

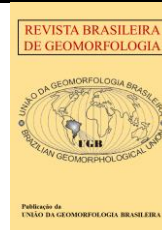


<https://rbgeomorfologia.org.br/>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 26, nº 4 (2025)

<https://dx.doi.org/10.20502/rbg.v26i4.2679>



Artigo de Pesquisa

Segmentação em Grande Escala do Rio Paraguai com Base em Critérios Morfológicos e Hidrossedimentares

Large-Scale Segmentation of the Paraguay River Based on Morphological and Hydro-Sedimentary Criteria

Edson Rodrigo dos Santos da Silva ¹, Aguinaldo Silva ², Hudson de Azevedo Macedo ³, Sidney Kuerten ² e Leandro Domingos-Luz

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO), Três Lagoas, Brasil. E-mail: edson.r.silva@ufms.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6655-5269>

² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG), Campo Grande, Brasil. E-mail: aguinaldo.silva@ufms.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0630-9768>

³ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG), Campo Grande, Brasil. E-mail: hudson.macedo@ufms.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1104-7106>

⁴ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Mestrado Profissional ProfÁGUA, Campo Grande, Brasil. E-mail: sidneykuerten@uems.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1714-0929>

⁵ University of Minnesota, Continental Scientific Drilling Facility, Minneapolis, Estados Unidos da América. E-mail: domin467@umn.edu
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8477-1010>

Recebido: 18/02/2025; Aceito: 15/11/2025; Publicado: 01/12/2025

Resumo: A dinâmica hidrogeomorfológica dos rios pantaneiros ainda é pouco compreendida, exigindo investigações mais aprofundadas. Entre as estratégias atualmente utilizadas para esse fim, destaca-se a compartimentação geomorfológica, embora essa abordagem apresente limitações em termos de escala de análise. Diante disso, este trabalho propôs a segmentação geomorfológica do rio Paraguai, no trecho entre Porto da Manga e Porto Murtinho-MS, como uma alternativa para aprofundar a compreensão local dos processos hidrogeomorfológicos. O estudo integra múltiplos critérios geomorfológicos, hidrológicos e estruturais para a delimitação de seis segmentos do cinturão de meandros: Porto Esperança, Forte Coimbra, Bahia Negra, Barranco Branco, Fecho dos Morros e Porto Murtinho. Para isso, foram utilizados dados de sensoriamento remoto, modelos digitais de elevação e mapeamentos prévios, analisados por meio de técnicas de geoprocessamento e vetorização manual. Os resultados indicam que a dinâmica fluvial não segue um padrão uniforme, sendo influenciada por fatores estruturais, variações morfométricas e interações canal-planície. Destacam-se a influência de gargalos hidráulicos na regulação do escoamento e na redistribuição dos fluxos. Além disso, mudanças abruptas de orientação, sinuosidade e largura do cinturão de meandros refletem a interação entre processos hidrossedimentares e controle estrutural. Assim, a segmentação proposta contribui para o aprimoramento da gestão ambiental e dos recursos hídricos do Pantanal.

Palavras-chave: Geomorfologia Fluvial; Compartimentação Geomorfológica; Gargalo Hidráulico; Sistema Fluvial; Pantanal.

Abstract: The hydrogeomorphological dynamics of the Pantanal rivers remain poorly understood, requiring more in-depth investigations. Among the strategies currently employed for this purpose, geomorphological compartmentalization stands out, although this approach presents limitations in terms of analysis scale. In light of this, the present study proposed the geomorphological segmentation of the Paraguay River, in the stretch between Porto da Manga and Porto Murtinho-MS, as an alternative to deepen the local understanding of hydro-geomorphological processes. The study integrates multiple geomorphological, hydrological, and structural criteria to delimit six segments of the meander belt: Porto Esperança, Forte Coimbra, Bahia Negra, Barranco Branco, Fecho dos Morros, and Porto Murtinho. For this, remote sensing data, digital elevation models, and previous mappings were used, analyzed through geoprocessing techniques and manual vectorization. The results indicate that the fluvial dynamics do not follow a uniform pattern, being influenced by structural factors, morphometric variations, and channel-floodplain interactions. The influence of hydraulic bottlenecks in flow regulation and discharge redistribution stands out. Moreover, abrupt changes in orientation, sinuosity, and width of the meander belt reflect the interaction between hydro-sedimentary processes and structural control. Therefore, the proposed segmentation contributes to improving environmental management and water resource governance in the Pantanal.

Keywords: Fluvial Geomorphology; Geomorphological Compartmentalization; Hydraulic Bottleneck; Fluvial System; Pantanal.

1. Introdução

Apesar da reconhecida importância social, ambiental e econômica do Pantanal, o entendimento dos processos fluviais, dos pulsos de inundação e das interações canal-planície permanece incompleto. Essa lacuna de conhecimento é amplificada pela complexidade intrínseca da região, caracterizada por uma vasta rede de ambientes dinâmicos e heterogêneos, além de dificuldades de acesso a áreas. Assim, limitações logísticas restringem a realização de estudos de campo em escala adequada e dificultam a compreensão detalhada dos processos de inundação e da conectividade do ambiente, comprometendo a formulação de estratégias efetivas para a conservação e manejo sustentável.

Nesse contexto, o Sensoriamento Remoto surge como uma ferramenta indispensável para superar as limitações impostas pelas dificuldades de acesso e pela vasta extensão do Pantanal. Por meio de imagens de satélite e dados aerotransportados, é possível monitorar grandes áreas de forma eficiente e contínua (Menezes; Almeida, 2012), permitindo a análise detalhada dos processos fluviais, dos pulsos de inundação e das interações canal-planície. Essa tecnologia facilita a identificação de áreas inundadas e o acompanhamento das mudanças sazonais e interanuais no regime hidrológico (Carvalho Junior, 2018).

A este respeito, considerando as complexidades mencionadas, Assine e Silva (2009) sistematizaram a compartimentação geomorfológica como um instrumento crucial para compreender os intrincados e dinâmicos processos fluviais do rio Paraguai. Essa abordagem baseia-se na sistematização de um conjunto de critérios que envolvem o padrão hidrológico e as características hidrogeomorfológicas dos canais e das planícies aluviais, conforme sintetizado no Quadro 1. A proposta destaca a importância de integrar diferentes variáveis ambientais para segmentar a planície em unidades mais homogêneas e compreensíveis do ponto de vista geomorfológico e hidrológico, bem como com informações obtidas em campo, permitindo uma análise mais detalhada e confiável.

Quadro 1. Parâmetros propostos por Assine e Silva (2009) para a compartimentação geomorfológica no rio Paraguai.

| Crítérios | Parâmetros/característica | Área |
|---------------------------------|--|------------------|
| Padrão de drenagem | Tributário ou distributário | Bacia |
| Padrões de canal | Meandrante ou multicanal | Canal |
| Morfologias adjacentes | Meandros abandonados, lagoas, diques marginais, paleocanais, barras sedimentares, entre outros | Planície |
| Parâmetros morfométricos | Largura, sinuosidade, declividade, | Canal |
| Orientação Geográfica | - | Canal e planície |
| Confinamento dos vales aluviais | - | - |

Assim, como resultado da proposta de sistematização da compartimentação geomorfológica, diversas pesquisas foram desenvolvidas, utilizando essa abordagem como ferramenta para análises ambientais no Pantanal, tanto em termos espaciais quanto temporais. Entre os estudos que se destacam pela relevância e contribuições, está o de Assine (2003), que, ao examinar os sistemas deposicionais do Pantanal, identificou duas formas geomorfológicas principais: leques aluviais e planícies fluviais. Outro estudo de destaque é a própria pesquisa de Assine e Silva (2009), que, ao investigar a geomorfologia do megaleque do rio Paraguai, realizou um mapeamento mais detalhado em escala média.

Na primeira metade da década de 2010, destacaram-se os estudos de Macedo (2013, 2017) e Assine et al. (2015a, b), que avançaram na compreensão da geomorfologia e dinâmica hidrossedimentológica do Pantanal. Macedo (2013), seguido por Macedo (2017), realizou o mapeamento e análise das feições geomorfológicas da planície Paraguai-Corumbá, nas proximidades do município de Corumbá. Em continuidade, Assine et al. (2015a), corroborado por Assine et al. (2015b), propuseram uma nova e abrangente compartimentação da planície pantaneira. Esse trabalho sistematizou a geomorfologia, o regime hidrológico e a dinâmica sedimentar dos sistemas fluviais do Pantanal, estabelecendo uma conexão direta com a geologia e geomorfologia das áreas de origem.

Com maior nível de detalhamento, Kuerten (2010) analisou as características ambientais do megaleque do Nabileque, na porção sul do Pantanal, aplicando critérios de compartimentação geomorfológica para categorizar a geomorfologia da região. Nesse contexto, o autor identificou diversas feições geomorfológicas, dentre as quais, o cinturão de meandros atual é a mais relevante para o presente estudo, pois a segmentação geomorfológica aqui proposta foi desenvolvida com base em seus limites (Figura 1).

Outro trabalho importante foi elaborado por Stevaux et al. (2020), que sistematizaram os estudos anteriores e propuseram uma nova compartimentação geomorfológica do Pantanal, identificando oito compartimentos distintos ao longo da planície aluvial do rio Paraguai. Dessa forma, os estudos citados, tanto em termos espaciais quanto temporais, ampliam significativamente a compreensão da geomorfologia da planície pantaneira, contribuindo especialmente para o entendimento dos processos hidrogeomorfológicos da planície fluvial do rio Paraguai.

Assim, o presente trabalho objetiva desenvolver uma segmentação geomorfológica do cinturão de meandros atual do rio Paraguai, no trecho compreendido entre Porto da Manga e Porto Murtinho-MS. Para isso, foi realizada uma integração dos mapeamentos propostos por Kuerten (2010), Padovani (2010) e Stevaux et al. (2020), com foco exclusivo na segmentação, em grande escala, dos diferentes segmentos internos ao cinturão de meandros atuais do rio Paraguai, parcialmente mapeado por Kuerten (2010).

Neste ponto, é importante definir o que se entende por compartimentação e segmentação geomorfológica. A compartimentação geomorfológica refere-se à subdivisão do ambiente em unidades relativamente homogêneas, considerando critérios mais amplos (Trentim; Santos; Robaina, 2012), como características geomorfológicas predominantes, padrões hidrológicos e contextos geológicos regionais, como empregado por Assine e Silva (2009). Essa abordagem busca identificar grandes compartimentos que compartilhem dinâmicas semelhantes, como planícies fluviais, leques aluviais e planícies interleques, geralmente em escalas médias a pequenas, proporcionando uma visão integrada das dinâmicas fluviais, sedimentares e tectônicas.

Por outro lado, a segmentação geomorfológica aqui proposta, propõe uma análise mais detalhada dentro de um mesmo compartimento, analisando trechos específicos com base em variações locais de relevo, dinâmica sedimentar e hidrológica. Essa abordagem é essencial para identificar e mapear feições geomorfológicas menores, que requerem escalas maiores e instrumentos de análise mais precisos. Ambos os métodos compartilham a análise do relevo em diferentes níveis, integrando a compartimentação da topografia, a análise das formas de relevo e a análise da estrutura superficial da paisagem, conforme as proposições de Ross (1990; 1992), com Assine (2003) tendo iniciado a contextualização dessas proposições para a análise geomorfológica na planície pantaneira.

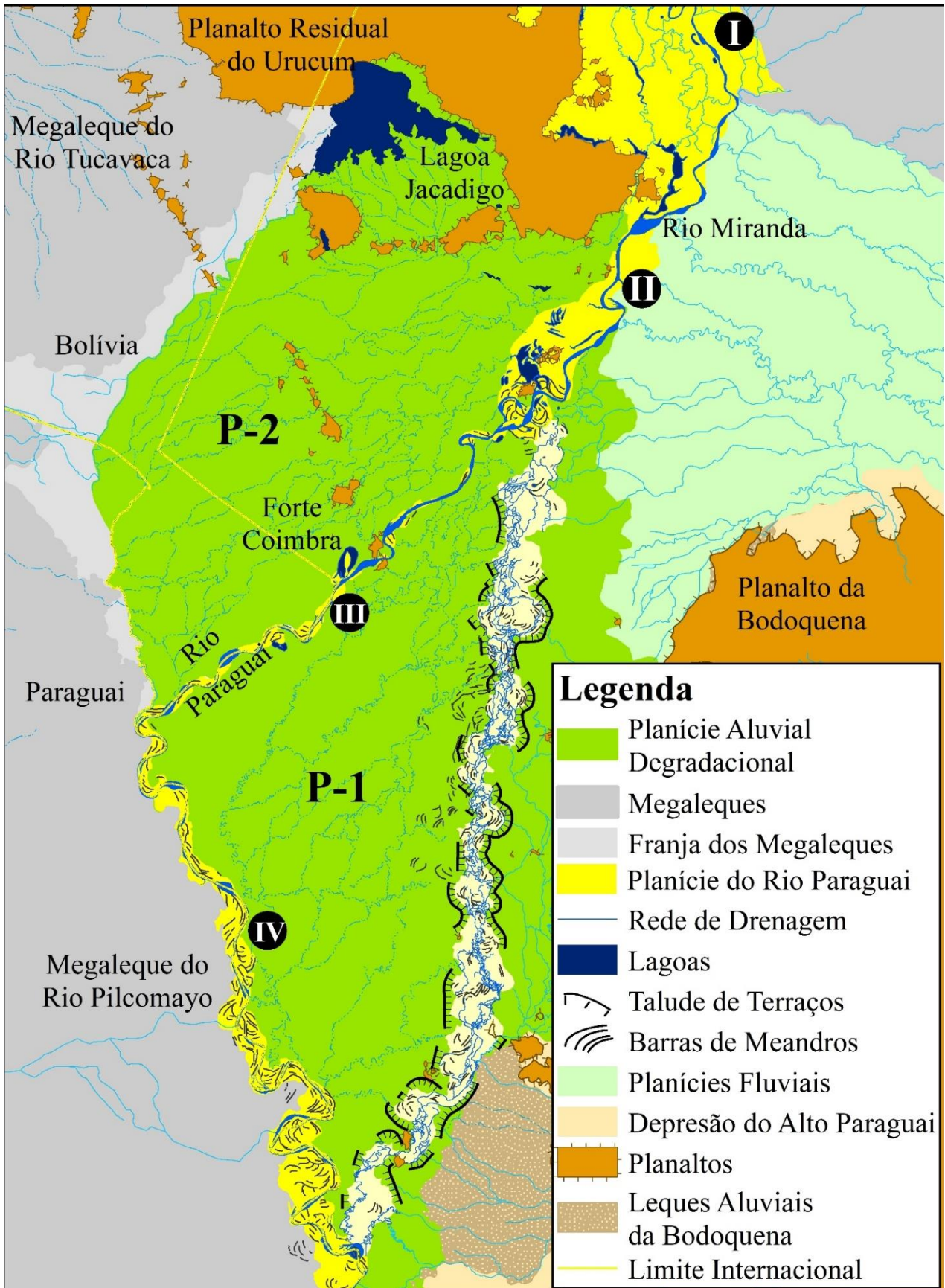


Figura 1. Compartimentação Geomorfológica elaborada por Kuerten (2010). Dentro dos compartimentos identificados na área estudada, destaca-se o cinturão de meandros atual, denominado neste mapa como “planície do rio Paraguai” (em amarelo). O mapeamento deste cinturão de meandros atual será considerado como base para a segmentação geomorfológica. Destaque também para a planície aluvial degradacional, em verde, e os compartimentos P-1 e P-2.

2. Área de Estudo

A área de estudo do presente trabalho localiza-se no entorno do rio Paraguai, no interior do Pantanal, desde as proximidades da localidade conhecida como Porto da Manga, no município de Corumbá-MS, até a área urbana do município de Porto Murtinho. Esta ampla área localiza-se no interior da planície pantaneira (Figura 2).

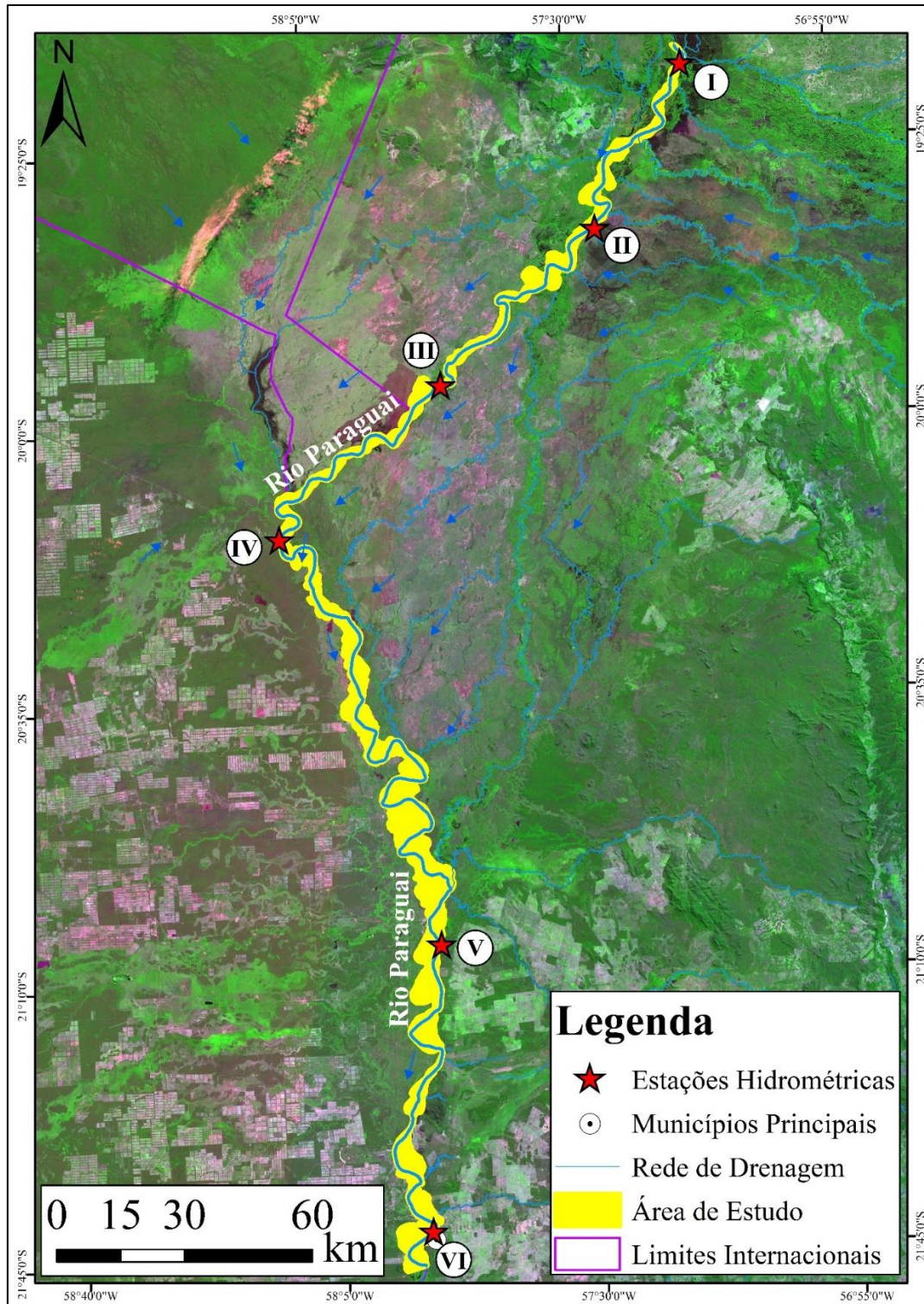


Figura 2. Área estudada da presente pesquisa (sul do Pantanal). Mosaico de cenas CBERS-4, sensor WFI. Itens numerados em algarismos romanos indicam as estações hidrométricas: Porto da Manga (I); Porto Esperança (II); Forte Coimbra (III); Bahia Negra (IV); Barranco Branco (V); Porto Murtinho (VI).

O Pantanal possui um clima tropical úmido, com temperatura média do ar de 24°C, apesar de registrar extremos térmicos que podem variar entre -1°C e 41°C (Marengo; Oliveira; Alves, 2015). A precipitação apresenta variabilidade interanual, resultando em inundações severas ou períodos secos intensos, que afetam diretamente o regime de cheias. A precipitação também apresenta variação espacial, com maior pluviosidade na região norte-nordeste (1.350 mm), e menor pluviosidade nas regiões sul-sudoeste (710 mm) e na região central (700 mm) (Stevaux et al., 2020).

Ao longo da planície, verifica-se o predomínio de depósitos sedimentares de diferentes períodos geológicos, com destaque para os sedimentos Neógenos e Pleistocênicos, além dos aluviões Holocênicos associados à deposição contemporânea. Esses depósitos refletem a complexidade do sistema sedimentar do Pantanal, que inclui a formação de leques aluviais modernos, como os dos rios Paraguai, Cuiabá e Taquari (IBGE, 2018). Neste sentido, conforme Alho, Lacher e Gonçalves (1988), a topografia do Pantanal manifesta-se de maneira praticamente contínua, caracterizando-se por um gradiente topográfico baixo. Esse gradiente varia apenas 2 a 3 cm/km na direção norte-sul e 5 a 25 cm/km na direção leste-oeste, resultando em uma marcante diferenciação entre os períodos de cheia nas diferentes regiões da planície pantaneira.

Segundo Alvarenga et al. (1984), variação temporal nos períodos de cheia nas diferentes regiões da planície pantaneira pode alcançar um intervalo médio de três a quatro meses entre as áreas próximas aos planaltos e as regiões mais baixas situadas no interior da bacia. Assim, enquanto no norte do Pantanal o pulso de inundação está sincronizado com o período chuvoso, ao sul o mesmo fenômeno ocorre com um atraso de até três meses após o término da estação das chuvas (Junk et al., 2006).

3. Materiais e Métodos

Para a realização da segmentação geomorfológica da área de estudo, primeiramente foi criado um banco de dados, integrando diferentes fontes de dados, dos quais se podem citar: (1) imagens de satélite de alta e média resolução espacial (Tabela 1), utilizadas para identificar feições geomorfológicas, delimitação de áreas de inundação e análise da dinâmica fluvial e sedimentar; (2) dados secundários provenientes de instituições como IBGE, ANA e INPE, contendo mapas topográficos, hidrológicos e geológicos, além de dados climáticos e hidrométricos históricos e (3) dados primários contendo informações obtidas a partir de técnicas de Geoprocessamento, como modelos digitais de elevação (MDE), análises de curvatura do terreno e processamento de imagens.

Tabela 1. Cenas orbitais empregadas para a segmentação geomorfológica.

| Satélite | Sensor | Identificação das cenas | Data | Bandas utilizadas | Resolução Espacial (m) |
|-------------|--------|--|---------------------|-------------------|---------------------------------------|
| Landsat-5 | TM | 227/73; 227/74; 227/75 | Junho de 1988 | 1, 2, 3, 4 e 5 | 30 |
| Landsat-8 | OLI | 227/73; 227/74; 227/75 | Agosto de 2014 | 2, 3, 4, 5 e 6 | 30 |
| Landsat-8 | OLI | 227/73; 227/74; 227/75 | Agosto de 2023 | 2, 3, 4, 5 e 6 | 30 |
| CBERS-4A | WFI | 218/140 | Agosto de 2023 | 13, 14, 15 e 16 | 55 |
| CBERS-4A | WPM | 217/137; 217/138; 217/139 217/140; 218/137; 218/138 218/139; 218/140 | Agosto de 2023 | 0, 1, 2, 3 e 4 | 8 - multispectral 2 - pancromática |
| Sentinel 2A | MSI | 21KVU; 21KUT; 21KVT 21KUS; 21KVS | Setembro de 2023 | 2, 3, 4 e 8 | 20 |

Como suporte à delimitação dos segmentos geomorfológicos, foram utilizados dados do Mapeamento de Recursos Naturais do Brasil (IBGE, 2018), incluindo os mapeamentos geológicos, geomorfológicos e pedológicos das folhas SD-21, SE-21 e SF-21, elaborados em escala 1:250.000. Para garantir a precisão e a compreensão detalhada dos dados, os arquivos foram organizados de forma a representar as informações até o último nível taxonômico

disponível em cada mapeamento. O processamento e análise desses arquivos foram realizados por meio do *software* de SIG ArcGIS 10.8® (ESRI, 2021), o que permitiu integrar e visualizar as informações de forma eficiente.

Assim como os arquivos vetoriais, as cenas orbitais também foram processadas por meio do SIG ArcGIS 10.8® (ESRI, 2021). Todas as imagens passaram por técnicas de realce com o objetivo de melhorar sua visualização, conforme descrito por Florenzano (2008). Posteriormente, realizou-se o processo de composição de bandas. A integração dessas bandas orbitais possibilitou a criação de diferentes composições coloridas, permitindo uma análise mais detalhada e ágil dos elementos presentes em uma mesma área, otimizando a identificação de feições geomorfológicas, coberturas vegetais e padrões hidrológicos.

Para a delimitação dos segmentos geomorfológicos, foi adotado o método de vetorização manual, uma técnica amplamente reconhecida em mapeamentos geomorfológicos (Florenzano, 2008), especialmente quando é necessário alcançar alta precisão na delimitação de feições e compartimentos. Esse método consiste em traçar, manualmente, os contornos das unidades geomorfológicas diretamente sobre imagens orbitais, modelos digitais de elevação (MDE) e/ou outros dados geoespaciais, utilizando ferramentas disponíveis em *softwares* de SIG. A vetorização manual possibilita ao pesquisador integrar seus conhecimentos prévios acerca da área de estudo à interpretação visual dos dados, identificando detalhes e sutilezas que frequentemente escapam aos métodos automatizados, especialmente em áreas de alta complexidade, como o Pantanal.

Dessa forma, o processo de vetorização foi realizado por meio do ArcGIS 10.8® (ESRI, 2021), no qual primeiramente criou-se uma nova camada vetorial. A escala de análise foi padronizada em 1:30.000, o que permitiu a visualização e identificação das unidades geomorfológicas diretamente sobre as imagens orbitais. Em seguida, procedeu-se à delimitação das feições geomorfológicas. Uma síntese das etapas envolvidas na segmentação geomorfológica pode ser visualizada na Figura 3.

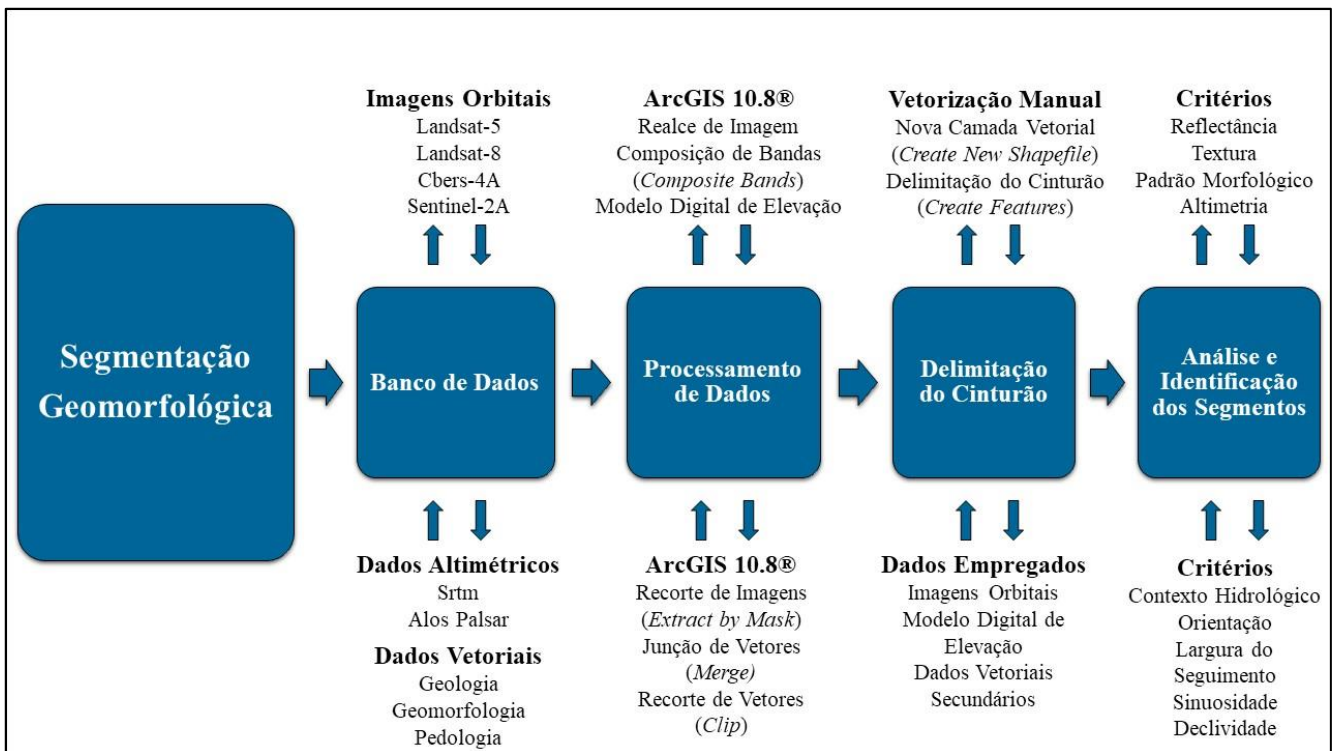


Figura 3. Fluxograma das etapas envolvidas na segmentação geomorfológica.

Para a identificação e delimitação dos segmentos geomorfológicos, foi considerado um conjunto de critérios fundamentais, incluindo: tonalidade e cor (reflectância) dos objetos conforme a composição RGB empregada, texturas, padrões morfológicos, altimetria, contexto hidrológico, orientação e largura do cinturão de meandros, bem como sinuosidade e declividade do canal. Com base nesses critérios, foi desenvolvida uma chave de interpretação que destaca áreas que apresentam a ocorrência territorial dos critérios mencionados. A chave de interpretação elaborada neste trabalho pode ser visualizada na Figura 4.

No âmbito do mapeamento geomorfológico, a chave de interpretação desempenha um papel crucial como ferramenta metodológica para a identificação e classificação de feições morfológicas e suas dinâmicas associadas, auxiliando no reconhecimento de formas de relevo e na determinação de suas características (Lima; Lupinacci, 2021). A chave de interpretação é especialmente útil para garantir a consistência e a precisão das análises, permitindo que as feições identificadas em imagens orbitais sejam comparáveis e integradas em um sistema de classificação coerente (Melo et al., 2017). Nos estudos geomorfológicos no Pantanal, este é um dos primeiros desenvolvimentos de chave de interpretação para feições morfológicas.

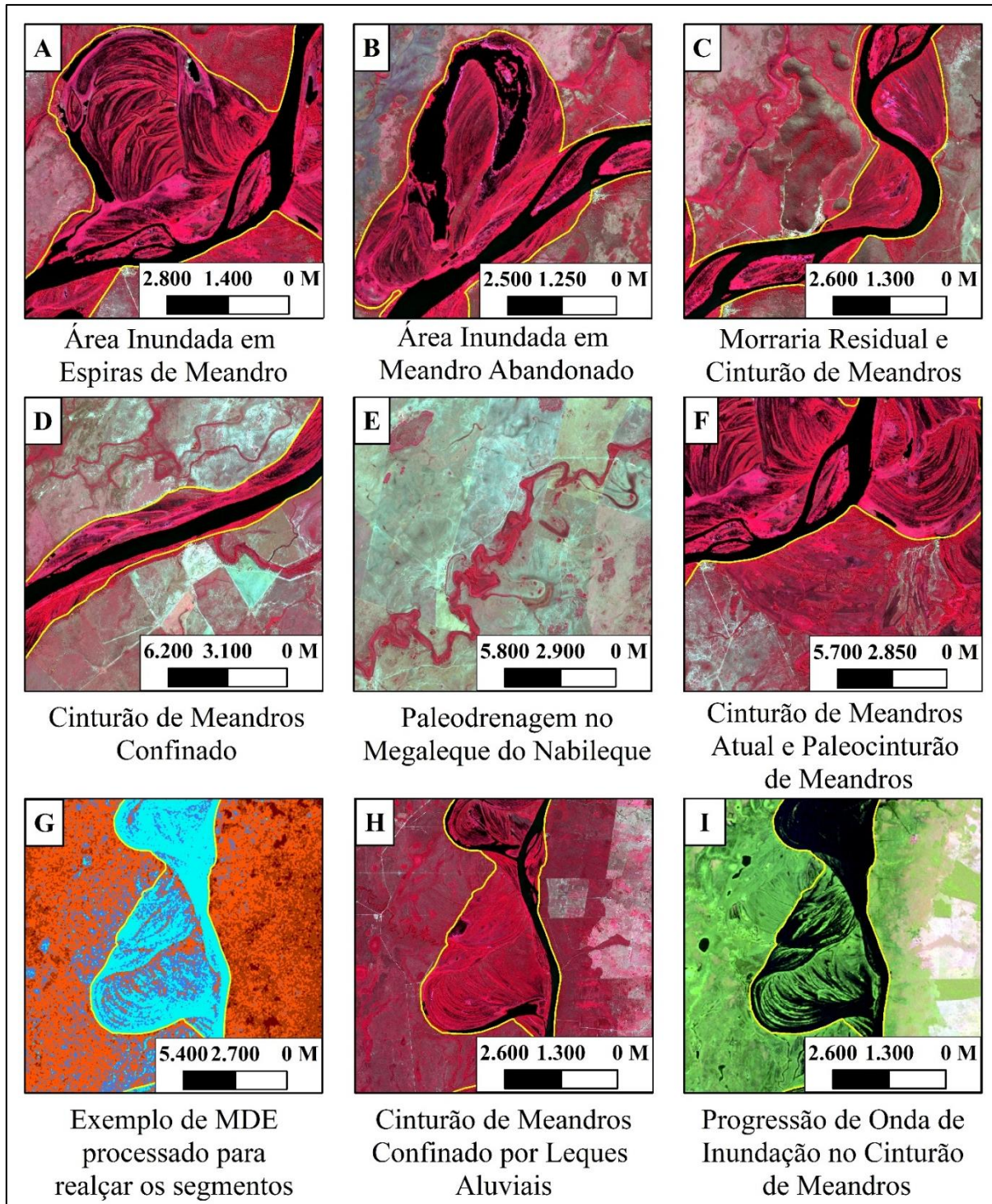


Figura 4. Chave de interpretação evidenciando exemplos significativos da implementação dos critérios para a segmentação geomorfológica.

Dessa forma, a Figura 4 apresenta áreas distintas que ilustram os critérios utilizados na delimitação dos segmentos geomorfológicos. Nas Figuras 4A e 4B destacam os padrões morfológicos e hidrológicos, evidenciando a relação entre os fluxos de água e as formas do relevo. A Figura 4C combina informações de tonalidade, textura, morfologia e hidrologia, permitindo identificar dois compartimentos geomorfológicos distintos. Já a Figura 4D integra critérios de textura, morfologia e topografia, essenciais para compreender a configuração tridimensional do terreno. A Figura 4E enfatiza a orientação e largura do cinturão de meandros, fornecendo *insights* sobre a dinâmica fluvial local. Por fim, a Figura 4F explora a interação entre morfologia e topografia, consolidando a análise das unidades geomorfológicas.

Nas Figuras 4G a 4I, é possível observar a mesma área analisada a partir de três fontes de dados distintas, demonstrando como a integração dessas informações contribui para a delimitação precisa dos segmentos geomorfológicos. A Figura 4G apresenta um Modelo Digital de Elevação (MDE) derivado de dados SRTM (reamostrados para 12,5m) disponibilizado pela *Alaska Satellite Facility* (ASF), proporcionando uma visão detalhada do relevo e auxiliando na identificação de patamares topográficos. A Figura 4H exibe uma composição RGB 4, 3, 2 do sensor WPM do satélite CBERS-4A, que enfatiza a cobertura vegetal e padrões hidrológicos. Já a Figura 4I apresenta uma composição RGB 5, 4, 3 do sensor TM do satélite Landsat 5, destacando feições morfológicas e a cobertura do solo.

4. Resultados e Discussões

Ao longo da área estudada, o rio Paraguai percorre cerca de 465 km, abrangendo seis segmentos geomorfológicos nomeados segundo toponímias locais: Porto Esperança, Forte Coimbra, Bahia Negra, Barranco Branco, Fecho dos Morros e Porto Murtinho (Figura 5). Esses segmentos estão situados em uma das áreas mais baixas do Pantanal, com altitudes inferiores a 100 metros, desempenhando papel fundamental no escoamento das águas da planície. A altitude do cinturão de meandros diminui em direção ao sul, com um gradiente topográfico de 2,15 cm/km. Essa baixa declividade contribui para a lentidão do escoamento superficial, favorecendo o transbordamento das águas para as planícies de inundação adjacentes, além de desempenhar papel essencial na regulação hidrológica e ecológica do sistema fluvial, como apontado por Stevaux et al. (2020).

A diferenciação entre os segmentos geomorfológicos é marcada pela interação entre os critérios empregados no mapeamento. Por exemplo, entre os segmentos de Porto Esperança e Forte Coimbra, destacou-se a largura média do cinturão de meandros, o índice de sinuosidade e a declividade. No trecho entre Forte Coimbra e Bahia Negra, além de deflexão e alteração na orientação do canal, observou-se diferença na largura do cinturão, um aumento no índice de sinuosidade e uma redução da declividade.

A jusante, entre os segmentos de Bahia Negra e Barranco Branco, foi registrada uma nova mudança na orientação do cinturão, acompanhada por um aumento em sua largura média, no índice de sinuosidade do canal e na declividade média. Por sua vez, entre os segmentos de Barranco Branco e Fecho dos Morros, predominou a redução na largura média do cinturão e na sinuosidade do canal, que alcançou valores correspondentes a canais retilíneos, conforme destacado por Stevaux e Latrubesse (2017). Por fim, no trecho entre Fecho dos Morros e Porto Murtinho, observou-se novamente um aumento na largura do cinturão, acompanhado por uma mudança na orientação do canal e uma elevação no índice de sinuosidade. Os valores dos critérios considerados para a segmentação geomorfológica estão sintetizados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros calculados para a segmentação geomorfológica do cinturão de meandros do rio Paraguai na área estudada. Veja os seguimentos na Figura. 5.

| Segmento Geomorfológico | Orientação | Largura Média do Cinturão (m) | Declividade (cm/km) | Área do Cinturão (km ²) | Extensão do Canal (km) | Sinuosidade (m) |
|-------------------------|------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------------|------------------------|-----------------|
| Porto Esperança | NE-SW | 2.242 | 2,02 | 195 | 98,8 | 1,37 |
| Forte Coimbra | NE-SW | 1.768 | 3,6 | 141 | 84,6 | 1,21 |
| Bahia Negra | NW-SE | 3.080 | 1,94 | 244 | 102,5 | 1,54 |
| Barranco Branco | N-S | 5.504 | 2,69 | 394 | 111,7 | 1,63 |
| Fecho dos Morros | NE-SW | 1.793 | - | 33 | 22,1 | 1,06 |
| Porto Murtinho | N-S | 4.465 | 2,2 | 152 | 45,3 | 1,45 |

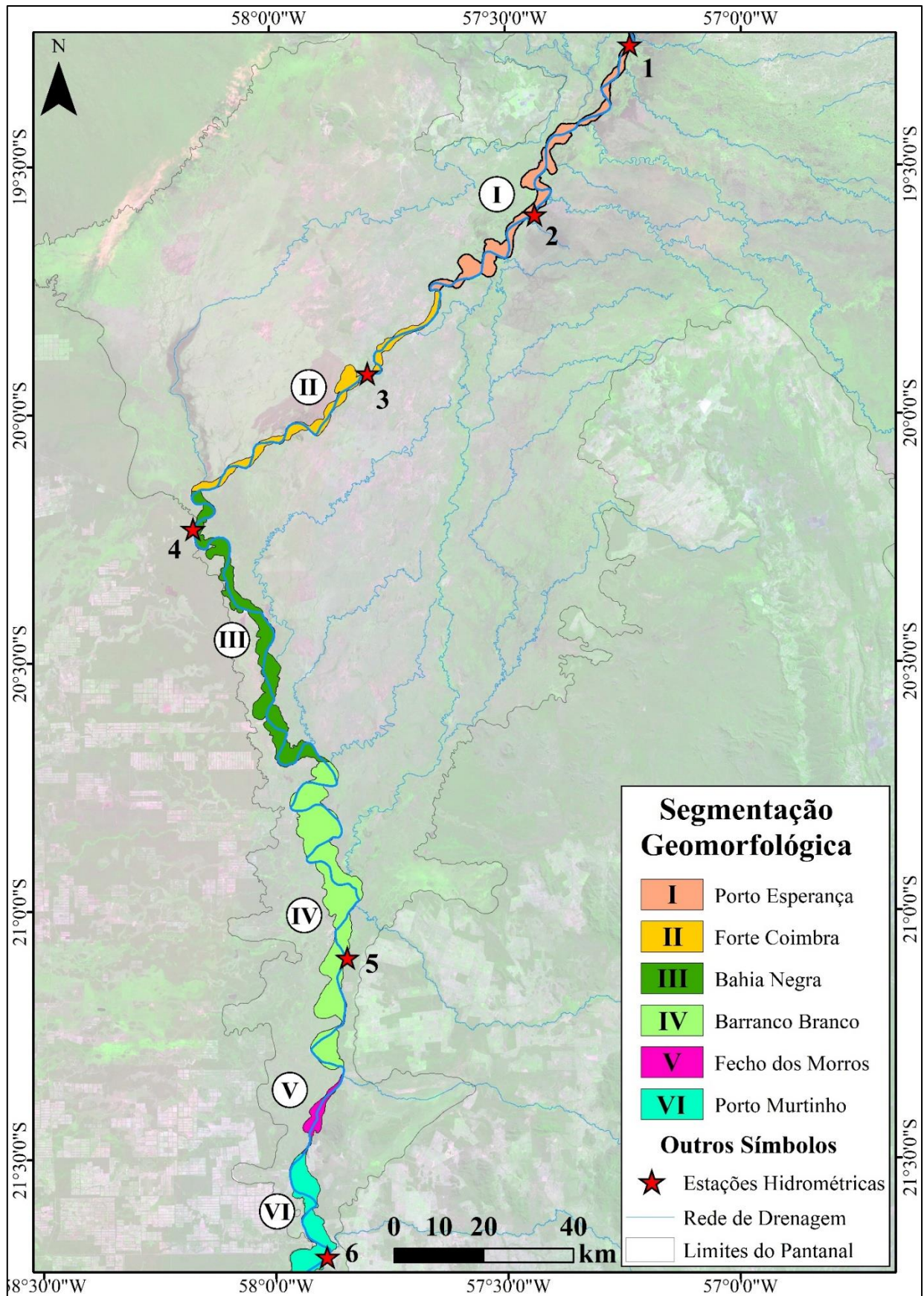


Figura 5. Segmentos geomorfológicos identificados ao longo da área de estudo. Estrelas em vermelho dizem respeito às estações hidrométricas: 1-Porto da Manga; 2-Porto Esperança; 3-Forte Coimbra; 4-Bahia Negra; 5-Barranco Branco e 6-Porto Murinho.

4.1. Cinturão de meandros de Porto Esperança (CmPE)

O cinturão de meandros de Porto Esperança apresenta largura média de aproximadamente 2.240 metros, apresentando uma expansão progressiva de nordeste para sudoeste, com área de 195 km². A menor largura registrada ao norte resulta do confinamento a que o cinturão está submetido. Em sua margem esquerda, o cinturão de meandros é confinado por depósitos sedimentares quaternários associados ao paleolobo deposicional do rio Miranda (Merino, 2011), que atualmente formam uma planície aluvial degradacional. Essa área é marcada pela presença de drenagens descontínuas com orientação predominante para oeste, entre as quais se destaca o corixo Mutum (Figura 6B).

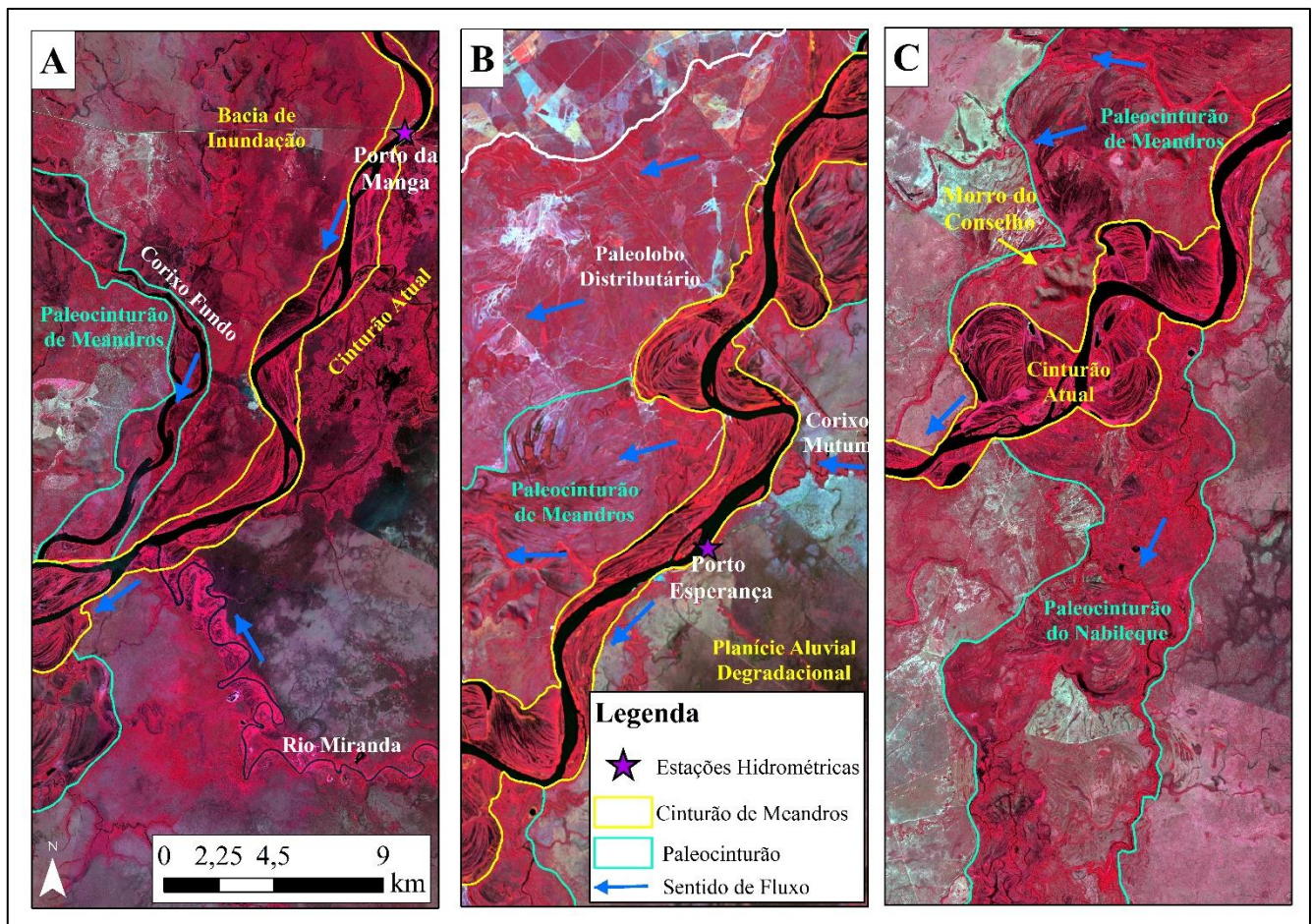


Figura 6. Imagens orbitais do cinturão de meandros de Porto Esperança. Imagens orbitais provenientes do satélite CBERS 4A, sensor WPM.

Em sua margem direita, a montante do rio Miranda, o cinturão é confinado por uma bacia de inundação caracterizada por paleodrenagens degradadas e formadas por depósitos quaternários, além de um paleocinturão de meandros (Figura 6A), remanescente de um antigo curso do rio Paraguai (Macedo, 2017). Já a jusante da confluência com o rio Miranda, ainda na margem direita, o cinturão encontra-se confinado por terrenos pré-cambrianos pertencentes ao Planalto Residual do Urucum e, posteriormente, por um amplo paleolobo distributário com orientação a sudoeste (Figura 6B).

Mais ao sul, o cinturão de meandros se alarga, especialmente nas proximidades de morraria residual localmente conhecida como “Morro do Conselho” e do paleocinturão de meandros do Nabileque (Figura 6C). A partir das análises realizadas por Macedo (2017) e Kuerten (2010), é possível observar a continuidade de um extenso paleocinturão de meandros que, no passado, constituiu o antigo curso do rio Paraguai. Ao norte, esse paleocinturão é atualmente drenado pelo rio Paraguai-Mirim, responsável pela drenagem das águas provenientes do norte da planície, com destaque para aquelas oriundas do megaleque do rio Taquari. Na região central, o

paleocinturão é interceptado pelo cinturão de meandros atual do rio Paraguai nas proximidades da foz do rio Paraguai-Mirim. A partir desse ponto, o paleocinturão é drenado pelo corixo Fundo (Figura 6A).

4.2. Cinturão de meandros de Forte Coimbra (CmFC)

O cinturão de meandros de Forte Coimbra é o mais estreito dentre os segmentos geomorfológicos identificados, com uma largura média de apenas 1.767 metros (Figura 7) e área de 141 km². Este cinturão é confinado, em ambas as margens, por depósitos sedimentares antigos associados à evolução do megaleque do rio Nabileque. A delimitação entre o cinturão de meandros e a planície degradacional circundante é claramente perceptível durante os períodos de estiagem, quando a presença de espiras de meandros estreitas e com elevado volume de água contrastam com a cobertura vegetal adjacente composta principalmente por gramíneas e gramineo-lenhosas (Silva et al., 2011).

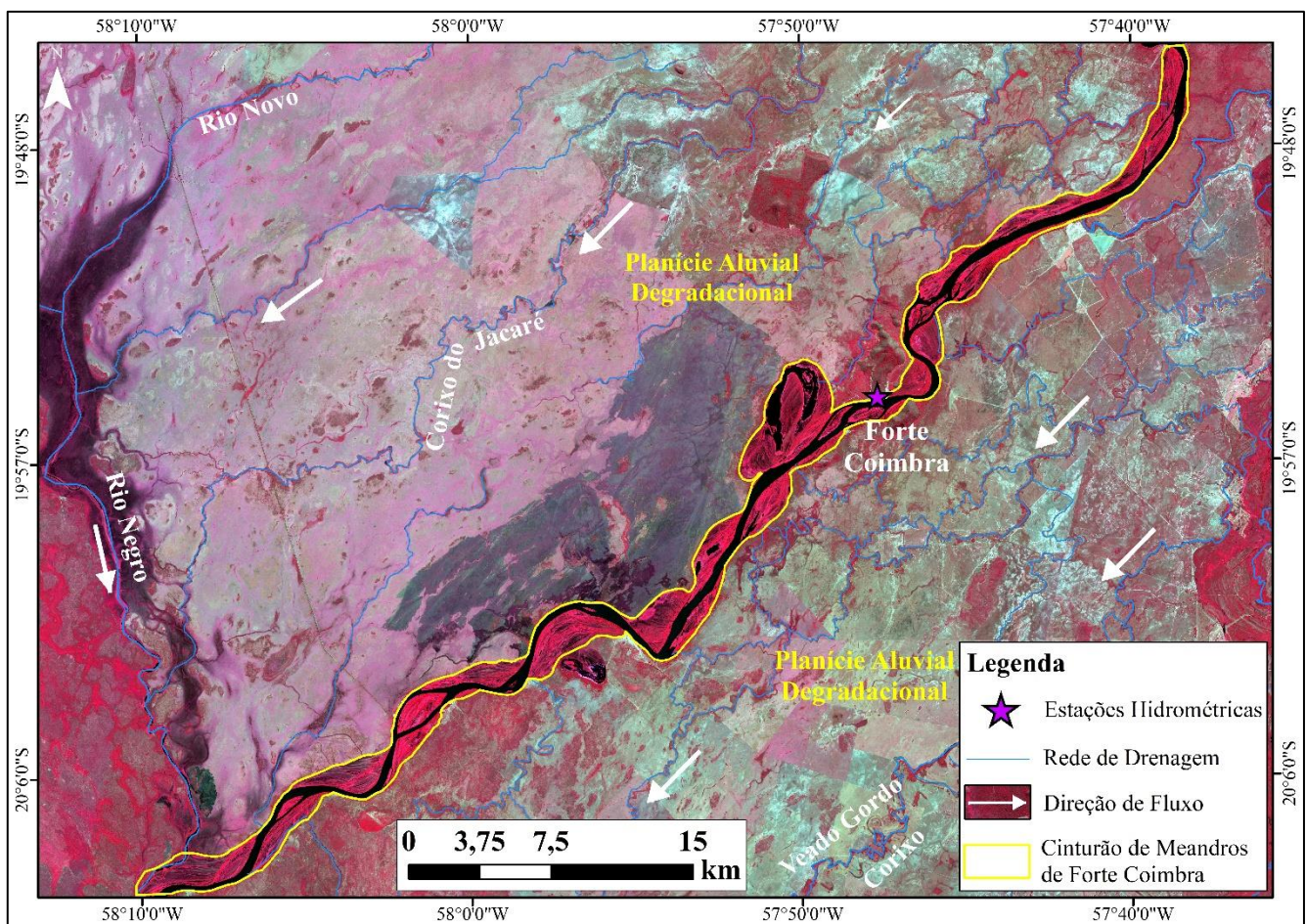


Figura 7. Visão geral do cinturão de meandros de Forte Coimbra. Imagem orbital do satélite CBERS 4A, sensor WPM.

Neste segmento, a orientação do canal (NE-SW), o estreitamento do cinturão e a baixa sinuosidade (1,21) sugerem um elevado controle estrutural (Kuerten, 2010). De acordo com o autor, o principal elemento geotectônico responsável pela configuração atual do canal é o Lineamento Transbrasiliano, uma estrutura tectônica de caráter transcontinental que se estende por mais de 4.000 km, atravessando várias regiões do Brasil. Essa estrutura conecta-se a feições geológicas no continente africano, como resultado de eventos tectônicos associados ao Neoproterozoico (Lima, 2015). O controle estrutural imposto pelo Lineamento Transbrasiliano é evidente na orientação retilínea do canal e na influência direta sobre a morfologia fluvial e a dinâmica do cinturão de meandros.

O papel do Lineamento Transbrasiliano na configuração da geomorfologia regional do Pantanal é reconhecido e já foi evidenciado em diversos estudos, como o de Soares et al. (1998) e Kuerten (2010), constituindo uma hipótese robusta para justificar o padrão morfológico observado no segmento de Forte Coimbra. Além disso, a influência de controles estruturais na definição do curso atual do rio Paraguai foi previamente abordada por Ab'Saber (1988).

Essa abordagem foi posteriormente ratificada por Paranhos Filho et al. (2017, p. 161), que sintetizou os principais lineamentos estruturais coincidentes com o curso atual do rio Paraguai e do rio Nabileque: além do Lineamento Transbrasiliiano (Figura 8, item A), são perceptíveis outros dois outros dois lineamentos estruturais que controlam a orientação do atual curso do rio Paraguai (Figura 8, itens B e E), bem com outros dois controles estruturais no curso do rio Nabileque (Figura 8, itens C e D). Esses estudos reforçam a ideia de que a interação entre fatores tectônicos e geomorfológicos é fundamental para compreender a configuração do sistema fluvial no Pantanal.

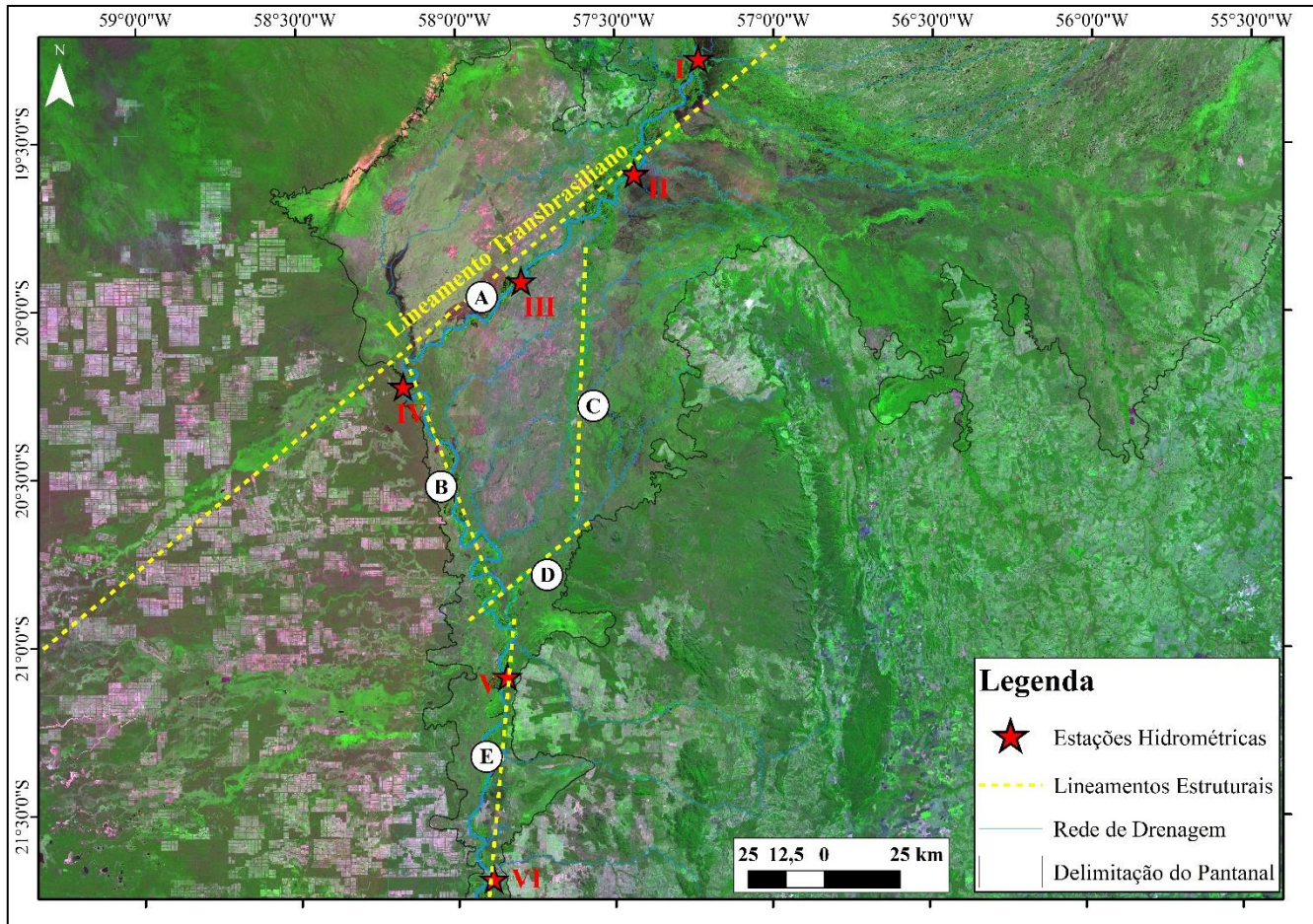


Figura 8. Principais lineamentos estruturais coincidentes com o curso atual do rio Paraguai na área de estudo. Adaptado da síntese elaborada por Paranhos Filho et al. (2017, p. 161). Estações hidrométricas: I - Porto da Manga; II - Porto Esperança; III - Forte Coimbra; IV - Bahia Negra; V - Barranco Branco; VI - Porto Murtinho.

Por outro lado, conforme Kuerten (2010), o desenvolvimento do curso atual do rio Paraguai pode ser resultado da integração de um amplo processo de avulsão e captura fluvial, influenciado por mudanças climáticas que teriam alterado as condições ambientais e o equilíbrio hidrológico do sistema. Essas alterações podem causar mudanças significativas nos padrões de sedimentação, como sugerido por Schumm (1993). Segundo essa hipótese, as mudanças fluviais locais associadas à avulsão podem ter se combinado com um processo de erosão remontante, que promoveu a migração para montante das cabeceiras de um pequeno afluente do rio Negro, um canal interleques responsável pela drenagem das águas dos leques do Nabileque e Pilcomayo (Kuerten et al., 2013).

Esse processo, segundo Kuerten (2010), pode ter culminado na captura de parte do fluxo do rio Paraguai por um afluente do rio Negro, que já apresentava um controle estrutural associado ao Lineamento Transbrasiliiano. Essa hipótese é consistente com as características observadas no cinturão de meandros atual, incluindo sua orientação e das drenagens adjacentes do megaleque do Nabileque e sua largura estreita e pouco variável.

Dessa forma, o processo de avulsão fluvial no megaleque do rio Nabileque pode ser determinante para explicar as morfologias presentes na área do segmento de Forte Coimbra, dado que eventos de avulsão frequentemente resultam na redistribuição de fluxos hídricos e sedimentares em planícies aluviais, gerando feições geomorfológicas características (Kuerten; Stevaux, 2021; Cordeiro et al., 2010). No contexto do megaleque do

Nabileque, a avulsão teria ocasionado o desenvolvimento de morfologias características que são evidentes no contraste observado entre o cinturão de meandros de Forte Coimbra e a planície aluvial degradada ao seu redor. Portanto, as morfologias identificadas no cinturão de meandros de Forte Coimbra e em suas adjacências refletem não apenas as mudanças hidrogeomorfológicas resultantes de processos de avulsão, mas também a influência do Lineamento Transbrasiliano.

4.3. Cinturão de meandros de Bahia Negra (CmBN)

O cinturão de meandros de Bahia Negra apresenta uma das mudanças mais significativas na configuração do rio Paraguai, marcada por uma brusca deflexão no canal na altura da Ilha Cavayú (Figura 9A), onde a orientação muda de NE-SW no cinturão de meandros de Forte Coimbra, para NW-SE no segmento de Bahia Negra. Essa mudança de orientação reflete, possivelmente, o controle estrutural imposto por lineamentos tectônicos na região, como sugerido por Kuerten (2010) e Paranhos Filho et al. (2017). Essa reorientação do canal está entre os elementos mais marcantes do segmento, contrastando significativamente com depósitos sedimentares do Megaleque do Nabileque (leste) e do Megaleque do Pilcomayo (oeste).

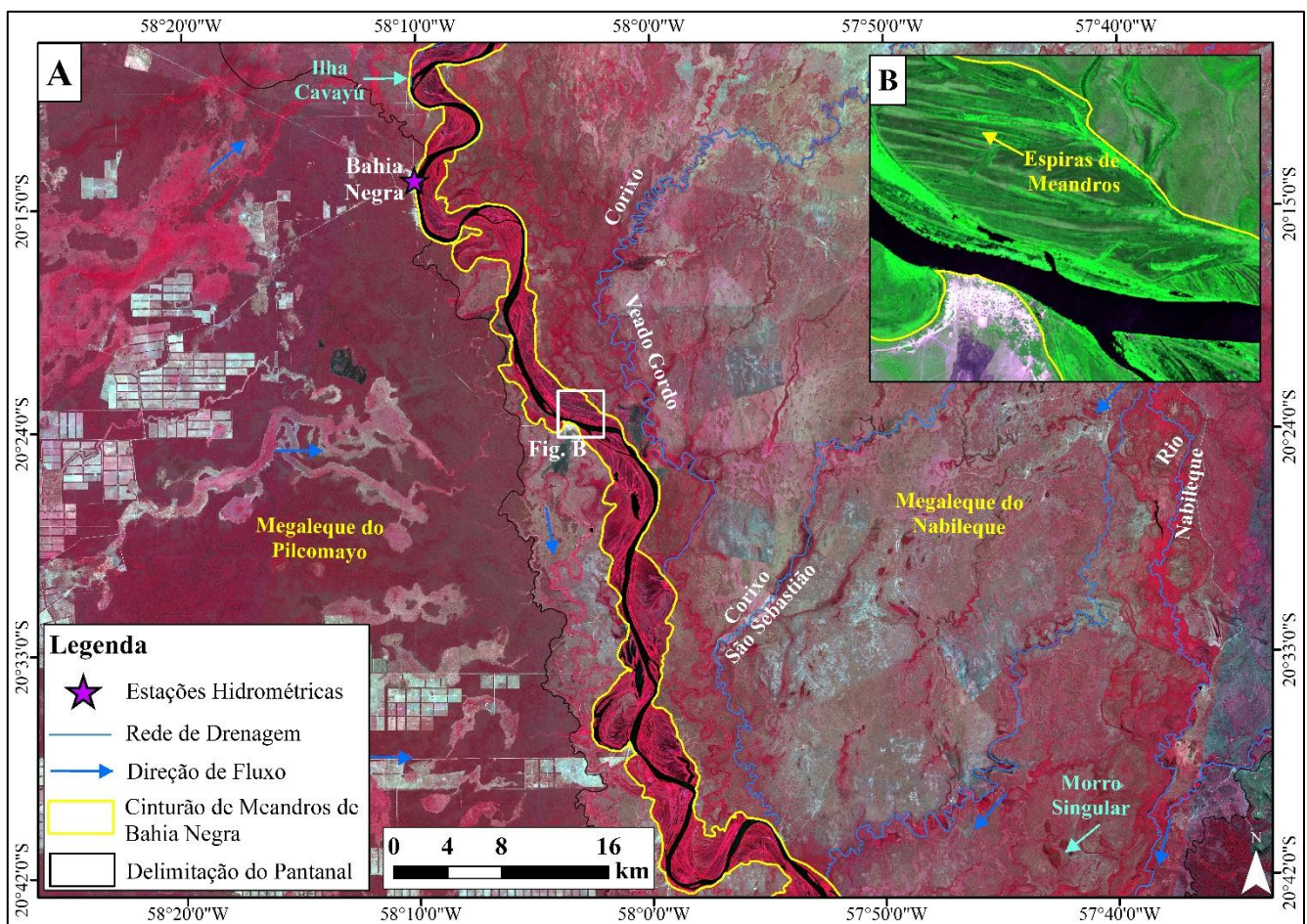


Figura 9. Visão geral do cinturão de meandros de Bahia Negra. Imagem orbital do satélite CBERS 4A, sensor WPM de agosto de 2023; rede de drenagem mapeada manualmente. Toponímias provenientes da Enciclopédia das Águas de Mato Grosso do Sul (Campestrini et al., 2014).

Outro aspecto relevante do cinturão de meandros de Bahia Negra é o aumento em sua largura média (~73% maior), com 3.080 metros. Esse aumento é mais evidente na porção sul do cinturão. Além disso, a área total do segmento também se destaca, sendo a segunda maior entre os segmentos mapeados, com 244 km², evidenciando a ampliação da planície aluvial neste trecho.

Paralelamente, o índice de sinuosidade do canal também aumenta consideravelmente. Esse aumento de sinuosidade reflete uma maior migração lateral do canal, evidenciada pelo desenvolvimento de amplas espiras e

maior curvatura dos meandros. O índice de sinuosidade e raio de curvatura de meandros se relacionam à medida em que rios de sinuosidade elevada geralmente apresentam meandros com curvaturas mais pronunciadas, de forma que maiores curvaturas de meandros podem indicar maior migração lateral do canal (Hickin; Nanson, 1975). Dessa forma, no cinturão de meandros de Bahia Negra, as espiras de meandros e os meandros abandonados são particularmente marcantes (Figura 9B).

A orientação da rede de drenagem adjacente ao segmento de Bahia Negra indica que o rio Paraguai constitui o principal elemento de drenagem das águas da região, especialmente nos períodos úmidos, o que sugere que, neste segmento, o rio Paraguai apresenta padrão de drenagem tributário. Em sua margem direita, o principal afluente do rio Paraguai é o rio Negro, um pequeno canal proveniente do território boliviano responsável por drenar águas provenientes das porções distais do megaleque do Tucavaca, um dos maiores megaleques do Pantanal, possuindo área de aproximadamente 3.800 km² (Kuerten; Stevaux, 2021). No entanto, também é notável uma rede de vazantes e fluxos não acanalados provenientes do megaleque do Pilcomayo.

Na margem esquerda do Rio Paraguai neste segmento, os tributários provenientes do megaleque do rio Nabileque, como o corixo do Veado Gordo e o corixo São Sebastião, atuam como importantes redistribuidores de água e sedimentos na planície aluvial. Os afluentes provenientes da margem esquerda apresentam maior relevância nos períodos úmidos, quando drenam parte das águas acumuladas no megaleque do Nabileque diretamente ao cinturão de meandros do rio Paraguai, constituindo assim canais de escoamento (Stevaux; Latrubesse, 2017).

Esses canais referem-se a morfologias pretéritas, reativadas nos períodos de cheia, a semelhança de diversos canais secundários identificados por Souza Filho e Stevaux (2004), no alto curso do rio Paraná. Dessa forma, esses tributários reforçam a conexão entre o rio Paraguai e suas áreas adjacentes, bem como constituem exemplos de morfologias pretéritas que apresentam funções hidrológicas no presente quando reativadas nos períodos úmidos, reforçando a importância do estudo de morfologias pretéritas para a compreensão da evolução de sistemas fluviais (Blum; Tornqvist, 2000).

4.4. Cinturão de meandros de Barranco Branco (CmBB)

O cinturão de meandros de Barranco Branco é caracterizado por uma mudança na orientação do canal nas proximidades da ilha Cova da Onça, que passa de NW-SE no cinturão de meandros de Bahia Negra para N-S em Barranco Branco (Figura 10). Essa alteração na orientação pode ser atribuída a um possível controle estrutural. Essa reorganização do canal sugere a interação entre processos tectônicos e hidrossedimentares, cuja a influência de estruturas regionais atuam no direcionamento do canal do rio Paraguai (Ab'saber, 1988).

Uma das características mais expressivas deste segmento é o aumento da largura do cinturão (~79% em relação ao segmento anterior), que atinge 5.503 metros, o maior valor entre os segmentos mapeados, com área de 394 km². Essa largura é mais acentuada nas porções norte e central do cinturão, mas apresenta redução significativa a jusante da confluência do rio Branco (Figura 10). Essa redução na largura pode ser explicada pelo maior confinamento do cinturão, com limites bem definidos: a oeste, por depósitos sedimentares do megaleque do rio Pilcomayo, e a leste, por terraços aluviais compostos por depósitos sedimentares quaternários. Essa configuração resulta em uma transição geomorfológica que marca os limites do cinturão dentro da planície aluvial do Pantanal.

O cinturão de meandros de Barranco Branco apresenta um índice de sinuosidade de 1,63, o maior registrado na área de estudo. A curvatura acentuada dos meandros e a presença de amplas cicatrizes de meandros adjacentes ao canal atual evidenciam processos de migração lateral do canal ao longo do Holoceno, como evidenciado pela datação de diversos compartimentos da região realizados por Kuerten (2010). Essas características são indicativas de um sistema fluvial dinâmico.

No cinturão de meandros de Barranco Branco, o rio Paraguai é alimentado por importantes afluentes, como o rio Nabileque, o rio Aquidabã e o rio Branco, todos situados na margem esquerda do rio Paraguai; por sua margem direita, o rio Paraguai recebe fluxos superficiais do megaleque do rio Pilcomayo (Kuerten; Assine, 2011). Os rios Aquidabã e Branco drenam a face ocidental do Planalto da Bodoquena. No entanto, ao adentrar o Pantanal, o rio Aquidabã desenvolve um pequeno leque aluvial. Esse leque fluvial também resulta em um prolongamento do mapeamento do Pantanal, como evidenciado na Figura 10. Leques aluviais de pequenas proporções, localizados nas proximidades de encostas adjacentes, têm sido identificados em diversas regiões do Pantanal (Lo et al., 2019).

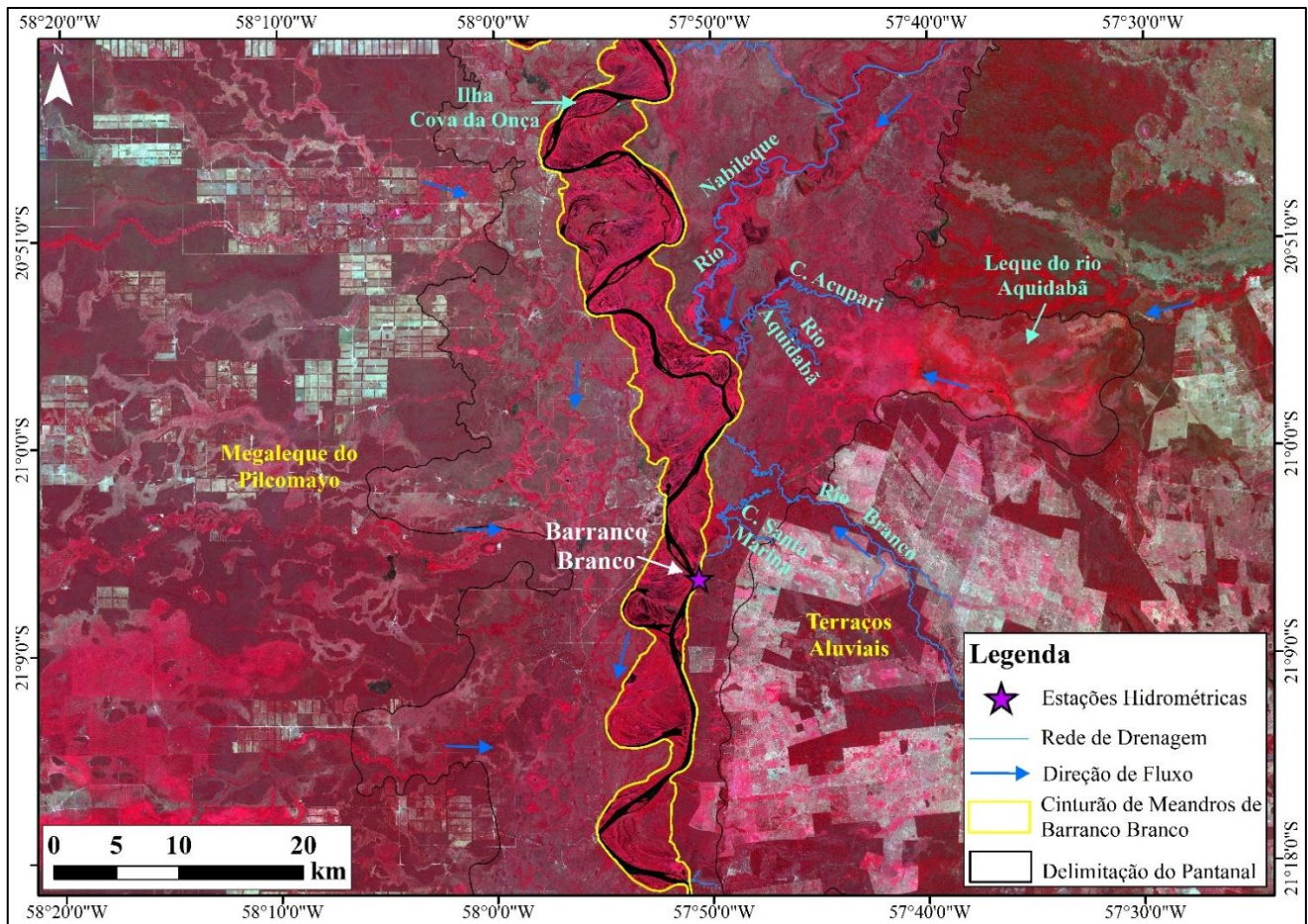


Figura 10. Visão geral do cinturão de meandros de Barranco Branco. Imagem orbital do satélite CBERS 4A, sensor WPM; rede de drenagem mapeada manualmente.

4.5. Cinturão de meandros de Fecho dos Morros (CmFM)

O cinturão de meandros de Fecho dos Morros destaca-se por apresentar a menor área entre os segmentos geomorfológicos mapeados, com apenas 33 km² (Figura 11). Este cinturão também é o mais estreito de toda a área de estudo, com largura média 1.700 metros. Esse estreitamento reflete o confinamento geomorfológico imposto pelos depósitos sedimentares do megaleque do rio Pilcomayo e do leque do rio Tererê.

O fator mais determinante para esse confinamento é a presença de morrarias residuais conhecidas como "Fecho dos Morros", que desempenham um papel estruturante na configuração do segmento. O Fecho dos Morros constitui um dos mais importantes gargalos hidráulicos do Pantanal (Stevaux et al., 2020). Esse termo refere-se a áreas de estreitamento natural do canal fluvial ou da planície aluvial que restringem o escoamento das águas, reduzindo a capacidade do sistema fluvial de deslocar a onda de cheia (Assine, et al., 2015a). Em tais gargalos, o fluxo é forçado a se acumular a montante, gerando efeitos significativos na hidrodinâmica da planície, como inundação a montante e inversão de fluxo e redução na velocidade da água no canal principal.

No caso do Fecho dos Morros, essa barreira geomorfológica cria um efeito de remanso (*backwater effect*), no qual o fluxo das águas é desacelerado ou mesmo paralisado, causando acúmulo e elevação do nível da água a montante como resultado da obstrução do fluxo, um processo semelhante ao identificado no próprio rio Paraguai nas proximidades da planície aluvial Paraguai-Corumbá (Macedo, 2017; Macedo et al., 2019). Esse fenômeno suaviza a onda de inundação do rio Paraguai, um efeito mensurado na estação hidrométrica de Porto Murtinho por Stevaux et al. (2020), além de desempenhar um papel crítico na regulação das cheias no Pantanal (Figura 11).

Devido ao controle estrutural imposto pelas morrarias residuais, a orientação do canal sofre uma alteração significativa, mudando para NE-SW no segmento de Fecho dos Morros. Além disso, a sinuosidade do canal é bastante reduzida, com um índice de apenas 1,06 caracterizando o trecho como retilíneo (Stevaux; Latrubesse, 2017). Dessa forma, a configuração do cinturão de meandros de Fecho dos Morros reflete uma combinação única

de controles estruturais e processos hidrodinâmicos que influenciam não apenas a forma do canal, mas também o comportamento das cheias e a dinâmica sedimentar na região. Sua localização estratégica como gargalo hidráulico e sua interação com os leques aluviais adjacentes tornam este segmento um elemento chave para a compreensão da geomorfologia e hidrologia do Pantanal, influenciando diretamente o cinturão de meandros de Porto Murtinho.

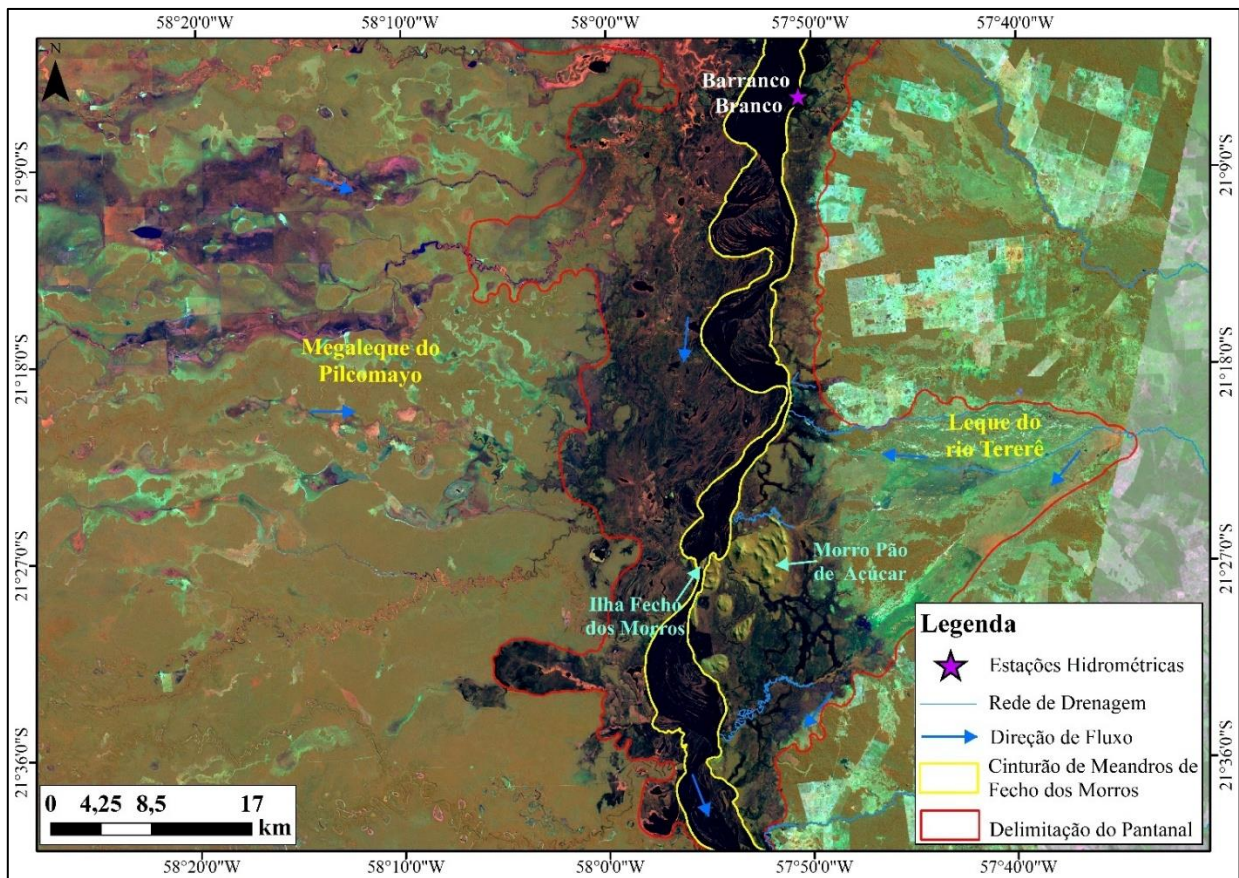


Figura 11. Visão geral do cinturão de meandros de Fecho dos Morros, de forma a evidenciar o seu papel no barramento da inundação do rio Paraguai em 1988. Landsat 5, sensor TM de julho de 1988.

4.6. Cinturão de meandros de Porto Murtinho (CmPM)

O cinturão de meandros de Porto Murtinho apresenta aumento de sua largura de norte para sul com média de 4.464 metros, a segunda maior entre os segmentos mapeados. Essa configuração reflete o confinamento geomorfológico a oeste, pelos depósitos sedimentares do megaleque do rio Pilcomayo, e a leste, por terraços aluviais compostos por depósitos sedimentares quaternários (IBGE, 2018). Dessa forma, na região deste cinturão, o Pantanal apresenta pequena largura, constituindo a área mais estreita do Pantanal (Padovani, 2010), com o cinturão de meandros de Porto Murtinho ocupando grande parte dessa estreita área do Pantanal (Figura 12A).

Uma característica marcante deste segmento é a mudança na orientação do canal, que se altera de NE-SW, no cinturão de meandros de Fecho dos Morros, para uma orientação N-S no segmento de Porto Murtinho (Figura 12A). Essa alteração na direção, aliada à baixa sinuosidade registrada no trecho (1,45), pode indicar controle estrutural. A curvatura dos meandros, embora significativa, é inferior à registrada nos cinturões de Bahia Negra e Barranco Branco, indicando processos de migração lateral mais atenuados neste trecho. Essa relação entre a sinuosidade, a curvatura dos meandros e o controle estrutural reflete a dinâmica imposta pelas condições geomorfológicas e hidrodinâmicas locais e regionais, especialmente pelo papel de depósitos sedimentares mais antigos e consolidados e terrenos da depressão do rio Paraguai (Alvarenga; Brasil; Del'arco, 1982).

A presença de espiras de meandros, associada à presença de águas superficiais, confere ao cinturão um contraste visual marcante durante os períodos de estiagem. Este contraste é ainda mais acentuado pela antropização das áreas adjacentes, frequentemente desmatadas para o desenvolvimento da pecuária (Souza Jr. et al., 2020). Nos períodos de cheia, o cinturão de Porto Murtinho é quase que totalmente inundado, funcionando

como uma grande bacia de inundação, responsável por drenar todas as águas provenientes do Pantanal (Figura 12B).

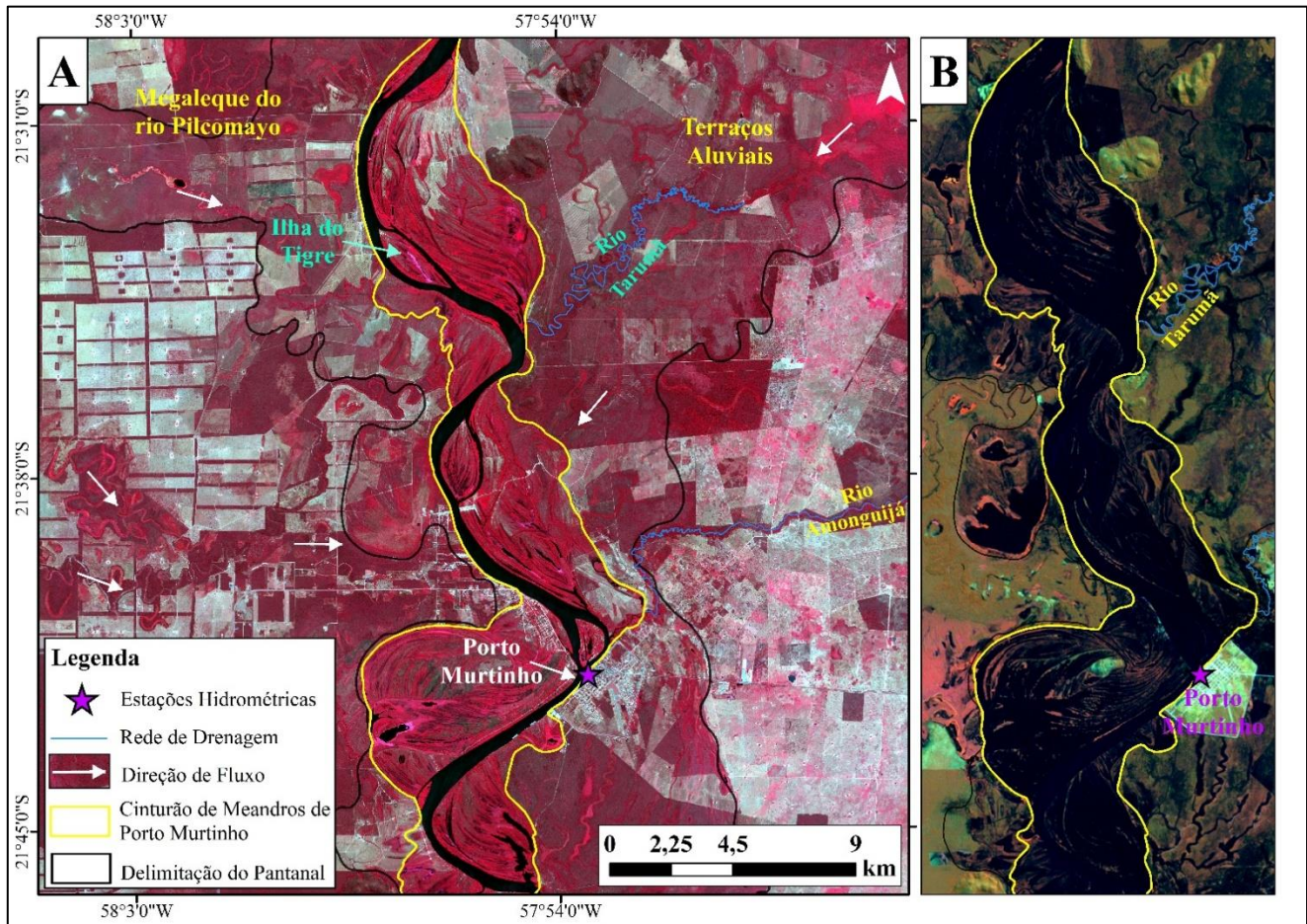


Figura 12. Visão geral do cinturão de meandros de Porto Murtinho. Figura 12A refere-se a imagem orbital do satélite CBERS 4A, sensor WPM de agosto de 2023. Figura 12B refere-se a imagem orbital do satélite Landsat-5, sensor TM, de julho de 1988.

5. Conclusões

A segmentação geomorfológica constitui uma importante contribuição para o avanço do entendimento dos processos hidrogeomorfológicos do rio Paraguai e do Pantanal Sul. A integração de dados obtidos por sensoriamento remoto, modelos digitais de elevação, mapeamentos prévios e o uso do método de vetorização manual, permitiram maior precisão e a robustez da delimitação geomorfológica proposta. A análise revelou variações significativas ao longo do cinturão de meandros do rio Paraguai, como mudanças abruptas de orientação, larguras distintas e índices de sinuosidade que refletem não apenas os processos hidrossedimentares locais, mas também o controle estrutural geológico regional exercido sob o sistema fluvial.

Os segmentos mapeados evidenciam a complexidade do Pantanal como uma bacia sedimentar dinâmica, onde processos pretéritos, como avulsões e migrações laterais do canal, continuam a moldar as feições atuais. Os resultados reforçam a importância de considerar tanto a escala temporal quanto a espacial para compreender o comportamento dos canais fluviais em regiões planas, como o Pantanal. Além disso, a delimitação dos segmentos de Porto Esperança, Forte Coimbra, Bahia Negra, Barranco Branco, Fecho dos Morros e Porto Murtinho fornece subsídios para o monitoramento e o manejo das áreas de planície aluvial, que desempenham papel crucial no amortecimento das cheias e na redistribuição dos fluxos sedimentares, considerando a importância de gargalos hidráulicos e consequente efeito remanso.

Por fim, os aportes hídricos provenientes de drenagens adjacentes e leques aluviais, bem como as interações entre o canal principal e as planícies adjacentes, são fundamentais para a compreensão da dinâmica hidrológica do

rio Paraguai. Essas interações são essenciais não apenas para a manutenção dos ecossistemas locais do rio Paraguai, mas também para a dinâmica hidrológica e sedimentar de todo o Pantanal. Os resultados obtidos contribuem para consolidar uma base científica e para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à conservação e ao manejo sustentável do Pantanal. A identificação detalhada da segmentação geomorfológica e da dinâmica hidrológica do rio Paraguai possibilita a criação de estratégias para a gestão dos recursos hídricos, a prevenção de eventos extremos, como inundações e secas severas.

Contribuição dos Autores: E.R.S.S.: Concepção, Metodologia, Investigação, Redação – versão inicial, revisão e edição. A.S.: Concepção, Metodologia, Visualização, Supervisão. H.A.: Metodologia, Investigação, Curadoria de Dados, Redação – revisão e edição. S.K.: Metodologia, Recursos, Curadoria de Dados, Redação – revisão e edição. L.D.L.: Redação – revisão e edição, Visualização.

Financiamento: Esta pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001; pela Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (Projetos Fundect - 267/2022, 172/2023, 342/2024 e 111/2024) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico por fomento à pesquisa (Processo – 406953/2021-0).

Agradecimentos: Os autores agradecem à, à Secretaria de Educação do Estado de Mato Grosso do Sul (SED-MS), à Secretaria Municipal de Educação e Cultura de Três Lagoas (SEMEC) e à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul pelo apoio e facilitação na realização dessa pesquisa.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. AB'SABER, A. N. O Pantanal Mato-Grossense e a teoria dos refúgios. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 50, n. 2 Especial, p.9-57, 1988. Disponível em: <<https://www.rbg.ibge.gov.br/index.php/rbg/article/view/1212>>.
2. ALHO, C. J. R.; LACHER, T. E.; GONÇALVES, H. C. Environmental degradation in the Pantanal ecosystem. *Bioscience*, v. 38, n. 3, p. 164-171, mar, 1988. DOI: 10.2307/1310449
3. ALVARENGA, S. M., BRASIL, A. E., DEL'ARCO, D. M. *Geomorfologia*. Projeto RadamBrasil. Folha SF-21-Campo Grande. Rio de Janeiro, MME, 28: 125-184, 1982. Escala 1:250.000.
4. ALVARENGA, S. M.; BRASIL, A. E.; PINHEIRO, R.; KUX, H. J. H. *Estudo geomorfológico aplicado à Bacia do alto Rio Paraguai e Pantanaís Matogrossenses*. Projeto RADAM/ BRASIL, Boletim Técnico, Série Geomorfologia. Salvador, 187. p. 89-183. 1984.
5. ASSINE, M. L. *Sedimentação na bacia do Pantanal Mato-Grossense, Centro-Oeste do Brasil*. Tese (Livre-Docência) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro-SP. 2003. 115p.
6. ASSINE, M. L.; MACEDO, H. A.; STEVAUX, J. C.; BERGIER, I.; PADOVANI, C. R.; SILVA, A. Avulsive Rivers in the Hydrology of the Pantanal Wetland. In: BERGIER, I; ASSINE, M. L (Orgs). *Dynamics of the Pantanal Wetland in South America*. Switzerland: Springer International Publishing, 2015a. p 83-110. DOI: 10.1007/978-3-319-18735-8
7. ASSINE, M. L.; MERINO, E. R.; PUPIM, F. N.; MACEDO, H. A.; SANTOS, M. G. M. The Quaternary alluvial systems tract of the Pantanal Basin, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, v. 45, n. 3, p. 475-489, 2015b. DOI: 10.1590/2317-4889201520150014
8. ASSINE, M. L.; SILVA, A. Contrasting fluvial styles of the Paraguay River in the northwestern border of the Pantanal wetland, Brazil. *Geomorphology*, v. 113, p. 189-199, 2009. DOI: 10.1016/j.geomorph.2009.03.012
9. BLUM, M. D.; TORNQVIST, T. E. Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward. *Sedimentology*, v. 47, p. 2-48, 2000. DOI: 10.1046/j.1365-3091.2000.00008.x
10. CAMPESTRINI, H.; MENEZES, A. R.; LAURINO, A. A. A.; MINEIRO JÚNIOR, F. J. *Enciclopédia das Águas de Mato Grosso do Sul*. Campo Grande: Instituto Histórico e Geográfico de Mato Grosso do Sul, 2014. 328p.
11. CARVALHO JUNIOR, O. A. Aplicações e perspectivas do Sensoriamento Remoto para o mapeamento de áreas inundáveis. *Revista de Geografia*, v. 35, n. 4, p. 412-431, 2018. DOI: 10.51359/2238-6211.2018.238239
12. CORDEIRO, B. M.; FACINCANI, E. M.; PARANHOS FILHO, A. C.; BACANI, V. M.; ASSINE, M. L. Compartimentação geomorfológica do leque fluvial do rio Negro, borda sudeste da Bacia do Pantanal (MS). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 40, n. 2, p. 175-183, 2010. DOI: 10.25249/0375-7536.2010402175183
13. Esri Inc. *ArcMap (versão 10.8)*. Redlands, Estados Unidos-CA, 2021.
14. FLORENZANO, T. G. *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 320p.

15. HICKIN, E. J.; NANSON, G. C. The Character of Channel Migration on the Beatton River, Northeast British Columbia, Canada. **Geological Society of America Bulletin**, v. 86, n. 4, p. 487-494, 1975. DOI: 10.1130/0016-7606(1975)86<487:TCOCMO>2.0.CO;2
16. IBGE. **Mapeamento de Recursos Naturais do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Escala: 1:250.000.
17. JUNK, W. J.; CUNHA, C. N. da; WANTZEN, K. M.; PETERMANN, P.; STRÜSSMANN, C.; MARQUES, M. I.; ADIS, J. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Aquatic Sciences**, v. 68, p. 279-309, 2006. DOI: 10.1007/s00027-006-0851-4
18. KUERTEN, S.; ASSINE, M. L. Rio Paraguai no megaleque do Nabileque, sudoeste do Pantanal Mato-Grossense, MS. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 41, n. 1, p. 642-653, 2011. DOI: 10.25249/0375-7536.2011414642653
19. KUERTEN, S. **Evolução geomorfológica e mudanças ambientais no megaleque do Nabileque, Quaternário do Pantanal Mato-Grossense**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro-SP. 2010. 111p.
20. KUERTEN, S.; PAROLIN, M.; ASSINE, M. L.; MCGLUE, M. M. Sponge spicules indicate Holocene environmental changes on the Nabileque River floodplain, southern Pantanal, Brazil. **Journal of Paleolimnology**, 49, n. 2, p. 171-183, 2013. DOI: 10.1007/s10933-012-9652-z
21. KUERTEN, S.; STEVAUX, J. C. Megaleques das bacias sedimentares do Chaco e Pantanal: uma revisão comparada. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 3, 2021. DOI: 10.20502/rbg.v22i3.1886
22. LIMA, K. C.; LUPINACCI, C. M. Geomorfologia do semiárido: proposta metodológica de representação cartográfica e interpretação do relevo em escala de detalhe. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 2, p. 217-234, 2021. DOI: 10.20502/rbg.v22i2.1527
23. LIMA, T. P. C. **Expressão geofísica-estrutural do Lineamento Transbrasiliano na porção central da Bacia do Parnaíba (Maranhão-Piauí)**. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN. 2015. 92p.
24. LO, E. L.; MCGLUE, M. M.; SILVA, A. BERGIER, I. YAGER, K. M.; MACEDO, H. A.; SWALLOM, M.; ASSINE, M. L. Fluvio-lacustrine sedimentary processes and landforms on the distal Paraguay fluvial megafan (Brazil). **Geomorphology**, v. 342, p. 163-175, 2019. DOI: 10.1016/j.geomorph.2019.06.001
25. MACEDO, H. A. **Geomorfologia e hidrossedimentologia da planície do Rio Paraguai, da Lagoa Vermelha à confluência do Rio Miranda, Pantanal Mato-Grossense**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro-SP. 2013. 87p.
26. MACEDO, H. A. **Evolução Geomorfológica e Dinâmica Hidrossedimentar da Planície Fluvial Paraguai-Corumbá, Quaternário do Pantanal**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro-SP. 2017. 195p.
27. MACEDO, H. A.; STEVAUX, J. C.; SILVA, A.; MERINO, E. R.; LO, E. L.; ASSINE, M. L. Hydrosedimentology of the Paraguay River in the Corumbá fluvial reach, Pantanal wetland. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 2, p. 255-271, 2019. DOI: 10.20502/rbg.v20i2.1500
28. MARENGO, J. A.; OLIVEIRA, G. S.; ALVES, L. M. Climate change scenarios in the Pantanal. In: BERGIER, I., ASSINE, M. L. (Orgs). **Dynamics of the Pantanal Wetland in South America**. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. p. 227-238. DOI: 10.1007/978-3-319-18735-8
29. MELO, C. G.; LUZ, I. C.; OSCO, L. P.; RAMOS, A. P. M. Chave de Interpretação para o Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Santo Anastácio. **Colloquium Exactarum**, vol. 9, n. Especial, p. 226-233, 2017. DOI: 10.5747/ce.2017.v9.nesp.000147
30. MENEZES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: Universidade de Brasília, 2012, 274 p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/332292728_introducao_ao_processamento_de_imagens_de_sensoriamento_remot>.
31. MERINO, E. R. **Caracterização geomorfológica do sistema deposicional do rio Miranda (borda sul do Pantanal mato-grossense, MS) com base em dados orbitais**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro-SP. 2011. 78p.
32. PADOVANI, C. R. **Dinâmica Espaço-Temporal das Inundações do Pantanal**. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP. 2010. 175p.
33. PARANHOS-FILHO, A. C.; MIOTO, C. L.; MACHADO, R.; GONÇALVES, F. V.; RIBEIRO, V. O.; GRIGIO, A. M.; SILVA, N. M. Controle Estrutural da Hidrografia do Pantanal, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 40, n. 1, p. 156-170, 2017. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/18237>>.
34. ROSS, J. L. S. **Geomorfologia ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. 98p.

35. ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 6, p. 17-29, 1992. DOI: 10.7154/RDG.1992.0006.0002
36. SCHUMM, S. A. River Response to Baselevel Change: Implications for Sequence Stratigraphy. **The Journal of Geology**, 101: 279 – 294. 1993. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/30081152>>.
37. SILVA, J. S. V.; POTT, A.; ABDON, M. M.; POTT, V. J. **Projeto GeoMS: Cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011.
38. SOARES, P. C., ASSINE, M. L., RABELO, L. The Pantanal Basin: recent tectonics, relationships to the Transbrasiliano Lineament. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 9., 1998, Santos. **Anais...** Santos: INPE. 1998. Disponível em: <https://www.academia.edu/19406820/The_Pantanal_Basin_Recent_Tectonics_Relationships_to_the_Transbrasiliano_Lineament>
39. SOUZA FILHO, E. E.; STEVAUX, J. C. Geology and Geomorphology of the Baía-Curutuba-Ivinhema River complex. In: TOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Eds.) **The Upper Paraná River an its Floodplain: Physical aspects, ecology and Conservation**. Leiden: Backhuys Publishers, p. 1-29, 2004.
40. SOUZA JR, C. M., et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, Issue 17, 2020. DOI: 10.3390/rs12172735
41. STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 320p.
42. STEVAUX, J. C.; MACEDO, H. de A.; ASSINE, M. L.; SILVA, A. Changing fluvial styles and backwater flooding along the Upper Paraguay River plains in the Brazilian Pantanal wetland. **Geomorphology**, v. 350, 2020. DOI: 10.1016/j.geomorph.2019.106906
43. TRENTIN, R.; SANTOS, L. J. C.; ROBAINA, L. E. de S. Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Itu: oeste do Rio Grande do Sul-Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 24, p. 127-142, 2012. DOI: 10.1590/S1982-45132012000100011



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.