

## **A importância do controle estrutural e da neotectônica na gênese e evolução do Megaleque do Aquidauana, borda sudeste da bacia do Pantanal Sul Mato-Grossense**

Edna Maria Facincani<sup>1</sup>  
Gustavo Facincani Dourado<sup>2</sup>

1Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia  
Cidade Universitária, 79070-900  
Campo Grande, MS, Brasil  
edna\_facincani@hotmail.com

2Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia  
Cidade Universitária, 79070-900  
Campo Grande, MS, Brasil  
gustavo.gfd@hotmail.com

**Resumo.** A região do Megaleque do Aquidauana é definida por dois blocos morfotectônicos, I e II. As principais feições estruturais identificadas tratam-se de descontinuidades. Foram reconhecidos dois conjuntos de falhas. O conjunto mais antigo é representado por descontinuidades estruturais de direção NW-SE (bloco I). O conjunto mais jovem é caracterizado por descontinuidades de direção E-W (bloco II). A rede de drenagem e a estrutura das formas de relevo apresentam-se fortemente controladas por essas descontinuidades estruturais, associadas ao abatimento de blocos presentes no Megaleque. Isto possibilita o desenvolvimento de áreas com maior subsidência e espaço de acomodação de sedimentos holocênicos, como o chamado Brejão do Negro. O lineamento do Rio Negro é uma feição importante na porção sudeste da Bacia do Pantanal, funcionando como uma zona de cisalhamento E-W, com movimentações neotectônicas atuais representada por uma zona sismogênica, principalmente na origem e evolução do Megaleque do Aquidauana. Estes lineamentos impõem “landforms” tectônicos sendo indicados por subsidência, escarpamentos, avulsões fluviais, capturas fluviais, cotovelos, dentre outros, associados à atividade neotectônica presente na Bacia Sedimentar do Pantanal. O uso de sensoriamento remoto se mostra uma ferramenta eficaz na análise da paisagem, principalmente em megaleques fluviais, por meio da identificação de estruturas neotectônicas presente na área de estudo.

**Palavras-chave:** Morfotectônica, lineamentos, sensoriamento remoto.

**Abstract.** The region of the Aquidauana Megafan is defined by two morphotectonic blocks, I and II. The main structural characteristics identified are discontinuities. Two sets of failures were recognized. The oldest set is represented by structural discontinuities of NW-SE direction (block I). The younger set is characterized by discontinuities in the E-W direction (block II). The drainage network and the relief structure forms are strongly controlled by these structural discontinuities, associated with the reduction of blocks present in the Megafan. This allows the development of areas with greater subsidence and accommodation space of Holocene sediments, such as the so-called Brejão do Negro. These lineaments impose tectonic landforms being indicated by subsidence, escarpments, fluvial avulsions, fluvial captures, elbows, among others, associated to the neotectonic activity present in the Pantanal Sedimentary Basin. The use of remote sensing is an effective tool for landscape analysis, mainly in fluvial megafans, through the identification of neotectonic structures present in the study area.

**Keywords:** Morphotectonics, lineaments, remote sensing.

## 1. Introdução

Os movimentos da crosta terrestre que se instalaram durante os períodos Terciário Superior (Mioceno e Plioceno) e do Quaternário são considerados neotectônicos. Em 1978, a comissão de Neotectônica da Associação Internacional de Estudo do Quaternário-INQUA, Vita-Finzi (1986) considerou que a Neotectônica abrange: “*qualquer movimento ou deformação a nível geodésico de referência, incluindo seus mecanismos e sua origem geológica, independente de sua idade*”. A expressão maior da Neotectônica no Estado de Mato Grosso do Sul é representada pela Bacia Sedimentar do Pantanal, considerada uma fossa tectônica de direção N-S, com 400 km de comprimento e 250 km de largura e espessura acima de 400m de sedimentos (Facincani, 2007).

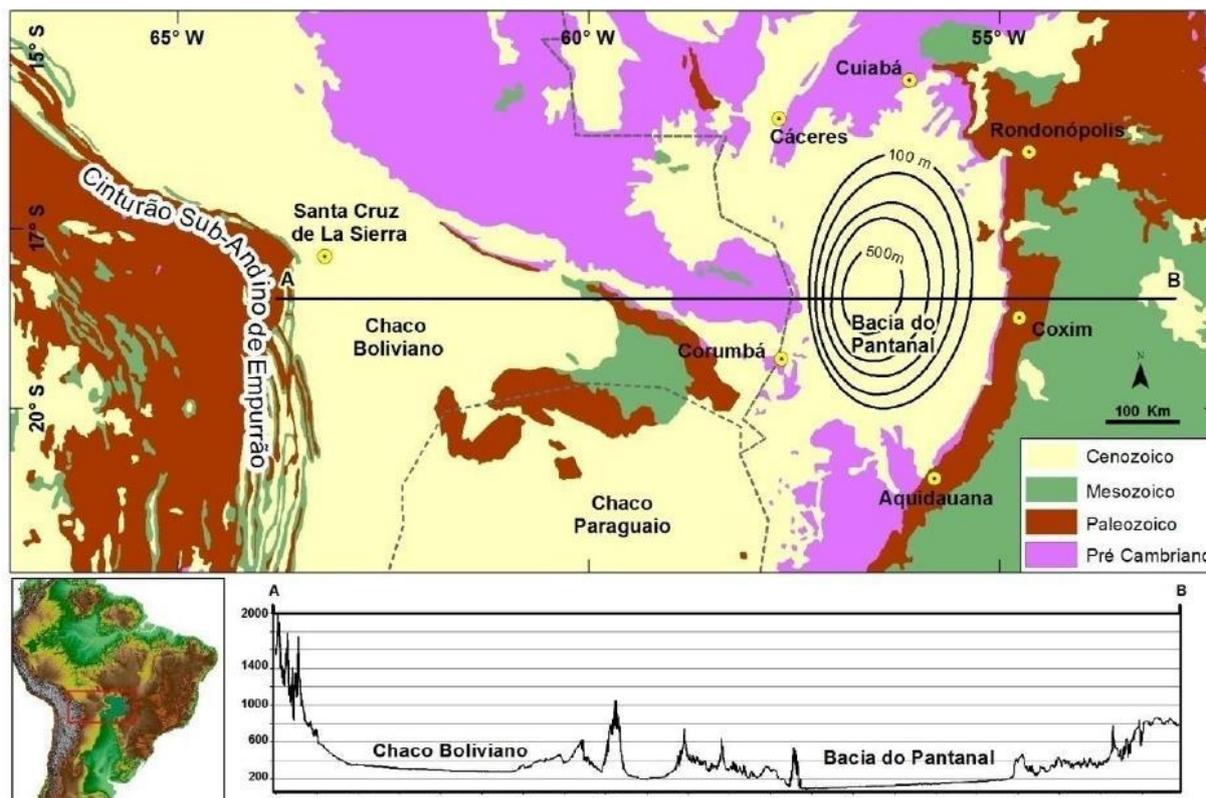
Hasui (1990) ressaltou que a neotectônica atuante no Brasil é decorrente de uma distensão geral NW-SE, em função da manutenção de um binário E-W. Isto favorece o desenvolvimento de estruturas transcorrentes dextrais e reativação de outras preexistentes, em um ambiente intraplaca, com início por volta do Mioceno. A tectônica ressurgente é a manifestação tectônica intermitente de falhas em episódios tectônicos, separados por intervalos de quiescência. A tectônica ressurgente (Hasui, 1990) e suas relações com a sismicidade na Região Centro-Oeste é marcada por feixe de lineamentos de direção média de N45°E denominado Lineamento Transbrasiliano (Schobbenhaus et al., 1975). Esses movimentos assumiram um papel decisivo na formação da morfologia contemporânea do Estado de Mato Grosso do Sul, com destaque à Bacia Sedimentar do Pantanal.

O Pantanal localiza-se no Oeste do Estado de Mato Grosso do Sul, ocupando uma área de 135.000 km<sup>2</sup>, na Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai (BAP), consistindo em uma área deprimida com cotas altimétricas oscilando de 80 a 190 m. A planície pantaneira é circundada pelos planaltos de Maracaju-Campo Grande e Taquari-Itiquira a leste, Guimarães e Parecis a Norte, Urucum-Amolar a oeste e Bodoquena a Sul (Assine, 2004). A região é envolvida por planaltos sustentados por rochas que variam de idades desde o Pré-Cambriano até o Cenozóico.

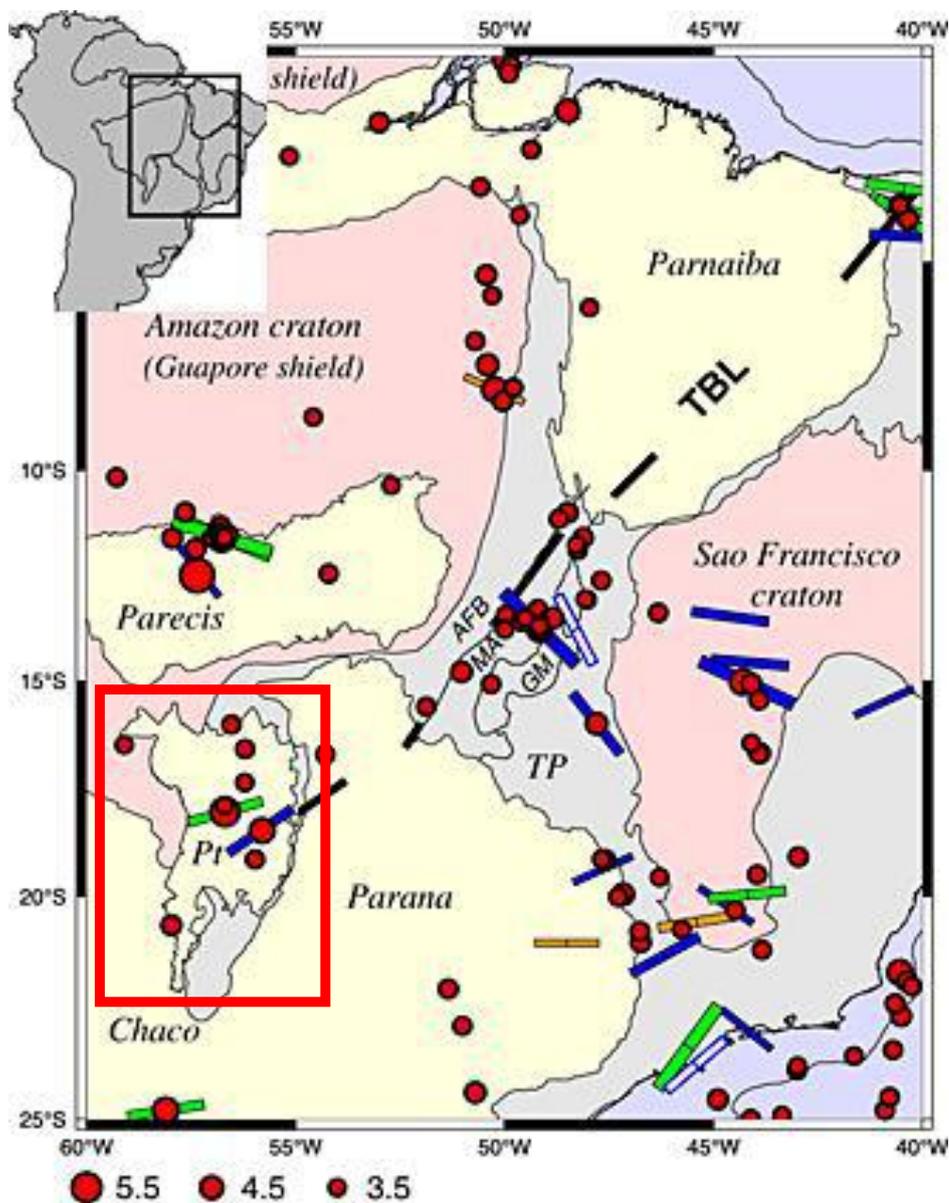
A Bacia do Pantanal (Figura 1) é formada essencialmente por sedimentos siliciclásticos de procedência aluvial, sendo esta uma das mais relevantes áreas úmidas (*wetlands*) do mundo (Pupim et al., 2017). Geologicamente, o embasamento da Bacia do Pantanal é composto por rochas metamórficas gnáissico-graníticas, originalmente advindas do Cráton Amazônico, além de rochas metamórficas, filitos, metapelitos, mármore e metaconglomerados, pertencentes a Província Tocantins. Enquanto o Cráton Amazônico reúne as unidades geológicas regionais mais antigas e terrenos estabilizados antes do Ciclo Brasileiro na região, a Província Tocantins foi estruturada durante o Ciclo Brasileiro e sua borda leste é marcada pelos sedimentos pertencentes à Bacia Sedimentar do Paraná (Ruiz,

2005). Associados as fraturas e as discontinuidades crustais surgidas durante o ciclo Brasileiro (850 - 500 Ma), formou-se o Lineamento Transbrasiliano que teve influência decisiva na formação das feições de relevo e drenagem.

Historicamente a Bacia Sedimentar do Pantanal é considerada uma das regiões sísmicas do Brasil (Branner, 1912; Facincani et al., 2011), conforme Figura 2. Os abalos sísmicos intraplaca resultam de rupturas ao longo de zonas de fraquezas preexistentes, localizadas próximas de inomogeneidades estruturais, as quais concentram esforços que, somados aos esforços regionais, são capazes de gerar terremotos (Riccomini & Assumpção, 1999).



**Figura 1.** Geologia regional da Bacia do Pantanal (modificado de Assine et al., 2015). Perfil topográfico elaborado a partir do SRTM 90m da América do Sul.



**Figura 2.** Sismicidade da região Central do Brasil (Assunção & Sacek, 2013), com destaque para a Bacia do Pantanal (Pt). O retângulo em vermelho destaca o Pantanal e adjacências. Segmentos em preto marcam o Lineamento Transbrasiliano. Os segmentos verdes e azuis, são falhas transcorrentes e inversas, respectivamente. Os círculos vermelhos apresentam a localização de epicentros com suas respectivas magnitudes.

A neotectônica pode causar mudanças no relevo e conseqüentemente no padrão da rede de drenagem, processos estes, que têm ocorrido na região do Pantanal. A neotectônica também contribui na reativação de estruturas tectônicas, como juntas e falhas, favorecendo o arcabouço da origem e evolução dos megaleques presentes na Bacia Sedimentar do Pantanal. O Megaleque do Aquidauana, objeto de estudo deste trabalho, está situado na margem direita do Rio Miranda e constitui um compartimento geológico e geomorfológico expressivo da planície pantaneira.

## 2. Objetivo

Este trabalho tem por objetivo destacar as feições estruturais, a tectônica ressurgente e a neotectônica como fatores relevantes na gênese e evolução dos processos de avulsão fluvial, presentes no Megaleque do Aquidauana, Borda Sudeste da Bacia Sedimentar do Pantanal.

## 3. Material e Métodos

No desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados diversos conceitos, métodos, técnicas e procedimentos de caráter multidisciplinar, sobretudo relativos à Geomorfologia, Geologia e à Neotectônica.

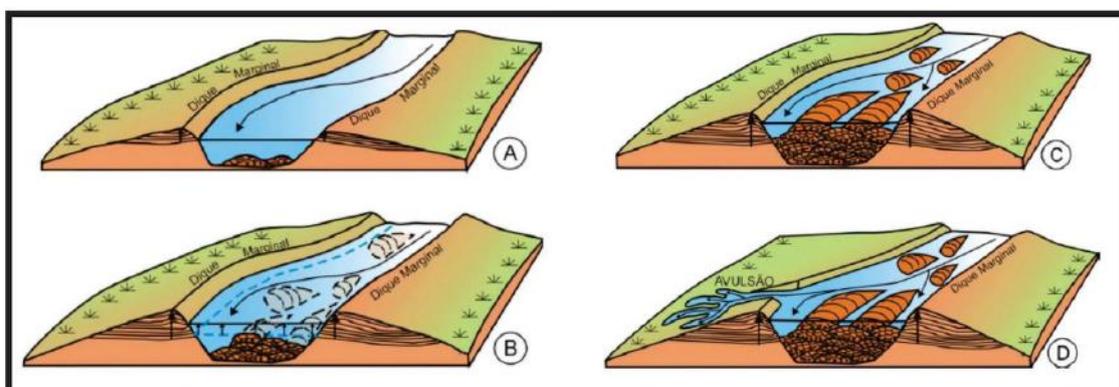
O sistema de informações geográficas QGIS 2.10 foi utilizado na produção das figuras, por meio de imagens de satélite, adquiridas sem custo na página do Earth Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov>), pertencente ao site do United States Geological Survey (USGS). Este programa foi utilizado para a interpretação e identificação de lineamentos estruturais e processos de avulsão presentes na área de estudo.

Para este estudo, foram selecionadas imagens de satélite com resolução espacial de 30 m e que não apresentam cobertura de nuvens na área de estudo. As imagens selecionadas são do Landsat 8 Operational Land Imager (sensor OLI), 25 de abril de 2018 (Órbita 226, Pontos 73 e 74) e 20 de maio de 2018 (Órbita 225, Ponto 74). O plug-in OpenLayers, que permite visualizar, editar e exportar dados do Google Earth, foi utilizado como ferramenta auxiliar na visualização da área.

### 3.1. Processos de avulsão

A mudança do curso de um rio, que abandona o antigo leito é conhecida como avulsão fluvial (Assine, 2011). A avulsão é caracterizada pelo desvio do fluxo do canal principal, que se estabelece em um novo canal adjacente da planície de inundação, sendo um processo natural com intervalo de recorrência muito variável (Slingerland & Smith, 2004). Nos sistemas de leques, o canal fluvial principal não procede lateralmente ao longo da planície do leque, sua tendência é de mudanças bruscas no curso do rio, devido ao rompimento dos diques marginais, drenagem das águas e de sedimentos para a planície de inundação.

As dinâmicas de avulsão fluvial ocorrem, sobretudo pela rápida agradação do canal do rio, reduzindo sua profundidade, ocasionando surgimento de barras arenosas e na rescisão de diques marginais, com espriamento das águas e deposição de sedimentos na várzea adjacente, onde canais distributários drenam as águas do canal principal forçando a mudança do seu curso (Pupim et al., 2017), como mostra a Figura 3.

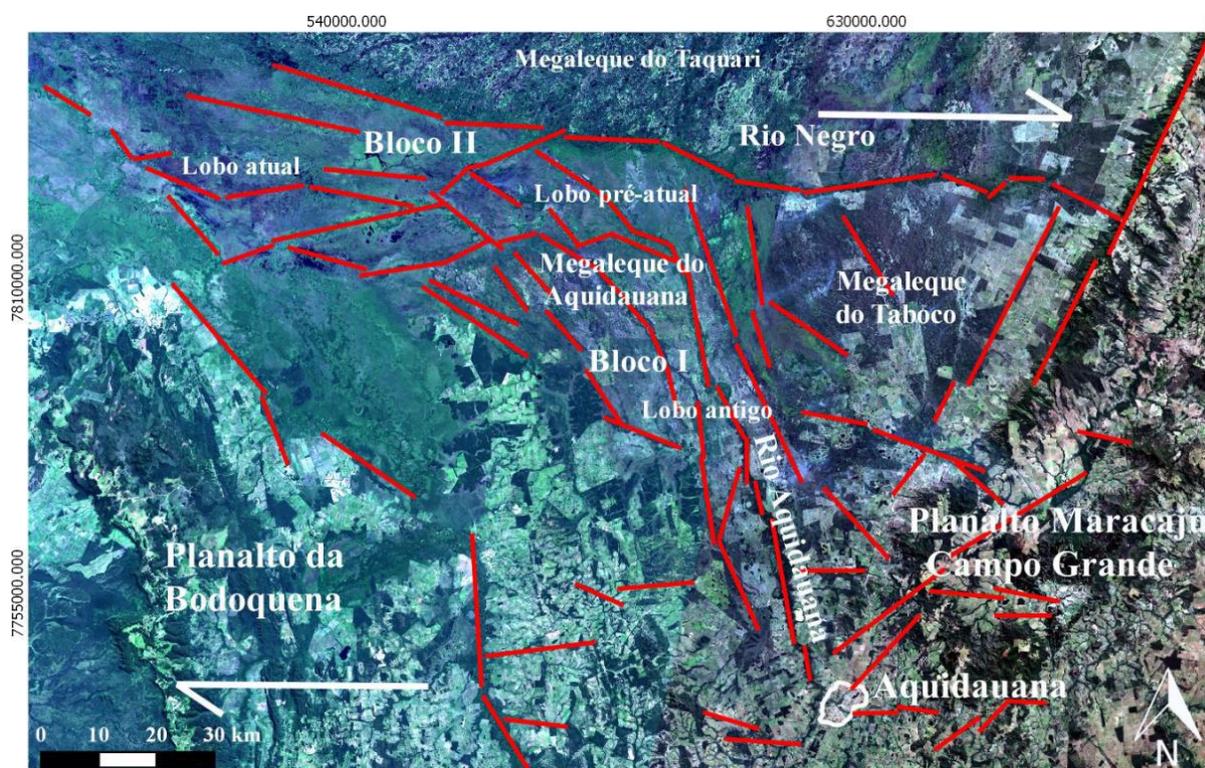


**Figura 3.** Bloco diagrama representando a sucessão de processos que culmina com a avulsão do canal (Assine, 2003).

No exemplo da figura o canal vai ficando mais alto que as áreas adjacentes e inicia o processo de assoreamento pelos diques marginais que o rio constrói durante os transbordamentos nas épocas de cheia. Concomitantemente, ocorre a deposição de sedimentos no canal, levando a formação de dunas subaquosas e a elevação do leito por agradação, assim como os diques marginais. Posteriormente, com o assoreamento do canal, as barras ficam emersas mesmo na época das cheias e a capacidade do canal de reter água fica cada vez menor. No final do processo, durante uma cheia, o canal rompe o dique marginal, formando um leque de *crevasse*, o que causa inundação na planície adjacente e pode resultar na mudança do curso do rio (avulsão) (Assine, 2003).

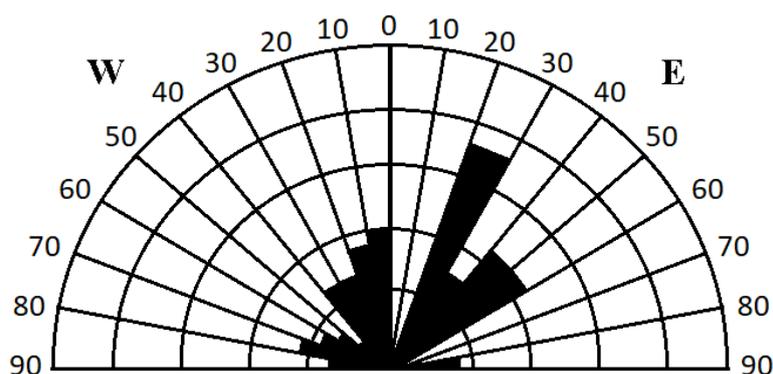
#### 4. Resultados e Discussão

As estruturas (rúpteis) são feições que sofreram reativações no Paleozóico, Mesozóico e Cenozóico e tiveram papel fundamental na gênese e evolução da Bacia Sedimentar do Pantanal (Facincani et al., 2006; Facincani, 2007; Facincani et al. 2011). Os movimentos neotectônicos ativos assumiram um papel decisivo na origem e evolução da Bacia. A formação da geologia, geomorfologia e da sismicidade contemporâneas, tiveram um efeito controlador da rede de drenagem e do relevo, produzindo mudanças na paisagem, em formas reliquias e atuais. Dentre os processos geomorfológicos presentes no Megaleque do Aquidauana, destacam-se os processos de avulsão fluvial, o cinturão de planície incisa, subsidência na região do lobo atual e escarpamentos entre o planalto e a planície. As descontinuidades estruturais presentes no Megaleque do Aquidauana marcam duas direções preferenciais: NW-SE e E-W, conforme Figura 4.



**Figura 4.** Mapa de lineamentos estruturais (juntas e falhas) presentes na rede de drenagem e relevo no Megaleque do Aquidauana e adjacências, em composição RGB 432 (Earth Explorer, 2015). Os segmentos em vermelho indicam as descontinuidades estruturais.

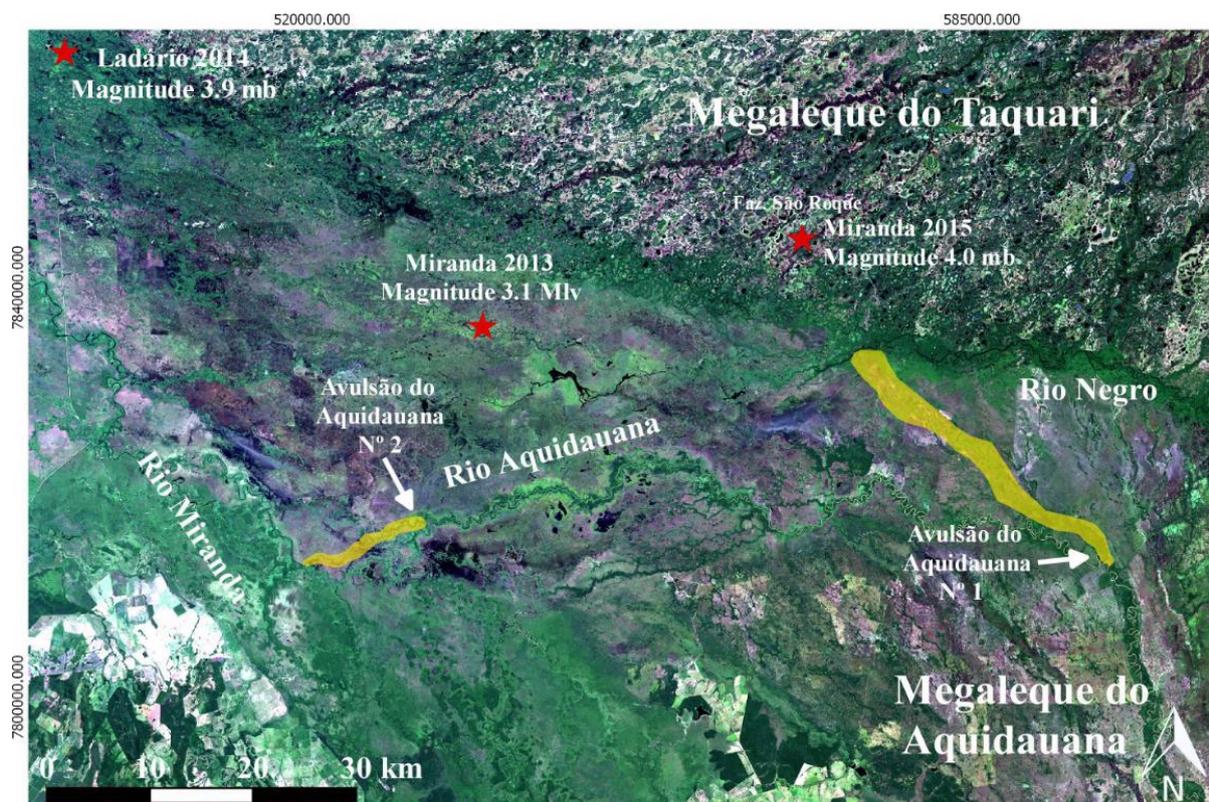
A partir dos levantamentos das descontinuidades estruturais presentes no Megaleque do Aquidauana e adjacências, é possível identificar três sistemas de falhas/juntas de direções NNW-SSE, NE-SW e E-W (Figura 5). As descontinuidades estruturais de direção NE-SW estão presentes principalmente na borda da Bacia Sedimentar do Paraná, enquanto que a NNW-SSE estão posicionadas no Megaleque do Aquidauana, na sua porção proximal. Já as de direção E-W, estão localizadas na porção distal do Megaleque do Aquidauana, paralelamente à grande descontinuidade do lineamento do Negro.



**Figura 5.** Diagrama de rosetas das direções das descontinuidades presentes no Megaleque do Aquidauana e adjacências.

As descontinuidades N20°E correspondem às descontinuidades da borda oeste da Bacia Sedimentar do Paraná, no Planalto de Maracaju-Campo Grande. A partir dos lineamentos traçados na Figura 4, pôde-se dividir o Megaleque do Aquidauana em dois blocos morfotectônicos (Blocos I e II). No Bloco I, verifica-se uma direção preferencial NW-SE, principalmente na porção proximal do leque, sendo estas, consideradas fraturas mais antigas do tipo T, conforme o modelo de Riedel. Já o Bloco II é marcado pela direção preferencial E-W (facilmente observável ao longo do traçado do Rio Negro), por falhas de transpressão com componente inverso. O mecanismo focal do evento sísmico do ano de 2015, calculado por Assumpção et al. (2016), apresentou a ocorrência de falhas de mecanismo predominantemente inverso, orientadas na direção E-W, resultados consistentes com mecanismos anteriormente calculados na Bacia do Pantanal (Dias et al., 2016).

Com as investigações das descontinuidades estruturais, identificaram-se dois eventos tectônicos distintos para a área. O primeiro relaciona-se a uma tectônica distensiva (pré-atual) e o segundo, a uma transcorrente atual (neotectônica). Isto favorece a formação da planície entrincheirada de direção NW-SE, formando as fraturas do tipo T. As falhas transcorrentes favoreceram a mudança do curso do Rio Aquidauana ocorrida no lobo pré-atual (Avulsão N°1 na Figura 6), formando um cotovelo com ângulo próximo de 90°. O Rio Aquidauana desaguava no Rio Negro, com direção NW-SE, sendo atualmente um afluente do Rio Miranda, na direção E-W, ocorrendo assim uma captura de drenagem pelo Rio Miranda. O trecho abandonado apresenta aproximadamente 33 km de extensão e 2,5 km de largura. A avulsão no lobo atual (Avulsão N°2) está em curso, denotando assim, a movimentação neotectônica de direção E-W, desde o início do Holoceno até os dias atuais, associada à presença de terremotos na área. Desta maneira, esta é considerada uma região sismogênica presente na Bacia do Pantanal, condicionando assim o padrão da rede de drenagem, o relevo e a sedimentação atual, formando assim o grande Brejão do Negro.



**Figura 6.** Composição RGB 432 ((Earth Explorer, 2015) apresentando pontos de avulsão (Nº 1 e 2) do Rio Aquidauana e localização de eventos sísmicos recentes na região.

O fenômeno de avulsão fluvial foi identificado no Megaleque do Aquidauana por Facincani (2007), no lobo pré-atual. Neste megaleque, os processos de avulsão ocorrem principalmente nos lobos pré-atual e atual. O compartimento do lobo pré-atual no Megaleque do Aquidauana, é marcado por uma planície entrincheirada, iniciando-se no lobo antigo e se estendendo até o pré-atual, abrangendo desde a área urbana de Aquidauana até o Rio Negro. Esse abandono da planície incisa mostra que o Rio Aquidauana, vem abandonando parte de um importante segmento de rede de paleocanais, que registra o antigo curso do Rio Aquidauana, que desaguava no Rio Negro, com direção NW-SE.

Assim, dentro dos lobos distributários pré-atual e atual, o complexo canal/diques é topograficamente mais alto que as planícies de inundação adjacentes, o que propicia a ocorrência de processos de avulsão associado a movimentação recente. Na parte intermediária (lobo pré-atual) do megaleque, o paleo Rio Aquidauana está confinado num cinturão de meandros, entrincheirado sobre sedimentos de lobos mais antigos, de idade pleistocênica.

O processo de avulsão é destacado no lobo pré-atual, cuja planície incisa abandonada compreende em torno de 33 km de extensão e 2,5 km de largura, delimitado pelo lineamento do Rio Negro de direção E-W. No lobo distributário atual, os processos de avulsão têm ocorrido com bastante frequência, em que o ponto de avulsionamento mais perceptível nesse compartimento, recebe o nome de Aquidauaninha. Este trecho, assim como o leito atual, também desagua no Rio Miranda, e permanece ativo durante o período de cheias, assim como vários outros canais abandonados observados nesta área.

## 5. Conclusões

A partir dos estudos realizados no Megaleque do Aquidauana e adjacências, fica evidenciada a importância do correlacionamento dos depósitos sedimentares e da morfotectônica no

entendimento na origem e evolução das formas de relevo e drenagem, fortemente influenciados pelo neotectonismo. Os levantamentos de descontinuidades são marcados por falhas e juntas cujas direções preferenciais no Megaleque do Aquidauana são: NW-SE e E-W. A própria morfologia do Megaleque do Aquidauana e seus limites é marcada por estas zonas de falhas, apresentando uma geometria triangular, com ápice a SE e alongada no sentido NW. Enquanto que as de direção NE-SW estão presentes preferencialmente na zona de transição entre as bacias sedimentares do Paraná e Pantanal.

A rede de drenagem e, conseqüentemente, a escultura do relevo do Pantanal foram fortemente controladas por descontinuidades estruturais, marcadas por dois eventos distintos. O primeiro, mais antigo, de direção NW-SE e o segundo, mais recente, de direção E-W. As descontinuidades E-W, reconhecidas na área, afetam inclusive o regime de abatimentos mais expressivos, como o Brejão do Negro. O intercruzamento destas direções mais antigas e atuais possibilitam a formação de estruturas do tipo romboédricas, típicas de sistemas transpressivos, confirmados pela determinação do sistema focal de eventos sísmicos na região. Ambas as direções de descontinuidades pré-existentes evidenciam o seu caráter ressurgente para a área.

Assim, as avulsões, como feições geomorfológicas, refletem bem a influência das descontinuidades e do tensor neotectônico que devem ser entendidos no estudo do meio físico, investigados à luz dos conceitos e procedimentos modernos da geologia estrutural e da sismicidade.

Em termos metodológicos, destaca-se que, o sensoriamento remoto é uma ferramenta importante para o estudo voltado de megaleques fluviais do Pantanal Mato-Grossense, bem como na identificação dos principais elementos estruturais da paisagem. Espera-se que os resultados alcançados, aliados a dados de campo e laboratório que vêm sendo coletados, possam contribuir para melhor compreensão do funcionamento do Pantanal como um complexo sistema geológico e neotectônico.

## 6. Referências

- Assine, M. L. Sedimentação na bacia do Pantanal mato-grossense, Centro-oeste do Brasil. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista - Unesp, Rio Claro, Tese de Pós-Doutorado, p. 106. 2003.
- Assine M. L. 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., capítulo IV, p 61-74. São Paulo. Beca, 2004.
- Assine, M. L. Ambientes de Leques Aluviais. In: Augusto, J C.L; Silvia, P; Maria Alice N.F e Magalhães, A. J. C (Org) Ambientes de sedimentação siliciclástica do Brasil. P.52-71. Beca, 2008.
- Assine, M. L. Pantanal Mato-Grossense: Uma paisagem de exceção. In: Modenesi-Gautieri, M. C. Bartorelli, A., Mantesso Neto, V., Carneiro, C.D.R.; Lisboa, M. B. L. (Org.) A Obra de Aziz Nacib Ab'Saber. p. 646-489. São Paulo, Beca, 2010.
- Assine, M. L. Pantanal Mato-Grossense Uma Dádiva Geológica. In: Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Ameida, F. F. M., Bartorelli, A. (Org.). Geologia do Brasil. Capítulo VII, p. 623-628. São Paulo, Beca, 2011.
- Assumpção, M. S.; Sacek, V. Intra-plate seismicity and flexural stresses in central Brazil. **Geophysical Research Letters**, v. 40, p. 487-491, 2013.
- Assumpção, M., Dias, F. L., Zevallos, I., & Naliboff, J. B., 2016. Intraplate stress field in South America from earthquake focal mechanisms. **Journal of South American Earth Sciences**, 71, 278-295.
- Branner, J.C. **Earthquakes in Brazil**. Bull. Seism. Soc. Am. Vol. 2. No 2. p.105-117. Junho, 1912.
- Dias, F. L., Assumpção, M., Facincani, E. M., Franca, G. S., Assine, M. L., Paranhos Filho, A. C., Gamarra, R. M., 2016. The 2009 earthquake, magnitude mb 4.8, in the Pantanal Wetlands, west-central Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 88(3), 1253-1264.

- Earth Explorer. 2015. *Imagens Landsat 8*. Órbita 224, ponto 074. Data de Passagem 28/09/2016. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 29 de agosto de 2018.
- Facincani, E. M.; Assine, M. L.; Silva, A.; Zani, H.; Araújo, B. C.; Miranda, G. M. Geomorfologia fluvial do leque do rio Aquidauana, borda sudeste do Pantanal, MS. **Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, v. 1, p. 175-181, 2006.
- Facincani, E. M. Geomorfologia e Geologia do Cenozóico do Médio Vale do Rio Aquidauana, Borda Sudeste da Bacia do Pantanal, MS. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista - Unesp, Rio Claro, Tese de Pós-Doutorado, p. 100. 2007.
- Facincani, E. M.; Assine, M. L. Geomorfologia fluvial do Rio Aquidauana, borda sudeste do pantanal mato-grossense. In: Carlos Martins Júnior & Antônio Firmino de Oliveira Neto. (Org.). *Revelando Aquidauana*. - Campo Grande: Ed. UFMS, 2010, v. 1, p. 267-284.
- Facincani, E. M.; Assumpção, M.; Assine, M.L.; França, G. Sismicidade da Bacia do Pantanal Mato-Grossense. 13º Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. (XIII SNET). VII International Symposium on Tectonics. 2011. Campinas-SP. Anais. 2011. p. 314-317.
- Hasui, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: **Workshop sobre neotectônica e sedimentação cenozoica continental no sudeste brasileiro**. 1990. p. 1-31.
- Pupim, F. N.; Assine, M. L.; Sawakuchi, A. O. Late Quaternary Cuiabá megafan, Brazilian Pantanal: channel patterns and paleoenvironmental changes. *Quaternary International*, 438, 108-125, 2017.
- Riccomini, C.; Assumpção, M. S. de. **Quaternary tectonics in Brazil**. *Episodes*, 22(3), 221-225. 1999.
- Ruiz, A. S. Evolução geológica do sudoeste do Cráton Amazônico região limítrofe Brasil-Bolívia – Mato Grosso. 2005. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro.
- Slingerland, R.; Smith, N. D. River avulsions and their deposits. *Annual Review of Earth Planetary Sciences*. v. 32, p.257–285, 2004.
- Schobbenhaus, C. et al. Folha Goiás (SD-22). **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Brasília: DNPM**, 1975.
- Vita-Finzi, C. *Recent earth movements: Introduction to neotectonics*. London: Academic Press, 1986.
- Zani, H. Mudanças morfológicas na evolução do megaleque do Taquari: uma análise com base em dados orbitais. Rio Claro, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 85 p. 2008.