



# ALTERAÇÃO MORFOLÓGICA DE BARRA FLUVIAL APÓS EVENTO EXTREMO DE PRECIPITAÇÃO: ESTUDO DE CASO NO RIO JACAREÍ – LITORAL SUL DO BRASIL

*MORPHOLOGICAL CHANGE IN FLUVIAL BAR AFTER AN EXTREME PRECIPITATION EVENT: THE CASE STUDY OF JACAREÍ RIVER – SOUTHERN BRAZIL*

*CAMBIO MORFOLÓGICO EN BARRA FLUVIAL DESPUÉS DE EVENTO DE LLUVIA EXTREMA: ESTUDIO DE CASO EN EL RÍO JACAREÍ - COSTA SUR DE BRASIL*

OTACÍLIO LOPES DE SOUZA DA PAZ <sup>1\*</sup>  
EDUARDO VEDOR DE PAULA <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Professor na área das Geociências no Centro Universitário Internacional (UNINTER). Estágio Pós-Doutoral no Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR).  
E-mail: [otacilio.paz@gmail.com](mailto:otacilio.paz@gmail.com), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1273-2562>

<sup>2</sup> Professor adjunto no departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Vice-diretor do Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná (UFPR).  
E-mail: [edugeo@ufpr.br](mailto:edugeo@ufpr.br), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1847-0161>

## RESUMO

As aeronaves remotamente pilotadas (RPA) apresentam elevado potencial de aplicação no estudo da dinâmica de feições fluviais. Foi realizada uma análise em uma barra lateral no rio Jacareí (litoral sul do Brasil), que apresentou modificações após evento pluviométrico extremo em 04/02/2020. Levantamento com RPA foi executado em fevereiro de 2020 e comparado com levantamento efetuado em julho de 2019. O evento que desencadeou o episódio de inundação fluvial apresentou um acumulado de 126,5 mm até o pico de cota do rio Jacareí (4,15m), ocasionando modificações nas feições fluviais. Na barra lateral analisada, observou-se deposição de 350m<sup>3</sup>, enquanto o volume erodido foi de 414 m<sup>3</sup>, alterando a morfologia da barra. Discussões iniciais das implicações ambientais desta mudança são apresentadas. Confirma-se o potencial do emprego de RPA neste tipo de análise. **Palavras-chave:** Geomorfologia fluvial; Feições fluviais; Assoreamento; Inundação Fluvial.

## ABSTRACT

Remotely piloted aircraft (RPA) have a high potential for application in the study of the dynamics of river landforms. An analysis was carried out on a sidebar on the Jacareí River (southern coast of Brazil), which showed changes after an extreme rainfall event on 02/04/2020. A survey with RPA was carried out in February 2020 and compared with a survey carried out in July 2019. The event that triggered the river flood episode had an accumulated 126.5 mm up to the peak of the Jacareí River (4.15 m), causing changes in the fluvial features. In the sidebar analyzed in this paper, deposition of 350m<sup>3</sup> was observed, while the eroded volume was 414m<sup>3</sup>, changing the morphology of the bar. Initial discussions of the environmental implications of this change are presented. The potential of using RPA in this type of analysis is confirmed.

**Key words:** Fluvial geomorphology; River landforms; Silting; River Flooding.

## RESUMEN

Las aeronaves remotamente pilotadas (RPA) tienen un elevado potencial de aplicación en el estudio de la dinámica fluvial. Se realizó un análisis en una barra lateral en el río Jacareí (costa sur de Brasil), que mostró cambios después de un evento de lluvia extrema el 04/02/2020. Se realizó un levantamiento con RPA en febrero de 2020 y se comparó con un levantamiento realizado en julio de 2019. El evento que desencadenó el episodio de inundación del río tuvo un acumulado de 126,5 mm hasta el pico del río Jacareí (4,15 m), provocando cambios en las características fluviales. En la barra lateral analizada se observó una deposición de 350m<sup>3</sup>, mientras que el volumen erosionado fue de 414m<sup>3</sup>, cambiando la morfología de la barra. Se presentan discusiones iniciales sobre las implicaciones ambientales de este cambio. Se confirma el potencial del uso de RPA en este tipo de análisis.

**Palabras-chave:** Geomorfología fluvial; Características del río; Sedimentación; Inundación del río.



## INTRODUÇÃO

Análises espaciais dentro da geomorfologia fluvial são realizadas com auxílio das geotecnologias (GOMEZ; OGUCHI; EVANS, 2016; GRABOWSKI; GURNELL, 2016; ARNAUD et al., 2019). Por meio dessas ferramentas, podem-se caracterizar áreas, extrair informações, analisar cenários e gerar modelos (GOMEZ; OGUCHI; EVANS, 2016; THOMS; SCOWN; FLOTEMERSCH, 2018). São exemplos de análises: classificação de padrão de drenagem (MONTANHER, 2019), evolução de canais (MELLO et al., 2018; SILVEIRA; OLIVEIRA; NEUMAN, 2020), estilos fluviais (KLEINA; PAULA; SANTOS, 2014; BRIERLEY et al., 2019), mapeamentos de barras e ilhas (SANTOS; STEVAUX; ASSINE, 2017; QUEIROZ et al., 2018b, 2018a), entre outros.

Podem-se integrar os resultados obtidos com uso das geotecnologias a diversas outras técnicas ligadas a geomorfologia, como análises granulométricas, análises químicas ou datações (VILES, 2016; INKPEN, 2018). Essa heterogeneidade de técnicas, quando integradas, permite compreender de forma holística diversas dinâmicas fluviais. Dentro das geotecnologias surgem a cada dia novos equipamentos e métodos que permitem atingir maior detalhamento e/ou precisão nas análises.

São encontrados na literatura estudos abordando mapeamento e caracterização de feições fluviais com emprego de sensores ativos de alta resolução espacial, como LIDAR (*Light Detection and Ranging*) (SZABÓ et al., 2017) e imagens orbitais de alta resolução espacial e espectral (BLACK et al., 2014; WANG et al., 2016). Com foco nas formas de barras fluviais, já foram executados diversos estudos explorando técnicas para seu mapeamento (por exemplo, SZABÓ et al., 2017) e detecção de mudanças (por exemplo, ASSIS, 2011; GHINASSI et al., 2016).

Barras são feições fluviais com gênese na dinâmica de transporte e deposição sedimentar de um rio, sempre associadas ao aporte sedimentar e seu regime hidrológico (SANTOS; STEVAUX; ASSINE, 2017; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). Barras arenosas podem sofrer rápida mudança imediatamente após eventos extremos de precipitação (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). Devido a rápida temporalidade de transformação das barras fluviais, dificilmente sensores remotos orbitais podem registrar seu estado logo após um evento extremo de precipitação. Este comportamento morfológico das barras é acentuado em planícies fluviais situadas as margens da Serra do Mar, onde a significativa amplitude altimétrica e elevadas médias de precipitação conferem maior energia aos rios.

Um exemplo deste processo foi observado em fevereiro de 2020 na bacia do rio Jacareí, localizado no limite dos municípios de Morretes e Paranaguá, litoral central do Paraná (sul do Brasil). No período de 2 a 8 de fevereiro de 2020, foi registrado um acumulado de 286 mm em uma estação instalada na porção de serra da bacia, resultando em rompimentos de margem, erosão e geração de novos depósitos, verificados por visita em campo.

Desde 2019, diversos estudos foram realizados na bacia do rio Jacareí, por meio de uma parceria entre o Laboratório [omitido para avaliação] e Laboratório [omitido para avaliação] da Universidade [omitido para avaliação] com a [omitido para avaliação], sob financiamento do Terminal de Containers de Paranaguá (TCP). Foram implantadas estações de monitoramento, realizados coletas de sedimentos no rio e na planície, imageamentos com Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) e levantamentos geodésicos. A construção de uma base de dados de informações ambientais da área permite identificar tais mudanças e subsidia a realização de estudos tanto técnicos, voltados ao planejamento, como acadêmicos, transformando-a em uma bacia escola.

Dados orbitais em alta resolução espacial para análise 2D do evento supramencionado podem demorar a serem gerados e há o alto custo atrelado. Ainda, condições de nebulosidade

típicas do verão nesta região podem afetar a coleta de dados por sensores orbitais. Uma alternativa é o emprego de aeronaves remotamente pilotadas (RPA, do inglês Remotely Piloted Aircraft). Esses equipamentos permitem a geração de modelos digitais do terreno (MDT) e ortomosaicos de altíssima resolução espacial (HUNG et al., 2018; SOPCHAKI et al., 2018; PAZ; SAMPAIO, 2019), baixa temporalidade para aquisição de dados e retorno a campo, além de baixo custo em comparação com dados orbitais de alta resolução espacial.

O presente artigo testa o emprego de RPA na análise espacial e multitemporal de feições fluviais. Assim, objetiva-se analisar mudanças morfológicas em uma barra fluvial afetada por um evento extremo de precipitação, identificando área de deposição e erosão e volume mobilizado. Como área de estudo selecionou-se uma barra lateral arenosa situadas no leito fluvial do rio Jacareí, afetada pelo extremo pluviométrico registrado entre 02 e 08 de fevereiro de 2020.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

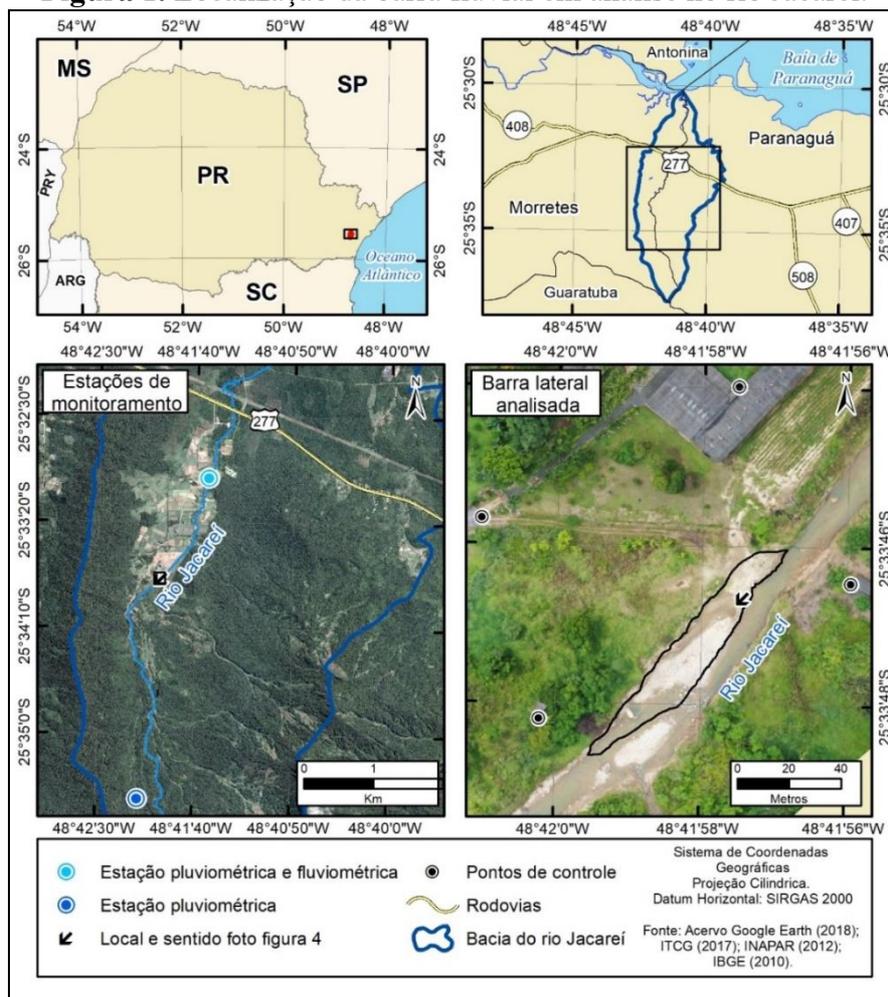
O rio Jacareí compõe o limite entre os municípios de Morretes e Paranaguá, porção central do litoral do Paraná. O rio apresenta 13,6 km de extensão, com 3,9 km na porção de serra e 9,7 km na planície. A barra lateral do rio Jacareí analisada localiza-se na porção mais à montante da planície, aproximadamente 20 metros acima do nível do mar (Figura 1).

A bacia do rio Jacareí (BRJ) é o local central de um dos maiores desastres ambientais registrados na história do Paraná. Em 11 de março de 2011, após dias de constante e elevada pluviosidade, diversos deslizamentos foram deflagrados na Serra da Prata (divisores sul a leste da BRJ), resultando em perdas e danos materiais, população desalojada, um óbito e alterações significativas na paisagem (PINTO; PASSOS; CANEPARO, 2015; ZAPATA; SIMIANO; PINHEIRO, 2016).

Para compreender as mudanças na barra lateral analisada, os procedimentos metodológicos foram divididos em três etapas: 1) Caracterização do evento extremo pluviométrico de fevereiro de 200; 2) Imageamento com RPA e processamento; 3) Análise digital do relevo. Na Figura 1 também são apresentados os pontos de controle utilizados no processamento dos dados da RPA e localização da estação Serra (precipitação) e estação Planície (precipitação + nível do rio).

A caracterização do evento contou com visitas a campo logo após o processo e consultas aos dados das estações de monitoramento, apresentando registros máximo, mínimo e médio. A estação situada na porção de serra registrou o volume precipitado enquanto a estação na porção de planície registrou o volume precipitado e a cota do rio Jacareí. Os dados dessas estações foram fornecidos conforme parceria supramencionada. As estações registram dados a cada 5 minutos.

**Figura 1.** Localização da barra fluvial em análise no rio Jacareí.



**Fonte:** Os autores (2022).

O primeiro imageamento foi realizado em 03/07/2019, utilizando uma RPA modelo Phantom 4 Professional, com câmera de 20 megapixels. O segundo imageamento foi realizado em 13/02/2020, executado com um RPA modelo Mavic 2 Pro, com câmera de 20 megapixels. Obteve-se autorização para este voo junto ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), a 120 metros de altura, tendo sido necessários 3 planos voo para imageamento total do rio entre o começo do trecho de planície e a ponte da rodovia BR 277. Os planos de voo foram elaborados no aplicativo *DJI Pilot*.

Após, os dados do imageamento de 2019 e de 2020 foram processados no software *Web Open Drone Map* (WEB-ODM). Seguiu-se a rotina padrão de processamento: inserção dos pontos de controle, alinhamento de imagens, geração da nuvem de pontos homólogos, geração de ortomosaico e modelo digital de superfície (MDS). Foram utilizados quatro pontos de controle no processamento de ambos os conjuntos de imagens (Figura 1), sendo estes coletados com receptor GNSS – Global Navigation Satellite System – da marca Leica modelo GPS 900, utilizando método estático com intervalo de armazenamento de 5 segundos, tendo a estação RBMC – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS – UFPR como referência.

Para geração do MDT foi necessário filtragem manual da nuvem de pontos homólogos, visando separar apenas pontos de solo, evitando pontos sobre casas, vegetação e demais elementos sobre o terreno. Em seguida, a nuvem de pontos filtrada foi interpolada utilizando a

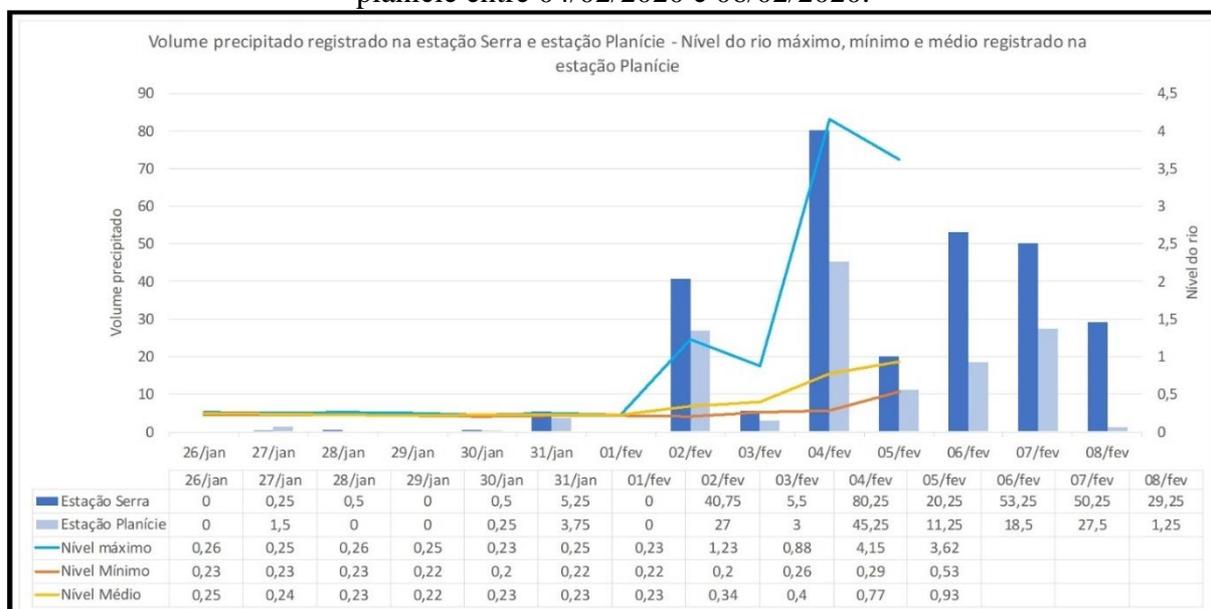
ferramenta de krigagem simples, do pacote geostatístico do ArcGIS 10.4 (PAZ; SAMPAIO, 2019). Foram gerados o MDT Barra 2019 e o MDT Barra 2020, ambos com resolução espacial de 0,1 metro.

Após a geração dos MDT foi realizada análise em perfil do canal do rio Jacareí, bem como de sua barra lateral, por meio da ferramenta *Profile Graph* do *3D Analyst* do ArcGIS 10.4. Para identificar as áreas de deposição e erosão entre os MDT foi realizada uma álgebra de mapas, com a ferramenta *Raster Calculator* do ArcGIS 10.4. O MDT da barra em 2020 foi subtraído pelo MDT da barra em 2019, onde os valores negativos indicam áreas de erosão e os valores positivos indicam áreas de deposição. Para calcular o volume depositado e erodido foi aplicada a ferramenta *cut fill* do ArcGIS 10.4, gerando valores em metros cúbicos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O volume precipitado acumulado, bem como os níveis máximo, média e mínimo da cota do rio Jacareí referentes ao evento de precipitação de fevereiro de 2020 são apresentados na Figura 2. Os valores de cota do rio foram registrados até o dia 05/02/2020, uma vez que nesta data os equipamentos de monitoramento foram danificados. O total acumulado entre 02-08 de fevereiro de 2020 somou 133,75 mm na estação planície e 279,5 mm na estação serra. Considera-se que este evento pluviométrico foi extremo pois ultrapassou 50 mm em 24h, valor limite apresentado na literatura (VANHONI; MENDONÇA, 2008).

**Figura 2.** Volume precipitado na estação da serra (coordenadas aproximadas: 25°35'30.60"S e 48°42'8.59"O. Altitude 236 metros) e estação da planície (coordenadas aproximadas: 25°32'59.04"S e 48°41'33.90"O. Altitude: 13 metros) e nível do rio Jacareí na estação de planície entre 04/02/2020 e 06/02/2020.



Fonte: Os autores (2022).

Entre 26/01/2020 e 01/02/2020 a cota média do rio Jacareí foi de 0,35 m. Durante o período de chuva, o rio Jacareí atingiu os máximos de 1,23 m, 0,88 m, 4,15 m e 3,62 m, respectivamente entre os dias 02-05/02/2020. O pico de cota do rio Jacareí (4,15 m no dia 04/02/2020) está relacionado ao evento pluviométrico do dia, quando foi registrado o acumulado de 75,25 mm na estação de planície e 126,5 mm na estação da serra, até às 23:20, horário da cota de 4,15 m.

Observa-se uma relação entre o volume precipitado registrado na estação da serra e a cota do rio Jacareí. No dia 05/02/2020, as réguas de medição de nível na estação Planície foram levadas pelo rio, não sendo executados novos registros a partir deste dia. Muito provavelmente o rio apresentou outros picos de cota a partir do dia 05/02/2020, visto a continuidade de eventos pluviométricos com acumulado acima de 50 mm registrados na estação Serra.

Recomenda-se a realização de estudos que abordem a relação cota-vazão na bacia do rio Jacareí, visando identificar a partir de qual valor de precipitação na serra e em qual temporalidade, tem-se as ocorrências dos eventos de inundação. Por meio de campanha de campo foi identificado que esse evento de precipitação desencadeou diversas alterações nas margens do rio Jacareí, tais como erosão e deposição nas barras arenosas (Figura 3 - A), mudança granulométrica do material depositado (Figura 3 - A), migração do canal (Figura 3 - B) e danos a vegetação (Figura 3 - C).

Na Figura 4 pode-se observar mudanças na ortoimagem gerada com dados coletados pela RPA. Foi constatada uma área de erosão de 594,19 m<sup>2</sup> e uma área de deposição de 676,07 m<sup>2</sup>. A área de erosão se concentrou na porção lateral da barra, formando uma espécie de canal de inundação, enquanto a área deposição se concentrou na porção central da barra.

O volume erodido foi de 414,71 m<sup>3</sup>, enquanto o volume depositado foi de 350,54 m<sup>3</sup> (Figura 5). A parte erodida, concentrada na porção lateral da barra, o qual apresenta uma incisão de cerca de 1,5 m, de acordo com análise dos perfis topográficos gerados (Figura 5). No sentido oposto, a parte central de deposição cresceu aproximadamente 1 m.

Certamente o material erodido foi depositado em outras porções do canal do rio Jacareí ou carreado para a baía de Paranaguá. Diversos estudos já abordaram a dinâmica de assoreamento do estuário de Paranaguá relacionada à produção de sedimentos nas bacias hidrográficas (PAULA; SANTOS; UBER, 2011; PAULA, 2016; PAZ et al., 2016). Eventos extremos pluviométricos como esse ampliam a carga sedimentar de fundo e em suspensão dos rios, aumentando as taxas de assoreamento do referido estuário.

Destaca-se que a bacia do rio Jacareí possui um agravante. Em 11/03/2011, a área foi atingida por uma sequência de deslizamentos e corridas de lama e de detritos, que ocasionaram uma inundação com alta carga sedimentar na planície (SILVEIRA et al., 2013; PINTO; PASSOS; CANEPARO, 2014; FOLADOR; SILVEIRA; FIORI, 2018; PAZ; PAULA, 2022). Após o evento, a planície se ficou totalmente assoreada, sendo que tanto a principal via de acesso como o rio Jacareí foram reabertos com auxílio de maquinário. Em campanhas de campo foram identificadas formas nas laterais do canal do rio Jacareí semelhantes a diques marginais, o qual acredita-se se tratar do material do evento de 2011, deixando pelas obras de desassoreamento e depositado na planície.

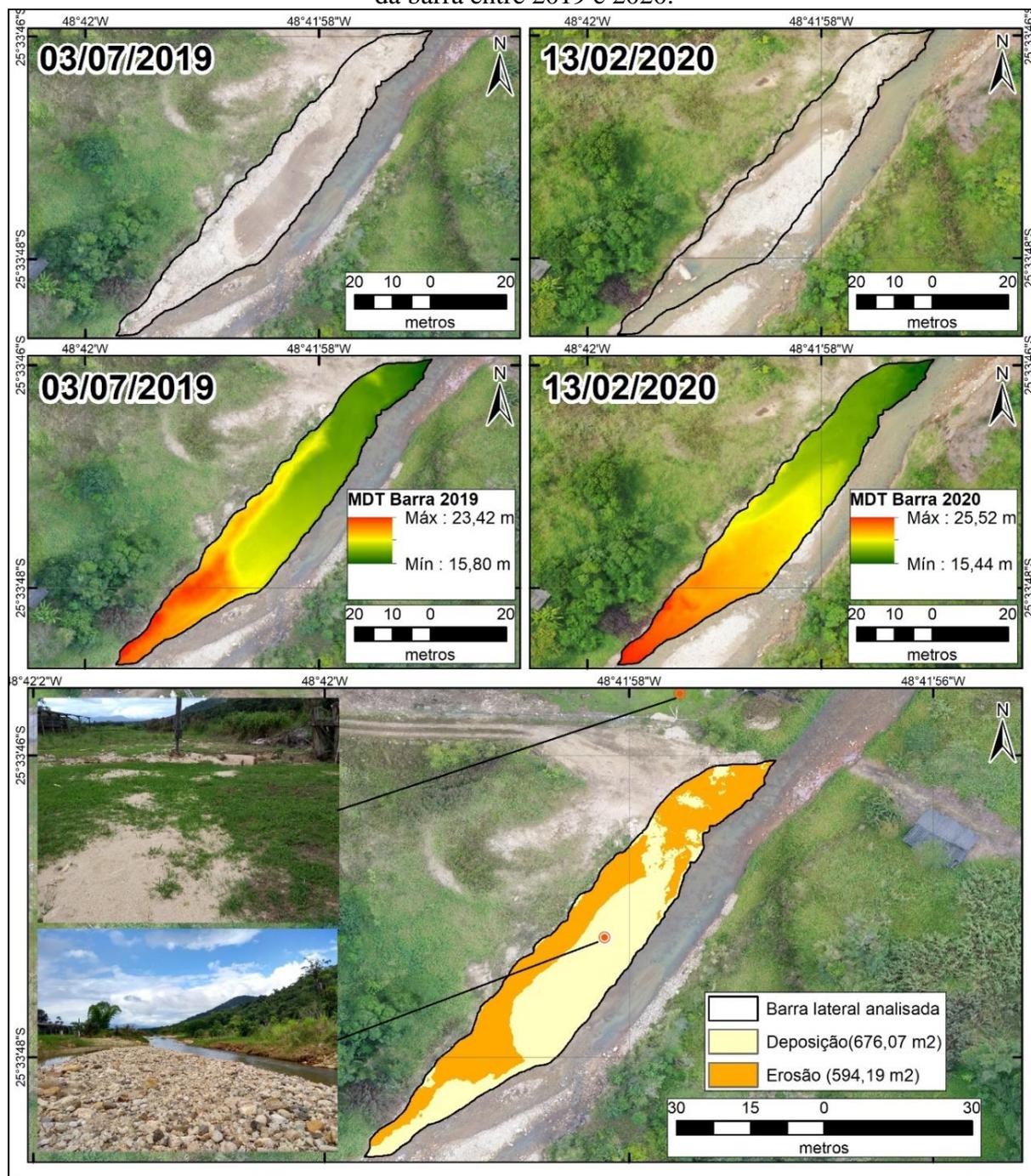
Este material depositado pelo evento de 2011 pode ser interpretado como um estoque de sedimentos aptos a serem retrabalhados por eventos como o que ocorreu em fevereiro de 2020. O estudo desenvolvido por Paz e Paula (2022) estimou esse estoque em 1.7 milhão de toneladas de sedimentos. Com vistas a mitigação do processo de assoreamento do estuário de Paranaguá, recomenda-se que áreas marginais ao canal fluvial sejam prioritárias em ações de recuperação ambiental, em função de sua alta suscetibilidade aos processos fluviais, principalmente em eventos extremos.

**Figura 3.** Fotos de campo comparando o antes de depois do extremo pluviométrico de fevereiro de 2020. A: barra arenosa lateral antes e depois do evento. B: migração do canal do rio Jacareí. C: vista do rio Jacareí a partir da ponte da rodovia BR 277. Cota em 0,63 cm às 10:00 em 05/02/2020. Cota em 1,5 m às 14h00min do dia 06/02/2020.



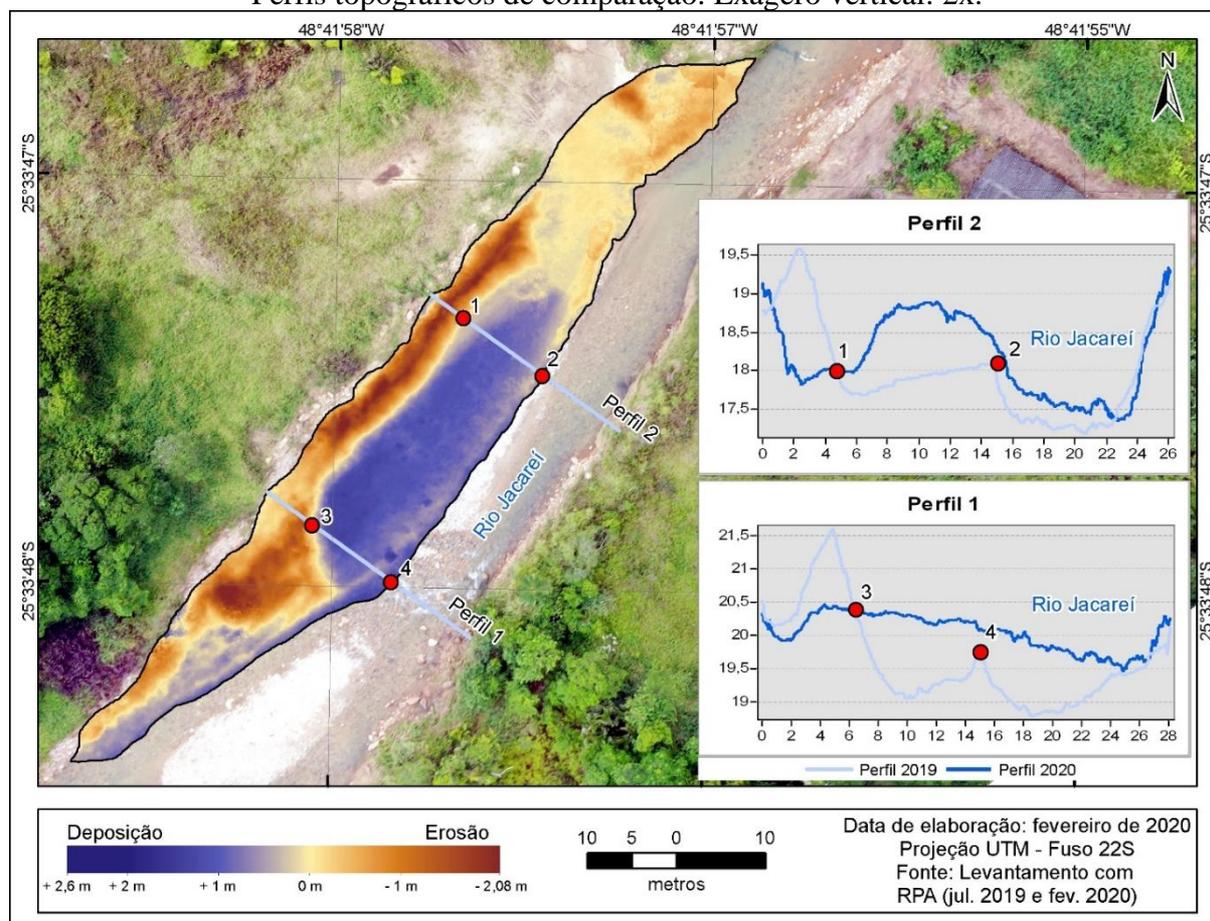
Fonte: A e B: Os autores (2022). C: registro pelo Sr. Thiago Merks.

**Figura 4.** Área de erosão e deposição identificada pelo comparativo do ortomosaico e MDT da barra entre 2019 e 2020.



Fonte: Os autores (2022).

**Figura 5.** Identificação de áreas de erosão e deposição na barra arenosa lateral analisada. Perfis topográficos de comparação. Exagero vertical: 2x.



Fonte: Os autores (2022).

Pelo mapeamento das áreas de erosão e deposição (Figura 5) e considerando a migração do canal (Figura 3 - B), pode-se inferir que o rio Jacareí, outrora retificado por obras de desassoreamento, tem com esses eventos a força para retornar a sua forma sinuosa. Além das alterações na forma do canal é identificado processo de acresção lateral, em função da migração da margem (Figura 3 - B), e o processo de acresção vertical, evidenciado pelas áreas de deposição identificadas na barra analisada e em outros pontos visitados na campanha de campo.

Recomenda-se a realização de análises de áreas de erosão e deposição desse evento pluviométrico extremo considerando todo o canal do rio Jacareí, visando maior detalhamento das dinâmicas das feições fluviais e do volume de material movimentado. Além disso, estudos que abordem mudanças em planta e perfil do rio podem fornecer mais detalhes do papel desses eventos na dinâmica fluvial nesse recorte de paisagem. Por fim, destaca-se o potencial das RPA na análise temporal por MDT em feições fluviais, ampliando a resolução espacial e temporal de análise, fornecendo maior detalhamento do processo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se o potencial da aplicação de RPA em estudos de análise temporal de feições fluviais a partir de MDT gerado. Além de espacializar áreas de erosão e deposição foi possível mensurar o volume mobilizado por esses processos. Além das recomendações já apontadas, sugere-se o teste da aplicação de RPA em outras análises dentro da geomorfologia fluvial:

dinâmica de blocos em canais fluviais, mudanças nas margens do canal, monitoramento da mata ciliar, entre outros.

O evento pluviométrico de 02-08/02/2020 resultou em diversas alterações nas feições fluviais nas margens do rio Jacareí. Na barra analisada foram mobilizados 765,25 m<sup>3</sup> de sedimentos, sendo 54% desse volume relacionado à erosão e 46% a deposição. Destaca-se que o rio Jacareí, em função dos eventos de movimentos de massa de 2011, provavelmente apresenta expressiva quantidade de material disponível para ser retrabalhado por futuros eventos de inundação fluvial como este que ocorreu em fevereiro de 2020. Essa dinâmica intensifica o processo de assoreamento no Complexo Estuarino de Paranaguá situando a jusante, tema de interesse a gestão portuária.

## AGRADECIMENTOS

À equipe da William Morris Davis - Revista de Geomorfologia pela condução do processo editorial. À Universidade Federal do Paraná (UFPR). À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 – pela concessão da bolsa de doutorado dentro do Programa de Excelência Acadêmica (PROEX). Ao Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais (LAGEAMB/UFPR) e ao Laboratório de Biogeografia e Solos (LABS/UFPR).

## REFERÊNCIAS

- ARNAUD, F.; SCHMITT, L.; JOHNSTONE, K.; ROLLET, A. J.; PIÉGAY, H. Engineering impacts on the Upper Rhine channel and floodplain over two centuries. **Geomorphology**, v. 330, p. 13–27, 2019. DOI: 10.1016/j.geomorph.2019.01.004
- ASSIS, A. Q. S. Análise da dinâmica fluvial do rio Cachoeira (Antonina/PR), entre os anos de 1954 e 2005. **Geografia (Londrina)**, v. 21, n. 2, p. 85–111, 2011. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/10454/13485>>. Acesso em: 12 ago. 2020.
- BLACK, M.; CARBONNEAU, P.; CHURCH, M.; WARBURTON, J. Mapping sub-pixel fluvial grain sizes with hyperspatial imagery. **Sedimentology**, v. 61, n. 3, p. 691–711, 2014. DOI: 10.1111/sed.12072
- BRIERLEY, G.; FRYIRS, K.; SANTOS MARÇAL, M.; LIMA, R. THE USE OF THE RIVER STYLES FRAMEWORK AS A TOOL TO ‘WORK WITH NATURE’ IN MANAGING RIVERS IN BRAZIL: EXAMPLES FROM THE MACAÉ CATCHMENT. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 4, p. 751–771, 2019. DOI: 10.20502/rbg.v20i4.1559
- FOLADOR, R. M.; SILVEIRA, C. T.; FIORI, A. P. Cálculo da Probabilidade e Quantificação do Volume de Material Suscetível a Escorregamentos-Bacia do Rio Jacareí, Morretes-PR. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 74, n. 1, 2018. DOI: 10.5380/geo.v74i1.50642
- GHINASSI, M.; IELPI, A.; ALDINUCCI, M.; FUSTIC, M. Downstream-migrating fluvial point bars in the rock record. **Sedimentary Geology**, v. 334, p. 66–96, 2016. DOI: 10.1016/j.sedgeo.2016.01.005
- GOMEZ, C.; OGUCHI, T.; EVANS, I. S. Quantitative geomorphology with geographical information systems (GIS) for evolving societies and science. **Geomorphology**, v. 260, p. 1–

3, 2016. DOI: 10.1016/j.geomorph.2016.01.019

GRABOWSKI, R. C.; GURNELL, A. M. Using historical data in fluvial geomorphology. In: KONDOLF, G. M.; PIÉGAY, H. (Eds.). **Tools in Fluvial Geomorphology**. 2. ed. West Sussex: John Wiley & Sons, 2016. p. 56–75.

HUNG, M. N. W. B.; SAMPAIO, T. V. M.; SCHULTZ, G. B.; SIEFERT, C. A. C.; LANGE, D. R.; MARANGON, F. H. S.; SANTOS, I. DOS. LEVANTAMENTO COM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO PARA GERAÇÃO DE MODELO DIGITAL DO TERRENO EM BACIA EXPERIMENTAL COM VEGETAÇÃO FLORESTAL ESPARSA. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 43, n. 1, p. 215, 2018. DOI: 10.5380/raega.v43i0.56621

INKPEN, R. New technologies and the political economy of geomorphology. **The Canadian Geographer/Le Géographe canadien**, v. 62, n. 2, p. 200–211, 2018. DOI: 10.1111/cag.12455

KLEINA, M.; PAULA, E. V.; SANTOS, L. J. C. Análise comparativa dos Estilos Fluviais do rio Sagrado (Morretes/PR) para os anos de 2006 e 2011. **Revista Geografar**, v. 9, n. 1, p. 27–44, 2014. DOI: 10.5380/geografar.v9i1.35229

MELLO, Y. R.; SOUSA, M. S.; GOMES, I. A.; OLIVEIRA, F. A. ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO TRECHO DE PLANÍCIE DO RIO TRÊS BARRAS (SC) A PARTIR DO MAPEAMENTO DE FEIÇÕES FLUVIAIS. **Caminhos de Geografia**, v. 19, n. 66, p. 19–34, 2018. DOI: 10.14393/RCG196602

MONTANHER, O. C. LEVANTAMENTO DE DADOS E ANÁLISE DE MUDANÇAS EM SISTEMAS FLUVIAIS POR MEIO DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO: PROPOSTA METODOLÓGICA E ESTUDO DE CASO. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 70, p. 136–157, 2019. DOI: 10.14393/RCG207042420

PAULA, E. V. Análise da Produção de Sedimentos na Área de Drenagem da Baía de Antonina, Paraná: Contribuições ao planejamento do território - VOLUME 1 Sociedade, Ambiente e Gestão. In: REIS, R. A. et al. (Eds.). **Litoral do Paraná: Território e Perspectivas**. 1. ed. Curitiba: Brazil Publishing, 2016. p. 11–35.

PAULA, E. V.; SANTOS, L. J. C.; UBER, J. A. Análise da suscetibilidade geopedológica à produção de sedimentos na área de drenagem da Baía de Antonina/PR. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 27, n. 2. Esp, p. 134–147, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/viewFile/228864/23275>>. Acesso em: 12 ago. 2020.

PAZ, O. L. S.; HUNG, M.; WROBLEWSKI, C. A.; PAULA, E. V. **Estimativa da produção de sedimentos nas áreas de preservação permanentes (APPs) da bacia hidrográfica do rio Tagaçaba (Guaraqueçaba/PR) em três cenários distintos**. XI Simpósio Nacional de Geomorfologia. **Anais...2016**. Disponível em: <<http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/8/8-467-1617.html>>. Acesso em: 12 ago. 2020.

PAZ, O. L. S.; SAMPAIO, T. V. M. Geração de modelo digital do terreno e extração de parâmetros geomorfométricos a partir de dados coletados por aeronaves remotamente pilotadas. **Revista Cerrados**, v. 17, n. 02, p. 247–264, 2019. DOI: 10.22238/rc2448269220191702247264

PAZ, O. L. S.; PAULA, E. V. Sedimentologia e reconstituição volumétrica de depósitos de corridas de lama em planície aluvial: estudo na bacia do rio Jacareí, Paraná. **Sociedade & Natureza**, v. 34, n. 1, 2022. DOI: 10.14393/SN-v34-2022-64381. DOI: 10.14393/SN-v34-2022-64381

PINTO, R. C.; PASSOS, E.; CANEPARO, S. C. Movimentos de Massa como Processos Naturais de Evolução das Encostas, Estudo de Caso: Bacia do Rio Jacareí, Municípios de Morretes e Paranaguá-PR. **Geoinfó: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**, v. 6, n. 1, p. 23–45, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Geoinga/article/download/49239/751375140389>>. Acesso em: 12 ago. 2020.

QUEIROZ, P.; PINHEIRO, L.; CAVALCANTE, A.; TRINDADE, J. Formação e evolução morfológica de barras e ilhas em rios semiáridos: o contexto do baixo curso do Rio Jaguaribe, Ceará, Brasil. **GOT, Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 13, p. 363–388, 2018a. DOI: 10.17127/got/2018.13.016

QUEIROZ, P. H. B.; SOUZA PINHEIRO, L.; CAVALCANTE, A. A.; DO ROSÁRIO TRINDADE, J. M. Caracterização multitemporal de barras e ilhas fluviais no baixo curso Do Rio Jaguaribe, Ceara-Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 1, p. 169–188, 2018b. DOI: 10.20502/rbg.v19i1.1282

SANTOS, V. C.; STEVAUX, J. C.; ASSINE, M. L. Fluvial processes in attachment bars in the upper Paraná River, Brazil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 3, p. 483–499, 2017. DOI: 10.20502/rbg.v18i3.1135

SILVEIRA, C. T. DA; FIORI, A. P.; FERREIRA, A. M.; GÓIS, J. R. DE; MIO, G. DE; SILVEIRA, R. M. P.; MASSULINI, N. E. B.; LEONARDI, T. M. H. Emprego de atributos topográficos no mapeamento da susceptibilidade a processos geoambientais na bacia do rio Jacareí, Paraná. **Sociedade & Natureza**, 2013. DOI: 10.1590/S1982-45132013000300014

SILVEIRA, R. M. P.; OLIVEIRA, F. A. DE; NEUMAN, G. ANÁLISE MORFOLÓGICA DO BAIXO CURSO DO RIO CUBATÃO, EM JOINVILLE (SC), NO PERÍODO ENTRE 1938 E 2015: IMPACTO DE BARRAGEM NA MORFODINÂMICA FLUVIAL. **Caminhos da Geografia (UFU. Online)**, v. 21, p. 1–15, 2020. DOI: 10.14393/RCG217642607

SOPCHAKI, C. H.; PAZ, O. L. S.; SALLES GRAÇA, N. L. S.; SAMPAIO, T. V. M. Verificação da qualidade de ortomosaicos produzidos a partir de imagens obtidas com aeronave remotamente pilotada sem o uso de pontos de apoio. **Raega**, v. 43, n. 1, p. 200–214, 2018. DOI: 10.5380/raega.v43i0.56564

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

SZABÓ, Z.; TÓTH, C. A.; TOMOR, T.; SZABÓ, S. Airborne LiDAR point cloud in mapping of fluvial forms: a case study of a Hungarian floodplain. **GIScience & Remote Sensing**, v. 54, n. 6, p. 862–880, 2017. DOI: 10.1080/15481603.2017.1339987

THOMS, M.; SCOWN, M.; FLOTEMERSCH, J. Characterization of river networks: A GIS approach and its applications. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 54, n. 4, p. 899–913, 2018. DOI: 10.1111/1752-1688.12649

VANHONI, F.; MENDONÇA, F. O clima do litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3, p. 49–63, 2008. DOI: 10.5380/abclima.v3i0.25423

VILES, H. Technology and geomorphology: Are improvements in data collection techniques transforming geomorphic science? **Geomorphology**, v. 270, p. 121–133, 2016. DOI: 10.1016/j.geomorph.2016.07.011

WANG, C.; PAVLOWSKY, R. T.; HUANG, Q.; CHANG, C. Channel bar feature extraction for a mining-contaminated river using high-spatial multispectral remote-sensing imagery. **GIScience & Remote Sensing**, v. 53, n. 3, p. 283–302, 2016. DOI: 10.1080/15481603.2016.1148229