

AVULSÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUIRAÍ, MS: UMA RESPOSTA DA CONECTIVIDADE LATERAL DE SEDIMENTOS?

Débora Janaína Taça ¹
Otávio Cristiano Montanher ²
Eduardo Souza de Moraes ³

INTRODUÇÃO

A avulsão é um processo geomorfológico com relevante potencial para modificar a paisagem fluvial. A avulsão é o abandono de uma parte, ou de toda faixa de canal, por um rio que muda sua posição, resultando em uma nova configuração na planície de inundação (Stevaux; Latrubesse, 2017). O acúmulo de sedimentos é o principal fator para o ponto crítico de avulsão. Mohrig *et al.* (2000), apontou que a agradação dos rios eleva o leito do canal principal até que atinja a cota média ou maior que a da planície adjacente, resultando em uma energia potencial suficiente para ocorrer a avulsão. Estudos destacam que a retirada da vegetação e mudanças climáticas também explicam o desenvolvimento de avulsões (Sah; Kumar; Das, 2022, Morón et al., 2017, Stevaux; Souza, 2004)

A maioria dos sedimentos que chegam aos rios são fornecidos pela própria bacia hidrográfica. As erosões nas vertentes, margens e no leito do canal principal e seus afluentes de uma bacia hidrográfica, fornecem sedimentos para o canal fluvial (Santos; Moraes, 2012). A erosão é um processo natural de desagregação do solo, caracterizada pela remoção e transporte das rochas e sedimentos da superfície terrestre por meio da ação química e física (Stevaux; Latrubesse, 2017), as partículas removidas entram nos sistemas fluviais como carga sedimentar e carga dissolvida. Quando uma grande carga de sedimentos se acumula no canal e provoca um bloqueio natural, o fluxo pode ser forte o suficiente para ocasionar uma avulsão (Jones; Harper, 1998).

A bacia hidrográfica do rio Guiraí possui a maior quantidade de avulsões, dentro da bacia hidrográfica do alto rio Paraná (Taça; Moraes, 2023). O rio Guiraí é um tributário do rio Ivinhema que por sua vez é afluente do rio Paraná. A pesquisa sobre a relação das avulsões com a erosões em bacias hidrográficas, como a do rio Guiraí, se diferencia ao investigar a erosão como o principal fator da agradação no rio principal. A bacia hidrográfica do rio Guiraí está situada no estado do Mato Grosso do Sul, na região Centro-Oeste. Sua área de 2243,78 Km² abrange os municípios de Novo Horizonte do Sul, Glauçulândia, Jateí e Glória de Dourados. A área abrange três unidades geológicas; o

¹ Mestranda do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Maringá - UEM, pg405586@uem.br;

² Doutor pelo Curso de Geografia da Universidade Estadual de Maringá - UEM, ocmontanher2@uem.br;

³ Professor orientador: Doutor pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, esmoraes2@uem.br.

grupo Caiuá composto por arenitos, Coberturas Cenozoicas e a formação Serra Geral. Na bacia hidrográfica do rio Guiraí, os topos das vertentes têm uma declividade de até 3%, e próximo aos cursos hídricos a declividade pode atingir até 20%. Os Argissolos têm a maior cobertura na bacia hidrográfica do rio Guiraí e ocorre nas médias vertentes, os Latossolos se desenvolvem nos topos das vertentes. Os Planossolos têm a menor cobertura e ocorre no baixo curso fluvial. Em relação ao uso e cobertura do solo a bacia hidrográfica do rio Guiraí apresenta poucas áreas urbanas, com destaque para a agricultura e pecuária.

As avulsões afetam áreas urbanas, agrícolas e representam riscos para infraestruturas e comunidades, além de estarem associadas ao declínio de antigos centros urbanos (Henson; Edmonds; Lazarus, 2024; Brooke et al., 2022). No rio Taquari, situado no pantanal mato-grossense, uma avulsão inundou cerca de 2.000 hectares e modificou a vida dos moradores da colônia de São Domingos (Mercante et al. 2007). Este estudo teve como objetivo geral avaliar as avulsões e suas características, a ocorrência de processos erosivos lineares e elaborar um mapa de vulnerabilidade natural à perda de solo na bacia hidrográfica do rio Guiraí, segundo a metodologia proposta por Crepani (2001). A pesquisa identificou 15 processos de avulsões e 65 processos de erosão, com base na análise de imagens orbitais disponíveis no Google Earth Pro entre anos 2000 a 2022. Os processos de erosão se desenvolvem na classe mediantemente vulnerável e moderadamente vulnerável. Os resultados indicam que as avulsões estão associadas com a agradação dos rios, ocasionada pela conectividade lateral de sedimentos

METODOLOGIA

As avulsões e erosões foram mapeadas com imagens históricas de satélite disponíveis no Google Earth Pro, entre os anos de 2000 e 2024. Para classificação do estilo de avulsão, foi utilizada como base a concepção de Slingerland e Smith (2004) que diferencia a avulsão em anexação, incisão e progradação. Este estudo reconheceu como avulsões por anexação aquelas em que o canal de avulsão se estabeleceu em partes ou totalmente sob um paleocanal, ou canal de planície de inundação. As avulsões por incisão foram reconhecidas como aquelas estabelecidas na ausência de paleocanais ou canais de planícies de inundação preexistentes em segmentos do canal de avulsão. Por progradação foram classificados os processos que se iniciaram com uma rede de distribuição (*crevasse splay*).

O estudo analisou o tempo médio para a avulsão se tornar completa. Quando não foi possível obter imagens anterior ao processo de avulsão, ou quando a avulsão não se

completou, a duração não foi determinada. Foram realizadas tentativas de preencher esta lacuna por meio de outras fontes de imagens além do Google Earth Pro. No entanto, devido à escala do processo e o ano que teve início, não foi possível definir a duração de algumas avulsões. Para avaliar a variação da distribuição longitudinal do processo de avulsão no rio Guiraí foi elaborado o índice longitudinal da avulsão, que indica a localização do processo de avulsão ao longo do comprimento total do canal. (Taça; Morais, 2023). O índice é calculado a partir da razão entre o comprimento parcial de onde ocorre a avulsão até a confluência com outro rio (CP) e o comprimento total deste rio (CT). Valores próximos de 0 indicam que o processo ocorre no trecho inferior próximo à confluência do rio afetado com avulsão (Taça; Morais, 2023).

Realizou-se uma caracterização geográfica das erosões considerando a classe de uso e ocupação do solo (MapBiomias 2023), tipo de solo (Embrapa, 2021), unidade geológica (CPRM 2006), declividade (SGB, 2023) e a de intensidade pluviométrica (Crepani et al. 2001). Com base nas cinco variáveis, foi realizado o mapeamento de vulnerabilidade natural à perda de solos, fundamentado no conceito estabelecido por Crepani *et al.* (2001) apoiado no conceito de ecodinâmica de Jean Tricart de 1977, que permite um estudo integrado da paisagem. Primeiramente foram elaborados mapas temáticos para se identificar unidades homogêneas da paisagem, foi posteriormente atribuído valores de vulnerabilidade natural de 1 a 3 a cada unidade e por último foi realizada a síntese cartográfica com média simples. Os tratamentos dos dados geográficos foram feitos por meio do software de sistema de informações geográfica (QGIS 3.22). Avaliou-se o grau de vulnerabilidade a perda de solo no qual as erosões se desenvolvem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas e analisadas 15 avulsões na bacia hidrográfica do rio Guiraí, entre os anos 2000 e 2024. Os processos de avulsão se desenvolvem no canal principal. 11 avulsões transferiram todo o seu fluxo, caracterizando como avulsões completas. Entre esses processos, quatro foram estabelecidos em 11 anos, um em nove anos, três em oito anos, um em seis anos e um em quatro anos. Apenas uma avulsão completa não foi possível definir o tempo de duração, isso porque o processo se iniciou antes do período analisado. A maioria dos processos (12) começam e se desenvolveram por incisão ou anexação, apenas três avulsões se iniciaram com progradação. A Figura 1 mostra o antes e depois de uma avulsão por anexação no rio Guiraí. O processo completo da avulsão ocorreu em ao menos 11 anos, devido à baixa frequência de imagens não foi possível definir em que ano exato começou e terminou. A Figura 1.A de março de 2010, mostra o

canal principal e ao lado a presença de um canal de planície de inundação, que depois é ocupado. Na Figura 1.B de junho de 2021, a avulsão já está completa, e o que antes era o canal principal atualmente é um paleocanal.



Figura 2. Avulsão por anexação no rio Guiraí, caracterizada pela ocupação parcial ou total de um canal preexistente. Fonte: Google Earth Pro.

A avulsão que apresentou o maior valor do índice longitudinal foi de 0,589, enquanto o menor valor encontrado foi de 0,043, isso indica que o processo de avulsão ocorre na metade do comprimento total do rio, próximo à confluência do rio Guiraí com o rio Ivinhema, respectivamente. O valor médio do índice longitudinal das avulsões nesta bacia hidrográfica foi de 0,417, mostrando que os processos ocorrem predominantemente do meio para a parte inferior do comprimento total do canal (Gráfico 01).

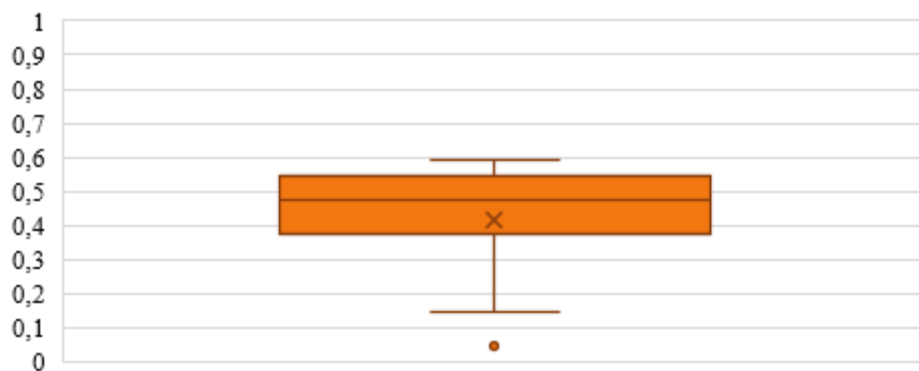


Gráfico 1. Valores do índice longitudinal das avulsões, aplicado para os 15 processos.

Foram mapeadas 65 erosões que se localizam próximo aos canais fluviais, com algumas ocorrências nas proximidades de nascentes (Figura 2.A). Os processos se desenvolvem predominantemente sob as rochas areníticas, derivadas do grupo Caiuá. As erosões se localizam no alto e no médio curso da bacia, se desenvolvem os Argissolos. O índice de vulnerabilidade natural à perda de solo revelou que as erosões ocorrem no intervalo de 1,8 a 2,3.

Segundo Crepani et al. (2001), o intervalo de classe (1,8–2,2) é considerado medianamente vulnerável, enquanto o intervalo (2,3–2,6) é classificado como moderadamente vulnerável. O valor mínimo registrado na bacia foi de 1,4 que é moderadamente estável, nesse intervalo não se registrou nenhuma erosão. A Figura 2.B, mostra os usos de solo na bacia hidrográfica do alto rio Guiraí. Os processos se desenvolvem predominantemente em áreas de pastagens, mas ocorrem também em usos direcionados ao plantio de cana-de-açúcar, soja e outras lavouras temporárias (Figura 2. C e D).

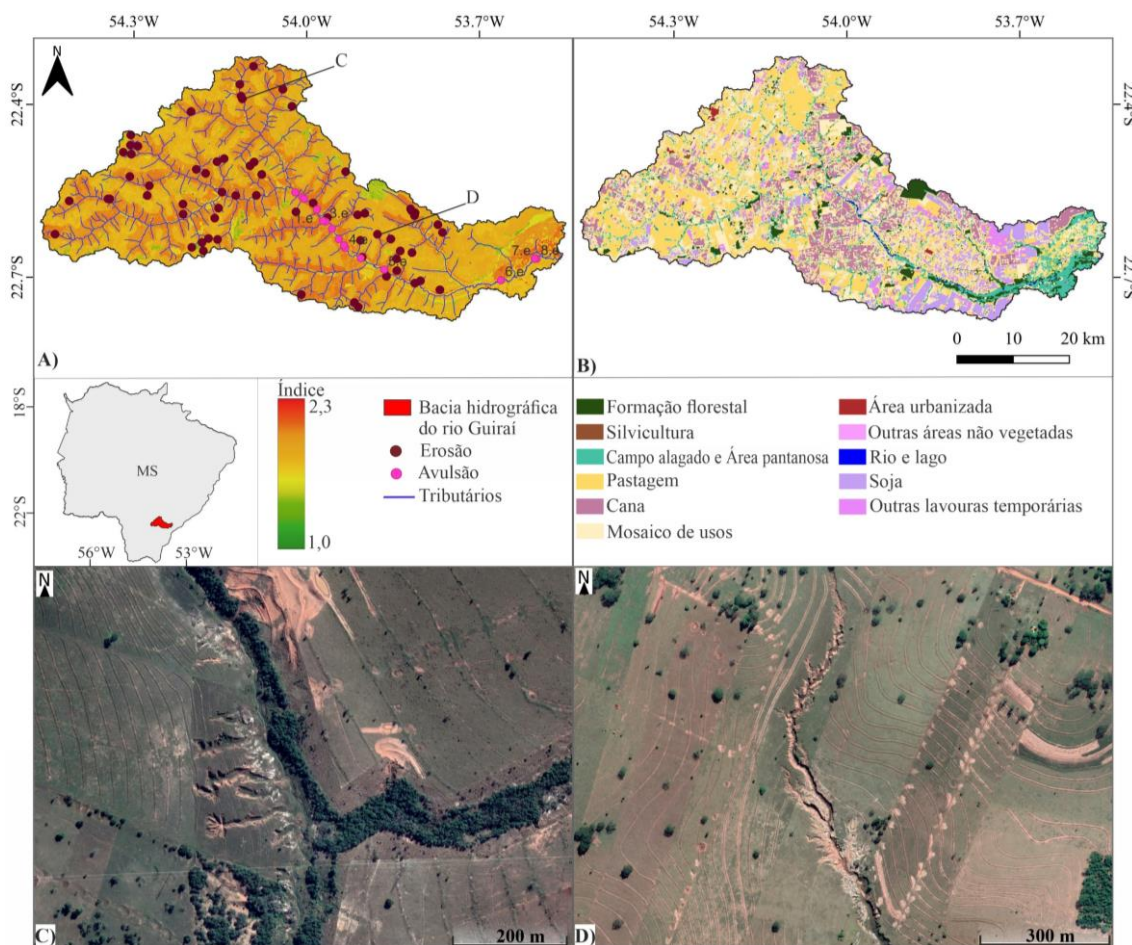


Figura 2 (A) Grau de vulnerabilidade natural a perda de solo. (B) Uso e cobertura do solo, Fonte: Mapbioma 2023. (C) Erosão na vertente favorecendo o processo de conectividade lateral de sedimentos, Fonte: Google Earth Pro 2023. (D) Erosão remontante que incrementa a conectividade longitudinal de sedimentos, Fonte: Google Earth Pro 2021.

A análise da paisagem das erosões mapeadas neste estudo indica que, ao menos parcialmente, há relevante contribuição de fatores antrópicos para o processo de avulsão. A bacia hidrográfica do rio possui Guiraí possui extensas áreas agrícolas sob solos frágeis que devem ser considerados. Um estudo realizado no rio Taquari, no Pantanal Mato-grossense, indica que o processo de avulsão pode ser intensificado por fatores antrópicos (Mercante *et al.* 2007). Grandes áreas utilizadas para pecuária e cultivo de grãos nos

planaltos areníticos que compõem o substrato, aceleram os processos erosivos, e consequentemente aumentam o processo deposicional dos sedimentos no baixo curso do rio (Mercante *al.* 2007). No alto e médio curso da bacia hidrográfica do rio Guiraí, predominam as rochas do grupo Caiuá. No alto curso, há uma pequena área de afloramento da formação Serra Geral, enquanto no baixo curso ocorrem Coberturas Cenozoicas.

Os resultados sugerem que as avulsões do rio Guiraí se relacionam com a perda de solo na bacia hidrográfica. A Figura 3 demonstra o antes e depois de uma avulsão provocada pelo manejo inadequado do solo. A Figura 3.A de março de 2010, mostra que o canal principal está se assoreando, devido à deposição de sedimentos provenientes de erosão na vertente. Na Figura 3.B de setembro de 2018, a avulsão por anexação já está completa. O leque aluvial formado provoca uma obstrução significativa no fluxo que força o canal a sofrer avulsão. O canal de avulsão se aproveita do final de um pequeno trecho no outro lado da margem.



Figura 3. Avulsão por anexação, ocasionada pela obstrução do canal principal. Fonte: Google Earth Pro.

A agradacão do leito e da planície tem sido reconhecida como parte da resposta aos sistemas fluviais em bacias hidrográficas com uso agrícola intenso e manejo inadequado (Morais; Montanher, 2022). A expansão das áreas cultivadas em 28,7%, entre os na bacia hidrográfica de Lingèvres, no noroeste da França, resultou em uma maior conectividade estrutural. (Reulier; Delahaye; Viel, 2018). Slingerland e Smith (2004), sugere que a avulsão é uma consequência esperada do agravamento da degradação das bacias hidrográficas e que o impacto constante torna o processo inevitável. A avulsão do

rio Guirai exemplifica a conectividade lateral, em uma área ocupada por pastagem (Figura 3), sendo possível observar a degradação dos solos e processos erosivos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa identificou 15 processos de avulsão e 65 erosões. Os processos de erosão ocorrem predominantemente no alto e médio curso da bacia hidrográfica, especialmente nas vertentes próximas aos canais fluviais. O índice longitudinal das avulsões indicou que os processos de avulsões se desenvolvem majoritariamente no médio e baixo curso, onde geralmente há o predomínio de processos deposicionais. As erosões parecem apresentar associação com o uso e ocupação do solo e manejo inadequado das atividades agrícolas. Essas erosões nas vertentes aceleram a perda de sedimentos para o sistema fluvial. Os sedimentos são interligados pela conectividade longitudinal do alto e médio curso para o baixo curso fluvial. Em um caso extremo notou-se a conectividade lateral de sedimentos da vertente para o rio, que resultou no barramento do rio e consequente no processo de avulsão. O assoreamento dos rios é um fator significativo que favorece a ocorrência de avulsões e alterações na paisagem fluvial. Portanto, é necessário adotar novas práticas de conservação para o controle das erosões.

Palavras-chave: Erosão, Mudança de Canal, Vulnerabilidade, Impactos Antrópicos.

REFERÊNCIAS

BROOKE, S. et al. Where rivers jump course. *Science*. v. 376 n. 6596, p. 987-990, CREPANI et al. (2001). **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. INPE – São José dos Campos – 2001.

HENSON, R. T. EDMONDS, D. A. LAZARUS. E.D. Remotely sensed land-cover change and floodplain disturbance following upstream-migrating river avulsions in tropical rainforests. **River Research and Applications**, p. 1-16, jan. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/rra.4256>.

JONES, L. S.; HARPER, J. T. Channel avulsions and related processes, and largescale sedimentation patterns since 1875. Rio Grande, San Luis Valley, Colorado. **GSA Bulletin**; v. 111; n. 3; p. 411– 421, apr. 1998. DOI: [https://doi.org/10.1130/00167606\(1998\)110<0411:CAARPA>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/00167606(1998)110<0411:CAARPA>2.3.CO;2).

MERCANTE, M. A. *et al.* Alterações causadas por avulsão no rio Taquari, no Pantanal Mato-Grossense. **RAE GA**, Curitiba, n. 13, p. 75-84, jun. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v13i0.4995>.

MOHRIG, D. *et al.* **Interpreting avulsion process from ancient alluvial sequences:** Guadalupe-Matarranya system (northern Spain) and Wasatch Formation (western Colorado). *GSA Bulletin*, v. 112, n. 12, p. 1787–1803, dec. 2000. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(2000\)112<1787:IAPFAA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(2000)112<1787:IAPFAA>2.0.CO;2). Disponível em: <<https://www.scinapse.io/papers/2305168329>>. Acesso em: 14 jan. 2024.

MORÓN, S. *et al.* Avulsion triggering by El Niño–Southern Oscillation and tectonic forcing: The case of the tropical Magdalena River, Colombia. *GSA Bulletin*, v. 129, n.9-1º, p.1300– 1313, jun 2017. DOI: <https://doi.org/10.1130/B31580.1>.

QGIS Development Team, <2023>. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

REULIER, R.; DALAHAYE, D.; VIEL, V. Agricultural landscape evolution and structural connectivity to the river for matter flux, a multi-agents simulation approach. *Catena*, Volume 174, Março 2019, p.524-535, mar 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.11.036>

SAH, R. K; KUMAR, D. N.; DAS, A. K. Avulsion distribution on rivers in the Himalayan foreland region. *Hydrological Sciences Journal*, v.67, n.14, p. 2175-2190, jun 2022. DOI:10.1080/02626667.2022.2136000.

SANTOS, M. L. MORAIS, E. S. Produção de sedimentos em bacia hidrográfica de pequena ordem: Uso de modelos matemáticos, bacia do Ribeirão Maringá, Paraná – Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 13, n. 2, p. 139 – 152, Jun. 2012. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v13i2.370>.

SLINGERLAND, R.; SMITH, N. D. River avulsions and their deposits. *Annual Review of earth and Planetary Sciences*, [S. l.], v, 32, n. 1, p. 257–285, apr. 2004. DOI: 10.1146/annurev.earth.32.101802.120201.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo, Oficina de textos, 2017.

STEVAUX, J.C.; SOUZA, I.A. Floodplain construction in an anastomosed river. *Quaternary International*, v, 114, n. 1, p. 55–65, dec. 2004. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(03\)00042-9](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(03)00042-9).

TAÇA, D. J. MORAIS, E. S. A Avulsões recentes na bacia hidrográfica do alto rio Paraná: distribuição geográfica, características e significados. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 14., 2023, Corumbá. *Anais [...]*. Corumbá/ UGB - União da Geomorfologia Brasileira, 2023.

TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro, IBGE, 1977. Disponível em: https://docs.ufpr.br/~edugeo/GB082/Bibliografia/Tricart_Ecodinamica.pdf. Acesso em: 01 de agosto de 2024.