

MEGA REARRANJO DE DRENAGEM NA AMÉRICA DO SUL ENTRE AS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SÃO FRANCISCO E PARANÁ

Rezende, (UFMG) ; Paixão, R.W. (UERJ) ; Salgado, A.A.R. (UFG) ; Castro, P.T.A. (UFOP)

RESUMO

Este trabalho investigou a ocorrência de um mega rearranjo de drenagem entre as bacias hidrográficas dos rios Paraná e São Francisco. O método de pesquisa baseou-se na identificação de anomalias de drenagem, em trabalho de campo e na reconstrução paleotopográfica pela ferramenta Black Top Hat (BTH). Existe um baixo divisor anômalo localizado a 25 km ao norte de um cotovelo que muda a direção do rio Grande de norte para oeste (em direção à Bacia Sedimentar do Paraná). Os resultados dos mapas BTH demonstram que próximo ao cotovelo de drenagem o relevo era cerca de 400 m mais alto do que é agora, configurando um antigo divisor de drenagem. Além disso, na porção norte do cotovelo, a reconstrução topográfica manteve a morfologia do vale. Logo, as evidências indicam que houve um rearranjo de drenagem entre as duas bacias hidrográficas, onde as cabeceiras de um paleo rio Grande (Paraná) capturaram a paleo alto bacia do rio São Francisco.

PALAVRAS CHAVES

Captura Fluvial; Rio Grande; Paleotopografia; Cotovelo de drenagem; Brasil

ABSTRACT

This work investigated the occurrence of a mega drainage rearrangement between the Paraná and São Francisco rivers basins. The research method was based on the identification of drainage anomalies, on field work and on reconstruct paleotopography by Black Top Hat (BTH) tool. An anomalous low divide is located 25 km north of an elbow that changes the direction of the Grande River from north (towards the São Francisco basin) to west (towards the Paraná Sedimentary Basin). The results of the BTH maps demonstrate that near the drainage elbow the relief was about 400 m higher than it is now, configuring an old drainage divider. Furthermore, in the northern portion of the elbow, the topographical reconstruction maintained the valley morphology. So, the evidence indicates that there was a drainage rearrangement between the two drainage basins, where the headwaters of a paleo Grande (Paraná) River captured the paleo upper São Francisco River basin.

INTRODUÇÃO

Processos de rearranjo de drenagem alteram a intensidade e direção dos fluxos de matéria e energia e com isso modificam as taxas erosivas ao longo de bacias hidrográficas. Além disso, permitem a migração de espécimes aquáticos (água doce) entre diferentes bacias hidrográficas, causando grande impacto no meio-ambiente (Lujan, 2008; Jarret et al., 2017; Lyons et al., 2020). Logo, situam-se entre os processos geomorfológicos de maior relevância ambiental. Entretanto, geralmente os rearranjos de drenagem ocorrem graças a capturas fluviais entre canais de pequena dimensão, sendo mais comuns em áreas de cabeceiras ao longo do divisor hidrográfico. Deste modo, são raras as capturas fluviais que causam alterações na dissecação e sedimentação de extensas áreas continentais e ou que permitam a migração de volumosa fauna aquática entre grandes bacias hidrográficas vizinhas (Bishop, 1995). Na porção oriental da América do Sul, entre os Andes e o Oceano Atlântico, localizam-se algumas das maiores bacias hidrográficas do globo como, por exemplo, as dos rios Orinoco, Amazonas, Tocantins-Araguaia, São Francisco e Paraná, todas drenando mais de 500.000 km². Porém, à exceção de pesquisas na região amazônica (Hoorn et al., 1995; Hoorn et al., 2010; Hoorn et al., 2017; Latrubesse et al., 2010; Stokes et al., 2018; Salgado et al., 2021), são raros os trabalhos que investigaram processos de rearranjo de drenagem em macro-escala na América do Sul. De fato, no território brasileiro, onde se localiza a maior parte dos divisores hidrográficos das grandes bacias da América do Sul, quase todos os trabalhos sobre o tema investigaram o escarpamento de margem passiva do continente (Ab'Saber, 1957; Cherem et al., 2012; Salgado et al., 2014; Salgado et al., 2016; Sordi et al., 2018, Sordi et al., 2022; Freitas et al.,

2022). Este escarpamento separa as grandes bacias hidrográficas continentais, destaque para a do Paraná e São Francisco, das pequenas que vertem diretamente para o Oceano Atlântico. Logo, muito pouco foi estudado nos divisores hidrográficos que delimitam as grandes bacias da América do Sul entre si. Entretanto, a análise da fauna aquática das principais bacias hidrográficas a leste dos Andes – Orinoco, Amazonas, Tocantins, São Francisco, Paraná, Paraguai e Uruguai – comprova que já houve inúmeras conexões entre elas (Albert and Reis, 2011). Sendo assim, os rearranjos de drenagem ocorreram, apenas não foram ainda estudados e identificados. Embora os divisores hidrográficos entre as grandes bacias da América do Sul nunca tenham sido sistematicamente investigados, Rezende et al. (2018) aponta existirem fortes indícios de que no passado os canais fluviais da alta bacia hidrográfica do rio Grande, o principal formador do rio Paraná, fluíam em direção ao rio São Francisco. Estes indícios incluem a configuração dos divisores hidrográficos do planalto sudeste do Brasil, um cotovelo no próprio rio Grande localizado próximo a um anômalo baixo divisor e a própria distribuição espacial das províncias geotectônicas enquanto determinantes do formato e orientação de grandes bacias hidrográficas. Se este rearranjo de drenagem realmente ocorreu, aquela que foi a principal nascente e o principal curso da bacia hidrográfica do rio São Francisco, foi pirateada e passou a ser a principal nascente e o principal curso da bacia hidrográfica do rio Paraná (Figura 1). O presente trabalho aprofunda o estudo desse possível rearranjo de drenagem. Baseia-se na análise conjunta de (i) anomalias de drenagem identificadas pela análise do arranjo espacial da rede hidrográfica em conjunto com modelos digitais de elevação, (ii) de trabalhos de campo e (iii) da técnica Black Top Hat (BTH) que constitui uma ferramenta computacional para reconstrução da paleotopografia.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa se baseou nos seguintes métodos: (1) Identificação de feições anômalas como, por exemplo, cotovelos de drenagem e baixos divisores (Bishop, 1995) através da análise de modelos digitais de elevação e do arranjo espacial da rede hidrográfica; (2) conferência das principais feições indicativas de rearranjos de drenagem através de observações de campo e; (3) utilização da técnica computacional Black Top Hat (BTH) para reconstrução da paleotopografia regional. As anomalias de drenagem foram, em um primeiro momento, identificadas pela análise integrada do arranjo espacial da rede hidrográfica, de modelos digitais de elevação e de mapas geológicos. Posteriormente, em trabalho de campo, foi realizada a conferência das principais feições indicativas de rearranjos de drenagem previamente interpretadas nos trabalhos cartográficos. Tanto as análises cartográficas quanto os trabalhos de campo também procuraram identificar patamares topográficos da área, bem como traçar relações entre feições anômalas e a configuração da rede de drenagem. Para reconstituição paleotopográfica da área de estudo, foi utilizado a técnica Black Top Hat (BTH) que através de análise de vizinhança e definição de janelas móveis de observação, recria a topografia baseada na extração dos maiores valores altimétricos de cada área. Os tamanhos das janelas de observação possuem relação direta com a idade da paleotopografia, uma vez que janelas grandes possibilitam uma extrapolação maior da superfície e, com isso, a representação de uma superfície antiga. Tem sido utilizado em diferentes estudos geomorfológicos, destacando-se na estimativa de incisão fluvial recente (Rodriguez et al., 2002), no cálculo de denudação do relevo à longo-termo (Riquelme et al., 2008), na identificação de paleosuperfícies (Silveira, 2019) e até para extrair volumes de erosão em outros planetas como, por exemplo, em Marte (Luo et al., 2015). Os procedimentos para elaboração do BTH foram realizados no software ArcGIS 10.5, através da análise de vizinhança pela ferramenta Focal Statistics. Para tanto, foi utilizado modelo digital de elevação com informações altimétricas da área de estudo e resolução espacial de 30 m disponibilizado pelo Serviço Geológico Americano (USGS, 2022). O tamanho da janela móvel de observação definida foi de 5 x 5 km, que de acordo com Silveira (2019) permitiria a reconstituição de um cenário paleotopográfico com idade aproximada entre 5 e 10 Ma. Dessa forma, foi possível identificar o possível posicionamento de paleodivisores e paleovales nas imediações do atual baixo divisor.

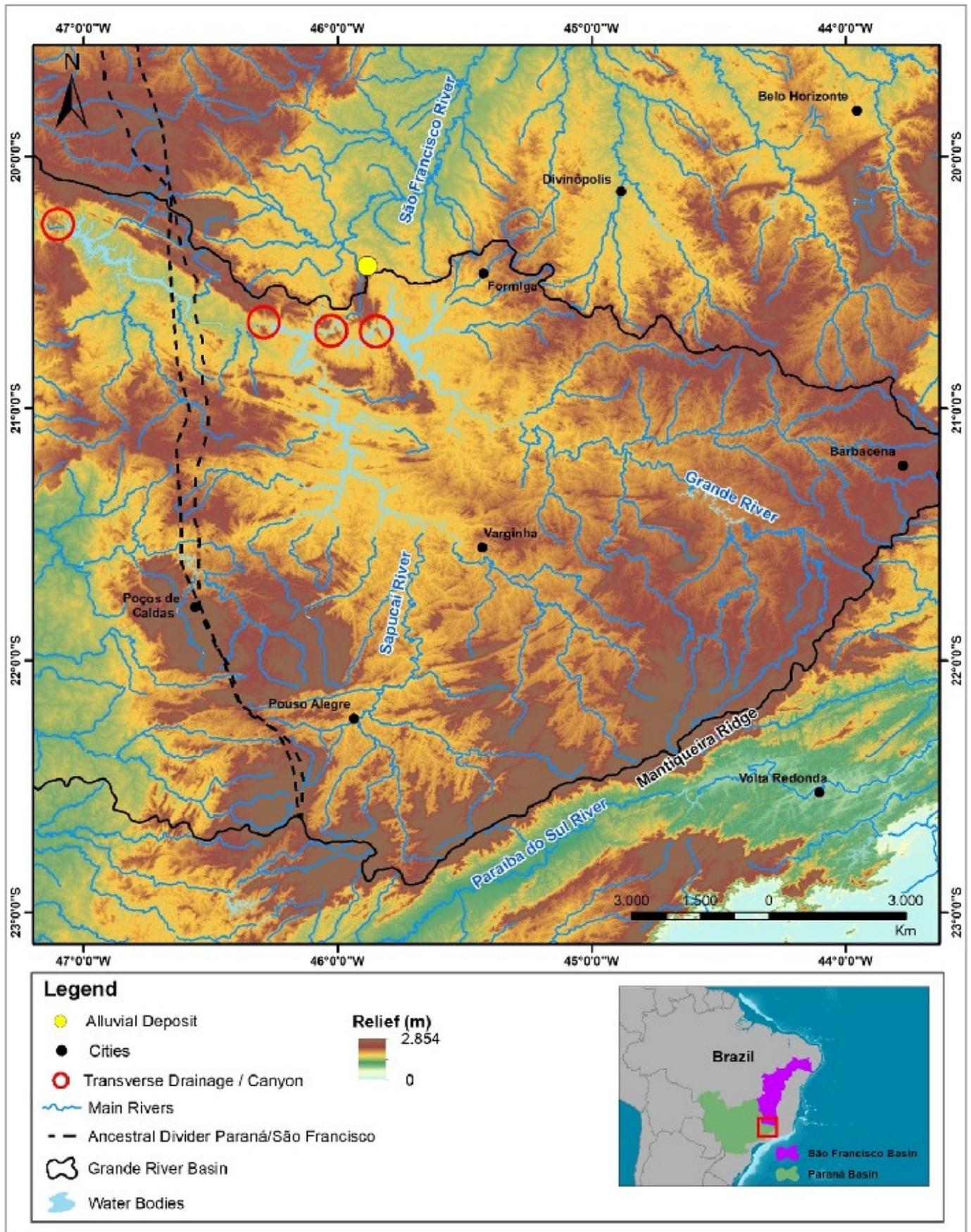
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme já ressaltado por Rezende et al. (2018), a configuração topográfica da alta Bacia Hidrográfica do Rio Grande (Paraná) se assemelha a de um grande anfiteatro voltado para NNW com os cursos fluviais drenando em direção a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (Figura 1). Os

mesmos autores chamam ainda a atenção para uma segunda anomalia: o fato de que topograficamente a Bacia Hidrográfica do Rio Grande (Paraná) drenar patamar altimétrico aproximadamente 150 metros mais elevado do que aquele drenado por seu tributário, o Rio Sapucaí. Por fim, apontam ainda mais duas anomalias. A primeira faz referência a existência de um anômalo baixo divisor hidrográfico entre as bacias dos rios Grande (Paraná) e São Francisco na região do lago de Furnas (Figura 2A). Este baixo divisor localiza-se 25 km a norte do cotovelo de 90° que muda sua direção preferencial do Rio Grande de NNW (em direção ao baixo divisor e a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco) para oeste. Após esse cotovelo o Rio Grande flui entre uma série de gargantas nas serras quartzíticas separadas uma das outras por largos vales (Figura 2B e 2C) antes de adentrar a Bacia Sedimentar do Paraná. As duas primeiras anomalias identificadas por Rezende et al. (2018), devido ao tamanho da área de estudo, só são perceptíveis através da análise do material cartográfico (Figura 1). Entretanto, as duas últimas - baixo divisor e cotovelo - são claramente reconhecíveis em trabalho de campo. De fato, o atual divisor hidrográfico é imperceptível no terreno devido à sua baixa proeminência (Figura 2A). Por outro lado, as três gargantas quartzíticas (Figura 1) são claramente visualizadas na paisagem, inclusive a mais à montante onde localiza-se o cotovelo do Rio Grande (Figura 2C). O mapa paleotopográfico da área de estudo sugere que a garganta e o baixo divisor são feições relativamente recentes no contexto da evolução geomorfológica regional durante o Cenozoico (Figura 3). Na área próxima ao cotovelo, percebe-se que as gargantas existentes nas serras quartzíticas (Figura 3A) não são identificadas, sendo substituídas por relevos mais elevados que preenchem o vale atual (Figura 3B). Ao analisar o perfil topográfico elaborado para a área de estudo, a paleotopografia apresenta um relevo, aproximadamente, 400 m mais elevado no vale do rio Grande. Isto indica alta possibilidade de que a atual garganta (Figura 2C) constituía um paleodivisor entre as bacias hidrográficas ancestrais dos rios Paraná e São Francisco (Figura 3B e 3C). Além disso, no local do atual baixo divisor (Figura 2A), a reconstituição paleotopográfica aponta para a existência de um paleovale que permitia a conexão entre as duas bacias hidrográficas. Logo, o método BTH indica que o atual alto curso do rio Grande, à montante do atual cotovelo, drenava em direção e constituía a ancestral alta bacia hidrográfica do rio São Francisco. Vale ressaltar que a diferença altimétrica entre a paleotopografia de 5 x 5 km (Figura 3B) e a topografia atual (Figura 3A) variou entre 1 m e 690 m, sendo que a maior frequência de valores altimétricos está em torno de 80 m (Figura 3C) e que a maior diferença altimétrica entre a paleotopografia e a atual localiza-se exatamente na garganta (Figura 3B e 3C). Apenas duas hipóteses explicam a gênese da garganta quartzítica atravessada pelo Rio Grande (figuras 1 e 3): (1) antecedência ou (2) superimposição. A primeira hipótese implica em uma configuração da rede de drenagem sem ocorrência de uma grande captura fluvial durante ou após o soerguimento das cristas. Neste caso, a Bacia Hidrográfica do Rio Grande já deveria ter uma orientação principal de leste para oeste há milhões de anos e, por consequência, seu “anfiteatro”, seus divisores e cursos fluviais deveriam estar completamente organizados nessa direção. Logo, não faria sentido haver nem um cotovelo, nem um baixo divisor na área de estudo. No entanto, ocorre o contrário, pois a estrutura da bacia hidrográfica é de um anfiteatro voltado para norte (Figura 1). Em paralelo, a existência do cotovelo no Rio Grande logo à leste da garganta, bem como de um baixo divisor 25 km ao norte (Figura 2A), reforçam a segunda hipótese, ou seja, a de superimposição associada a um rearranjo de drenagem por recuo de cabeceira. Sendo assim, as evidências geomorfológicas também apontam para a segunda hipótese. Por fim, a primeira hipótese também não é compatível com a reconstituição paleotopográfica da região (Figura 3). Por outro lado, a segunda hipótese, a do grande rearranjo de drenagem, não é só compatível, como é ajustável às evidências oriundas da modelagem computacional. O conjunto de resultados apresentados demonstra haver evidências morfológicas e de modelagem computacional que apontam para um amplo rearranjo de drenagem na região. Estas evidências só não permitem datar com maior exatidão a idade desta captura fluvial, embora ela tenha provavelmente ocorrido entre 5 e 10 milhões de anos segundo a estimativa de idades indicadas pelo modelo computacional BHT (Silveira, 2019). No entanto, conforme ressaltado por Rezende et al. (2018), existem outras gargantas na região e o vale do Rio Sapucaí está mais dissecado do que o do Rio Grande (Figura 1). Este fato, aliado aos amplos vales existentes entre as gargantas (Figura 2B), indicam que o Rio Sapucaí também foi capturado e, por ter seu vale mais dissecado, o foi antes do Rio Grande. Logo, tudo indica que o que houve na região é um contínuo avanço das cabeceiras da proto Bacia Hidrográfica do Rio Paraná para leste. Este avanço fez com

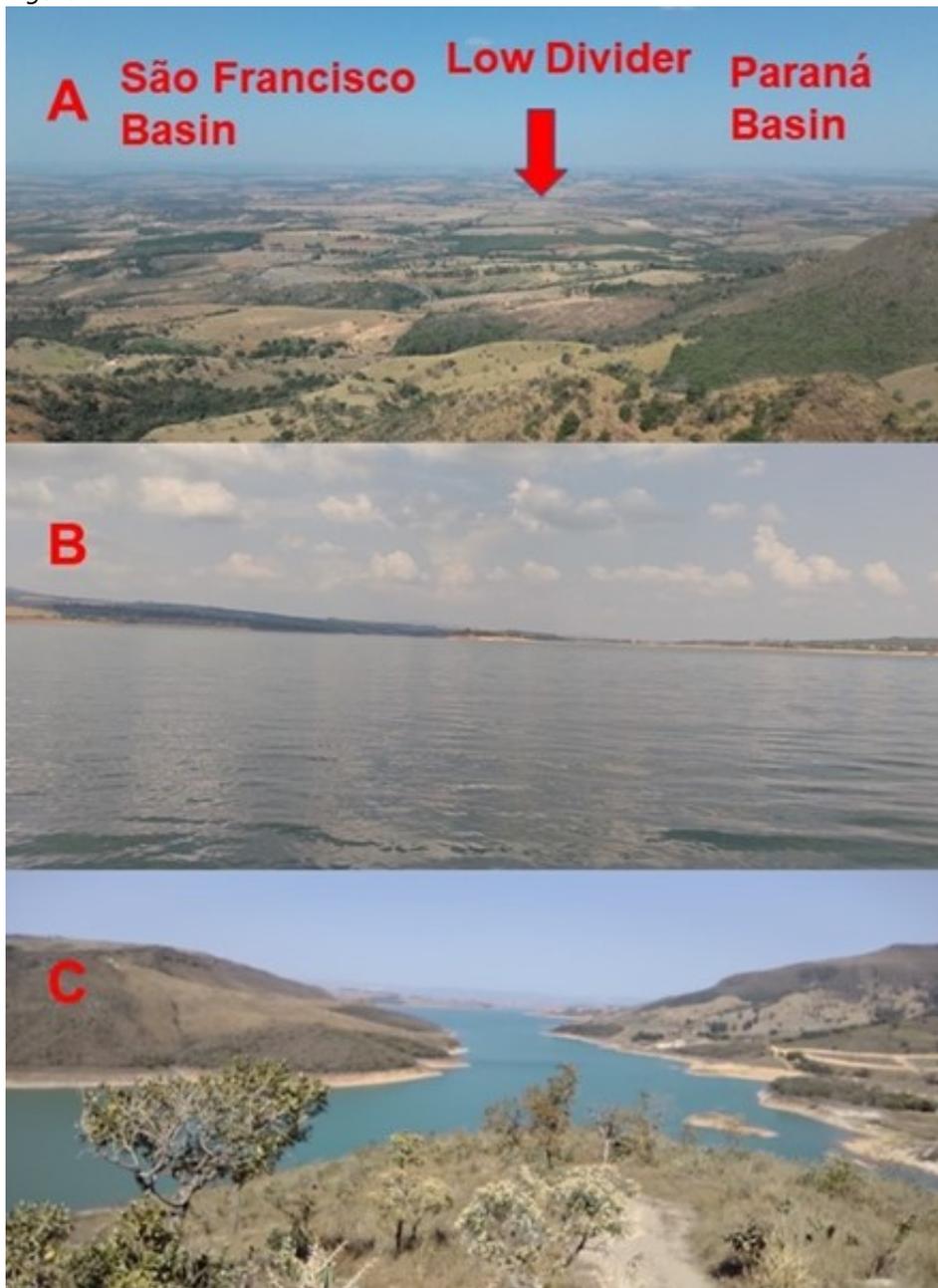
que cursos fluviais que antes drenavam em direção à Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco fossem, um a um, capturados e integrados à Bacia Hidrográfica do Rio Paraná. Sendo assim, toda a alta bacia hidrográfica do Rio Grande, no passado, compunha a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Logo, este conjunto de capturas fluviais significou a pirataria de mais de 50.000 km² e que a ancestral nascente do Rio São Francisco se tornou a nascente do Rio Paraná. Uma troca de nascentes entre dois dos maiores rios do mundo.

Figura 1



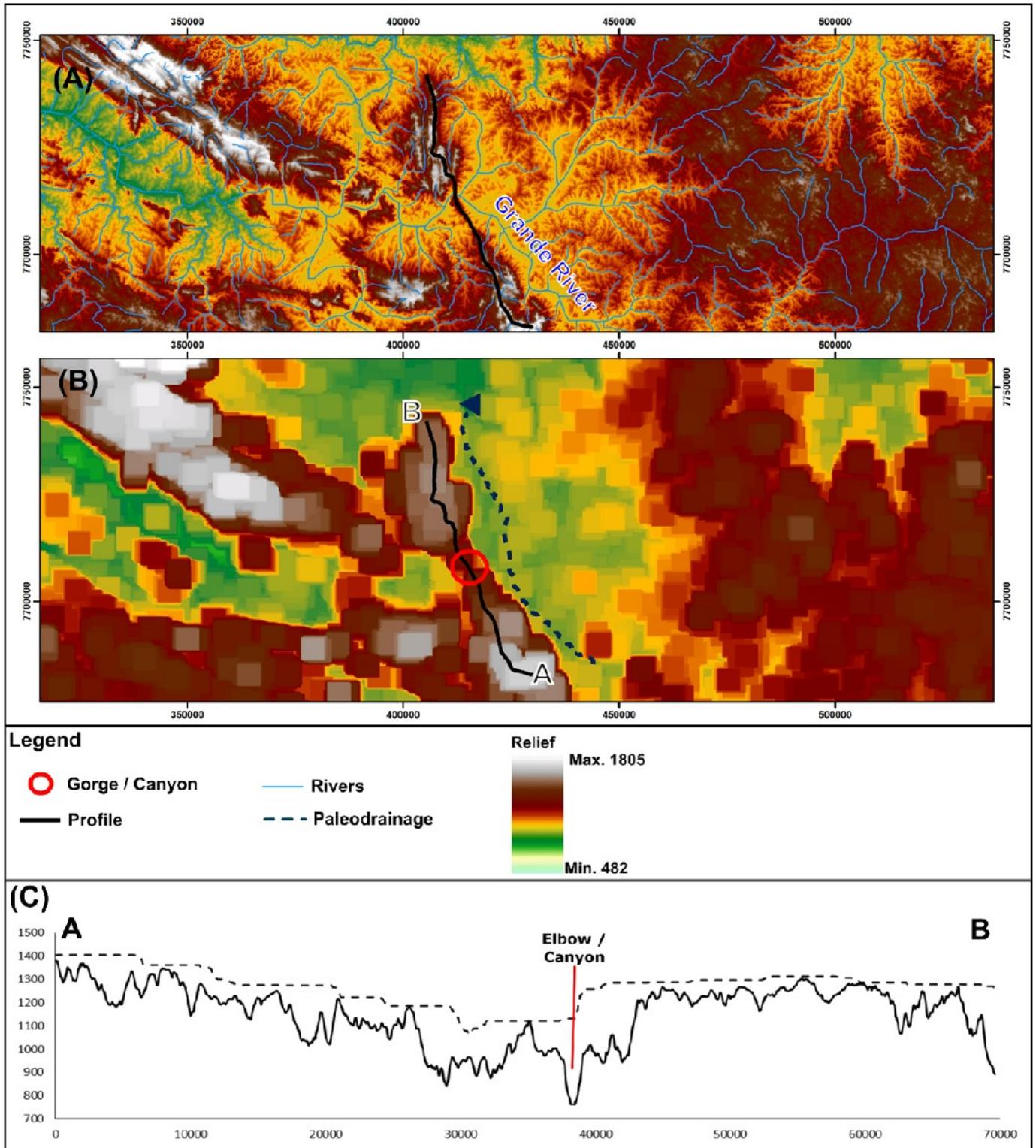
Localização e contexto topográfico da alta Bacia Hidrográfica do Rio Grande

Figura 2



Fotografias do (A) Atual Baixo divisor; (B) Amplo vale entre a primeira e segunda grande garganta do Rio Grande e; (C) Visão parcial da garganta

Figura 3



(a) Topografia atual; (b) Reconstituição paleotopográfica com janela móvel de 5 x 5km; (c) Perfil topográfico com a topografia atual e paleotopografia

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Processos de rearranjo fluvial que envolvam grandes rios são raros de ocorrer. Entretanto, os resultados apresentados neste trabalho deixam pouca margem de dúvida para o fato de que a ancestral alta bacia hidrográfica do Rio São Francisco foi capturada e se tornou a atual alta bacia do

Rio Grande - principal formador do Rio Paraná - em um processo que envolveu a pirataria de uma área com mais de 50.000 km². Isto também significa que a nascente de um dos cinquenta maiores cursos fluviais do mundo - Rio São Francisco - se tornou a nascente de outro entre os cinquenta maiores rios do mundo - Rio Paraná. Neste contexto, o desafio para o futuro é buscar possibilidades de datação desta captura e, em paralelo, estudar os limites entre outros grandes sistemas hidrográficos da América do Sul, pois grandes rearranjos de drenagem provavelmente ocorreram em todo o continente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- AB'SABER, A. N. 1957. O problema das conexões antigas e da separação da drenagem do Paraíba e Tietê. *Boletim Paulista de Geografia*, n. 26, p. 38-49.
- ALBERT J. S.; REIS R. E. 2011. *Historical Biogeography of Fresh Waters*. Berkeley: University of California Press, 388p.
- ALKMIM, F. F.; MARTINS-NETO, M. A. 2012. Proterozoic first order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, v. 33, n. 1, p.127-139.
- BISHOP, P. 1995. Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. *Progress in Physical Geography*, v. 19, n. 4, p. 449-473. DOI: 10.1177/030913339501900402
- CHEREM, L. F. S.; VARAJÃO, C. A. C.; BRAUCHER, R.; BOURLÉS, D.; SALGADO, A. A. R.; VARAJÃO, F. D. C. V. 2012. Long-term evolution of denudational escarpments in southeastern Brazil. *Geomorphology*, v. 173, p. 118-127. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.06.002
- FORTE, A.M., WHIPPLE, K.X., 2018. Criteria and tools for determining drainage divide stability. *Earth and Planetary Science Letters*, 493, 102-117. DOI: 10.1016/j.epsl.2018.04.026
- Freitas, M.M., Paixão, R.W., Salgado, A. A. R., Silva, L. G. E., Cunha, P. P., Gomes, A. A. T., Martins, A. A., Almeida, J.C.H., Tupinambá, M. A., Dantas, M., 2022. The endorheic - exorheic transition and later stage of fluvial incision in a wet tropical margin setting: the Atlantic draining Paraíba do Sul River basin (Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*.
<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103742>.
- HEILBRON, M., RIBEIRO, A., VALERIANO, C. M., PACIULLO, F. V., ALMEIDA, J. C. H., TROUW, R. J. A., SILVA, L. E. 2017a. The Ribeira Belt. In: HEILBRON M.; CORDANI U. G.; ALKMIN F. F. São Francisco Craton, Eastern Brazil. Springer International Publishing, p. 277-302. DOI: 10.1007/978-3-319-01715-0_15
- HEILBRON, M.; CORDANI, U. G.; ALKMIM, F. F. 2017b. The São Francisco Craton and Its Margins. In: HEILBRON M.; CORDANI U. G.; ALKMIN F. F. São Francisco Craton, Eastern Brazil. Springer International Publishing, p. 3-13. DOI: 10.007/978-3-319-01715-0_1
- HOORN, C.; GUERRERO, J.; SARMIENTO, G. A.; LORENTE, M. A. 1995. Andean tectonics as a cause for changing drainage patterns in Miocene northern South America. *Geology* 23: 237-240. DOI: 10.1130/0091-7613(1995)023b0237:ATAACFN2.3.CO;2
- HOORN, C.; WESSELINGH, F. P.; TER STEEGE, H.; BERMUDEZ, M. A.; MORA, A.; SEVINK, J.; SANMARTÍN, I.; SANCHEZ-MESEGUER, A.; ANDERSON, C. L.; FIGUEIREDO, J. P.; JARAMILLO, C.; RIFF, D.; NEGRI, F. R.; HOOGHIEMSTRA, H.; LUNDBERG, J.; STADLER, T.; SÄRKINEN, T.; ANTONELLI, A. Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. *Science*, v. 330, n. 6006, p. 927-931, 2010. DOI: 10.1126/science.1194585
- HOORN, C.; BOGOTÁ-A, G. R.; ROMERO-BAEZ, M.; LAMMERTSMA, E. I.; FLANTUA, S. G. A.; DANTAS, E. L.; DINO, R.; CARMO, D. A.; CHEMALE, F. The Amazon at sea: Onset and stages of the Amazon River from a marine record, with special reference to Neogene plant turnover in the drainage basin. *Global and Planetary Change*, v. 153, p. 51-65, 2017. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2017.02.005
- JARRETT, A.; STILES, W.; JANOSIK, A.; BLANTON, R.; JOHNSTON, C. 2017. Evidence of Stream Capture from the Tallapoosa River Drainage by a Chattahoochee River Tributary Based on Fish Distributions. *Southeastern Naturalist*, v. 16, n. 1, p. 117-126. DOI: 10.1656/058.016.0109
- LATRUBESSE, E. M.; COZZUOL, M.; da SILVA-CAMINHA, S. A. F.; RIGSBY, A. C.; ABSY, M. L.; JARAMILLO, C. 2010. The Late Miocene paleogeography of the Amazon Basin and the evolution of the Amazon River system. *Earth-Science Reviews* 99 (3-4), p. 99-124. DOI: 10.1016/j.earscirev.2010.02.005
- LUJAN, N. K. 2008. Description of a new Lithoxus (Siluriformes: Loricariidae) from the Guayana Highlands with a discussion of Guiana Shield biogeography. *Neotropical Ichthyology*, v. 6, n. 3. DOI:

10.1590/S1679-62252008000300014

LUO, W.; PINGEL, T.; HEO, J.; HOWARD, A.; JUNG, J. 2015. A progressive black top hat transformation algorithm for estimating valley volumes on Mars. *Computers & Geosciences*, n. 75, p. 17–23. DOI: 10.1016/j.cageo.2014.11.003

LYONS, J. N.; VAL, P.; ALBERT, J. S.; WILLENBRING, J. K.; GASPARINI, N. M. 2020. Topographic controls on divide migration, stream capture, and diversification in riverine life. *Earth Surface Dynamics*, v. 8, p. 893-912, 2020. DOI: 10.5194/esurf-8-893-2020

MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; S., R. L. 2007. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da PETROBRÁS*, v. 15, n. 2, p. 265-287.

MOTOKI, A. G.; PETRAKIS, H.; SICHEL, S. E.; CARDOSO, C. E.; MELO, R. C.; SOARES, R.; MOTOKI, K. F. 2008. Origem dos relevos do maciço sienítico do Mendanha, RJ, com base nas análises geomorfológicas e sua relação com a hipótese do vulcão de Nova Iguaçu. *Geociências*, v. 27, n. 1, p. 97-113.

REZENDE, E. A.; SALGADO, A. A. R.; CASTRO, P. T. 2018. A. Evolução da rede de drenagem e evidências de antigas conexões entre as bacias dos rios Grande e São Francisco no sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 3, p. 483-501. DOI: 10.20502/rbg.v19i3.1304

RIQUELME, R.; DARROZES, J.; MAIRE, E.; HÉRAIL, G.; SOULA, J. C. 2008. Long-term denudation rates from the Central Andes (Chile) estimated from a Digital Elevation Model using the Black Top Hat function and Inverse Distance Weighting: implications for the Neogene climate of the Atacama Desert. *Revista Geológica de Chile*, n. 35 (1), p. 105-121.

RODRIGUEZ, F.; MAIRE, E.; COURJAULT-RAD'E, P.; DARROZES, J. 2002. The Black Top Hat function applied to a DEM: a tool to estimate recent incision in a mountainous watershed. (Estibère Watershed, Central Pyrenees). *Geophysical Research Letters*, 29 (6), 9-1 - 9-4.

SALGADO, A. A. R., MARENT, B. R., CHEREM, L. F. S., BOURLES, D., SANTOS, L. J. C., BRAUCHER, R., BARRETO, H. N. 2014. Denudation and retreat of the Serra do Mar escarpment in southern Brazil derived from in situ-produced ¹⁰Be concentration in river sediment. *Earth Surface Process and Landforms*, v. 39, n. 3, p. 311-319. DOI: 10.1002/esp.3448

SALGADO, A. A. R.; REZENDE, E. A.; BOURLÈS D.; BRAUCHER R.; SILVA, J. R.; GARCIA R. A. 2016. Relief evolution of the Continental Rift of Southeast Brazil revealed by in situ produced ¹⁰Be concentrations in river-borne sediments. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 67, p. 89-99. DOI: 10.1016/j.jsames.2016.02.002

SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C.; PAISANI, J. C. 2019. *The Physical Geography of Brazil: Environment, Vegetation and Landscape*. Switzerland: Springer Nature Books, 222 p. DOI: 10.1007/978-3-030-04333-9

SALGADO, A. A. R.; MARENT, B. R.; PAIXÃO, R. W. 2021. Large rivers, slow drainage rearrangements: The ongoing fluvial piracy of a major river by its tributary in the Branco River Basin - Northern Amazon. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 112 (1), 103598 DOI: 10.1016/j.jsames.2021.103598

SILVEIRA, R. 2019. Proposta metodológica para mapeamento geomorfológico com uso da análise digital do relevo no estado do Paraná. Doctorate Thesis. Curitiba. 227 p.

SORDI, M. V.; SALGADO, A. A. R.; SIAME, L.; BOURLÈS, D.; PAISANI, J. C.; LEANNI, L.; BRAUCHER, R.; COUTO, E. V. 2018. Implications of drainage rearrangement for passive margin escarpment evolution in southern Brazil. *Geomorphology*, v. 306. p. 155-169. DOI: 10.1016/j.geomorph.2018.01.007

SORDI, M. V.; SALGADO, A. A. R.; CORDEIRO, C. M.; GOMES, A. A. T.; BARROS, L. F. P.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. 2022B. Drainage network evolution and divide retreat along a passive margin: the permanence of disequilibrium under unfavorable natural conditions in eastern South America. *Physical Geography*. DOI: 10.1080/02723646.2022.2080798.

STOKES, M. F.; GOLDBERG, S. L.; TAYLOR, P. J. 2018. Ongoing River Capture in the Amazon. *Geophysical Research Letters*, 45, (11): 5545-5552. DOI: 10.1029/2018GL078129

TROUW, R. A. J.; PETERNEL, R.; RIBEIRO, A.; HEILBRON, M.; VINAGRE, R.; DUFFLES, P.; TROUW, C. C.; FONTAINHA, M.; KUSSAMA, H. H. 2013. A new interpretation for the interference zone between the southern Brasília belt and the central Ribeira belt, SE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 48, p. 43-57. DOI: 10.1016/j.jsames.2013.07.012

U. S. Geological Survey. 2022. <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Accessed January 2022).

