



FEIÇÕES EROSIVAS, CONECTIVIDADE E AVULSÕES FLUVIAIS: RELAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUIRAÍ, MS

EROSIVE FEATURES, CONNECTIVITY, AND FLUVIAL AVULSIONS:
RELATIONSHIP IN THE GUIRAÍ RIVER BASIN, MS

CARACTERÍSTICAS EROSIVAS, CONECTIVIDAD Y AVULSIONES FLUVIALES:
RELACIONES EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GUIRAÍ, MS

DOI 10.55028/geop.v20i38

Débora Janaína Taça*
Eduardo Souza de Moraes**

Resumo: O estudo teve como objetivo analisar a relação entre processos erosivos e avulsões na bacia hidrográfica do rio Guirái, MS. O mapeamento foi realizado por meio de imagens de satélite do Google Earth Pro, resultando na identificação de 65 feições erosivas e 15 mudanças morfológicas fluviais. Portanto, entende-se que as avulsões surgem como respostas dos processos erosivos, evidenciada por um caso específico de bloqueio do canal, associado à conectividade lateral de sedimentos da vertente para o leito. O estudo contribui para destacar que práticas inadequadas de manejo do solo podem acarretar severos impactos e provocar mudanças na morfologia dos rios.

Palavras-chave: Mudança de canal, Erosão, Avulsão.

Abstract: This study investigated the relationship between erosive processes and avulsions in the Guirái River basin, in the central west region of Brazil. Mapping was carried out using satellite images from Google Earth Pro, resulting in the

Introdução

A avulsão é um processo geomorfológico caracterizado pelo abandono parcial ou de todo o canal, promovendo a reorganização da paisagem fluvial (Stevaux; Latrubesse, 2017). As causas da avulsão variam de acordo com cada sistema fluvial e surgem da interação de elementos que criam condições favoráveis para o processo. As avulsões podem ser uma resposta a ajustes internos da bacia hidrográfica ou a causas externas (Magalhães Júnior; Barros; Cota, 2020). Stouthamer e Berendsen (2007) acrescentam que as avulsões decorrem de fatores autogênicos, como a sedimentação e superelevação do canal, e

* Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Geografia, GEMA, Universidade Estadual de Maringá (UEM), deboraatacaa@gmail.com.

** Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Presidente Prudente. Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, GEMA, Universidade Estadual de Maringá (UEM), esmoraes2@uem.br.

identification of 65 erosive features and 15 morphological changes in the river. It was found that avulsions can arise as responses to erosive processes, as evidenced by a specific case of channel blockage associated with the lateral transfer of sediments from the slope to the riverbed. The study highlights inadequate soil management practices can cause severe impacts and provoke changes in rivers morphology.

Keywords: Channel change, Erosion, Avulsion.

Resumen: Este estudio investigó la relación entre los procesos erosivos y las avulsiones en la cuenca del río Guiraí, en la región centro-oeste de Brasil. El mapeo se realizó con imágenes satelitales de Google Earth Pro, identificando 65 rasgos erosivos y 15 cambios morfológicos en el río. Se encontró que las avulsiones pueden surgir como respuestas a los procesos erosivos, evidenciado por un caso específico de bloqueo del canal asociado con la transferencia lateral de sedimentos desde la ladera hasta el lecho. El estudio destaca que prácticas inadecuadas de manejo del suelo pueden causar impactos significativos y cambios en los ríos.

Palabras clave: Cambio de cauce, Erosión, Avulsión.

de fatores alogênicos, como mudanças climáticas e atividade tectônica.

Estudos apontam que mudanças na declividade, eventos hidrológicos extremos, fragilidade das margens e alterações antrópicas desempenham um papel importante no desenvolvimento das avulsões. No rio Amarelo, a transição das terras altas do Planalto de Loess para a Planície do Norte da China reduz a capacidade de transporte de sedimentos, favorecendo avulsões (Ganti *et al.*, 2014). No rio Paraná, alterações climáticas e hidrológicas no Holoceno podem ter induzido avulsões (Stevaux; Souza, 2004). Já no rio Magdalena, fatores tectônicos e climáticos, intensificados por eventos de La Niña, controlam o desenvolvimento do novo canal (Morón *et al.*, 2017). No delta Rhine-Meuse, na Holanda, a baixa inclinação, a ausência de diques, o aumento do aporte sedimentar pelo desmatamento e a subsidência causada pela drenagem de pântanos favoreceram a ocorrência de uma avulsão (Pierik *et al.*, 2018).

A agradacão dos canais e a perda de capacidade de transporte são fatores críticos para a avulsão, pois diminuem a profundidade do leito. Consequentemente, o canal assoreado é abandonado em busca de um percurso mais eficiente (Potucek; Evans, 2019). Mohrig *et al.* (2000) complementam que a elevação do leito do canal principal até a cota média ou superior à da planície adjacente gera energia potencial suficiente para desencadear uma avul-

são. Como consequência, o acúmulo de sedimentos no leito limita o escoamento e favorece a abertura de novos canais na planície de inundação (Stouthamer; Berendsen, 2007). No entanto, embora a agradação seja frequentemente citada como uma das principais causas de avulsão, ainda existem poucas pesquisas sobre como a erosão influencia as mudanças morfológicas no canal.

Assim como a avulsão, a erosão também é um processo geomorfológico que altera a paisagem e a relação dos indivíduos com os recursos naturais. A erosão corresponde ao desprendimento e transporte de partículas de solo ou rocha para locais distintos de sua origem (Lepsch, 2010; Stevaux; Latrubesse, 2017). As partículas removidas pela erosão podem adentrar os sistemas fluviais como carga sedimentar e dissolvida. O processo de erosão ocorre em encostas de áreas urbanas e agrícolas e nas margens e leito dos rios (Guerra, 2024; Christofoletti, 1991). A perda de solo causada por este processo é um dos principais fatores responsáveis por causar impactos à agricultura (Silva; Schulz; Camargo, 2004). Além disso, a erosão limita a expansão urbana, interrompe estradas, e contribui para o acúmulo de poluentes e sedimentos (Santoro, 2015). As avulsões, de forma similar, afetam áreas urbanas e agrícolas, representando riscos para infraestruturas e comunidades (Henson; Edmonds; Lazarus, 2024; Brooke *et al.*, 2022). Assim, esses processos alteram a paisagem e provocam implicações sociais e econômicas (Henson; Edmonds; Lazarus, 2024; Brooke *et al.*, 2022; Hernani *et al.*, 2002).

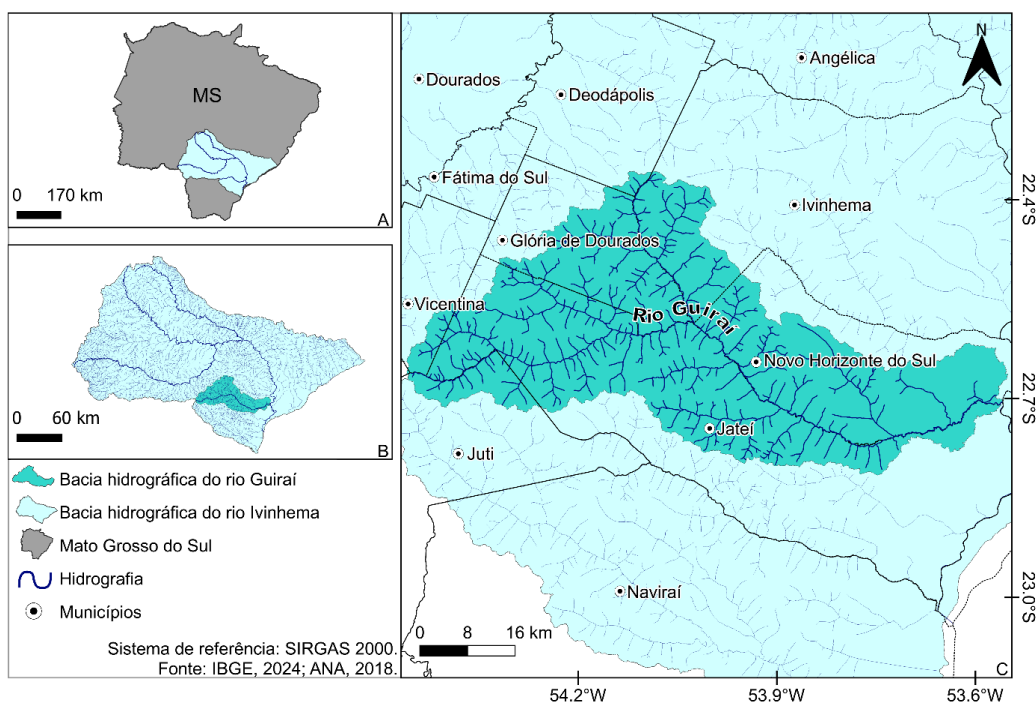
A bacia hidrográfica do rio Guirái se destaca por apresentar as maiores ocorrências de processos de avulsão na bacia do alto rio Paraná (Taça; Moraes, 2023). Nas áreas de drenagem dessa bacia são registradas diversas feições erosivas lineares. Diante desse contexto, esse estudo teve como objetivo analisar a relação entre as feições erosivas e as ocorrências de avulsões. Este estudo se distingue por analisar a erosão como elemento central do assoreamento, que, por sua vez, propicia a ocorrência de avulsões. Compreender a interação dos processos é fundamental para diagnosticar o alcance dos impactos dos processos erosivos, que não se limitam à perda de solo em si, bem como auxiliam a melhorar a gestão e a preservação dos recursos naturais.

Para isso, o mapeamento dos processos de avulsão e de erosão linear foi realizado no Google Earth Pro entre 2000 e 2024. Avaliou-se a área de drenagem a montante de cada avulsão, determinando a quantidade de feições erosivas que contribuíram para o assoreamento no rio Guirái, e para cada processo de avulsão. Além disso, foi realizada uma análise do perfil longitudinal do rio para identificar a distribuição das avulsões ao longo do canal. Os resultados obtidos contribuem para esclarecer o papel da erosão nas mudanças morfológicas do canal.

Área de estudo

A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Guiraí (Figura 1), localizada no estado de Mato Grosso do Sul, região Centro-Oeste do Brasil, com área total de 2.224,3 km². Abrange os municípios de Jateí, Novo Horizonte do Sul, Juti, Caarapó, Vicentina, Glória de Dourados, Ivinhema e Deodápolis. O rio Guiraí é afluente do rio Ivinhema, que por sua vez deságua no rio Paraná. A bacia hidrográfica apresenta clima Cfa (mesotérmico úmido), caracterizado por primaveras e verões quentes e chuvosos, e por outonos e invernos com temperaturas mais amenas e menor volume de precipitação. A altimetria varia entre 492 m e 237 m, com relevo que varia de colinas dissecadas no alto curso a amplas planícies de inundação no baixo curso. As principais litologias são provenientes do Grupo Caiuá, Formação Serra Geral e depósitos aluvionares. Os solos incluem Latossolos, Planossolos e Argissolos. O uso e a ocupação do solo são marcados pela predominância de pastagens, mosaicos agropecuários e cultivo de cana-de-açúcar. Áreas úmidas são observadas no baixo curso, integrando a planície de inundação.

Figura 1. Localização da área de estudo. A) Estado do Mato Grosso do Sul com destaque para a bacia hidrográfica do rio Ivinhema, B) Bacia hidrográfica do rio Ivinhema com destaque para a bacia hidrográfica do rio Guiraí, C) Bacia hidrográfica do rio Guiraí



Procedimentos metodológicos

Inicialmente, as erosões foram identificadas conforme Hernani *et al.* (2002), que os definem como feições de canais lineares de diferentes tamanhos, que concentram água em determinados momentos. Para a contagem das erosões foi considerada a continuidade dos processos, sendo os conectados classificados como uma única erosão e os descontínuos ou separados registrados como feições individuais. Em seguida, as avulsões foram identificadas, conforme Stevaux e Latrubesse (2017), que as definem como a divergência de parte ou de todo o fluxo, resultando em uma nova posição do canal na planície de inundação.

Para a identificação dos processos de erosão e avulsão, utilizaram-se imagens de satélite disponíveis na ferramenta de visualização histórica do *Google Earth Pro* (versão 7.3.6), abrangendo o período entre 2000 e 2024 (GOOGLE LLC, 2025). Os mosaicos exibidos na plataforma são previamente tratados pelos provedores, incluindo correção geométrica e seleção de cenas com baixa cobertura de nuvens, o que garante condições adequadas de visibilidade. Os mosaicos de imagens disponíveis no software *Google Earth Pro* reúnem dados de diferentes satélites, como o programa Landsat (NASA/USGS) e Copernicus/Sentinel (ESA), além de imagens comerciais de alta resolução fornecidas principalmente pela Maxar Technologies (responsável por satélites como QuickBird, GeoEye e a série WorldView) e pela Airbus. A resolução espacial das imagens varia de 30 m, no caso das imagens Landsat, até cerca de 0,5 m nas imagens de alta resolução da Airbus e Maxar. A disponibilidade temporal também varia conforme a cobertura para cada área, sem registros anuais regulares.

As feições erosivas foram analisadas com base na sobreposição temática dos dados de unidades litológicas (CPRM, 2005), altitude (FABDEM V1-2), declividade (processamento do FABDEM V1-2), classes de solo (IBGE, 2023) e uso e cobertura do solo (MapBiomias, 2022).

Para a classificação do estilo de avulsão, adotou-se a concepção de Slingerland e Smith (2004), que diferencia a avulsão em três categorias: anexação, incisão e progradação. As avulsões por anexação são aquelas em que o canal de avulsão se estabeleceu, em parte ou totalmente, sobre um paleocanal ou canal de planície de inundação. As avulsões por incisão foram reconhecidas como aquelas ocorridas em trechos sem canais preexistentes na planície. As avulsões por progradação foram classificadas a partir de processos que se iniciaram com leque de espreamento (*crevasse splay*).

Para estimar o tempo de estabelecimento da avulsão (completa), analisaram-se as imagens das datas disponíveis, comparando situações antes e depois da

mudança. Em casos em que o início ou término do processo não pôde ser identificado, a duração não foi determinada. Foram realizadas tentativas para preencher esta lacuna por meio de outras fontes de imagens, além do Google Earth Pro. No entanto, devido à escala do processo (trechos com menos de 30 m de largura) e o ano de início, não foi possível determinar a duração de algumas avulsões.

O Índice Longitudinal de Avulsão (ILA) constitui uma métrica utilizada para analisar a distribuição dos processos de avulsão ao longo do canal fluvial (Taça; Morais, 2023). O Índice é calculado a partir da razão entre os valores de comprimento de onde ocorre a avulsão até a foz do rio (CP) e o comprimento total do rio (CT), conforme a equação 1:

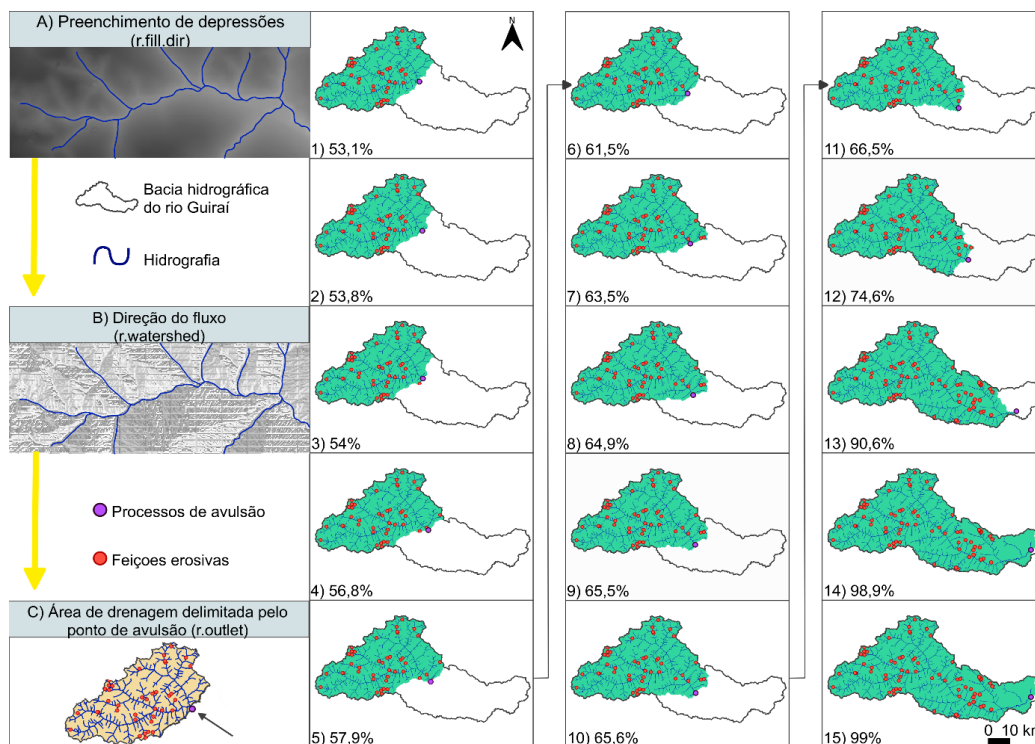
$$IL = \frac{CP}{CT} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que ILA é o índice longitudinal; CP: comprimento da avulsão até a foz do rio; CT: comprimento total do rio.

Valores próximos de 0 indicam que o processo ocorreu no trecho inferior, próximo à foz do rio (Taça; Morais, 2023).

Posteriormente, delimitou-se a área de drenagem de cada avulsão utilizando o QGIS 3.40.7 (QGIS Development Team, 2023), com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) FABDEM V1-2 (Neal; Hawker, 2023), um modelo global de elevação que remove os efeitos de edifícios e vegetação do Copernicus GLO-30 DEM. As depressões do modelo foram corrigidas com a ferramenta *r.fill.dir* e as áreas de drenagem extraídas a partir dos pontos de avulsão com a ferramenta *r.outlet* (Figura 2). As áreas foram posteriormente convertidas para o formato vetorial e calculadas em km².

Figura 2. Procedimentos para a delimitação das áreas de drenagem associadas às avulsões. A) Preenchimento de depressões do terreno, B) determinação da direção do fluxo, C) delimitação da área de drenagem considerando cada processo de avulsão como ponto exutório. Os mapas numerados de 1 a 15 apresentam a área percentual de drenagem de cada avulsão em relação à área total da bacia hidrográfica do rio Guiraí



Fonte: Os autores 2024.

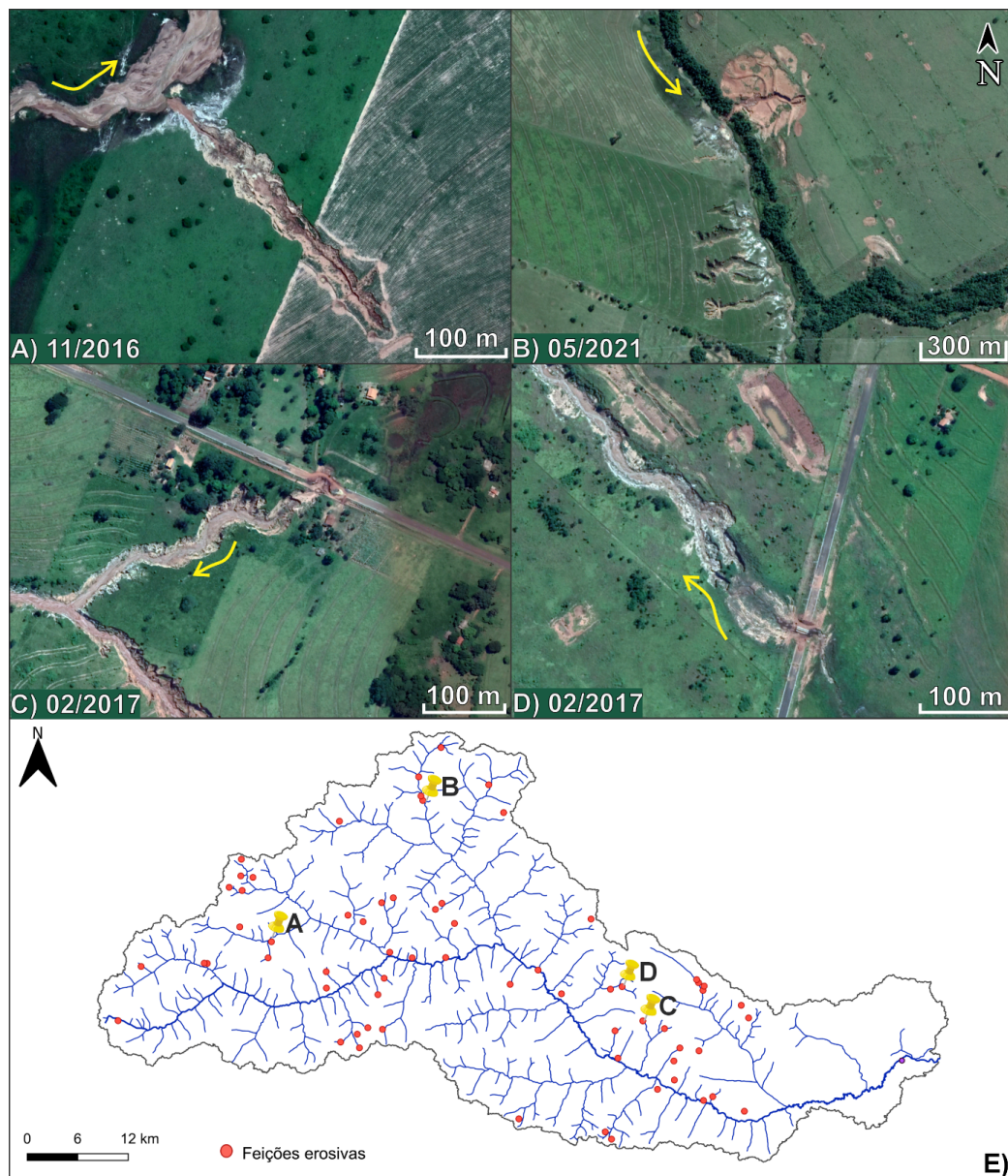
Para gerar o perfil longitudinal utilizou-se o modelo MDE FABDEM V1-2. O mapa foi gerado com a ferramenta *Profile Tools*. A linha de entrada corresponde ao vetor que define o traçado do rio Guiraí, a partir do qual a ferramenta extraiu as informações altimétricas. Os valores inconsistentes do perfil foram eliminados, e os trechos correspondentes foram corrigidos por meio de interpolação entre pontos adjacentes. Os pontos de avulsão foram plotados no perfil longitudinal com o objetivo de compreender sua distribuição ao longo do canal. Com base nessa representação, foi proposto um agrupamento das avulsões considerando a localização dos processos e a distância entre eles ao longo do perfil.

Resultados e discussões

Foram identificadas 65 erosões na bacia hidrográfica do rio Guiraí, especialmente em áreas com declividade entre 3% e 45%, Latossolos Vermelhos Distróficos e rochas areníticas do Grupo Caiuá. As erosões ocorrem principalmente em áreas de pastagem (52,3%), seguidas por regiões com mosaico de usos agropecuários (29,2%). Os resultados obtidos estão alinhados com Peixoto (2016), que constatou que 84% das erosões no município de Ivinhema ocorrem em áreas ocupadas pela pecuária, em vertentes íngremes e sem mata ciliar. Os processos erosivos foram registrados nas médias e baixas vertentes. Os resultados obtidos são parcialmente concordantes com Thomaz (2019), que indica maior ocorrência de erosão na média vertente, onde o escoamento se intensifica. Nas altas vertentes, a erosão é menos comum por não atingir o limite crítico de distância necessário para o desenvolvimento do processo, e nas baixas vertentes a menor ocorrência se relaciona com a tendência à deposição (Thomaz, 2019). A Figura 3E apresenta todas as erosões identificadas, bem como sua respectiva espacialização.

A maior concentração de processos erosivos (49) foi observada no alto curso da bacia hidrográfica do rio Guiraí, região caracterizada por declividades elevadas que resultam em uma conectividade longitudinal eficiente (Wohl *et al.*, 2016; Brierley; Fryirs; Jain, 2006). A conectividade longitudinal promove o transporte de sedimentos do montante para jusante no canal, enquanto a conectividade lateral é responsável pelo transporte de sedimentos da vertente para o canal. Essa dinâmica pode ser compreendida por meio de imagens de satélite (Figura 3). Em diversos trechos do alto curso, observou-se a conectividade lateral de sedimentos fluindo diretamente para o canal (Figura 3A e B) e contribuindo para o assoreamento do leito. Alguns processos erosivos (Figura 3C e D) afetaram infraestruturas, com a destruição de trechos da rodovia MS-475. Nessas áreas, destacam-se erosões regressivas, nas quais o canal se aprofunda e avança em direção ao montante, prevalecendo a conectividade longitudinal (Figura 3C e D).

Figura 3. Processos erosivos na bacia hidrográfica do rio Guirái – MS. A) em $22^{\circ}32'23.35''\text{S}$ $54^{\circ}16'25.90''\text{O}$ e B) em $22^{\circ}23'27.40''\text{S}$ $54^{\circ}6'43.04''\text{O}$, mostram erosões nas vertentes com aporte de sedimentos diretamente ao canal. C) em $22^{\circ}35'20.67''\text{S}$ $53^{\circ}53'56.57''\text{O}$ e D) em $22^{\circ}36'44.48''\text{S}$ $53^{\circ}53'48.29''\text{O}$ correspondem a erosões regressivas que avançam em direção a montante e atingem a rodovia MS-475



Fonte: Google Earth Pro (versão 7.3.6.).

Além dos registros obtidos por sensoriamento remoto, os casos de erosão também são documentados pela mídia local, como o reportado pelo Jornal da Nova (2021). Em 2021, a Polícia Militar Ambiental autuou um proprietário rural por não recuperar uma erosão em área de nascente do rio Guiraí (Figura 4), no qual também se constatou o descarte irregular de pneus (Jornal da Nova, 2021).

Figura 4. Erosão em área de nascente do rio Guiraí, autuada pela Polícia Militar Ambiental



Fonte: Jornal da Nova, 2021.

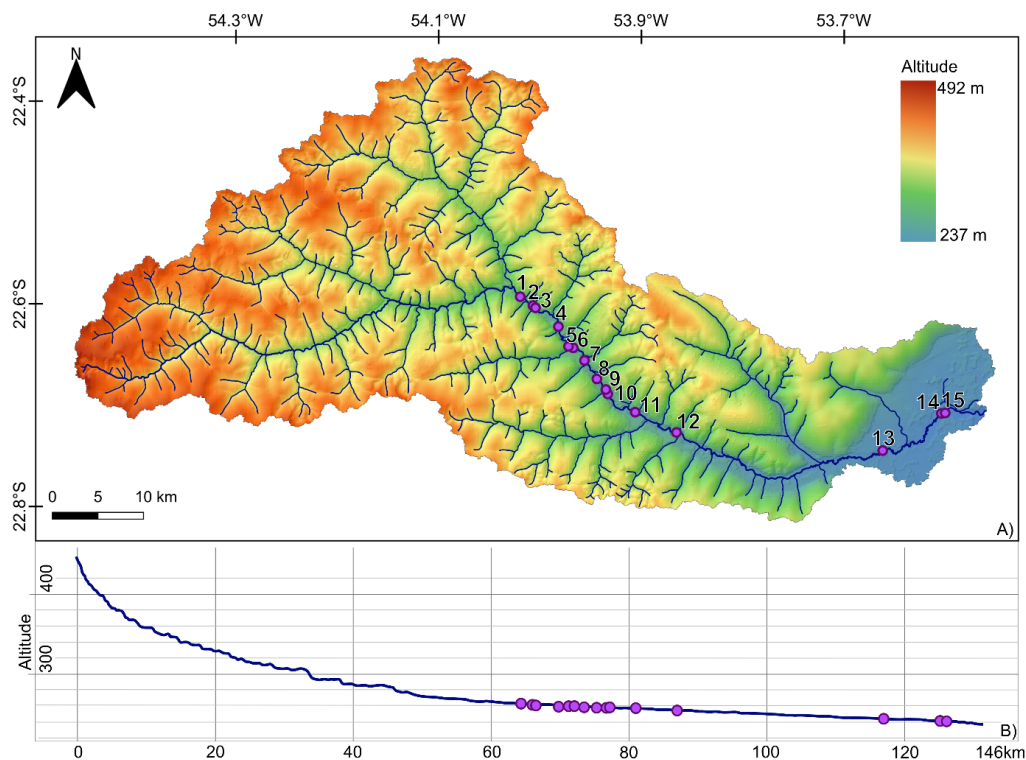
Ao longo do período analisado foram identificadas 15 avulsões no rio Guiraí, das quais 11 transferiram o fluxo para o novo canal, caracterizando-se como avulsões completas. O tempo para que as avulsões se tornassem completas variou entre 8 e 11 anos. Estudos em paisagens distintas, como os Andes, o Himalaia e a Nova Guiné, mostraram durações semelhantes, com processos variando de 9 a 16 anos para estabelecimento das avulsões (Jones; Harper, 1998; Edmonds *et al.*, 2016; Valenza; Edmonds; Weissmann, 2022). A maioria dos processos de avulsão (12) iniciou-se por incisão ou anexação, enquanto três tiveram início por progradação. Esse resultado é consistente com Valenza *et al.* (2020), que identificaram a anexação como o tipo de avulsão mais comum, mesmo em diferentes contextos geomorfológicos.

A primeira avulsão observada ocorreu a cerca de 60 km da nascente, a uma altitude aproximada de 270 m. A partir da primeira avulsão, sucederam-se 11 processos de avulsão em sequência em um trecho de 23 km, até a altitude de 250

m. Após esse agrupamento há um trecho de 33 km sem ocorrência de mudanças fluviais. Três avulsões ocorreram novamente em sequência nas proximidades da foz, em um trecho de aproximadamente 15 km, com o primeiro evento desse agrupamento localizado a 245 m de altitude e o último a 241 m. A Figura 5A apresenta os 15 processos de avulsão sobrepostos ao mapa hipsométrico da área.

As avulsões concentram-se no médio e no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Guirái, onde há uma diminuição da declividade. A distribuição espacial desses processos ao longo do perfil longitudinal é ilustrada na Figura 5B.

Figura 5. Distribuição espacial das avulsões ao longo do perfil longitudinal do rio Guirái – MS. A) Mapa hipsométrico elaborado a partir do modelo V1-2, com a rede de drenagem e as avulsões do canal principal. B) Perfil longitudinal do rio Guirái, gerado com o plugin *Profile Tools* no QGIS 3.40.7, indicando a variação de altitude da nascente até a foz



Fonte: Os autores 2024.

A primeira avulsão apresenta o maior valor do índice longitudinal de avulsão (0,590), indicando que ocorre pouco a montante da metade da extensão do rio. O menor valor (0,044) do índice longitudinal indica a ocorrência de processo próximo à foz com o rio Ivinhema. A média do ILA é de 0,42, sugerindo que os

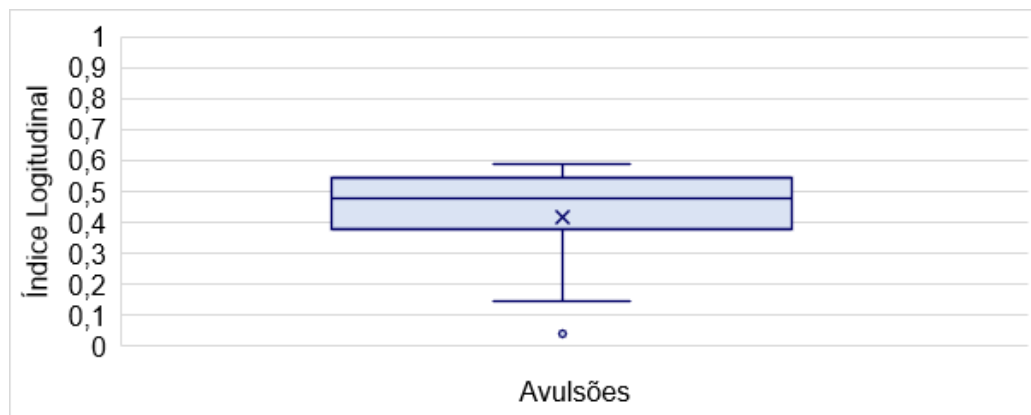
processos de avulsão ocorrem predominantemente na porção intermediária da bacia hidrográfica do rio Guirá, em locais onde a combinação de diminuição da declividade e aumento dos processos deposicionais pode favorecer a instabilidade do canal. As informações do ILA do rio Guirá estão sintetizadas na Tabela 1, que apresenta as características de cada processo.

Tabela 1. Caracterização dos processos de avulsão ao longo do rio Guirá (sentido montante-jusante). Comprimento parcial: distância (km) do ponto de avulsão até a foz, no rio Ivinhema. Índice longitudinal: razão entre o comprimento parcial e o comprimento total do rio

Avulsões no rio Guirá	Comprimento parcial de avulsão (km)	Índice Longitudinal
1	85,63	0,59
2	83,88	0,57
3	83,53	0,57
4	78,91	0,54
5	75,60	0,52
6	74,98	0,51
7	72,43	0,49
8	69,22	0,47
9	67,29	0,46
10	66,67	0,45
11	61,32	0,42
12	54,68	0,37
13	21,29	0,14
14	7,07	0,05
15	6,31	0,04
Comprimento Total (km)	145,20	

A distribuição estatística desses valores pode ser visualizada na Figura 6, que apresenta um boxplot do IL das avulsões. O boxplot indica primeiro quartil em 0,40, terceiro quartil em 0,59, e mediana em 0,49. A distribuição revela leve assimetria negativa, com maior concentração de valores próximos ao terceiro quartil (0,54). Foram identificados três *outliers* (valores discrepantes) inferiores (<0,24), representando eventos de avulsão mais próximos da foz com o rio Ivinhema. Em geral, as avulsões se desenvolvem no médio curso do canal, embora ocorram casos pontuais a jusante.

Figura 6. Boxplot do índice longitudinal (ILA) das avulsões na bacia hidrográfica do rio Guirái - MS, mostrando mediana, quartis e valores extremos



Além da análise da posição longitudinal das avulsões, é relevante considerar as características de suas áreas de drenagem. A Tabela 2 apresenta os dados relativos aos 15 processos de avulsão e suas respectivas áreas de drenagem. Observa-se que as avulsões aumentam em relação à quantidade de processos erosivos, como exemplo, identificaram-se 38 processos erosivos na área de drenagem da avulsão 1 e 49 processos erosivos na área de drenagem da avulsão 12, sugerindo uma relação entre a quantidade de sedimentos e a ocorrência de avulsões. Em direção a jusante da avulsão 12, há ainda avulsões e a ocorrência de mais 3 processos erosivos em uma área de 358,209 km², próximo à foz com o rio Ivinhema.

Tabela 2. Caracterização das áreas de drenagem associadas aos processos de avulsão no rio Guirái (sentido montante-jusante). Área de drenagem a montante: superfície (km²) drenada até o ponto de avulsão. Área de drenagem acumulada: soma (km²) das áreas de drenagem desde o primeiro processo. Número de erosões a montante de cada avulsão: quantidade de feições erosivas a montante de cada avulsão. Erosão acumulada: soma total de processos erosivos até o ponto de avulsão

Avulsões no rio Guirái	Área de drenagem a montante (km ²)	Aumento da área de drenagem (km ²)	Número de erosão a montante de cada avulsão	Aumento das erosões
1	1192,38	--	38	--
2	1207,48	15,10	38	0
3	1212,94	5,45	39	1
4	1274,47	61,53	41	2
5	1299,70	25,22	41	0

Avulsões no rio Guirai	Área de drenagem a montante (km ²)	Aumento da área de drenagem (km ²)	Número de erosão a montante de cada avulsão	Aumento das erosões
6	1380,60	80,90	41	0
7	1425,09	44,48	44	3
8	1457,99	32,90	44	0
9	1470,16	12,17	44	0
10	1471,20	1,03	44	0
11	1492,16	20,96	45	1
12	1675,19	183,03	49	4
13	2033,40	358,20	65	16
14	2220,47	187,07	65	0
15	2221,17	0,70	65	0

O levantamento temporal mostrou que a maior parte das erosões teve início antes de 2005, com algumas ainda permanecendo ativas até o presente momento. A maioria das avulsões ocorreu entre 2010 e 2020. Essa questão temporal reforça uma provável correlação entre esses processos. No rio Taquari, no Pantanal, a substituição da vegetação natural por pastagens e culturas agrícolas nos planaltos areníticos, com menor densidade de cobertura, intensifica a erosão e o escoamento superficial, resultando em maior aporte de sedimentos (Crepani *et al.*, 2001; Mercante *et al.*, 2007).

A relação entre os processos de erosão e os eventos de avulsão é reforçada pela análise de um caso específico, a avulsão 6, onde a erosão de uma vertente contribuiu para o aumento de sedimentos no canal (Figura 7). O leque aluvial gerado pela erosão bloqueou o canal principal, forçando o rompimento do dique marginal. Embora outros tipos de bloqueios, como gelo no rio Niobrara (Ethridge; Skelly; Bristow, 1999), ou troncos no sudoeste da Amazônia (Lombardo, 2017), já tenham sido associados a avulsões, o caso do rio Guirai chama atenção por ser um leque deposicional associado à erosão da vertente.

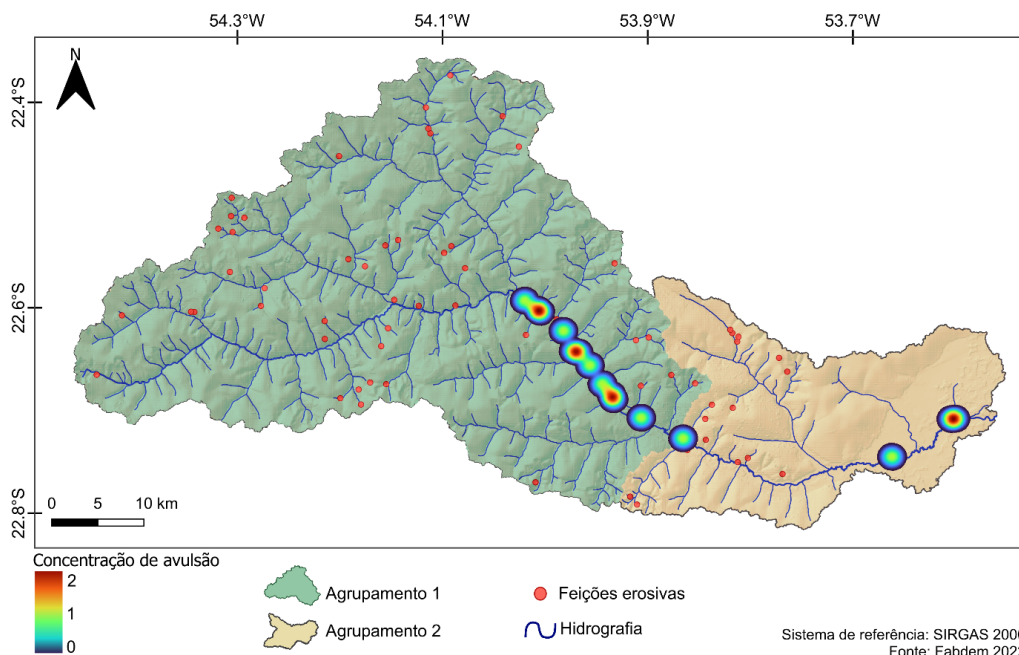
Figura 7. Processo de avulsão por anexação, resultante do bloqueio do canal principal. A) canal principal anterior a avulsão, B) bloqueio do canal com avulsão em decorrência do barramento com a formação do leque aluvial



Fonte: Google Earth Pro (versão 7.3.6.).

A distribuição espacial das avulsões e erosões, organizada em dois agrupamentos, é apresentada no mapa de densidade (Figura 8). O surgimento de 49 erosões em uma área de 1.675,20 km² (agrupamento 1) contribuiu para o impacto no canal a jusante, influenciando diretamente as 12 avulsões. A combinação entre a diminuição da inclinação e o aporte contínuo de sedimentos explica o surgimento do primeiro agrupamento de avulsões, como resposta aos impactos acumulados dos processos erosivos. A deposição contínua reduz a profundidade do leito, apontada por Mohrig *et al.* (2000) como uma das principais causas de avulsão. No agrupamento 2, considerando a avulsão 15 como exutório e desconsiderando a área de drenagem do agrupamento 1, observa-se que a produção de sedimentos se mantém ativa, criando condições para o desenvolvimento de avulsão. O número elevado de feições erosivas nas vertentes, após as primeiras avulsões, reforça a relação direta entre a produção de sedimentos e mudanças no canal ao longo do perfil longitudinal.

Figura 8. Mapa de densidade mostrando a concentração de avulsões na bacia hidrográfica do rio Guiraí – MS, (0 = azul, 2 = vermelho). Os pontos vermelhos representam as feições erosivas nas vertentes. O polígono verde apresenta o agrupamento 1, com 49 erosões e 12 avulsões no médio curso, enquanto o polígono bege apresenta o agrupamento 2, com 15 erosões e 3 avulsões



Fonte: Os autores 2024.

Considerações finais

A pesquisa identificou 65 feições erosivas e 15 processos de avulsão. As erosões predominam em áreas de pastagem e mosaicos de uso do solo em vertentes com declividade entre 3% e 20%, associadas aos Latossolos Vermelhos Distróficos e rochas do grupo Caiuá. Os resultados desse estudo evidenciam que a transferência de sedimentos das vertentes para o canal contribui para o assoreamento do canal e o desencadeamento de processos de avulsão.

As 15 avulsões ocorreram ao longo da transição do médio para o baixo curso do rio Guiraí, em trechos caracterizados pela redução da declividade. O primeiro agrupamento com 12 processos ocorre em um trecho de 23 km, relacionado ao aumento das erosões a montante. O segundo ocorre em um trecho de 15 km próximo à foz com o rio Ivinhema. Nesse trecho, os resultados sugerem que o acúmulo de sedimentos foi suficiente para desencadear três avulsões. Essas análises indicam que as mudanças morfológicas do rio, em ambos os agrupamentos, estão

relacionadas à agradação do leito, resultado do aporte contínuo de sedimentos provenientes das áreas de drenagem a montante com erosão. Apenas em um caso específico, identificou-se que a avulsão resultou de bloqueios do fluxo do canal decorrente de processo erosivo. Esses resultados mostram como os processos erosivos e a dinâmica sedimentar interagem e influenciam o surgimento e a distribuição espacial das avulsões.

Os resultados evidenciam o papel das feições erosivas como propulsoras das avulsões, algo ainda pouco explorado nas pesquisas e que requer avanços científicos, com investigações detalhadas que envolvam, por exemplo, as medições da conectividade de sedimentos e a agradação do canal. Compreender a relação desses processos é fundamental para guiar políticas públicas de manejo do solo e de proteção dos rios.

Agradecimentos

Agradecemos aos pareceristas pelas valiosas observações e sugestões, que contribuíram para o aprimoramento do artigo, bem como à equipe editorial da revista pelo suporte prestado durante o processo de avaliação.

Referências

- BRIERLEY, G.; FRYIRS, K.; JAIN, V. Landscape connectivity: the geographic basis of geomorphic applications. **Area**, v. 38, n. 2, p. 165–174, jun. 2006.
- BROOKE, S. *et al.* Where rivers jump course. **Science**, v. 376, n. 6596, maio 2022.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.
- CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Geologia e recursos minerais do Estado de Mato Grosso do Sul**. Brasília: CPRM, 2006.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.; S. HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, jun. 2001.
- EDMONDS, D. A.; HAJEK, E. A.; DOWNTON, N.; BRYK, A. B. Avulsion flow-path selection on rivers in foreland basins. **Geology**, v. 44, n. 9, p. 695–698, set. 2016.
- ETHRIDGE, F. G.; SKELLY, R. L.; BRISTOW, C. Avulsion and crevassing in the sandy, braided Niobrara River: complex response to base-level rise and aggradation. In: SMITH, N. D.; ROGERS, J. (eds.). **Sedimentologia Fluvial VI**. Special Publication n. 28. International Association of Sedimentologists, 1999. p. 179–192.
- GANTI, V.; CHU, Z.; LAMB, P. M.; NITTROUER, J. A.; PARKER, G. Testing morphodynamic controls on the location and frequency of river avulsions on fans versus deltas: Huanghe (Yellow River), China. **Geophysical Research Letters**, v. 41, n. 22, p. 7882–7890, nov. 2014.
- GOOGLE LLC. **Google Earth Pro, versão 7.3.6**. Mountain View: Google LLC, 2025. Disponível em: <https://www.google.com/earth>. Acesso em: 3 set. 2024.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 17. ed. Rio de Janeiro: Difel, 2024. p. 93–148.

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**, v. 40, n. 4, p. 559–574, maio 2024.

HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L.; PRUSKI, F. F.; MARIA, I. C.; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J. N. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. cap. 5, p. 47–60.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pedologia 1:250.000** – versão 2023. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/vetores/escala_250_mil/versao_2023/. Acesso em: 8 set. 2025.

JONES, L. S.; HARPER, J. T. Channel avulsions and related processes, and large-scale sedimentation patterns since 1875, Rio Grande, San Luis Valley, Colorado. **GSA Bulletin**, v. 110, n. 3, p. 411–421, abr. 1998.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LOMBARDO, U. River logjams cause frequent large-scale forest die-off events in southwestern Amazonia. **Earth System Dynamics**, v. 8, n. 3, p. 565–575, jul. 2017.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; BARROS, L. F. P.; COTA, G. E. Morfodinâmica fluvial. In: MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; BARROS, L. F. P. (orgs.). **Hidrogeomorfologia: formas, processos e registros sedimentares fluviais**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020. p. 121–161.

MAPBIOMAS. **MapBiomas Coleção 2 (beta) – Mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil (Imagens Sentinel-2)**. 2022. Disponível em: https://storage.googleapis.com/mapbiomas%20public/initiatives/brasil/lulc_10m/collection_2/integration/mapbiomas_10m_collection2_integration_v1-classification_2022.tif. Acesso em: 24 set. 2024.

MERCANTE, M. A.; GARNÉS, S. J. A.; PAIVA, L. A.; SANTOS, E. T.; NOGUEIRA, A. X. Alterações causadas por avulsão no rio Taquari, no Pantanal Mato-Grossense. **Revista RA'E GA**, n. 13, p. 75–84, jun. 2007.

MOHRIG, D.; HELLER, P.; PAOLA, C.; LYONS, W. Interpreting avulsion process from ancient alluvial sequences: Guadalope-Matarranya system (northern Spain) and Wasatch Formation (western Colorado). **GSA Bulletin**, v. 112, n. 2, p. 1787–1803, dez. 2000.

MORÓN, S.; AMOS, K.; EDMONDS, D.; PAYENBERG, T.; SUN, X.; THYER, M. Avulsion triggering by El Niño–Southern Oscillation and tectonic forcing: the case of the tropical Magdalena River, Colombia. **Geological Society of America**, v. 129, n. 9–10, p. 1300–1313, set. 2017.

NEAL, J.; HAWKER, L. **FABDEM V1-2**. University of Bristol, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5523/bris.s5hqmjcdj8yo2ibzi9b4ew3sn>. Acesso em: 3 jun. 2024.

PEIXOTO, C. S. **Fragilidade ambiental e uso das terras no município de Ivinhema-MS**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2016.

PIERIK, H. J.; STOUTHAMER, E.; SCHURING, T.; COHEN, K. C. Human-caused avulsion in the Rhine–Meuse delta before historic embankment (The Netherlands). **Geology**, v. 46, n. 11, p. 935–938, nov. 2018.

POLÍCIA AMBIENTAL autua infrator por voçoroca em nascentes do Rio Guirai em Novo Horizonte do Sul. **Jornal da Nova**, abr. 2021. Disponível em: <https://jornaldanova.com.br/noticia/413526/policia-ambiental-autua-infrator-por-vocoroca-em-nascentes-do-rio-guirai-em-novo-horizonte-do-sul>. Acesso em: 14 jul. 2024.

POTUCEK, M. J.; EVANS, J. E. Avulsion dynamics in a river with alternating bedrock and alluvial reaches, Huron River, Northern Ohio (USA). **Open Journal of Modern Hydrology**, v. 9, n. 1, p. 20–39, 2019.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**, versão 3.40.7. Open Source Geospatial Foundation Project, 2023. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 9 out. 2024.

SANTORO, J. Erosão continental. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. p. 54–70.

SANTOS, M. L.; MORAIS, E. S. Produção de sedimentos em bacia hidrográfica de pequena ordem: uso de modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 2, p. 139–150, abr. 2012.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: Rima, 2004.

SLINGERLAND, R.; SMITH, N. D. River avulsions and their deposits. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 32, p. 257–285, dez. 2004.

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, dez. 2004.

STOUTHAMER, E.; BERENDSEN, H. J. A. Avulsion: the relative roles of autogenic and allogenic processes. **Sedimentary Geology**, v. 198, n. 3–4, p. 309–325, jun. 2007.

TAÇA, D. J.; MORAIS, E. S. Avulsões recentes na bacia hidrográfica do alto rio Paraná. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 14., 2023, Corumbá. **Anais...** Corumbá: UGB, 2023.

THOMAZ, L. E. **Erosão do solo: teorias, métodos e perspectivas**. Curitiba: Editora CRV, 2019.

VALENZA, J. M.; EDMONDS, D. A.; HWANG, T.; ROY, S. Downstream changes in river avulsion style are related to channel morphology. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, dez. 2020.

WOHL, E.; RATHBURN, S.; CHIGNELL, S.; GARRET, K.; LAUREL, D.; LIVERS, B. PATTON, A.; RECORDS, R.; RICHARDS, M.; SCHOOK, D. M.; SUTFIN, A. N.; WEGENER, P. Mapping longitudinal stream connectivity in the North St. Vrain Creek watershed of Colorado. **Geomorphology**, v. 277, p. 171–181, jan. 2017.