – Ponto NA-11.....	72
39	Prancha de táxons e outros indicadores identificados.....	73

40	Microfotografias de espongo fácies na profundidade de 292 a 300 cm .....	77
41	Microfotografias de espongo fácies na profundidade de 239 a 235 cm. ....	78
42	Estágios evolutivos do cinturão de meandros abandonado .....	80

## ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Antes do Presente
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
ANA	Agência Nacional de Águas
BAP	Bacia do Alto Paraguai
BP	Before Present
CBERS	China Brazil Resource Satellite
CCD	Charge-coupled device
DNOS	Departamento Nacional de Obras de Saneamento
ETM	Enhanced Thematic Mapper
FATEC	Faculdade de Tecnologia de São Paulo
FECILCAM	Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão
Ka	Medida geológica equivalente a um milênio
LEPAFE	Laboratório de Estudos Paleoambientais da FECILCAM
LOE	Luminescência Opticamente Estimulada
INPE	Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais
MDE	Modelo digital de elevação
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OSL	Optically Stimulated Luminescence
PCBAP	Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TM	Thematic Mapper
UEM	Universidade Estadual de Maringá
UFMS	Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

## **Evolução geomorfológica e mudanças ambientais no megaleque do Nabileque, Quaternário do Pantanal Mato-Grossense**

### **RESUMO**

O megaleque fluvial do Nabileque é um sistema deposicional que vem sendo construído pelo rio Paraguai na borda sudoeste do Pantanal Mato-Grossense desde tempos pleistocênicos. É um sistema aluvial peculiar, pois não está associado a rios oriundos de relevos altos situados nos planaltos adjacentes à planície. Trata-se de um megaleque fluvial construído pelo rio Paraguai, rio-tronco coletor das águas do todo sistema hidrográfico do Pantanal, na saída do rio para a planície do Chaco, onde coalesce com o megaleque do Pilcomayo. Com base em dados de sensores remotos e verificação de campo, foi realizada compartimentação e caracterização geomorfológica do megaleque, que ocupa área de aproximadamente 9100 km<sup>2</sup>. Descrição e datação dos depósitos dos compartimentos identificados permitiram elaborar modelo evolutivo para a área, cuja maior parte é ocupada por vasta planície aluvial pleistocênica (idades LOE entre 57,8 e 12,8 Ka AP), marcada pela presença de intrincada rede de paleocanais distributários de baixa sinuosidade a meandrantas. Feições fluviais erosivas e redes de canais tributários superimpostos evidenciam que as áreas de ocorrência dos depósitos pleistocênicos se encontram em degradação, embora sujeitas a frequentes inundações, responsáveis pela deposição de delgadas e irregulares coberturas de sedimentos mais recentes. Um aspecto notável é a existência de dois cinturões de meandros formados no Holoceno, em vales incisos na planície de depósitos pleistocênicos. O rio Paraguai corre hoje em um destes vales, que corta longitudinalmente o megaleque, ajustado a padrões de fratura NE associados ao lineamento Transbrasiliano, com deflexão para SSE ao se encontrar com o rio Negro (Bolívia), com o qual compõe a drenagem periférica do leque. No cinturão de meandros abandonado, que tem direção NS, corre o rio Nabileque, um rio com dimensões muito inferiores às paleogeofomas encontradas na sua planície, o que permite ser reconhecido como um rio subajustado (*underfit stream*). Processos de avulsão fluvial e de captura são indicados e discutidos para explicar a notável mudança de curso do rio Paraguai e a configuração do rio Nabileque como um rio subajustado. Datações LOE mostram idades holocênicas mais antigas no cinturão de meandros abandonado e idades mais jovens no cinturão de meandros atual. Mostram também que ambos os cinturões coexistiram pelo menos entre 6,9 e 3,9 ka AP, período durante o qual ocorreu bifurcação do canal e posterior abandono do leito antigo. Espículas de esponjas, obtidas de um dos testemunhos, foram utilizadas como indicadores *proxy* na interpretação de variações ambientais e hidrológicas durante o Holoceno, indicando que o cinturão de meandros abandonado experimentou mudanças de ambiente fluvial mais úmido para lêntico mais seco, o que permite concluir que a mudança de curso ocorreu entre 7,7 Ka e 3,5 Ka AP.

Palavras-chave: Pantanal, rio Paraguai, megaleque fluvial, vale inciso, rio subajustado, espículas de esponjas, Quaternário.

## Geomorphologic evolution and paleoenvironmental changes in the late Quaternary Nabileque fluvial megafan, Brazilian Pantanal wetland

### ABSTRACT

The Nabileque fluvial megafan is a depositional system that has been built by the Paraguay River at the southwestern border of the Pantanal wetland since Pleistocene times. With an area of approximately 9100 km<sup>2</sup>, it is a peculiar fan system because it is not associated with rivers flowing from adjacent plateaus. The Nabileque megafan has been forming by Paraguay River at the exit of the Pantanal wetland, in lateral coalescence with the Pilcomayo megafan of the Chaco basin. It is important to emphasize that, although the name is also used to name a small river within the wetland, the name Nabileque was adopted to designate the megafan because the whole area is known as the Pantanal of Nabileque. The establishment of its geomorphologic evolution was based on remote sensing data interpretation with field ground truthing, sediment vibrocore-sampling and optical luminescence dating (OSL). Most of the area is covered by alluvial deposits, which dating has revealed ages spanning from 57.8 to 12.8 ka BP, but probably older deposits are present that were not reached by vibrocore sampling. Distributary, low-sinuosity to meandering paleochannels are visible as ancient depositional geomorphs, but the Pleistocene alluvial surface is degradational and the alluvial deposits have been affected by pedogenesis and dissected by tributary small channels. Despite its degradational nature, the area is inundated during exceptional flooding events; this process is responsible for reworking and depositing of thin and irregular layers of Holocene sediments capping the oldest deposits. Two Holocene meander belts, confined in broad and shallow incised-valleys, are conspicuous features and record paleo-hydrologic changes. One of them is an abandoned N-S meander belt, in which runs the Nabileque River that has a channel much smaller than the paleochannels found in its plain, which allows it to be recognized as an underfit stream. These paleochannels have been formed by the Paraguay River before changing to its present meander belt that is constrained by NE fractures associated with the Transbrasiliano Lineament. Downstream, the Paraguay River deflects towards the SSE after the Negro confluence, composing with it the peripheral drainage system. Avulsion and fluvial capture processes are considered to explain the remarkable change of Paraguay River course and the establishment of the Nabileque as an under-fit river. Based on OSL dating, both belts coexisted by at least between 6.9 and 3.9 ka BP, during which channel bifurcation has occurred followed by avulsion and the abandonment of the oldest belt. Sponge spicules recovered from one of the cores were used as proxy bioindicators, allowing interpretation of paleoenvironmental changes during the Holocene, from more humid to drier conditions within the abandoned meander belt, between 7.7 ka and 3.5 ka BP, which was in attempt associated with the river course change.

*Keywords:* Pantanal, Paraguai River, fluvial megafan, incised-valley, underfit river, sponge spicules, Quaternary.

## 1. INTRODUÇÃO

Localizado nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, mas estendendo-se também por terras da Bolívia e do Paraguai, o Pantanal é uma imensa planície com aproximadamente 138.000 km<sup>2</sup>. Alojada na Depressão do Alto Rio Paraguai ([Figura 1](#)), cujas altitudes não ultrapassam os 200 m acima do nível do mar, o Pantanal é uma planície predominantemente aluvial, com inúmeros lagos de variadas dimensões.

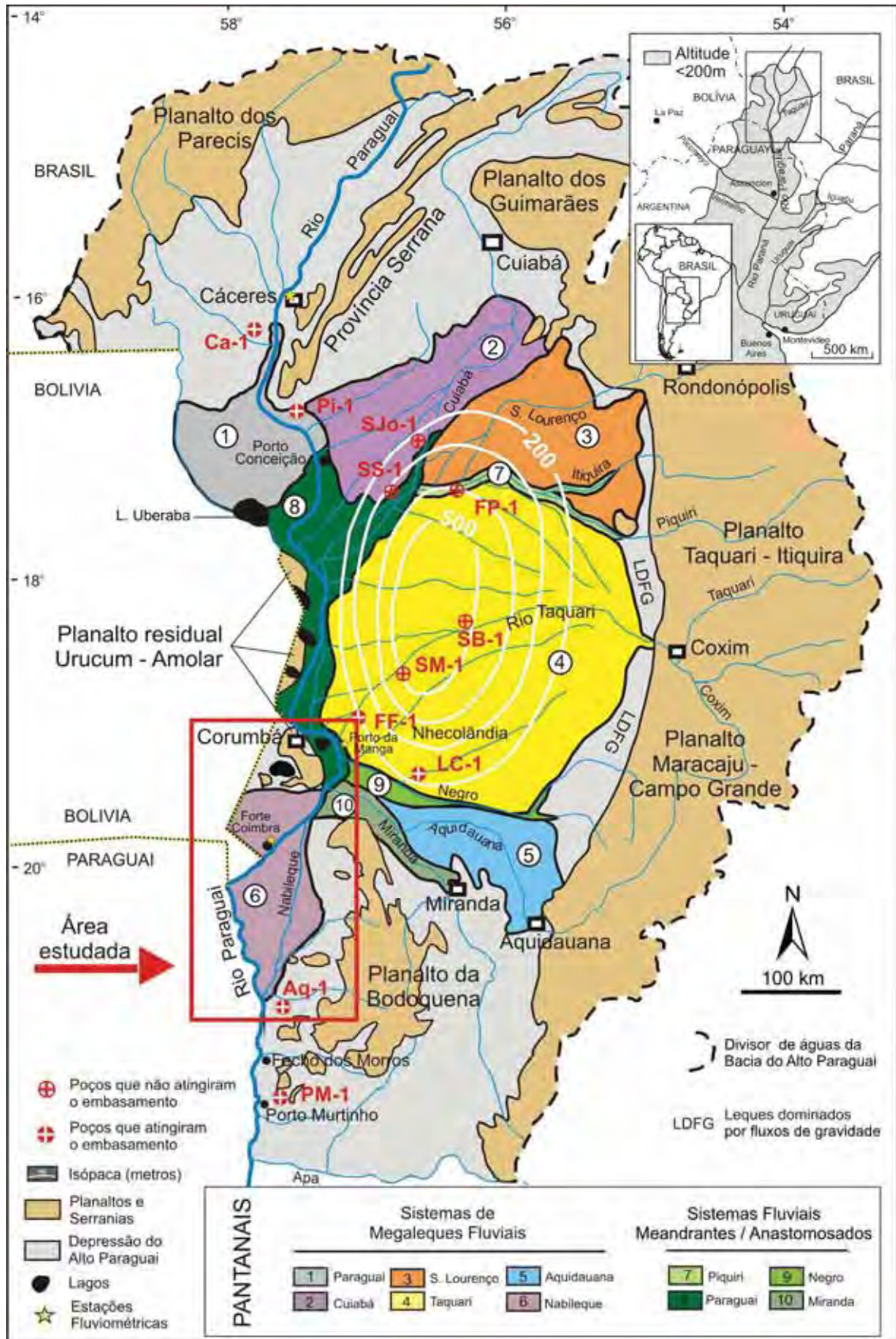
A existência da planície aluvial é decorrência do fato de que o Pantanal é uma bacia sedimentar tectonicamente ativa, cuja origem tem sido relacionada a esforços e sobrecarga derivados da orogenia andina ([Almeida 1959](#), [Horton & DeCelles 1997](#), [Ussami et al. 1999](#), [Assine & Soares 2004](#)). A depressão formou-se pela subsidência da área, que gerou espaço de acomodação suficiente para originar uma grande bacia sedimentar, onde estão sendo depositados sedimentos provenientes dos planaltos circunvizinhos.

O preenchimento sedimentar da Bacia do Pantanal é realizado num trato de sistemas deposicionais complexo, composto por vários leques fluviais, com diferentes dimensões, cujas águas deságuam em planícies fluviais, às quais estão associados sistemas lacustres ([Assine 2003](#)). Muitas feições morfológicas são formas reliquias ([Tricart 1982](#), [Ab'Saber 1988](#), [Soares et al. 2003](#), [Assine & Soares 2004](#)), que testemunham uma evolução paleogeográfica condicionada por mudanças climáticas e variações do nível de base, que vêm ocorrendo na área desde o Neo-Pleistoceno.

Fluindo de norte para sul, o rio Paraguai atravessa toda a planície e coleta as águas de todos os rios dos planaltos circunvizinhos que para ela fluem. Esta configuração delinea uma bacia hidrográfica com padrão de drenagem centrípeto. Entretanto, o sistema de drenagem não é endorreico, uma vez que o rio Paraguai, após coletar as águas de toda a bacia e passar por entre terrenos dos planaltos da Bodoquena e do Urucum transfere as águas do Pantanal para a planície do Chaco.

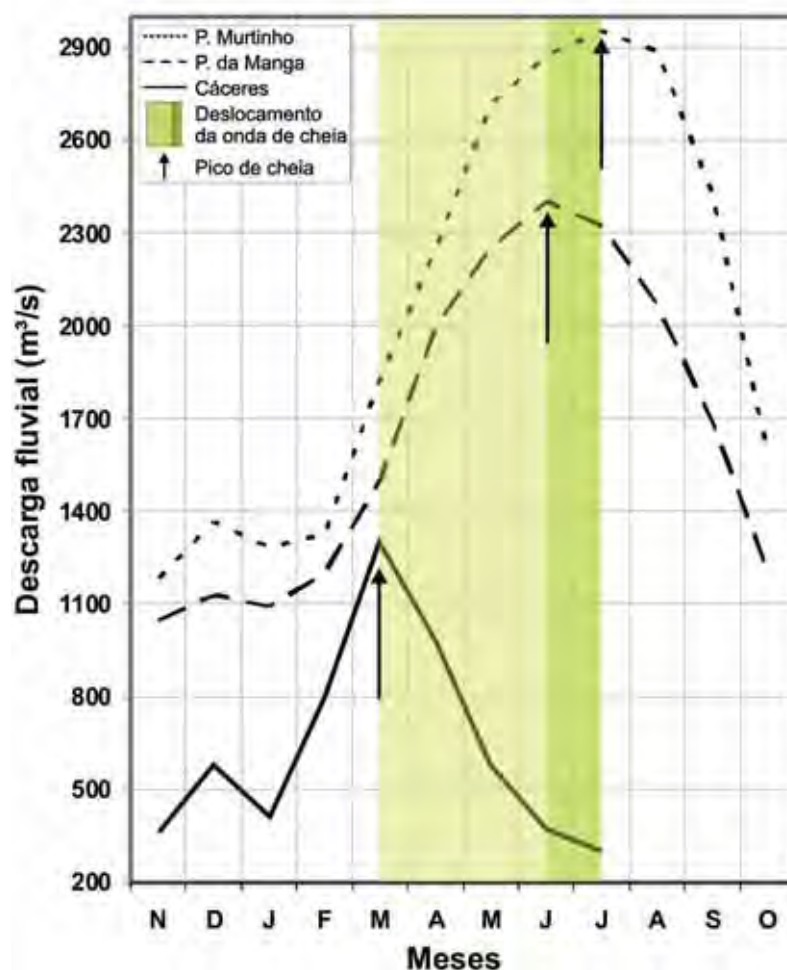
O Pantanal é uma das maiores áreas úmidas contínuas do planeta ([Junk et al. 2006](#)), condição favorecida pela sazonalidade das chuvas, pela topografia bastante plana e pela peculiar dinâmica das inundações fluviais. Apesar de a denominação Pantanal ser derivada da palavra pântano, a área não é um enorme pântano. Trata-se de uma extensa planície heterogênea, com áreas permanentemente inundadas (*wetland*) e outras que experimentam inundações periódicas.





**Figura 1** – Sistemas deposicionais da bacia hidrográfica do Alto rio Paraguai, com localização da área estudada (modif. de Assine & Silva 2009).

Característica peculiar dos ciclos sazonais de inundação é o fato de que diferentes áreas apresentam picos de inundação defasados, resultantes da ocorrência de precipitações em diferentes áreas, do baixo gradiente de declividade do canal e da porosidade de áreas adjacentes ao canal. O pico da onda de cheia leva cerca de quatro meses para atravessar o Pantanal, o que fica evidente quando se comparam os registros das estações fluviométricas de Cáceres e de Porto Murtinho (Figura 2). Ambas as estações estão situadas no rio Paraguai, a primeira na entrada e a segunda na saída do Pantanal, esta última a sul da área estudada.



**Figura 2** – Descarga fluviométrica média do rio Paraguai medida durante o intervalo de novembro de 1999 a outubro de 2000 (localização das estações fluviométricas na Figura 1).

A existência de áreas com diferentes períodos de inundação deu origem à subdivisão em diferentes pantanais (Brasil & Alvarenga 1989). Entretanto, como constatado por Assine (2003), as características dos diferentes pantanais não são apenas função do pico de inundação, mas também consequência de representarem

áreas de sedimentação distintas, ou seja, diferentes sistemas deposicionais. Assim, os sistemas deposicionais mostrados na figura 1 coincidem aproximadamente com a subdivisão em pantanais, dos quais os nomes dos sistemas foram adotados.

Numa paisagem mutante como a do Pantanal, diferentes processos, continuamente tem modificado sua superfície. Nas últimas décadas, a ação antrópica tem catalisado muitas das transformações. Trabalhos recentes têm abordado e discutido as formas, os processos e os sistemas deposicionais do Pantanal, utilizando geotecnologias, com destaque para os trabalhos de [Assine \(2003\)](#), [Soares et al. \(2003\)](#), [Assine & Soares \(2004\)](#), [Assine \(2005\)](#), [Silva \(2006\)](#), [Silva et al. \(2007\)](#), [Zani et al. \(2006, 2010\)](#), [Facincani et al. \(2006\)](#), [Assine & Silva \(2009\)](#), [Corradini et al. \(2010\)](#) e [Kuerten et al \(2010\)](#).

Quando se analisa a literatura sobre o meio físico da região, verifica-se que o Pantanal do Nabileque é um dos menos conhecidos, embora seja de suma importância para o entendimento da evolução quaternária do Pantanal como sistema natural. Por sua localização e por sua história geológica, marcada por menor subsidência, que faz da área o nível de base regional na saída da Bacia do Pantanal, o Nabileque condiciona a evolução de todos os outros sistemas deposicionais do Pantanal ([Assine 2003](#)). As espessuras sedimentares são menores no Nabileque, fato comprovado por dados de subsuperfície ([Figura 2](#)).

Além disso, o Pantanal do Nabileque é caracterizado pela presença de um megaleque fluvial que, por estar situado na entrada da planície do Chaco, encontra-se em contexto geológico diferente dos outros ambientes de sedimentação existentes no Pantanal.

O Pantanal do Nabileque, ocupa cerca de 13 mil km<sup>2</sup>, totalizando 9,6 % da superfície do Pantanal ([Silva & Abdon 1998](#)). A percepção de que o Nabileque é um sistema deposicional peculiar, situado geologicamente na conexão das bacias sedimentares do Pantanal e do Chaco, motivou o desenvolvimento desta tese, que tem como tema sua evolução geomorfológica, do Pleistoceno ao Holoceno.

Espera-se que os resultados alcançados contribuam significativamente para o conhecimento do meio físico do Pantanal do Nabileque e compreensão de sua história evolutiva, integrada no contexto da evolução do Pantanal como um todo. Espera-se também que os resultados forneçam subsídios importantes para o planejamento, conservação, uso e ocupação racional da área, a fim de que se promova desenvolvimento equilibrado e sustentável da região.



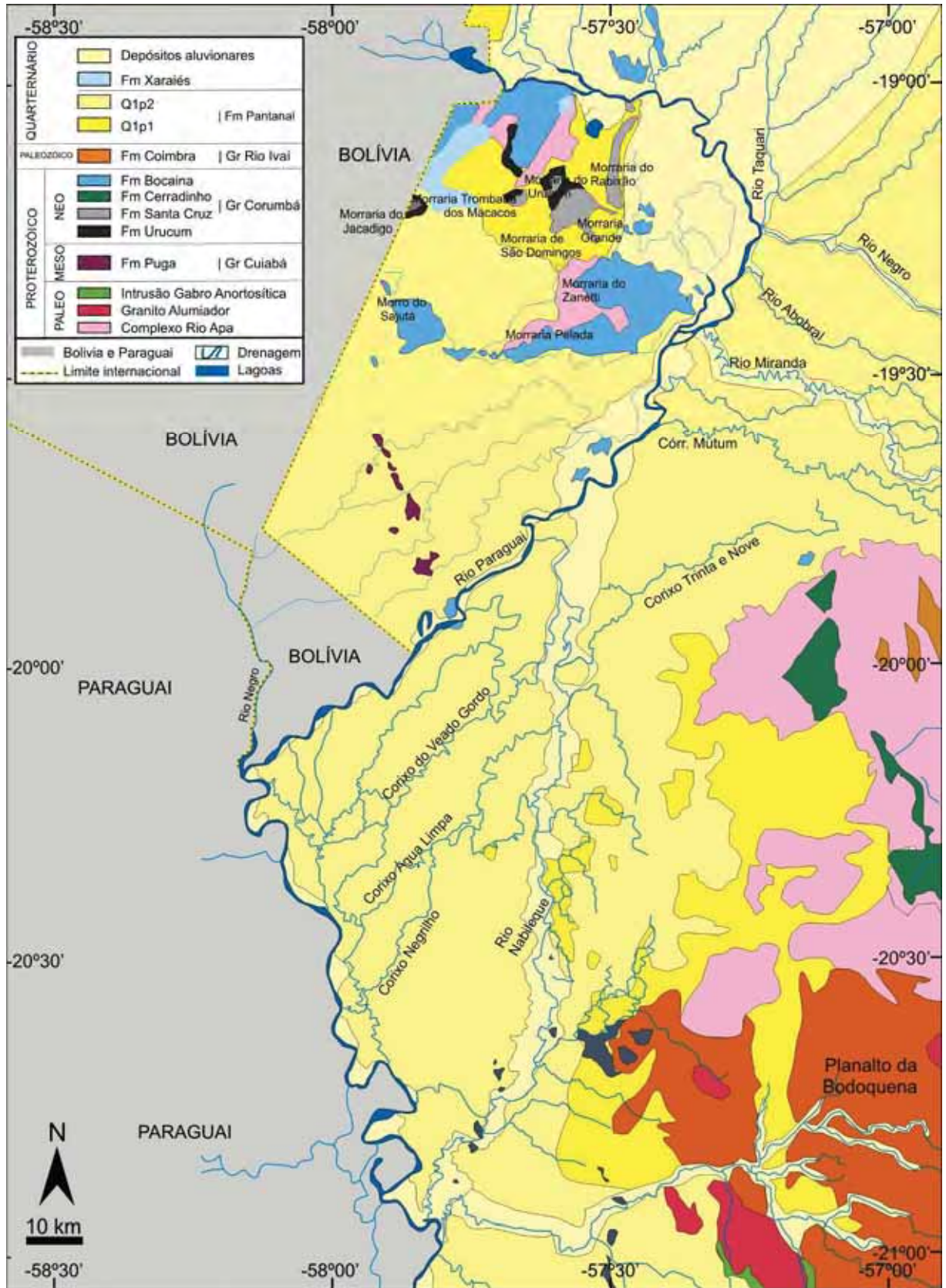
## 2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA DA TESE

O Pantanal do Nabileque está localizado na região Centro-Oeste do Brasil, borda sul do Pantanal Mato-Grossense, entre as coordenadas 19° 00' e 21° 00' de latitude S e 57° 20' e 58° 15' de longitude oeste, na divisa com o sudeste da Bolívia e nordeste do Paraguai.

Segundo [Lacerda Filho et al. \(2004\)](#), a área estudada e seu entorno apresenta geologia bastante diversificada ([Figura 3](#)), constituída pelas seqüências: 1) paleoproterozóica – representada pelo Grupo Alto Tererê (unidade metassedimentar) e Granito Alumiador (monzogranitos e pegmatitos), reunidos no Maciço Rio Apa, 2) neoproterozóica - representada pelo Grupo Cuiabá (Formação Puga) e Grupo Corumbá (formações Urucum, Santa Cruz, Cerradinho e Bocaina), pertencentes à Faixa Paraguai, 3) paleozóica - representada pela Formação Coimbra, constituída por arenito grosso com estratificação plano-paralela e cruzada, cimento síltico-ferruginoso e níveis de conglomerado, pertencente ao Grupo Rio Ivaí (conforme [Assine et al., 1998](#)), 4) cenozóica – representada pela Formação Pantanal, que abrange a maior parte da área estudada, composta por depósitos aluvionares de areia quartzosa, cascalho, silte, argila e localmente turfa, semi-inconsolidados e parcialmente laterizados; pela Formação Xaraiés; por depósitos aluvionares recentes.

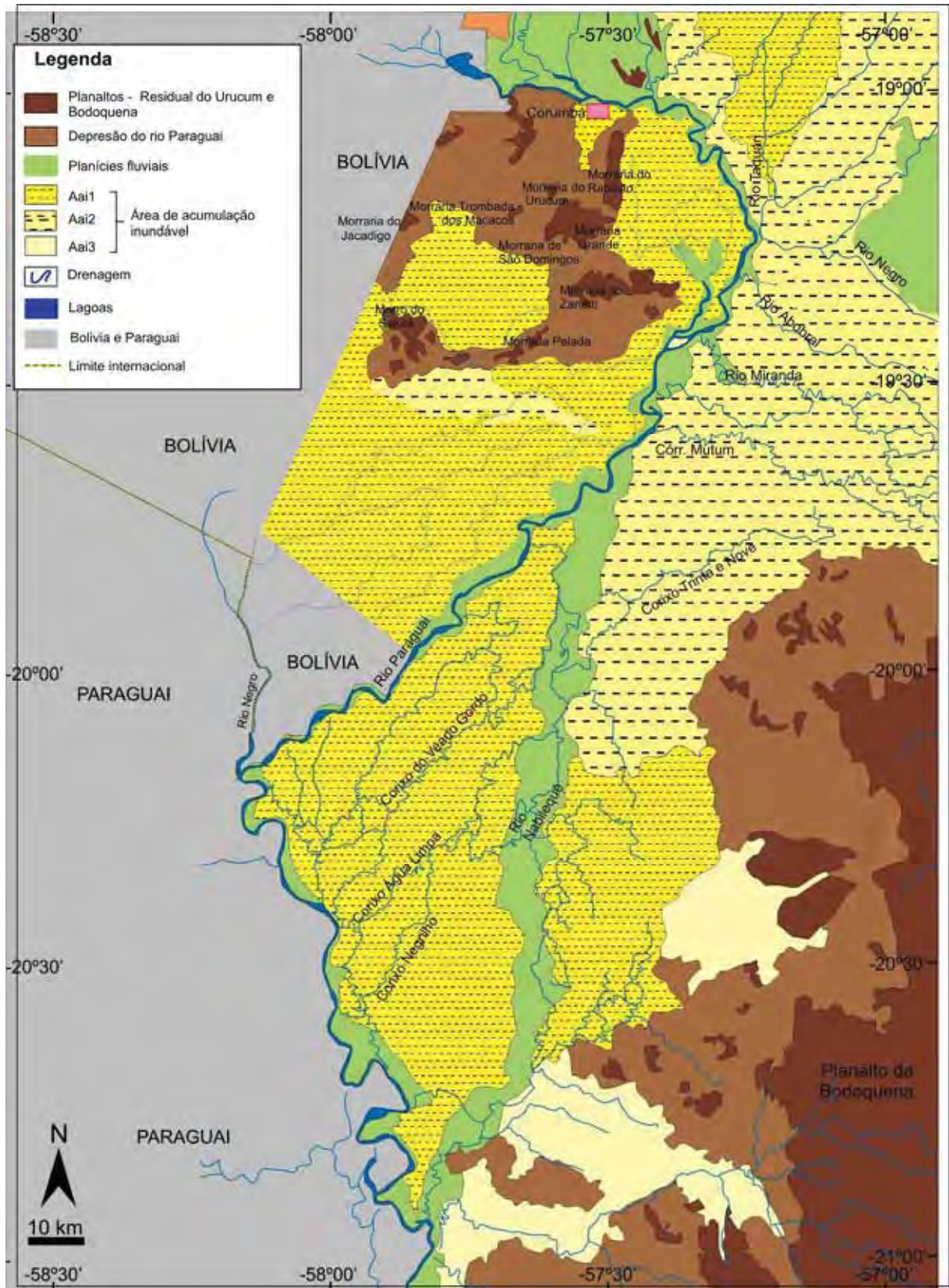
De acordo com [Franco & Pinheiro \(1982\)](#) e [Alvarenga et al. \(1982\)](#), três diferente compartimentos geomorfológicos foram identificados no Pantanal do Nabileque: os planaltos do Urucum e da Bodoquena, a depressão do Alto Rio Paraguai, as planícies e áreas de acumulação inundável sob diferentes níveis ([Figura 4](#)).

Os planaltos existentes na área estudada estão situados na porção norte e leste. Ao norte encontra-se o planalto residual do Urucum, constituído por cinco blocos montanhosos principais: o morro do Urucum e as morrarias de Santa Cruz, Rabixo, São Domingos e Tromba dos Macacos. Os planaltos apresentam cotas topográficas das mais altas do centro-oeste brasileiro, atingindo 1.160 m de altitude no morro Grande ([Moreira 1977](#)). Ao sul dos blocos principais do planalto do Urucum, estende-se a serra de Albuquerque, formada por morros isolados situados na margem direita do rio Paraguai.



**Figura 3** - Mapa geológico do Pantanal do Nabileque e áreas adjacentes, em território brasileiro (modificado de CPRM 2004).





**Figura 4** – Mapa geomorfológico do Pantanal do Nabileque e áreas adjacentes, em território brasileiro (modificado de Franco & Pinheiro 1982, Alvarenga et al. 1982).

O planalto do Urucum consiste num bloco maciço, com superfície tabular, limitado por escarpas bastante íngremes, paralelas à rede de falhas e fraturas predominantes (Moreira 1977, Franco & Pinheiro 1982). De acordo com Moreira (1977), os blocos montanhosos pertencentes ao planalto do Urucum são resquícios do retrabalhamento tectônico ocorrido na região, contemporâneo à orogenia andina.

Situado a leste, o Planalto da Bodoquena é uma unidade alongada, disposta na direção N-S, constituída por um conjunto de relevos serranos residuais, com altitudes que variam entre 300 e 700 m. A face ocidental do planalto, voltada para o Pantanal do Nabileque, exhibe morros isolados e escarpas abruptas, bastante dissecadas, com amplos anfiteatros de erosão e drenagens em vales profundos que chegam a constituir cânions (Alvarenga et al. 1982).

A depressão do Alto Rio Paraguai situa-se entre o sopé dos planaltos que circundam a bacia do Alto Paraguai e as planícies que constituem os pantanais mato-grossenses. Na área estudada, esta unidade geomorfológica contorna as bordas do planalto da Bodoquena, dos morros testemunhos e circundando planalto residual do Urucum. Constitui uma extensa faixa de terrenos drenados pelo rio Paraguai e afluentes que descem dos planaltos. Sua superfície apresenta baixa dissecação e encontra-se aplanada, pedimentada, suavemente ondulada e recoberta por sedimentos recentes, com altitudes que variam entre 100 e 300 m (Alvarenga et al. 1982).

As planícies fluviais e áreas de acumulação inundável compreendem as unidades de relevo topograficamente mais baixas de toda a bacia do Alto Paraguai. São áreas de deposição aluvial da Formação Pantanal, constituída por sedimentos argilo-arenosos e areno-conglomeráticos inconsolidados ou parcialmente consolidados, cobertos por unidades pedológicas hidromórficas minerais e não-minerais (Franco & Pinheiro 1982, Alvarenga et al. 1982). Sua superfície tem como principal característica uma topografia extremamente plana, com cotas inferiores a 100 m, gradiente de declividade que varia entre 0,3 a 0,5 m/km na direção EW e 0,03 a 0,15 m/km na direção NS (DNOS 1974).

A inundação sazonal que atinge a área   condicionada pela existência de suaves diferenças altimétricas existentes ao longo das calhas fluviais e planícies adjacentes. Com base na interpreta o de dados de sensores remotos, Franco & Pinheiro (1982) e Alvarenga et al. (1982) sugeriram uma classifica o segundo três

diferentes graus de inundação: Aai1) inundação fraca, Aai2) inundação média e Aai3) inundação forte (Figura 4).

O clima é do tipo tropical úmido (Aw segundo a classificação de Köppen), com duas estações bem definidas, uma chuvosa (verão) e outra seca (inverno), pluviosidade anual de 1.100 mm, evapotranspiração anual superior a 1.140 mm e temperaturas médias entre 18°C e 25°C (Alfonsi & Camargo, 1986, Zavatini, 1990). A ocorrência de variações bruscas de temperatura não é incomum, sendo registradas mínimas inferiores a 6°C (durante as frentes frias) e máximas superiores a 42°C (Nimer 1977, Godoi et al. 2001). O período úmido se estende de novembro a março, com pico de chuvas de dezembro a fevereiro. Todo o restante do ano caracteriza-se como estação seca, embora o pico de inundação ocorra em junho/julho (Figura 2). O período de junho a agosto é o de menor precipitação.

Três classes pedológicas respondem por 90% da cobertura da área: planossolos, vertissolos, gleissolos (classificações baseadas por Orioli et al. 1982, renomeadas de acordo com a classificação EMBRAPA 2006). As classes identificadas são caracterizadas por ocorrência pedológica mineral, típica de relevo plano, suavemente ondulado, marcado por alagamento freqüente ou periódico decorrente da baixa permeabilidade e percolação da água.

A área abriga um verdadeiro mosaico florístico, com transição entre várias províncias fitogeográficas. A leste, recebe influência do bioma do cerrado, típico do Brasil central. Transição com a floresta chaquenha seca, originária da Bolívia e Paraguai caracteriza a porção oeste e sudoeste (Adámoli 1982). A vegetação seca descontínua é interpenetrada por vários tipos de higrófitas, localizadas em áreas inundadas (Prance & Schaller 1982).

De acordo com Abdon & Silva (2006), na região do Nabileque ocorre o predomínio da vegetação de savana estépica (Chaco), constituída em sua maior parte (87%) por três fitofisionomias principais: savana estépica parque, savana gramíneo-lenhosa, formações pioneiras. Dentre as espécies de grande porte destacam-se: *Copernicia alba* (Carandazal, Figura 5) e *Tabebuia aurea* (Paratudal, Figura 6). A ocorrência de ambas as espécies pode ser explicada por duas características regionais: predomínio de solos hidromórficos com argila/silte e presença de calcário subsuperficial sob a forma de concreções carbonáticas (Velooso 1972, Boock et al. 1994, Abdon & Silva 2006). Alta densidade de espécies arbóreas



de médio e alto porte é encontrada em pequenas elevações alongadas, descontínuas, conhecidas localmente por “cordilheiras”.



**Figura 5** - Carandazal próximo à margem esquerda do rio Paraguai, jusante da Bahia Negra.



**Figura 6** – Paratudal sem folhagem com presença de macrófitas e gramíneas renovadas, em foto tirada no período de inundação. Foto: V. M. Ponce.

O rio Paraguai é o canal tronco de toda a bacia do Alto Paraguai - BAP. O rio possui suas nascentes no planalto dos Parecis (norte do Estado de Mato Grosso) em altitude aproximada de 400 m. O curso possui extensão total de 2.621 km até a foz no rio Paraná, próximo à cidade de Corrientes (Argentina), dos quais 1.693 km estão em território brasileiro (Innocencio 1977) e 327 km atravessam o Pantanal do Nabileque.

Os principais afluentes do rio Paraguai na área estudada são os rios Taquari, Negro, Abobral, Miranda, Córrego Mutum, Nabileque e Aquidabã (margem esquerda) e o rio Negro (limítrofe entre Bolívia e Paraguai, na margem direita). Estes rios respondem pelo incremento de 28% na vazão do rio Paraguai (DNOS 1974).

A característica do rio Paraguai que mais chama atenção é a dinâmica de sua vazão, que provoca o alagamento sazonal de grandes extensões de terras. Assim como nas demais regiões cortadas pelo rio Paraguai, o Pantanal do Nabileque também experimenta inundações, anuais.

A baixa velocidade com que a onda de cheia percorre o Pantanal é conseqüência de vários fatores, como o baixo gradiente de declividade dos rios (de 0,03 a 0,15 m/km no rio Paraguai, segundo o DNOS 1974), o fato da planície aluvial do rio Paraguai ser mais larga ao norte do Porto da Manga (Figura 1), antes de entrar no Pantanal do Nabileque, a perda d'água para as planícies de inundação durante as cheias, a infiltração devido a alta porosidade dos sedimentos. A saturação dos sedimentos faz com que o nível freático aflore, dando origem a nascentes dentro da planície originando áreas pantanosas.

Ao mesmo tempo em que ocorrem processos sedimentares na planície do rio Paraguai (migração de canais, construção e abandono de meandros, formação de lagoas) o rio e sua planície atuam como sistema distal dos vários megaleques fluviais ativos existentes do Pantanal (Paraguai, Cuiabá, São Lourenço, Taquari, e Aquidauana; ver Figura 1), discutidos em Assine (2003).

Dos afluentes que deságuam no rio Paraguai, o rio Taquari é o que desenvolve o mais notável sistema deposicional do Pantanal, responsável pela formação de um grande megaleque, marcado por uma seqüência de construção e abandono de lobos deposicionais, cuja superfície exhibe complexa rede de paleocanais (Assine et al. 2005, Assine 2005, Zani et al. 2006, Zani 2008).

Assim como o megaleque do Taquari, os megaleques dos rios Cuiabá e São Lourenço exibem também paisagem extremamente mutante em resposta à dinâmica sedimentar marcada por freqüentes avulsões fluviais.

No que se refere os elementos morfológicos do relevo, o Pantanal do Nabileque apresenta características muito distintas dos demais pantanais matogrossenses. Constitui um antigo e inativo megaleque que se encontra no presente em estado de degradação. Sua superfície exhibe uma intrincada rede de paleocanais distributários, superimposta por canais tributários jovens e por notáveis cinturões de meandros que cortam as geoformas e os depósitos mais antigos.

. Outra grande diferença deste megaleque em relação ao demais existentes no Pantanal está no em seu limite distal, que coalesce com a franja de outros megaleques situados na grande planície do Chaco.

Dadas estas características geomorfológicas e geológicas peculiares o megaleque do Nabileque é diferente dos demais sistemas do Pantanal em termos de gênese e de posição tectônica. Além disso, devido ao fato de que grande parte da área permanece inundada durante longo período, é uma das áreas geomorfológicamente menos conhecidas do Pantanal.

### 3. OBJETIVOS

O escopo desta tese é a reconstituição das mudanças ambientais ocorridas no Pantanal do Nabileque, do Pleistoceno Tardio ao Holoceno, e a compreensão dos fatores responsáveis por estas mudanças. Para atingir o escopo almejado, diversos objetivos, encadeados numa seqüência lógica, foram estabelecidos:

1. Compartimentação geomorfológica, buscando reconhecer e caracterizar as diferentes unidades do megaleque do Nabileque;
2. Reconhecimento de geoformas deposicionais e feições erosivas buscando a compreensão do seu papel no funcionamento do megaleque como sistema deposicional;
3. Caracterização dos depósitos sedimentares de diferentes unidades morfológicas, buscando-se diferenciar depósitos pleistocênicos de holocênicos;
4. Comparação dos estilos fluviais dos rios Paraguai e Nabileque e da relação deles com seus respectivos cinturões de meandros;
5. Interpretação da evolução geomorfológica e de mudanças paleoambientais e paleo-hidrológicas ocorridas na área estudada;
6. Correlação dos eventos identificados no Nabileque com eventos ocorridos em outras áreas do Pantanal e em regiões vizinhas;
7. Reconhecimento de paleoambientes sedimentares com base na presença de espículas de esponjas continentais nos depósitos sedimentares.

Os resultados referentes aos objetivos 1 a 3 fazem parte do capítulo 4 que possui como tema a compartimentação geomorfológica do Pantanal do Nabileque. O detalhamento dos métodos e materiais, bem como dos trabalhos realizados, encontra-se no referido capítulo.

Os resultados referentes aos objetivos 4 a 6 integram o capítulo 5, que tem como tema a evolução geomorfológica do Pantanal do Nabileque, compreendendo a caracterização e datação dos depósitos sedimentares, e a reconstituição de mudanças paleoambientais e paleo-hidrológicas. Os métodos e materiais empregados, bem como a descrição dos trabalhos realizados encontram-se nos referidos capítulos.

Os resultados referentes ao objetivo 7 encontram-se apresentados e discutidos no capítulo 6, que tem como tema o uso de espículas de esponjas de água doce como ferramenta de análise e compreensão das mudanças paleoambientais e paleo-hidrológicas ocorridas durante o Holoceno. No capítulo são apresentadas resultados que contemplam também os objetivos 5 e 6. Além do detalhamento dos métodos e dos materiais utilizados, os fundamentos e a bibliografia básica referente à utilização de esponjas como indicadores *proxy* são também apresentados no capítulo 6.



#### 4. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO MEGALEQUE FLUVIAL DO NABILEQUE

O Pantanal Mato-Grossense ocupa área de aproximadamente 138 mil km<sup>2</sup> na Região Centro-Oeste do Brasil, estendendo-se também por territórios da Bolívia e do Paraguai. É uma extensa planície aluvial alojada na Depressão do Alto Paraguai, com altitudes inferiores a 200 m em relação ao nível do mar ([Figura 1](#)). Sua superfície é marcada pela presença de amplo trato deposicional formado por megaleques fluviais, sendo o do Taquari, com cerca de 50.000 km<sup>2</sup>, o maior deles ([Assine 2005](#), [Zani et al. 2009](#)). Muitas das feições morfológicas existentes no Pantanal são reliquiárias, testemunhando complexa evolução paleogeográfica que vêm ocorrendo desde o Pleistoceno ([Tricart 1982](#), [Ab'Saber 1988](#), [Soares et al. 2003](#), [Assine & Soares 2004](#)).

Fluindo de norte para sul, o rio Paraguai coleta as águas de todos os rios que drenam os planaltos circunvizinhos e chegam à planície do Pantanal. Após a antiga confluência do rio Taquari, na altura da localidade de Porto da Manga ([Assine et al 2005](#)), a planície fluvial do rio Paraguai estreita-se ao passar por entre os planaltos da Bodoquena e do Urucum, para novamente se abrir no extremo sudoeste do Pantanal, numa área conhecida como Pantanal do Nabileque. Esta área, localizada entre as bacias sedimentares do Pantanal e do Chaco, apresenta espessuras sedimentares menores que 100 m ([Assine 2004](#)).

O Pantanal do Nabileque também é caracterizado pela presença de um megaleque fluvial, mas apresenta muitas características morfológicas e hidrológicas que o distinguem do restante do Pantanal, a começar do fato de que por ele passa toda a água drenada na bacia hidrográfica do Alto Paraguai. Além disso, a área experimenta inundação tardia em relação às outras áreas do Pantanal, com defasagem de até quatro meses quando comparada com o período de cheia do rio Paraguai no norte da bacia.

As geoformas fluviais existentes na paisagem do megaleque do Nabileque são registros inequívocos de importantes mudanças paleogeográficas e paleo-hidrológicas ocorridas na área desde o final do Pleistoceno. Destaca-se a existência de um cinturão de meandros abandonado, que, de acordo com [Ab'Saber \(1988\)](#) é o mais notável exemplo de paleocanal de todo o Pantanal.

Considerando que a caracterização física é muito importante para o planejamento do uso e ocupação territorial da área, bem como para esforços de preservação e conservação, e que a reconstituição das mudanças ambientais tem papel fundamental para o entendimento da evolução quaternária do Pantanal, este trabalho tem por objetivos a compartimentação geomorfológica do megaleque, a caracterização dos estilos fluviais do rio Paraguai, o reconhecimento de mudanças paleogeográficas e paleo-hidrológicas, a interpretação de processos de sedimentação e erosão, e a formulação de modelo evolutivo para explicar a sucessão de eventos que originaram a atual paisagem.

#### 4.1. MÉTODOS E MATERIAIS

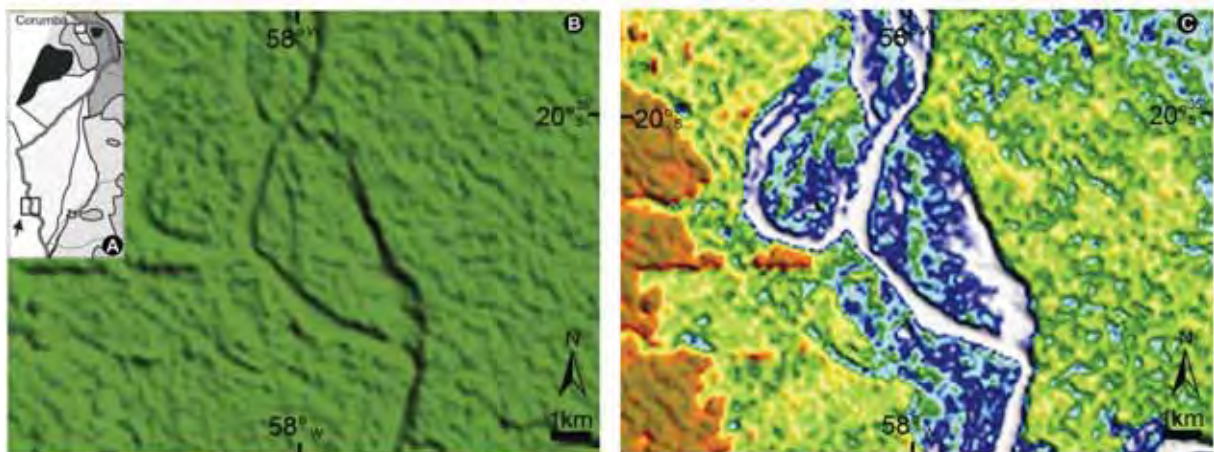
A compartimentação geomorfológica foi realizada a partir da identificação e do mapeamento de zonas homólogas em imagens de satélite Landsat (NASA, 2000, GeoCover S21\_15 e S21\_20). Para a compartimentação, foram interpretados também dados de outros sensores remotos, tais como imagens de satélite (ASTER – VNIR e SWIR) e dados altimétricos georeferenciados da missão SRTM. O arcabouço geológico foi baseado nas cartas geológicas do Brasil ao Milionésimo (folhas SE21-Corumbá e SF21-Campo Grande).

Um banco de dados conforme padrão proposto por Zeiler (1999), com uma interface de manipulação de informações geográficas (Litton 1987), foi construído para a análise dos dados disponíveis. O procedimento inicial consistiu no tratamento de imagens orbitais e na construção de modelos digitais de elevação (MDE) com dados SRTM. As imagens GeoCover receberam tratamento de contraste para realçar elementos geomorfológicos. O MDE da área estudada foi gerado a partir da redução dos intervalos das classes altimétricas com a edição da paleta de cores para ressaltar a geomorfologia. Os ajustes de redução dos intervalos altimétricos aplicados ao MDE resultaram num ganho qualitativo da imagem, com aumento da representatividade, permitindo a diferenciação de feições geomorfológicas de baixa amplitude topográfica (Figura 7).

Três trabalhos de campo foram realizados nos períodos de seca, respectivamente em novembro de 2006 (entre os dias 21 e 28), outubro de 2007 (entre os dias 09 e 13) e outubro/novembro de 2008 (entre os dias 28 de outubro e 05

de novembro), os quais forneceram importantes dados para a validação das interpretações feitas com dados de sensores remotos e permitiram caracterização mais detalhada e amostragem das diferentes unidades.

O trabalho consistiu na delimitação da área do Pantanal do Nabileque e de seus compartimentos com relação a unidades do seu entorno, buscando-se verificar a presença de feições geomorfológicas deposicionais (canais ativos, paleocanais, barras em pontal, lagos em meandros abandonados, terraços marginais, planícies, etc.) e degradacionais (vales encaixados e terraços). Atenção especial foi dada à identificação de paleocanais e planícies fluviais, pois suas formas testemunham as mudanças hidrológicas e ambientais ocorridas na área estudada.



**Figura 7-** Comparação de MDEs da planície do rio Paraguai, gerados a partir de dados SRTM: A) Localização dos quadros na estudada; B) MDE SRTM sem ajustes; C) MDE SRTM com redução dos intervalos altimétricos e ajuste na paleta de cores, que mostra significativo ganho qualitativo e aumento da representatividade das feições geomorfológicas em uma área com diferença altimétrica inferior a 20 m.

## 4.2. RESULTADOS

O megaleque do Nabileque possui formato alongado, com ápice a nordeste situado nas proximidades da confluência do rio Miranda (Figura 8). Limita-se a norte com o Planalto residual do Urucum, a leste/sudeste com a planície do rio Miranda e com o planalto da Bodoquena, e a oeste/sudoeste com as franjas dos megaleques coalescentes dos rios rio Tucavaca (Bolívia) e do rio Pilcomayo (Paraguai). Possui maior extensão, de aproximadamente 170 km, na direção NS, cobrindo área de cerca de 9.100 km<sup>2</sup>.



Com exceção de poucos morros isolados residuais, a topografia da região é muito plana com altitudes que variam de 90 m na porção proximal a 70 m na sua porção distal situada na extremidade sul. MDEs revelaram nitidamente a geometria do megaleque, bem como dos sistemas aluviais adjacentes na Bolívia e no Paraguai, além da existência de pequenos leques aluviais provenientes das encostas do Planalto da Bodoquena. Vale destacar que as feições fortemente orientadas de direção N60E e N60W, que cruzam o centro da imagem da figura 9, não têm significado geomorfológico, constituindo artefatos devido a erros da banda C da missão SRTM (e.g., Bhang et al. 2007).

Três unidades geomorfológicas distintas foram reconhecidas na planície do megaleque (Figura 10): a) planície aluvial degradada; b) cinturão de meandros abandonados; e c) cinturão de meandros atual.

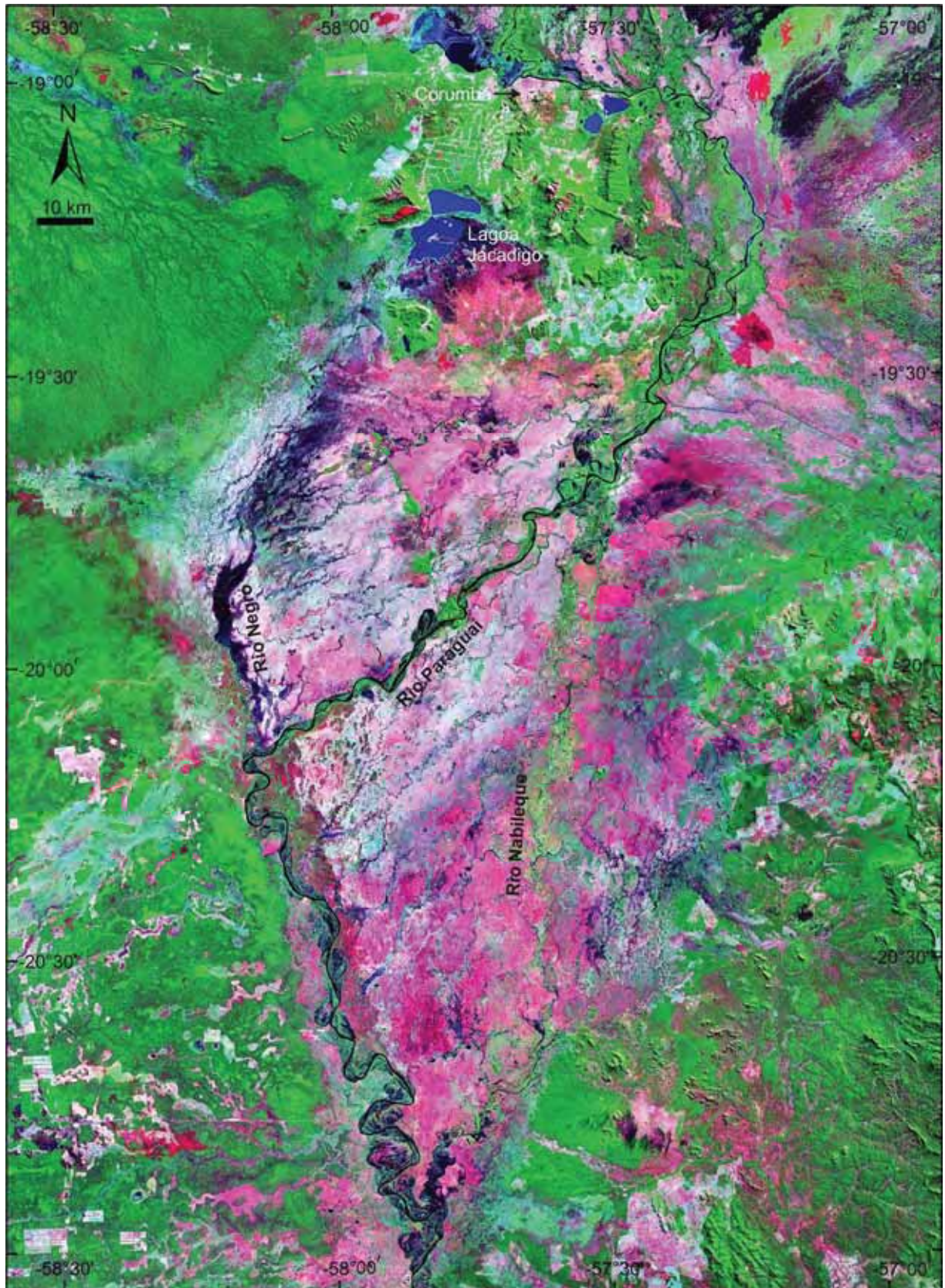
#### **4.2.1. Planície aluvial degradada**

A planície aluvial degradada ocupa a maior parte do megaleque, possui baixo gradiente topográfico e é suavemente inclinada para SW. Sua superfície é marcada por uma intrincada trama de paleocanais distributários de sinuosidade variável e com sentido de fluxo para o quadrante SW.

Além de paleocanais distributários de baixa sinuosidade, com evidências de pontos de rompimento de diques marginais, há também na planície geoformas deposicionais que testemunham épocas em que a planície foi dominada pela presença de rios meandrantés, especialmente conspícuos na margem direita do vale do Nabileque (Figura 11).

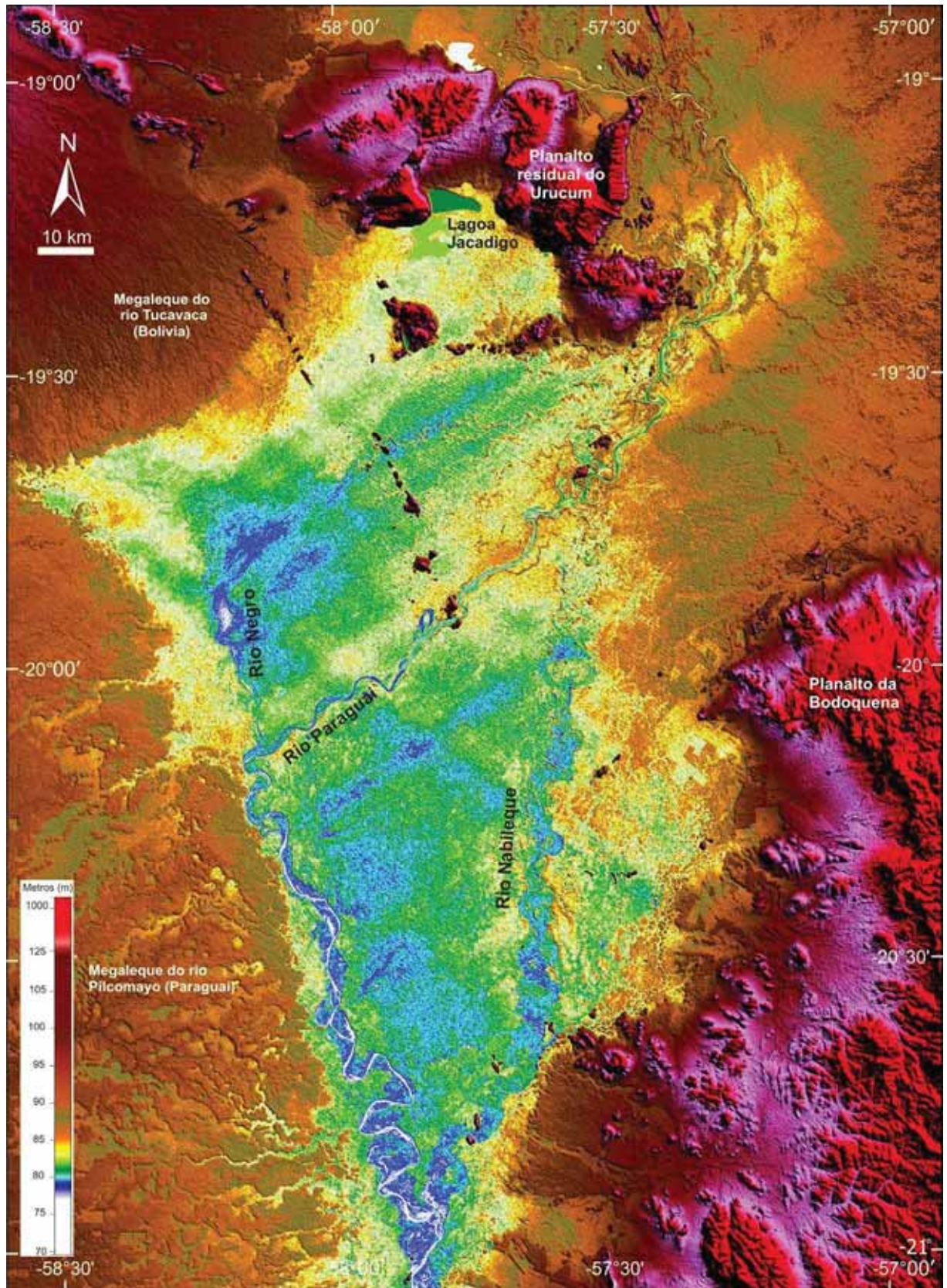
A paleodrenagem vem sendo obliterada devido à implantação de canais mais jovens, natureza erosiva e/ou agradacional, denominados localmente de corixos e vazantes, que compõe uma rede tributária de natureza intermitente (Figura 11). Os principais rios desta rede de drenagem tributária superimposta têm largura média inferior a 100 m e sinuosidade variável (índice de até 1,95), podendo apresentar meandros irregulares e barras em pontal.

Durante os períodos úmidos estes canais são reativados e passam a drenar as águas para áreas mais baixas, situadas na franja do leque, onde são coletadas pelos rios Negro e Paraguai, que funcionam como drenagem periférica do leque.



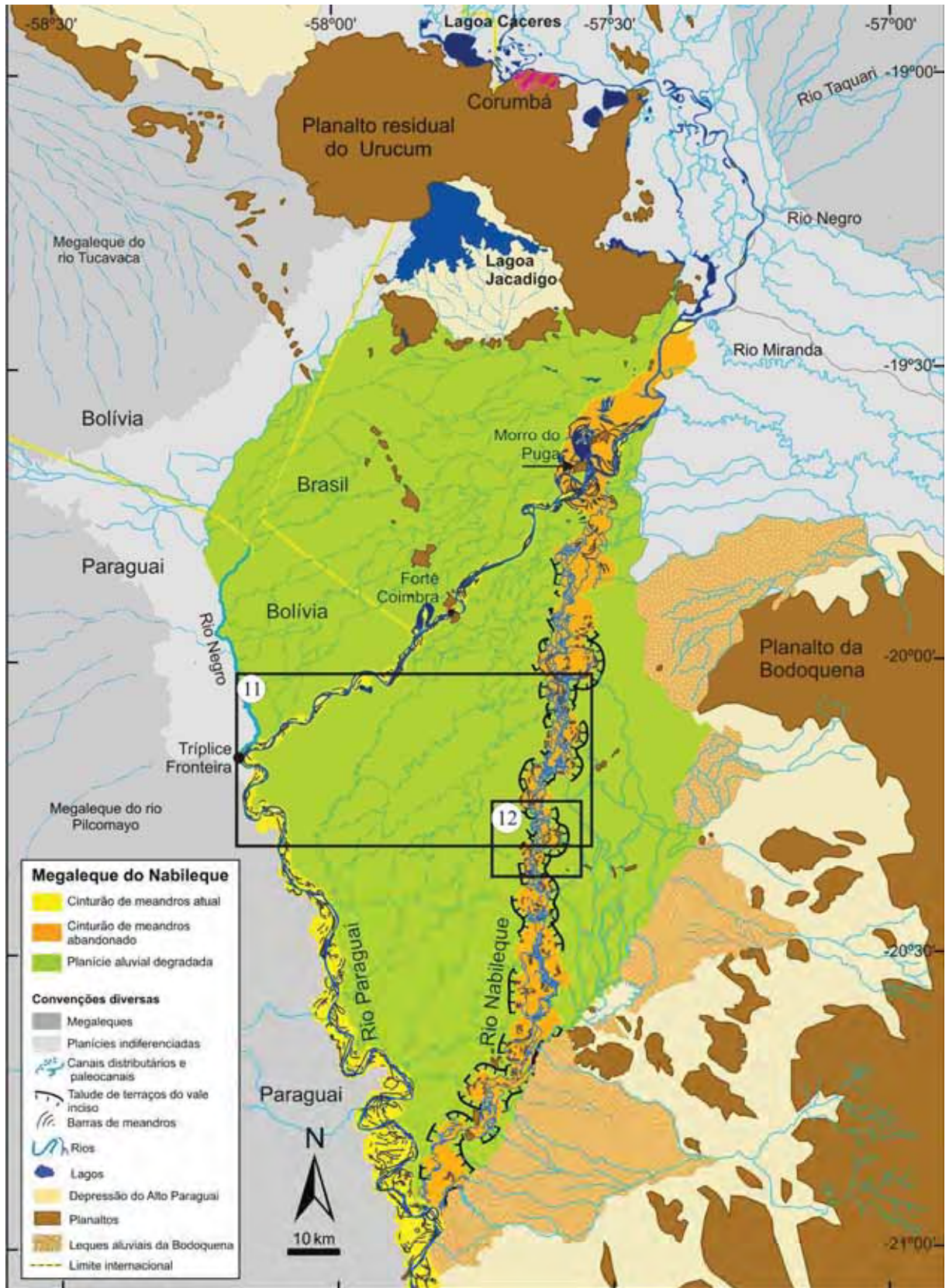
**Figura 8-** Imagem de satélite do Pantanal do Nabileque (mosaico Geocover Circas 2000 - 7R4G2B de 06/2001). Tonalidades mais escuras representam áreas com presença de água em canais fluviais, corixos, lagoas e baixios sob diferentes graus de inundação.





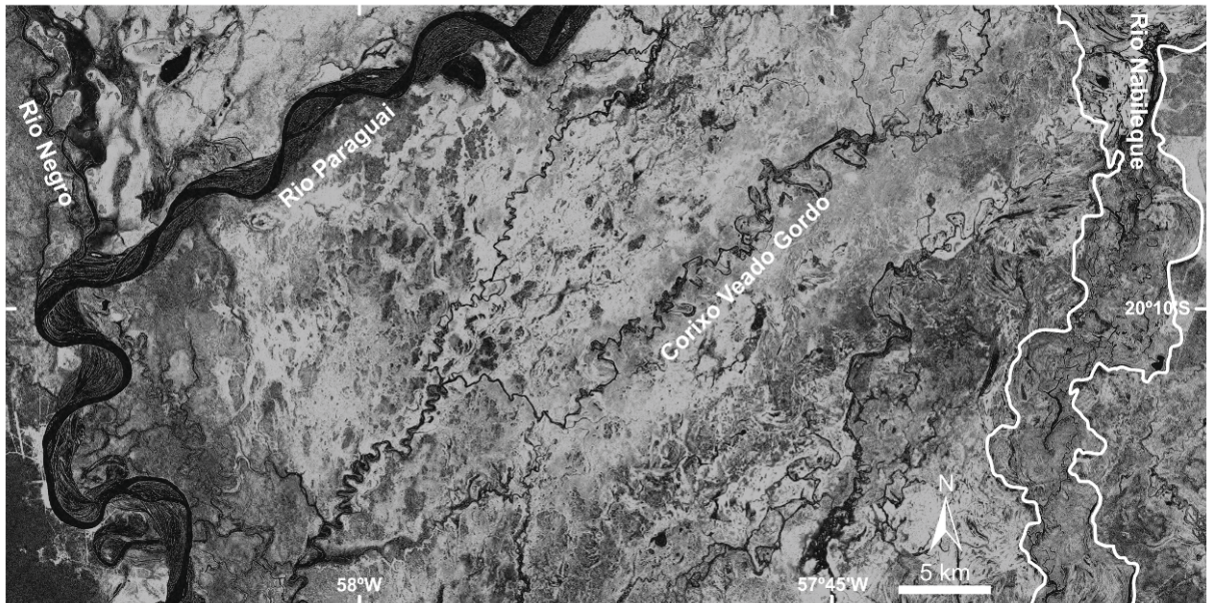
**Figura 9** - MDE da área estudada. A superfície do Pantanal do Nabileque está representada em tons claros entre as cotas de 70 a 85 m. Relevos adjacentes (planaltos, planícies e megaleques) contrastam com a área estudada por possuir maior amplitude altimétrica, representadas por cores vibrantes. Em destaque, ao centro da imagem, os rio Paraguai e Nabileque, a leste, o Planalto da Bodoquena, ao norte, o Planalto Residual do Urucum e oeste, megaleques da Bacia do Chaco.





**Figura 10** - Mapa geomorfológico do Pantanal do Nabileque, com destaque para a planície aluvial degradacional e os cinturões de meandros (atual e abandonado) onde fluem (respectivamente) os rios Paraguai e Nabileque.

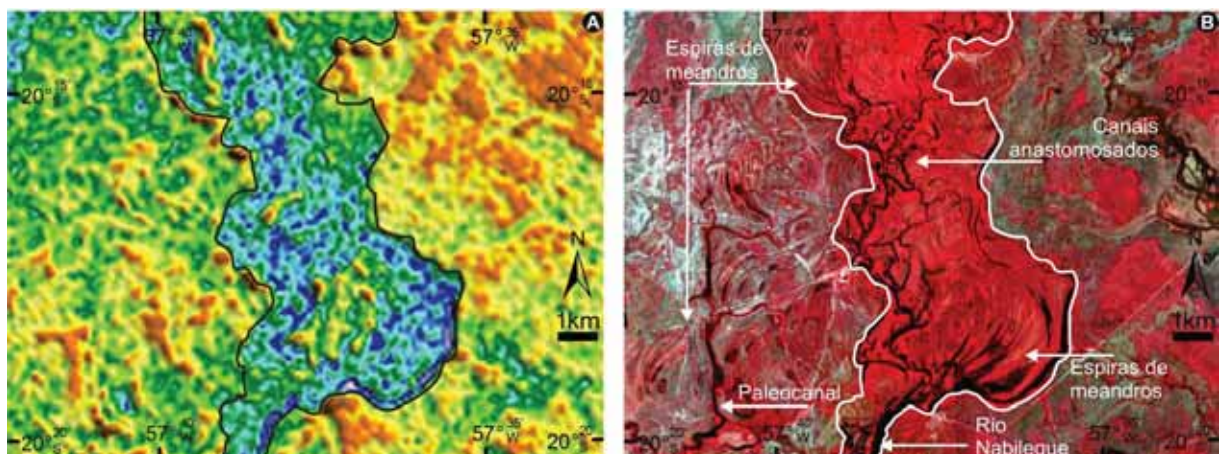




**Figura 11** - Canais tributários erosivos superimostos à paleorede de tributários, caracterizam a drenagem instalada na planície aluvial em degradação (mosaico Geocover Cirsas 2000, banda 7 de 06/2001).

#### 4.2.2. Cinturão de meandros abandonado

A planície aluvial degradada é cortada por um notável cinturão de meandros abandonado, alojado num paleovale inciso de direção norte-sul (Figura 10). O vale inciso possui largura média de 5,2 km e é limitado por terraços descontínuos com sutil desnível topográfico, normalmente inferior a 2 m (Figura 12-A).



**Figura 12** - Feições geomorfológicas que caracterizam o cinturão de meandros abandonados: A) fragmento do MDE (Figura 9), os limites do cinturão são ressaltados por tonalidades de cores azul e verde; B) As áreas com tom de vermelho mais forte representam a planície encaixada no vale inciso, feições geomorfológicas de relictos sistemas fluviais meandrantes (ASTER, R2G3B1, 22/10/2005). Interposto entre espiras de meandros flui o atual rio Nabileque com padrão anastomosado. Dentro e fora do cinturão de meandros (a oeste) pode identificar feições de paleocanais meandrantes e espiras de meandros.

O cinturão de meandros exibe complexa e intrincada rede de paleocanais, com grande quantidade de espiras de meandros (*scroll bars*), de elevado grau de curvatura e variadas dimensões. Formas meandranes semelhantes encontradas fora do paleovale, em nível topográfico superior, constituem geoformas fluviais mais antigas pertencentes à planície aluvial degradada (Figura 12-B).

O rio Nabileque nasce dentro do vale inciso, nas proximidades da margem esquerda do rio Paraguai, e nele permanece até sua foz no rio Paraguai, percorrendo cerca de 150 km dentro do cinturão de meandros abandonado, que funciona como sua planície de inundação (Figura 8). O rio possui regime hidrológico perene, sendo também alimentado pelas águas que extravasam do rio Paraguai durante suas cheias. O rio recebe também águas provenientes de leste, dos contrafortes do Planalto da Bodoquena.

Os canais que formam o rio Nabileque exibem formas e dimensões muito inferiores às dos paleocanais e barras em pontal que compõem o cinturão de meandros abandonado. O canal tem largura média de 60 m, podendo atingir 400 m em alguns pontos. O traçado de alguns dos canais fica difícil de ser delineado em imagens de satélite porque ficam cobertos por macrófitas, ou porque suas margens ficam submersas durante as inundações, ou ainda porque secam durante períodos de estiagem.

Durante período de grandes cheias, todo o cinturão de meandros fica inundado, e as águas de inundação extravasam os limites ocidentais do vale inciso, através de canais que cortam a superfície aluvial degradada e que conduzem as águas para a franja do leque e, finalmente, para a planície atual do rio Paraguai (Figura 8).

#### **4.2.3. Cinturão de meandros atual**

O cinturão de meandros atual, por onde flui o rio Paraguai, apresenta dois setores com distintas características. O primeiro tem início no ápice do megaleque e se estende por cerca de 90 km até a foz do rio Negro, na tríplice fronteira entre Brasil, Bolívia e Paraguai (Figura 10). Neste trecho, o rio Paraguai possui canal orientado na direção SW, possui largura média de 390 m, apresenta baixa sinuosidade (índice de 1,2) e o cinturão de meandros é estreito, com largura média de 1,7 km. Neste setor, é um rio predominantemente erosivo, ora retrabalhando

barras de meandros existentes no cinturão, ora entalhando lateralmente terraços de depósitos aluviais mais antigos. Destaque para o fato de que, do ápice do leque até a foz do rio Negro, as altitudes decrescem das margens do canal para as planícies adjacentes, de forma que o cinturão de meandros está implantado em área topograficamente mais alta que o restante do megaleque (Figura 9).

A partir da foz do rio Negro, o rio muda bruscamente seu curso para SE e permanece neste rumo por cerca de 160 km até a foz do rio Nabileque. De montante para jusante, porém, há incremento na sinuosidade do canal e na largura da planície. Assim como no setor anterior, o rio também corta barras em pontal preexistentes de maior sinuosidade, ao mesmo tempo em que vem formando novas barras que acompanham o traçado atual do canal. Neste setor, o rio Paraguai, dando continuidade ao rio Negro, define o limite entre os megaleques coalescentes do Nabileque (Brasil) e do Pilcomayo (Paraguai), constituindo drenagem periférica que coleta as águas de ambos os sistemas.

Na borda noroeste do megaleque encontra-se a lagoa Jacadigo, um extenso e pouco profundo corpo de água intermitente, formado numa área topograficamente mais baixa, entre relevos residuais do Maciço de Urucum (Figura 9). Esta área recebe fluxo aluvial vindo do conjunto de morrarias circunvizinhas, águas das cheias do rio Paraguai e canais efêmeros dos megaleques adjacentes (Nabileque e Tucavaca). Quando do advento do período de seca, a água acumulada é drenada pelo rio Negro que deságua na margem direita do rio Paraguai, próximo à tríplice fronteira.

### **4.3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

O cinturão de meandros atual do rio Paraguai apresenta forte controle morfoestrutural e corta depósitos antigos do megaleque do Nabileque, cuja idade é considerada pleistocênica por correlação com depósitos similares do megaleque do Taquari (Assine 2003, Assine & Soares 2004). A superfície de tais depósitos é marcada pela presença de paleocanais distributários e de paleocanais meandrantos (figuras 3 e 6).

Um aspecto marcante na geomorfologia do megaleque é a existência de um cinturão de meandros de direção norte-sul, semelhante ao atual, mas abandonado.



Neste cinturão corre o rio Nabileque, um rio de canal estreito em relação à largura dos paleocanais existentes na planície onde corre (Figura 12), o que o caracteriza como um rio subajustado (*underfit stream*). O tamanho dos meandros abandonados e das barras em pontal é compatível com as dimensões do atual rio Paraguai, de forma que é consistente a interpretação de que este cinturão de meandros abandonado não foi formado pelo atual rio Nabileque, mas sim pelo rio Paraguai antes de sua mudança para seu atual curso. Desta forma, mais do que um notável exemplo de paleocanal (Ab'Saber 1988), o cinturão de meandros é um impressionante exemplo de um cinturão de meandros abandonado, que agradou um paleovale inciso sobre depósitos aluviais antigos.

Embora o rio Paraguai corra confinado num vale estreito e a maior parte da área do megaleque seja representada por depósitos aluviais antigos, cuja superfície esteja degradada, em maior ou menor grau, pela superimposição de drenagem tributária (Figura 11), o sistema como um todo é afetado no período das cheias, quando ocorre transbordamento dos canais e fluxos em lençol inundam quase toda a área, erodindo, retrabalhando e redepositando sedimentos, o que contribui para mascarar muitos dos paleocanais. As inundações ocorrem principalmente nas porções norte e oeste, topograficamente mais baixas, e no paleocinturão de meandros onde flui o rio Nabileque (Figura 13). Durante as inundações, os paleocanais do sistema distributário do megaleque do Nabileque são reativados e drenam as águas para fora do sistema, que são coletadas pela drenagem periférica composta em parte pelo rio Negro e em parte pelo rio Paraguai, quando este deflete para sudeste.

Os compartimentos geomorfológicos da área são, assim, o resultado da sobreposição de diferentes padrões fluviais, consequência de mudanças climáticas e de tectonismo recente. Os diferentes compartimentos registram mudanças na paisagem e nos processos deposicionais e/ou erosivos, cujas causas estão associadas a processos alogênicos e/ou autogênicos, cuja atuação na evolução da área ainda está por ser devidamente equacionada. Entretanto, com base nos resultados alcançados, já é possível estabelecer uma sucessão cronológica de eventos que moldaram a configuração do Pantanal do Nabileque (Figura 14).

O primeiro evento reconhecido foi a formação dos lobos deposicionais do megaleque. O rio Paraguai, a partir da foz do rio Miranda, assumia padrão distributário com dinâmica sedimentar bastante ativa, marcada pela sucessiva

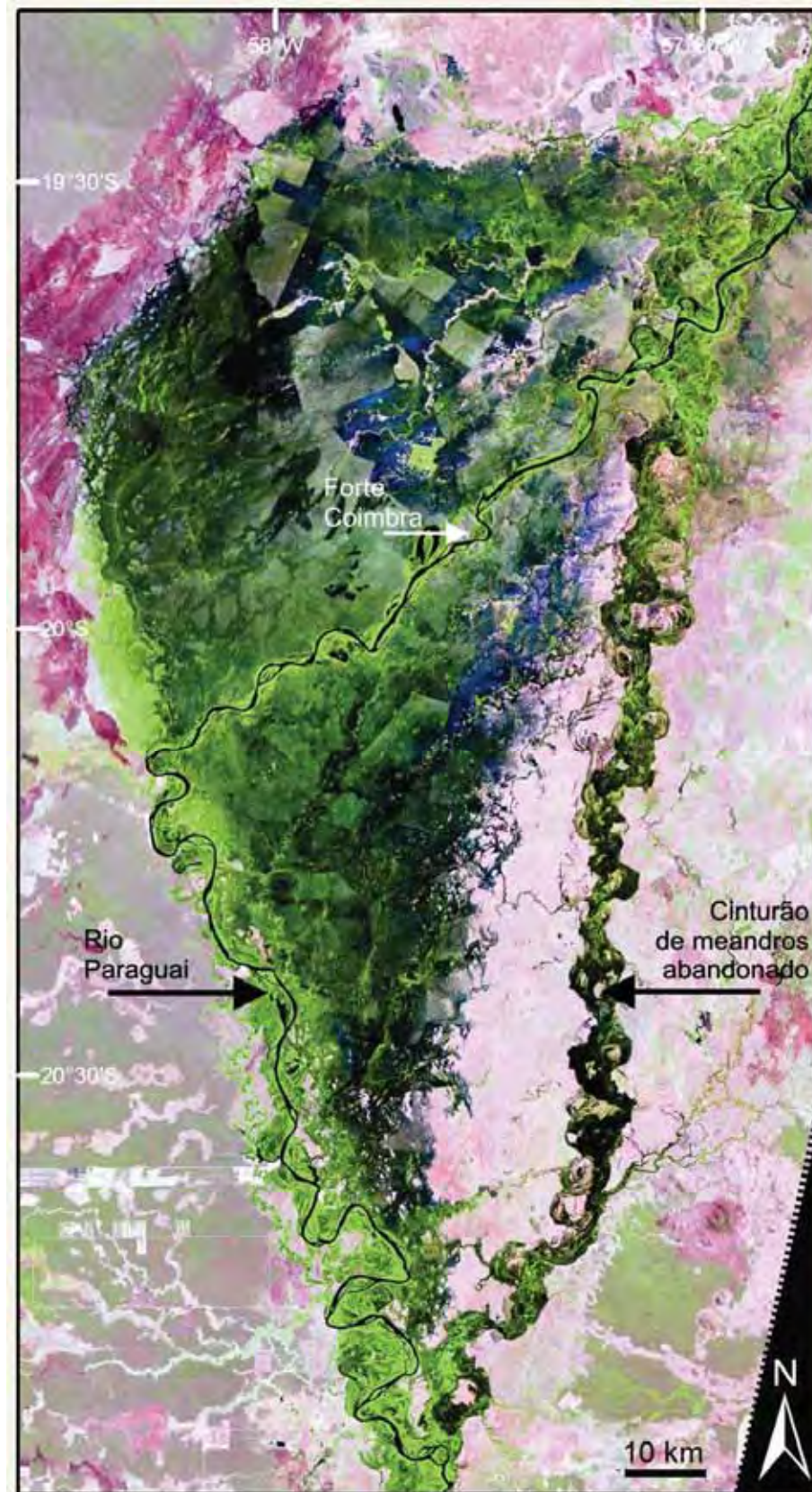


construção e abandono de lobos distributários formados pela deposição dos sedimentos transportados pelo rio. Com base na orientação da drenagem da planície aluvial degradada, a progradação dos lobos foi predominantemente para o quadrante sudoeste até o contato com frentes de progradação dos megaleques dos rios Tucavaca (Bolívia) e Pilcomayo (Paraguai), pertencentes à bacia do Chaco. O rio Negro (Franco & Pinheiro 1982) (Bolívia), situado no extremo oeste da área estudada, constituiu no passado o canal que coletava as águas dos megaleques (Tucavaca, Pilcomayo e Nabileque), representando assim o nível de base regional.

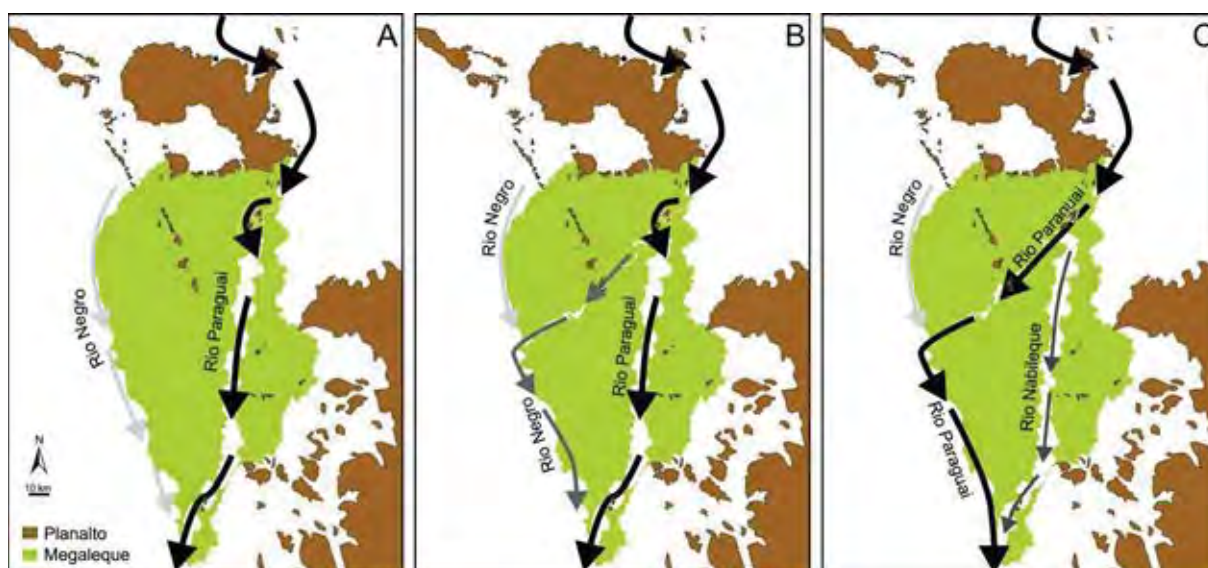
Rebaixamento do nível de base de erosão, concomitante com mudanças climáticas ocorridas do final do Pleistoceno ao início do Holoceno, promoveram dissecação na superfície do leque e formação de vale inciso alinhado na direção norte-sul, por onde passou a fluir o rio Paraguai (Figura 14). A migração dos meandros causou o alargamento do vale e a formação de um cinturão de meandros no seu interior. A julgar pela dimensão dos paleocanais existentes na planície de meandros abandonados, o rio Paraguai era largo, com vazão compatível com a atual.

A mudança de padrão fluvial, de distributário para tributário meandrante, pode ter sido consequência de aumento da vazão devido ao predomínio de condições climáticas mais úmidas no início do Holoceno, mas a questão precisa ser melhor compreendida porque incisão fluvial pode ser decorrência de causas diversas. Processos e feições semelhantes às encontradas no Nabileque também foram constatados no megaleque do rio Ganga, norte da Índia, onde depósitos aluviais são truncados pelo vale inciso do atual rio Ganga. Mudanças climáticas também foram aventadas para explicar a incisão do rio Ganga (Shukla et al. 2001), mas outras causas também foram aventadas, como a de que a incisão foi resultado da queda do nível do mar (Singh 1996).

Em evento subsequente, ocorreu mudança do curso do rio Paraguai, com a formação do cinturão de meandros atual. Com isso, o antigo cinturão foi abandonado e nele se instalou o rio Nabileque, um rio menor porte, subajustado em relação às feições fluviais da planície onde corre. Duas hipóteses podem ser aventadas para explicar a mudança de curso do rio Paraguai, uma baseada na ocorrência de avulsão fluvial e outra fundamentada em fenômeno de captura fluvial.



**Figura 13** - Pantanal do Nabileque em período de cheia em mês anômalo (LandSat 5 TM R5G4B3 de 06/09/2006). A tonalidade escura indica a presença de água, com destaque para a inundação no cinturão de meandros abandonado onde flui o rio Nabileque.



**Figura 14** - Estágios de mudança do curso do rio Paraguai: A) o rio Paraguai fluía na direção NS, onde se encontra o cinturão de meandros, encaixado em vale inciso, na atual planície do rio Nabileque; B) avulsão/captura do curso do rio Paraguai para SW; C) novo curso estabelecido na direção SW e progressivo abandono do antigo cinturão de meandros, com a instalação do rio Nabileque, cortando e se ajustando a feições reliquias do rio Paraguai (Kuerten et al. 2009a).

Mesmo que tenha ocorrido avulsão fluvial, fenômeno associado à dinâmica do sistema deposicional (autogênico), não se pode deixar de destacar que o novo canal passou a ter direção NE, coincidente com estruturas rúpteis do Lineamento Transbrasiliano, o que sugere controle tectônico (alogênico). Soares et al. (1998) postularam que o Lineamento Transbrasiliano influencia fortemente os processos fluviais na Bacia do Pantanal, cruzando a área do megaleque do Nabileque (Figura 15). Anteriormente, Ab'Saber (1988) já havia considerado que a mudança de curso do rio Paraguai foi induzida por tectônica residual holocênica.

A mudança do curso do rio Paraguai pode ter sido também resultante de um processo de captura fluvial, o que pressupõe a existência de um afluente do rio Negro, com nascentes na planície aluvial degradada. Neste caso, a captura seria causada por erosão remontante das nascentes deste rio até o canal do rio Paraguai (Figura 14). Como consequência do fenômeno de captura, houve subdivisão do canal e, progressivamente, o antigo curso foi abandonado. No cinturão de meandros abandonado se instalou um pequeno curso, o rio Nabileque, que passou a fluir encaixado e/ou cortando relictas feições meandranes, tornando-se um notável e peculiar exemplo de rio subajustado (*underfit river*).





**Figura 15** - Condicionamento do curso do rio Paraguai por estruturas NE relacionadas ao Lineamento Transbrasiliano. A) localização do lineamento na América do Sul; B) localização do lineamento nas Bacias do Pantanal (esboço tectônico regional baseado em [Assine e Soares, 2004](#)); C) localização do lineamento na área estudada.

Além das fortes evidências do controle tectônico na morfoestrutura da planície atual curso do rio Paraguai, paleocanais e meandros abandonados existentes em seu interior evidenciam também ajustes fluviais mais recentes ([Figura 11](#)), que segundo [Assine & Soares \(2004\)](#) foram resultado de mudanças na hidráulica do rio durante o Holoceno em resposta a mudanças na vazão fluvial. Mudanças climáticas durante o Holoceno, registradas em regiões adjacentes ao Pantanal, suportam esta interpretação ([Iriondo 1993](#), [Stevaux 1994](#), [Parolin et al. 2006](#))

#### 4.4. CONCLUSÕES

O Pantanal do Nabileque é uma área de sedimentação continental quaternária que abriga um notável e peculiar exemplo de megaleque fluvial. A geomorfologia do Nabileque apresenta muitas semelhanças com outras regiões do Pantanal, especialmente o fato de que o sistema deposicional também é um megaleque fluvial. Mas, apresenta três diferenças importantes. Primeiro, destaca-se o fato de que o megaleque do Nabileque é um sistema aluvial peculiar, pois não está associado a rios oriundos de relevos altos situados nos planaltos adjacentes à planície. Segundo, diferentemente dos outros, tem que ser considerado que se trata de um megaleque fluvial construído pelo rio Paraguai, rio-tronco coletor das águas de todo o sistema hidrográfico do Pantanal, na saída do rio para a planície do Chaco, onde coalesce

com o megaleque do Pilcomayo. Terceiro, porque a maior parte da superfície é uma planície aluvial degradada, sem a presença de um lobo distributário atual

Toda a área estudada abriga um verdadeiro mosaico geomorfológico, com diversos tipos de feições morfológicas geradas durante o Quaternário, resultado de mudanças ambientais ocorridas no megaleque do Nabileque desde o Pleistoceno Tardio. A partir do Holoceno, o megaleque deixou de funcionar como um sistema predominantemente distributário e geformas antigas vêm sendo continuamente obliteradas pela drenagem atual, o que impediu o reconhecimento e mapeamento antigos lobos deposicionais.

Destaca-se o registro da mudança de curso do rio Paraguai, que pode ter sido decorrente de fenômenos de avulsão ou de captura fluvial, ou da conjugação de ambos os fenômenos. E, como decorrência da mudança de curso, o abandono da antiga planície de meandros e instalação do rio Nabileque, de menor porte em relação aos paleocanais do cinturão de meandros, por isso interpretado como um rio subajustado.

## 5. DEPÓSITOS SEDIMENTARES, DATAÇÕES E MUDANÇAS PALEOAMBIENTAIS E PALEO-HIDROLÓGICAS

A história natural do planeta é marcada por inúmeras mudanças ambientais que deixaram uma infinidade de registros impressos por toda a superfície terrestre, em especial os ocorridos no Quaternário.

Recentemente, tem sido observado um crescente interesse da comunidade científica no conhecimento dos ciclos geológicos quaternários em função das flutuações climáticas e variações do nível do mar. Paralelamente, os estudos de registros quaternários continental também têm adquirido importância. A compreensão dos fatores responsáveis pelas mudanças ambientais recentes constitui importante ferramenta para a interpretação da evolução do relevo além de possuir grande potencial para previsão e planejamento das atividades humanas frente às prováveis mudanças ambientais futuras.

O Pantanal Mato-Grossense é um exemplo de paisagem mutante, resultado da existência de rios nômades que migram frequentemente ([Assine 2009](#)). Além dos rios, que imprimem notáveis geoformas nas suas planícies, a área abriga também complexos registros geomorfológicos resultantes de mudanças ambientais que vêm ocorrendo desde o Pleistoceno ([Almeida 1945](#), [Tricart 1982](#), [Ab'Saber 1988](#), [Assine et al. 1997](#), [Soares et al. 2003](#), [Assine & Soares 2004](#)).

Um dos grandes desafios para os pesquisadores que atuam no Pantanal consiste na reconstrução histórica e no entendimento da evolução da paisagem, cuja dinâmica hidrológica é fundamental para a compreensão dos processos sedimentares.

O Pantanal é uma bacia sedimentar ativa, que vem sendo preenchida por amplo trato deposicional dominado por sedimentação aluvial ([Assine 2004](#)). O referido autor destaca que o rio Paraguai é o canal tronco coletor de vários megaleques fluviais ativos, sendo o do rio Taquari o maior deles. Segundo [Assine \(2009\)](#), a paisagem do Pantanal muda constantemente por conta da dinâmica sedimentar dos leques fluviais existentes, resultado da sedimentação processada pela construção e abandono de lobos deposicionais.

O Pantanal do Nabileque apresenta semelhanças com as outras áreas, em especial o fato de também constituir um megaleque fluvial. Mas, ao contrário dos demais megaleques, não está associado a rios oriundos de relevos altos. É

construído pelo rio Paraguai na saída do Pantanal para a planície do Chaco e possui uma ampla planície aluvial degradada, sem a presença de lobo distributário atual.

Constitui objetivo desse capítulo caracterizar os depósitos das unidades geomorfológicas identificadas no capítulo anterior, a fim de interpretar a evolução geomorfológica e as mudanças paleoambientais e paleo-hidrológicas ocorridas na área estudada. A discussão pretende detalhar o modelo evolutivo da área para explicar a sucessão de eventos que originaram a atual paisagem.

## **5.1. MÉTODOS E MATERIAIS**

A compartimentação geomorfológica do Pantanal do Nabileque permitiu reconhecer a existência de diferentes unidades sob ação de distintos processos, áreas deposicionais e erosivas, pretéritas e ativas. A identificação dos compartimentos norteou o desenvolvimento dos trabalhos de campo que foram direcionados para caracterização das unidades mapeadas e a realização de sondagens para recuperação de testemunhos, necessários para a reconstrução dos paleoambientes deposicionais e o entendimento das mudanças ocorridas na paisagem.

Foram realizados três trabalhos de campo nos respectivamente em novembro de 2006 (entre os dias 21 e 28), outubro de 2007 (entre os dias 09 e 13) e outubro/novembro de 2008 (entre os dias 28 de outubro e 05 de novembro). As expedições possibilitaram a realização de descrição de afloramentos e de geoformas superficiais, coleta de amostras por tradagens, trincheiras e sondagens com vibrotestemunhador nos diferentes compartimentos geomorfológicos do megaleque do Nabileque. Os pontos amostrados por sondagem foram escolhidos com auxílio de imagens orbitais de alta resolução, objetivando a realização de sondagens em seções transversais cortando os cinturões de meandros dos vales fluviais incisos.

Para a realização das sondagens no cinturão de meandros atual e seu entorno, os equipamentos foram deslocados com o apoio da 3ª Companhia de Fronteira/Forte Coimbra, 18ª Brigada de Infantaria de Fronteira do Exército do Brasil. Embarcação oficial deslocou os equipamentos da base situada em Porto Morrinhos (100 km de Corumbá) até o Forte Coimbra (81 km a jusante). O acesso ao sitio de sondagem (15 km a jusante do Forte Coimbra) foi feito com barco de alumínio (6m), motorizado.

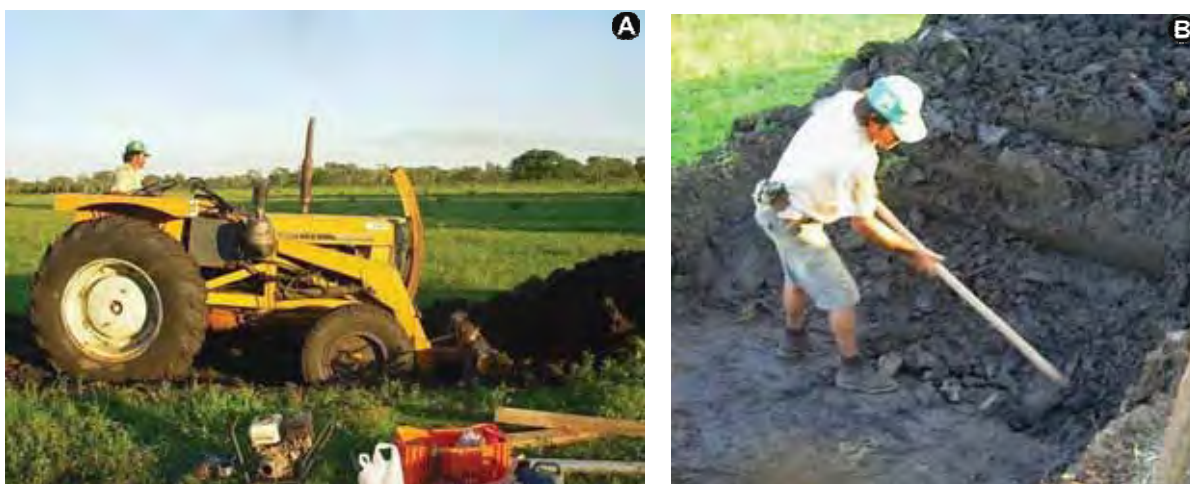
A execução dos trabalhos de campo no cinturão de meandros abandonado e planície degradada ocorreu nos meses de estiagem (entre agosto a outubro), pois veículos traçados, e até mesmo tratores, são pouco eficazes após a ocorrência de chuvas e ineficientes após inundações sazonais (Figura 16).



**Figura 16** – Dificuldades encontradas durante a realização dos trabalhos de campo: A) fotografia aérea do Nabileque durante período de cheia releva uma complexa rede de canais anastomosados que dificultam o acesso. Foto: M.L. Assine. ; B) estrada local parcialmente destruída por fluxo de inundação e a presença de água em alguns trechos mesmo após 3 meses de estiagem; C) e D) Veículos utilizados para o deslocamento no interior do megaleque ressaltam a dificuldade no acesso às áreas de sondagem por terra.

Em todos os trabalhos de campo, inicialmente foi realizado reconhecimento da área buscando encontrar feições topográficas e afloramentos para coleta de informações geológicas e pedológicas. Amostragens iniciais de sedimentos de subsuperfície foram obtidas com auxílio de trado manual (modelo holandês com 5 metros de haste). Tentativas de construção de trincheiras foram feitas nas áreas da planície aluvial degradada, porém a coesão e compactação do material dificultou o trabalho, mesmo com uso de máquinas pesadas (Figura 17).





**Figura 17** – Cenas da abertura de trincheiras na área estudada (Ponto NA-20), uma tarefa difícil mesmo com auxílio de máquinas pesadas. A) tentativa utilizando um trator que não atingiu 50 cm de profundidade. B) o uso de ferramentas também foi ineficaz frente ao alto grau de compactação do material superficial.

Os sedimentos foram recuperados com uso de tubos de alumínio com diâmetro de 3" (7,67 cm), espessura de 2 mm e comprimento de até 6 metros. A perfuração dos depósitos foi realizada com vibrotestemunhador, metodologia que emprega o mesmo mangote vibratório utilizado na construção civil para homogeneizar e melhor distribuir o concreto fresco em colunas, lages e pisos.

No caso das sondagens, utiliza-se motor e mangote vibratório acoplado a abraçadeiras presas ao tubo de alumínio (padrão comercial). O motor estacionário transmite vibração para o tubo, que por sua vez penetra em sedimentos inconsolidados como areia, silte, argila e turfa (*Figura 18-A*). Conforme pode ser observado na figura 18-B, a retirada do testemunho é feita com talha manual (1 t) apoiada em tripé ou bipé (alumínio, ferro ou madeira). Após a retirada do testemunho, as extremidades vazias são eliminadas e o tubo é fechado com uso de tampas de 3" (*Figuras 18-C e D*).

Os sedimentos também foram recuperados com auxílio de marretas e trado manual, pois em alguns casos, houve presença de camadas compactas e depósitos com concreções, que dificultavam a penetração do tubo apenas com o método vibratório.

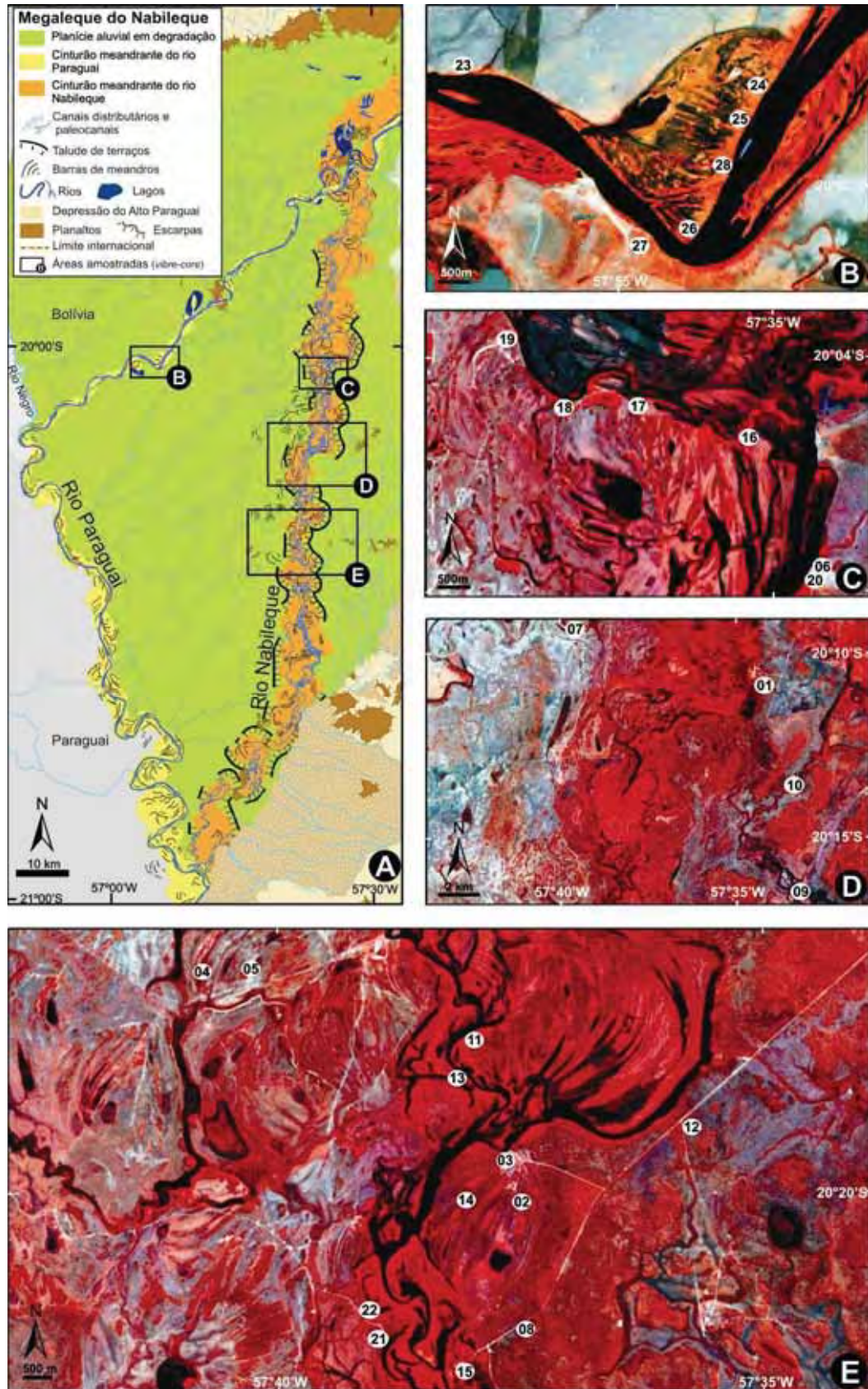
Esse método de amostragem permitiu recuperar e descrever sedimentos subsuperficiais além de obter amostras para datação através do método de

Luminescência Óptica Estimulada (LOE) de cristais de Quartzo. Os pontos amostrados por essa metodologia estão indicados na figura 19 e tabela 1.



**Figura 18** - Cenas do trabalho de campo durante realização de sondagem: A) parte do tubo já penetrado no solo e a necessidade de elevar a braçadeira e para continuar o processo; B) sondagem bem sucedida e recuperação do tubo de com bipé de madeira e talha manual; C) corte e retirada de segmento do tubo sem amostra em seu interior; D) em uma das mãos extremidade do tubo recuperado com sedimentos e na outra mão tampa, utilizado para vedar e impedir a queda do material contido no seu interior.





**Figura 19** – Localização das sondagens realizadas: A) mapa geomorfológico (Figura 10) com indicação das áreas investigadas; B) pontos amostrados no cinturão de meandros atual e planície aluvial degradada; C-E) pontos amostrados no cinturão de meandros abandonados (imagens ASTER R2G3B1, 22/10/2005).

**Tabela 1** – Localização dos pontos e depósitos datados pelo método LOE.

<b>Ponto</b>	<b>Unidade amostrada</b>	<b>Cód. LVD</b>	<b>Latitude S</b>	<b>Longitude W</b>	<b>Prof.(m)</b>
NA – 01	Cinturão de meandros abandonado	2014	20°03'53.00"	57°34'36.80"	1,72
NA – 02	Cinturão de meandros abandonado	2015	20°10'43.30"	57°34'26.80"	1,76
NA – 03	Cinturão de meandros abandonado	2016	20°19'41.10"	57°37'35.90"	2,33
NA – 04	Planície aluvial degradada – espiras de meandros	2017	19°33'09.74"	57°25'09.80"	1,60
NA – 08 – 1	Planície aluvial degradada – indiferenciada	2197	20°21'24.20"	57°37'37.00"	5,60
NA – 09 – 1	Planície aluvial degradada – indiferenciada	2198	20°16'38.30"	57°33'00.07"	4,64
NA – 11 – 1	Cinturão de meandros abandonado	2199	20°18'29.70"	57°38'02.40"	5,50
NA – 11 – 4	Cinturão de meandros abandonado	2200	20°18'29.70"	57°38'02.40"	2,40
NA – 12 – 1	Planície aluvial degradada – indiferenciada	2201	20°19'25.00"	57°35'48.00"	5,12
NA – 12 – 2	Planície aluvial degradada – indiferenciada	2202	20°19'25.00"	57°35'48.00"	3,70
NA – 13 – 1	Cinturão de meandros abandonado	2203	20°18'51.90"	57°38'05.20"	5,40
NA – 14 – 1	Cinturão de meandros abandonado	2204	20°20'03.00"	57°37'58.70"	5,40
NA – 14 – 3	Cinturão de meandros abandonado	2205	20°20'03.00"	57°37'58.70"	3,30
NA – 16 – 1	Cinturão de meandros abandonado	2206	20°02'36.00"	57°35'11.90"	5,55
NA – 17 – 1	Cinturão de meandros abandonado	2207	20°02'21.70"	57°36'08.20"	4,38
NA – 18 – 1	Planície aluvial degradada – espiras de meandros	2208	20°02'23.00"	57°36'42.90"	5,67
NA – 18 – 3	Planície aluvial degradada – espiras de meandros	2209	20°02'23.00"	57°36'42.90"	3,70
NA – 19 – 1	Planície aluvial degradada – espiras de meandros	2210	20°01'51.60"	57°37'18.30"	4,40
NA – 19 – 2	Planície aluvial degradada – espiras de meandros	2211	20°01'51.60"	57°37'18.30"	2,82
NA – 20	Planície aluvial degradada – indiferenciada	2212	20°03'53.20"	57°34'36.90"	3,40
NA – 21 – 1	Cinturão de meandros abandonado	2213	20°21'23.40"	57°38'54.00"	4,66
NA – 22 – 1	Cinturão de meandros abandonado	2214	20°21'23.40"	57°38'54.00"	5,12
NA – 23 – 3	Planície aluvial degradada – indiferenciada	2215	20°01'01.90"	57°56'29.40"	2,27
NA – 24 – 1	Cinturão de meandros atual	2216	20°01'19.50"	57°53'45.30"	4,63
NA – 24 – 3	Cinturão de meandros atual	2217	20°01'19.50"	57°53'45.30"	1,70
NA – 25 – 1	Cinturão de meandros atual	2218	20°01'45.10"	57°53'56.40"	4,10
NA – 26 – 1	Cinturão de meandros atual	2219	20°02'28.80"	57°54'20.50"	5,76
NA – 27 – 1	Planície aluvial degradada – indiferenciada	2220	20°02'35.30"	57°54'46.50"	1,80
NA – 28 – 1	Cinturão de meandros atual	2221	20°02'06.40"	57°54'04.90"	4,20

Para a datação LOE dos pontos amostrados, segmentos de 30 cm foram cortados dos testemunhos, identificados e encaminhados ao Laboratório de Vidros e Datação (LVD) da Faculdade de Tecnologia de São Paulo. A opção por datar os sedimentos pelo método LOE baseou-se na experiência de trabalhos prévios realizados no Pantanal da Nhecolândia (Assine 2003), em que não foram recuperados material suficiente para datação radiométrica. Essa técnica de datação tem sido utilizada em sedimentos fluviais por Thomas *et al.* (2007), Eriksson *et al.* (2006), Baker (2008) com resultados positivos. Stevaux (2000), Ledru *et al.* (2005) e Meyer *et al.* (2005) também utilizaram essa técnica com eficiência na recuperação de sedimentos para estudos do Quaternário.

A escolha dos pontos datados foi realizada pela seleção dos testemunhos mais representativos, obtidos em áreas núcleo dos compartimentos geomorfológicos ou em paleoformas deposicionais conforme foi proposto no capítulo 4. As sondagens mais profundas tiveram duas amostras datadas, sendo, uma na base do perfil e outra no topo.

Os testemunhos obtidos da planície degradada foram datados preferencialmente no topo das seqüências recuperadas, objetivando a identificação das idades referentes aos últimos processos deposicionais. No entanto, alguns dos testemunhos mais profundos, recuperados dos cinturões de meandros (atual e abandonado) foram datados na base e próximo ao topo do perfil com o intuito de obter idades referentes ao início do processo de incisão dos vales e o término das atividades deposicionais.

No caso do cinturão abandonado, as datações feitas no topo dos testemunhos objetivaram a identificação da idade dos últimos processos deposicionais na área. Da mesma forma, as datações realizadas na base e topo dos testemunhos recuperados do cinturão de meandros atual tiveram a finalidade de obter as respectivas idades do início da incisão do vale e o desenvolvimento cronológico das primeiras formas aluviais, hoje cortadas pelo rio Paraguai.

O objetivo da datação de diferentes pontos foi obter a cronologia dos depósitos e das respectivas formas para embasar a reconstituição cronológica da evolução do megaleque do Nabileque, em especial dos eventos que deram origem aos vales incisos e aos cinturões de meandros onde se encontram as planícies confinadas dos rios Paraguai e Nabileque.



Os testemunhos estão representados em escala de 1:25, de forma que as fotografias apresentadas no perfil apresentam distorção vertical. As fotografias de detalhe (lado direito das descrições) foram apenas reduzidas e não apresentam distorção de escala.

A representação estratigráfica dos sedimentos recuperados foi baseada na identificação visual de mudanças na textura, nas cores, na composição e presença de peculiaridades tais como: matéria orgânica (turfa, restos vegetais, madeira, raízes), concreções (carbonáticas, ferruginosas, óxido de manganês, plintitas), presença ou não de estruturas sedimentares (maciço, estratificado, fluidificado), sets ou pacotes (contato e transição), e granulometria por peneiramento. Os pontos amostrados para granulometria estão indicados no perfil, como também foram representados os segmentos extraídos para datação, com respectivos valores obtidos. Nos perfis também foram representados problemas de perda de material por tradagem e valores percentuais de compactação dos sedimentos.

## **5.2. RESULTADOS**

As perfurações permitiram recuperar amostras dos depósitos sedimentares com estruturas preservadas e sem contaminação. Foram obtidos 28 testemunhos utilizando o método de sondagem vibratória leve, realizada em paleofeições dos diferentes compartimentos geomorfológicos do Pantanal do Nabileque ([Figura 19](#)).

Das sondagens realizadas, quatro (4) foram feitas no cinturão de meandros atual, dez (10) no cinturão de meandros abandonado e quatorze (14) na planície degradada. Foram datadas 29 amostras através do método LOE, registrando-se idades do Pleistoceno Tardio ao Holoceno ([Tabela 1](#)).

### **5.2.1. Sedimentologia**

A maior parte das áreas amostradas contém uma camada superficial de lama muito compacta. Em alguns casos, ocorrem concreções nos primeiros metros (carbonato e manganês). Por isso, todas as sondagens foram iniciadas com tradagem até atingir camadas que pudessem ser amostrada com vibrotestemunhador.

O sedimento fino do topo foi retirado por trado, descrito em campo e descartado. A descrição e representação das camadas descartadas estão indicadas nos perfis. Em alguns casos, como nos pontos NA-12 e NA-22 foram realizadas duas seqüências de tradagem, até o ponto em que foram atingidas camadas arenosas, onde foi reiniciada a sondagem vibratória.

Com base na análise dos testemunhos recuperados foi possível caracterizar e diferenciar os sedimentos das unidades geomorfológicas amostradas. Os perfis estão apresentados nas figuras 20 a 35, que incluem: análises granulométricas, idades LOE e documentos fotográficos.

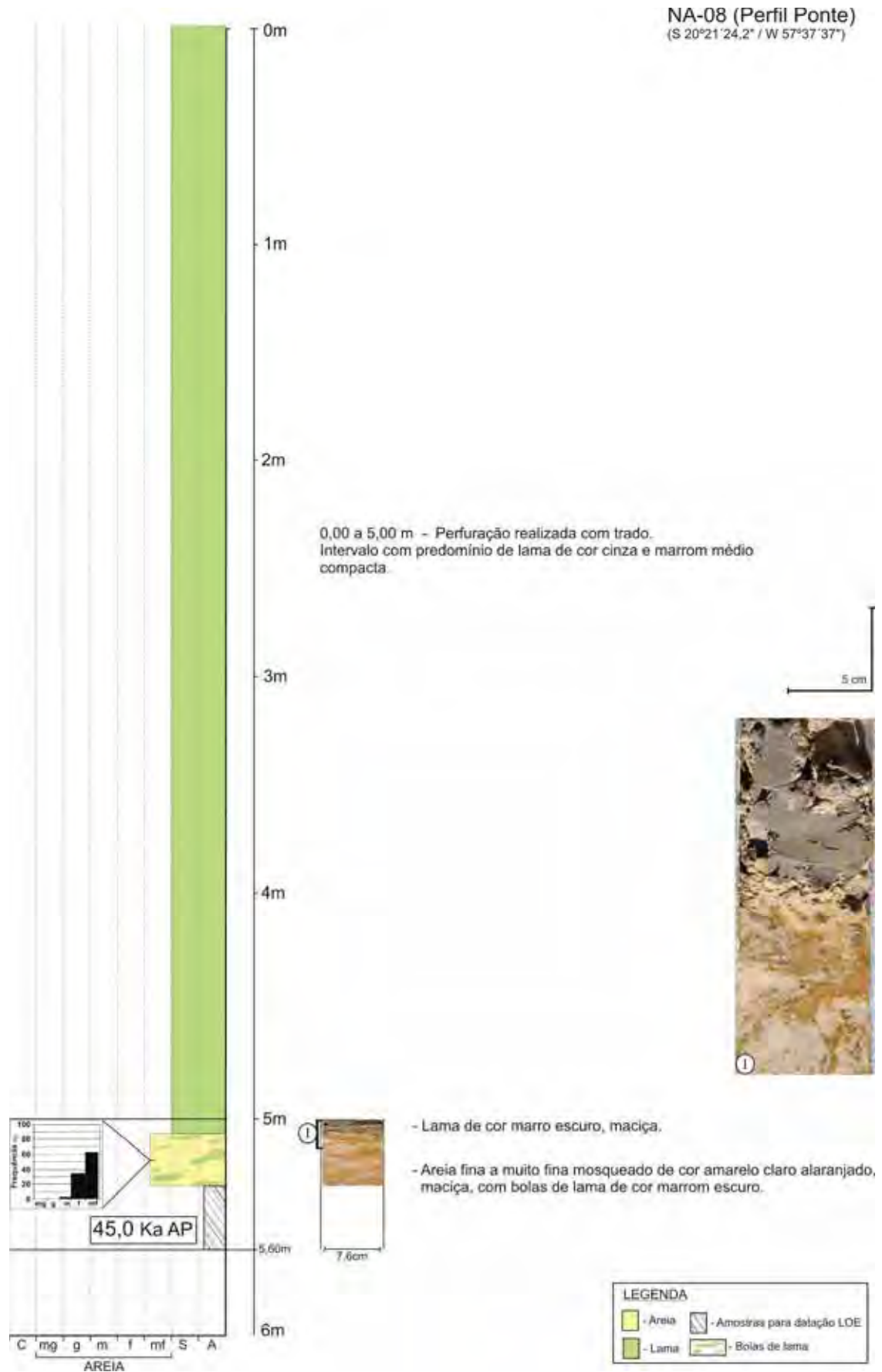
Os perfis foram agrupados em quatro conjuntos, concernentes às unidades geomorfológicas: A) planície aluvial degradada indiferenciada (Figuras 20 a 24 – pontos NA-08, NA-09, NA-10, NA-12 e NA-27), B) planície aluvial degradada com espiras de meandros (Figuras 25 e 26 – pontos NA-14 e NA-18), C) cinturão de meandros abandonado (Figuras 27 a 33 – pontos NA-11, NA-13, NA-15, NA-16, NA-NA-17, NA-21 e NA-22), D) cinturão de meandros atual (Figuras 34 e 35 – pontos NA-24 e NA-28).

Os testemunhos recuperados da planície aluvial degradada indiferenciada são constituídos predominantemente por areia fina a muito fina, maciça, sem grande variação textural na vertical. É comum encontrar segmentos com marcas oxidação, mosqueamento e concreção nestes testemunhos.

As sondagens realizadas em geoformas fluviais meandrantas, pertencentes à planície aluvial degradada, são constituídas principalmente por areia fina, com laminação (mm) de lama, com presença de matéria orgânica e bioturbação.

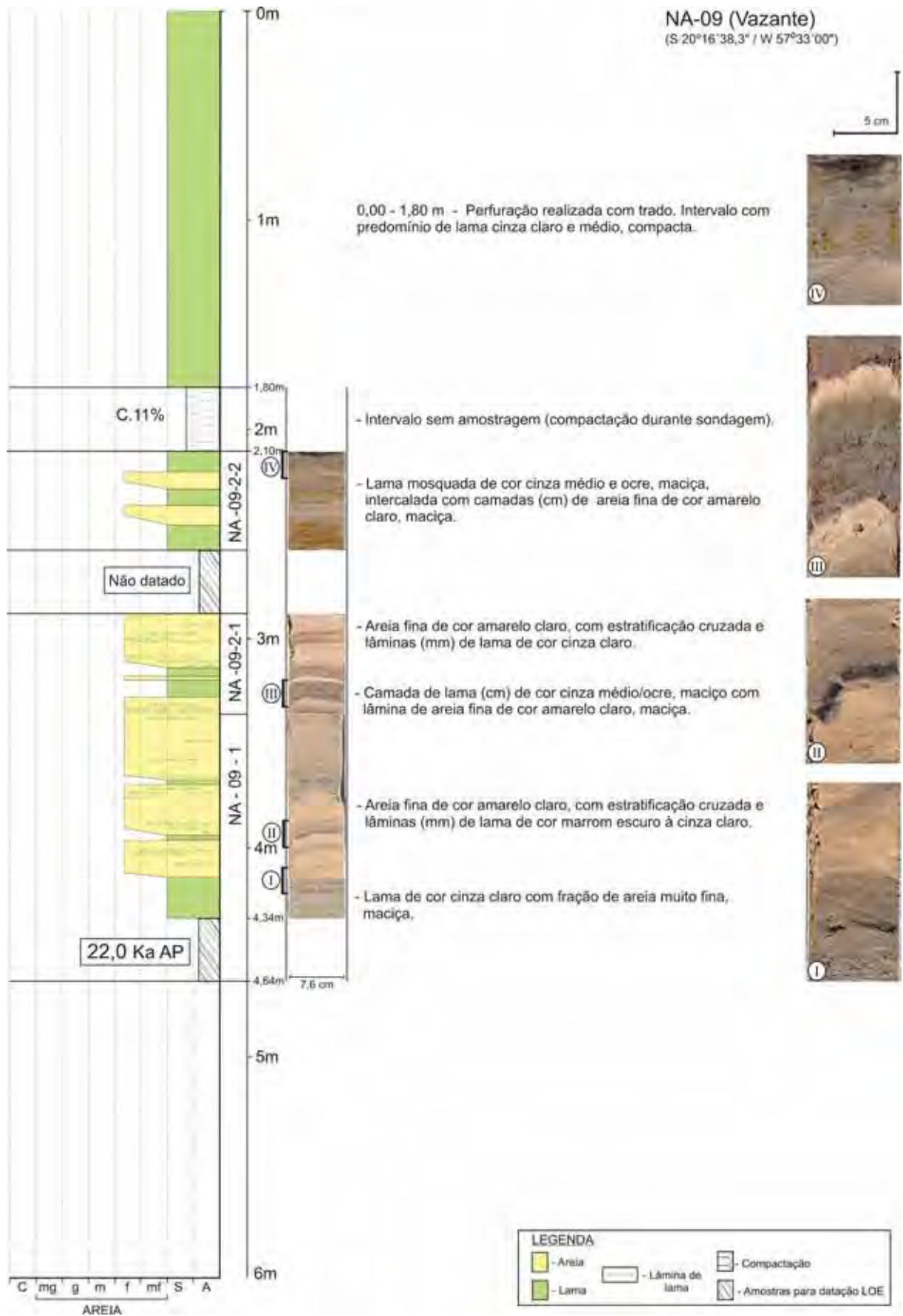
Os testemunhos obtidos do cinturão de meandros abandonado são constituídos principalmente por areia fina a muito fina, com granodecrescência ascendente, marcados por estratificação, em parte cruzada, com lâminas (mm) de lama orgânica. Em alguns casos há ocorrência de níveis oxidados, com presença de óxido de manganês (NA-15, NA-21 e NA-22; Figuras 29, 32 e 33).

Os testemunhos recuperados do cinturão de meandros atual são constituídos principalmente por areia fina maciça, areia com estratificação cruzada, com intercalações de pacotes de lama maciça e de lama interestratificada com areia fina.

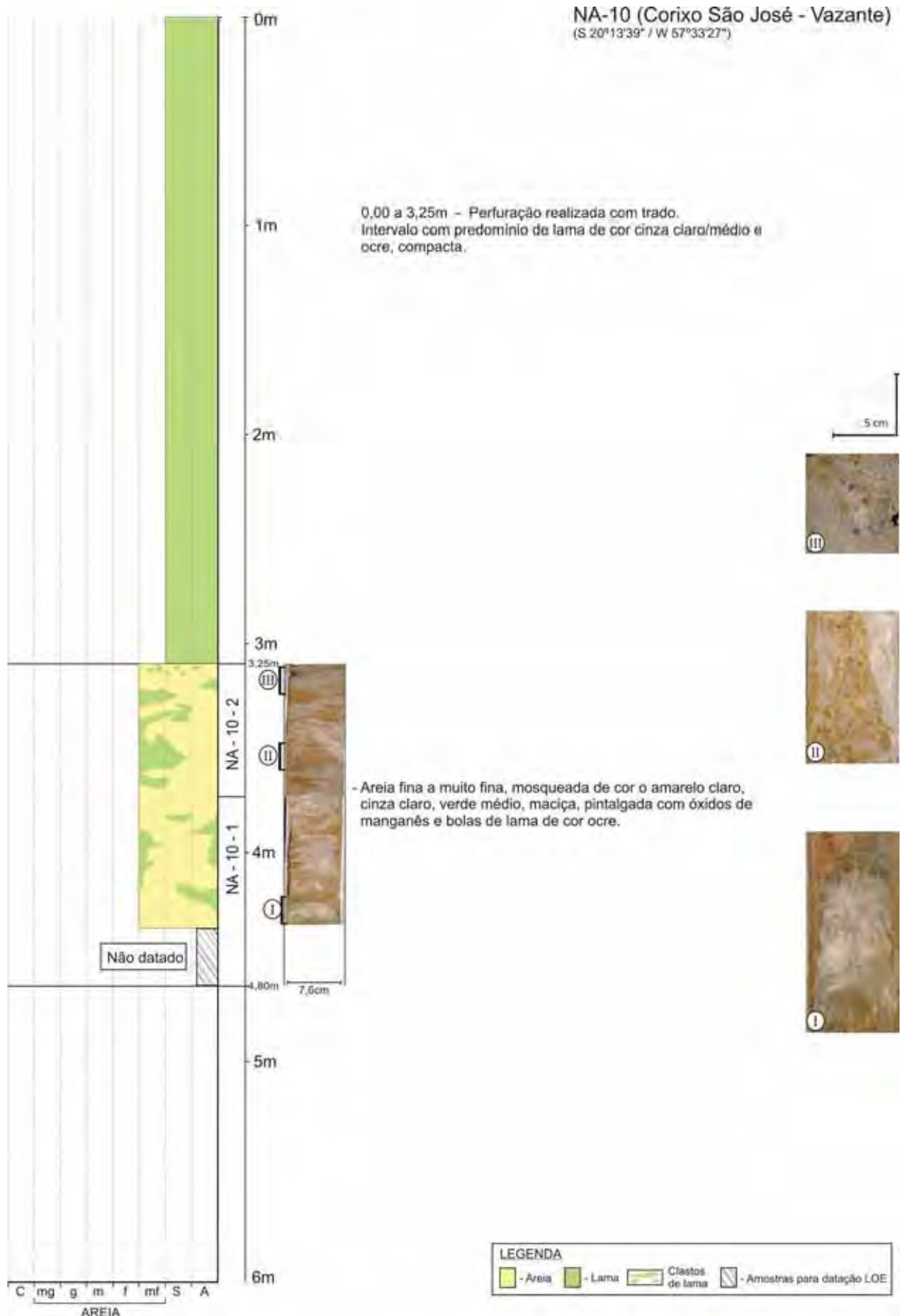


**Figura 20** – Perfil sedimentológico recuperado da planície degradada indiferenciada (ponto NA-08).

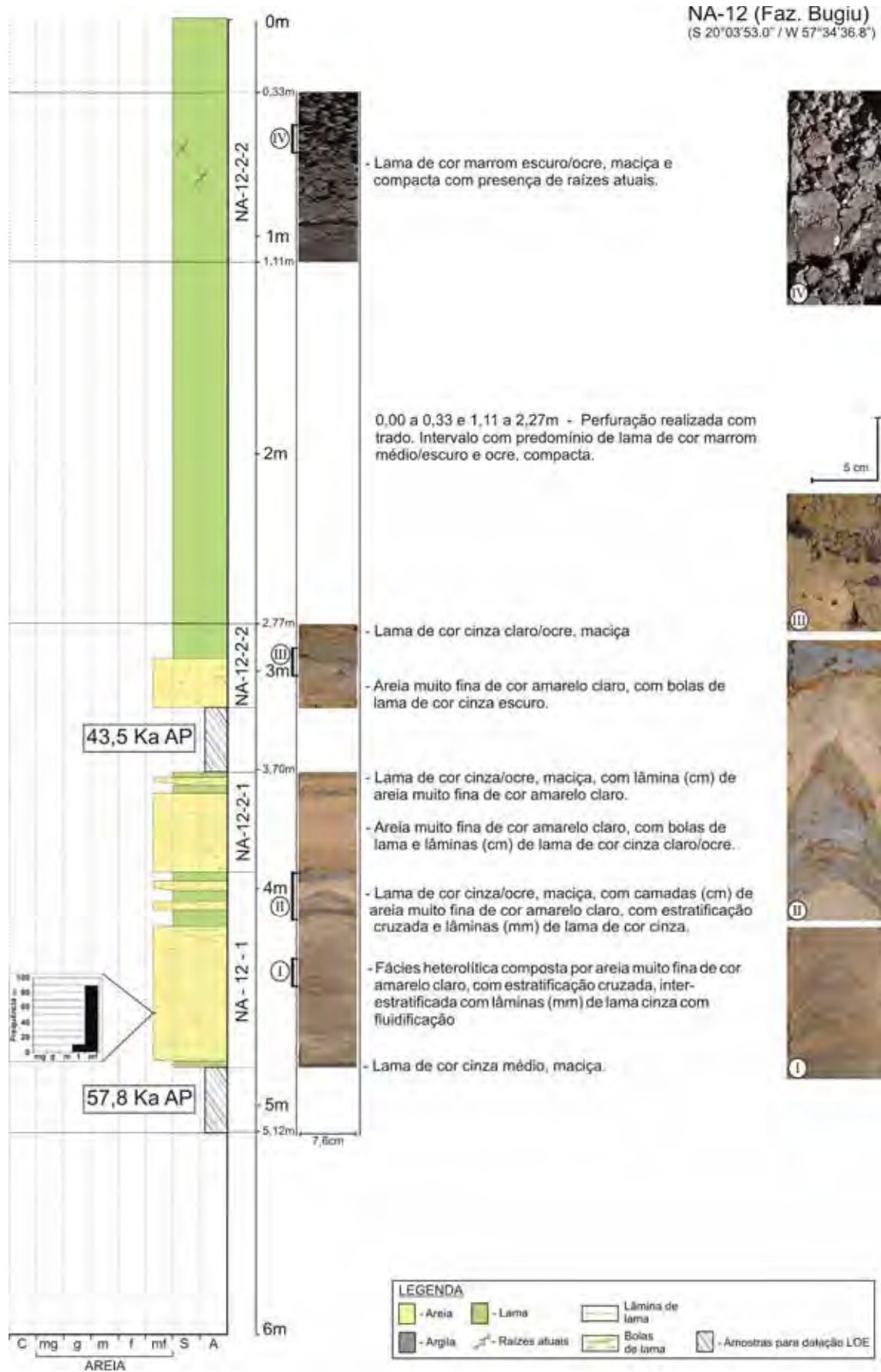




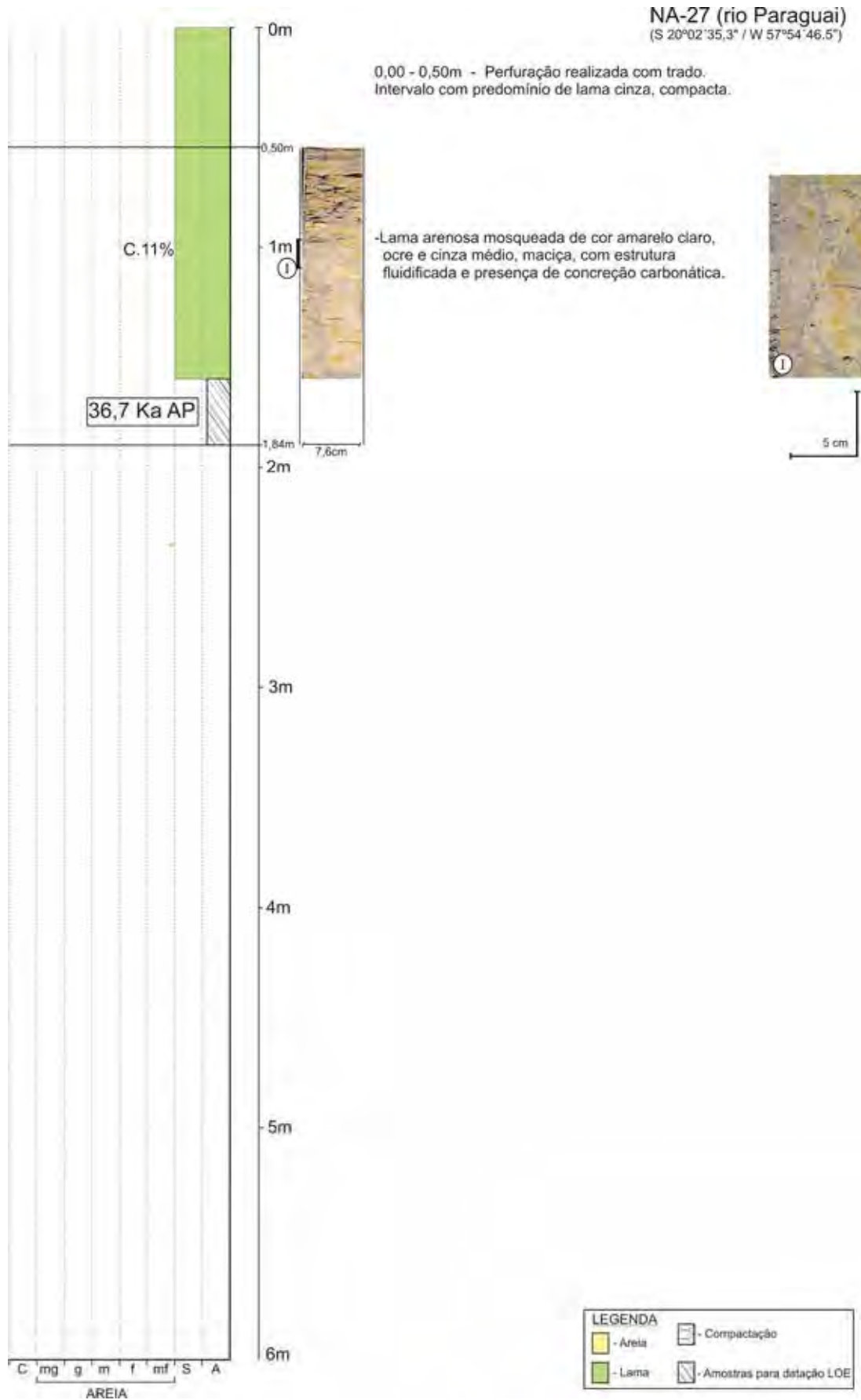
**Figura 21** – Perfil sedimentológico recuperado da planície degradada indiferenciada (ponto NA-09).



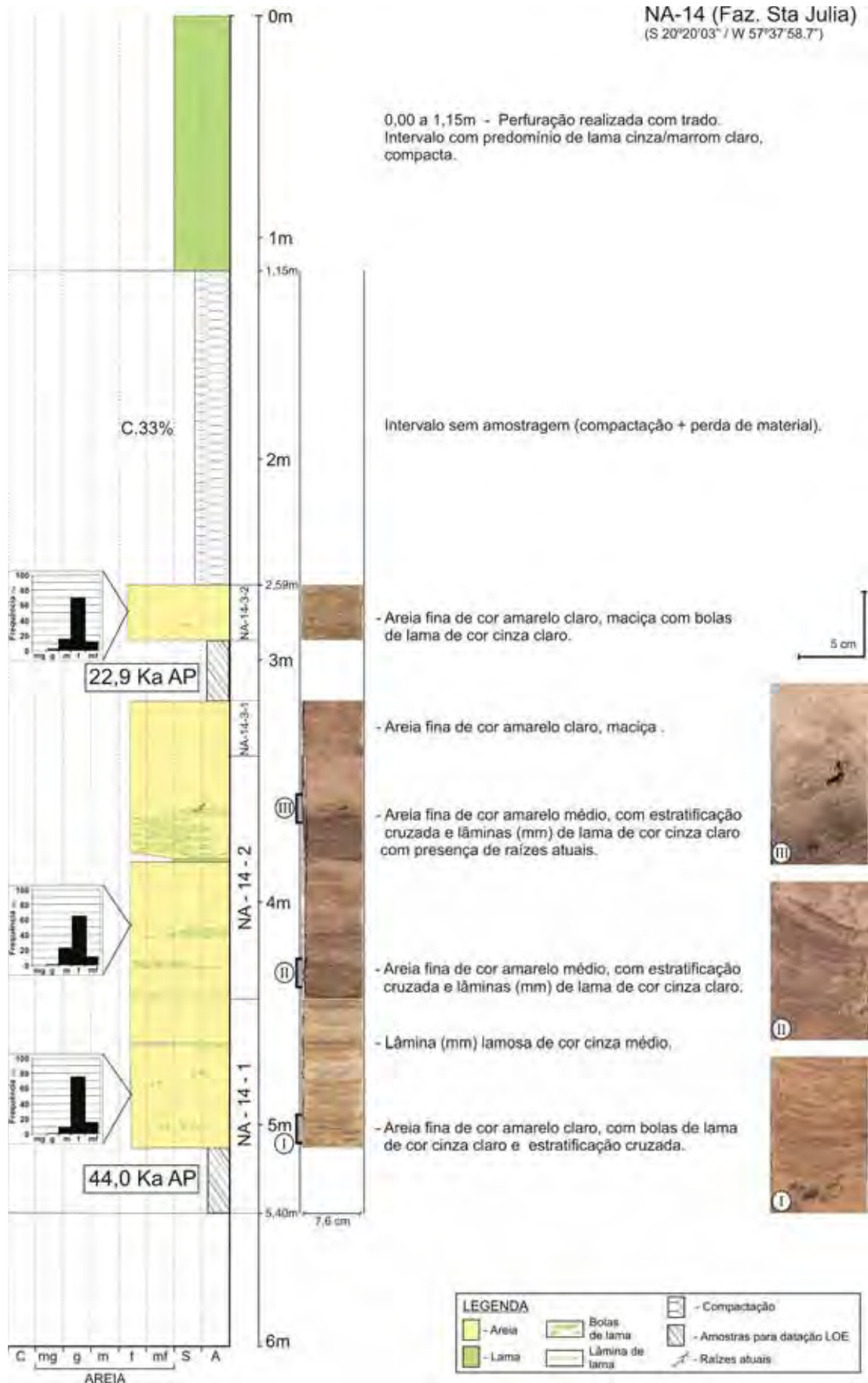
**Figura 22** – Perfil sedimentológico recuperado da planície degradada indiferenciada (ponto NA-10).



**Figura 23** – Perfil sedimentológico recuperado da planície degradada indiferenciada (ponto NA-12).

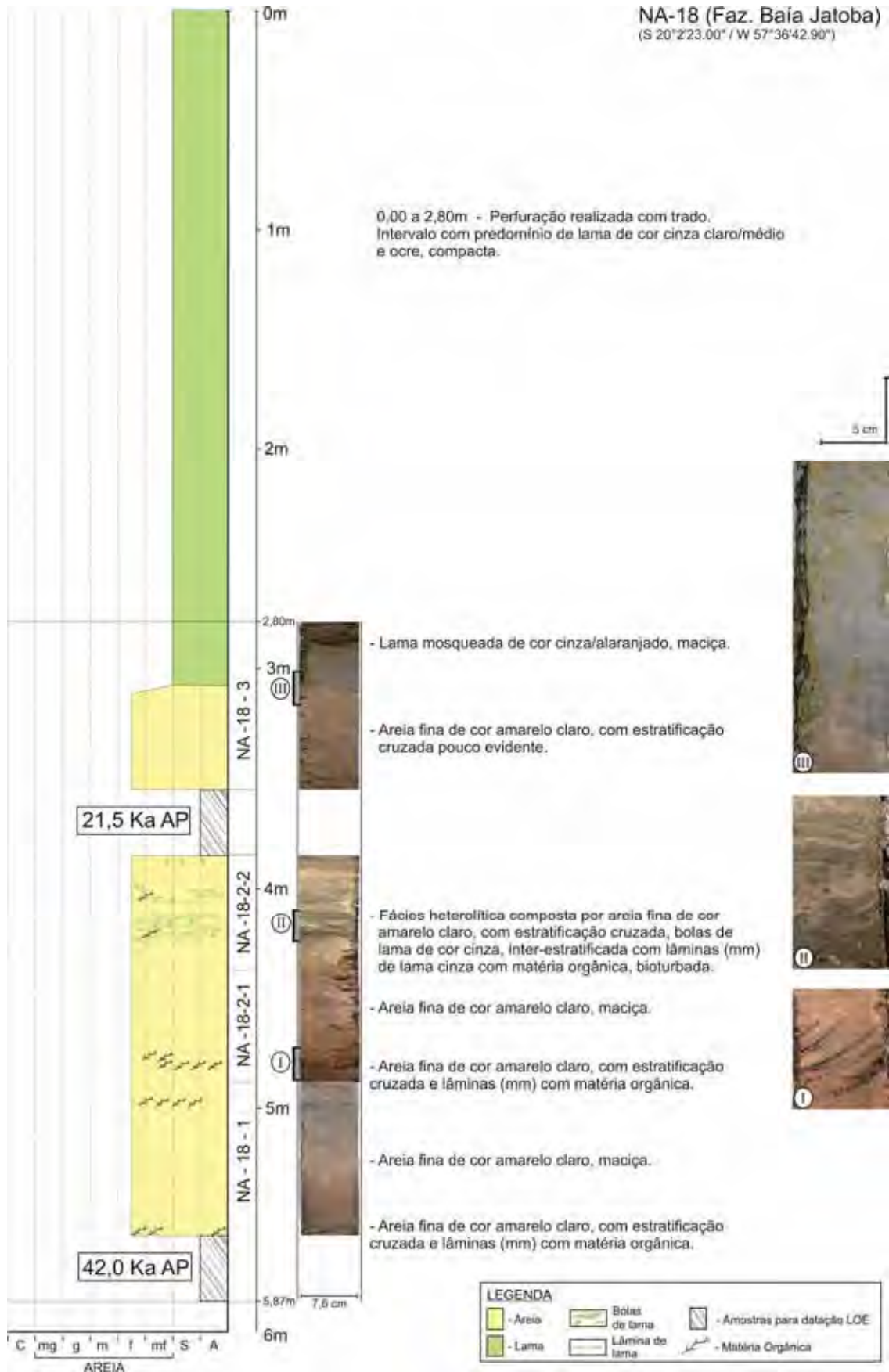


**Figura 24** – Perfil sedimentológico recuperado da planície degradada indiferenciada (ponto NA-27).



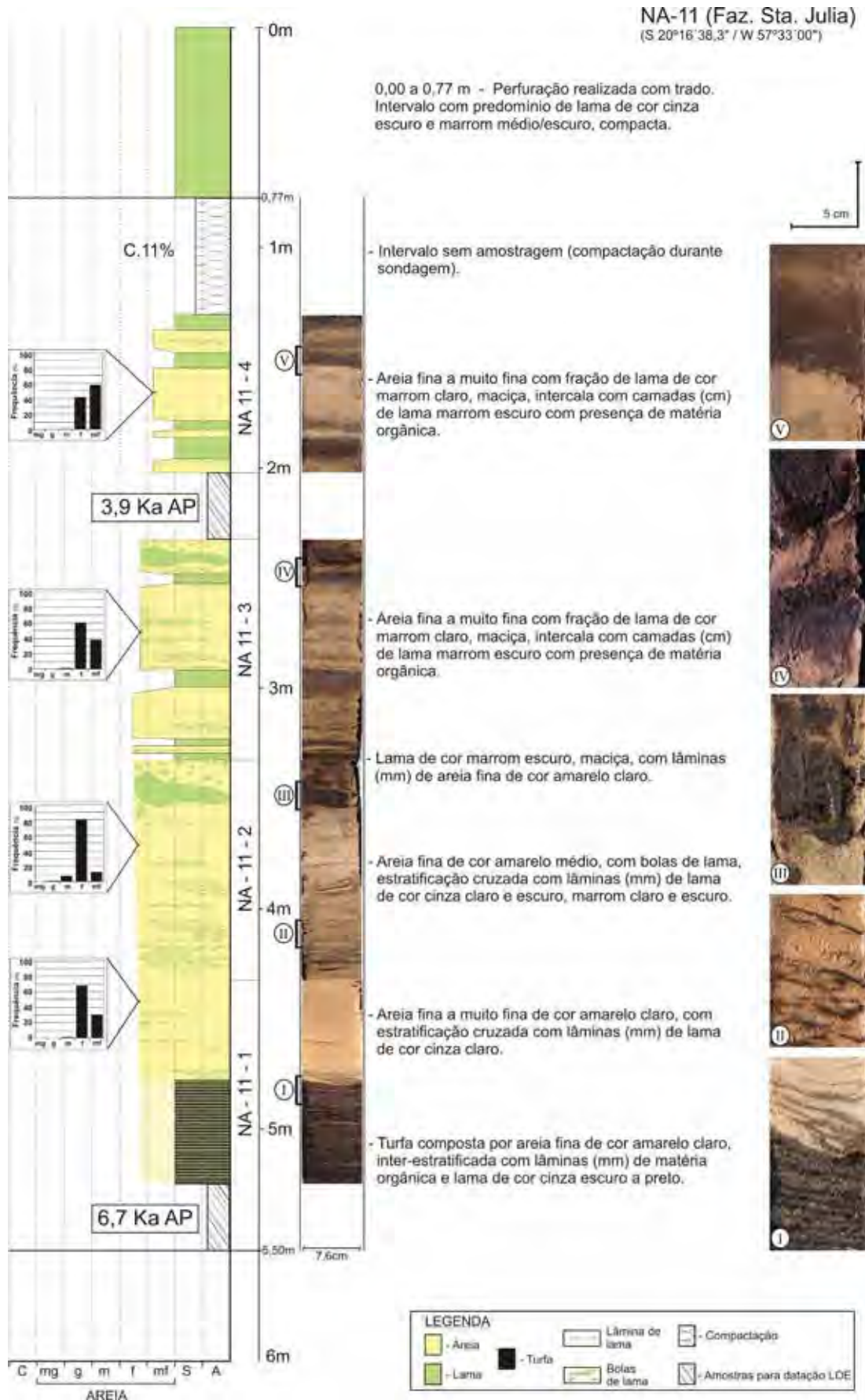
**Figura 25** – Perfil sedimentológico recuperado da planície degradada com espiras de meandros (ponto NA-14).



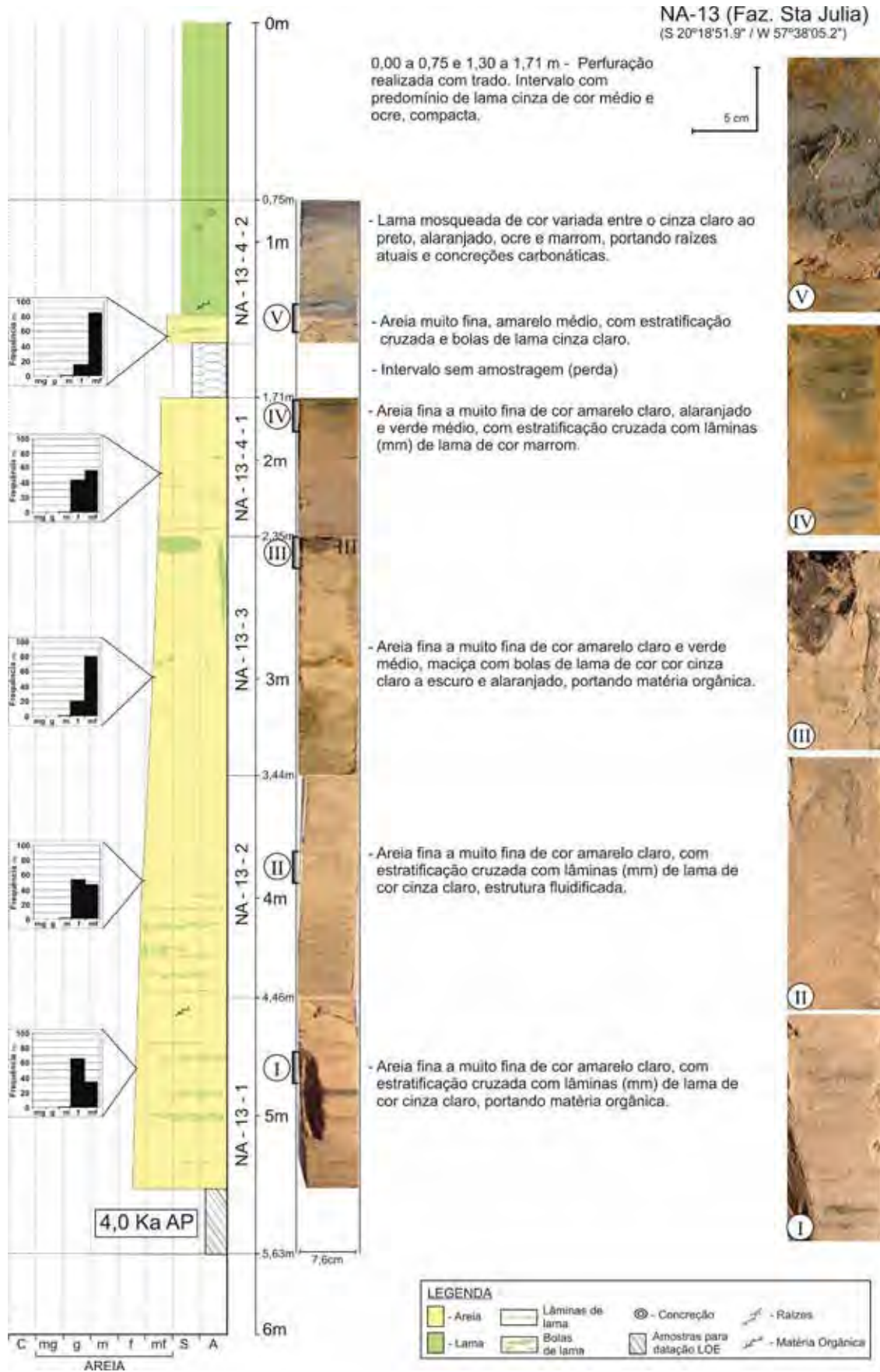


**Figura 26** – Perfil sedimentológico recuperado da planície degradada com espiras de meandros (ponto NA-18).

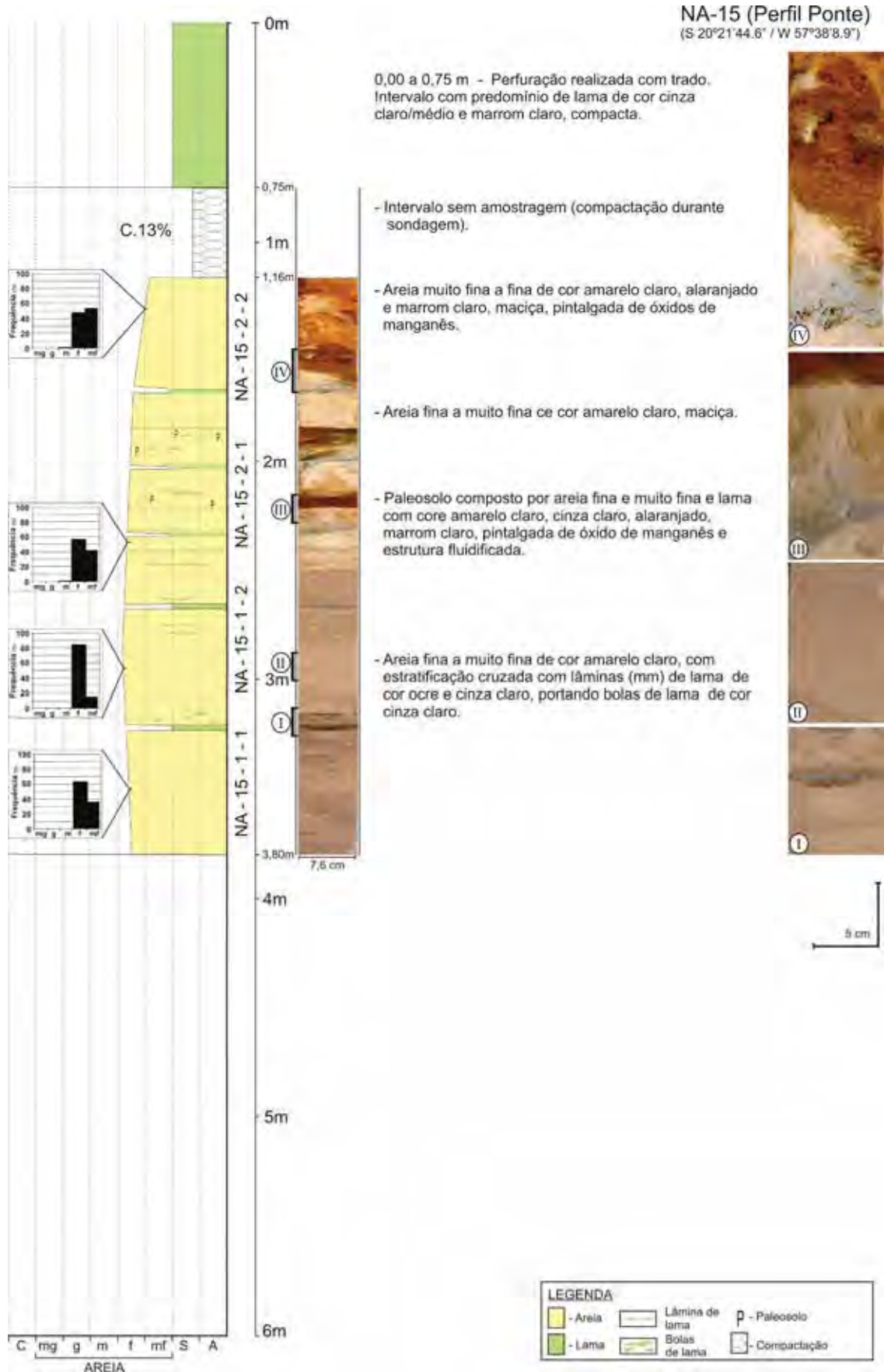




**Figura 27** – Perfil sedimentológico recuperado do interior do cinturão de meandros abandonado (ponto NA-11).

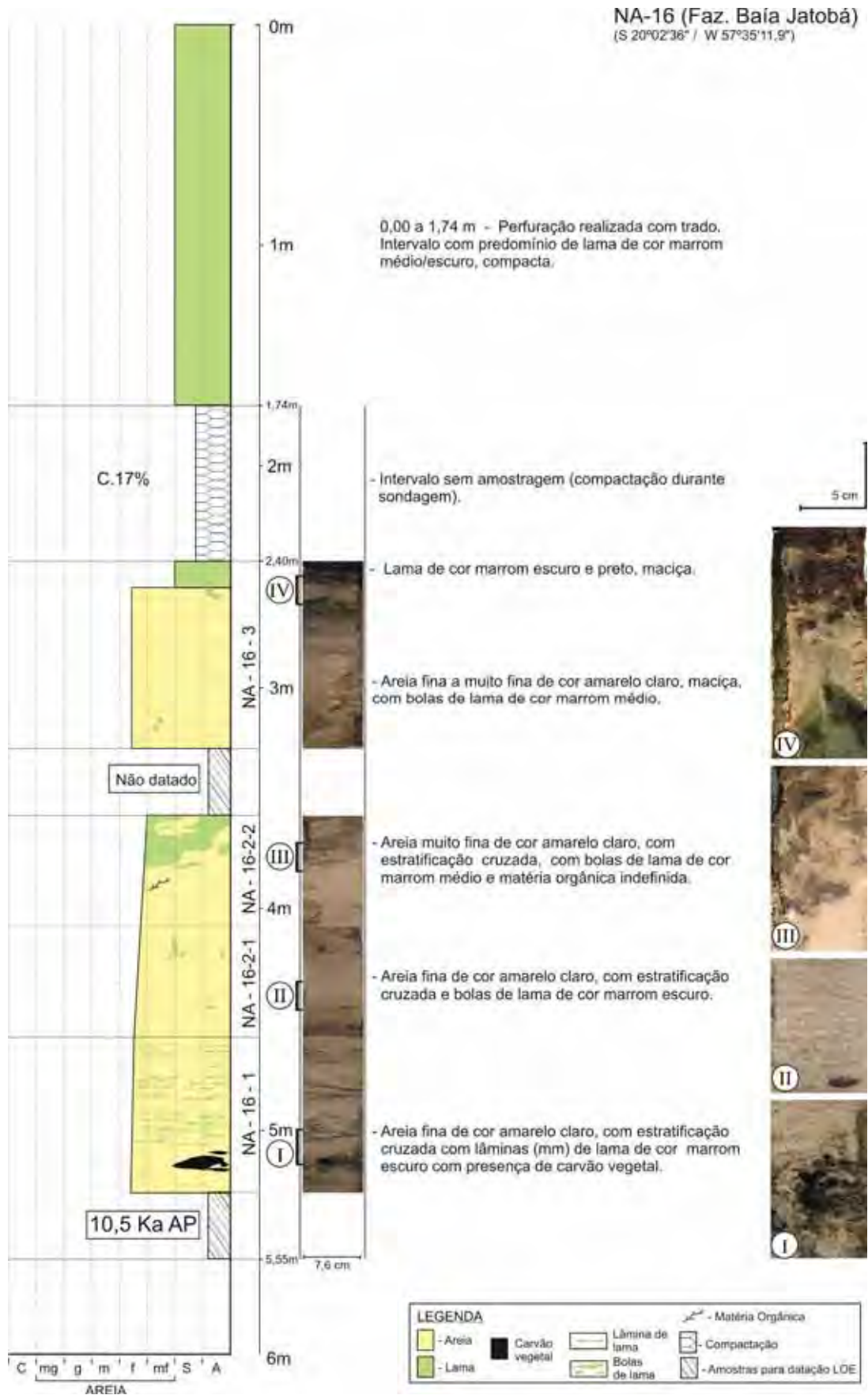


**Figura 28** – Perfil sedimentológico recuperado do interior do cinturão de meandros abandonado (ponto NA-13).



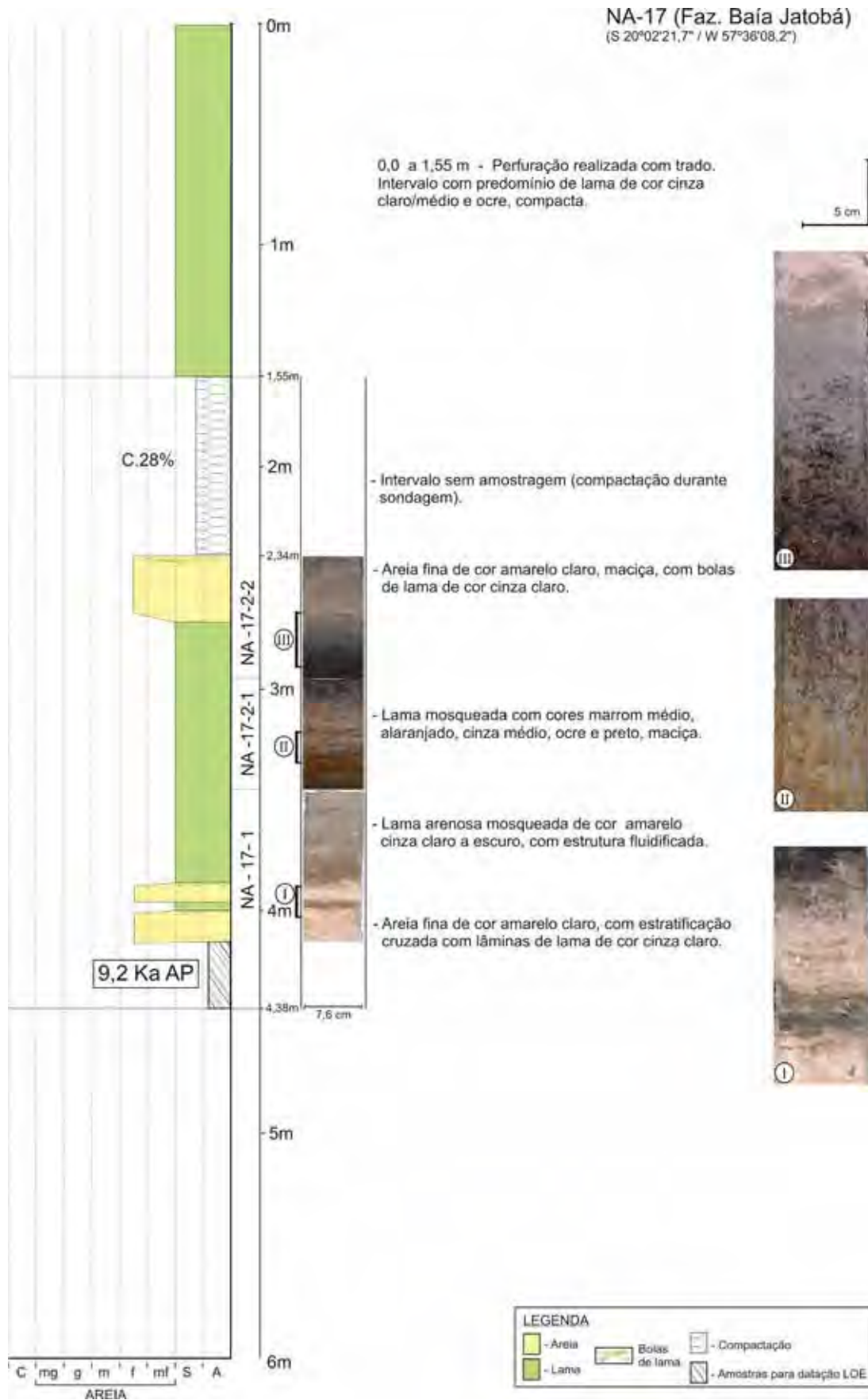
**Figura 29** – Perfil sedimentológico recuperado do interior do cinturão de meandros abandonado (ponto NA-15).



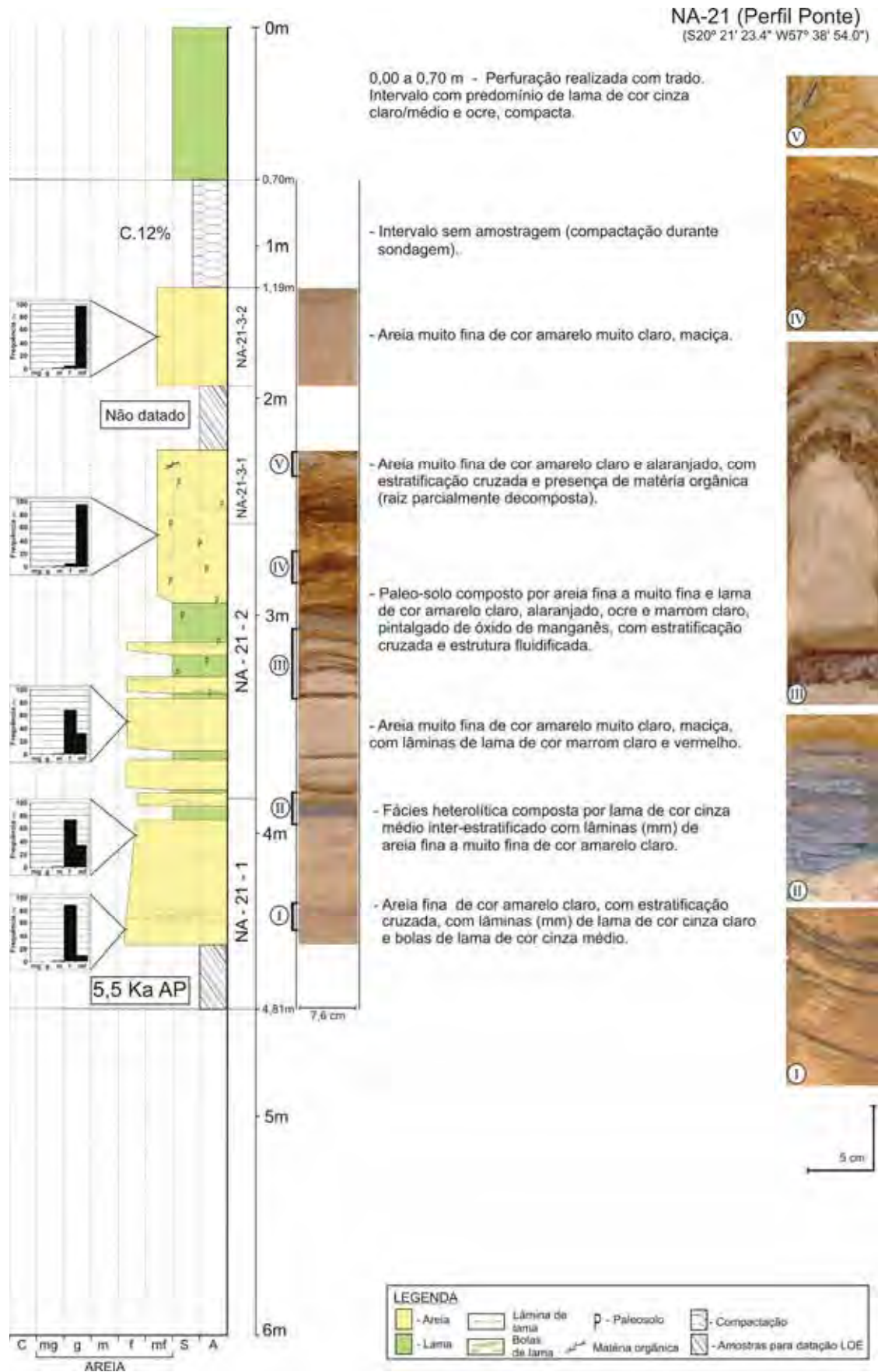


**Figura 30** – Perfil sedimentológico recuperado do interior do cinturão de meandros abandonado (ponto NA-16).

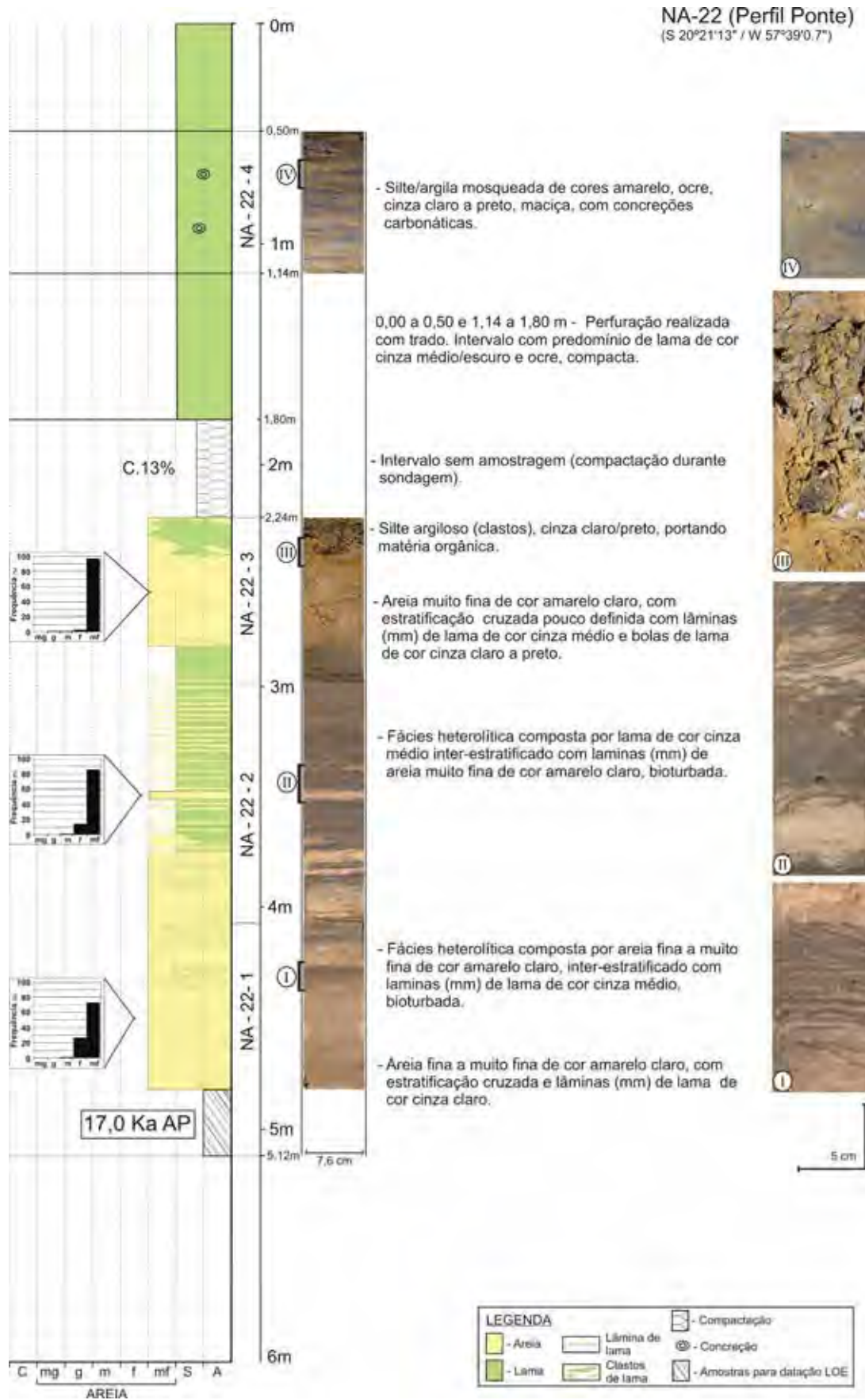




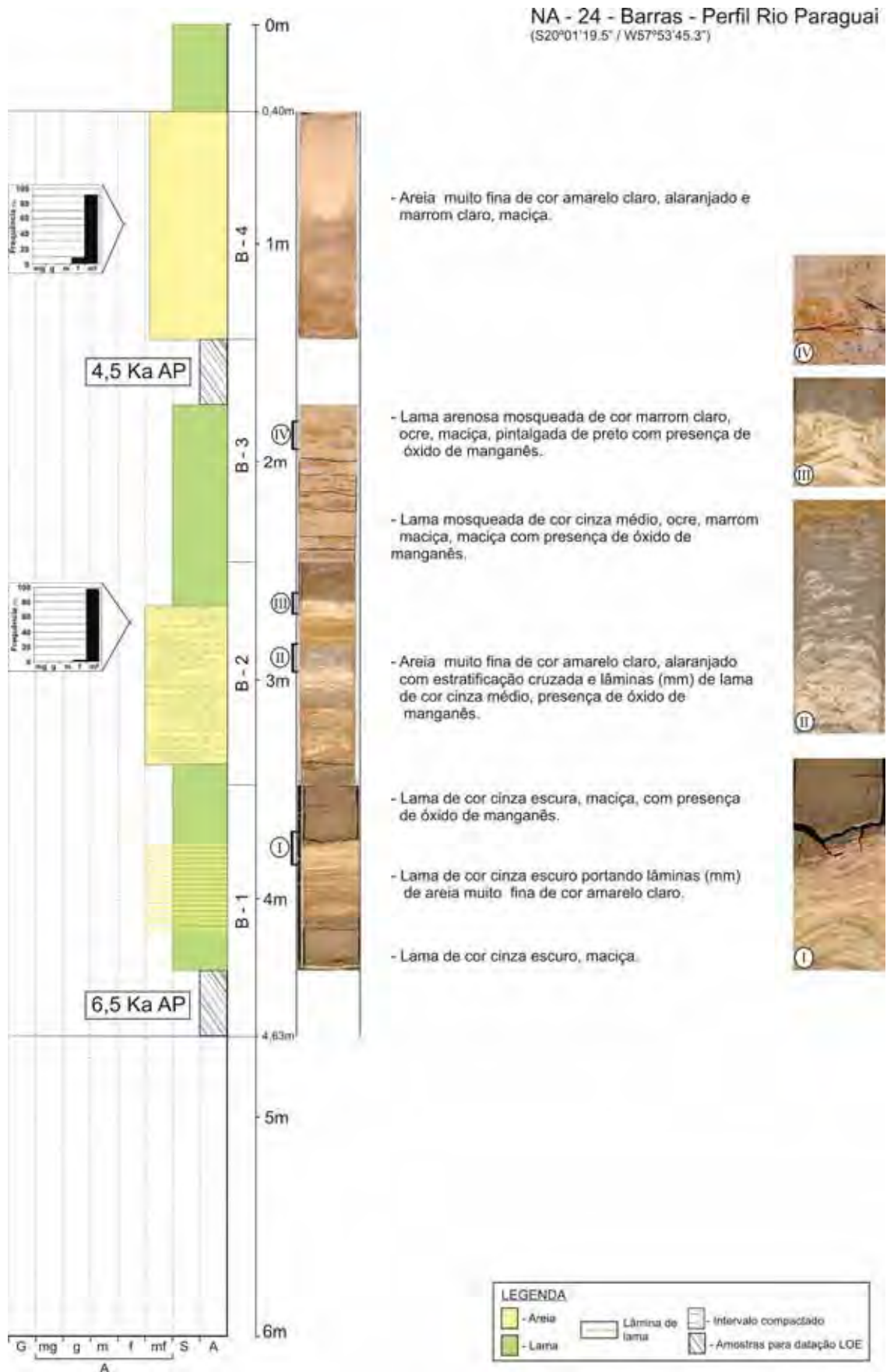
**Figura 31** – Perfil sedimentológico recuperado do interior do cinturão de meandros abandonado (ponto NA-17).



**Figura 32** – Perfil sedimentológico recuperado do interior do cinturão de meandros abandonado (ponto NA-21).

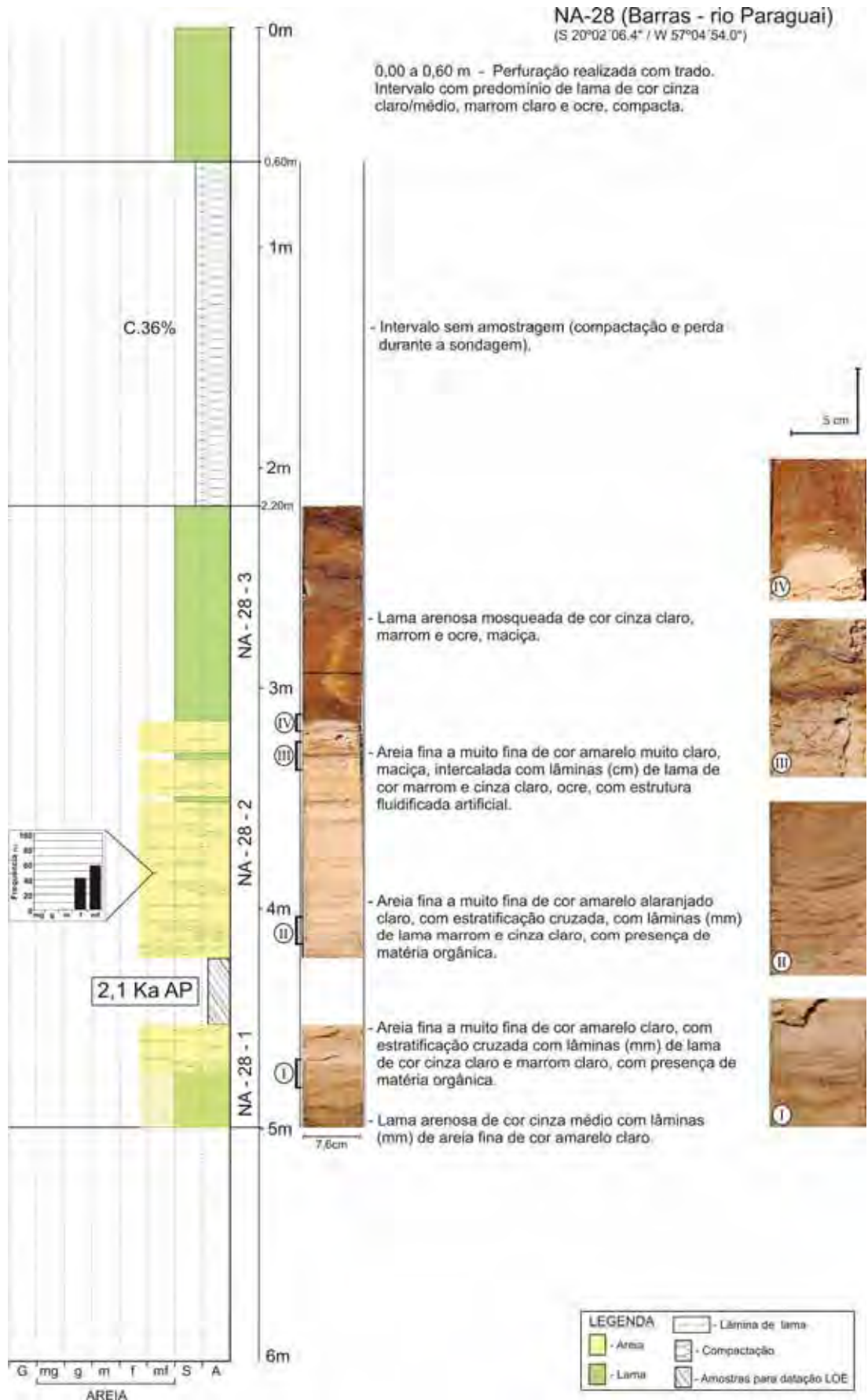


**Figura 33** – Perfil sedimentológico recuperado do interior do cinturão de meandros abandonado (ponto NA-22).



**Figura 34** – Perfil sedimentológico recuperado do interior do cinturão de meandros atual (ponto NA-24).





**Figura 35** – Perfil sedimentológico recuperado do interior do cinturão de meandros atual (ponto NA-28).

Em todos os pontos amostrados houve presença de sedimentos finos (argila/silte), cobrindo depósitos arenosos. Essa camada superficial apresentou maior espessura sobre os depósitos da planície aluvial degradada, com uma média de 3,40 m, enquanto que nos cinturões de meandros, abandonado e atual, a espessura média dessa camada de sedimentos finos foi de 0,80 m.

### 5.2.2. Cronologia dos depósitos

A datação de depósitos dos diferentes compartimentos geomorfológicos, revelaram idades que variam entre o Pleistoceno Tardio e o Holoceno. Os resultados obtidos estão apresentados nas tabelas 2 a 5, ordenados em 4 grupos: A) planície aluvial degradada indiferenciada, B) planície aluvial degradada com espiras de meandros, C) cinturão de meandros abandonado, D) cinturão de meandros atual.

As datações obtidas dos testemunhos recuperados da planície aluvial degradada (Tabela 2) indicaram que a área abriga os depósitos mais antigos do megaleque do Nabileque, com idades do Pleistoceno Tardio, compreendidas entre  $57.800 \pm 6.000$  e  $12.800 \pm 1.500$  AP.

**Tabela 2** – Idades LOE dos depósitos da planície aluvial degradada indiferenciada (anos AP – antes do presente).

Ponto	Profundidade da amostra (m)	Idade	Código LVD / FATEC
NA-08-1	5,60	$45.000 \pm 5.400$	2197
NA-09-1	4,64	$22.000 \pm 2.800$	2198
NA-12-1	5,12	$57.800 \pm 6.000$	2201
NA-12-2	3,70	$43.500 \pm 9.000$	2202
NA-20	3,40	$50.500 \pm 7.500$	2212
NA-23-3	2,27	$12.800 \pm 1.500$	2215
NA-27-1	1,80	$36.700 \pm 5.000$	2220

Outras cinco amostras, recuperadas de antigas espiras de meandros pertencentes à planície aluvial degradada, revelaram depósitos formados durante o Pleistoceno Tardio (Tabela 3), com idades entre  $42.000 \pm 9.000$  e  $13.000 \pm 1.500$  AP. As idades das amostras recuperadas dos pontos NA-18 e NA-19 permitem reconhecer que canais meandrantos estavam ativos na área estudada desde pelo

menos 42.000 anos AP. O depósito mais jovem destas geofeições foi datado próximo ao topo do testemunho do ponto NA-04, revelando idade de  $13.000 \pm 1.500$  AP.

**Tabela 3** – Idades LOE dos depósitos da planície aluvial degradada com espiras de meandros (*scroll bars*).

Ponto	Profundidade da amostra (m)	Idade (anos AP)	Registro no Laboratório LVD
NA-03	2,33	$16.800 \pm 2.500$	2016
NA-04	1,60	$13.000 \pm 1.500$	2017
NA-14-1	5,40	$44.000 \pm 9.300$	2204
NA-14-3	3,30	$22.900 \pm 5.800$	2205
NA-18-1	5,67	$42.000 \pm 9.000$	2208
NA-18-3	3,70	$21.500 \pm 2.000$	2209
NA-19-1	4,40	$38.000 \pm 3.000$	2210
NA-19-2	2,82	$20.000 \pm 3.000$	2211

A datação dos depósitos amostrados no interior do cinturão de meandros abandonado revelou idades inferiores às dos depósitos pertencentes à planície aluvial degradada. Nesse compartimento houve predomínio de sedimentos com idade holocênica (Tabela 4). Entretanto, em um dos pontos amostrados em paleogeofomas fluviais (NA-22), registrou idade pleistocênica.

**Tabela 4** – Idades LOE dos depósitos do cinturão de meandros abandonado.

Ponto	Profundidade da amostra (m)	Idade (anos AP)	Registro no Laboratório LVD
NA-01	1,72	$6.850 \pm 750$	2014
NA-02	1,76	$6.100 \pm 700$	2015
NA-13-1	5,40	$4.000 \pm 800$	2203
NA-16-1	5,55	$10.500 \pm 1.300$	2206
NA-17-1	4,38	$9.200 \pm 1.500$	2207
NA-11-1	5,50	$6.700 \pm 1.000$	2199
NA-11-4	2,40	$3.900 \pm 400$	2200
NA-21-1	4,66	$5.500 \pm 1.000$	2213
NA-22-1	5,12	$17.000 \pm 2.000$	2214

Datações das amostras do cinturão de meandros atual revelaram que esta unidade é sítio de sedimentação recente, com idades holocênicas entre  $6.500 \pm 650$  e  $2.100 \pm 400$  AP (Tabela 5).

**Tabela 5** – Idades LOE dos depósitos do cinturão de meandros atual.

Ponto	Profundidade da amostra (m)	Idade (anos AP)	Registro no Laboratório LVD
NA-24-1	4,63	$6.500 \pm 650$	2216
NA-24-3	1,70	$4.500 \pm 500$	2217
NA-25-1	4,10	$2.600 \pm 300$	2218
NA-26-1	5,76	$5.000 \pm 650$	2219
NA-28-1	4,20	$2.100 \pm 400$	2221

Apesar de haver registros de matéria orgânica em alguns testemunhos, o material recuperado para datação radiométrica foi escasso e, devido à abundância de areias quartzosas, priorizou-se datar amostras por LOE. Os testemunhos com presença de matéria orgânica foram recentemente avaliados e algumas amostras serão encaminhadas futuramente para laboratório de datação  $^{14}\text{C}$ .

### 5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os compartimentos geomorfológicos amostrados (planície aluvial degradada, indiferenciada e com espiras de meandros, cinturão de meandros abandonado e atual) revelaram grande diversidade, comprovada por depósitos compostos por fácies sedimentares e idades variadas. Apesar desta diversidade, os sedimentos recuperados possibilitaram o reconhecimento de episódios deposicionais formados por eventos cronologicamente distintos.

Os pontos amostrados na planície aluvial degradada revelaram depósitos arenosos antigos, cobertos por espessa camada de sedimentos finos compactos. Depósitos fluviais de canais meandrantés formados por areias estratificadas foram recuperados de geofeições de espiras de meandros, preservadas na superfície desse compartimento (Pontos NA-14 e NA-18 - Figuras 25 e 26).

Depósitos fluviais também foram observados em áreas da planície aluvial degradada em que não se observa o registro superficial de espiras de meandros,



como é o caso do ponto NA-12 (Figura 23). Neste local, uma camada de lama com aproximadamente 2,90 m sobre areias com estratificação cruzada (Figura 19), datadas em 57,8 Ka AP na base e 43,5 Ka AP no topo do testemunho (Tabela 2). Depósitos similares, encontrados no megaleque do Taquari, revelaram também idade pleistocênica (Assine 2003).

Sedimentos finos compactos, encontrados em todos os pontos amostrados da planície aluvial degradada, são interpretados como depósitos de inundação. Tal fato permite explicar porque há maior obliteração dos paleocanais da superfície do megaleque do Nabileque em comparação aos demais megaleques do Pantanal, que possuem lobos deposicionais ativos.

Utilizando o critério de truncamento de formas mais antigas pelas mais jovens (Assine 2003), conclui-se que os cinturões de meandros, atual e abandonado, são cronologicamente mais jovens que a planície aluvial degradada, fato comprovado pela idade dos depósitos amostrados nestes compartimentos, predominantemente holocênicos (Tabelas 4 e 5).

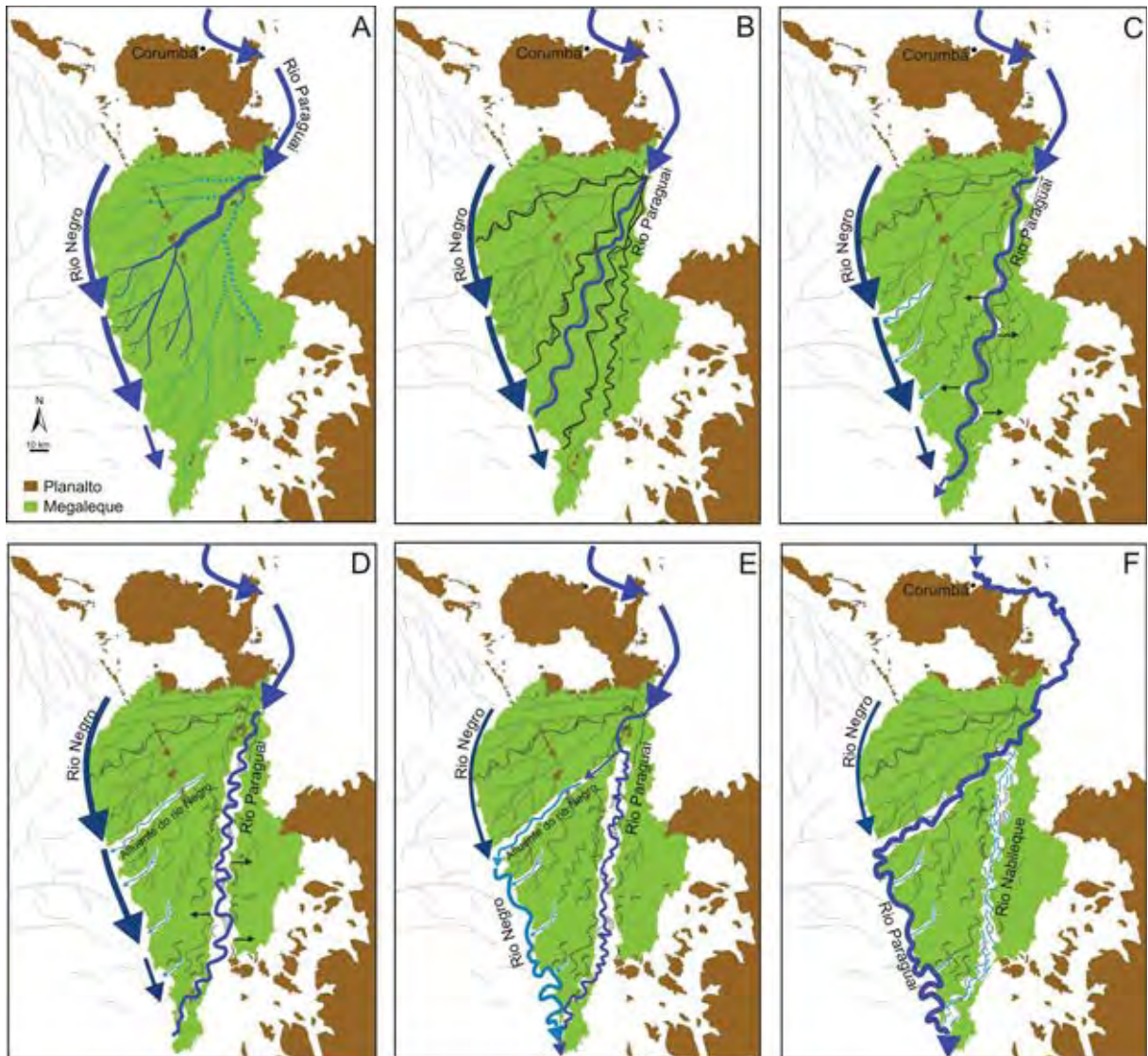
Outra evidência de que os cinturões de meandros são mais jovens que a planície aluvial degradada consiste no fato de que ambos os vales não possuem a espessa camada de lama superficial como as camadas encontradas na planície aluvial degradada. O fluxo tem mais energia nos vales e causa deposição de material mais grosso (areias), com estruturas de fluxo, em detrimento da sedimentação de finos (silte e argila).

Os depósitos dos cinturões de meandros revelaram típicas fácies fluviais, ricas em estruturas formadas por corrente. A granodecrescência ascendente, constatada nos testemunhos, indica origem em barras em pontal.

A sobreposição de diferentes padrões fluviais é a característica geomorfológica mais significativa do megaleque do Nabileque, consequência de várias mudanças ambientais que ficaram registradas nos diferentes compartimentos identificados. Com base na sucessão cronológica relativa de eventos, apresentada no capítulo anterior, e com o suporte dos resultados da análise dos depósitos amostrados e das datações dos sedimentos, foi possível detalhar melhor a evolução e o sequenciamento dos eventos que modelaram o relevo (Figura 36).

O primeiro evento reconhecido foi a formação de uma rede de canais distributários com atividade de lobos deposicionais ativos, formados pelo rio Paraguai a partir da foz do rio Miranda (Figura 36-A). A progradação do sistema

distributário se estendia até o contato com porções distais de leques coalescentes adjacentes, pertencentes à bacia do Chaco e provenientes da Bolívia e do Paraguai. A datação de depósitos dos lobos do megaleque (hoje pertencentes à planície aluvial degradada) revela que havia um sistema fluvial distributário ativo pelo menos desde 57,8 Ka AP (NA-12).



**Figura 36** – Mudanças paleo-hidrológicas e estágios evolutivos do megaleque do Nabileque (sequencia de quadros são referenciados e explicados no texto).

A mudança do padrão fluvial de distributário para meandrante com alta sinuosidade, foi interpretado como resultado do aumento na vazão e do aporte sedimentar do rio Paraguai, devido a mudanças climáticas regionais (Figura 36-B). A julgar pela direção variada desses canais, o rio passou a divagar sobre os depósitos

distributários anteriores com padrão meandrante, imprimindo na paisagem extensa malha de canais nômades, repletos de feições de espiras de meandros e meandros abandonados, ainda hoje visíveis (Figura 19-E). Os depósitos desses canais também são pleistocênicos, mas são mais jovens que os distributários, pois datações revelaram idades entre 42 e 13 Ka AP (Tabela 3).

A mudança de padrão fluvial, de distributário para meandrante encaixado em planície, foi gradual e pode ter sido consequência de aumento da vazão relacionada às condições climáticas mais úmidas final do Pleistoceno e no início do Holoceno, apontadas por muitos autores como um período marcado por condições mais úmidas e frequentemente instáveis (Thomas & Thorp 1996, Assine 2010).

Rebaixamento do nível de base de erosão, no vale por onde passou a fluir o rio Paraguai, ocorreu a partir de mudanças climáticas ocorridas do final do Pleistoceno ao início do Holoceno. A migração lateral do rio Paraguai dentro do vale inciso provocou o seu alargamento por erosão lateral (Figura 36-C).

Mudanças climáticas também foram aventadas para explicar a incisão do rio Ganga (Shukla et al. 2001), mas outras causas também foram usadas, como a de que a incisão foi resultado da queda do nível do mar (Singh 1996). Diversos trabalhos apontam as mudanças climáticas como o principal fator da alteração das características fluviais (knighton 1984, Caragnano 1999, Sohn et al. 2007, Miall 1996). Blum et al. (1994) mostra em seu trabalho que as mudanças climáticas podem ser mais impactantes que as alterações no nível de base regional. Para Schumm (1993), as mudanças climáticas aceleram os efeitos sobre a produção de sedimentos e são mais rápidas se comparadas às mudanças de nível de base regional e mudanças tectônicas.

Concomitantemente à recente formação do vale inciso, onde o rio Paraguai passou a fluir, o restante da superfície do megaleque também experimentou processo de dissecação. Nesta fase novos canais tributários, afluentes do rio Negro, causaram erosão dos depósitos do megaleque. Tais drenagens obliteraram paleocanais distributários e evoluíram com a formação de vales sob erosão remontante, cortando depósitos aluviais do antigo sistema distributário do megaleque (Figura 36-C e D).

Após a fase de incisão, que se prolongou até o Holoceno inicial, o rio Paraguai passou a agrandar o vale, construindo amplos e complexos depósitos de espiras de meandros e canais abandonados. A julgar pela dimensão dos paleocanais

existentes na planície de meandros abandonados, o rio Paraguai era largo, com vazão semelhante à atual.

Considerando que as sondagens realizadas no interior do cinturão de meandros abandonado tenham atingido a base dos depósitos, é possível inferir que o preenchimento do vale ocorreu após 10 Ka AP, como mostra o resultado obtido na base do ponto NA-16 (Figura 30). Com este mesmo raciocínio, pode-se dizer que o topo dos testemunhos recuperados representa o término da atividade deposicional do rio Paraguai neste compartimento. Sendo assim, o vale foi agradado até o Médio Holoceno, como mostra os depósitos dos pontos NA-11 e NA-13 (Figuras 27 e 28), que registraram respectivamente idades de 3,9 e 4,0 Ka AP.

O ponto NA-22, também situado no interior do vale inciso, destoa dos demais depósitos recuperados, cuja datação registrou idade pleistocênica (Tabela 4). A análise dos sedimentos atesta origem fluvial, com fácies heterolítica composta por alternância de camadas delgadas de areia fina e lama com estratificação. Para explicar a diferença de idade encontrada, julga-se que a sondagem ultrapassou os depósitos do vale inciso e atingiu os sedimentos da antiga superfície do megaleque a 5,12 m, com idade de 22 Ka AP.

A continuidade de erosão remontante nos canais erosivos causou migração para montante das cabeceiras de afluentes do rio Negro, até a planície do rio Paraguai, gerando oportunidade para a captura de parte do fluxo do rio Paraguai. O fluxo principal passou a correr também pelo novo canal e na sua nova planície deu-se a formação do atual cinturão de meandros (Figura 36-E).

Conforme exposto no capítulo anterior, o cinturão de meandros atual evoluiu sob controle tectônico, condicionado por falhas associadas ao Lineamento Transbrasiliano. As espiras de meandros amostradas no interior do cinturão de meandros atual revelaram idades holocênicas. Os depósitos amostrados apresentaram idades entre 6,5 Ka AP e 2,1 Ka AP (Tabela 5), mais jovens que as demais unidades geomorfológicas, consoante assim com as interpretações apresentadas no capítulo 4.

As idades dos depósitos amostrados no cinturão de meandros, atual e abandonado, permitem concluir que o rio Paraguai esteve bifurcado no passado. A datação do topo dos depósitos do cinturão de meandros abandonado é cronocorrelata à idade dos depósitos da base do cinturão atual (Tabelas 4 e 5). Esta



constatação indica que a bifurcação do rio Paraguai ocorreu após 7,7 Ka AP e que o rio abandonou seu antigo vale há pelo menos 3,5 Ka AP.

Assine & Soares (2004) postularam que o vale sofreu ajustes fluviais, resultado das mudanças climáticas ocorridas durante o Holoceno. Com base na interpretação dos eventos ocorridos na área estudada, impressos em sua superfície, é possível dizer que as causas das mudanças na paisagem estão associadas à conjunção de processos alogênicos e autogênicos.

Em determinado momento o rio Paraguai correu em dois canais e o antigo curso foi progressivamente abandonado. Como consequência, o rio Paraguai passou a desaguar no canal do rio Negro, situado a sudoeste (Figura 36-E). Este cenário pode ser explicado pela conjunção de fenômenos como a avulsão e a captura fluvial.

O rompimento de diques marginais no lado côncavo de meandros do rio Paraguai promoveu o direcionamento do fluxo para drenagens pré-existentes na planície aluvial degradada. Evidência da existência dessas drenagens é indicada pela morfologia do cinturão de meandros atual, cuja largura aumenta em direção a jusante, uma característica do processo de erosão remontante, iniciada durante a formação de drenagens afluentes do rio Negro.

Com a mudança do curso principal, o traçado do canal formou uma curva acentuada, onde havia a foz do afluente do rio Negro, que passou a drenar o fluxo do rio Paraguai e formou seu novo canal. Deflexões de canais como as que são observadas na área são conhecidas na literatura por “cotovelos de captura”, um registro geomorfológico do processo de captura fluvial (Goudie 2006).

Conseqüentemente, o antigo cinturão de meandros foi sendo abandonado e nele se instalou o rio Nabileque, um rio de menor porte, subajustado (*underfit stream*) em relação às feições fluviais da planície onde corre. O rio Nabileque integra hoje uma drenagem anastomosada, ora encaixada em espiras de meandros ora cortando relictas feições meandrantas. Esta configuração indica que o rio Nabileque não é o antigo curso do rio Paraguai, mas um rio que se instalou na planície abandonada do rio Paraguai (Kuerten et al. 2009a). Para tentar responder quando ocorreu a mudança, foram realizadas análises dos testemunhos visando obter pistas a partir de indicadores *proxy*. Os primeiros resultados dessa iniciativa são apresentados no capítulo 6.

## 5.4. CONCLUSÕES

A análise dos testemunhos permitiu elucidar algumas das inúmeras questões que envolvem a evolução das geoformas preservadas na superfície do Pantanal do Nabileque.

A datação dos depósitos da planície aluvial degradada revelaram dois estágios da evolução do relevo ocorridos durante o Pleistoceno. O primeiro estágio aponta que o sistema fluvial distributário do megaleque estava ativo entre 57,8 e 36,7 Ka AP, mudando paulatinamente para padrão meandrante. O processo de mudança gerou extensos depósitos de espiras de meandros que obliteraram boa parte dos paleocanais dos antigos lobos distributários, um período reconhecido pela idade dos depósitos amostrados entre 42 e 13 Ka AP. Tais processos possivelmente estão associados a mudanças ambientais que ocorreram durante e ao final do último período glacial.

Estudo realizado no rio Paraná reconheceu a incisão do canal durante as mudanças climáticas do Holoceno (Stevaux 1994). Assine (2010) também postula que houve uma fase de incisões no Pantanal Mato-Grossense relacionadas às mudanças climáticas ocorridas no início do Holoceno (entre 10 e 7 Ka AP).

Processo de incisão fluvial do rio Paraguai cortou depósitos aluviais do megaleque do Nabileque. Rebaixamento do nível de base de erosão ao longo do perfil do rio Paraguai provocou a formação de um vale inciso a partir de 10 Ka AP. Durante o Holoceno, o rio construiu notáveis depósitos de barras em pontal e preencheu boa parte do vale. A idade dos depósitos do topo da planície marcam o limite da agradação vertical no compartimento, datações indicam idades mais recentes em torno de 4,0 Ka AP.

Registros geomorfológicos mostram condições instáveis pelo mundo todo na parte inicial do Holoceno (Goudie 1992). Nesta fase o rio Paraguai teve seu curso bifurcado, abandonou sua antiga planície após cerca de 4,0 Ka AP.

Após esse período outras mudanças ambientais deixaram registros na paisagem do Pantanal. Após a mudança de curso do rio Paraguai, o canal preencheu parte de seu vale e, posteriormente, passou a cortar seus depósitos de espiras de meandros, cuja idade mais recente obtida foi de 2,1 Ka AP.

A mudança de curso do canal tronco do sistema resultou na formação do mais notável exemplo de paleocinturão de meandros de todo Pantanal Mato-grossense,

no qual hoje se encontra embutido o rio Nabileque, um notável exemplo de rio subajustado (*underfit river*).

O Avanço no entendimento das causas das mudanças possibilitará a elaboração de um planejamento de uso mais coerente frente à fragilidade e dinâmica do sistema fluvial.

## 6. MUDANÇAS AMBIENTAIS NO HOLOCENO: UMA ANÁLISE COM BASE EM ESPICULAS DE ESPONJAS

O Pantanal constitui uma imensa planície aluvial com aproximadamente 138.000 km<sup>2</sup>, é uma das maiores áreas úmidas contínuas do planeta (Junk et al. 2006). Encontra-se alojada na Depressão do Alto Rio Paraguai, uma bacia sedimentar tectonicamente ativa, cuja origem tem sido relacionada a esforços e sobrecarga derivados da orogenia andina (Almeida 1959, Horton & DeCelles 1997, Ussami et al. 1999, Assine & Soares 2004).

O preenchimento sedimentar da Bacia do Pantanal vem sendo realizado por um trato de sistemas deposicionais complexo, composto por vários leques fluviais, com diferentes dimensões, cujas águas deságuam em planícies fluviais, às quais estão associados sistemas lacustres (Assine 2003). Muitas feições morfológicas são formas reliquias (Tricart 1982, Ab'Sabe 1988, Soares et al. 2003, Assine & Soares 2004), que testemunham uma evolução paleogeográfica condicionada por mudanças climáticas e variações do nível de base, que vêm ocorrendo na área desde o Neo-Pleistoceno.

O Pantanal do Nabileque (Figura 37) é um megaleque fluvial relicto localizado na saída do Pantanal Mato-Grossense para a Bacia do Chaco (Kuersten et al. 2009a). Sua superfície abriga um mosaico geomorfológico que apresenta uma progressiva mudança de estilos fluviais, alternados entre momentos com baixa e alta energia, que imprimiram notáveis feições geradas durante o Quaternário.

Buscando-se analisar e compreender a origem e evolução da planície encaixada do rio Nabileque, que corta no sentido N-S a superfície do Megaleque, foram realizadas sondagens com vibrotestemunhador leve, amostradas em paleoformas aluviais. Um dos testemunhos recuperados (NA-11) foi analisado detalhadamente e apresentou em seu conteúdo uma diversidade de espículas silicosas de esponjas continentais.

É crescente uso das espículas de esponjas como indicador *proxy* merecendo ser citados Gaiser et al. 2004 (América do Norte); Racek 1970 (continente europeu); Volkmer-Ribeiro 1992, Volkmer-Ribeiro & Motta 1995, Volkmer-Ribeiro & Turcq 1996, Volkmer-Ribeiro et al. 1995, 1998, 2001 a, b, 2006, 2007, Cândido et al. 2000, Parolin et al. 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, Almeida et al. 2009, Machado



2009, Moro et al. 2009, Rezende et. al. 2009, Kuerten et al. 2008, 2009b, 2009c (Brasil).

Tendo em vista os resultados positivos das pesquisas desenvolvidas até o momento, bem como a recente determinação de espongo fácies, definida por Parolin et al. (2008) como seqüência sedimentar com predomínio de espículas de esponjas de água doce indicadoras de determinadas condições paleoambientais, resolveu-se testá-las no detalhamento das mudanças paleoambientais ocorridas no megaleque do Nabileque.

A presença de diatomáceas e fitólitos também contribuiu para a determinação das condições paleoambientais. As diatomáceas possuem extensa literatura em trabalhos de reconstrução paleoambiental (Stoermer & Smol 1999, Gasse & Van Campo 2001, Knudsen et al. 2004, Liu et al. 2008, Crosta 2009, Esper et al. 2010). Já os fitólitos, que são corpos silicosos precipitados no tecido vegetal (Barboni et al. 1999), são referenciados como importante ferramenta de interpretação (paleo)ambiental (Albert & Madella 2009), mas, seu uso no Brasil ainda é incipiente (Campos & Labouriau 1969, Lima & Medanic 2007, Medanic et al. 2008).

Com base no conteúdo, principalmente de espículas silicosas, juntamente com dados sedimentares e datações foi possível reconhecer mudanças paleo-hidrológicas e paleoambientais no Holoceno da planície do rio Nabileque.

Este estudo é inédito para o Pantanal, especialmente pelo uso de espículas de esponjas na análise de mudanças ambientais, fornecendo subsídios para o entendimento dos registros geomorfológicos impressos na superfície do megaleque do Nabileque.

## 6.1 ÁREA AMOSTRADA

As amostras foram recuperadas de sedimentos obtidos por sondagem com vibrotestemunhador, realizada em paleoforma aluvial, localizada no vale inciso do rio Nabileque (20°16'38" de latitude sul e 57°33'00" de longitude oeste), borda sul do Pantanal Mato-Grossense (Figura 37).



**Figura 37** - Localização do ponto NA-11. A) Megaleque do Nabileque com indicação de sua localização na bacia sedimentar do Pantanal (Geocover Cirsas 2000 - 7R4G2B de 06/2001); B) A sondagem analisada foi amostrada em paleogeofomas embutidas na planície aluvial do rio Nabileque, Fazenda Santa Julia (Imagem Cnes/Spot Google Earth, 2009).

O rio Nabileque é um rio subajustado (*underfit stream*), que não tem relação genética com as feições existentes na planície de meandros onde flui (Kuersten et al. 2009a). Trata-se de ambiente deposicional composto por barras em pontal de sistema fluvial meandrante pretérito, parte do sistema meandrante do curso do rio Paraguai, que foi abandonado durante o Holoceno. Para Ab'Saber (1988) este vale inciso representa o mais notável exemplo de paleocanal do Pantanal.

A existência deste peculiar vale inciso testemunha um complexo processo de mudança do curso do rio Paraguai, que ocorreu pela conjugação processos de avulsão, relacionados à agradação do vale, curvatura da planície e rompimento dos diques marginais e de captura por afluente do rio Negro, de direção NE controlada por estruturas do Lineamento Transbrasiliiano (Kuersten et al. 2009a).

O ambiente é sítio de deposição aluvial holocênica, constituída por sedimentos argilo-arenosos e areno-conglomeráticos inconsolidados e/ou parcialmente consolidados, cobertos por unidades pedológicas hidromórficas minerais e não minerais (Franco & Pinheiro 1982, Alvarenga et al. 1982). Possui superfície topográfica extremamente plana, com cotas inferiores a 100 m, gradiente de declividade que varia entre 0,30 a 0,50 m/km na direção EW e 0,03 a 0,15 m/km na direção NS (DNOS 1974).

A área experimental inundações anuais que se iniciam em março e se estendem por até 4 meses, podendo ocorrer em maior ou menor intensidade. O clima atual é do tipo tropical úmido (Aw segundo a classificação de Köppen), com

duas estações bem definidas, chuvosa (verão) e seca (inverno), pluviosidade anual de 1.100 mm, evapotranspiração anual superior a 1.140 mm e temperaturas médias entre 18°C e 25°C (Alfonsi & Camargo 1986, Zavatini 1990). A diferença negativa entre evapotranspiração e a precipitação anual regional é decorrente da discrepância entre a os períodos de precipitação e inundação, ou seja, áreas que se encontram em fase de estiagem experimentam inundações tardias, o que favorece uma maior taxa de evapotranspiração. Segundo Abdon & Silva (2006), a vegetação predominante é do tipo savana estépica (Chaco), interpenetrada por vários tipos de higrófitas, localizadas em áreas inundadas (Prance & Schaller 1982).

## 6.2 MÉTODOS E MATERIAIS

O ponto amostrado foi escolhido com auxílio de imagens orbitais de alta resolução, objetivando a realização conjunta de sondagens em seções transversais dentro e fora do cinturão de meandros do vale fluvial inciso do rio Nabileque.

O testemunho sedimentológico recuperado foi obtido por sondagem com vibrotestemunhador. Duas amostras de sedimentos foram extraídas e encaminhadas ao Laboratório de Vidros e Datação (LVD) da Faculdade de Tecnologia de São Paulo para datação por método de luminescência opticamente estimulada (LOE).

Para exame das espículas ao microscópio óptico, foram retiradas porções de 15 cm<sup>3</sup> de sedimentos de diversas profundidades do testemunho de sondagem.

As amostras foram individualmente fervidas em tubo de ensaio com ácido nítrico (65 %), lavadas diversas vezes com água e num segundo momento com álcool (70 %), agilizando-se o processo com centrifugação. Depois dessa fase o material foi pingado sobre lâminas que, após secagem, foram cobertas com Entelan® e lamínula (Volkmer-Ribeiro & Turcq 1996). Ao todo foram preparadas 250 lâminas que no presente estão depositadas no Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam (Lepafe).

As espículas silicosas presentes nos sedimentos foram identificadas conforme as categorias descritas por Volkmer-Ribeiro & Pauls (2000) sendo: a) megascleras, espículas que integram toda a rede esquelética e geralmente são as maiores espículas presentes; b) microscleras apresentam superfície recoberta por espinhos, possuem valor taxonômico na caracterização de gêneros e espécies e c) gemoscleras, espículas que recobrem as gêmulas das esponjas e que constituem o

caráter morfológico mais importante na caracterização de famílias, gêneros e espécies encontradas. Com a observação das lâminas também foram reconhecidas estruturas silicosas de diatomáceas e fitólitos, diferenciadas de esponjas e identificados com base em bibliografia específica.

Após a identificação das espécies, presente nos diferentes intervalos, elaborou-se para o perfil analisado uma reconstituição ambiental baseada na assembléia biológica típica de ambientes lóticos e lênticos, determinada em referências bibliográficas específicas. A reconstituição paleoambiental do perfil foi realizada por comparação e associação com resultados obtidos em outros estudos que descrevem o habitat dos organismos vivos e outros que também utilizaram espículas de esponjas como indicadores *proxy*.

### 6.3 RESULTADOS

A sondagem permitiu recuperar uma coluna de 430 cm de sedimentos subsuperficiais (Figura 38), a uma profundidade total de 550 cm, com as estruturas ainda preservadas, sem contaminação. Deste testemunho, os intervalos 550 e 200 cm foram datados, registrando idades LOE de respectivamente  $6.700 \pm 1.000$  e  $3.900 \pm 400$  AP (registradas no LVD da FATEC sob os números 2199 e 2200).

O testemunho recuperado atravessou seção constituída principalmente por areia fina e muito fina, interestratificada com lâminas (mm) de matéria orgânica e lama, além de camadas de areia com bolas de lama (Figura 38).

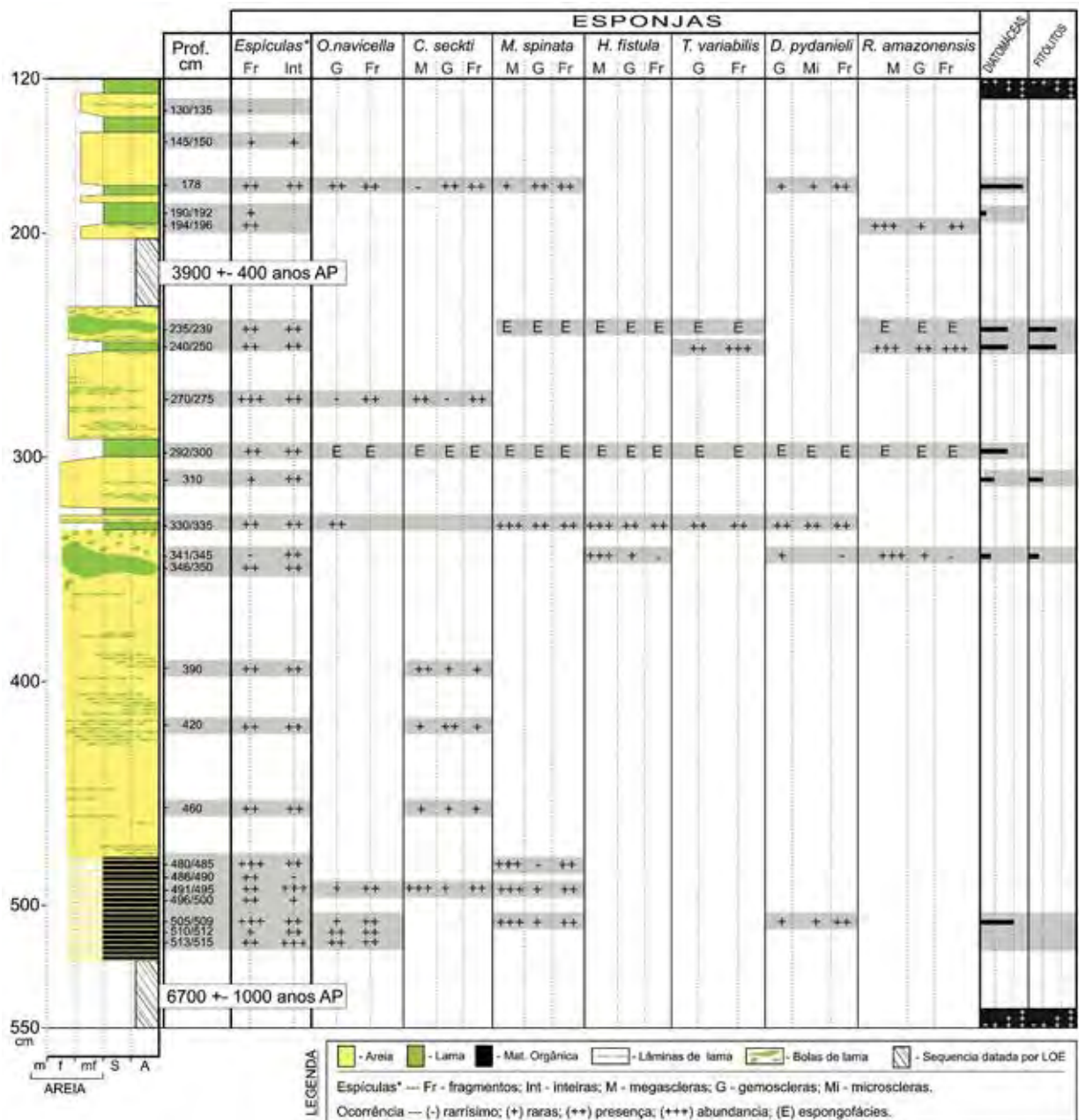
A análise do conteúdo espicular em sedimentos arenosos foi inovadora e até o momento não havia sido testada. A presença de espículas de esponjas permitiu a identificação das seguintes espécies (Figura 38 e 39): a) *Oncoslera navicella* (Carter 1881); b) *Metania spinata* (Carter, 1881) c) *Dosilia pydanieli*, Volkmer-Ribeiro 1992; d) *Corvospongilla seckti* (Bonetto & Ezcurra de Drago 1966); e) *Heterorotula fistula*, Volkmer-Ribeiro & Motta 1995; f) *Radiospongilla amazonensis* Volkmer-Ribeiro & Maciel 1983; g) *Trochospongilla variabilis* Bonetto & Ezcurra de Drago 1973.

### 6.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

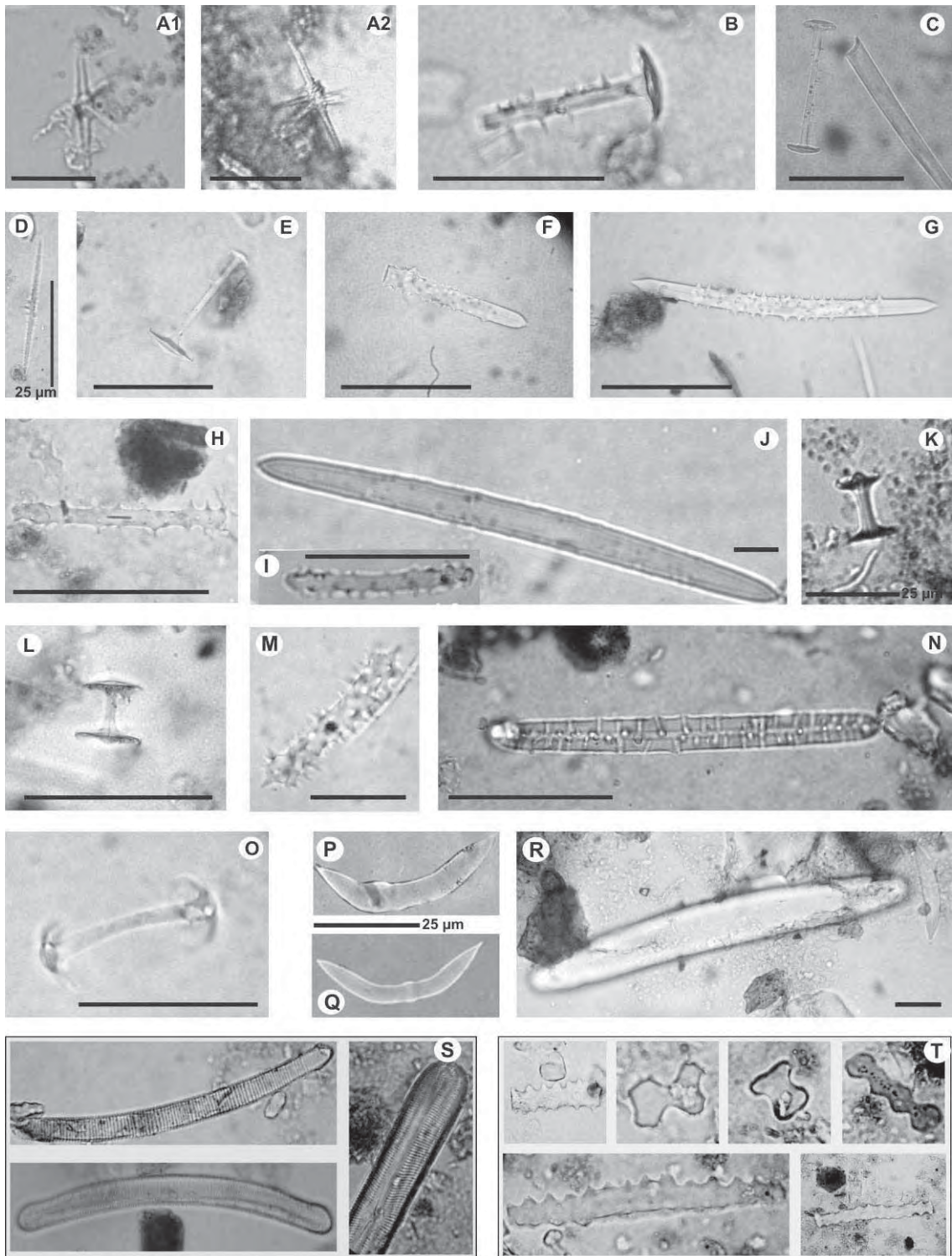
O registro de gemoscleras de *O. navicella*, na base do perfil estudado (510 a 515 cm, datado em  $6,7 \pm 1,0$  Ka AP), indica a presença de ambiente lótico. A espécie



*O. navicella* tem distribuição contínua na América do Sul, sendo encontrada nos rios Amazonas (localidade tipo), Orinoco (Venezuela), Tocantins, Tapajós, Jamari, São Francisco, Araguaia e Negro (Uruguai) (Volkmer-Ribeiro 1999). Incrusta pedras, argilas endurecidas e conchas de bivalves em bentos de rios, ambientes estáveis com grande volume de água, sujeito as pequenas perturbações sazonais (Volkmer-Ribeiro 1999, Volkmer-Ribeiro e Pauls 2000).



**Figura 38** – Diagrama do perfil sedimentológico analisado. Perfil sedimentológico (ponto NA-11; Figura 27), datações LOE e ocorrência de espículas de esponjas continentais, diatomáceas e fitólitos.



**Figura 39** - Prancha de táxons e outros indicadores identificados. A1 e A2) *Dosilia pydanieli* (microsclera); B) *Dosilia pydanieli* (fragmento de gemosclera); C) *Dosilia pydanieli* (gemosclera e fragmento de Megasclera sem táxon definido); D) *Metania spinata* (microsclera); E) *Metania spinata* (gemosclera); F) *Metania spinata* (fragmento de megasclera Beta); G) *Metania spinata* (megasclera Beta); H-I) *Radiospongilla amazonensis* (gemosclera); J) *Radiospongilla amazonensis* (megasclera); K-L) *Trochospongilla variabilis* (gemosclera); M) *Corvospongila seckti* (gemosclera); N) *Heterorotula fistula* (megasclera Beta); O) *Corvospongila seckti* (microsclera); P-Q) *Oncosclera navicella* (gemoscleras); R) *Oncosclera navicella* (megasclera e gemosclera); S) frústulas de diatomáceas (gen. *Eunotia* e *Pinulária*); T) Fitólitos. Escala 50 µm.

Na seqüência entre 491 a 509 cm, o registro de *M. spinata* (megascleras abundantes), *D. pydanieli* (raras gemoscleras), *O. navicella* (raras gemoscleras), *C. seckti* (raras gemoscleras e megascleras) e a presença de diatomáceas apontam, principalmente pela ausência de gemoscleras de *M. spinata*, um maior tempo de residência de água, provavelmente sob condições semi-lóticas.

A espécie *M. spinata*, que possui um amplo espectro adaptativo (Melão 1991), habita preferencialmente ambientes lênticos (Volkmer-Ribeiro 1992). Ocorre de Roraima ao noroeste de São Paulo, tendo como habitat lagoas de pequeno porte, típicas do bioma cerrado, podendo ocupar desde substratos do fundo até proximidades da superfície, encontrada também em registros fósseis na espongofauna do paleolago Cemitério, em Catalão, Goiás (Machado 2009). Volkmer-Ribeiro & Motta (1995), identificaram *M. spinata* como espécie colonizadora e abundante da base ao topo dos depósitos pelitos lacustres da região de Paranaíba, MS, apontam ainda que a espécie tolera ambientes de águas levemente ácidas, com abundância de macrófitas e estacionalmente expostos à seca.

A espécie *D. pydanieli* é encontrada em pequenas lagoas com vegetação abundante de macrófitas, incrustando caules e folhas submersas em pequena profundidade, em locais abrigados da luz, distribuídas entre os estados de Roraima a São Paulo (Volkmer-Ribeiro 1999).

De acordo com Parolin (2006), *D. pydanieli* é a única espécie que ocupa atualmente lagoas da margem direita do rio Paraná no sudeste do Mato do Grosso do Sul. O mesmo autor constatou que os períodos de maior gemulação da espécie coincidiram com o inverno, correspondente a fases mais secas. Parolin (2006) estipulou fases lênticas e lólicas ocorridas durante o final do Pleistoceno e início do Holoceno, baseado na ocorrência de *D. pydanieli*, *M. spinata*, *T. variabilis*, *H. fistula* e *R. amazonensis* (fase lêntica) intercalada com a presença de *C. seckti* (fase lólica).

A espécie *C. seckti* tem seu registro para ambientes lólicas, nos quais forma crostas robustas no substrato rochoso (contínuo ou desagregado) em ambientes turbulentos (Batista & Volkmer-Ribeiro 2002, Tavares et al. 2003). Bonetto & Ezcurra de Drago (1970, 1966) registraram a presença de *C. seckti* em substratos rochosos nos rios Paraná, Uruguai e arroios na porção norte da Argentina. Tavares (1994) e Batista et al. (2003) descreveram a ocorrência de *C. seckti* ocupando substratos rochosos e substratos vegetais duros (troncos e galhos), situados nas margens ou leitos dos rios na Região Amazônica. Parolin et al. (2007) reconheceram



paleoambiente lótico pela ocorrência de espículas de *C. seckti*, em depósitos do rio Esperança, região de Taquarussu, MS (2,14° ao sul da região estudada). Os autores apontam que os depósitos foram originados pelo rio durante o Holoceno, com pulsos de inundação marcados em 4.010 anos AP.

As condições ambientais retratadas pela assembléia de esponjas encontradas na profundidade 491 a 509 cm, associadas à interpolação das idades do depósito, remetem ao período conhecido por “*optimum*” climático do Holoceno na América do sul e Brasil, situado entre 8.000 e 5.000 anos AP. Entre as evidências do aumento de precipitação ocorrido durante esse período cita-se o aumento no nível de lagos, o restabelecimento de cinturões florestais e a construção de planícies de inundações nos principais rios (Thomas & Thorp 1996, Margraf 1989, Turcq *et al.* 1987).

Iriondo & Garcia (1993), escrevendo sobre as variações climáticas do nordeste da Argentina, sugerem que o primeiro evento úmido tenha se iniciado entre 7.500 e 8.000 anos AP, sendo o limite mais jovem definido em 3.500 anos AP.

Kramer & Stevaux (2001) apresentaram duas evidências de uma fase mais úmida há 6 mil anos AP na lagoa Piranha (Unidade Geomorfológica Taquarussu), representados por uma intensa cimentação argilo-ferruginosa e um paleonível.

Maior tempo de residência de água também é indicado pela assembléia de espécies identificadas na base do perfil, entre 480 e 515 cm, em conjunção com a presença de diatomáceas e o sedimento arenoso intercalado com matéria orgânica.

No pacote de areia maciça (fina a muito fina), intercalada por lâminas (cm) de lama entre 351 e 475 cm, foram encontrados fragmentos de espículas da espécie *C. seckti* (raríssimas gemoscleras e presença de megascleras) e abundância de fragmentos, tal fato associado às características sedimentares é evidência de ambiente fluvial instável, apontado pela produção de gemoscleras. A abundância dos fragmentos evidencia a remobilização do depósito, possivelmente ocasionado por pulsos de inundação. A ausência de espículas de espécies típicas de ambiente lântico também corrobora tal interpretação.

A seqüência seguinte, entre 341 e 345 cm, registra mudança de ambiente lótico para lântico, indicado pela presença de espículas das espécies *H. fistula* (raras gemoscleras e abundância de megascleras), *D. pydanieli* (raras gemoscleras), *R. amazonensis* (raras gemoscleras e abundância de megascleras) e *M. spinata* (presença de gemoscleras e abundancia de megascleras). Volkmer-Ribeiro & Motta (1995) destacam a ocorrência de gemoscleras de *H. fistula* nos depósitos de



espongilito na Lagoa dos Dados, próximo a Conceição das Alagoas, Minas Gerais. Os autores sugerem que o gênero *Heterorotula*, conhecido vivo apenas na Austrália e Nova Zelândia, suporta ambientes estacionalmente expostos à seca. *H. fistula* é a espécie mais comum encontrada em sedimentos de lagoas rasas e abertas do nordeste, onde ocorre produção de diatomitos (Volkmer-Ribeiro et al. 1998). Foi encontrada também em sedimentos turfosos datados do Holoceno (Parolin et al. 2007) e lacustres datados do final do Pleistoceno e início do Holoceno (Parolin 2006 Parolin et al. 2008). A presença de *R. amazonensis* é registrada para lagoas sazonais, desde a Amazônia ao sul do Brasil e Argentina (Volkmer-Ribeiro 1992 Volkmer-Ribeiro & Motta 1995, Volkmer-Ribeiro et al. 1998, Cândido et al. 2000).

A presença principalmente de megascleras de *H. fistula*, *R. amazonensis*, *M. spinata* e de diatomáceas (entre 341 e 345 cm) indica o início de uma fase lântica, com grande tempo de residência de água, no entanto ainda sujeita a variações sazonais, confirmada pela presença de espículas de *O. navicella*, trazidas possivelmente por pulso de inundação. É possível afirmar no momento de deposição deste intervalo o canal tornou-se um meandro em processo de abandono, cuja presença de fitólitos também pode ser um indicativo de tal situação. Este cenário é corroborado pelas características sedimentares, cuja seqüência apresenta uma transição de um pacote de areia maciça (fina/muito fina) para ocorrência de camadas de lama maciça (5 cm).

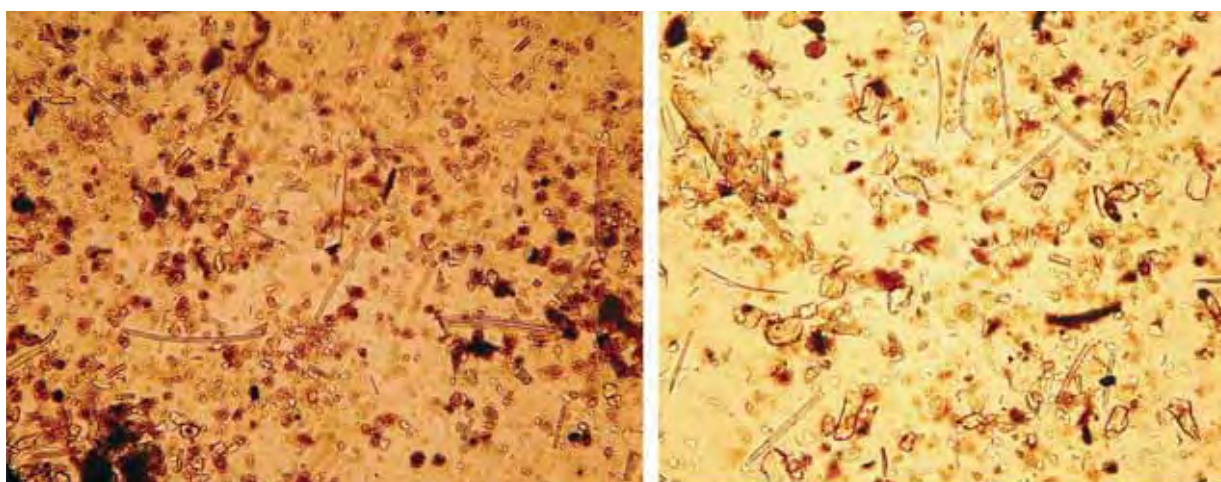
Em 310 cm foram encontrados megascleras inteiras e fragmentos de espículas (sem identificação), diatomáceas e fitólitos. Neste ponto há uma grande redução no conteúdo espicular que indica uma fase mais seca onde houve remobilização do material, possivelmente exposto, sob avanço da vegetação de gramíneas.

Entre 292 e 300 cm tem-se a ocorrência de uma espongo fácies em sedimento lamoso (Figura 40). As espongo fácies registradas na literatura até o momento são compostas principalmente por espículas de esponjas das espécies de ambiente lântico, *D. pydanieli*, *T. variabilis*, *H. fistula*, *M. spinata*, *Corvomeyenia thumi* (Traxler, 1895) e *R. amazonensis* (Parolin et al. 2008, Machado 2009, Almeida et al. 2009).

A espécie *T. variabilis* habita preferencialmente ambiente lântico, sobre folhas e galhos de vegetação submersa em baixa profundidade abrigada da luz, tendo registros desde Roraima a região de Entre-rios na Argentina (Volkmer-Ribeiro, 1999). Recentemente Volkmer-Ribeiro et al. (2007), verificaram a presença de *T.*

*variabilis* associada a locais com sedimentos com alto teor de matéria orgânica enquanto que *R. amazonensis* foi favorecida em locais com sedimentos arenosos e reduzida matéria orgânica.

Entretanto, nesta primeira espongo fácies identificada (292 a 300 cm; [Figura 40](#)), tem-se a presença de espécies de ambiente lótico, caracterizado pela ocorrência de espículas de *O. navicella* e *C. seckti*. O registro dessas espécies certamente está relacionado a transporte e deposição na seqüência por um pulso maior de inundação. Destaca-se o fato de que a assembléia de esponjas que se desenvolveu nesta seqüência é evidência de um ambiente lacustre (possivelmente meandro abandonado) que provavelmente se encontrava distante do canal ativo, porém ainda, sob influência de suas cheias. As demais espécies identificadas são também indicadoras de lagoas expostas sazonalmente a secas, típicas do bioma cerrado ([Volkmer-Ribeiro 1992](#), [Volkmer-Ribeiro e Motta 1995](#)).

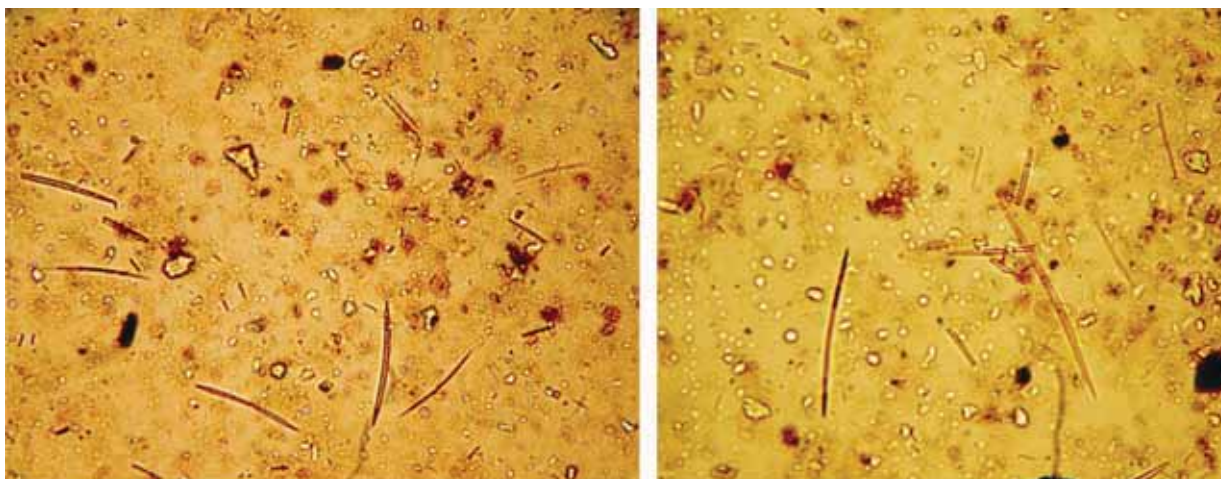


**Figura 40** – Microfotografias de espongo fácies registrada na profundidade de 292 a 300 cm.

No pacote de areia maciça (fina a muito fina), intercalada por lamina (cm) de lama, entre 240 a 270 cm, registrou-se fragmentos de espículas das espécies *C. seckti* e *O. navicella* (raríssimas gemoscleras e presença de megascleras) e abundância de fragmentos de espículas, cuja associação entre as características sedimentares evidencia que pulso ou pulsos de inundação alteraram o ambiente lacustre (bem marcado pela espongo fácies existente) para lótico.

Entre 235 a 239 cm foi reconhecida novamente a presença de um típico ambiente lêntico, indicado por espongo fácies em sedimento lamoso, composta pelas espécies *T. variabilis*, *R. amazonensis*, *H. fistula* e *M. spinata* ([Figura 41](#)).

Diferentemente da primeira espongo fácies verificada (entre 292 a 300 cm), esta não possui registro de espículas de esponjas de ambiente lótico. Nesta seqüência houve registro de grande quantidade de frústulas de diatomáceas e fitólitos, que em consonância a ausência de espículas de ambiente lótico, evidencia o isolamento do corpo hídrico, ou seja, o meandro esteve isolado e provavelmente não teve perturbação oriunda de inundação.



**Figura 41** – Microfotografias de espongo fácies registrada na profundidade 239 a 235 cm.

Com base nas informações obtidas com o registro das espículas de esponjas, em associação ao contexto geomorfológico regional e à dinâmica de inundações do rio Paraguai, pode-se sugerir, para esta seqüência datada em  $3,9 \pm 0,4$  Ka AP que grandes cheias não ocorreram. Possivelmente resposta a um período menos úmido e/ou decorrente mudança de curso do canal principal, abandonando o vale inciso. O registro de conchas de moluscos recuperadas de bancos carbonáticos descontínuos do Pantanal de Miranda-Aquidauana, revelaram idade  $^{14}\text{C}$  de 3.820 anos AP. (Assine et al. 1997), indicativas de condições climáticas mais quentes e secas (Assine 2003, Assine & Soares 2004). Nesse contexto clima semi-árido também foi documentado para o Holoceno tardio na região do Pampa/Chaco da planície argentina, indicando condições secas vigorando entre 3.500 e 1.400 anos AP. (Iriando 1993). Bertaux et al. (2002) analisaram espeleotemas obtidos em Bonito/MS (aproximadamente 51' ao sul da região estudada), e identificaram a ocorrência de períodos mais secos entre 3.800 e 2.500 anos AP. Períodos mais secos que o atual durante o Holoceno para o Mato Grosso do Sul também foram descritos por Parolin & Stevaux (2001, 2004, 2006) para a região de Taquarussu (2,14° ao sul da região

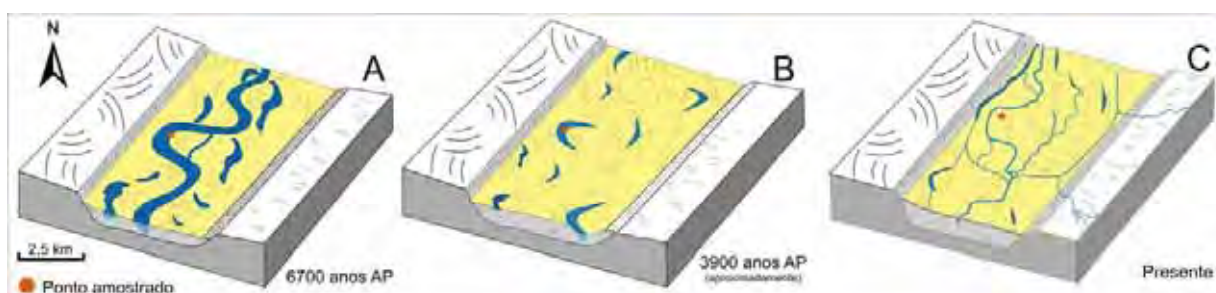
estudada), baseado em datações realizadas em paleodunas na margem direita do rio Paraná.

Acima da seqüência datada, entre 196 e 194 cm, o registro se reduz à presença de espículas da espécie *R. amazonensis* (presença de gemoscleras e raras gemoscleras). Tal situação evidencia um maior tempo de residência da água. Os intervalos 193 a 190, 178, 150 a 145 e 135 a 130 cm podem ser interpretados como diferentes períodos de residência de água. Inicialmente houve redução da permanência de água, seguida de fase com maior tempo sob condições semi-lênticas, indicando novamente pulsos de inundação marcados por espículas das espécies *O. navicella* e *C. seckti* (presença de gemoscleras e fragmentos), condições essas muito próximas às atuais, ou seja, mais úmidas.

A configuração da paisagem do Pantanal é testemunha de mudanças ambientais e hidrológicas desde o final do Pleistoceno ([Assine 2003](#), [Assine & Soares 2004](#), [Zani 2008](#), [Corradini et al. 2009](#), [Zani et al. 2009](#), [Kuerten et al. 2009a](#)).

O presente estudo corrobora essa interpretação e baseado nas informações biológicas, sedimentares e cronológicas ora apresentadas, permite aventar um cenário evolutivo onde o ponto amostrado registrou pelo menos três momentos distintos (Figura 06): a) condições mais úmidas vigorando em 6.700 anos AP, em um sistema fluvial meandrante com grande energia, nômade, que formava grandes lagos (de meandros e canais abandonados), sujeitos a inundações de grande magnitude; b) redução dos pulsos e ou intensidade das inundações a 3.900 anos AP. Este cenário é reforçado pela presença exclusiva de espículas de esponjas de ambiente lêntico (desenvolvimento das esponjas *in situ* com formação de espongo fácies), é possível que nessa época tenham se formado várias lagoas ao longo do canal principal e que o ponto amostrado tenha ficado distante dele por período de tempo considerável, possibilitando o desenvolvimento da assembléia de espécies. Assim, pode-se aventar que as cheias existentes não eram suficientes para atingir o local amostrado ou elas não ocorriam durante o período, como também o canal principal pode ter abandonado o cinturão de meandros e migrado para sua posição atual; c) cenário atual, o ambiente é exposto à secas e inundações sazonais, formado por um sistema fluvial subajustado as geofomas pretéritas.





**Figura 42** – Estágios hidrológicos ambientais da planície do rio Nabileque baseados nos registros de espículas de esponjas de água doce, diatomáceas, fitólitos e idades LOE. A) condições úmidas retratadas pelo registro de paleofeições meandrantes confirmadas pela esponjas de ambiente lótico; B) condições menos úmidas que as anteriores e ao presente, apontada pela formação de espongo fácies composta exclusivamente por assembléia de esponjas típicas de lagoas do bioma cerrado, onde o lago se formou e não teve perturbações por fluxos de inundação; C) retorno de umidade após 3900 anos, marcada pela recorrência de cheias confirmada pela remobilização dos depósitos e pela presença de espículas típicas de ambiente lótico.

## 6.5 CONCLUSÕES

A análise do testemunho recuperado permitiu apontar variações significativas no ambiente e na hidrologia do Pantanal do Nabileque durante o Holoceno. Por volta de 6,7 Ka AP, a região esteve sujeita a maior umidade, com recorrência de grandes cheias e forte dinâmica fluvial, época em que o canal tronco migrava inúmeras vezes no interior da planície do rio Nabileque.

Estas mudanças do curso do rio originaram incontáveis registros geomorfológicos na planície formando lagos de meandros e canais abandonados. A análise sedimentar associada às características geomorfológicas e hidrológicas da área, em conjunto com o conteúdo espicular identificado, permitiram reconhecer momentos da transição de ambientes predominantemente lótico para lêntico.

A fase lêntica revelada pela espongo fácies permitiram também interpretar condições ambientais mais seco que o atual por volta de 3900 anos A.P., com raras ou mesmo ausentes inundações.

As espongo fácies registradas na literatura até o momento, indicam condições ambientais com grande tempo de residência de água (água abundante), entretanto as espongo fácies amostradas no topo do perfil indicam o abandono do canal e paulatinamente uma mudança para menor tempo de residência de água, provavelmente não afetada por cheias. Esta análise corrobora com as interpretações

feitas no capítulo 4, indicando que a mudança do rio Paraguai ocorreu no Holoceno, abandonando sua planície, posteriormente ocupada pelo rio Nabileque, um rio subajustado (Kuerten et al. 2009a).

O isolamento do lago pode estar relacionado também a mudança de curso do canal principal, abandonando dessa forma sua planície (hoje planície do rio Nabileque) e ocupando sua nova e atual planície aluvial, localizada a 50 km a oeste do ponto amostrado.

O uso das espículas de esponjas como indicadores *proxy* permitiu corroborar as hipóteses elaboradas até o momento para as mudanças ambientais que ocorreram no Pantanal do Nabileque, principalmente pela mudança de curso do rio Paraguai e o abandono de sua antiga planície meandrante.

Os resultados indicam que o cinturão de meandros abandonado experimentou mudanças de ambiente fluvial mais úmido para lântico mais seco, o que permite concluir que a mudança de curso ocorreu entre 6700 ( $\pm 1000$ ) e 3900 ( $\pm 400$ ) Ka AP.

Levando-se em conta que na coluna estudada predominam areias, a presença de espículas silicosas de esponjas revelou-se mais uma vez um indicador útil para interpretações ambientais, quando outros indicadores biológicos não se preservam neste tipo de sedimentos.

## 7. CONCLUSÃO

O escopo desta tese foi a reconstituição das principais mudanças ambientais e hidrológicas que ocorreram no Pantanal do Nabileque, do Pleistoceno Tardio ao Holoceno. Os objetivos propostos foram satisfatoriamente alcançados e os resultados obtidos compõem os capítulos 4 a 6, organizados para serem convertidos em trabalhos a serem encaminhados para publicação em periódicos científicos, atendendo assim exigência do Programa de Pós-Graduação em Geociência e Meio Ambiente.

Com a compartimentação geomorfológica da área foi possível caracterizar a área como um sistema de megaleque fluvial. Embora construído pelo rio Paraguai, não foi adotado o nome deste rio, já usado para designar megaleque situada na borda noroeste do Pantanal (Assine & Silva 2009). Foi adotado o nome Nabileque, pois esta denominação é usada para designar a área como um todo, conhecida como Pantanal do Nabileque, uma das sub-regiões do Pantanal Mato- Grossense. É importante enfatizar que o nome Nabileque é também utilizado na denominação de um pequeno rio, subjastado, que corre numa antiga planície de meandros confinada em vale inciso, construída no passado pelo rio Paraguai, que foi referida como o mais notável exemplo de paleocanal do Pantanal por Ab'Saber (1988).

A parte é ocupada por vasta planície aluvial pleistocênica (idades LOE entre 57,8 e 12,8 Ka AP), marcada pela presença de intrincada rede de paleocanais distributários de baixa sinuosidade a meandrantas. Considerando estas características, conclui-se que o modelo de leque que melhor se ajusta às características da área é o de leque dominado por rios de baixa sinuosidade / meandrantas, tipo *losimean* de Stanistreet & McCarthy (1993). Feições fluviais erosivas e redes de canais tributários superimpostos evidenciam que as áreas de ocorrência dos depósitos pleistocênicos se encontram em degradação, embora sujeitas a frequentes inundações, responsáveis pela deposição de delgadas e irregulares coberturas de sedimentos mais recentes.

Dois cinturões de meandros existentes em vales incisos destacam-se no relevo da planície do megaleque. O rio Paraguai corre no interior de deles, que corta longitudinalmente o megaleque na direção NE, ajustado a padrões de fratura associadas ao lineamento Transbrasiliano.

O rio Nabileque corre no interior do outro vale inciso de direção NS, num cinturão de meandros abandonado. A origem deste vale está relacionada a fenômenos de erosão do rio Paraguai em decorrência de variação do nível de base

de erosão, relacionada a mudanças climáticas na passagem do Pleistoceno para o Holoceno.

O rio Nabileque apresenta dimensões muito inferiores às paleoformas encontradas na sua planície, o que permite ser reconhecido como um rio subajustado (*underfit stream*). A conjugação de processos de avulsão e de captura fluviais foram considerados para explicar a notável mudança de curso do rio Paraguai e a configuração do rio Nabileque como um rio subajustado. Datações LOE mostram idades holocênicas mais antigas no cinturão de meandros abandonado e idades mais jovens no cinturão de meandros atual. Mostram também que ambos os cinturões coexistiram pelo menos entre 6,9 e 3,9 ka, período durante o qual ocorreu bifurcação do canal e posterior abandono do leito antigo.

Análise do conteúdo de espículas de esponjas, presentes em um dos testemunhos recuperados, revelou variações ambientais e hidrológicas durante o Holoceno. Os resultados indicam que o cinturão de meandros abandonado experimentou mudanças ambientais, de fase mais úmida e com maior tempo de permanência de água para fases mais seca com a formação de ambientes lânticos, entre 6700 ( $\pm 1000$ ) e 3900 ( $\pm 400$ ) Ka AP, o que permite concluir que a mudança de curso do rio Paraguai ocorreu neste intervalo de tempo.



## REFERÊNCIAS

- Ab'Saber, A. N. 1988. O Pantanal Mato-Grossense e a teoria dos refúgios. *Revista Brasileira de Geografia*, **50** (número especial 1-2): 9-57.
- Abdon, M. & Silva, J. S. V. 2006. Fisionomias da Vegetação nas sub-regiões do Pantanal brasileiro. São José dos Campos, INPE, CD-ROM.
- Adámoli, J. 1982. O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados: discussão sobre o conceito de complexo do Pantanal. *In: 32º Congresso Nacional da Sociedade Botânica do Brasil*. Teresina, Universidade Federal do Piauí, *Anais*, 109-119.
- Albert, R. M. & Madella, M. 2009. Perspectives on Phytolith Research: 6th International Meeting on Phytolith Research. *Quaternary International*, **193**: 1-2.
- Alfonsi, R. R. & Camargo, M. B. P. 1986. Condições Climáticas para a Região do Pantanal Mato-grossense. *In: I Simpósio Sobre Recursos Naturais e Sócio - Econômicos do Pantanal*. Corumbá, *Anais*, 29-42.
- 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 da Região de João Pinheiro, Minas Gerais, como Indicadores Paleoambientais. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **12** (2):123-138.
- Almeida, F. F. M. 1945. Geologia do Sudoeste Mato-grossense. *Boletim da divisão de Geologia e Mineralogia*, **116**: 19-25.
- Almeida, F. F. M. 1959. Traços gerais da geomorfologia do Centro-Oeste brasileiro. *In: Almeida, F. F. M. & Lima, M. A. (ed.) Planalto Centro-Occidental e Pantanal Matogrossense*. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, Guia de Excursão nº 1 do XVIII Congresso Internacional de Geografia, 7-65.
- Alvarenga, S. M., Brasil, A. E., Del'Arco, D. M. 1982. Geomorfologia. *In: Brasil (ed.) Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RadamBrasil. Folha SF-21-Campo Grande*. Rio de Janeiro, MME, **28**: 125-184.
- Assine M. L., Perinotto J. A., Alvarenga C. J. S., Petri S. 1998. Arquitetura estratigráfica, tratos deposicionais e paleogeografia da Bacia do Paraná

- (Brasil) no neo-ordoviciano/eo-siluriano. *Revista Brasileira de Geociências*, **28** (1): 61-76.
- Assine, M. L. 2003. Sedimentação na Bacia do Pantanal Mato-Grossense, Centro-Oeste do Brasil. Tese de doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 106 p.
- Assine, M. L. 2004. A bacia sedimentar do Pantanal Mato-Grossense. *In: Mantesso Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C. D. R., Brito Neves, B.B. (eds.), Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca, p.: 61-74.
- Assine, M. L. (no prelo). The Late Cenozic Pantanal Sedimentary Basin, West-Central Brazil. *In: The Meeting of the Americas, 2010, Foz do Iguaçu*.
- Assine, M. L., Padovani, C. R., Zacharias, A. A., Angulo, R. J., Souza, M. C. 2005. Compartimentação geomorfológica, processos de avulsão fluvial e mudanças de curso do Rio Taquari, Pantanal Mato-Grossense. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **6**: 97-108.
- Assine, M. L. 2005. River avulsions on the Taquari megafan, Pantanal wetland, Brazil. *Geomorphology*, **70**: 357-371.
- Assine, M. L. 2009. Taquari: um rio mutante. *In: 2º Simpósio de Geotecnologia no Pantanal*. Campinas/São Jose dos Campos: Embrapa/INPE, *Anais*, p. 1034-1040.
- Assine, M. L. & Silva, A. 2009. Contrasting fluvial styles of the Paraguay River in the northwestern border of Pantanal wetland, Brazil. *Geomorphology*, **113**, 189-199.
- Assine, M. L. & Soares, P. C. 2004. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. *Quaternary International*, **114**: 23 - 24.
- Assine, M. L., Soares, P. C., Angulo, R. J. 1997. Construção e abandono de lobos na evolução do leque do rio Taquari, Pantanal Mato-grossense. *In: Abequa, 6º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Curitiba, Resumos Expandidos*, p. 431-433.
- Baker, V. R. 2008. Paleoflood hydrology: Origin, progress, prospects. *Geomorphology*, **101**: 1-13.

- Barboni, D., Bonnefille, R., Alexandre, A., Meunier, J. D. 1999. Phytoliths as Paleoenvironmental Indicators, West Side Middle Awash Valley, Ethiopia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **152**: 87-100.
- Batista, T. C. A., Volkmer-Ribeiro, C., Darwich, C., Alves, L. F. 2003. Freshwater Sponges as Indicators of Floodplain Lake Environments and of River Rocky Bottom in Central Amazonia. *Amazoniana*, **18**: 525-549.
- Bertaux, J., Sondag, F., Santos, R., Soubiès, F., Causse, C., Plagnes, V., Le Cornec, F., Seidel, A. 2002. Paleoclimatic record of speleothems in a tropical region: study of laminated sequences from a Holocene stalagmite. *In: Central-West Brazil. Quaternary International*, **89**: 3-16.
- Bhang, K. J., Schwartz, F. W., Braun, A. 2007. Verification of the vertical error in C-band SRTM DEM. *IEEE, Transactions on geoscience and remote sensing*, **45** (1): 36-44.
- Blum, M. D., Toomey III, R. S., Valastro-Jr., S. 1994. Fluvial response to Late Quaternary climatic and environmental change, Edwards Plateau, Texas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **108** (1-2): 1-21.
- Bonetto, A. A. & Drago, I. E. D. 1966. Nuevas esponjas de água dulce de la Republica Argentina. *Physis*, **26** (71): 129-140.
- Bonetto, A. A. & Ezcurra de Drago, I. 1970. Esponjas de los afluentes del Alto Parana en la Provincia de Misiones. *Acta Zoologica Lilloana*, **27**: 37-58.
- Bonetto, A. A. & Ezcurra de Drago, I. 1973. Las esponjas del gênero *Trochospongilla* Vejdovsky em aguas argentinas. *Physis*, Buenos Aires, **32** (84): 8-13.
- Boock, A., Araújo, M. R., Pott, A., Pessoti, J. E., Silva, M. P., Pott, V. J., Souza, O. C. 1994. Estratégia de ocupação e uso de pastagens nativas no Pantanal do Nabileque em Mato Grosso do Sul. *Utilización y manejo de pastizales*, 135 - 158.
- Brasil, A. E. & Alvarenga, S. M. 1989. Relevo. *In: IBGE (ed.) Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE, 1 (Região Centro-Oeste), 53-72.
- Campos, A. C. & Labouriau, L. G. 1969. Corpos silicosos das gramíneas dos Cerrados II. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **4**: 143-151.
- Cândido, J. L., Volkmer-Ribeiro, C., Simões Filho, F. L., Turcq, B. J., Chauvel, A. 2000. Microsclere Variations *Dosilia pydanieli* (Porífera, Spongillidae). *In:*

- Caracaranã Lake (Roraima - Brazil). Palaeoenvironmental Implication. *Biociências*, **8** (2): 77-92.
- Carignano, C. A. 1999. Late Pleistocene to recent climate change in Cordoba Province, Argentina: Geomorphological evidence. *Quaternary International*, **57/58**: 117-134.
- Corradini, F. A., Zani, H., Assine, M. L., Kuerten, S., Silva, A., Gradella, F. d. S. 2009. Paleocanais distributários, incisão fluvial, construção e abandono de lobos deposicionais na evolução geomorfológica do megaleque do São Lourenço, Pantanal. *In: Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá, MS, v.1, p.115-123.*
- Crosta, X. 2009. Holocene size variations in two diatom species off East Antarctica: Productivity vs environmental conditions. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, **56**: 1983-1993.
- DNOS, 1974. Estudos Hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai - Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento (Relatório Técnico). Rio de Janeiro, 284 pp.
- EMBRAPA, 2006. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro, 306 pp.
- Esper, O., Gersonde, R., Kadagies, N. 2010. Diatom distribution in southeastern Pacific surface sediments and their relationship to modern environmental variables. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **287**: 1-27.
- Facincani, E. M., Assine, M. L., Silva, A., Zani, H., Araújo, B. C., Miranda, G. M. 2006. Geomorfologia fluvial do leque do rio Aquidauana, borda sudeste do Pantanal, MS. Campo Grande, Brasil, Embrapa Informática Agropecuária/INPE.
- Franco, M. d. S. M. & Pinheiro, R. 1982. Geomorfologia. *In: Ministério de Minas e Energia - Departamento Nacional de Produção Mineral* (ed.). MME, 27, p.: 161 - 224.
- Gaiser, E. E., Brooks, M. J., Kenney, W. F., Schelske, C. L., Taylor, B. E. 2004. Interpreting the Hydrological History of Temporary Ponds from Chemical and Microscopic Characterization of Siliceous Microfossils. *Journal of Paleolimnology*, **1**: 63-76.



- Gasse, F. & Van Campo, E. 2001. Late Quaternary environmental changes from a pollen and diatom record in the southern tropics (Lake Tritrivakely, Madagascar). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **167**: 287-308.
- Godoi, H. d. O. o., Martins, G. M., Mello, J. C. R. d., G., S. 2001. SE-21-Y-D, Aldeia Tomázia, Folha SF-21-V-B, Porto Murtinho, Folha SF-21-V-D, Estado de Mato Grosso do Sul. In: (ed.) *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB*. Brasília, CPRM/DIEDIG/DEPAT, Escala 1:250.000.
- Goudie, A. 1992. *Environmental Change: Contemporary Problems in Geography*. 3<sup>th</sup> ed., Oxford University Press Inc., New York, 329 pp.
- Goudie, A. S. 2006. *Encyclopedia of Geomorphology*. Routledge, New York, v.1, 1156 pp.
- Harrison, F. W. 1988. Utilization of Freshwater Sponges in Paleolimnological Studies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **62**: 387-397.
- Horton, B. K. & DeCelles, P. G. 1997. The modern foreland basin system adjacent to the Central Andes. *Geology*, **25**: 895-898.
- Innocencio, N. R. 1977. Hidrografia. In: (ed.) *Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE, 1, p.: 73 - 90.
- Iriondo, M. 1993. Geomorphology and Late Quaternary of the Chaco (south America). *Geomorphology*, **13**: 289-303.
- Iriondo, M. H. & Garcia, N. O. 1993. Climatic variations in the Argentine plains during the last 18,000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **101**: 209-220.
- Junk, W. J., Cunha, C. N., Wantzen, K. M., Petermann, P., Strüssmann, C., Marques, M. I., Adis, J. 2006. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Aquatic Sciences*, **68**: 278–309.
- Knighton, D. 1984. *Fluvial Forms and Process*. E. Arnold, New York, 218 pp.
- Knudsen, K. L., Eiríksson, J., Jansen, E., Jiang, H., Rytter, F., Ruth Gudmundsdóttir, E. 2004. Palaeoceanographic changes of North Iceland through the last 1200 years: foraminifera, stable isotopes, diatoms and ice rafted debris. *Quaternary Science Reviews*, **23**: 2231-2246.

- Kramer, V. M. S. & Stevaux, J. C. 2001. Mudanças climáticas na região de Taquaruçu (MS) durante o Holoceno. *Boletim Paranaense de Geociências*, **49**: 79-89.
- Kuerten, S. & Parolin, M. 2008. Espículas de Esponjas de Ambiente Lótico em Barras em Pontal Pretéritas no Pantanal do Nabileque (MS) como Indicadoras de Mudanças Climáticas e Ambientais. *In: I Simpósio Paranaense de Estudos Climáticos e I Ciclo Paranaense de Debates sobre o Futuro das Estações Climatológicas*, Campo Mourão, 1, *Anais*, p. 164-168.
- Kuerten, S., Assine, M. L., Corradini, F. A., Gradella, F. d. S., Silva, A. 2009a. Rio Nabileque: antigo curso do rio Paraguai? *In: Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, Corumbá, MS, v.1, p.194-201.
- Kuerten, S., Parolin, M., Assine, M. L. 2009b. Espículas de esponjas como indicadoras de mudanças ambientais no Holoceno de Planície aluvial do Nabileque, Pantanal Mato-Grossense. *In: UNG, Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Paleontologia, PALEO SP, Guarulhos, 63, Anais*, p. 37.
- Kuerten, S., Parolin, M., Assine, M. L. 2009c. Interpretação paleoambiental com base em espículas de esponja do Pleistoceno Tardio do Pantanal do Nabileque, Mato Grosso do Sul, Brasil. *In: IV Congresso Argentino de Cuaternario y Geomorfología / XII Congresso da Associação Brasileira de estudos do Quaternário / II Reunión sobrel el Cuaternário de América del Sur*, La Plata, 1, *Anais*.
- Lacerda Filho, J. V. D., Brito, R. S. C. D., Silva, M. D. G. D., Oliveira, C. C., Moreton, L. C., Martins, E. G., Lopes, R. D. C., Lima, T. M., Larizzati, J. H., Valente, C. R. 2004. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul. Goiânia, CPRM (Convênio CPRM/SICME). Ilustrações & Mapas, 121 pp.
- Ledru, M.P. , Rousseau, D.D. , Cruz, J.F.W. , Karmann, I. , Riccomini, C., Martin, L. , 2005. Paleoclimate changes during the last 100 ka from a record in the Brazilian atlantic rainforest region and interhemispheric comparison. *Quaternary Research*, **64**: 444–450.
- Lima, L. G. & Medeanic, S. 2007. A variação morfológica dos fitólitos de opala em duas espécies de gramíneas na Planície costeira do Rio Grande do Sul e sua importância nas paleoreconstruções. *In: XI Congresso de ABEQUA*, Belém, *Anais*.

- Litton, G. 1987. *Introduction to database management: a practical approach*. William C. Brown, 532 pp.
- Liu, D., Sun, J., Zhang, J., Liu, G. 2008. Response of the diatom flora in Jiaozhou Bay, China to environmental changes during the last century. *Marine Micropaleontology*, **66**: 279-290.
- Machado, V. S. 2009. *Espongofauna do Paleolago Cemitério, Catalão GO*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 118 p.
- Margraf, V. 1989. Paleoclimates in Central and South America since 18,000 BP based on pollen and lake-level records. *Quaternary Science Reviews*, **8**: 24-81.
- Martin, L., Absy, M. L., Fournier, M., Mouguiart, P., Sifeddine, A., Volkmer-Ribeiro, C. 1992. Some Climatic Alterations Recorded in South America during the last 7000 years may be Expounded by long-term El Niño Like Conditions. *Paleo Enso Records*, 187-192.
- Martin, L., Flexor, J. M., Suguio, K. 1995. Vibrotestemunhador Leve: Construção, Utilização e Potencialidades. *Instituto de Geologia*, **16** (1-2): 55-66.
- Medeanic, S., Cordazzo, C. V., Corrêa, I. C. S., Mirlean, N. 2008. Os Fitólitos em Gramíneas de Dunas do Extremo Sul do Brasil: Variabilidade Morfológica e Importância nas Reconstruções Paleoambientais Costeiras. *Gravel*, **6** (2): 1-14.
- Melão, M.G.G. 1991. Importância ecológica e produtividade de porífera na Lagoa Dourada – Bacia Hidrográfica do Lobo, Brotas, SP. Dissertação de mestrado, UFSCar, Depto de Ciências Biológicas, São Carlos, 143 p.
- Meyer, K.E.B., Mendonça Filho, J.G., Ashraf, A.R., Souza, P.A. & Reichhart, K. 2005. Análise de palinofácies em sedimentos holocênicos da lagoa dos Quadros, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **8** (1): 57-72.
- Miall, A. D. 1996. *The Geology of Fluvial Deposits*. Springer-Verlag, Berlin, 582 pp.
- Moreira, A. A. N. 1977. Relevo. In: (ed.) *Geografia do Brasil: Região Centro-oeste*. Rio de Janeiro, SERGRAF, p.: 1-33.
- Moro, R. S., Parolin, M., Menezes, H. R. 2009. Inferências Paleoclimáticas do Início do Holoceno com base em Espículas de Esponjas Continentais - Lagoa Dourada - PR. *Boletim da Sociedade Brasileira de Paleontologia*, **62**: 5.

- Nimer, E. 1977. Clima. *In: IBGE (ed.) Geografia do Brasil – Região Centro-oeste*. Rio de Janeiro, SERGRAF, **4**: 35 - 58.
- Orioli, J. O., Amaral Filho, Z. P. d., Oliveira, A. B. d. 1982. Pedologia. *In: Brasil (ed.) Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radambrasil. Folha SE.21 – Corumbá e parte da folha SE.20.* . Rio de Janeiro, MME, p.: 225-328.
- Parolin, M., Medeanic, S., C., S. J. 2006. Registros palinológicos e mudanças ambientais durante o Holoceno de Taquarussu (MS). *Revista Brasileira de Paleontologia*, **9**: 137-148p.
- Parolin, M. & Stevaux, J. C. 2001. Clima seco e formação de dunas eólicas durante o Holoceno Médio em Taquarussu, Mato Grosso do Sul. *Pesquisas em Geociências*, **28** (2): 233-243.
- Parolin, M. & Stevaux, J. C. 2004. Eolian dunes in the Upper Paraná River: evidence of aridity during the Holocene. *In: Agostinho, A. A., Rodrigues, L., Gomes, L. C., Thomaz, S. M., Mirnada, L. E. (ed.) Structure and functioning of the Paraná River its floodplains*. Maringá, EDUEM, p.: 31-35.
- Parolin, M. & Stevaux, J. C. 2006. Dry climate and eolian dune formation in the Middle Holocene in Mato Grosso do Sul State, Center West Brazil. *Zeitschrift für Geomorphologie*, **145**: 177-190.
- Parolin, M. & Volkmer-Ribeiro, C. 2005. Segundo Registro de *Sterrastrolepis brasiliensis* Volkmer-Ribeiro & De Rosa-Barbosa (Demospongiae, Potamolepidae) com Descrição do Habitat e de Assembléia, Bacia do Rio Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, **22** (4): 1003-1013.
- Parolin, M., Volkmer-Ribeiro, C., Medeanic, S., Stevaux, J. C., Mirlean, N. 2004. Geochemical Methodology Approach to Lake Sediments from Taquarussu (MS) enhance Pleistocene/Holocene Environmental Reconstruction. *In: International Symposium Environmental Geochemistry in Tropical Countries 4, Abstracts, Buzios*, p.148-150.
- Parolin, M., Volkmer-Ribeiro, C., Stevaux, J. C. 2003. Caracterização Paleoambiental a partir de Espículas Silicosas de Esponjas em Sedimentos Lagunares na Região de Taquarussu - MS. *In: Paleo 2003, Porto Alegre*, **44**, p.17.



- 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.
- 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.
- Prance, G. T. & Schaller, G. B. 1982. Preliminary study of some vegetation types of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. p.: 228-251.
- Racek, A. A. 1970. The Porifera. *Transactions of the American Philosophical Society*, **60**: 143-149.
- Rezende, A. B., Fernandes, R. S., Stevaux, J. C., Parolin, M. 2009. Paleoambientes da Lagoa Fazenda (São Tomé - PR) com base em Espículas Silicosas de Esponjas Continentais. *Boletim da Sociedade Brasileira de Paleontologia*, **62**: 6.
- Schumm, S. A. 1993. River Response to Baselevel Change: Implications for Sequence Stratigraphy. *The Journal of Geology*, **101**: 279 - 294.
- Shukla, U. K., Singh, I. B., Sharma, M., Sharma, S. 2001. A model of alluvial megafan sedimentation: Ganta Megafan. *Sedimentary Geology*, **144**: 243-262.
- Silva, A. 2006. *Padrões de Canal do Rio Paraguai na Região de Cáceres-MT*. Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, Brasil, 81 p.
- Silva, A., Assine, M. L., Zani, H., Souza Filho, E. E., Araújo, B. C. 2007. Compartimentação geomorfológica do rio Paraguai na borda norte do Pantanal Mato-grossense, região de Cáceres - MT. *Revista Brasileira de Cartografia*, **59**:73-81.
- Silva, J. d. S. V. d. & Abdon, M. d. M. 1998. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas Sub-Regiões. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **33** (número especial):1703-1711.
- Singh, I. B. 1996. Geological Evolution of Ganga Plain - an Overview. *Journal Palaeontological Society of India*, **41**:99-137.
- Soares, A. P., Soares, P. C., Assine, M. L. 2003. Areiais e lagoas do Pantanal, Brasil: herança paleoclimática? *Revista Brasileira de Geociências*, **33** (2):211-224.

- Soares, P. C., Assine, M. L., Rabelo, L. 1998. The Pantanal Basin: recent tectonics, relationships to the Transbrasiliano Lineament. *In: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, Santos, Anais*, p. 459-469.
- Sohn, M. F., Mahan, S. A., Knott, J. R., Bowman, D. D. 2007. Luminescence ages for alluvial-fan deposits in Southern Death Valley: Implications for climate-driven sedimentation along a tectonically active mountain front. *Quaternary International*, **166**:49–60.
- Sotermmer, E. F. & Smol, J. P. 1999. *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*. Cambridge, Cambridge University Press, 482p.
- Stanistreet, I. G. & McCarthy, T. S. 1993. The Okavango Fan and the classification of subaerial fan systems. *Sedimentary Geology*, **85**: 115-133.
- Stevaux, J. C. 1994. Upper Paraná River (Brazil) geomorphology and paleoclimatology. *Quaternary International*, **21**:143-161.
- Tavares, M. C. M. T. 1994. Comunidades de esponjas de substratos rochosos de rios amazônicos com definição e chave taxonômica para as espécies do gênero *Drulia* Gray (1867). Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 74 p.
- Tavares, M. C. M., Volkmer-Ribeiro, C., Rosa-Barbosa, R. D. 2003. Primeiro registro de *Corvoheteromeyenia australis* (Bonetto & Ezcurra de Drado) 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.
- Thomas, M. F. & Thorp, M. B. 1996. The response of geomorphic system to climatic and hydrological change during the Late Glacial and Early Holocene in the humid and sub-humid tropics. *In: Branson, J. & Gregory, K. J. (ed.) Global Continental Changes: the context of Paleohydrology*. London, Geological Society Special Publication, **115**:139-153.
- Thomas, M. F., Nott, J., Murray, A. S., Price, D. M. 2007. Fluvial response to late Quaternary climate change in NE Queensland, Australia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **251**:19–136.
- Traxler, L. 1895. Spikule von Sübwasserschwämmen aus Brasilien. *Földt. Közlöny*, **25**:62-64.
- Tricart, J. 1982. El Pantanal: un ejemplo del impacto geomorfológico sobre el ambiente. *Informaciones Geográficas (Chile)*, **29**:81-97.

- Turcq, B., Suguio, K., Soubiès, F., Servant, M., Pressionotti, M. M. N. 1987. Alguns terraços fluviais de SE e Centro-Oeste brasileiros datados por radiocarbono. *In: Congresso da ABEQUA, Anais*, Porto Alegre, p.379-392.
- Ussami, N., Shiraiwa, S., Dominguez, J. M. L. 1999. Basement reactivation in a Sub-Andean foreland flexural bulge: The Pantanal wetland, SW Brazil. *Tectonics*, **18**:25–39.
- Veloso, H. P. 1972. *Aspectos fito-ecológicos da Bacia do Alto Rio Paraguai*. São Paulo, USP - Instituto de Geografia, (Biogeografia), **7**:31.
- Volkmer-Ribeiro, C. 1999. Esponjas. *In: (ed.) Biodiversidade do Estado de São Paulo síntese do conhecimento ao final do século XX. Invertebrados de água doce*. São Paulo, FAPESP, **4** (1):1-19.
- Volkmer-Ribeiro, C., Cândido, J. L., Turcq, B. J., Sifeddine, A., Cordeiro, R. C., Filho, F. L. S. 2001a. Silicious Spicular Remains of Freshwater Sponges and Their Contribution to Paleoenvironmental Reconstructions in South America. *In: V REQUI / I CQPLI, Actas*, p. 411-413.
- Volkmer-ribeiro, C., De Rosa-Barbosa, R. & Mostardeiro, C. C. 2007. Esponjas. *In: Becker, F. G., Ramos, R. A. & Moura, I. de A. (orgs.) Biodiversidade da região dos Butiazais de Tapes e da Lagoa do Casamento, Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. Brasília, MMA/SBF, p.: 154-161.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Machado, V. S. 2007. Freshwater Sponges (Porífera: Demospongiae), Indicators of some Typical Coastal Habitats at South America: redescrptions and Key to Identification. *Inheringia, Série Zoologia*, **97** (2):157-167.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Maciel, S. B. 1983. New Freshwater Sponges from Amazonian Waters. *Amazoniana*, **8** (2):255-264.
- Volkmer-Ribeiro, C., Mansur, M. C. D., Mera, P. A. S., Ross, S. M. 1998. Biological Indicators in the Aquatic Habitats of the Ilha de Maracá. *In: Ratter, W. M. J. (ed.) Maracá: The Biodiversity and Environment of an Amazonian Rainforest*. John Wiley & Sons Ltd, p.: 403-414.
- Volkmer-Ribeiro, C., Marques, D. M., De Rosa-Barbosa, R., Machado, V. S. 2006. Sponge Spicules in Sediments Indicate Evolution of Coastal Freshwater Bodies. *Journal of Coastal Research*, **39**:469-472.

- Volkmer-Ribeiro, C. & Motta, J. F. M. 1995. Esponjas Formadoras de Espongilitos em Lagoas no Triângulo Mineiro e Adjacências, com Indicação de Preservação de Habitat. *Biociências*, **3** (2):145-169.
- Volkmer-Ribeiro, C., Motta, J. F. M., Callegaro, V. L. 1995. Taxonomy and Distribution of Brazilian Spongillites. *In: Fusetani, Y. W. N. (ed.) Sponge Sciences: Multidisciplinary Perspectives*. Springer Verlag, p.: 271-278.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Pauls, S. M. 2000. Esponjas de Agua Dulce (Porifera, Demospongiae) de Venezuela. *Acta Biologica Venezuelica*, **20** (1):1-28.
- Volkmer-Ribeiro, C., Sifeddine, A., Albuquerque, A. L. 2001b. Avaliação Ambiental Indicada por Espículas Silicosas de Esponja nos Sedimentos Atuais e Subfósseis do Lago do Caçô, MA. *In: VIII Congresso da ABEQUA, Imbé, Boletim de Resumos*, p. 333-335.
- Volkmer-Ribeiro, C. & Turcq, B. 1996. SEM Analysis of Silicious Spicules of a Freshwater Sponge Indicate Paleoenvironmental Changes. *Acta Microscópica*, **5**:186-187.
- Zani, H. 2008. *Mudanças Morfológicas na Evolução do Megaleque do Taquari: Uma Análise com Base em Dados Orbitais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 85 p.
- Zani, H., Assine, M. L., Araujo, B. C., Merino, E. R., Silva, A., Facincani, E. M. 2006. Lobos Depositionais na Evolução do Megaleque do rio Taquari, Pantanal Mato-Grossense. Campo Grande-MS, Embrapa Informática, 285-292 p.
- Zani, H., Assine, M. L., Silva, A., Corradini, F. A., Kuerten, S., Gradella, F. 2009. Geoformas deposicionais e feições erosivas no Pantanal Mato-Grossense identificadas por sensoriamento remoto. *Geografia*, (Rio Claro), **34** (Número Especial):643-654.
- Zavatini, J. A. 1990. A dinâmica atmosférica e a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul. Tese de Doutorado, FFLCH/USP, São Paulo. 223 p.
- Zeiler, M. 1999. *Modeling Our World. The ESRI Guide to Geodatabase Design*. ESRI Press, 200 pp.



