

GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADES A INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE JACOBINA (BA)

Wesley Lopes da Silva

Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e da Terra (DCET-I), Salvador, BA, Brasil
wesley.silva697@nova.educacao.ba.gov.br

Gustavo Barreto Franco

Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e da Terra (DCET-I), Salvador, BA, Brasil
gbfranco@uneb.br

José Alves de Jesus

Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Ciências Humanas (DCH-IV), Jacobina, BA, Brasil
jose@josealves.pro.br

RESUMO

Este trabalho objetiva mapear as áreas suscetíveis a inundações no município de Jacobina (BA), visando contribuir com informação científica à gestão de riscos de desastres. A metodologia envolveu pesquisa bibliográfica, bem como, levantamento documental em redes sociais, sites e blogs sobre registros de desastres por inundações no município. Adotou-se o Qgis (versão 3.28.14) como *software* gerenciador do Sistema de Informação Geográfica (SIG) para o desenvolvimento de processamentos e geração de mapas síntese. A partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto TOPODATA, houve normalização dos dados, aplicação do *HAND Model* e posterior classificação da suscetibilidade. A análise do mapeamento foi subsidiada por imagem de satélite, fotointerpretação e observações sistemáticas realizadas em campo. Os resultados apontam que 224,7 km² do município de Jacobina apresenta suscetibilidade a inundações (10,2% do território municipal), sendo 41,8% alta suscetibilidade, 41% média suscetibilidade e 17,2% baixa suscetibilidade. Afirma-se que a efetiva execução do Plano Diretor Municipal, com ênfase nas áreas de suscetibilidade e de riscos, são pilares para um desenvolvimento ambiental sustentável. É fundamental que os Poderes Públicos, em parceria com a sociedade civil, Defesa civil e comunidade em geral, unam-se para elaborar e implementar medidas mitigadoras de riscos de desastres no município de Jacobina.

Palavras-chave: SIG. Risco. Desastre. Planejamento ambiental. Ordenamento territorial.

GEOPROCESSING APPLIED TO MAPPING SUSCEPTIBILITIES TO FLOODS IN THE MUNICIPALITY OF JACOBINA (BA)

ABSTRACT

This work aims to map areas susceptible to flooding in the municipality of Jacobina (BA), seeking contribute to scientific information to disaster risk management. This a bibliographic research, a documentary survey on social networks, websites, and blogs about flood disaster records in the municipality. Qgis (version 3.28.14) was adopted as the Geographic Information System (GIS) management software for the development of processing and generation of synthesis maps. Based on the Digital Elevation Model (DEM) of the TOPODATA project, there was data normalization, application of the *HAND Model* and subsequent classification of susceptibility. The mapping analysis was supported by satellite images, photointerpretation and systematic observations carried out in the field. The results indicate that 224.7 km² of the municipality of Jacobina is susceptible to flooding (10.2% of the municipal territory), with 41.8% high susceptibility, 41% medium susceptibility, and 17.2% low susceptibility. It is stated that the effective implementation of the Municipal Master Plan, with an emphasis on susceptibility and risk areas, are pillars for sustainable environmental development. Its essential that the Public Authorities, in partnership with civil society, Disaster Management, and the community in general, to work together to elaborate and implement disaster risk mitigation measures in the municipality of Jacobina.

Keywords: SIG. Risk. Disaster. Environmental planning. Land-use planning.

INTRODUÇÃO

No Brasil, muitas vezes, o uso e ocupação da terra ocorre sem levar em conta uma adequada administração da base espacial, condicionando a habitação em áreas ambientalmente frágeis (Soares, 2009). Essa produção e reprodução do espaço desconexa com planejamento, gestão e ordenamento territorial e ambiental eficientes criam as condições favoráveis a degradações e prejuízos, dificultado a resiliência no conjunto das relações ambientais.

Na atualidade, os desastres evidenciam o desequilíbrio nas relações sociedade e natureza (Moreno, 2018). A dominação insustentável dos recursos naturais tem causado modificações sistêmicas no planeta terra, incluindo mudanças climáticas (Sathler, 2014). Consequentemente, intensifica-se possibilidades de manifestação de fenômenos de origens naturais, tais como: inundações, deslizamentos, secas, entre outros. Embora, esses eventos possam ocorrer independentemente do uso e ocupação da terra, os intensos processos de alteração das condições naturais induzem a ocorrência de desastres (Marinho; Silva, 2016).

Nessa perspectiva, inúmeros desastres são derivados de riscos híbridos, ou seja, da “associação entre dois ou mais riscos específicos (naturais, sociais, tecnológicos, etc.), sendo intensificados pela imbricação de elementos e fatores diversos” (Mendonça; Buffon, 2021, p. 23). Assim sendo, é imprescindível que os estudos de riscos de desastres sejam pautados na relação entre aspectos naturais e sociais.

De acordo com Veyret (2007), o risco de desastre é uma percepção social resultante de ocorrências anteriores. Uma das maneiras de estabelecê-lo é mediante a fusão analítica de suscetibilidade e vulnerabilidade social. Suscetibilidade refere-se à propensão natural do relevo para manifestação de um evento, como enchente, alagamento e/ou inundação (Bitar *et al.*, 2014). Por sua vez, a vulnerabilidade social diz respeito ao potencial de perda, principalmente, devido ao uso e ocupação da terra em áreas suscetíveis (Cutter, 2011). Diante disso, o risco de desastre é a probabilidade de ocorrer danos em função da deflagração do fenômeno (perigo) em uma área suscetível e vulnerável (Carvalho; Macedo; Ogura, 2007).

De acordo com a Lei Federal 12.608/12, é fundamental que os planejamentos ambientais dos municípios brasileiros levem em consideração as possibilidades de desastres, identificando áreas de riscos para execução do plano de contingência e vendando novas ocupações de áreas suscetíveis (BRASIL, 2012a). No contexto do município de Jacobina (BA), foi instituída pela Lei 1957/23 a Secretaria Municipal de Proteção e Defesa civil no dia cinco de abril de 2023, tendo como uma das finalidades a gestão integrada de desastres (JACOBINA, 2023). Pontua-se que ainda é necessária a produção de bases cartográficas para a consolidação de plano de contingência municipal, inclusive, visando evitar desastres por inundações.

Marinho, Góes e Baitz (2021) evidenciaram que as inundações são eventos causadores de perdas socioeconômicas no município de Jacobina, principalmente, a partir do crescimento da sede municipal no século XX. Medidas estruturais foram realizadas, porém incapazes de eliminar prejuízos oriundos de tais processos (Silva; Nascimento; Jesus, 2023). A saber, as inundações são eventos hidrológicos estabelecidos pelo extravasamento do canal normal de drenagem para as planícies de inundação (Carvalho; Macedo; Ogura, 2007). Para além das medidas estruturais, é importante gestão integral no intuito de mitigar riscos de desastres a inundações a partir de macroprocessos de prevenção, preparação, resposta e reconstrução (Miguez; Gregoria; Veról, 2018).

No contexto preventivo, este trabalho objetiva mapear as áreas suscetíveis a inundações no município de Jacobina (BA), visando contribuir com informação científica à gestão de riscos de desastres. Dessa forma, o estudo contribui, cientificamente, com a produção de dados e análises de áreas preferenciais a inundações no município, sendo aporte para tomadas de decisão orientadas pelo Plano Diretor de Jacobina que veda obstrução de canais de drenagem (Jacobina, 2006).

Geoprocessamento aplicado ao planejamento ambiental

De acordo com Santos (2004), o planejamento ambiental requer uma abordagem sistêmica, integrando temas físicos, biológicos e socioeconômicos para apontar caminhos sustentáveis. À guisa de explicação, deve-se realizar diagnósticos e prognósticos ambientais para que o uso e ocupação da terra não cause prejuízos nem no presente, tampouco no futuro. Ante a isso, o Geoprocessamento é fundamental, pois, apresenta-se como conjunto de técnicas matemáticas e computacionais capazes de tratar informações geográficas, balizando abordagens do planejamento ambiental (Florenzano, 2011).

Nesse contexto, é importante ressaltar também a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Os SIGs podem ser entendidos como “sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la” (Câmara *et al.*, 1996, p. 21). Estas técnicas são estabelecidas, na atualidade, por meio da utilização de *Softwares* de Geoprocessamento que permitem a integração de dados georreferenciados, possibilitando a geração de representações do espaço mediante a cartografia de síntese (Martinelli, 2003).

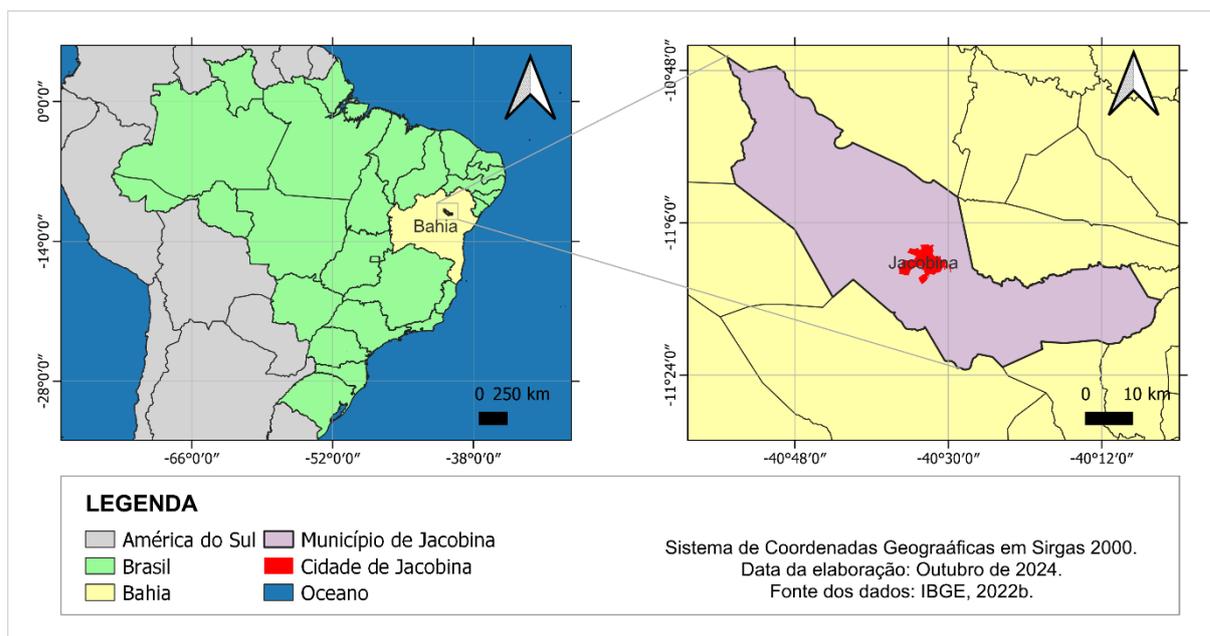
No que se refere ao mapeamento de áreas suscetíveis à inundação, é essencial a utilização de SIG para a extração de variáveis morfométricas da Bacia Hidrográfica (BH). A saber, a BH é composta por “um conjunto de superfícies vertentes e de cursos d’água confluentes que formam uma rede de drenagem até o rio principal ou de base” (Lorandi; Cançado, 2002, p. 54). A sua delimitação pode ser estabelecida com base em um Modelo Digital de Elevação (MDE), que consiste “no armazenamento de cotas altimétricas (elevação) em arquivo digital estruturado em linhas e colunas” (Valeriano, 2008, p. 74). Com base no MDE é possível extrair automaticamente indicadores morfométricos, subsidiando a produção de modelos hidrológicos indicadores de áreas propensas a inundações na BH. Evidentemente, estas informações de ordem matemática e informatizada são fundamentais para gestão integrada dos riscos de desastres hidrológicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende o município de Jacobina (BA) (Figura 1), localizado entre as latitudes 10° 49' 0" S e 11° 22' 0" S e longitudes 40° 55' 46" W e 40° 5' 10" W. Este município tem uma população total de 82.590 pessoas, área de 2192,91 km² e uma densidade demográfica de 37,66 hab./km² (IBGE, 2022a).

Figura 1 - Município de Jacobina, Bahia, Brasil: mapa de localização, 2024

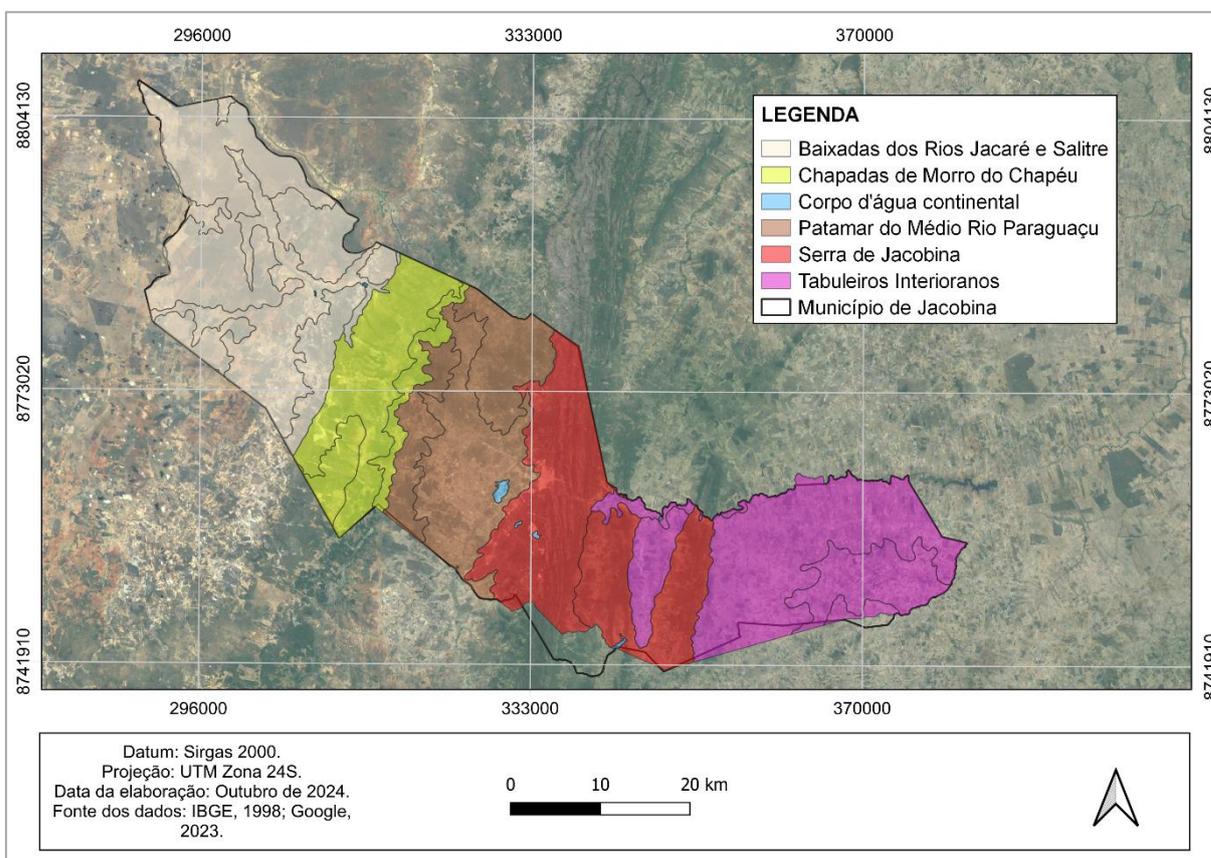


Fontes: IBGE, 2022b. Fonte: os autores, 2024.

De acordo com Sousa, Pereira e Cruz (2024), o município de Jacobina encontra-se assente no Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá, no setor leste do Orógeno Bahia-Minas, e no setor setentrional do Cráton do São Francisco. Esse contexto geológico contribui para a presença de diversas litologias que variam em idade desde o Arqueano até o Cenozóico.

IBGE (1998) destaca que o município abrange as seguintes unidades geomorfológicas: Baixada dos Rios Jacaré e Salitre; Chapadas De Morro Do Chapéu; Patamar Do Médio Rio Paraguaçu; Serra De Jacobina; Tabuleiros Interioranos (Figura 2).

Figura 2 - Município de Jacobina: unidades geomorfológicas, 1998



Fonte: IBGE, 1998; Google, 2023. Fonte: os autores, 2024.

No município, predomina Clima Semiárido com médias pluviométricas de 400 a 850 mm, aproximadamente. As chuvas são distribuídas irregularmente durante o ano, concentrando-se no verão (dezembro a março). Nesse período, há uma maior propensão à ocorrência de desastres por inundações devido ao *input* hídrico na Bacia do Itapicuru. Historicamente, inundações dos rios Itapicuru-mirim, Catuaba e Rio do Ouro foram as que mais causaram danos socioeconômicos em Jacobina, em especial por confluírem em uma área urbanizada – cidade de Jacobina (Silva; Nascimento; Jesus, 2023).

No que tange aos solos do município, encontra-se as seguintes classes: Argissolo Vermelho-amarelo Eutrófico – PVAe; Cambissolo Háplico Carbonático – CXk; Latossolo Amarelo Distrófico – Lad; Latossolo Vermelho-amarelo Distrófico – LVAd; Neossolo Litólico Distrófico – RLd; Planossolo Háplico Eutrófico – Sce (IBGE, 1998). Ante a diversidade de solos em constante interação com os aspectos exógenos, Sousa, Pereira e Cruz (2024, p. 4) afirmam que Jacobina está “inserido no bioma caatinga, no entanto, a geomorfologia/geologia local condiciona a existência de uma vegetação diversa como mata atlântica, cerrado, restinga, mata de galeria e campos de altitude”. Ressalta-se que o uso e ocupação da terra promove degradações sistêmicas, especialmente, em virtude de processos de urbanização em planícies de inundações, ocasionando desmatamento de matas ciliares, impermeabilização do solo e indução de desastres deflagrados por perigos hidrológicos.

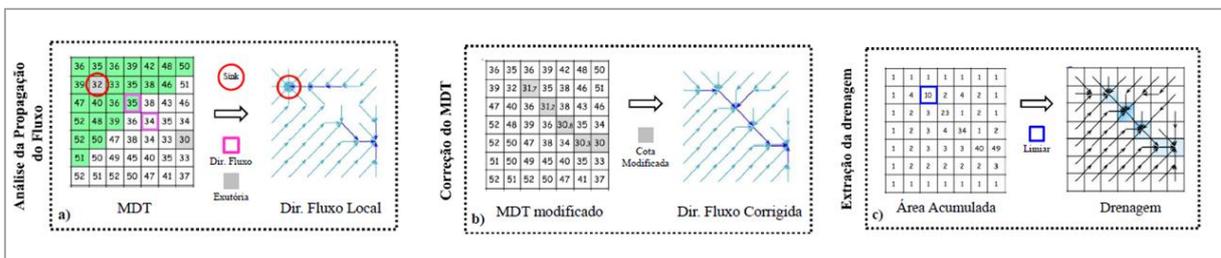
Procedimentos metodológicos

Na fase inicial do estudo, foi estruturado um banco de dados em ambiente SIG. Utilizou-se o *Software* livre e gratuito Qgis (versão 3.28.14) para realização dos processamentos e geração de mapas síntese. Esta etapa contou com inserção de dados multiescalares de temas variados referentes ao município de Jacobina, tais como: estruturas territoriais (vetores), dados ambientais da área de estudo (vetores) e MDE (raster). Todos os dados foram reprojetoados para o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) SIRGAS 2000 / UTM Zona 24S.

O MDE utilizado foi do projeto TOPODATA, proveniente de interpolação por krigagem de dados *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) realizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (Valeriano, 2005). A resolução espacial do MDE é de 30 metros e foi disponibilizado virtualmente em novembro de 2011 (INPE, 2011). No *software* gerenciador de SIG, realizou-se mosaico de três folhas do TOPODATA, quais sejam: 10S42_, 11S42_ e 11S405. Posteriormente, houve recorte do dado raster a partir de *shapefile* do município de Jacobina (camada máscara).

O MDE foi inserido ao *Model Height Above Nearest Drainage* (HAND), um *software* escrito em C++ e desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em parceria com o Centro de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN) (HAND, 2011). Este modelo matemático foi adotado devido a precisão estabelecida pela normalização de grade matricial sem haver necessidade de definir limite inicial para o canal de drenagem (Nobre *et al.*, 2011). No *HAND Model*, foram gerados os seguintes produtos: Direção do Fluxo de Drenagem (DFD) e correção de ruídos do MDE; obtenção da rede de drenagem (Figura 3); e geração da topologia HAND (MDE normalizado). Neste trabalho, utilizou-se limiar de 4,05 km², visando reduzir contribuição das drenagens de pequena ordem, conforme metodologia adotada por Momo *et al.* (2016).

Figura 3 - Geração de dados no *HAND Model*: a) Direção de Fluxo; b) Correção de ruídos; c) Rede de drenagem



Fontes: Nobre *et al.*, 2011; Goerl; Michel; Kobiyama, 2017. Fonte: os autores, 2024.

A topologia HAND foi importada para o ambiente SIG, possibilitando classificação de suscetibilidade a inundações em três classes: baixa, média e alta. Esta metodologia foi adaptada de Queiroga, Figueira e Cunico (2024), que mapearam áreas de inundações no município de João Pessoa (PB) (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação da suscetibilidade à inundação

SUSCETIBILIDADE	HAND (m)
Alta	0 - 2
Média	2 - 4
Baixa	4 - 5

Fonte: os autores, 2024.

Neste trabalho, definiu-se muito baixa suscetibilidade para áreas que necessitam de cotas maiores que 5 metros para inundações, segundo a topologia HAND. Ademais, foi extraída, mediante complemento *Quick Map Services* no Qgis, cena do Google Satélite com resolução de 5 metros de 2023 (GOOGLE, 2023). A fotointerpretação desse dado raster, acesso a registros de inundações publicizados em redes sociais, sites e blogs (levantamento documental), bem como, observações sistemáticas em campo, foram basilares para verificar, qualitativamente, o desempenho do HAND no processo de geração de

modelo de suscetibilidade à inundações. A saber, foram 20 atividades de campo desenvolvidas entre 2021 a 2024.

O estudo recortou uma área com ausência de dados específicos sobre vazão fluviométrica e cotas de inundações. Dessa forma, foram considerados os estudos de Marinho (2018) e de Novais (2020) sobre eventos de inundações nos rios Itapicuru-mirim e do Ouro, respectivamente, para identificar pontos de inundações coincidentes com o modelo.

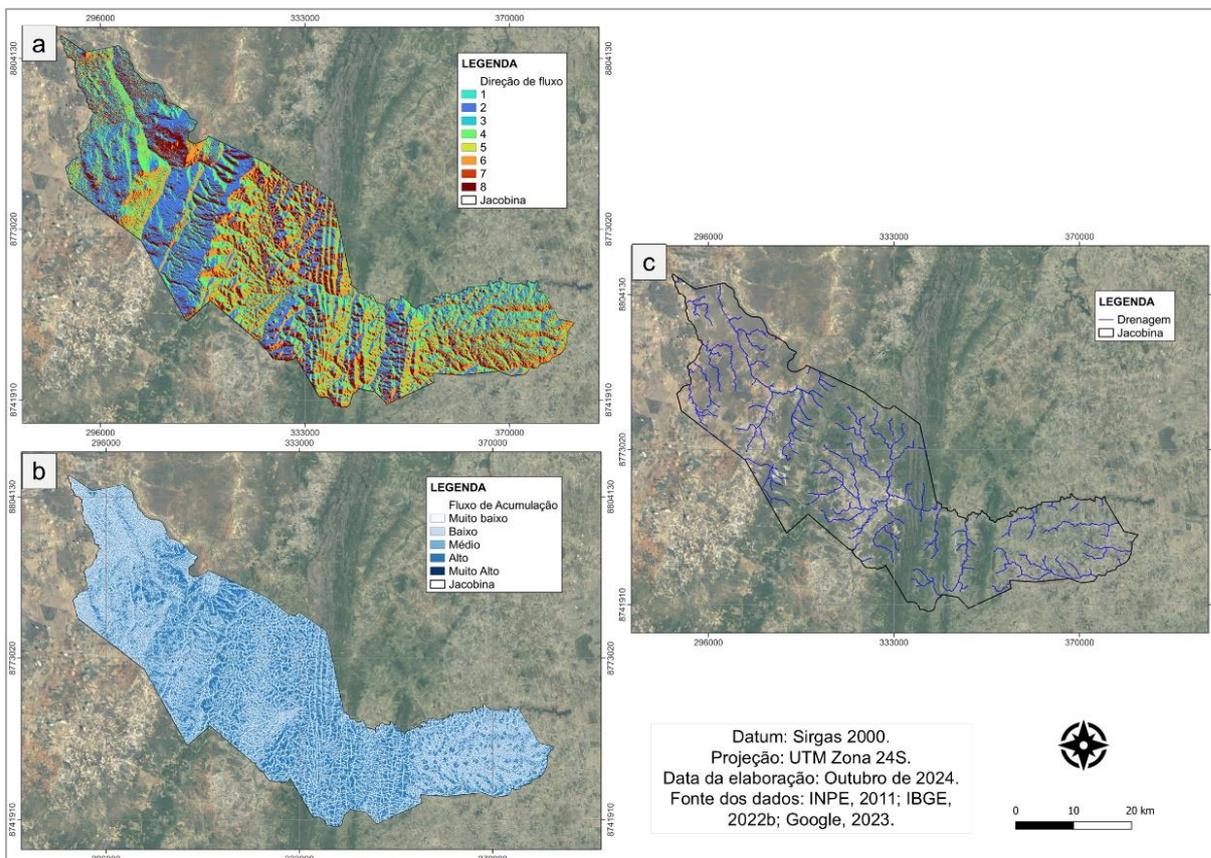
No contexto das visitas de campo, foram verificadas marcas de inundações, assoreamento de canais retificados e áreas com elevação do lençol freático para validação de áreas apontadas como suscetíveis após geração de topologia HAND. Além disso, a validação qualitativa foi complementada por entrevista informal com agente da defesa civil de Jacobina, que relatou históricos de inundações e pontos críticos. Esses relatos foram comparados com o modelo para ratificar pontos de inundações identificados pelo HAND.

RESULTADOS

A limitada eficiência no monitoramento e aplicação de dispositivos de ordenamento territorial, tem contribuído para a criação de áreas inseguras devido à localização de edificações em áreas de riscos. Assim sendo, realizou-se o mapeamento e classificação de áreas suscetíveis à inundações no município de Jacobina, visando o subsídio a tomadas de decisão para vedar a formação de novas zonas de desastres.

O mapeamento foi permitido pela geração de direção de fluxo, acumulação e drenagem no HAND *Model* (Figura 4), bem como, topologia HAND corrigida.

Figura 4 - Município de Jacobina: a) Direção de fluxo; b) Fluxo de acumulação; c) Drenagem, 2024

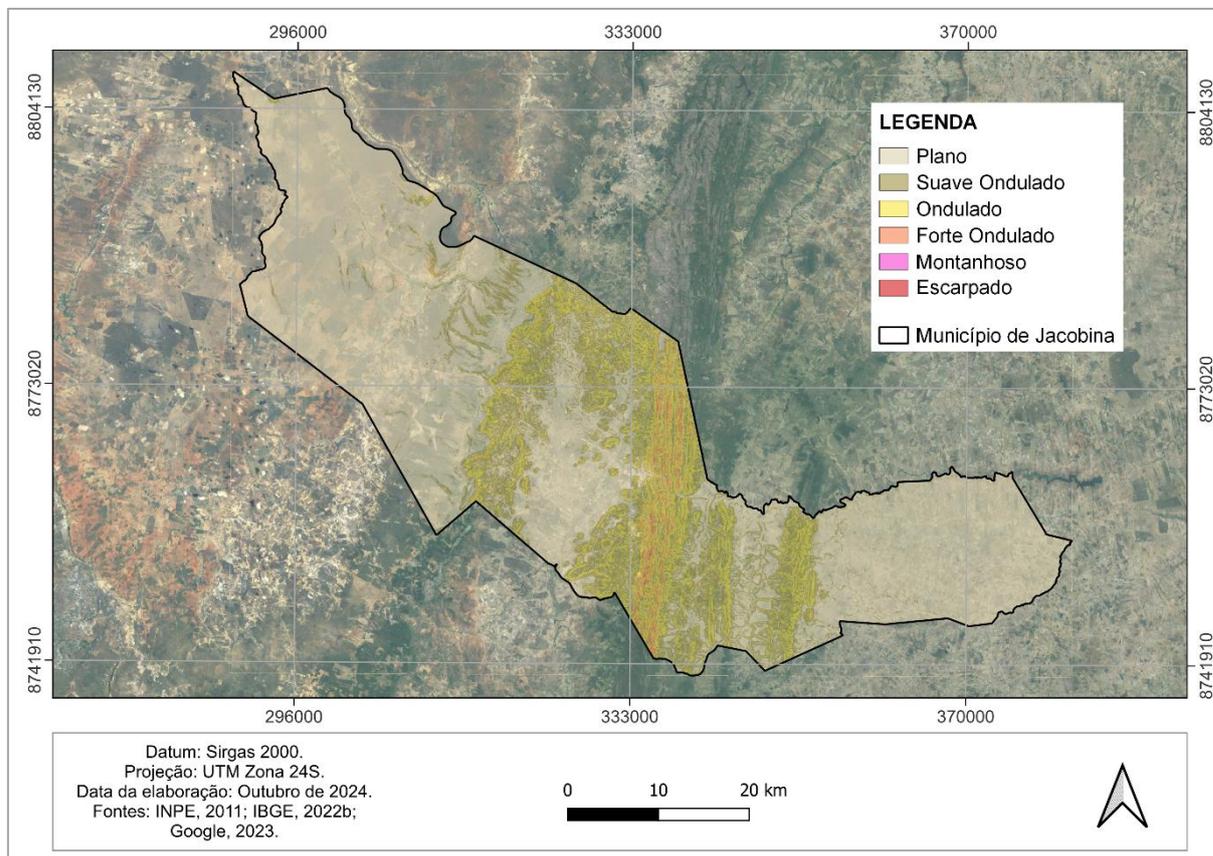


Fontes: INPE, 2011; IBGE, 2022b; Google, 2023. Fonte: os autores, 2024.

O mapeamento do fluxo de drenagem revela a direção preferencial do escoamento superficial da água no município de Jacobina. Através da correção de ruídos nos dados, foi gerado o mapa de fluxo de

acumulação (Figura 4b), que evidencia a quantidade de água que se acumula em cada ponto do terreno. Nele, as áreas mais escuras indicam os locais com maior acúmulo hídrico, enquanto as áreas mais claras representam os locais com menor acúmulo. Evidentemente, as áreas com alto fluxo de acumulação estão situadas em zonas de baixos declives, ou seja, em áreas de relevo plano (Figura 5).

Figura 5 - Município de Jacobina: mapa de classificação do relevo, 2024



Fontes: INPE, 2011; IBGE, 2022b; Google, 2023. Fonte: os autores, 2024.

A partir do MDE do projeto TOPODATA, a classificação do relevo foi estabelecida mediante classes de declividade: plano: 0 a 3%; suave ondulado: 3 a 8%; ondulado: 8 a 20%; forte ondulado: 20 a 45%; montanhoso: 45 a 75%; e escarpado: >75% de declividade (EMBRAPA, 1977).

Além disso, classificou-se a suscetibilidade a inundações no município de Jacobina (Figura 6). O zoneamento evidencia que o município apresenta diversas áreas propensas a eventos hidrológicos, sendo necessário evitar novos usos e ocupações da terra. Cabe ressaltar que essas zonas também podem ser consideradas Áreas de Preservação Permanente (APPs) em razão da proximidade ao canal normal de drenagem (BRASIL, 2012b).

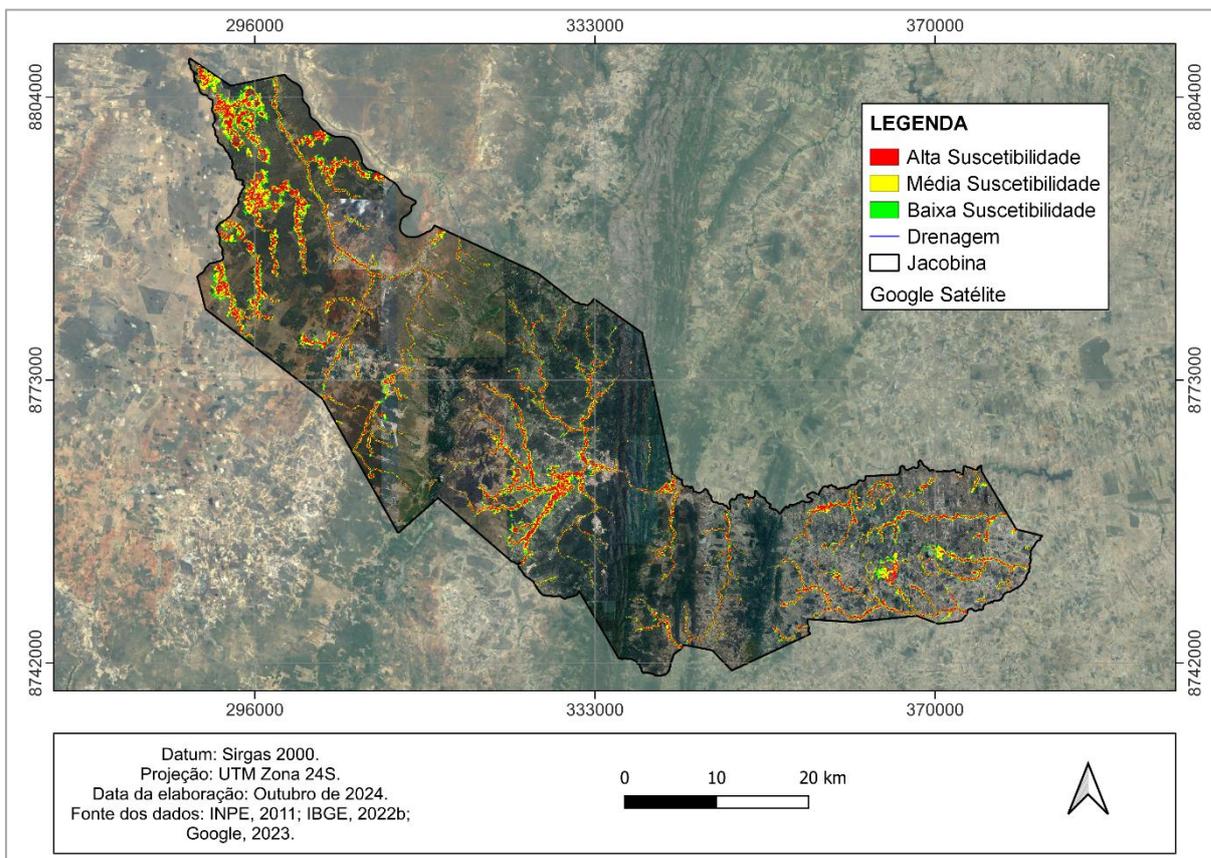
No ambiente SIG, utilizou-se calculadora de campo para medição de área em km² por classe de suscetibilidade (Tabela 2).

Tabela 2 - Áreas por classes de suscetibilidade à Inundação em Jacobina, 2024

SUSCETIBILIDADE	Área (km ²)
Alta	93,9
Média	92,1
Baixa	38,7

Fonte: os autores, 2024.

Figura 6 -Município de Jacobina: mapa de suscetibilidade a inundações, 2024



Fontes: INPE, 2011; IBGE, 2022b; Google, 2023. Fonte: os autores, 2024.

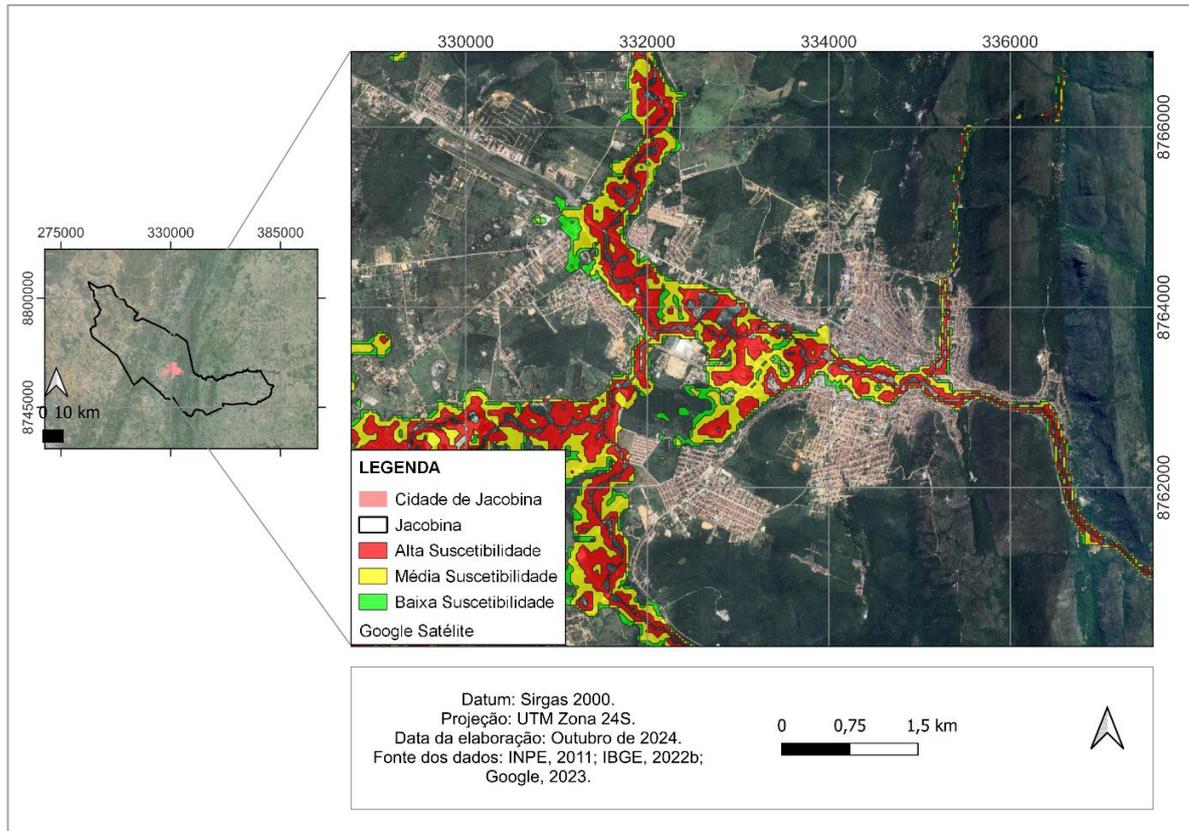
Pontua-se que 224,7 km² do município de Jacobina apresenta suscetibilidade a inundações (10,2% do território municipal), sendo 41,8% alta suscetibilidade, 41% média suscetibilidade e 17,2% baixa suscetibilidade. A atenção deve ser redobrada em áreas de muito alta suscetibilidade, em razão de maior chance de deflagração, possivelmente, acompanhada de impactos ambientais na BH.

O mapeamento evidenciou zonas com muito alta suscetibilidade em áreas com histórico de inundações, em especial na área urbana da cidade de Jacobina (Figura 7). O modelo coincide com canais de maior contribuição que fluem por área atualmente urbanizada: rio Itapicuru-mirim, rio do Ouro e rio Catuaba. Muitas áreas adjacentes a esses canais, podem ser consideradas de riscos em virtude da exposição humana.

Marinho (2018) destacou ocorrências de inundações do rio Itapicuru-mirim nos anos de 1974, 1980, 1994, 2002 e 2004. Todas essas inundações ocorreram no Bairro Centro de Jacobina, coincidindo com o modelo de predição gerado pelo HAND. A área mais afetada pelas inundações é a Avenida Orlando Oliveira Pires, com registros de perdas materiais e prejuízos econômicos. Além disso, destaca-se prejuízos nas adjacências ao Mercado Velho, com impactos oriundos do aumento da vazão hídrica advinda do encontro dos rios Itapicuru-mirim e do Ouro. Verificou-se em campo que o assoreamento do rio Itapicuru-mirim é um fator crucial para as inundações na parte central da cidade, pois reduz a profundidade do canal e, conseqüentemente, intensifica as chances de inundações, tanto no local quanto à jusante.

O rio Itapicuru-mirim drena na área urbana no sentido oeste-leste, tendo possibilidade de inundações em todo o seu curso principal, em especial devido à impermeabilização das várzeas e assoreamento desse canal. Alagamentos também podem ocorrer nas adjacências do rio Itapicuru-mirim por diversos motivos, entre os quais: baixas declividades (relevo plano), transbordamento de canais de menor contribuição e problemas relacionados à entupimento de bueiros.

Figura 7 - Área urbana da cidade de Jacobina: mapa de suscetibilidade a inundações, 2024



Fonte: IBGE, 2022b; INPE, 2011; Google, 2023. Fonte: os autores, 2024.

Historicamente, outros eventos de inundação foram registrados em áreas tipificadas como de suscetibilidade neste trabalho, destacando-se extravasamentos do rio do Ouro. Novais (2020) analisou o desastre hidrometeorológico ocorrido em dezembro de 2018, apontando danos humanos e materiais: 22 desabrigados, 35 desalojados, 130 moradias danificadas e 8 totalmente destruídas, entre outras consequências socioeconômicas. Em 2019, também aconteceu evento de grandes proporções causando prejuízos ao bairro Leader, cidade de Jacobina (Figura 8). Esses e outros desastres enunciam os resultados de uso e ocupação da terra sem levar em conta as propensões naturais do relevo.

Figura 8 - Área urbana da cidade de Jacobina: inundação do rio do Ouro, 2019



Fonte: Tribuna regional, 2019. Organização: os autores, 2019.

Araújo (2013, p. 73) destacou que a “ocupação em áreas de declividade elevada e impróprias, colabora para acelerar processos erosivos e aumentar o fluxo hídrico superficial”. Nesse contexto, pode-se dizer que a urbanização de encostas tem intensificado as possibilidades de inundações e alagamentos nas várzeas dos rios de Jacobina, em razão do aumento dos fluxos de drenagem e acumulação. Desse modo, o risco de desastres a inundações deriva de interrelações ambientais, sendo necessário prevenir formação de novas áreas mediante aplicação da legislação concernente ao uso e ocupação da terra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir desse trabalho, foi possível mapear áreas suscetíveis a inundações no município de Jacobina. Foi constatado que o município tem uma rede de drenagem disposta sob relevo eminentemente plano intercalado por serras e morros residuais. Esses aspectos naturais condicionam propensões naturais aos extravasamentos dos canais de drenagem para várzeas, com graus de suscetibilidades que variam, principalmente, em decorrência das características topográficas.

Os resultados indicam que cerca de 82% das áreas suscetíveis a inundações são classificadas como alta e média. Esse dado se deve à estratégia metodológica adotada, onde foi estabelecida uma variação de 2 metros de cota fluviométrica simulada com topologia HAND para ambas as classes. Por sua vez, a classe de baixa suscetibilidade teve variação de 1 metro no modelo preditivo. A opção por esse procedimento visou enfatizar a vetorização de áreas com maior chance de deflagração do perigo.

Com relação à modelagem, independentemente da ausência de dados hidrológicos mais específicos, o resultado foi satisfatório, pois todos os pontos de inundação registrados por Marinho (2018) e Novais (2020) coincidem com a classificação de suscetibilidade. Ademais, os apontamentos do agente da defesa civil de Jacobina, que indicou sinistros por inundações nos bairros Nazaré, Centro e Leader, também evidenciam a validade do modelo gerado. As atividades de campo, por sua vez, foram fundamentais para ratificar os pontos de inundação, especialmente porque foi possível observar áreas assoreadas em todos os rios urbanos de Jacobina, além das impermeabilizações das várzeas, fatores que intensificam os processos de extravasamento dos canais de drenagem.

Destaca-se o mapeamento produzido como uma simulação de desdobramentos, sendo equivocado esperar exatidão. Quando se trata de eventos sistêmicos, é importante a compreensão da contingência nas intrincadas relações ambientais. Desse modo, a classificação das áreas de suscetibilidade não anuncia ocorrência de futuras inundações, tampouco aponta impossibilidades de inundações em áreas não mapeadas. Todavia, diante dos dados coletados e dos produtos gerados, evidencia-se tendências plausíveis de manifestações de inundação.

É patente o desenvolvimento de estudos por classe de suscetibilidade no município de Jacobina, pois um planejamento ambiental eficaz deve estar balizado em avaliações detalhadas, primando pela gestão integral de riscos de desastres. Por meio de técnicas de Geoprocessamento, deve-se construir ambientes de SIG robustos, em especial, com dados produzidos em escala de detalhe para subsidiar tomadas de decisão adequadas à resiliência ambiental.

No âmbito do ordenamento, gestão e planejamento ambiental, é fundamental a aplicação rigorosa das leis existentes sobre o uso e ocupação da terra. Afirma-se que a efetiva execução do Plano Diretor Municipal, com ênfase nas áreas de suscetibilidade e de riscos, são pilares para um desenvolvimento ambiental sustentável. Para tanto, é essencial que os Poderes Públicos, em parceria com a sociedade civil organizada, Secretaria de Defesa civil e comunidade em geral, unam-se para elaborar e implementar medidas mitigadoras de riscos de desastres no município de Jacobina.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. G. **Expansão urbana no distrito sede do município de Jacobina, Bahia, no período de 1969 a 2008**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Salvador: UFBA, 2013.

BITAR, O. Y. *et al.* **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações – 1:25:000**: nota técnica explicativa. São Paulo: IPT; Brasília: CPRM, 2014. p. 42.

BRASIL. **LEI N° 12.608, DE 10 DE ABRIL DE 2012**. 2012a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12608.htm. Acesso em: 22 nov. 2021.

- BRASIL. **LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012**. 2012b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 27 nov. 2022.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.; MEDEIROS, C.M.B.; MAGALHÃES, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: SBC/X Escola de Computação, 1996.
- CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ministério das Cidades; IPT, 2007b. p. 176.
- CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais** [online], 93. 2011. <https://doi.org/10.4000/rccs.165>
- EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ)**. Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1979.
- FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. ed. 3. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- GOERL, R. F.; MICHEL, G. P.; KOBAYAMA, M. Mapeamento de áreas susceptíveis a inundação com o modelo HAND e análise do seu desempenho em diferentes resoluções espaciais. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 1, p. 61-69, 2017.
- GOOGLE. **Google Satellite**. 2023. Disponível em: Quick Map Services no QGIS. Resolução de 5 metros. Acesso em: 9 jul. 2024.
- HAND MODEL: A new look over the landscape. Versão 1.0. Brasília: INPE; CEMADEN, 2011. Software. Disponível em: <https://handmodel.ccst.inpe.br/?ddownload=1270>. Acesso em: 8 out. 2024.
- IBGE. **Censo 2022 – Panorama**. 2022a. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 27 jun. 2024.
- IBGE. **Malhas territoriais**. 2022b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html>. Acesso em: 09 jul. 2024.
- IBGE. **Banco de Dados e Informações Ambientais - BDIA**. 1998. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>. Acesso em: 28 jun. 2024.
- INPE. **TOPODATA: Banco de dados geomorfométricos do Brasil**. 2011. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/topodata>. Acesso em: 28 jun. 2024.
- JACOBINA (Município). **Lei n.º 788, de 18 de outubro de 2006**. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Jacobina e dá outras providências. Legislação Municipal de Jacobina/BA, 2006. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/plano-diretor-jacobina-ba>. Acesso em: 12 ago. 2022.
- JACOBINA. 2023. **Lei n.º 1957 de 05 de abril de 2023 - institui a Secretaria Municipal de Proteção e Defesa Civil**. 2023.
- LORANDI, R.; CANÇADO, C. J. Parâmetros Físicos para Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. In: SHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Orgs.). **Conceitos de Bacias Hidrográficas: Teorias e Aplicações**. Ilhéus: Editus, 2002. p. 36-65.
- MARINHO, N. S. **Identificação de eventos de inundação do rio Itapicuru Mirim no perímetro urbano de Jacobina, Bahia (1974 – 2004)**. TCC (Graduação em Geografia) – Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Ciências Humanas, 2018. p. 58.
- MARINHO, N. S.; GÓES, L. M.; BAITZ, E. O. F. Identificação de eventos de inundação do rio Itapicuru Mirim no perímetro urbano de Jacobina – BA (1974 – 2004). **Rlahige**, Ilhéus, v. 1, n. 1. p. 201-225, out. 2021. <https://doi.org/10.36113/rlahige.v1i1.3295>
- MARINHO, R. R.; SILVA, E. C. M. Análise morfométrica de áreas afetadas por inundação urbana em Manaus (AM). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 17, n. 59 Set/2016, p. 162–176. <https://doi.org/10.14393/RCG175910>
- MARTINELLI, M. **Cartografia Temática: Caderno de Mapas**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.
- MENDONÇA, F.; BUFFON, E. A. M. Riscos híbridos. In: MENDONÇA, F. (org.). **Riscos híbridos: concepções e perspectivas socioambientais**. ed. 1. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. p. 13-38.

- MIGUEZ, M. G.; GREGÓRIO, L. T. D.; VERÓL, A. P. **Gestão de riscos e desastres hidrológicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. p. 340.
- MOMO, M. R.; PINHEIRO, A.; SEVERO, D. L.; CUARTAS, L. A.; NOBRE, A. D. Desempenho do modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis à inundação usando dados de alta resolução espacial. **RBRH**, Porto Alegre, vol. 21, n°.1, jan./mar. 2016 p. 200-208.
<https://doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p200-208>
- MORENO, M. A. F. Repensando os riscos, com um olhar desde o território. In: LOURENÇO, L.; AMARO, A. (orgs.). **Riscos e crises: da teoria à plena manifestação**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2018. p. 79-102.
- NASCIMENTO, N. A.; SILVA, W. L. **Diagnóstico de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações para gestão e planejamento de riscos na cidade de Jacobina, Bahia**. TCC (graduação em Geografia) – Departamento de Ciências Humanas, Universidade do Estado da Bahia, Jacobina, 2022.
- NOBRE, A. D. *et al.* Height Above the Nearest Drainage – a hydrologically relevant new terrain model. **Journal of Hydrology**, Volume 404, Issues 1–2, 29 June 2011, p. 13-29.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.051>
- NOVAIS, M. P. S. Análise do desastre hidrometeorológico ocorrido em dezembro de 2018 na cidade de Jacobina – BA. **Geog Ens Pesq**, Santa Maria, v. 24, e27, 2020.
<https://doi.org/10.5902/2236499440721>
- QGIS. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.28.14. Beaverton: Open Source Geospatial Foundation, 2024. Software.
- QUEIROGA, A. A.; FIGUEIRA, H. J. A.; CUNICO, C. Correlação entre crescimento urbano e áreas sujeitas a inundação no município de João Pessoa-PB. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 25, n. 98, 2024, p. 284–298. <https://doi.org/10.14393/RCG259869966>
- SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.
- SATHLER, D. Repercussões locais das mudanças climáticas globais: urbanização, governança e participação comunitária. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 15, n. 51, p. 1–19, 2014.
<https://doi.org/10.14393/RCG155126626>
- SILVA, W. L.; NASCIMENTO, N. A.; JESUS, J. A. Avaliação de medidas estruturais de combate a riscos de inundações urbanas no rio Itapicuru-mirim, Jacobina, Bahia. **Rlahige**, Ilhéus, v.3, n.3, 2023, p.31-49. <https://doi.org/10.36113/rlahige.v3i3.3750>
- SOARES, L. A. A. O enfoque Sociológico e da Teoria Econômica no Ordenamento Territorial. In: ALMEIDA, F. G. de.; SOARES, L. A. A. (orgs.). **Ordenamento territorial: Coletânea de Textos com Diferentes Abordagens no Contexto Brasileiro**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- SOUSA, I. I. F.; PEREIRA, R. G. F. de A.; CRUZ, S. C. P. Inventário do Patrimônio Geológico do Município de Jacobina, Bahia. **Pesquisas em Geociências**, [S. l.], v. 51, n. 1, 2024. 10.22456/1807-9806.131571.
- TRIBUNA REGIONAL. **Forte chuva cai sobre Jacobina (BA) e causa estragos por toda a cidade**. 2019. Disponível em: <https://www.tragora.com.br/forte-chuva-cai-sobre-jacobina-e-causa-estragos-em-toda-cidade/>. Acesso em: 09 jul. 2024.
- VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 1-8.
- VALERIANO, M. M. Dados topográficos. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 72-104.
- VEYRET, Yvette. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. Tradutor: Dilson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007.

Recebido em: 28/07/2024

Aceito para publicação em: 21/11/2024