

## SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES COM USO DO MODELO DE ELEVAÇÃO RELATIVA (REM) NO RIO MARATAOAN, PIAUÍ, BRASIL

**Wallyson de Sousa Alvarenga**

Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Humanas e Letras, Teresina, PI, Brasil  
[wallyson.sa@gmail.com](mailto:wallyson.sa@gmail.com)

**Cláudia Maria Sabóia de Aquino**

Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Humanas e Letras, Teresina, PI, Brasil  
[cmsaboia@gmail.com](mailto:cmsaboia@gmail.com)

**Roneide dos Santos Sousa**

Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Humanas e Letras, Teresina, PI, Brasil  
[roneide.sousa@ufpi.edu.br](mailto:roneide.sousa@ufpi.edu.br)

### RESUMO

O estudo da dinâmica das águas é indispensável para a compreensão dos processos hídricos da bacia hidrográfica, contribuindo para o planejamento e a proteção de áreas suscetíveis à ocorrência de inundações. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo realizar o mapeamento das áreas suscetíveis à ocorrência de inundações no curso do rio Marataoan. Foram adotados como procedimentos metodológicos a revisão de trabalhos que versassem sobre geomorfologia fluvial e que permitissem a compreensão dos conceitos e processos que definem a morfologia dos canais fluviais e seus comportamentos hidrológicos; para análise da morfologia do rio Marataoan foi aplicada a técnica de sensoriamento remoto conhecida como Modelo de Elevação Relativa (REM). Realizaram-se duas visitas a campo para averiguar e ajustar o mapeamento das áreas de inundação. Verificou-se que o rio Marataoan apresenta morfologia controlada por estruturas geológicas; constatou-se, também, que a planície de inundação ao longo do rio totaliza 319 km<sup>2</sup>, o que evidencia sua expressiva dimensão e explica a recorrência dos problemas de inundações no município de Barras-PI. O Modelo de Elevação Relativa mostrou-se eficiente no levantamento das formas de relevo do canal fluvial, oferecendo suporte para a compreensão da configuração morfológica da planície fluvial ao longo de todo o canal.

**Palavras- Chaves:** Modelo de Elevação Relativa. Rio Marataoan. Inundação.

### FLOOD SUSCEPTIBILITY USING THE RELATIVE ELEVATION MODEL (REM) IN THE MARATAOAN RIVER, PIAUÍ, BRAZIL

### ABSTRACT

The study of water dynamics is essential for understanding hydrological processes within a watershed and for planning and protecting areas susceptible to flooding. Therefore, this study aims to map flood-prone areas along the Marataoan River. The methodology included a review of literature on fluvial geomorphology, which provided insight into the concepts and processes that define river channel morphology and hydrological behavior. The morphology of the Marataoan River was analyzed using the Relative Elevation Model (REM), a remote sensing technique. Two field visits were conducted to verify and refine the floodplain mapping. The results indicate that geological structures strongly influence the Marataoan River's morphology. The floodplain along the river covers 319.8 km<sup>2</sup>, underscoring its considerable size and explaining the recurrence of flooding in the municipality of Barra-PI. The Relative Elevation Model proved effective for surveying the landforms of the river channel, offering valuable support for understanding the morphological configuration of the floodplain along the river's entire course.

**Keywords:** Relative Elevation Model. Marataoan River. Flooding.

## INTRODUÇÃO

A geomorfologia fluvial é um segmento da geomorfologia que tem como objetivo entender os processos de interação entre os corpos hídricos e as formas do relevo ao longo do tempo, em ambientes com distintas configurações ambientais. Nesse viés, a análise do comportamento hidrológico e sua distribuição geográfica requer a consideração da morfologia superficial e das estruturas que a sustentam, além de outros elementos naturais e formas de uso e ocupação da terra (Marçal; Lima, 2016; Silva; Corrêa, 2015; Schumm, 1973).

O entendimento dos processos e da dinâmica espaço-temporal da morfologia de um sistema fluvial requer uma tomada analítica que integre o conjunto de variáveis do quadro geográfico. Essas variáveis condicionam o balanço de energia e matéria disponível no sistema e, conseqüentemente, as características dos processos fluviais e da rede de drenagem de uma bacia (Barros; Magalhães Júnior, 2020).

Christofolletti (1981) explica que as formas do relevo de ambientes fluviais são explicadas pelos processos de erosão e sedimentação, sendo as planícies de inundação também resultado desses processos, essencialmente ligadas à atividade de deposição em maior escala, gerando ambientes de depósitos de sedimentos em relevo de baixos gradientes, favorecendo o espalhamento das águas em períodos de cheias. Ainda conforme o autor, a planície de inundação pode ser definida como a faixa formada por sedimentos aluviais, apresentando-se como área do vale periodicamente recoberta por água do rio.

A identificação e o mapeamento dessas áreas representam uma possibilidade para a delimitação de locais de grande valor ecológico e um arcabouço para restrição de ocupação de áreas de risco. Outra questão que fortalece esse esforço é o fato histórico de que grande parte dos sítios urbanos, em contexto nacional e internacional, margeia rios e outros cursos de água continentais (Machado; Torres, 2017).

Em escala histórica do tempo, os canais fluviais estão sujeitos a eventos com grande potencial de impacto, a exemplo das secas e inundações (Marçal; Lima, 2016), e são esses eventos que apresentam maior potencial de impacto social e estrutural nas comunidades e cidades. É no contexto dessa relação, muitas vezes conflituosa, que surgem propostas metodológicas e análises espaciais voltadas para prevenção e mitigação desses eventos.

Nesse limiar, alguns estudos propõem metodologias de mapeamento dessas áreas de inundação, a exemplo de Mantovani e Bacani (2018), que mapearam as áreas suscetíveis à inundação e/ou alagamentos da bacia hidrográfica do córrego Indaiá, em Mato Grosso do Sul, considerando múltiplos elementos físicos e cobertura da terra. Santos et al. (2017) adotaram o uso de modelo digital de elevação e as maiores cotas registradas pelo rio Poti para determinar as áreas com maiores suscetibilidades à ocorrência de inundações na cidade de Teresina, Piauí.

Souza et al. (2018) adotaram uma estratégia metodológica que mescla registros de dados digitais e levantamentos de documentos cartográficos para a determinação da planície de inundação nas cidades de Teresina-PI e Timon-MA. Os autores produziram um mapa com manchas de inundações, tendo como referência os dados de estações hidrométricas, modelos digitais de terreno e levantamento batimétrico dos respectivos canais.

Diante da necessidade de compreender a relação entre a morfologia fluvial e os processos de inundação, torna-se essencial o desenvolvimento de estudos que possam fornecer subsídios técnicos e científicos para o ordenamento territorial, a gestão de riscos e o planejamento urbano. O uso de ferramentas como o Modelo de Elevação Relativa (REM) revela-se como uma metodologia eficaz para a delimitação das planícies fluviais, permitindo identificar com maior precisão os setores suscetíveis a inundações. Assim, este trabalho contribui não apenas para o avanço do conhecimento sobre a dinâmica fluvial do rio Marataoan, mas também oferece suporte para ações preventivas e mitigadoras dos impactos decorrentes das cheias, especialmente nas áreas urbanas.

Além do valor científico, a análise das áreas suscetíveis a inundações assume papel estratégico para o planejamento territorial e a formulação de políticas públicas locais. A delimitação dessas zonas de risco contribui para orientar a expansão urbana, evitar ocupações em áreas vulneráveis e subsidiar a implementação de planos diretores e políticas de defesa civil. Nesse sentido, o estudo não apenas avança no conhecimento geomorfológico, mas também dialoga diretamente com demandas sociais e ambientais urgentes, especialmente em municípios que convivem historicamente com os impactos recorrentes das cheias.

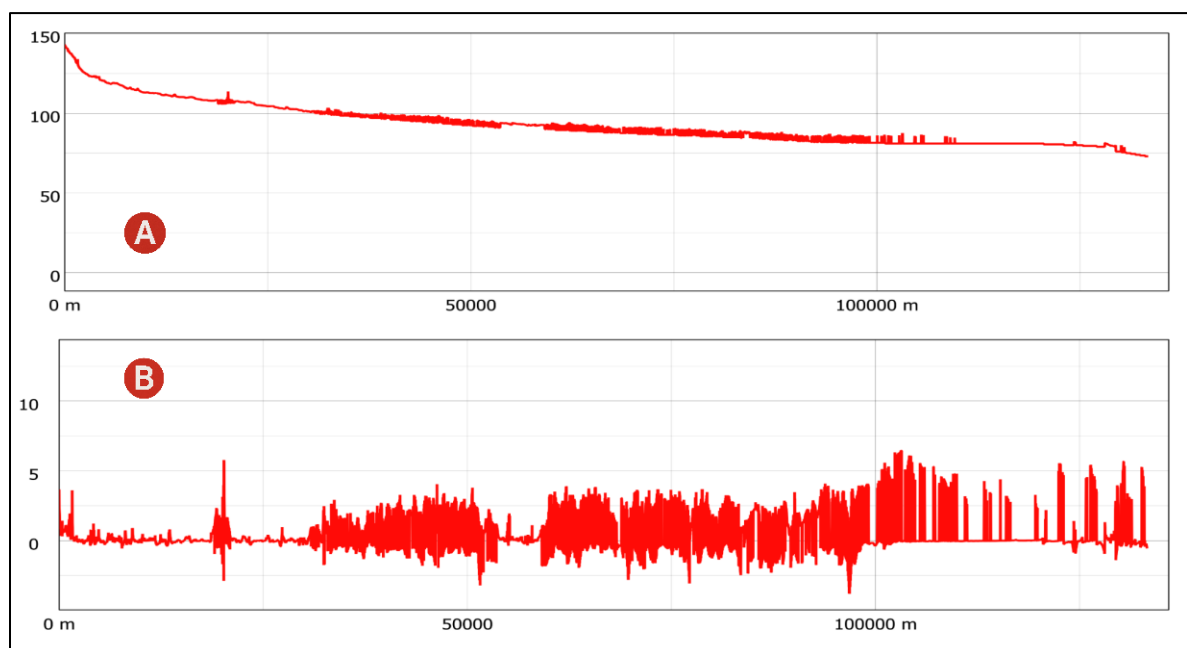
Diante desse contexto, o presente estudo tem como objetivo geral realizar o mapeamento das áreas suscetíveis à ocorrência de inundações ao longo do curso do rio Marataoan, no estado do Piauí, com foco na delimitação das planícies fluviais, visando subsidiar estratégias de ordenamento territorial e gestão de riscos na região.

### **Modelo de Elevação Relativa (REM) e a determinação de áreas suscetíveis a inundação**

O processamento de imagens de radar pode contribuir para a caracterização geomorfológica (Legg; Reinhart, 2014), ao destacar e facilitar a identificação de formas relevantes nos processos de mapeamento. Um exemplo dessa aplicação é o uso do Modelo de Elevação Relativa (REM), do inglês Relative Elevation Model (REM), que auxilia no entendimento da morfologia dos canais fluviais.

O Modelo de Elevação Relativa (REM) representa as elevações a partir da superfície da água de canais ativos, eliminando a diferença altimétrica entre montante e jusante; é um método de ajustamento das características do relevo, com a finalidade de identificar formas topográficas como planícies de inundação e fundos de vale (Legg; Reinhart, 2014). Altera a representação da linha de base do canal fluvial e fornece dados de cota altimétrica com contagem progressiva a partir da linha do canal do rio, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Em "A", o perfil longitudinal de um rio; em "B", perfil produzido pelo REM: Perfil longitudinal e Perfil REM, 2020



Fonte: Os autores, 2025.

Essa técnica possibilita, em ambiente SIG, isolar as áreas de menor altimetria e identificar locais que mais se aproximam do nível do canal hídrico, assim como depressões sujeitas a alagamento. O uso dessa técnica de sensoriamento remoto também pode ser empregado, quando disponível imagem raster de alta resolução, na identificação da migração de canais meandantes, registrando a história da geomorfologia do canal e permitindo antecipar mudanças de sua trajetória (Coe, 2019). Porém, neste trabalho, a pesquisa será direcionada ao mapeamento das áreas com potencial para inundação do rio Marataoan.

Aplicando o REM no estudo dos efeitos das inundações nas comunidades de plantas e seu impacto na paisagem ecológica, Greco et al. (2008) apresentaram resultados que indicam precisão de até 79% na previsão de zonas inundadas e não inundadas, ratificando a possibilidade dessa técnica para delimitação de áreas sujeitas a esse evento natural. Com a mesma finalidade, Turner et al. (2004)

realizaram estudo da tolerância de espécies vegetais à ocorrência de inundações. Essa técnica representa uma opção de menor custo de modelagem topográfica para o estudo dos padrões de inundação; por outro lado, a limitação da disponibilidade de dados de alta precisão interfere no nível de detalhamento final do produto, o que não anula a importância desse procedimento metodológico para o entendimento da variação sazonal dos níveis das águas.

O entendimento da ocorrência de inundação, considerando sua variação espacial e sazonalidade, permite a aplicação de monitoramento sistemático, além de ações de controle e prevenção de danos desencadeados por eventos naturais (Coelho; Deina, 2022). A utilização do mapeamento de áreas propensas a eventos de inundação representa importante estratégia para a visualização e interpretação da possibilidade de ocorrência de eventos extremos (Cury et al., 2021). A espacialização desses terrenos é de grande importância no planejamento territorial, por fornecer informações que subsidiam a prevenção de desastres em áreas urbanas e auxiliar na gestão das áreas já habitadas (Campos et al., 2015).

A zona de inundação potencial identifica áreas na planície de inundação que têm probabilidade de serem atingidas por eventos de cheia. Essas zonas são definidas por critérios geomorfológicos e hidrológicos, e são mapeadas para facilitar o planejamento territorial e a gestão de riscos (Campos et al., 2015). A separação entre ambas permite que o mapeamento seja mais abrangente, abordando riscos hidrológicos (inundação) e geomorfológicos (migração do canal, em áreas com rios de maior capacidade de movimentação de sedimentos).

As áreas de inundação decorrentes de canais fluviais costumam estar associadas às condições do terreno que implicam a elevação do nível da água e o conseqüente transbordamento para as planícies e terraços fluviais (Campos et al., 2015). Associam-se a essas condições, especialmente em áreas com maior adensamento populacional, as formas de uso e cobertura do solo e a impermeabilização do terreno, fatores que alteram a dinâmica do fluxo das águas, acelerando o deslocamento para áreas de acumulação.

Sobre a dinâmica da variação do nível das águas do rio Marataoan, o Serviço Geológico do Brasil (2024) tem como cota de inundação a medida de 4,20 m e registrou, na área em estudo, cotas de até 5,6 m em anos anteriores. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (2025) mapeia a zona urbana percorrida pelo rio Marataoan como área de alto risco de inundação, com alto potencial de impacto e vulnerabilidade. Esses dados são reforçados pela ocorrência periódica de inundações que avançam sobre a planície do rio estudado, impactando diretamente a população da cidade de Barras. Diante desse cenário, torna-se constante a necessidade de atuação do poder público, sobretudo na prestação de serviços de resgate e na assistência às pessoas temporariamente desalojadas ou desabrigadas.

Esses eventos reforçam a urgência de elaboração de um plano de orientação de expansão urbana para a cidade de Barras e de ocupação da terra ao longo do rio Marataoan, resguardando não apenas as áreas de proteção permanente estabelecidas em lei, como também as áreas suscetíveis à inundação.

Dessa maneira, o presente trabalho visa ampliar o conhecimento sobre os processos geomorfológicos que ajudam a explicar a dinâmica das águas do rio Marataoan, contribuindo para o aprofundamento do conhecimento da geografia da área, gerando informações essenciais para o planejamento e o gerenciamento desse território.

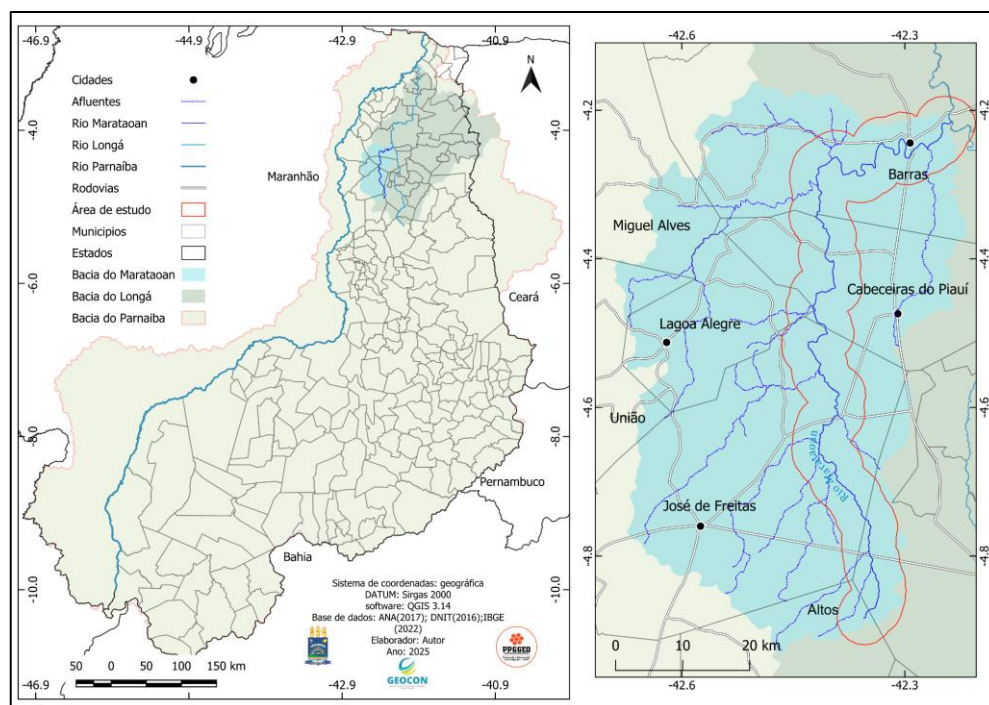
## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### ***Localização da área de estudo***

O rio Marataoan percorre os municípios piauienses de Altos, José de Freitas, Cabeceiras do Piauí e Barras, sendo neste último onde ocorre seu único contato com a área urbanizada. No contexto das hierarquias das bacias hidrográficas, o rio Marataoan é um importante tributário da bacia do rio Longá, este, por sua vez, é o principal afluente da bacia do Parnaíba em território piauiense.

A área de estudo compreende uma faixa de terra de 8 km de largura e se prolonga por aproximadamente 133 km, abrangendo toda a extensão do rio Marataoan (Figura 2). Esse rio serpenteia por um relevo predominantemente plano, sobre a geologia da Formação Longá, na bacia sedimentar do Parnaíba.

Figura 2 - Bacia hidrográfica do rio Marataoan, destaque para a área de estudo: Localização, 2025



Fonte: ANA (2017); DNIT (2016); IBGE (2022). Elaboração: os autores (2025).

No que se refere ao regime de alimentação do rio, a área de estudo encontra-se em uma região de clima tropical chuvoso (As) e clima tropical com estação seca de inverno (Aw) (Medeiros; Cavalcanti; Duarte, 2020), apresentando um período de chuvas que se inicia em dezembro, finalizando no mês de maio, com média de precipitação anual de aproximadamente 1.500 mm (CHIRPS, 2025).

### **Procedimentos metodológicos**

A pesquisa adota caráter aplicado, com abordagem qualitativa e quantitativa, voltada à análise ambiental e territorial. Possui natureza explicativa, ao buscar compreender a dinâmica morfológica fluvial e sua relação com a suscetibilidade a inundações. Utilizaram-se como procedimentos metodológicos a análise documental, técnicas de sensoriamento remoto e levantamento de dados em campo.

Na modelagem da técnica do Modelo de Elevação Relativa (REM), foram encontrados poucos materiais específicos sobre o tema, destacando-se os trabalhos publicados de Legg e Reinhart (2014) e o manual produzido por Coe (2019), baseado na publicação anteriormente citada. O procedimento envolveu o uso de dois softwares gratuitos: o QGIS versão 3.34.8, de código livre, e o Google Earth Engine. No QGIS, foi construído um buffer correspondente a 8 km de largura ao longo da linha do canal do rio Marataoan, o que resulta em uma margem de 4 km para cada lado do rio. Posteriormente, essa geometria foi plotada no Google Earth Engine.

A construção desse buffer serviu como máscara para o recorte do modelo digital de elevação, procedimento adotado para trabalhar apenas com as imagens dentro dos limites do recorte espacial da área de pesquisa, reduzindo o peso dos arquivos a serem processados e agilizando a execução do trabalho.

O modelo digital de elevação (MDE) adotado foi o FABDEM, com 30 m de resolução espacial, que corresponde a arquivos produzidos a partir do processamento de dados do Copernicus GLO 30 Digital Elevation Model, apresentando melhoramentos e correções de interferência pela presença de vegetação na captura das elevações do terreno (Hawker et al., 2022).

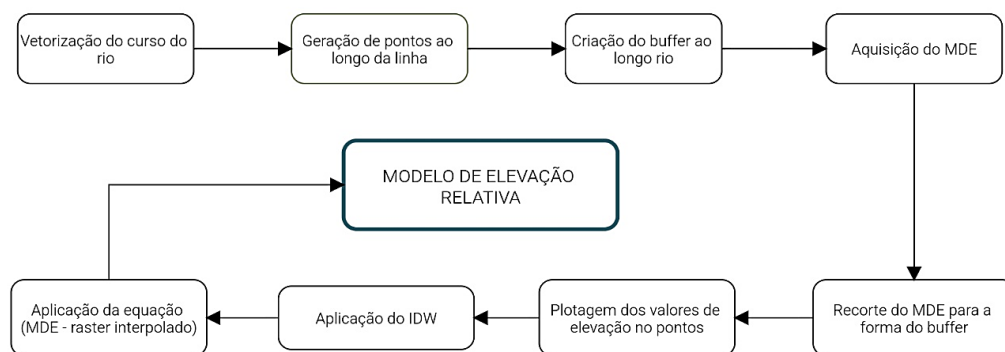
Em seguida, foi realizada a vetorização manual do canal do rio, necessária para a construção de uma linha com alta precisão cartográfica; caso contrário, poderá comprometer o resultado final do REM. Esse processo deve ser cuidadoso, para que a linha coincida exatamente com o percurso do canal.

O processo posterior corresponde ao da construção de pontos ao longo da linha do canal, no intervalo de 30 m cada. Esses pontos foram usados para capturar os dados de altimetria do modelo digital de elevação, necessários para proceder com a interpolação, dando origem a um novo raster MDE.

O processo de interpolação adotado foi o de interpolação por distância inversa (IDW), aplicado na camada de pontos com valores de altimetria. Para acelerar o processo de interpolação, a configuração foi ajustada para gerar um raster com resolução espacial de 300 m, posteriormente processado para a criação de um MDE similar ao do FABDEM, com resolução de 30 m.

A etapa final para gerar o Modelo de Elevação Relativa envolveu um cálculo realizado utilizando a calculadora raster do QGIS. O cálculo é uma simples equação de subtração do MDE do FABDEM menos o raster originado com a interpolação, gerando, como produto, um raster com o canal do rio equivalente a 0 m de elevação. O modelo de elevação produzido foi ajustado para destacar áreas com até 5,6 m acima do nível do canal do rio, semelhante à cheia do ano de 2020 na cidade de Barras (CPRM, 2020).

Figura 3 - Etapas metodológicas para a geração do Modelo de Elevação Relativa para o rio Marataoan



Fonte: Os autores, 2025.

Fez-se necessária a realização de trabalhos de campo nos dias 03 de fevereiro e 01 de maio de 2025, com os objetivos de averiguar o produto cartográfico final, realizar registros fotográficos e conferir as possibilidades de explicação dos padrões das planícies de inundação da área de estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado, obteve-se um produto cartográfico que permitiu delimitar as áreas sujeitas à ocorrência de inundação no entorno de todo o curso do rio Marataoan (Figura 4), servindo de subsídio para o levantamento de outros aspectos morfológicos do canal e da área do entorno. O mapa exhibe o destaque para as áreas do alto, médio e baixo curso do referido rio, ajustado para exhibir as áreas que seriam atingidas pelas águas para a cota de 5,6 m acima do canal, evidenciadas no intervalo de cor que vai do verde ao azul-escuro, correspondendo aos terrenos que serão atingidos em situações de aumento excepcional do volume das águas.

O destaque "A", baixo curso, representa a área ocupada pela cidade de Barras, exibida por ser a principal cidade localizada na bacia hidrográfica do curso analisado, além de estar situada no contorno de um dos meandros do canal, colocando-a em situação de maior vulnerabilidade em

relação à dinâmica do rio. Nota-se que os extremos leste e oeste da malha urbana apresentam alta predisposição a sofrer com a dinâmica das cheias do rio.

No destaque “B”, explicita-se o percurso médio do canal, revelando o alargamento da faixa de terra sujeita à inundação, rodeada por um relevo com altitude menos marcante e menor declividade, se comparada ao alto curso, mas com o entalhamento do canal bastante destacado pelo Modelo de Elevação Relativa, dando indícios da atuação do trabalho de entalhamento do canal.

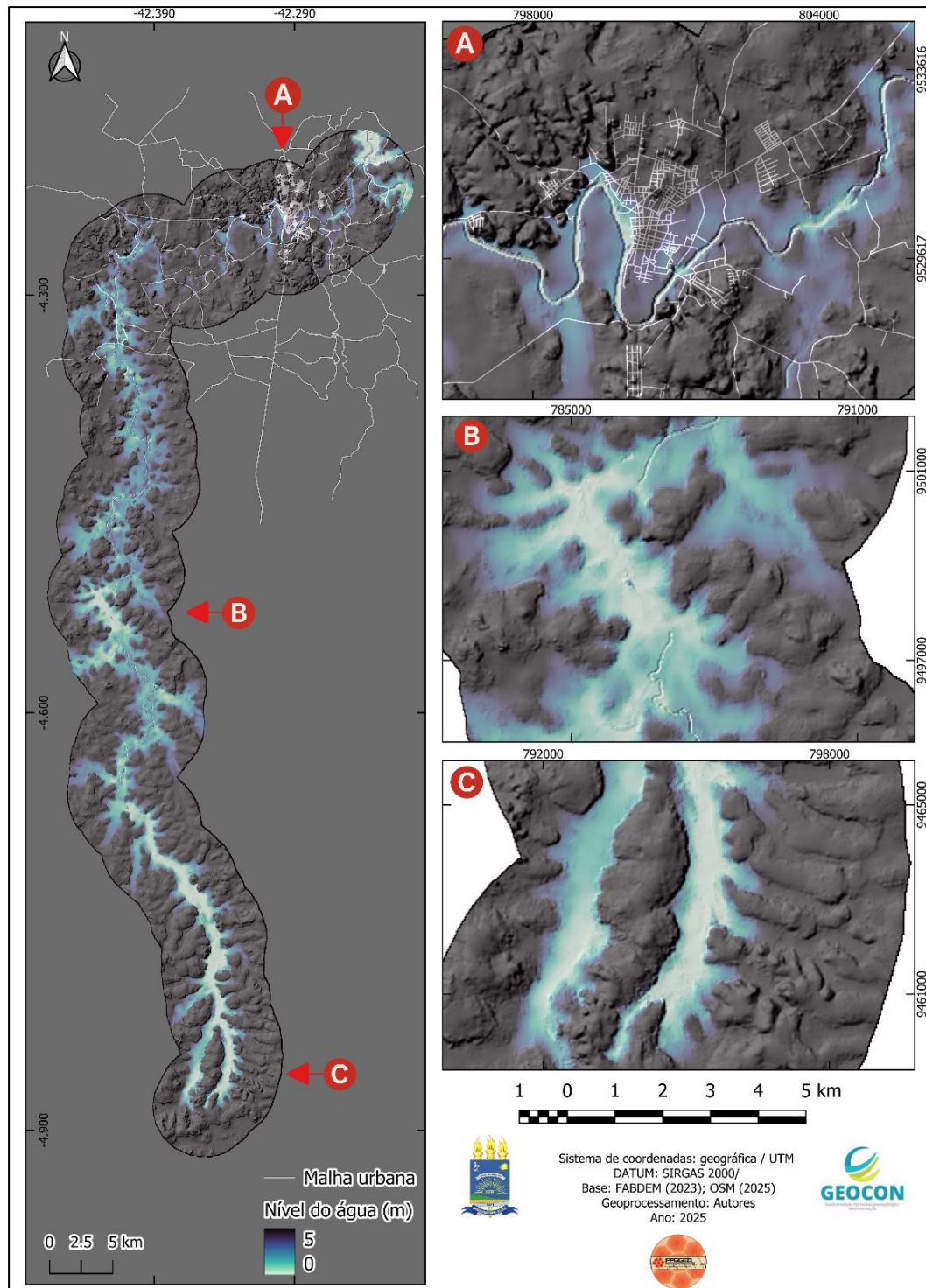
Em “C”, que exhibe parte do alto curso, apresentam-se planícies de inundação mais estreitas, se comparadas às do médio curso; por outro lado, são mais evidentes que no trecho do baixo curso. As áreas a serem ocupadas pelas águas em cotas superiores a 5 m são enclausuradas pela declividade mais acentuada do relevo; por outro lado, os canais menos evidentes dessas áreas parecem favorecer a ocorrência de inundação com cotas menos expressivas, como pode ser visto no recorte “C” do mapa.

Contudo, os setores “B” e “C”, que representam a dinâmica das águas no médio e alto curso, mostram a suscetibilidade de áreas menos povoadas. Isso, entretanto, não diminui a importância das informações para o planejamento e o ordenamento dessas áreas, aparecendo como dados estratégicos para a prevenção da ocupação ou para evitar o desenvolvimento de atividades incompatíveis com a realidade natural desses ambientes.

O rio Marataoan contém uma planície sujeita a inundações com dimensão de 309 km<sup>2</sup> na área analisada. Essa característica reflete o baixo índice de declividade já explicitado por Leal, Oliveira e Aquino (2023) e expressa a predominância de formas de relevo plano, determinando a característica do perfil longitudinal e, conseqüentemente, a velocidade do fluxo de água na superfície do terreno percorrido pelo rio. Ademais, ocasiona o extravasamento para uma vasta área marginal, ratificando a lógica denotada por Christofolletti (1981), que afirma que a declividade estabelece uma relação inversa com a quantidade de água disponível.

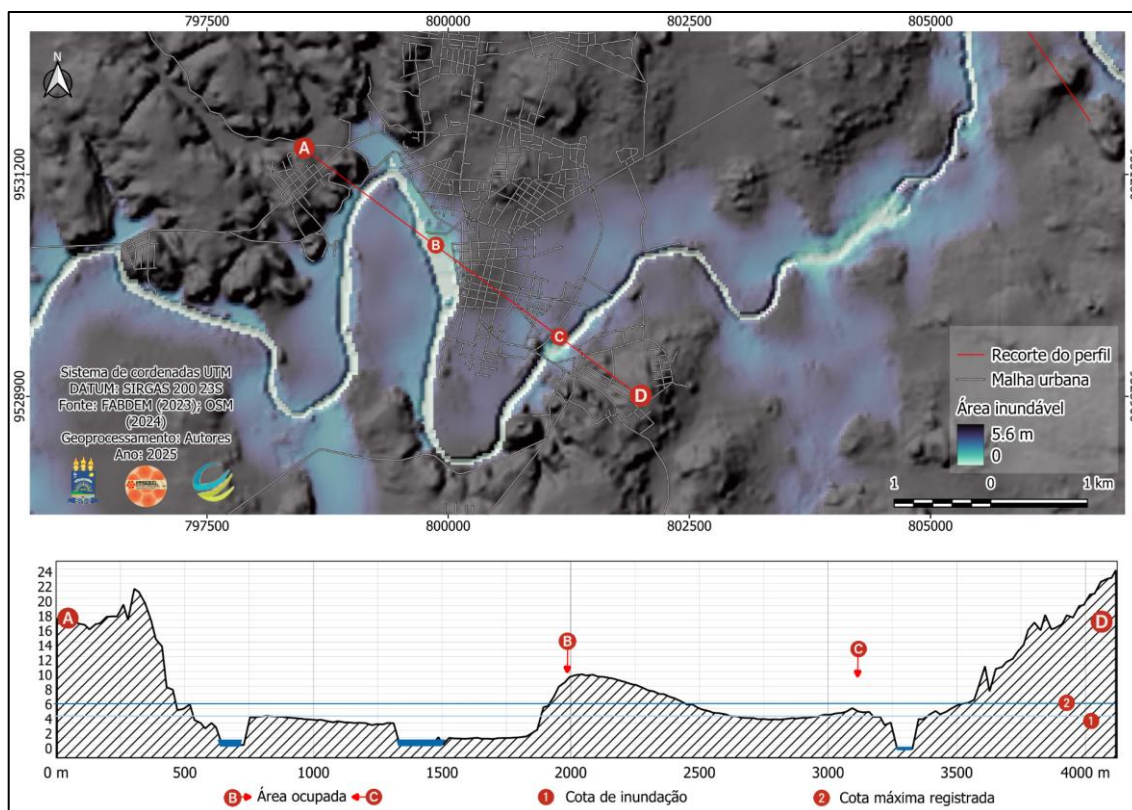
Essas características, aliadas a eventos climáticos atípicos, ajudam a explicar a ocorrência de casos de inundações esporádicos, mesmo com o padrão morfométrico da forma da bacia (alongada) favorecendo o escoamento gradual das águas. O rio Marataoan detém um histórico de ocorrência de cheias que ultrapassam o nível da cota de inundação (4,20 m), impactando a população ribeirinha da zona rural e, em maior magnitude, o sítio urbano do município de Barras (CPRM, 2012).

Figura 4 - Mapa das áreas suscetíveis a inundação no rio Marataoan, 2025: A) baixo curso; B) médio curso; C) alto curso



Fonte: FABDEM (2023); OSM (2025). Elaboração: os autores (2025).

Figura 5 - Mapa da área suscetível a inundações na cidade de Barras, 2025



Fonte: FABDEM (2023); OSM (2024). Elaboração: os autores (2025).

Os dados gerados a partir do Modelo de Elevação Relativa permitiram também detalhar os aspectos do relevo associados à dinâmica das águas no perímetro urbano da cidade de Barras. Essa discussão é justificada pelos eventos de inundação recorrentes. O mapa da Figura 5 apresenta as áreas com maiores chances de sofrer com inundações e, associado a ele, tem-se um perfil do Modelo de Elevação Relativa que mostra a cota de inundação (linha 1) e a cota de 5,6 m, registrada na última ocorrência de problemas ocasionados pela cheia do rio.

Nota-se que grande parte da cidade, situada entre os pontos “B” e “C”, encontra-se na planície de inundação do rio Marataoan, tornando essa região propensa a sofrer com as elevações periódicas das águas desse rio. Percebe-se que, ao atingir a cota de 5,6 m, o rio consegue alcançar parte considerável da cidade, devido ao avanço da água pela porção de menor altimetria, ocasionando inundações nos bairros periféricos a leste.

É possível notar também uma segunda frente de avanço de inundação localizada no ponto “B”, atingindo a cidade através da margem esquerda, propagando-se em direção ao centro. Evidencia-se também um ponto isolado de inundação próximo ao ponto “A”, restringindo o acesso a outras aglomerações mais afastadas.

O mapa produzido para o trecho urbano expressa grande semelhança com a produção cartográfica dos setores de risco de enchentes do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2012), indicando a precisão do REM na identificação de áreas de risco e na prevenção de perdas materiais e humanas.

Outros pontos não habitados nessa região da planície ficam suscetíveis em caso de grande cheia do rio, revelando a necessidade de planejamento detalhado para qualquer intervenção nessa área, não sendo aconselhável a ocupação desse espaço para qualquer empreendimento imobiliário ou atividade que envolva a supressão da vegetação nativa.

Figura 6 - Cidade de Barras, Piauí: Registro fotográfico, 2025



Fonte: Os autores (2025).

O Modelo de Elevação Relativa também permitiu levantar as medidas transversais das planícies de inundação do rio Marataoan (Figura 7), apontando aspectos morfométricos que fogem do padrão para os canais fluviais. O canal do rio Marataoan apresenta característica atípica, exibindo aspectos distintos do que habitualmente se vê nos perfis transversais da maioria dos rios, influenciando também o desenho das planícies de inundação, onde são esperados canais mais bem entalhados no alto curso, reduzindo-se progressivamente em direção a jusante.

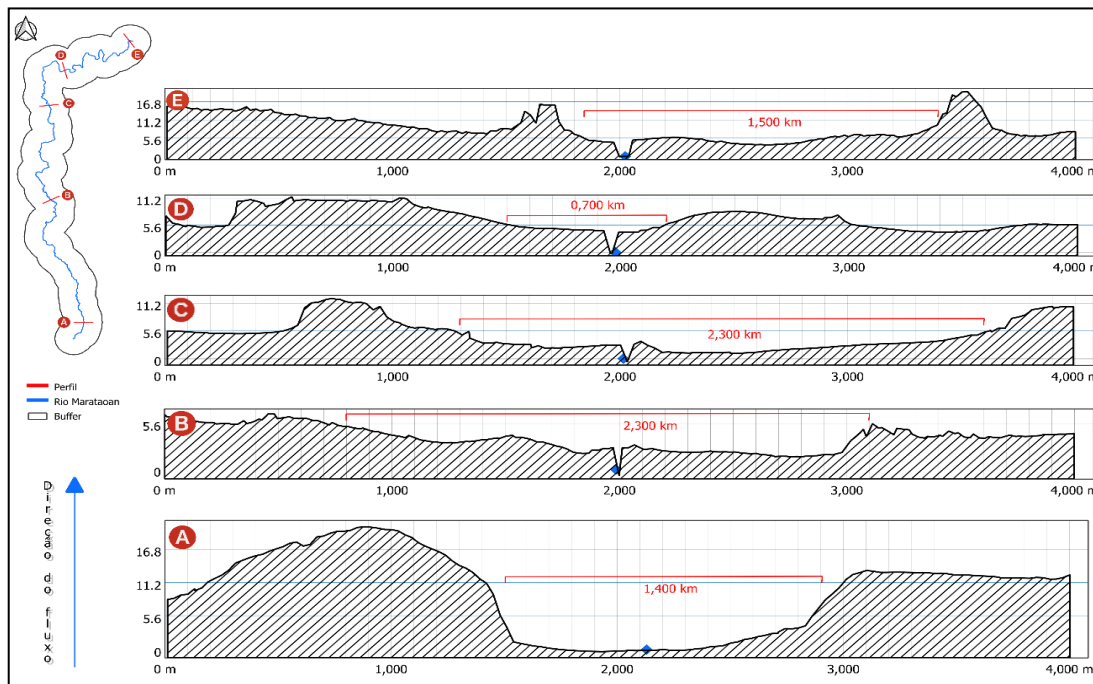
A Figura 7 mostra a configuração do relevo no entorno do rio, por meio dos perfis transversais organizados de "A" a "E", sendo que o perfil "A" é a representação do ponto extremo do canal a montante e "E" o extremo oposto, utilizando a cota de 5,6 m como limite vertical para essas áreas.

No perfil do curso "A", pode-se notar a presença da planície de inundação com delimitação bem definida para ambas as vertentes, contendo dimensão em torno de 1,400 km de largura. Essas medidas vão ganhando maior dimensão à medida que se aproximam do médio curso, em áreas com relevo mais suavizado, implicando aumento da área inundável, passando para uma faixa de 2,300 km, que se prolonga até atingir a área do perfil "D".

A partir de "D", há a mudança no padrão, exibindo um estreitamento da planície de inundação para 700 m, o que representa uma mudança das medidas das áreas inundáveis, que volta a se alargar ao extremo do baixo curso, com 1,500 km de extensão, medidas semelhantes às apresentadas a montante (Figura 9).

A ocorrência de afloramentos rochosos e o estreitamento do canal em determinados trechos do rio podem ser apontados como fatores explicativos para essa característica, como pode ser observado na Figura 8. Segundo Christofolletti (1981), os leitos rochosos correspondem a áreas onde há exposição de rochas não decompostas que, por sua natureza, possuem maior resistência ao processo erosivo causado pela ação das águas. Além disso, essas formações funcionam como barreiras naturais, influenciando a morfologia do rio ao provocarem variações no declive e na dinâmica do escoamento.

Figura 7 - Rio Marataoan: Perfis longitudinais, 2025



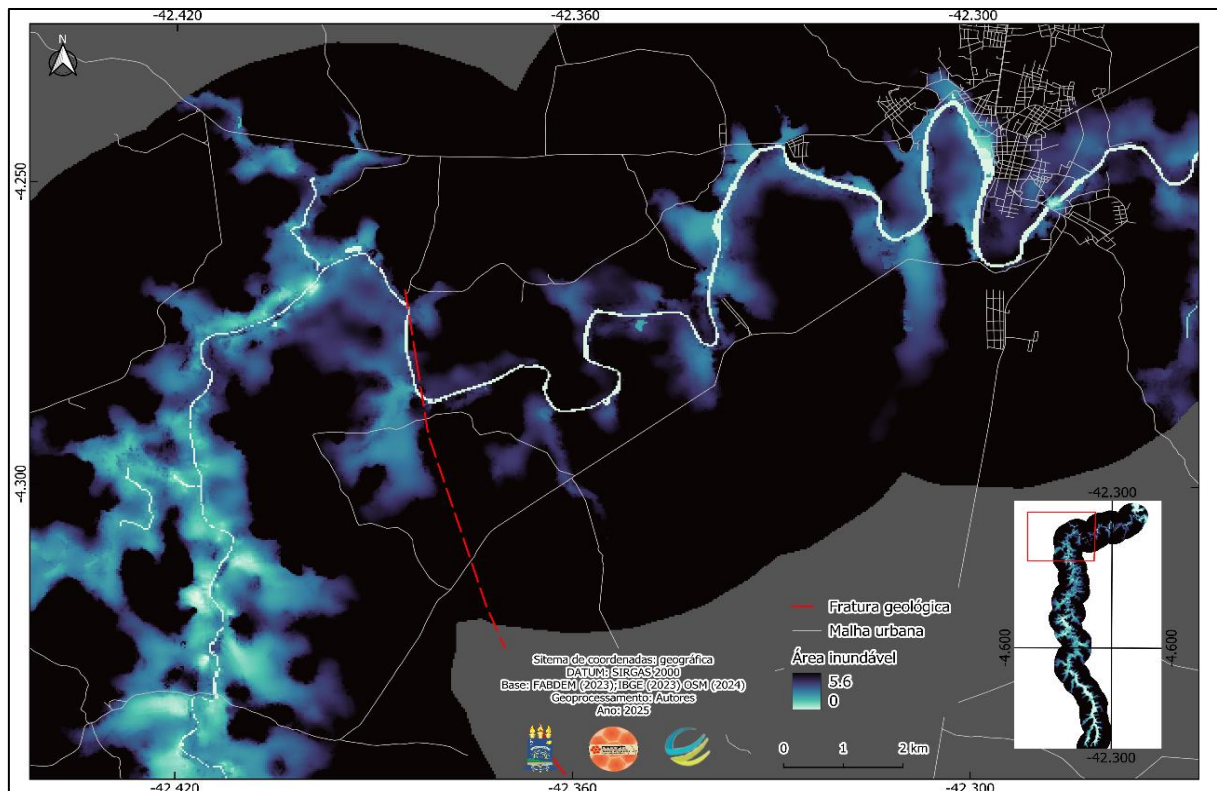
Fonte: FABDEM (2023). Elaboração: os autores (2025).

Figura 8 - Rio Marataoan: Registro fotográfico de afloramento rochoso em médio curso, em José de Freitas, Piauí, 2025



Fonte: Os autores (2025).

Figura 9 - Transição do padrão das planícies: Mapa das áreas inundáveis, 2025



Fonte: FABDEM (2023); IBGE (2023); OSM (2024). Elaboração: os autores (2025).

Essas variações do nível de base podem promover alterações na disponibilidade de energia para a promoção e o transporte de sedimentos, desencadeando o ajustamento do canal fluvial, em seus aspectos geomorfológicos e de fluxo, desenvolvendo características longitudinais ajustadas às condições de disponibilidade de energia (Barros; Magalhães Júnior, 2020).

Além da ocorrência de afloramentos, como já foi explicado, há também a presença de linha de fratura geológica que influencia o percurso do rio, provocando uma mudança brusca na direção do fluxo de água. Essa característica geológica resguarda o sítio urbano de maiores problemas relacionados à flutuação do nível das águas, exemplificando a afirmação de Schumm (1973) sobre a influência de fatores estruturais na mudança da paisagem e no ajustamento dos ciclos geomorfológicos dos canais fluviais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Modelo de Elevação Relativa apresentou-se como importante estratégia para a delimitação da planície de inundação do rio Marataoan, mostrando-se eficiente na determinação da zona de inundação potencial. A possibilidade de analisar o relevo a partir do nível do canal fluvial permite averiguar o alcance da dinâmica das cheias, possibilitando levantar os terrenos com maior suscetibilidade, tanto para o desenvolvimento de atividades econômicas quanto nos aspectos de vulnerabilidade natural.

A partir da estratégia metodológica demonstrada, foi possível caracterizar a morfologia do canal fluvial estudado, evidenciando singularidade no entalhamento do curso do rio e na configuração da planície de inundação, apontando o médio curso como espaço mais sujeito a ter o terreno coberto pelas águas em caso de eventos extremos.

Um fator limitante para a exploração das potencialidades do Modelo de Elevação Relativa está relacionado à disponibilidade de modelos digitais de elevação com alta resolução espacial de forma

gratuita ou com custo acessível, restringindo grande parte dos pesquisadores ao uso de arquivos com 30 m de resolução espacial, o que não permite a aplicação dessa metodologia em terrenos que exigem grande escala de detalhamento.

Nesse contexto, os resultados obtidos oferecem subsídios práticos para a formulação de políticas públicas locais voltadas ao ordenamento territorial, ao planejamento urbano e à prevenção de desastres. A identificação das áreas suscetíveis à inundação pode auxiliar gestores municipais na definição de zonas de risco, na regulação do uso e ocupação do solo e na elaboração de planos de contingência, contribuindo para a redução de vulnerabilidades sociais e econômicas frente a eventos hidrológicos extremos.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Vulnerabilidade a inundações**. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=987367629d6a4bb18e876630347cec4a>. Acesso em: 20 de abr. de 2025.
- BARROS, L. F. de P.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Bases teóricas e fatores controladores da dinâmica fluvial. In: MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira; BARROS, Luiz Fernando de Paula (org.). **Hidrogeomorfologia: formas, processos e registros sedimentares fluviais**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020. p. 23–49.
- CAMPOS, S. J. A. M. *et al.* Mapeamento de áreas sujeitas à inundação para planejamento e gestão territorial: cartas de suscetibilidade, perigo e risco. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, [s. l.], p. 67–81, 2015. Disponível em: <https://www.abge.org.br/downloads/revistas/mapeamento.pdf?linkAsp=Mapeamento+de+Áreas+Sujeitas+à+Inundação+para+Planejamento+e+Gestão+Territorial%3A+Cartas+de+Suscetibilidade%2C+Perigo+e+Risco>. Acesso em: 10 de abr. de 2025.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.
- CLIMATE HAZARDS CENTER – UC SANTA BARBARA. **CHIRPS: Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations**. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>. Acesso em: 06 jan. 2025.
- COE, D. **Creating REMs in QGIS with the IDW Method**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://dancoecarto.com/creating-rems-in-qgis-the-idw-method>. Acesso em: 29 de nov. de 2024. .
- COELHO, A. L. N.; DEINA, M. A. Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de áreas de inundação e enxurradas: estudo de caso em uma microrregião. **Ensino de Geografia e Redução de Riscos**, [s. l.], p. 296–310, 2022. Disponível em: <https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/EGRR2022/EGRR-2022-14.pdf>. Acesso em: 10 de abr. de 2025.
- CURY, M. D. *et al.* Mapeamento de áreas suscetíveis à inundação como informação para o planejamento e a gestão territorial em bacia hidrográfica. **Caminhos de Geografia**, [s. l.], v. 22, p. 160–175, 2021. Disponível em: <https://encurtador.com.br/HckUX>. Acesso em: 10 de abr. 2025.
- GRECO, S. E. *et al.* Relative Elevation Topographic Surface Modelling of a Large Alluvial River Floodplain and Applications for the Study and Management of Riparian Landscapes. **Landscape Research**, [s. l.], v. 33, 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/230814683\\_Relative\\_Elevation\\_Topographic\\_Surface\\_Modelling\\_of\\_a\\_Large\\_Alluvial\\_River\\_Floodplain\\_and\\_Applications\\_for\\_the\\_Study\\_and\\_Management\\_of\\_Riparian\\_Landscapes](https://www.researchgate.net/publication/230814683_Relative_Elevation_Topographic_Surface_Modelling_of_a_Large_Alluvial_River_Floodplain_and_Applications_for_the_Study_and_Management_of_Riparian_Landscapes). 13 de abr. de 2025.
- HAWKER, L. *et al.* A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed. **IOP Publishing**, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac4d4f/pdf>. Acesso em: 26 de jan. de 2025.
- LEAL, J. M.; OLIVEIRA, I. J. de; AQUINO, C. M. S. de. Determinação de variáveis do relevo a partir da utilização de imagens TOPODATA da bacia do rio Marataoan, Piauí, Brasil. Brasília, p. 87–103, 2023. Disponível em: [http://www.seer.ufsj.edu.br/territorium\\_terr/am/article/view/5416/3256](http://www.seer.ufsj.edu.br/territorium_terr/am/article/view/5416/3256). Acesso em: 14 de abri. de 2024.
- LEGG, P. L. O. & N. T.; REINHART, T. B. A. & M. A. A Methodology for Delineating Planning-Level Channel Migration Zones. **Washington State Department of Ecology**, [s. l.], 2014. Disponível em:

<https://apps.ecology.wa.gov/publications/documents/1406025.pdf>. Acesso em: 08 de abr. de 2025.

MACHADO, P. J. de O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à Hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2017.

MANTOVANI, J. R.; BACANI, V. M. Uma proposta metodológica de mapeamento de áreas suscetíveis a inundações e/ou alagamento na bacia hidrográfica do córrego Indaiá-MS. **Geosp – Espaço e Tempo**, [s. l.], v. 22, p. 687–706, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/arti-cle/view/146752>. Acesso em: 9 jun. de 2025.

MARÇAL, M. Dos S.; LIMA, R. N. de S. Abordagens Conceituais Contemporâneas na Geomorfologia Fluvial. **Espaço Aberto**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 17–34, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufjr.br/index.php/EspacoAberto/article/view/5236>. Acesso em: 9 de jun. de 2025.

MEDEIROS, R. M. de; CAVALCANTI, E. P.; DUARTE, J. F. de M.. Classificação climática de Köppen para o estado do Piauí - Brasil. **Revista Equador (UFPI)**, [s. l.], v. 9, p. 82–99, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/9845>. Acesso em 20 de nov. de 2024.

SANTOS, D. de A. *et al.* Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de áreas de risco de inundação na cidade de Teresina-Piauí. *In:*, 2017, Santos. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR**. Santos: Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, 2017. p. 5674–5680. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2017/10.27.15.30.52/doc/60205.pdf>. Acesso em: 9 de jun. de 2025.

SCHUMM, S. A. Geomorphic Thresholds and Complex Response of Drainage Systems. *In:* MORISAWA, Marie (org.). **Fluvial Geomorphology**. Nova York: SUNY Binghamton Publications in Geomorphology, 1973. p. 299–310. Disponível em: [https://wpq.forestry.oregonstate.edu/sites/default/files/seminars/Schumm\\_1973.pdf](https://wpq.forestry.oregonstate.edu/sites/default/files/seminars/Schumm_1973.pdf). Acesso em: 10 de jun. de 2025.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massas e enchentes: Barras, PI**. [S. l.], 2012. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/20008>. Acesso em 9 jun. de 2025.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Rios Marathaoan e Longá, nas cidades de Barras e Esperantina, ultrapassaram cota de inundação**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/w/pi-rios-marathaoan-e-longa-nas-cidades-de-barras-e-esperantina-ultrapassaram-cota-de-inundacao>. Acesso em: 20 de abr. de 2025.

SILVA, O. G. da; CORRÊA, A. C. De B. Progressos nos estudos de Geomorfologia Fluvial Urbana ao final do século XX. **Geo UERJ**, [s. l.], v. 0, n. 26, 2015. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/10582>. Acesso em: 9 de jun. de 2025.

SOUZA, C. D. de *et al.* Definição da planície de inundação das cidades de Teresina-PI e Timon - MA. *In:*, 2018, Porto Alegre. **I Encontro Nacional de Desastre**. Porto Alegre: ABRHidro, 2018. p. 1–8. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/79/END136.pdf>. Acesso em: 9 de jun. de 2025.

TURNER, M. G. *et al.* Distribution and abundance of trees in floodplain forests of the Wisconsin River: Environmental influences at different scales. **Journal of Vegetation Science**, [s. l.], v. 15, p. 729–737, 2004. Disponível em: [https://www.academia.edu/26821604/Distribution\\_and\\_abundance\\_of\\_trees\\_in\\_floodplain\\_forests\\_of\\_the\\_Wisconsin\\_River\\_Environmental\\_influences\\_at\\_different\\_scales](https://www.academia.edu/26821604/Distribution_and_abundance_of_trees_in_floodplain_forests_of_the_Wisconsin_River_Environmental_influences_at_different_scales). Acesso em: 18 de abr. de 2025.

---

Recebido em: 16/07/2025

Aceito para publicação em: 30/08/2025