ISSN: 1519-7816
https://periodicos.ufcat.edu.br/espaco

ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO DE DOMICÍLIOS EM MUNICÍPIOS COSTEIROS DO NORDESTE BRASILEIRO E APLICABILIDADES PARA O PLANEJAMENTO URBANO FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Sarah Andrade Sampaio[1]
Diego Silva Salvador [2]
Regina Célia de Oliveira[3]

SAMPAIO, Sarah Andrade; SALVADOR, Diego Silva; OLIVEIRA, Regina Célia de. Análise da suscetibilidade à inundação de domicílios em municípios costeiros do nordeste brasileiro e aplicabilidades para o Planejamento Urbano frente às mudanças climáticas. **Espaço em Revista**, Catalão, v. 28, n. 1, p. 155–175, 2026. DOI: https://doi.org/10.70261/er.v28i1.75229. Disponível em: https://periodicos.ufcat.edu.br/index.php/espaco/article/view/75229.

Esta obra está licenciada com uma Licença CC BY 4.0 . Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

Recebido: 03/03/2026 | **Aceito:** 05/03/2026 | **Publicado**: 17/03/2026

Resumo: Este artigo insere-se no contexto das crescentes preocupações com os impactos das mudanças climáticas sobre áreas urbanas costeiras no Nordeste brasileiro, onde a expansão das áreas urbanas intensifica a exposição populacional a eventos hidrometeorológicos extremos. O objetivo do estudo é identificar áreas suscetíveis à inundação nos municípios de Eusébio (CE) e Valença (BA), empregando o modelo HAND (Height Above Nearest Drainage) como ferramenta de suporte ao planejamento urbano. A metodologia envolveu a modelagem das áreas de suscetibilidade à inundação, seguida da sobreposição com dados populacionais e domiciliares do IBGE (2022), permitindo uma análise integrada entre características geomorfológicas e padrões de ocupação. Os resultados revelam que a maioria dos domicílios está inserida em zonas de Alta e Muito Alta suscetibilidade à inundação: 87,1% em Eusébio e 80% em Valença. Em Valença, predomina a ocupação de baixo padrão em áreas críticas, enquanto em Eusébio observa-se um processo recente de expansão urbana influenciado pela especulação imobiliária. Conclui-se que o modelo HAND mostrou-se eficaz na identificação de áreas críticas e, aliado à integração de outros dados em SIG, apresenta potencial para subsidiar políticas públicas de prevenção e mitigação, alinhadas à justiça ambiental e à resiliência urbana. Recomenda-se a formulação de planos locais de emergência articulados com a gestão territorial para os dois municípios analisados

Palavras-chave: HAND Model. Zona Costeira. Dinâmica climática. Populações vulneráveis. Planejamento Urbano.

ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE LAS VIVIENDAS A INUNDACIONES EN MUNICIPIOS COSTEROS DEL NORDESTE DE BRASIL Y SU APLICABILIDAD A LA PLANIFICACIÓN URBANA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

[1]Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (IG/Unicamp) Campinas, São Paulo, Brasil, E-mail: sarahandradegeo@gmail.com
[2]Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (IG/Unicamp) Campinas, São Paulo, Brasil, E-mail: diegosilvasalvador@gmail.com
[3]Professora do Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (IG/Unicamp) Campinas, São Paulo, Brasil, E-mail: regina5@unicamp.br

Resumen: Este artículo se enmarca en el contexto de las crecientes preocupaciones sobre los impactos del cambio climático en las áreas urbanas costeras del nordeste de Brasil, donde la expansión de las zonas urbanas intensifica la exposición de la población a eventos hidrometeorológicos extremos. El objetivo del estudio es identificar áreas susceptibles a inundaciones en los municipios de Eusébio (CE) y Valença (BA), utilizando el modelo HAND (Height Above Nearest Drainage) como herramienta de apoyo a la planificación urbana. La metodología implicó la modelación de las áreas de susceptibilidad a inundaciones, seguida de la superposición con datos poblacionales y de viviendas del IBGE (2022), permitiendo un análisis integrado entre las características geomorfológicas y los patrones de ocupación. Los resultados revelan que la mayoría de las viviendas se encuentran ubicadas en zonas de Alta y Muy Alta susceptibilidad a inundaciones: 87,1 % en Eusébio y 80 % en Valença. En Valença, predomina la ocupación de bajo estándar en áreas críticas, mientras que en Eusébio se observa un proceso reciente de expansión urbana influenciado por la especulación inmobiliaria. Se concluye que el modelo HAND resultó eficaz en la identificación de áreas críticas y, combinado con otros datos en sistemas de información geográfica (SIG), presenta potencial para respaldar políticas públicas de prevención y mitigación, alineadas con la justicia ambiental y la resiliencia urbana. Se recomienda la formulación de planes locales de emergencia articulados con la gestión territorial para ambos municipios analizados.

Palabras-clave: Modelo HAND. Zona Costera. Dinámica Climática. Poblaciones Vulnerables. Planificación Urbana.

1. Introdução

A zona costeira do nordeste do Brasil possui uma diversidade de interações que trazem dinamismo a organização dos processos e definem formas, seja do ponto de vista do funcionamento da natureza, na relação entre oceano, continente e atmosfera, seja dada pelos padrões de ocupação da sociedade, que fixam suas moradias em porções do território susceptíveis a ocorrência de perdas ou danos causados por eventos adversos de natureza hídrico-geomorfológica, como as inundações.

Entende-se como suscetibilidade à inundação a propensão de determinada área apresentar acúmulo de água superficial em função de suas características morfométricas e ambientais, especialmente durante eventos climáticos extremos. Tal conceito difere do risco, pois não considera diretamente a presença humana ou o valor dos bens expostos, mas apenas a possibilidade física do fenômeno ocorrer (Queiroga et al., 2023). Nas últimas décadas, com o aumento da frequência e intensidade dos eventos hidrometeorológicos e a intensificação da ocupação desordenada em áreas de risco, os estudos sobre suscetibilidade tornaram-se essenciais para subsidiar políticas públicas de gestão urbana e territorial (Brasil, 2016).

Postos como objetos de estudo, são apresentadas as áreas urbanas de dois municípios da zona costeira do Nordeste brasileiro: Eusébio, no estado do Ceará, localizado na Região Metropolitana de Fortaleza, e Valença, na Bahia, situada a cerca de 120 km de Salvador. Ambos

CC BY

os municípios possuem condicionantes históricos e ambientais específicos, decorrentes de suas distintas localizações geográficas, que resultam em diferentes dinâmicas hidrogeomorfológicas. Essa diversidade interfere diretamente nos graus e níveis de suscetibilidade à inundação, moldados por fatores como regime hídrico, estrutura geológica, padrões de relevo, cobertura vegetal e uso do solo (Costa et al., 2020).

Ao serem analisadas as características naturais em conjunto com as problemáticas relacionadas à ocupação urbana, percebe-se que a conjugação desses fatores, agravada pelas mudanças climáticas globais, exige respostas mais eficazes dos entes municipais. Torna-se imprescindível que os planejadores urbanos elaborem e atualizem seus instrumentos de planejamento territorial, com destaque para os Planos Diretores, e implementem estratégias de monitoramento e prevenção aos eventos hidrológicos extremos e aos movimentos gravitacionais de massa.

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei nº 12.608/2012, estabelece em seu Art. 7º, inciso IV, a obrigação de "identificar e mapear as áreas de risco e realizar estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades" (BRASIL, 2012). Tal diretriz reforça a importância de integrar dados ambientais, sociais e urbanos para a construção de territórios mais resilientes. Planejar, nesse contexto, é um ato humano de organizar ações para cumprir determinado fim, frente às necessidades pessoais, comunitárias e do tempo histórico. A nível urbano, o planejamento deve vir da articulação das esferas institucionais e comunitárias, atentos à realidade da ocupação e das mudanças climáticas, fundamentais na construção de Planos Diretores municipais, políticas ambientais e de planos de enfrentamento aos riscos.

Diante disso, como ferramenta de auxílio ao planejamento urbano, este estudo utiliza o *software HAND* (*Height Above Nearest Drainage*) como ferramenta para identificação das áreas suscetíveis à inundação em Eusébio (Ceará) e Valença (Bahia). Ao considerar os condicionantes ambientais em cada município, são apontadas as manchas com suscetibilidade que, em seguida, são cruzadas com dados populacionais e de domicílios obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), permitindo uma análise integrada entre o território e os riscos associados à ocupação urbana.

São, assim, apresentadas ferramentas aplicáveis ao planejamento urbano municipal, com enfoque em procedimentos operacionais que possibilitem a identificação e sinalização de áreas críticas. A análise espacial desses dados torna-se um suporte essencial para a gestão do

CC BY

território, promovendo decisões mais assertivas na prevenção e mitigação de desastres naturais (Santos; Baptista, 2021).

Ao serem cruzados os dados populacionais e residenciais com as zonas de suscetibilidade à inundação, observa-se a urgência de medidas corretivas que busquem reverter ou mitigar os processos que levam populações vulneráveis a ocuparem áreas de risco. Além disso, é recomendável a formulação de planos locais de emergência, articulados com a defesa civil, visando à resposta rápida e eficiente diante de eventos extremos, em consonância com os princípios da resiliência urbana e da justiça ambiental (Rezende et al., 2019).

2. Metodologia

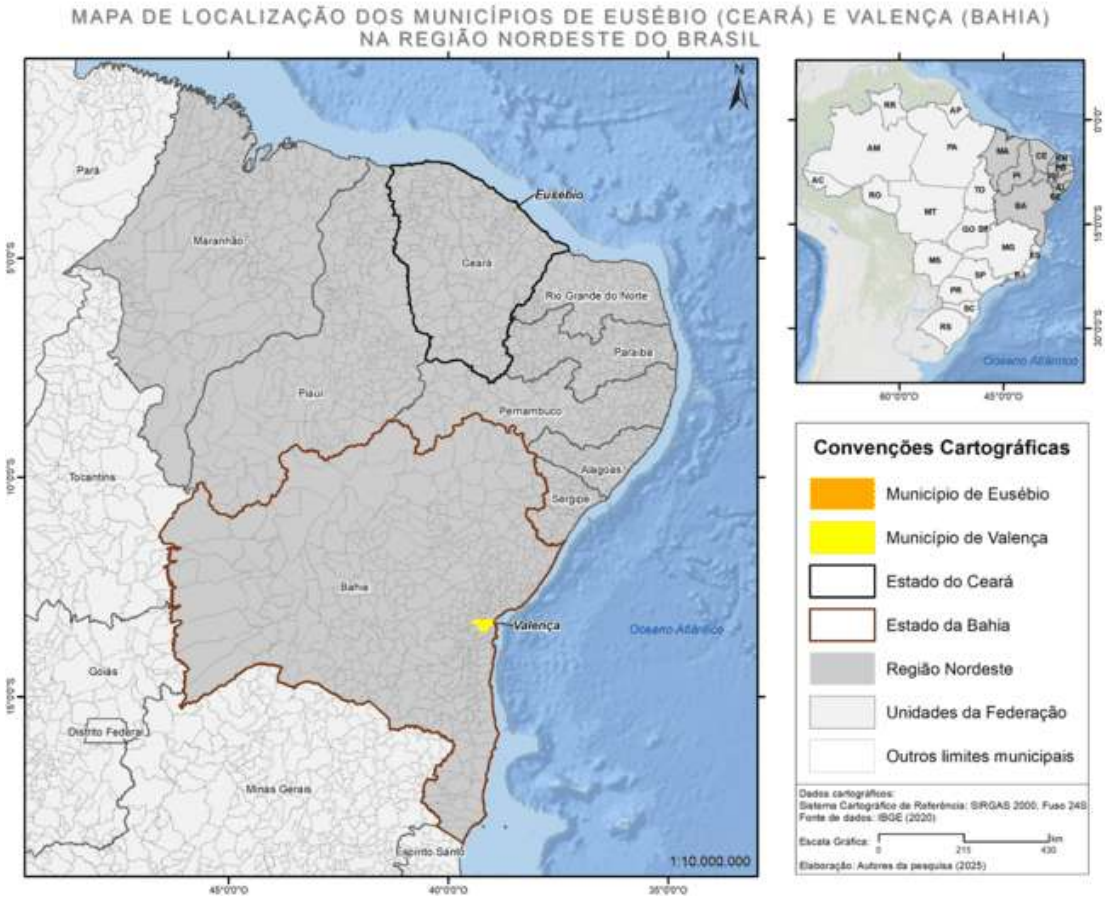
2.1 Área de estudo

O litoral nordestino brasileiro é geograficamente relevante por sua diversidade de formações costeiras, que variam entre as unidades federativas. Dentre elas, destacam-se os estados do Ceará e da Bahia, cujos litorais apresentam características ambientais distintas, mas compartilham desafios semelhantes no que se refere ao planejamento e ordenamento costeiro. Foram selecionados dois municípios para análise: Eusébio (Ceará) e Valença (Bahia), ambos localizados na zona costeira do Nordeste (Figura 1). A escolha se justifica pela similaridade populacional e localização estratégica, além de apresentarem diferentes formas de ocupação e processos naturais específicos.

O município de Eusébio situa-se entre a depressão sertaneja e o oceano Atlântico, inserido na zona costeira do Ceará. Por estar localizado no Litoral Setentrional do Brasil, possui a geomorfologia costeira marcada por tabuleiros pré-litorâneos, falésias, praias, terraços marinhos, campos de dunas, planícies fluviomarinhas, fluviais e lagunares (Ceará, 2016). A sede municipal encontra-se a uma altitude de 26,5 metros, com áreas sujeitas a inundações sazonais, sobretudo nas bordas e nas zonas de influência dos corpos hídricos. O clima tropical quente subúmido é marcado por temperaturas médias entre 26 °C e 28 °C, com chuvas concentradas entre janeiro e maio, totalizando 1390 mm anuais (Funceme, 2025; Ipece, 2024).

CC BY

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Autoria própria.

Do ponto de vista histórico, Eusébio é um município recente, fundado em 1987, a partir do desmembramento de Aquiraz, em resposta ao adensamento urbano da Região Metropolitana de Fortaleza (Nogueira, 2011). Possui uma população de 74.170 habitantes, com 34.761 endereços e 29.417 domicílios (IBGE, 2022). A expansão urbana ocorre sobre áreas alagáveis, muitas vezes em margens de rios e locais antes ocupados por lagoas, sujeitos a aterramento, o que intensifica a vulnerabilidade a inundações. A ocupação é influenciada por recentes melhorias em infraestrutura viária, o que impulsiona a conversão de áreas rurais em urbanas.

Eusébio é caracterizado como município dormitório, com ocupações voltadas a habitantes de média e alta renda, organizadas em loteamentos e condomínios horizontais. Essa forma de urbanização contribui para a crescente densificação da malha urbana, em detrimento de ambientes naturais. Já a Bahia, no Litoral Oriental brasileiro, apresenta costa composta por extensos manguezais, recifes, praias e falésias, influenciada por clima tropical úmido (Silva et

CC BY

al., 2007). O município de Valença, nesse contexto, possui clima tropical quente-úmido, com temperaturas médias entre 24,3 °C e 25,3 °C e precipitação anual superior a 1800 mm, com maior volume entre abril e junho.

Fundada em 1849, Valença apresenta ocupação histórica desde o final do século XVIII (IBGE, 2025). A urbanização iniciou-se em áreas elevadas, próximas a canais fluviais, mas expandiu-se para planícies fluviomarinhas e terraços condicionados por marés, zonas naturalmente suscetíveis a inundações. Atualmente, possui 85.655 habitantes, com 61.394 endereços e 44.994 domicílios urbanos (IBGE, 2022). O município apresenta área total de 1.124 km², dos quais 23,3 km² são urbanos, com forte contraste entre zonas urbanas densas e zonas rurais dispersas. Em comparação, Eusébio possui 78,6 km² totalmente classificados como área urbana.

Para fins de uma análise comparativa, os municípios foram selecionados pois possuem distintas dinâmicas da natureza, o que atribui diferentes características as áreas suscetíveis à inundação, com relação à intensidade do fenômeno, recorrência, amplitude nos terrenos, tamanho de área e quantitativo de domicílios atingidos, assim com diferentes cenários de impacto na população exposta à dinâmica dos processos hidrológicos.

2.2 Procedimentos operacionais

O trabalho foi elaborado em quatro etapas operacionais: (I) Fundamentação teórica em bases de pesquisa no tema e seleção das metodologias de mapeamento mais assertivas para os objetivos propostos; (II) aquisição das bases de dados georreferenciados; (III) aplicação do Modelo de Inundação (*HAND model*) para as áreas focais de análise dentro dos dois municípios propostos; (VI) análise dos dados do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos - CNEFE, produto da coleta do Censo Demográfico (IBGE, 2022) dentro das áreas de alta suscetibilidade à inundação.

Com detalhe na etapa de aquisição das bases de dados georreferenciados, essa configura-se como uma importante etapa no desenvolvimento deste trabalho. As bases de dados utilizadas correspondem: à malha de limites municipais, em arquivo shapefile, disponibilizado no site de malhas territoriais (IBGE, 2021); dados de canais fluviais, em arquivo shapefile, disponibilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2012); dois Modelos Digitais de Elevação (MDE) obtidos pelo sensor *Alos Palsar* da plataforma Alaska Satélite *Facility ALOS PALSAR* (2025), em arquivo raster, com resolução do pixel de 12,5 metros.

CC BY

Após o download dos dados básicos para a análise da suscetibilidade à inundação, foi utilizada como ferramenta um Sistema de Informações Geográficas (SIG) - *software* QGis versão 3.40, por ser um programa de uso livre e gratuito, para tratamento e gerenciamento dos dados espaciais e elaboração dos produtos cartográficos gerados posteriormente. Os SIGs dão suporte à "modelagem das paisagens", pelas quais derivam novas informações através da análise de dados espaciais (Novo, 1989).

A terceira etapa operacional corresponde à aplicação do Modelo de Inundação (*HAND model - Height Above the Nearest Drainage*, em tradução: altura acima da drenagem mais próxima). O modelo HAND foi concebido e inteiramente desenvolvido no Brasil, por uma rede de pesquisadores do INPE, CEMADEN e CNPq. A aplicação desse modelo captura com substância física a relação topográfica entre solo e água, ao normalizar a topografia de acordo com as altitudes relativas locais encontradas ao longo da rede de drenagem e, assim, apresenta a topologia dos potenciais gravitacionais relativos do solo, ou potenciais de drenagem locais (Nobre et al., 2011).

Para aplicação do modelo *HAND*, é necessário que seja feito o download do programa e do manual de uso, que podem ser baixados gratuitamente após cadastro (INPE, 2025). No programa, a entrada de dados é apenas com o MDE, e com alguns passos simples, são gerados seus produtos derivados: (a) LDD - Direção de fluxo da água, para identificar o caminho que as inundações podem seguir; (b) ACC - Fluxo de acumulação, calcula o quanto cada parte do terreno pode acumular de água, um fator chave na previsão de inundação; (c) DREN - Drenagem; (d) Raster do modelo *HAND*: produto final gerado no programa, que corresponde à elevação de um ponto em relação à drenagem mais próxima, fornecendo uma representação visual das áreas suscetíveis. Tais etapas de processamento foram detalhadas na Figura 2.

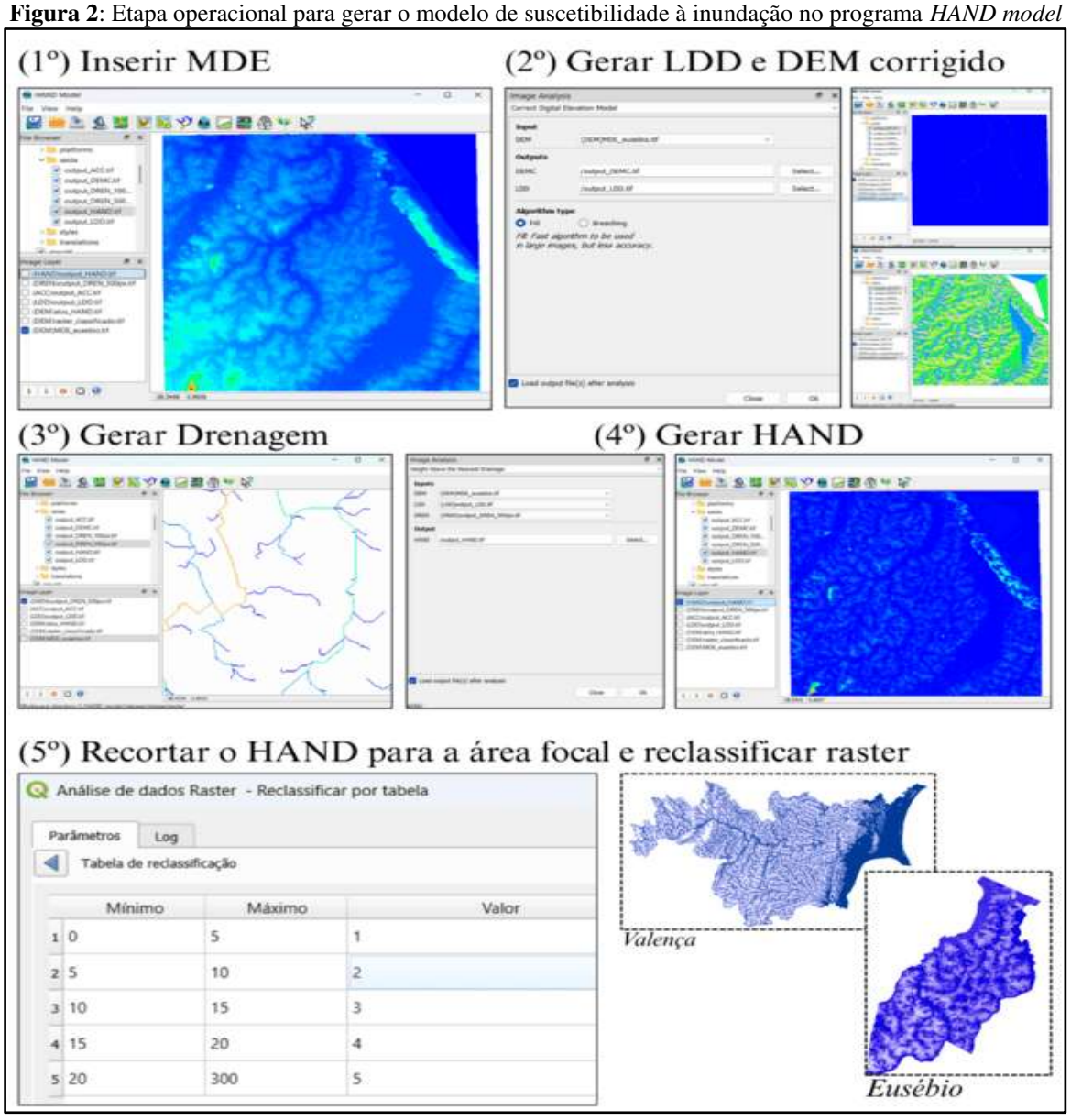
Após gerar os produtos citados no programa *HAND model*, o processamento dos dados e as etapas de análise foram realizados no QGis, o dado raster gerado passou por processo de recorte da área desejada, utilizando a ferramenta *Raster > Extrair > Recortar raster pela camada de máscara*. No caso do presente trabalho, o modelo *HAND* foi recortado e aplicado somente para as Áreas Urbanas com Baixa e Alta Densidade de Edificações, em cada um dos municípios, seguindo os limites das bases de setores censitários do IBGE (2022).

Após recortar o *HAND* para a área focal de análise, foi realizada a reclassificação dos dados, ainda no QGis, a partir da ferramenta *Processamento > Caixa de Ferramentas > Reclassificar Raster*. Segundo os critérios de reclassificação (Figura 2), os valores próximos de

CC BY

1 indicam as áreas com maior suscetibilidade à inundação, enquanto os valores próximos de 5 apontam para as áreas com menor suscetibilidade: (1) Muito Alta (0m a 5m), (2) Alta (5m a 10m), (3) Média (10m a 15m), (4) Baixa (15m a 20m), (5) Muito baixa (20m à cota máxima).

Figura 2: Etapa operacional para gerar o modelo de suscetibilidade à inundação no programa *HAND model*



Fonte: Autoria própria.

Cabe mencionar que, segundo Bittar (2014), a suscetibilidade à inundação pode ser relacionada às características naturais do terreno que favorecem o aumento do nível da água no canal de drenagem, resultando em transbordamentos que afetam planícies e terraços. Dessa forma, os aspectos hidrológicos, como os períodos de retorno das chuvas, volumes de água, entre outros, não serão analisados e discutidos, uma vez que estão mais ligados aos conceitos

CC BY

de Perigo e Risco.

A última etapa operacional deste trabalho corresponde à análise dos dados do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos - CNEFE, produto da coleta do Censo Demográfico (IBGE, 2022) dentro das áreas de alta suscetibilidade à inundação (classes com valores 1 e 2). Os dados do CNEFE correspondem a uma base de dados de pontos em formato *shapefile*, com diferentes classificações de endereços para todo o território nacional. Para o trabalho em questão, foram considerados somente as classes de Domicílios Particulares e Domicílios Coletivos.

Com os dados de elevação processados e as áreas críticas expostas e, por fim, identificando o quantitativo de domicílios presentes nestas áreas, apresenta-se neste trabalho, uma metodologia simples e assertiva de quantificação e identificação da proporção de pessoas e residências vulneráveis aos eventos climáticos que impõem cheias aos corpos hídricos, em diferentes áreas do Nordeste brasileiro. Tais dados e informações podem ser utilizados e gerenciados para ações de planejamento urbano em todo o Brasil.

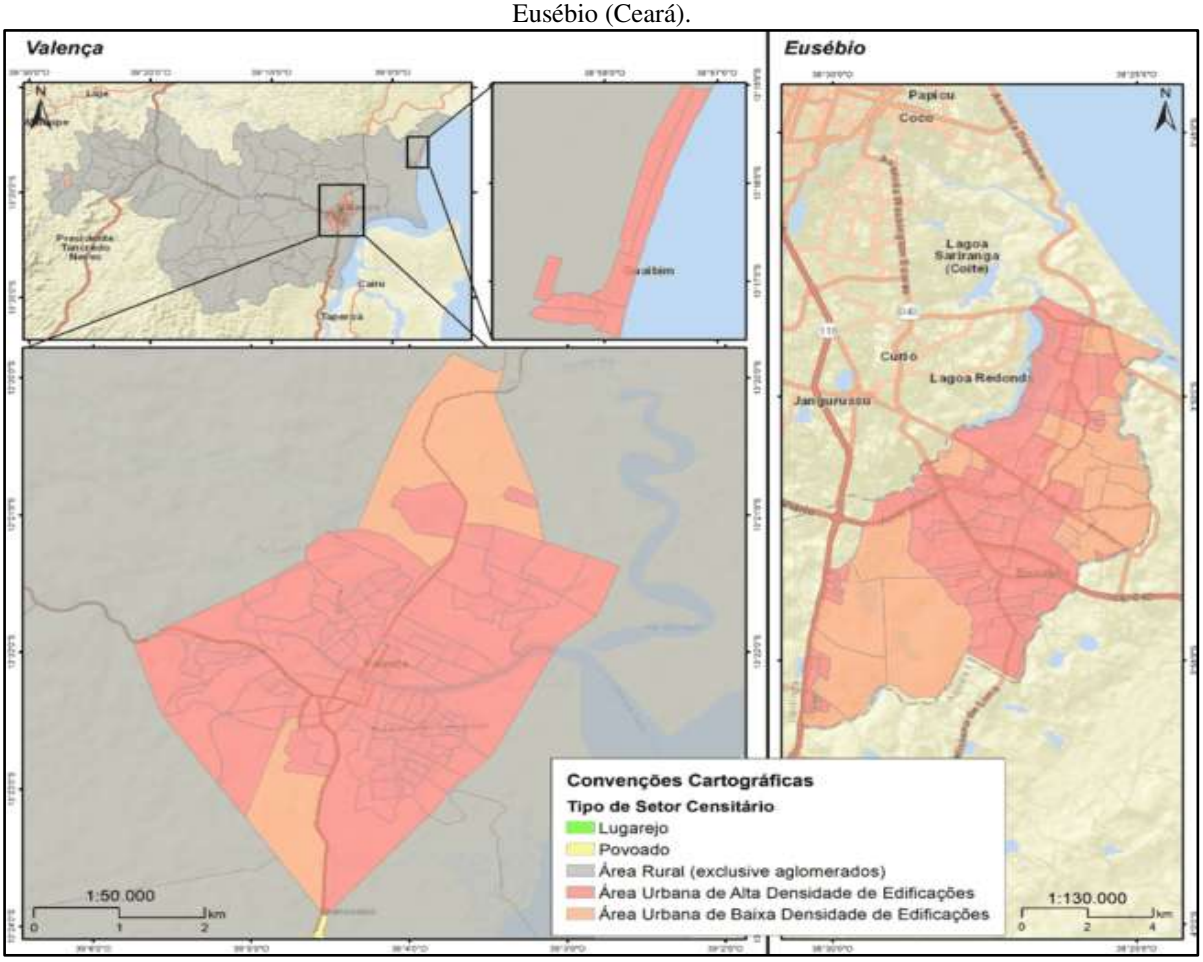
Resultados e discussão

Com base na localização geográfica dos dois municípios analisados e nos dados de setores censitários do IBGE (2022), evidencia realidades territoriais contrastantes. O contexto espacial de Valença, situado na região do Baixo Sul da Bahia, e de Eusébio, integrante da Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará, estão em realidades urbanas moldadas por diferentes contextos históricos, econômicos e padrões de ocupação. Valença combina em seu limite municipal áreas rurais extensas com um núcleo urbano tradicional, refletindo um processo de urbanização ligado à economia regional e à história de colonização da Bahia, com forte presença de atividades agroextrativistas e de produção industrial.

Já Eusébio, mesmo apresentando traços remanescentes do rural em determinadas áreas periféricas, como sítios e terrenos ainda não adensados, é um município de configuração majoritariamente urbana, impulsionado pela expansão da metrópole fortalezense. Essa urbanização acelerada tem transformado rapidamente o uso do solo, com a substituição de áreas verdes por empreendimentos residenciais e comerciais, criando uma paisagem urbana contínua.

CC BY

Figura 3: Delimitação da área focal de análise por tipo de setor censitário nos municípios de Valença (Bahia) e Eusébio (Ceará).



Fonte: Autoria própria.

Diante desses diferentes contextos de formação e consolidação urbana, os processos morfodinâmicos de natureza hidrogeomorfológica, a exemplo dos processos de inundação, tendem a causar em áreas urbanas impactos significativamente mais severos do que em áreas rurais, principalmente em função da elevada densidade habitacional e da infraestrutura concentrada nesses espaços.

Nesse sentido, considera-se aqui o conceito de suscetibilidade à inundação de acordo com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2020), ao apontar que susceptibilidade é a condição pré-existente ao evento, que indica o grau em que uma determinada área é naturalmente favorável à ocorrência de processos hidrológicos extremos, como inundações ou enxurradas, independentemente da presença humana. Essa suscetibilidade não implica necessariamente risco, mas sim a possibilidade geográfica e ambiental de ocorrência do fenômeno, podendo ser agravada pelo processo de urbanização, com a impermeabilização do solo e supressão de

CC BY

vegetação nativa, por exemplo.

Quando inseridas as mudanças climáticas, a identificação das áreas suscetíveis é um passo fundamental para a gestão de riscos, pois orienta políticas públicas de ocupação do solo, planejamento urbano e prevenção de desastres. O planejamento a nível municipal é implementado pelo Estatuto das Cidades, lei nº10.257/2001, que define revisões periódicas e a obrigatoriedade para municípios com mais de 20 mil habitantes, mas não só, todos os municípios são orientados pela lei a planejar e gerir o município para o bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental (Brasil, 2001).

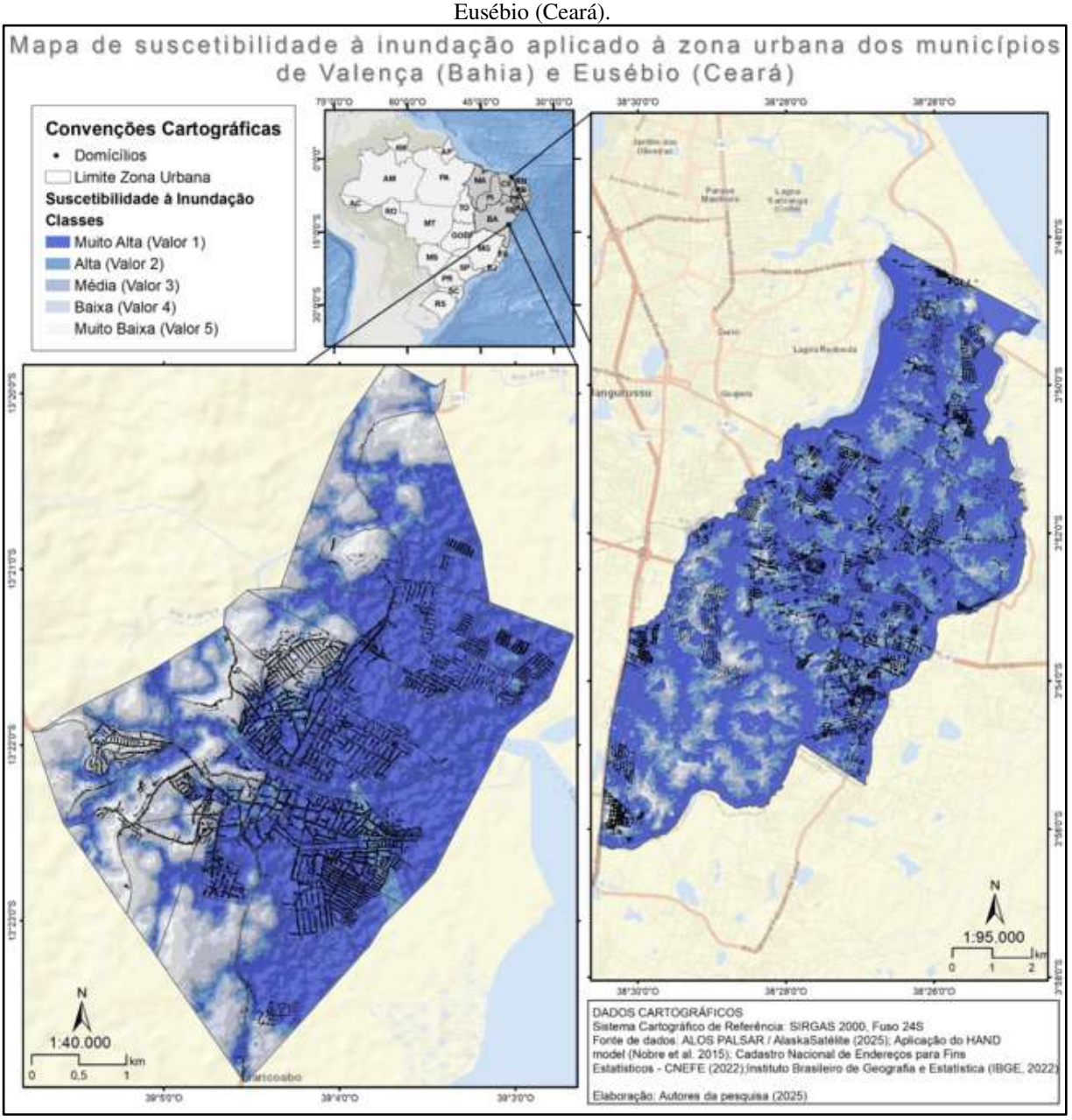
Como ferramenta de planejamento, a Figura 4 apresenta o resultado da aplicação do modelo de inundação (HAND model) gerado para a zona urbana dos municípios de Valença (Bahia) e Eusébio (Ceará). Por serem dois municípios costeiros localizados no Nordeste brasileiro, compartilham características geomorfológicas e hidrográficas que influenciam diretamente sua propensão à ocorrência de processos de inundação, apesar de estarem inseridos em contextos regionais distintos.

Em ambos os municípios, a ocupação urbana inicial e sua posterior expansão ocorreram em ambientes de baixa altitude, próximos a corpos hídricos, com presença marcante de terrenos sedimentares e de relevo suavemente ondulado a plano. Valença se desenvolveu inicialmente sobre terraços fluviomarinhos — áreas ligeiramente elevadas às margens dos canais do rio Una — com suscetibilidade média a alta à inundação. Contudo, a expansão urbana a partir da década de 1990 avançou para áreas ainda mais rebaixadas, em direção aos ambientes de manguezais (em planícies fluviomarinhas), zonas de suscetibilidade muito alta à inundação, além de alcançar encostas, onde o risco de inundação é nulo, mas existe propensão a movimentos de massa.

Eusébio, por sua vez, está localizado entre o rio Pacoti, com suas planícies fluviais e fluviomarinhas e o rio Coaçu, que alimenta a lagoa da Precabura e suas planícies de inundação sazonal, predominando em seu território superfícies aplainadas com muitas lagoas e canais de drenagem natural — superficiais e subsuperficiais — que conectam essas massas de água. Essas condições conferem ao município uma extensa área com suscetibilidade muito alta à inundação.

CC BY

Figura 4: Mapa de suscetibilidade à inundação aplicado à zona urbana dos municípios de Valença (Bahia) e Eusébio (Ceará).



Fonte: Autoria própria.

A semelhança entre os dois municípios está na ocupação domiciliar sobre formas de relevo plano e suave, na forte relação com esses sistemas hídricos naturais, o que condiciona padrões de ocupação posicionados em áreas de maior suscetibilidade à ocorrência de processos hídrico-geomorfológicos, o que requer planejamento urbano e ambiental atento à geomorfologia local.

A possibilidade de aplicação desse tipo de modelagem ambiental em SIG possibilita

CC BY

sobrepor e fazer análises robustas voltadas ao planejamento com foco em áreas urbanas. Ao serem apresentadas as condições históricas e os padrões do terreno por meio da modelagem, foram cruzadas as classes de inundação delimitadas pelo modelo, com as informações da variável de número domicílios do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos - CNEFE, coletadas por IBGE (2022).

Ao interagir as variáveis do padrão de ocupação com a característica do terreno, identifica-se uma situação alarmante como resultado, em que uma parte majoritária domicílios urbanos de Eusébio e Valença, estão inseridos dentro das áreas de Alta e Muito Alta suscetibilidade à inundação (Quadro 1).

Quadro 1: Classes de suscetibilidade à inundação aplicado à zona urbana dos municípios de Valença (Bahia) e Eusébio (Ceará) e contagem dos domicílios inseridos em cada classe

	Eusébio		**Valença**	
Classe Suscetibilidade à Inundação	**Área (km²)**	**Número de domicílios (porcentagem)**	**Área (km²)**	**Número de domicílios (porcentagem)**
Muito alta	47,6 km² (60,5%)	18.913 domicílios (54,5%)	14,2 km² (60,9%)	25.557 domicílios (68,4%)
Alta	20,5 km² (26,1%)	11.332 domicílios (32,6%)	2,5 km² (10,8%)	4.356 domicílios (11,6%)
Média	8,1 km² (10,4%)	3.312 domicílios (9,5%)	1,6 km² (6,9%)	1.422 domicílios (3,8%)
Baixa	1,9 km² (2,4%)	533 domicílios (1,5%)	3,5 km² (15%)	4.533 domicílios (12,1%)
Muito Baixa	0,5 km² (0,6%)	598 domicílios (1,7%)	1,5 km² (6,4%)	1.457 domicílios (3,9%)
Classe Suscetibilidade à Inundação	**Área (km²)**	**Número de domicílios (porcentagem)**	**Área (km²)**	**Número de domicílios (porcentagem)**
Total	**78,6 km²**	**34.688 domicílios (100%)**	**23,3 km²**	**37.325 domicílios (100%)**

Fonte: Autoria própria.

Na junção das classes Alta e Muito Alta, Eusébio apresenta 30.245 (87,1%) domicílios

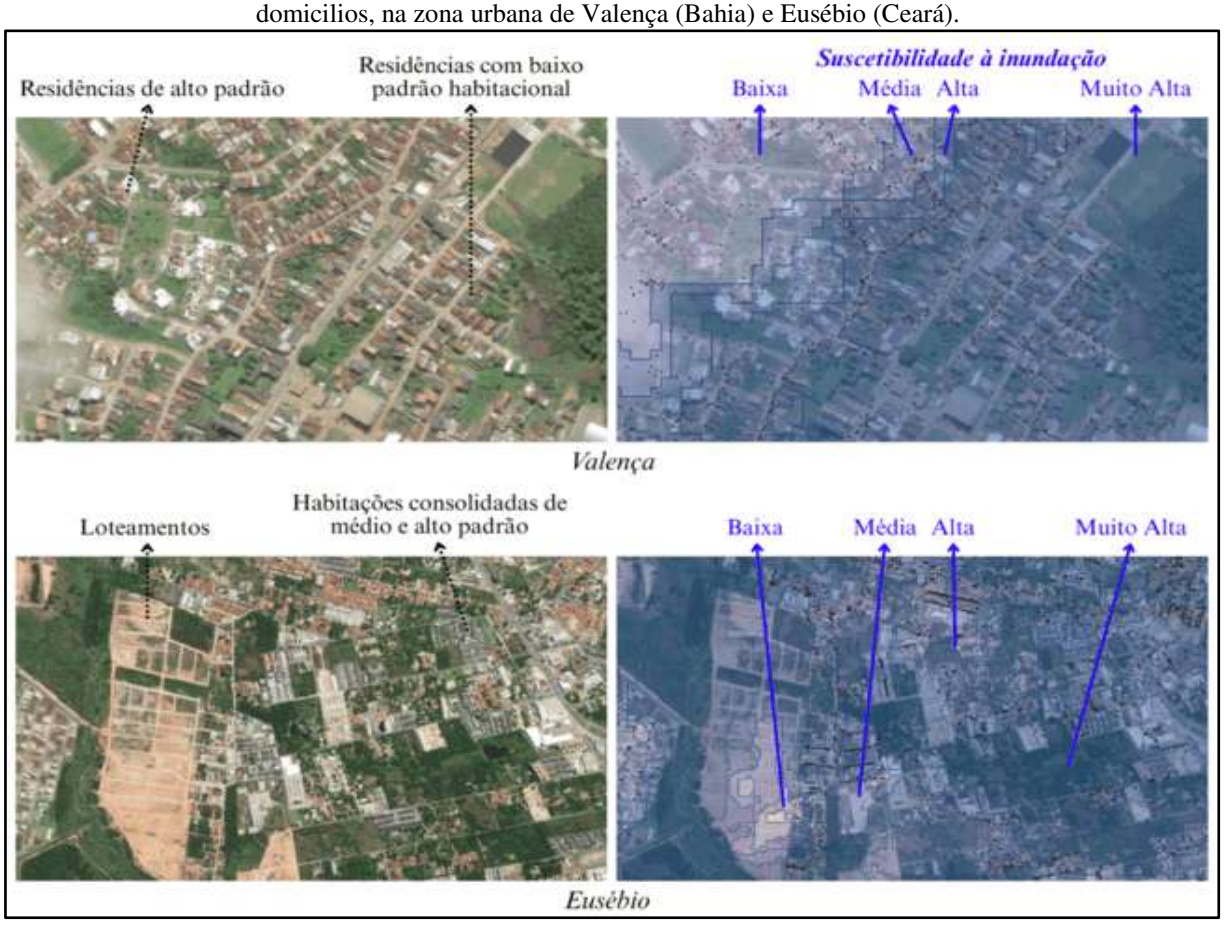
CC BY

e 86,6% do território e Valença, 29.913 (80%) dos domicílios e 71,7% de seu território, mantidos sob condições de Alta e Muito Alta suscetibilidade à inundação.

No entanto, as condições de vulnerabilidade social e exposição aos eventos climáticos não são iguais. Dentro das classes Alta e Muito Alta suscetibilidade, haverá condições diferentes de ocupação que caracterizam desiguais exposições aos eventos climáticos, determinado pela presença de obras de engenharia, acesso a infraestrutura e equipamentos urbanos, além da localização do terreno.

Ao ser identificado o padrão construtivo, é possível verificar características de acesso à ocupação, se é para as pessoas de padrão de renda baixa, média ou alta. Na Figura 5, estão indicados os domicílios com seus padrões construtivos e sua localização nas áreas das classes de suscetibilidade à inundação.

Figura 5: Aspectos da urbanização e análise da mancha de suscetibilidade à inundação com geolocalização dos domicilios, na zona urbana de Valença (Bahia) e Eusébio (Ceará).



Fonte: Autoria própria.

O padrão construtivo das habitações em Valença nas áreas de Alta e Muito Alta suscetibilidade à inundação, está associado à presença de residências com baixo padrão

CC BY

habitacional. Enquanto as residências de alto padrão se estabelecem predominantemente em áreas de Baixa e Muito Baixa suscetibilidade à inundação.

Em Eusébio, um município de expansão recente, as habitações de médio e alto padrão se estabeleceram no processo de alteração da cobertura vegetal, dos canais fluviais e das lagoas, com os loteamentos recentes expandindo-se para as áreas deslocadas do centro municipal, pelo menor valor da terra em comparação com Fortaleza, por haverem recentes infraestruturas viárias que propiciaram a expansão da malha urbana e baixa densidade populacional. Além da presença de áreas verdes, que propiciam amenidades ambientais e que favorecem o fenômeno da especulação imobiliária.

A necessidade de habitação, intrínseca às sociedades humanas, está diretamente relacionada aos usos e à ocupação do solo urbano, influenciada por processos históricos desde a colonização até a expansão contemporânea. A função econômica da ocupação orienta a transformação da natureza, intensifica o crescimento populacional e determina a densidade demográfica nas áreas centrais e periféricas dos municípios. Essa dinâmica molda a estrutura urbana e os padrões de uso do território, refletindo interesses econômicos e desigualdades sociais.

A posse e a financeirização das moradias resultam na distribuição desigual da população pelo espaço urbano, condicionada à renda. Enquanto moradores de maior poder aquisitivo acessam loteamentos regulares com menor exposição a riscos, populações de baixa renda ocupam áreas menos valorizadas, muitas vezes informalmente. Em Eusébio e Valença, essas populações habitam, por fatores socio-históricos, áreas vulneráveis próximas a corpos hídricos, frequentemente sem anuência dos órgãos públicos, caracterizando um processo de autoconstrução em zonas suscetíveis à inundação.

Mesmo em Eusébio, onde predominam loteamentos regulares e condomínios voltados às classes média e alta, a ocupação ocorre em terrenos com alta suscetibilidade. A configuração do relevo e a expansão sobre áreas alagáveis expõem esses empreendimentos aos mesmos riscos hidrológicos. Assim, tanto áreas historicamente afetadas por inundações quanto aquelas sem registro anterior estão sujeitas à intensificação de eventos extremos e ao aumento da pluviosidade, o que reposiciona e amplia as zonas de risco no município.

A vulnerabilidade se intensifica com a remoção da cobertura vegetal, impermeabilização do solo, aterramento de fundos de vale e a ausência de obras de drenagem dimensionadas. Esses fatores ampliam a suscetibilidade de domicílios em áreas críticas. Torna-

CC BY

se essencial, no planejamento urbano, diferenciar os processos de inundação: fluviais, relacionados à elevação do nível dos rios, e pluviais, associados à incapacidade de drenagem das bacias hidrográficas durante chuvas intensas. Essa distinção permite entender as causas e a abrangência dos eventos hidrológicos extremos.

Em eventos de inundação, há a sobreposição entre o volume de água da chuva acumulado e a elevação do nível dos corpos hídricos, afetando áreas definidas como planícies de inundação ou Áreas de Preservação Permanente (APP), conforme a Lei nº 12.651/2012. Com as mudanças climáticas e alterações do uso do solo, os padrões de inundação tendem a ultrapassar limites históricos. Nas zonas de baixa altitude e relevo plano — comuns nas áreas urbanas analisadas — a suscetibilidade está também associada à elevação do lençol freático, que, ao se combinar com eventos climáticos extremos, amplia significativamente o risco de inundação.

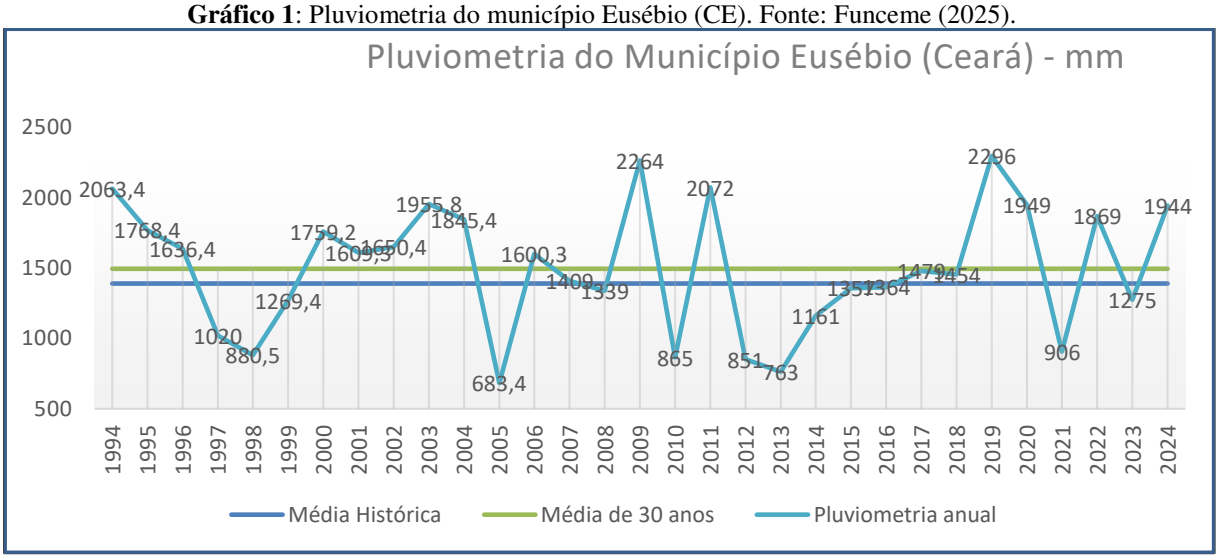
É visto no município do Eusébio uma dinâmica peculiar nos padrões climáticos, é registrado um evento extremo em 2004, que segundo Funceme (2025), houve a precipitação de aproximadamente 200mm de chuva num único dia, naquele período o município apresentava uma menor alteração intermediada pela expansão urbana, em 2025 com sua malha urbana e população aumentada, as relações de risco se expandem diante de eventos climáticos extremos como o exemplificado.

Outro dado climático importante sobre o município Eusébio e registrado por Funceme (2025), é a média pluviométrica anual histórica que é 1.390 mm, entretanto, apresenta nos últimos 30 anos a média pluviométrica de 1.495 mm e acima da normal histórica (Gráfico 1). A variabilidade demonstra a primazia de anos de chuvas excepcionais, intercalados de anos de baixa, que caracterizam também novas relações de suscetibilidade à inundação.

Gráfico 1: Pluviometria do município Eusébio (CE). Fonte: Funceme (2025).

CC BY

Gráfico 1: Pluviometria do município Eusébio (CE). Fonte: Funceme (2025).



Fonte: Autoria própria.

Mesmo com a carência da coleta de séries pluviométricas históricas para o município de Valença, já é realidade para o território brasileiro problemáticas advindas das mudanças climáticas, junto ao padrão de ocupação estimulado, que altera a cobertura vegetal, impermeabiliza o solo, altera o balanço hídrico e que determinam cenários de desastres ligados à suscetibilidade a inundação, possíveis de serem planejadas as medidas de enfrentamento.

Neste sentido, existe a necessidade de atualização das ferramentas de planejamento urbano, frente aos processos contemporâneos que estimulam a sustentabilidade na relação de implantação de habitações e respeito às dinâmicas climáticas. Além disso, as áreas de suscetibilidade à inundação e suas bordas, devem ser definidas como áreas críticas para o planejamento urbano.

Nas as áreas com ocupação consolidada, não só devem ser feitas obras de drenagem, é apresentado neste estudo a possibilidade de integrar dados, implementar procedimentos operacionais com ferramentas de modelagem gratuitas, que auxiliam na composição de diagnósticos, na identificação de populações em áreas suscetíveis à inundação, para serem tomadas as medidas necessárias gerência urbana e de defesa civil, desde o cadastramento das famílias, direcionamento de práticas educativas, de informação de como agir perante a observação dos riscos, até o reassentamento de famílias vulneráveis e submetidas aos riscos oriundos da suscetibilidade a inundação e em contexto de eventos climáticos extremos.

Por fim, este estudo visa favorecer o planejamento na escala urbana. Como apresentado, os procedimentos operacionais são possíveis de serem replicados nas

CC BY

administrações municipais, no sentido de enfrentamento às problemáticas vindas da susceptibilidade à inundação que determinadas terrenos possuem, com seus processos de ocupação domiciliar e suas populações expostas aos riscos, no contexto de mudanças climáticas e eventos pluviométricos extremos.

Considerações finais

A análise demonstra que, apesar das diferenças naturais entre os municípios estudados, os padrões de urbanização seguem lógicas semelhantes, concentrando populações em áreas com alta suscetibilidade a processos hidroclimáticos. A quase totalidade das zonas urbanas em Eusébio e Valença localiza-se em áreas classificadas como de Alta e Muito Alta suscetibilidade à inundação. Essas ocupações ocorrem, predominantemente, em áreas de baixa altitude, com relevo plano ou suavemente ondulado, próximas ao mar e sobre planícies fluviomarinhas, fluviais e lacustres, onde as inundações sazonais são processos naturais. Tais características aumentam o risco de impactos significativos para as populações residentes, especialmente durante eventos climáticos extremos. A expansão urbana, nesses casos, desconsidera os limites ecológicos e favorece a vulnerabilidade socioambiental.

A aplicação de modelos matemáticos, como o HAND, mostrou-se eficaz na representação do potencial gravitacional dos terrenos e sua relação com a drenagem, permitindo identificar áreas suscetíveis à inundação. No entanto, ressalta-se que o uso desses modelos requer complementações com atividades de campo, análise de dados históricos e conhecimento técnico-local, dada a complexidade dos fenômenos ambientais. A experiência prática indica que, para Eusébio e Valença, o modelo apresentou resultados satisfatórios, sobretudo na identificação da dinâmica hídrica em contextos climáticos diversos do Nordeste. Ainda assim, observa-se que o processo de urbanização em áreas alagadas está frequentemente associado ao desmatamento de matas e manguezais, além do aterramento de terrenos úmidos, agravando o risco de desastres e configurando crime ambiental.

Por fim, destaca-se a importância dos dados geoespaciais do CNEFE/IBGE (2022), gratuitos e atualizados, no planejamento urbano e na gestão de riscos. A geolocalização precisa dos domicílios permite mapear áreas vulneráveis a inundações, deslizamentos e outros eventos, facilitando a atuação preventiva e emergencial das autoridades. Tais informações são fundamentais para integrar ações de Defesa Civil, Assistência Social e Saúde, garantindo respostas coordenadas e eficazes. Em contextos como o de Valença, que carece de estrutura

CC BY

institucional e técnica para lidar com eventos extremos, o cenário futuro é mais preocupante. Diferentemente de Eusébio, que possui histórico de gestão climática, Valença não conta com mecanismos de monitoramento, coleta de dados meteorológicos ou equipes especializadas, o que amplia sua exposição a riscos e limita a capacidade de resposta.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Base cartográfica – bacia hidrográfica**. 2012. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/a01764d3-4742-4f7d-b867-01bf544dde6d. Acesso em: 2 maio 2025.

ALASKA SATELLITE FACILITY – ASF. **ALOS PALSAR Radiometric Terrain Corrected (RTC) Data**. Disponível em: https://asf.alaska.edu/data-sets/derived-data-sets/alos-palsar-rtc/. Acesso em: 4 maio 2025.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Código Florestal Brasileiro. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 2 maio 2025.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos – CNEFE**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/38734-cadastro-nacional-de-enderecos-para-fins-estatisticos.html. Acesso em: 13 maio 2025.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Malhas territoriais**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html. Acesso em: 13 maio 2025.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Histórico do município de Valença – BA**. Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/valenca.html. Acesso em: 13 maio 2025.

CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Reestruturação e atualização do mapeamento do projeto Zoneamento Ecológico-Econômico do Ceará – zona costeira e unidades de conservação costeiras:** relatório final de caracterização ambiental e dos mapeamentos. Fortaleza: SEMACE; GEOAMBIENTE, 2016.

COSTA, H. C. J.; SILVA, S. R.; BARBOSA, I. M. B. R. Mapeamento das áreas suscetíveis a inundações na bacia hidrográfica do Rio Duas Unas, em Pernambuco. **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 304–321, 2020. Disponível em: https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/48499. Acesso em: 13 maio 2025.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **HAND – Height Above Nearest Drainage**. 2025. Disponível em:

CC BY

https://handmodel.ccst.inpe.br/?page_id=847&redirect_to=%2F%3Fpage_id%3D289. Acesso em: 2 maio 2025.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **IPECEDATA Sistema de Informações Geossocioeconômicas do Ceará**: Eusébio. Fortaleza, 2024. Disponível em: http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml. Acesso em: 28 abr. 2025.

LOURENÇO, L. L.; CRUZ, M. L. B. Os impactos causados pelo aterramento da lagoa da Tamatanduba, no município de Eusébio-CE. **Revista CEC&T do Centro de Ciências e Tecnologia da UECE**, Fortaleza, v. 1, n. especial, p. 102–118, jan./jul. 2019. Disponível em: https://revistas.uece.br/index.php/CECiT/. Acesso em: 2 maio 2025.

NOBRE, A. D. Vulnerability of Amazon fresh water systems. **Journal of Hydrology**, v. 408, n. 3–4, p. 379–390, 2011. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169411002599. Acesso em: 2 maio 2025.

NOGUEIRA, C. M. L. **Expansão metropolitana e dinâmica imobiliária**: o município de Eusébio no contexto da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF). 2011. 153 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

QUEIROGA, A. A.; OLIVEIRA, R. G. L.; FILGUEIRA, H. J. A.; CUNICO, C. Mapeamento de áreas suscetíveis à inundação aplicando diferentes modelos digitais de elevação no modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND). **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 43, e191008, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2023.191008. Acesso em: 13 maio 2025.

REZENDE, P. S.; MARQUES, D. V.; OLIVEIRA, L. A. Construção de modelo no QGIS e utilização do método de processo analítico hierárquico (AHP) para mapeamento de riscos à inundação na área urbana de Paracatu - MG. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 20, n. 71, p. 58–71, 2019. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/262249. Acesso em: 13 maio 2025.

SANTOS, L. B. L.; BAPTISTA, G. S. **Flood risk map from hydrological and mobility data:** a case study in São Paulo (Brazil). arXiv, [s. l.], 2021. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2204.05982. Acesso em: 13 maio 2025.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Mapa interativo de áreas de risco a desastres naturais**. Brasília: CPRM, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/cprm-divulga-mapa-on-line-que-permite-visualizar-areas-com-riscos-de-desastres-no-brasil. Acesso em: 1 maio 2025.

SILVA, R. M. et al. Diagnóstico socioambiental da bacia hidrográfica do rio Pitimbu, Natal/RN. **Sociedade e Território**, Natal, v. 19, n. 2, p. 121–139, 2007.

CC BY

SOUSA, C. P. **Análise socioambiental do município de Valença – Bahia**. 2006. 140 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/17834/1/Cláudia%20Pereira%20de%20Sousa.pdf. Acesso em: 2 maio 2025.

CC BY