

Análise espaço-temporal dos problemas decorrentes da restrição da vazão no baixo curso do Rio São Francisco

Spatial-temporal analysis of the problems resulting from flow restriction in the lower course of the São Francisco River

Wagner Valdir dos Santos

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, PR, Brasil

wagner_santos.valdir@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7914-2268>

Melchior Carlos Nascimento

Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil

melchior.nascimento@igdema.ufal.br

 <https://orcid.org/0000-0002-6547-1829>

RESUMO

O presente estudo tem como finalidade principal analisar os impactos decorrentes da restrição da vazão e seus efeitos sobre a dinâmica fluvial do baixo curso do rio São Francisco, especificamente no trecho correspondente ao município de Traipu – AL. Neste sentido, o trabalho buscou identificar a evolução e a gênese de barras fluviais emersas no período de 2013 a 2019. Para tanto, utilizou-se imagens distintas do satélite Landsat 8 e os dados da vazão disponíveis no Portal HidroWeb, do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Assim sendo, as análises por meio de imagens orbitais indicaram um aumento da área superficial das barras já existente e o surgimento de novas feições, quando comparado com as imagens relativas ao ano 2013. Considerando o comportamento da vazão defluente do reservatório, que correspondia em 2019 a 826 m³/s, no intervalo de aproximadamente seis anos, entre o período de 2013 a 2019, a área superficial das barras emersas aumentou 62,86%, ou seja, tiveram um acréscimo de 2,200 Km² passando a ocupar uma extensão de 5,700 Km². De maneira geral, os resultados mostraram que a utilização do geoprocessamento orientado à análise da paisagem foi eficaz para alcançar os objetivos propostos. A partir da análise das imagens de satélite, verificou-se que no período observado as dinâmicas de gênese e evolução das barras às margens do município de Traipú – AL possuem relação direta com a variação da vazão.

Palavras-chave: Baixo São Francisco; Análise temporal; Geoprocessamento.

ABSTRACT

The main purpose of this study is to analyze the impacts resulting from the flow restriction and its effects on the fluvial dynamics of the lower course of the São Francisco River, specifically in the section corresponding to the municipality of Traipu - AL. In this sense, the work sought to identify the evolution and genesis of emerged river bars in the period from 2013 to 2019. For that, different images from the Landsat 8 satellite and the flow data available on the HidroWeb Portal, of the National Information System on Water Resources (SNIRH). Therefore, the analyzes using orbital images indicated an increase in the surface area of the existing bars and the emergence of new features, when compared to the images related to the year 2013. Considering the behavior of the outflow of the reservoir, which corresponded in 2019 at 826 m³/s, in the interval of approximately six years, between the period from 2013 to 2019, the surface area of the emerged bars increased by 62.86%, that is, they had an increase of 2,200 km², occupying an extension of 5,700 km². In general, the results showed that the use of geoprocessing oriented to landscape analysis was effective to achieve the proposed objectives. From the analysis of satellite images, it was found that in the period observed, the dynamics of genesis and evolution of the bars on the banks of the municipality of Traipú - AL have a direct relationship with the variation of the flow.

Keywords: Lower São Francisco; Temporal analysis; Geoprocessing.

1. INTRODUÇÃO

Os impactos decorrentes da restrição de vazão, dos processos de erosão, do manejo inadequado dos recursos hídricos e do uso e ocupação do solo nas margens dos rios, entre outros fatores, tem sido preocupações marcantes da Lei Federal Nº 9.433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dos Planos de Recursos Hídricos, destacando-se como bases para implementação de projetos de ações e gestão do uso da água, este bem comum e de suma importância para humanidade.

No caso das comunidades ribeirinhas, aqui reconhecido como população usuária direta e indireta das águas, o seu relacionamento com a paisagem assume presença destacada, haja vista as suas expressões culturais e visão próprias de rio que, muitas vezes, costumam ser fortemente dependentes das condições hidroambientais existentes.

As paisagens ribeirinhas do baixo São Francisco alagoano, a sua realidade já alterada pela regularização, tem sido ainda mais afetada pelas restrições da vazão defluente dos reservatórios. Tal fato tem promovido alterações na dinâmica sociocultural e ambiental dos ribeirinhos. Por essa razão, os esforços a fim de compreender os efeitos sobre a dinâmica fluvial e os danos causados as populações ribeirinhas assumiram posição de destaque como uma das razões motivadora à realização deste estudo.

Assim sendo, o presente estudo teve como objetivo principal identificar a partir da análise de imagens de satélite os efeitos causados pela política de restrição de vazão ao canal principal do baixo curso do rio São Francisco, em um trecho experimental situado na extensão do município alagoano de Traipu. O recurso adotado para analisar as alterações no referido trecho do rio levou em consideração a interpretação visual de imagens de satélite de diferentes períodos.

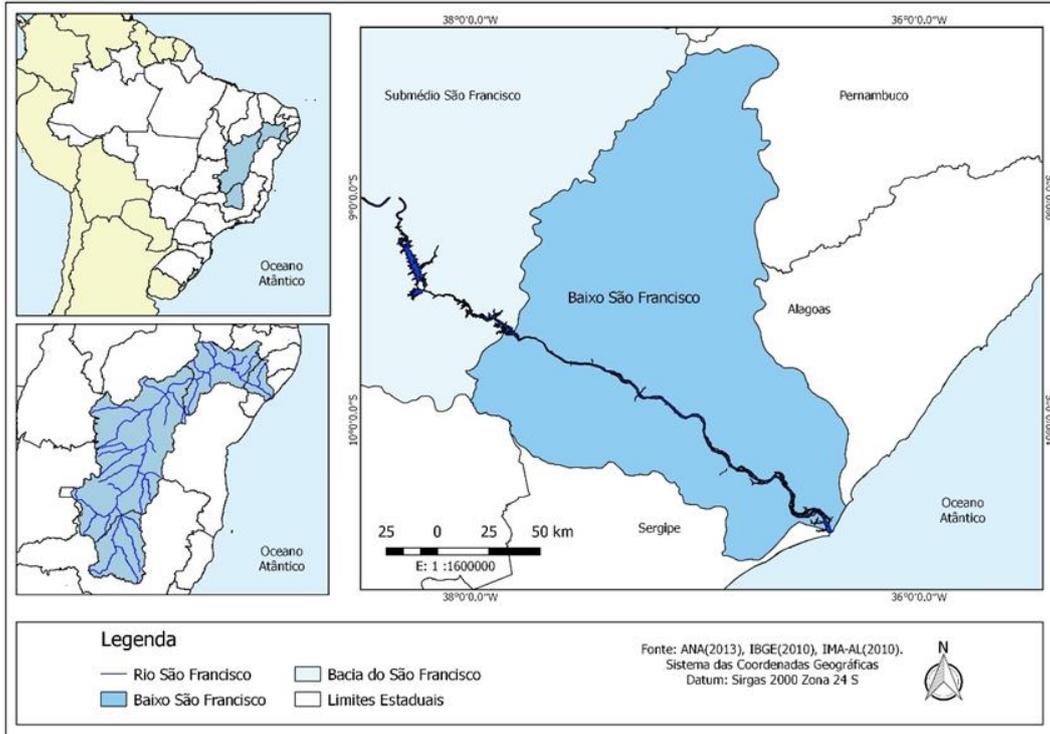
Neste sentido, o uso das geotecnologias tem permitido monitorar os cenários fluviais em diferentes épocas, possibilitando a análise das interações entre os eventos de restrições e suas consequências aos canais fluviais. A redução da vazão mínima de 1.300m³/s autorizada pela Agência Nacional de Águas (ANA) e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) tem produzido situações variadas que afetam a dinâmica fluvial do rio, por conseguinte, as comunidades ribeirinhas situadas nos municípios do baixo São Francisco (NASCIMENTO; RIBEIRO JÚNIOR; AGUIAR NETTO, 2013).

2. ÁREA DE ESTUDO

O Rio São Francisco possui uma extensão 2.863 km e uma área de drenagem de mais de 639.219 km², sua nascente encontra-se localizada no estado de Minas Gerais, na Serra da Canastra, desagua no oceano Atlântico, ente os estados de Alagoas e de Sergipe (**Figura 1**). Do ponto de vista fisiográfico, a área da bacia hidrográfica do Rio São Francisco pode ser dividida em Alto São Francisco (que corresponde a 40% da área da bacia hidrográfica), Médio São Francisco (que corresponde 39% da área da bacia hidrográfica), Submédio São Francisco (que ocupa 17% da área da bacia hidrográfica) e Baixo São Francisco (que ocupa 5% da área da bacia hidrográfica), estando cerca de 54% do seu território localizado no semiárido brasileiro (CASTRO, 2019).

No caso particular do Baixo Rio São Francisco, uma das regiões mais afetadas pelas restrições de vazão decorrentes dos períodos prolongados de estiagem, a sua área é constituída por 12 municípios no lado alagoano e ocupa uma extensão de aproximadamente 5.246,603 km² (IBGE, 2010). Em Alagoas são onze os municípios localizados às margens do curso d'água principal do rio São Francisco: Belo Monte, Igreja Nova, Pão de Açúcar, Penedo, Piaçabuçu, Piranhas, Delmiro Gouveia, Olho D'água do Casado, Porto Real do Colégio, São Brás e Traipu, sendo este último a área de interesse do presente estudo.

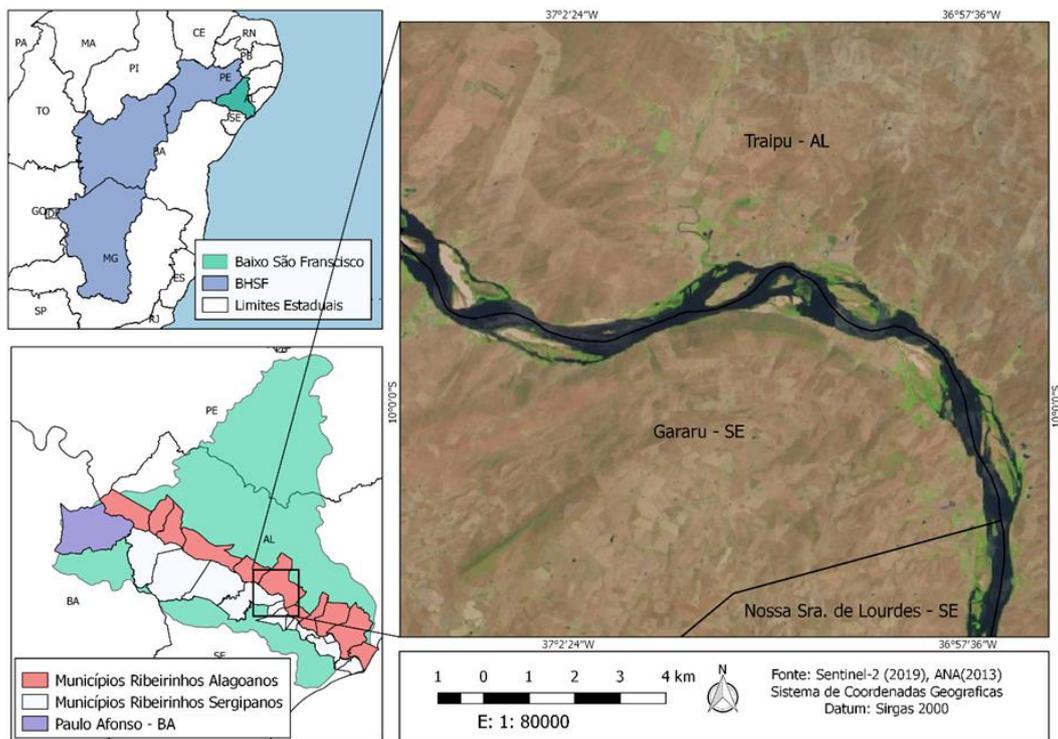
Figura 1: Localização do Baixo São Francisco



Fonte: Os Autores (2022).

Assim sendo, a área alvo da análise consiste no trecho do canal principal do Rio São Francisco, situado ao longo de toda extensão do município alagoano de Traipu. Este trecho possui uma extensão de aproximadamente 19 quilômetros e se encontra situada entre as coordenadas geográficas de latitude sul $-9^{\circ}.9810$; e longitude $-36^{\circ}.9895$ (**Figura 2**).

Figura 2: Área representativa analisada do Baixo São Francisco



Fonte: Os Autores (2022).

Com uma área total correspondente a 681,577 km², o município de Traipu-AL situa-se na porção central do baixo curso do Rio São Francisco, na região geográfica Imediata de Arapiraca. De acordo com IBGE (2010), a população total é de 25.702 habitantes, sendo as estimativas para 2021 correspondente a 27.934 pessoas. Ainda conforme o IBGE (2010), apenas 10% da cidade de Traipu possui esgotamento sanitário adequado; e 12,5% das vias públicas são urbanizadas.

Com relação aos aspectos fisiográficos, a área encontra-se inserida na província Borborema (CPRM, 2005), possui clima tropical semiárido com taxas pluviométricas média anual de aproximadamente 800mm e chegando a passar em regiões anteriores, que não favorece uma alimentação hídrica satisfatória para os canais fluviais e para o represamento dessa água no baixo curso do São Francisco, onde tem sua restrição de vazão controlada pelo reservatório da usina hidrelétrica de Xingó, localizado à jusante da área de estudo.

O município de Traipu está inserido na região fitogeográfica da Caatinga, na qual são encontradas espécies da caatinga e florestal estacional. Dentre as atividades econômicas destacam-se a agricultura de subsistência representada principalmente pelas lavouras de feijão e milho. A pecuária destinada à produção de leite e à pesca extrativista estão presentes no município, sendo esta última fortemente das condições sanitárias do rio. Tal situação de dependência advém do fato de que parte relevante da população ribeirinha é formada por famílias de/ou pescadores, que trafegam no rio São Francisco e sentem o impacto da diminuição da vazão, tanto na quantidade do pescado, como na dinâmica de áreas navegáveis que está associada ao surgimento de barras fluviais nos últimos anos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais utilizados

Os materiais necessários para o desenvolvimento deste estudo foram gerados a partir da coleta das imagens de satélite Landsat 8 (**Quadro 1**), sensor OLI resolução espacial de 30 metros, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE), além das malhas digitais do IBGE (2019). A edição dos dados espaciais foi realizada no programa Qgis, versão 2.18.0, e compreendeu o ajuste para escala de 1:50.000 dos elementos existentes no curso d'água.

Quadro 1: Especificações técnicas do sensor OLI landsat 8

Sensor	Bandas Espectrais		Resolução Espacial	Resolução Radiométrica	Resolução Temporal
OLI (Operational Land Imager)	(B1) Azul Costeiro	0.43 - 0.45 µm	30 metros	16 bits	16 dias
	(B2) Azul	0.45 - 0.51 µm			
	(B3) Verde	0.53 - 0.59 µm			
	(B4) Vermelho	0.64 - 0.67 µm			
	(B5) Infravermelho próximo	0.85 - 0.88 µm			
	(B6) Infravermelho médio	1.57 - 1.65 µm			
	(B7) Infravermelho médio	2.11 - 2.29 µm			
	(B8) Pancromática	0.50 - 0.68 µm	15 metros		
	(B9) Cirrus	1.36 - 1.38 µm	30 metros		

Fonte: NASA (2023).

A partir da interpretação visual da imagem Landsat 8, delimitou-se os elementos fluviais (barras) do canal principal trecho do Rio São Francisco correspondente ao município de Traipu. Também foram utilizados dados de vazão disponíveis no Portal HidroWeb do Sistema Nacional de

Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), a estação Fluviométrica localizada no município de Propriá-SE (cód. da estação 49705000) para auxiliar nas análises e interpretação dos resultados.

3.2. Procedimentos metodológicos

Inicialmente realizou-se levantamento bibliográfico sobre geomorfologia fluvial, impactos ambientais, assoreamento, geoprocessamento, entre outros temas, a fim de compreender os aspectos conceituais sobre o objeto de estudo com base em autores como: Fryirs; Brierley (2013); Brierley; Fryirs (2005), Stevaux; Latrubesse (2017), Florenzano (2005) se fizeram importantes.

Em seguida foram adotadas técnicas e procedimentos operacionais de sensoriamento remoto associados às técnicas de geoprocessamento, a fim de obter dados sobre o trecho do canal, especificamente os processos de assoreamento. Também foram utilizadas ferramentas do Google Earth Pro para auxiliar na detecção dos elementos da paisagem fluvial, tais como superfícies aquáticas, barras, e ilhas fluviais.

A partir das imagens do satélite Landsat 8, obtidas em diferentes épocas, observou-se as principais características da morfologia de barras e seus processos evolutivos, bem como alterações significativas no sistema fluvial. A análise temporal foi realizada a partir das imagens produzidas nos meses de 04/2013; 11/2015; 12/2017 e 07/2019. Posteriormente, após identificadas e mapeadas, foram digitalizados os polígonos das barras e realizada análise comparativa a fim de identificar a gênese e evolução das barras.

Finalmente, objetivando correlacionar as eventuais alterações ocorridas com as políticas de restrição de vazão praticadas pelo setor elétrico no baixo curso do Rio São Francisco, utilizou-se os dados da estação fluviométrica de Propriá – SE (cód. da estação 49705000). A partir dos dados de vazão do objeto de estudo foi elaborado gráfico relacionando a vazão nos períodos entre 2012 a 2019, ao diâmetro superficial das barras nas quatro imagens analisadas. Para auxiliar nas análises e interpretações dos resultados, realizou-se navegação do trecho alvo do estudo para validação em campo do mapeamento das barras.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise temporal foi possível observar nas imagens Landsat 8 as dinâmicas evolutivas dos referentes às formações e dinâmica das barras (**Figura 3**). Cabe esclarecer que o termo “barra fluvial” é usado para caracterizar feições deposicionais simples ou complexas decorrentes de múltiplos eventos de erosão e deposição (QUEIROZ, 2018). Para Charlton (2008), as barras são formas de deposição no canal fluvial que podem ser formadas por rocha, cascalho, areia ou lodo.

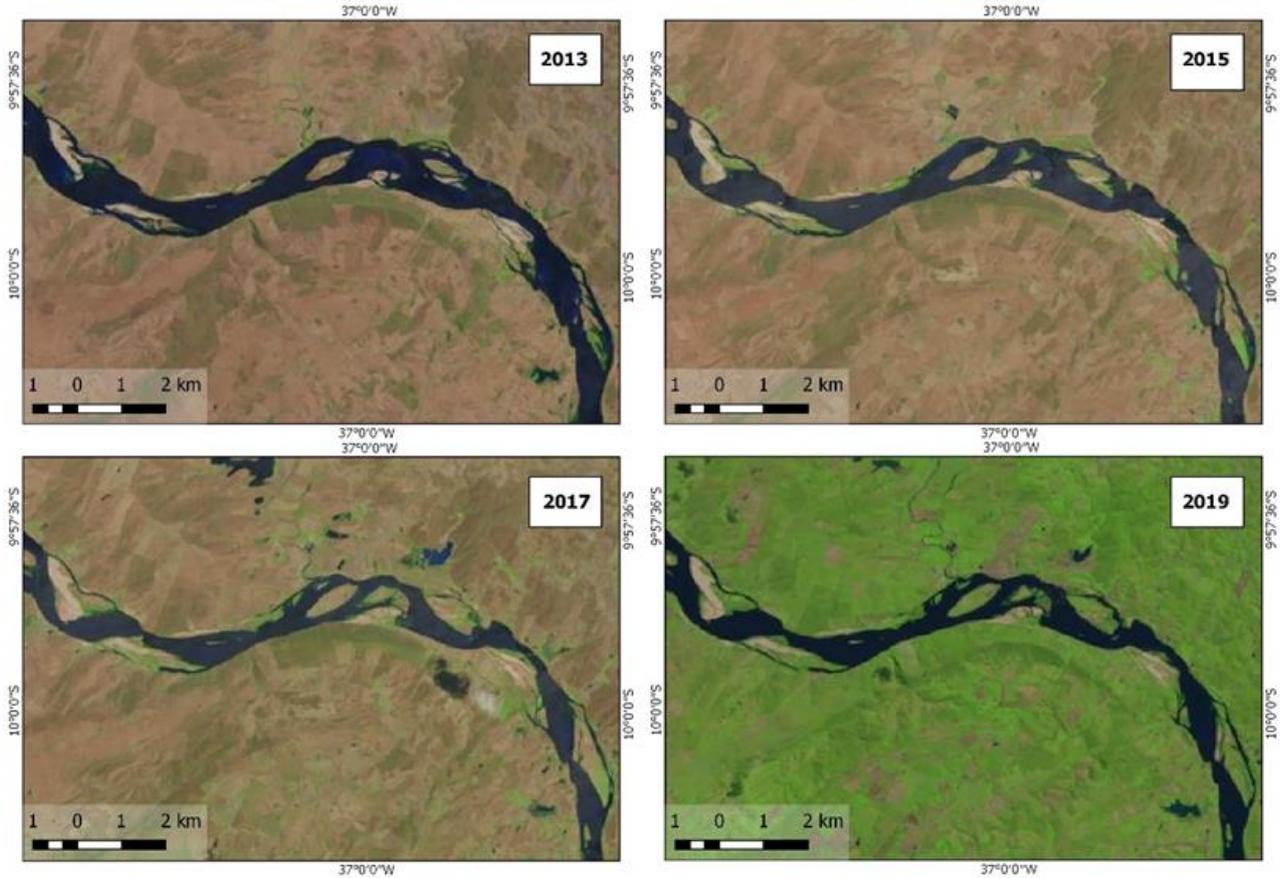
Analisando o trecho do Rio São Francisco correspondente ao município de Traipu-AL, isto é, a área alvo deste estudo, constatou-se que as barras se apresentam como agentes modeladores do canal fluvial. Ainda observando a **Figura 3** é possível verificar o processo “evolutivo-temporal”.

Observando a sequência temporal das imagens de satélite na **Figura 3** é possível constatar um aumento considerável nas barras laterais e evolução da barra central. Tal análise permitiu constatar uma discrepância da dinâmica fluvial denotada pelas barras no trecho canal.

O aumento das barras no baixo curso do rio está diretamente ligado à restrição de vazão a qual o mesmo tem sido submetido. Somado a isso, também foi possível considerar a dinâmica pluviométrica característica do clima semiárido, além do uso e ocupação do solo predominante nos afluentes, que contribuem para acentuar os processos erosivos e, por conseguinte, o aumento na deposição de sedimentos ao rio principal.

Para avaliar a relação de vazão e crescimento/surgimento das barras é possível observar na **Figura 4** a interação entre a vazão média mensal dos anos de 2012 até 2019, e a área emersa de barras extraídas das imagens correspondentes aos anos de 2013; 2015; 2017; 2019.

Figura 3: Evolução morfológica de barras (imagens Landsat 8)



Fonte: Os Autores (2022).

Figura 4: Relação entre a vazão média mensal (2012 até 2019) e a área emersa de barras de 2013; 2015; 2017; 2019



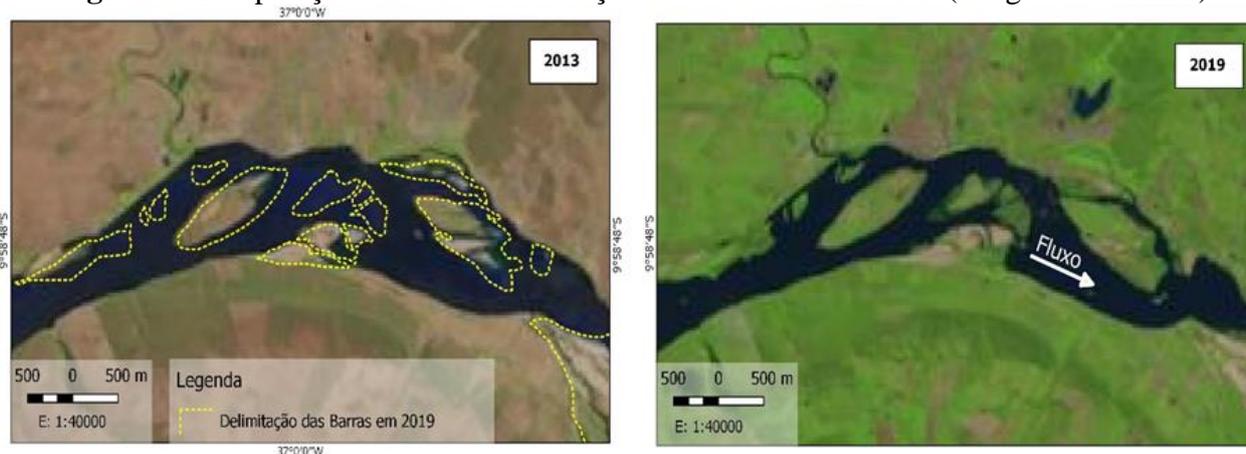
Fonte: Estação Fluviométrica (cód. 49705000). Elaboração: Os Autores (2022).

Foi constatado que nas primeiras imagens de 2013 (**Figura 5**) a presença de uma área superficial de barra correspondente a aproximadamente 3,500 km². Neste mesmo período, a média anual da vazão era de aproximadamente 1.385m³/s. Para o ano de 2015, os dados de vazão mostraram

que a média anual foi de 1,019 m³/s as barras nesta mesma data tinham aproximadamente 4,550 km². No ano de 2017 as barras mediam em sua área emersa um aproximado de 6,100km² e a vazão média desse ano foi de 685 m³/s.

Já em 2019, as barras tiveram uma pequena redução em área emersa se comparado ao ano de 2017, chegando a aproximadamente 5,720 km². Conseqüentemente, essa redução se mostrou como um reflexo do também aumento da vazão em relação ao último dado de vazão apresentado (685m³/s) aqui chegando a aproximadamente 826 m³/s.

Figura 5: Comparação das barras e evolução do ano de 2013 a 2019 (imagens Landsat 8)



Fonte: Os Autores (2022).

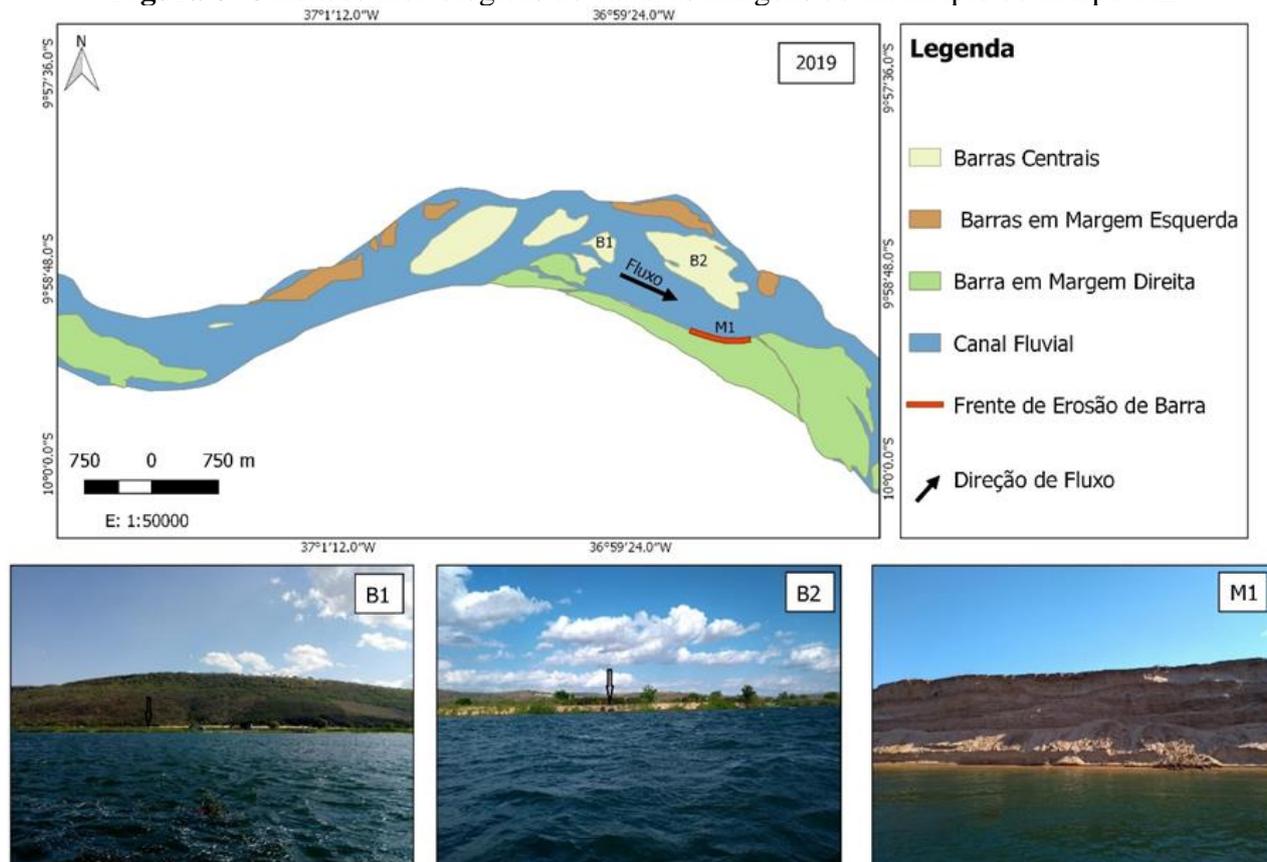
Observando a **Figura 5**, na primeira e última imagem é possível constatar ainda que entre os anos de 2013 e 2019 houve a existência de novas barras e o aumento das barras que já existiam em 2013.

Analisando o comportamento da vazão defluente do reservatório, observou-se que em 2019 a média mensal correspondia a 826 m³/s. Tal fato contribuiu para o aumento da área superficial das barras já existente e o surgimento de novas feições. Em 2013 a área superficial total das barras era equivalente a 3,500km². No intervalo de aproximadamente seis anos, entre o período de 2013 a 2019, a área superficial das barras emersas aumentou 62,86%, ou seja, um acréscimo de 2,200 km², passando a ocupar uma extensão de 5,700 km².

Finalmente foi elaborado o mapeamento das feições morfológicas do canal as margens do município de Traipu-AL. A partir das imagens satélite (Google Earth e Landsat8), foi possível identificar 5 barras na margem direita, 6 barras na margem esquerda, 6 barras centrais e uma área que se encontra em intenso processo de erosão na margem direita (**Figura 6**).

O mapeamento morfológico do canal é resultado da análise das imagens de satélite e da validação dos dados em campo. No presente mapeamento são evidenciadas as feições de margem direita, as de margem esquerda e as feições centrais. Em campo, validamos as barras que chamamos de B1 e B2, ambas apresentam a fixação de vegetação, denotando uma evolução de barras para ilhas fluviais. A barra B2 apresenta um pacote de sedimento emerso sobre o nível do rio de aproximadamente um metro de espessura, o qual passa por processos de erosão. A faixa denominada M1 é caracterizada como uma frente de erosão de uma possível barra de meandro que está sendo erodida. A feição de erosão está situada em margem direita do canal e o pacote de sedimentos possui aproximadamente 2,5 metros de espessura.

Figura 6: Unidades morfológicas do canal às margens do município de Traipu-AL



Fonte: Os Autores (2022).

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostraram que a utilização do geoprocessamento, como auxílio à análise da paisagem foi eficaz para alcançar os objetivos propostos. Deste modo, foi notório que, neste caso, as relações dinâmicas de gênese e evolução das barras às margens do município de Traipu – AL têm relação direta com a variação da vazão no mesmo período indicado nas imagens de satélite.

Por fim, esta pesquisa deixa aberta lacunas para análises futuras mais detalhadas e busca por possíveis outros fatores responsáveis pela formação de barras em canais fluviais, tais como: uso do solo e retirada da mata ciliar, além de levantar indagações a respeito das restrições de vazões e o planejamento hídrico de cidades ribeirinhas, não somente do baixo São Francisco, mas de outras regiões fisiográficas que acabam sofrendo pelos efeitos dos períodos prolongados de estiagem e operações dos reservatórios hidro eletricitários.

Cabe ressaltar que esta pesquisa é uma primeira aproximação para os estudos desse ambiente e de suas problemáticas, logo deixamos em aberto direcionamentos para futuras pesquisas, de modo que possam ser feitas análises sobre os impactos negativos dessas barras para os ribeirinhos.

REFERÊNCIAS

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K. A. **Geomorphology and River Management**: applications of the river styles framework. Oxford: Blackwell Publications, Oxford. 2005.

CASTRO, C. N. **Revitalização da bacia hidrográfica do rio São Francisco**: histórico, diagnóstico e desafios. César Nunes de Castro, Caroline Nascimento Pereira – Brasília: IPEA, 2019. 366 p.

CHARLTON, R. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology**. New York: Taylor e Francis e-Library, 2008.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Traipu, estado de Alagoas/ Organizado** [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

FRYIRS, K. A.; BRIERLEY, G. J. **Geomorphic Analysis of River Systems: an approach to reading the landscape**. Blackwell Publishing LTD, 1ª Ed., 2013.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na Geografia Aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 24-29, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Panorama municipal**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>. Acesso em: 04 out. 2021.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION – NASA. **Landsat Science**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>. Acesso em: 09 maio 2023.

NASCIMENTO, M. C.; RIBEIRO JÚNIOR, C. E.; AGUIAR NETTO, A. O. **Relatório técnico da campanha de avaliação das mudanças socioambientais decorrentes da regularização das vazões no baixo Rio São Francisco**. Maceió-AL, 2013, 175p.

QUEIROZ, P.; CAVALCANTE, A.; TRINDADE, J. (2018). Formação e evolução morfológica de barras e ilhas em rios semiáridos: o contexto do baixo curso do Rio Jaguaribe, Ceará, Brasil. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, n.º 13 (junho). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p.363-388.

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



Informações sobre a Licença

Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

License Information

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which allows for unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, as long as the original work is properly cited.