

Análise espacial da ocorrência de alagamentos e inundações na área urbana do município de Maracanaú-CE

Luis Felipe Xavier

Universidade Estadual Vale do Acaraú

Jander Barbosa Monteiro

Universidade Estadual Vale do Acaraú

RESUMO

O crescente processo de urbanização e a consequente impermeabilização do solo tornou a ocorrência de alagamentos e inundações um problema crônico e frequente em diversas cidades brasileiras. Estes podem ser incrementados pelas mudanças climáticas e características socioeconômicas de uma dada localidade, quando geralmente observa-se um ônus desproporcional na ocorrência de desastres de grande magnitude em áreas/comunidades mais vulneráveis. Gerenciar o risco de desastres representa um desafio que inclui a identificação/espacialização de áreas mais vulneráveis e, nesse sentido, o presente artigo tem por objetivo espacializar as ocorrências de alagamentos/inundações na cidade de Maracanaú – Ceará no período de 2017 a 2020. A metodologia consistiu no levantamento bibliográfico, aquisição, sistematização e espacialização da base de dados de ocorrências fornecida pela Defesa Civil por meio de Sistema de Informação Geográfica - SIG. No período analisado, foi constatado um total de 36 registros, com 25 ocorrências de alagamentos e 8 registros de inundações. Ademais, há uma concentração de ocorrências em determinados bairros. O estudo permitiu organizar e espacializar informações históricas para elencar os bairros mais afetados e avaliar os riscos existentes, sendo uma fonte de conhecimento fundamental para fomentar o planejamento e auxiliar os tomadores de decisão no que compete à prevenção.

Palavras-chave: Alagamentos; Inundações Urbanas; Sistema de Informação Geográfica.

Flooding's occurrence: a spatial analysis of an urban area in the municipality of Maracanaú-CE

ABSTRACT

The growing process of urbanization and the consequent impermeability of the soil have made flooding episodes a chronic problem in several Brazilian cities. The latter can be aggravated due to climatic changes and socioeconomic characteristics of a given location when the magnitude of an event varies in its frequency of occurrence over time, thus generating a disproportionate burden in more vulnerable areas/communities. Disaster risk management is a challenge that includes identifying/spatializing the most vulnerable areas. The following article spatializes the occurrences of flooding/inundations in the city of Maracanaú - Ceará from 2017 to 2020. This academic essay discusses documentary analysis and bibliographic research methodologies providing the systematization and spatialization of the database of occurrences acquired by the Civil Defense through Geographic Information System - GIS. In the given period, a total of 36 records were found, with 25 occurrences of flooding and 8 records of inundations. Furthermore, some neighborhoods have a concentration of both episodes. The analysis made it possible to organize and spatialize historical information to list the most affected areas and assess the existing risks. Thus being a fundamental source of knowledge to encourage strategical planning and help decision makers create better preventive solutions.

Keywords: Flooding; Urban Floods; Geographic Information System.



Análisis espacial de la ocurrencia de anegamientos e inundaciones en el área urbana del municipio de Maracanaú-CE

RESUMEN

El creciente proceso de urbanización y la consecuente impermeabilidad del suelo han hecho la ocurrencia de las inundaciones un problema crónico y frecuente en varias ciudades brasileñas. Estos pueden verse incrementados por cambios climáticos y características socioeconómicas desde un lugar determinado, cuando generalmente se observa una carga desproporcionada en la ocurrencia de desastres de gran magnitud en áreas/comunidades más vulnerables. La gestión del riesgo de desastres representa un desafío que incluye identificar/espacializar las áreas más vulnerables y, en ese sentido, este artículo tiene como objetivo espacializar las ocurrencias de anegamientos/inundaciones en la ciudad de Maracanaú - Ceará en el período de 2017 hasta 2020. La metodología consistió en levantamiento bibliográfico, adquisición, sistematización y espacialización de la base de datos de ocurrencias proporcionada por la Defensa Civil a través del Sistema de Información Geográfica - SIG. En el período analizado se encontraron un total de 36 registros, con 25 ocurrencias de anegamientos y 8 registros de inundaciones. Además, hay una concentración de ocurrencias en ciertos barrios. El estudio permitió organizar y espacializar la información histórica para enumerar los barrios más afectados y evaluar los riesgos existentes, siendo una fuente de conocimiento fundamental para incentivar la planificación y ayudar a los tomadores de decisiones en materia de prevención.

Palabras clave: Anegamientos; Inundaciones Urbanas; Sistema de Información Geográfica

INTRODUÇÃO

Os desastres hidroclimáticos são eventos climáticos e hidrológicos que causam danos significativos às pessoas, propriedades e comunidades. Alguns exemplos incluem inundações, deslizamentos de terra, tempestades, secas e enchentes. Esses desastres são causados por uma variedade de fatores, incluindo mudanças climáticas, desmatamento, má gestão dos recursos hídricos e urbanização descontrolada.

Alagamentos e inundações ocorrem com frequência em algumas partes do globo. Enquanto para algumas áreas a inundações anual é necessária para sustentar as colheitas, para outras a inundações significa desastre. Especialmente nas áreas urbanas, as inundações são consideradas um dos riscos naturais mais perigosos devido ao número crescente de ocorrências registradas nas últimas décadas.

A intensidade e frequência desses desastres tem aumentado nos últimos anos devido ao aumento da temperatura global, ao derretimento dos glaciares, ao aumento da intensidade das tempestades e a outros fatores possivelmente relacionados às mudanças climáticas. Além disso, a concentração populacional nas áreas costeiras e ribeirinhas tornam as comunidades ainda mais vulneráveis a esses desastres.

De acordo com o relatório do Escritório de Coordenação de Assuntos Humanitários (OCHA) da ONU, o qual vem documentando catástrofes naturais das últimas duas décadas na América Latina e Caribe, o Brasil aparece entre os quinze países do globo com a maior população exposta ao risco de inundações de rios, ocupando a 11ª posição no ranking (OCHA, 2020).

No Estado do Ceará, as inundações e secas também estão entre os principais fenômenos registrados. Entre os anos de 2003 e 2016, por exemplo, todos os municípios do estado decretaram estado de emergência ou calamidade pública ao menos uma vez, seja por



secas/estiagens ou enchentes/inundações/enxurradas, sendo 99,6% estados de emergência e apenas 0,4% estados de calamidade pública (TAVARES, 2021).

Dentre esse total, cerca de 91% dos casos declarados são referentes a estado de emergência em decorrência de secas/estiagens; 8,6% a estado de emergência por enchentes/inundações/enxurradas; 0,38% à calamidade pública por secas/estiagens e 0,035% associados à calamidade pública devido às enchentes/inundações/enxurradas (TAVARES, 2021).

Embora o cenário aponte para uma maior recorrência de estiagens/secas, não se deve negligenciar as inundações urbanas, uma vez que os eventos pluviométricos, cada vez mais extremos, tendem a produzir impactos vultosos nas cidades brasileiras, inclusive em cidades médias, caso de Maracanaú-CE.

|Assim, o objetivo principal deste artigo é espacializar as ocorrências de alagamentos e inundações na cidade de Maracanaú - Ceará, a partir dos registros da Defesa Civil Municipal no período de 2017 a 2020, analisando a distribuição espacial e temporal das ocorrências e suas tipologias, além de realizar um levantamento dos eventos históricos encontrados na literatura de desastres hidroclimáticos que ocorreram no município.

Quando se trata do assunto à nível municipal, também é possível deparar-se com essa realidade. Na sede do Município de Maracanaú encontra-se habitualmente áreas de planície de inundação densamente ocupadas por famílias que, constantemente, sofrem um ônus desproporcional com os efeitos das inundações, tendo parte significativa de pessoas expostas a este perigo, principalmente durante o período chuvoso ou quando ocorrem eventos pluviométricos intensos.

Com as informações encontradas em banco de dados institucionais sobre desastres, é possível analisar como estes eventos ocorrem e quais áreas apresentam uma maior incidência temporal e espacial. Tais bancos de dados são frequentemente utilizados por agências de gerenciamento de desastres, autoridades governamentais, organizações não-governamentais e pesquisadores para avaliar a magnitude dos desastres, identificar tendências e melhorar a prevenção e resposta futuras.

Desse modo, foram sistematizados e espacializados os registros de ocorrências de desastres a nível municipal através de Sistema de Informação Geográfica - SIG, incluindo a elaboração de mapas de frequência das ocorrências por tipologia, espacialização das ocorrências por bairro e a quantificação do número de ocorrências por ano, as quais podem contribuir para elencar as áreas mais afetadas e os potenciais danos ocasionados. Tal tratamento permitiu aglutinar informações e dados espaciais pertinentes, auxiliando assim a Defesa Civil Municipal no melhor planejamento das ações de monitoramento, preparação e avaliação das ocorrências.

Atualmente, o geoprocessamento é uma ferramenta importante para a prevenção e gestão de alagamentos e inundações, permitindo a coleta, armazenamento, processamento e visualização de dados geográficos, ampliando a capacidade de mapeamento e de análise das áreas atingidas, a localização de centros de atendimento e a distribuição de recursos para resposta às emergências, além de ser uma ferramenta poderosa que pode ser usada para prever, monitorar e responder a alagamentos e inundações, ajudando a minimizar seus impactos na população e no meio ambiente.

Aliado ao geoprocessamento, os bancos de dados sobre desastres permitem coletar dados de informações relacionadas a eventos, como alagamentos, inundações, deslizamentos de terra, entre outros. Esse tipo de banco de dados pode incluir diversas informações, tais como: tipo e intensidade do desastre, localização geográfica, data e hora do evento, número de pessoas

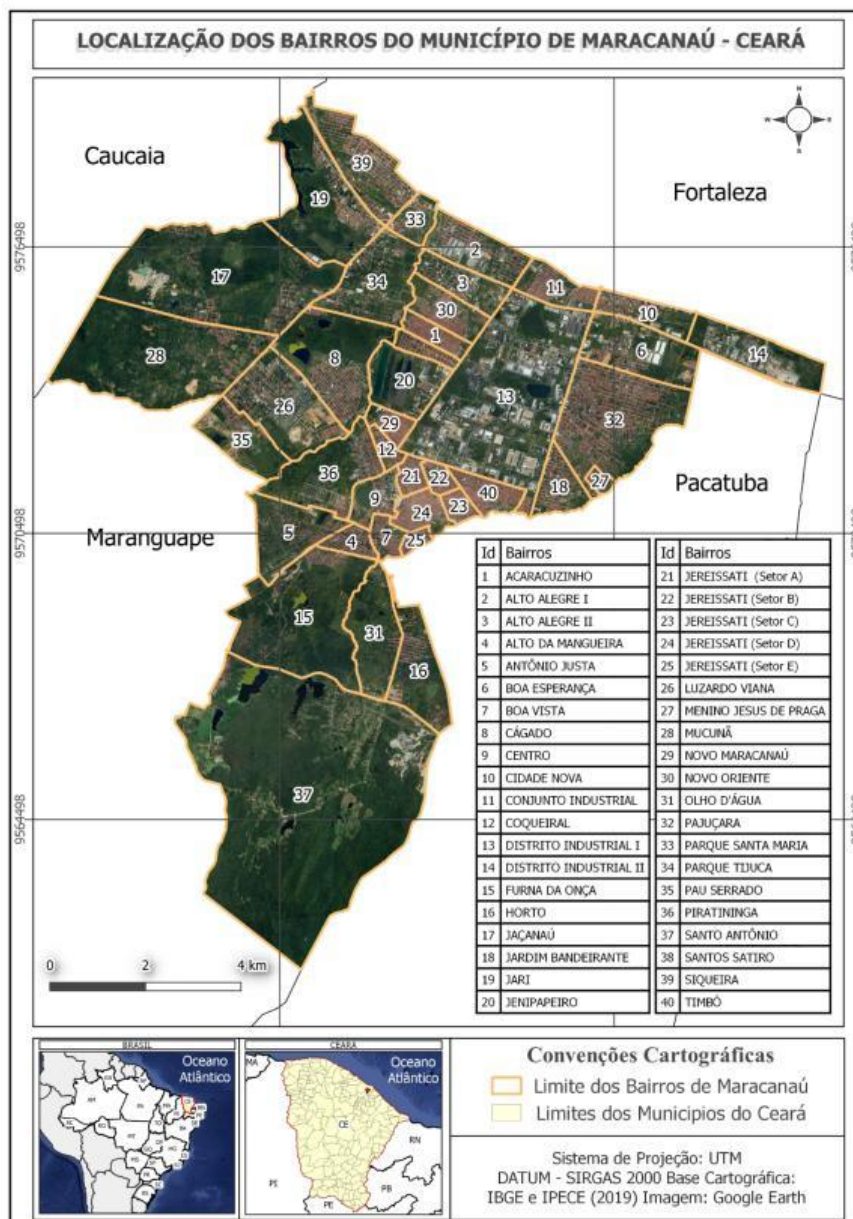


afetadas, danos materiais e econômicos, medidas de resposta e recuperação de dados climáticos e meteorológicos.

ÁREA DE ESTUDO

O município de Maracanaú (Figura 1) está situado na Região Metropolitana de Fortaleza, capital do Estado do Ceará e possui 105,071 km² de extensão territorial, apresentando características predominantemente urbano-industriais. De acordo com os dados do último levantamento do IBGE, em 2010, o município contava com uma população de 209.057 habitantes. Desse contingente populacional, 10,82% viviam no meio rural e o restante, 89,18%, ocupava o meio urbano (IBGE, 2010).

Figura 1 – Localização dos Bairros do município de Maracanaú



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)



Ao todo, são 40 bairros pertencentes ao município, onde parte expressiva da população se concentra nos grandes conjuntos habitacionais, nos bairros de ocupação espontânea ou induzida, os loteamentos e as ocupações clandestinas (MAGALHÃES NETO, 2013).

Na sua etimologia, "Maracanaú" é uma expressão tupi para "onde os Maracanaú bebem", referindo-se ao lago de mesmo nome que deu origem ao povoamento da região. A Arara Maracaná é uma ave típica e abundante da região (ALMEIDA, 2005).

O município se destaca por ser um dos principais polos industriais do Ceará, com ênfase para os setores de metalurgia, têxtil e calçadista. Também é um importante centro de logística e distribuição, devido à sua proximidade com o Porto do Pecém e ao seu acesso a importantes rodovias.

O processo de construção do espaço urbano do município está fortemente atrelado ao processo de industrialização do Município de Fortaleza. Maracanaú teve o seu crescimento urbano acelerado a partir da implantação do Distrito Industrial de Fortaleza (DIF) na década de 1980, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Crescimento populacional do município de Maracanaú (1970-2021)

Ano	População
1970	15.685
1980	37.894
1991	157.151
1996	160.065
2000	179.732
2010	200.057
2021	230.986*

*População estimada [2021]

Fonte: IBGE. Elaborado pelos autores (2023).

Como na maioria dos processos de urbanização do país, em Maracanaú não houveram medidas de planejamento territorial adequadas para o crescimento planejado da cidade, acarretando no avanço da urbanização sobre o meio natural de maneira desordenada, ocasionando degradação ambiental, impermeabilização, poluição e ocupação desordenada, sobretudo às margens dos rios e córregos que cruzam o município.

Essa explosão demográfica ocorrida na cidade não foi acompanhada pelo poder público quanto a prover esse grande contingente populacional de infraestrutura básica adequada, refletindo-se, por exemplo, no percentual de população beneficiada com esgotamento sanitário.

Atualmente, a taxa de cobertura urbana de esgoto é de 41,7% (IPECE, 2016). Pode-se estimar ainda que o esgoto dessa da população é lançado em fossas, contaminando o lençol d'água subterrâneo, nas ruas, o que promove a proliferação de doenças de veiculação hídrica, especialmente quando deflagradas as inundações. Em alguns casos, os resíduos dessas fossas são lançados diretamente nos rios e lagoas do município, poluindo-os.

No que se refere aos aspectos físico-ambientais, o município possui como unidades litoestratigráficas, as rochas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria (Pré-Cambriano), os sedimentos da Formação Barreiras (Tercio-Quaternário), os sedimentos recentes (Quaternário), caracterizados pelos aluviões dos rios Timbó e Maranguape e as coberturas colúvio-eluviais



(SANTOS, 1998).

Maracanaú é componente da região hidrográfica metropolitana, tendo como drenagens de maior porte o rio Maranguapinho e o riacho Lameirão. Expressiva porção do médio curso da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho está localizada no município, observando-se diversas ocupações às margens do rio em bairros como: Acaracuzinho, Distrito Industrial, Alto Alegre, Coqueiral, Cágado (Residencial I), Jari e Siqueira.

A rede de drenagem local assume a forma de dendritos próximos à parcela e padrões paralelos nos terraços. Considerando as condições climáticas, o canal do rio apresenta mudanças sazonais intermitentes, sendo que a quantidade de água aumenta durante a estação chuvosa. Os recursos hídricos da cidade são complementados por barragens, pequenas represas e lagos nos planaltos e planícies (ALMEIDA, 2005).

REGISTROS HISTÓRICOS DE DESASTRES HIDROCLIMÁTICOS EM MARACANAÚ

Durante esse processo histórico de uso e ocupação do solo no município, nota-se a rápida expansão do perímetro urbano ao longo das margens do rio Maranguapinho e de seus afluentes. Associado ao fenômeno da dinâmica social, ocorre um fato que vem marcando a história da cidade e a vida dos seus moradores desde o início do processo de ocupação: as inundações frequentes, que são potencializadas significativamente devido à ausência de planejamento territorial por parte do poder público municipal frente a ocupação desordenada.

No quadro 1 estão representados os maiores eventos de enxurradas e inundações que possuem registros no município de Maracanaú entre o período de 2000 até 2021. Esses registros demonstram que a problemática relacionada à ocorrência de desastres hidroclimáticos na cidade não é uma realidade recente e que já perdura por anos.

Tabela 2 – Principais eventos de inundação e enxurrada registrados no município.

Ano	Principais eventos identificados	Nº de registros
2000	Enxurrada	1
2001	Enxurrada	1
2002	Enxurrada	1
2004	Inundação	1
2013	Inundação	1
2016	Inundação	1
2017	Inundação	1
2018	Inundação	3
2019	Inundação	5
2020	Inundação	1
2021	Inundação	1
Total		17

Fonte: CEPED UFSC (2013); SNIS (2019) e Defesa Civil Municipal de Maracanaú (2021). Elaborado pelos autores (2023).

Este levantamento histórico de desastres hidroclimáticos em registros oficiais foi realizado por meio de coleta de dados no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (Volume Ceará), junto à Defesa Civil Municipal e de pesquisas em portais eletrônicos que tratassem sobre a temática.

Cabe ressaltar que o ano de 2009, considerado um dos anos mais chuvosos no Ceará, o município de Maracanaú registrou 1541,5mm acumulados de precipitação durante a quadra chuvosa (fevereiro a maio), considerado muito chuvoso. Entretanto, não há registros oficiais de notificação de desastres no município, certamente por não haver uma preocupação maior do poder público em registrar essas ocorrências, ou por eventual falta de estrutura e metodologia definida pelos órgãos competentes, dificultando assim análises mais fidedignas acerca dos desastres ocorridos neste período e em períodos anteriores.

A enxurrada é entendida como o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte que ocorre durante ou após períodos de chuva intensa. Este processo pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais. É comum a ocorrência de enxurradas em áreas que foram urbanizadas sobre antigos cursos d'água com alto gradiente hidráulico e em terrenos com alta declividade natural (AMARAL e RIBEIRO, 2015).

Já as inundações são fenômenos naturais, mas devido às mudanças nas formas de uso e ocupação nas cidades, onde a impermeabilização do solo e a retificação de canais fluviais se configuram como ações públicas (e privadas) recorrentes, estes fenômenos são incrementados e se tornam potencialmente mais perigosos (ALMEIDA, 2010).

Quanto aos registros coletados, os fenômenos de inundação atingem principalmente as áreas ocupadas nos fundos de vale, às margens do rio Maranguapinho e de seus afluentes. Tais afirmações se justificam quando são analisados os registros históricos e pessoais de moradores, associados aos realizados em atividades de campo, relacionando-os às inundações.

Em 2002 foi registrada uma forte enxurrada que atingiu o município. Esse episódio foi associado não só à concentração das chuvas nesse período, mas também à ocupação das margens do rio Maranguapinho e ao transbordamento das águas na Barragem do mesmo rio, que fica a aproximadamente 2 quilômetros da sede municipal de Maracanaú.

De acordo com o levantamento realizado pelo Atlas de Brasileiro de Desastres Naturais, a cidade esteve entre os principais municípios com registro de danos materiais, principalmente aqueles associados à habitação e infraestruturas danificadas, conforme exposto na figura 2.

Figura 2 – Descrição dos Municípios que sofreram danos materiais, com foco em Maracanaú.

Tabela 10: Descrição dos principais municípios em relação aos danos materiais (1991-2012)

Ano	Município	Mesorregião	Total Destruidas	Total Danificadas	Total
2002	Fortaleza	Metropolitana de Fortaleza	770	3.794	4.564
2004	Fortaleza	Metropolitana de Fortaleza	343	1.949	2.292
2009	Palmácia	Norte Cearense	64	1.017	1.081
2002	Maracanaú	Metropolitana de Fortaleza	319	413	732
2002	Caridade	Norte Cearense	114	242	356

Fonte: CEPED/UFSC (2013)

Conforme Almeida (2010), no episódio de abril de 2002, foram reportadas cerca de 150 famílias desabrigadas devido às chuvas e ao transbordamento dos rios Maranguapinho e Timbó. Além disso, em apenas 24 horas choveu 51 milímetros, afetando diversos bairros de Maracanaú, como o Jardim Bandeirantes, Menino Jesus de Praga, Alto Alegre, Parque Tijuca, Siqueira, Timbó, Alto da Mangueira, Olho D'água e Jereissati.

Outro episódio marcante ocorreu no ano de 2004, que teve o mês de janeiro mais chuvoso desde 1974. O ano de 2004 apresentou uma precipitação total de 1.991,10 mm, dos quais mais de 500 mm foram registrados só no mês de janeiro, quando a média histórica para esse mês é 124 mm (ALMEIDA, 2010).



Na figura 3 podemos visualizar o alagamento que atingiu o bairro Novo Maracanaú. Relatos afirmam que houveram danos e prejuízos aos mais diversos setores da economia da cidade, tais como os serviços e o comércio (ALMEIDA, 2010).

Figura 3 – Alagamento no bairro Novo Maracanaú, em fevereiro de 2004.



Fonte: Extraído de Almeida (2005).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração deste artigo, foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica com levantamento da literatura em periódicos, artigos, dissertações e teses que tratam de maneira específica a temática aqui abordada. Além disso, foi utilizada a base de dados com o registro das ocorrências, coletada junto à Defesa Civil Municipal de Maracanaú, que possui a série de registros disponível em planilhas eletrônicas de atendimentos realizados pelo órgão.

Dentre os dados, há variados tipos de ocorrências, tais como: limpeza de rios e canais, incêndios, desabamentos, alagamentos, inundações, entre outros. Para efeito desta pesquisa, foram selecionadas apenas as ocorrências referentes a alagamentos e inundações entre o período de 2017 a 2020, padronizando as colunas de interesse e separando por tipologia.

Posterior ao processo de seleção e padronização da tabela, foi realizada uma filtragem no Excel para que se pudesse quantificar e sistematizar o número de ocorrências por ano e, posteriormente, seguir para a análise espacial em Sistema de Informação Geográfica - SIG e tabelas.

A análise espacial é uma ferramenta importante para avaliar a distribuição e a frequência de inundações e alagamentos em uma área geográfica. Algumas das técnicas utilizadas na análise espacial foram utilizadas para a confecção do mapa de espacialização das ocorrências, a fim de visualizar a localização e a distribuição dos eventos de inundação e alagamento no espaço urbano de Maracanaú. Esses mapas podem ser utilizados para identificar áreas com maiores números de registros.

Espacialização e Geocodificação das Ocorrências

A preparação do banco de dados permitiu realizar a reconstituição espacial do número de ocorrências, por meio de um amplo levantamento e tratamento das informações contidas na

base de dados. Foram elaborados mapas e gráficos dos eventos por tipologia e ano, de modo a estabelecer os padrões de ocorrência/recorrência e a caracterização do cenário local de danos.

Como os registros realizados pela Defesa Civil municipal não possuem coordenadas geográficas, provavelmente por uma limitação de recursos, foi preciso realizar uma rigorosa checagem da coluna de bairros e endereços, para que se pudesse validar a informação correta correspondente ao bairro onde a ocorrência foi registrada.

Visando a adequada compreensão da metodologia e resultados obtidos, é importante expressar que o termo ocorrência é entendido como o local geograficamente identificável, que foi afetado por um fenômeno onde são reportados danos e/ou perdas resultantes de processos como alagamentos e inundações.

Para a realização da geocodificação dos dados, a planilha foi editada e padronizada conforme o quadro 1. Por não possuírem coordenadas, a criação dos pontos foi realizada por meio do *plug-in* “mmqgis”, recurso adicional do software livre QGIS versão 3.10.

Quadro 1 – Modelo da padronização da tabela de atributos para exportar os dados no QGIS

ID	Tipo	Ano	Endereço	Bairro	Município	UF	País
1	ALAGAMENTO	2017	RUA FERNANDES CORREIA CAVALCANTE, N° DA RESIDENCIA	COLONIA ANT. JUSTA	MARACANAÚ	CEARÁ	BRASIL
2	ALAGAMENTO	2017	RUA 18, N° DA RESIDENCIA	SANTO SÁTIRO	MARACANAÚ	CEARÁ	BRASIL
3	ALAGAMENTO	2017	RUA 08, N° DA RESIDENCIA	ALTO ALEGRE II	MARACANAÚ	CEARÁ	BRASIL

Fonte: Elaborado pelos autores

Para realizar esta espacialização, o plugin exige uma padronização específica da tabela, conforme demonstrado no quadro acima, devendo conter o endereço, Município, Estado e País correspondente à localização da ocorrência.

A tabela deve estar organizada em uma única planilha e exportada para a extensão (.csv) – valores separados por vírgula com codificação UTF-8, exigida pelo plugin. Os campos devem ser preenchidos com as informações da tabela padronizada.

Alguns mecanismos de segurança foram adotados para confirmar a espacialização dos endereços no QGIS, sendo realizada uma verificação manual com base nos endereços do *open street maps* que contém uma base de endereços, sendo a base no qual o plugin “mmqgis” adota como referência.

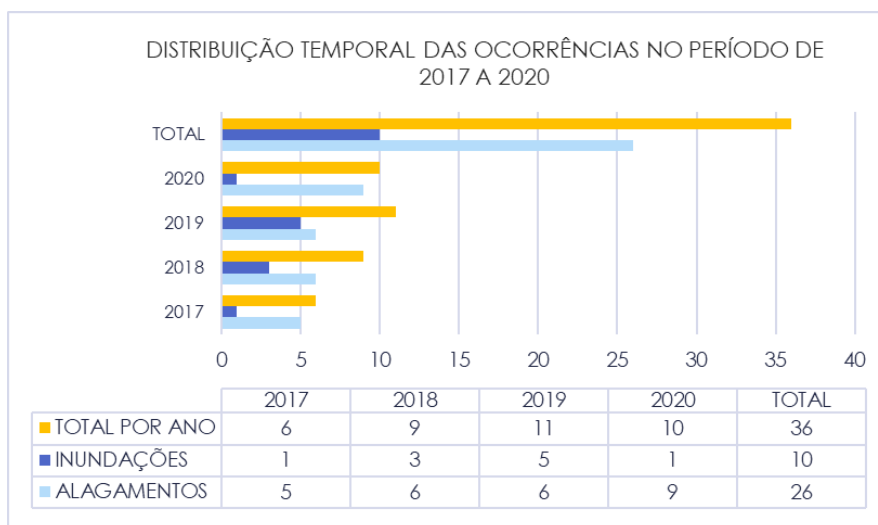
A partir disso, o banco de dados foi validado e apresentou menos limitações geocartográficas, ou seja, o registro de ocorrência de desastre da Defesa Civil municipal que foi “transformada” em um ponto específico (com coordenada geográfica) através do seu endereço.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao serem analisados os registros de ocorrências de alagamentos e inundações no município de Maracanaú no período de 2017 a 2020, foram contabilizados um total de 36 eventos, conforme os registros oficiais do banco de dados da Defesa Civil Municipal. A figura 4 evidencia a distribuição temporal das ocorrências durante este período.



Figura 4 – Distribuição temporal das ocorrências no período de 2017 a 2020



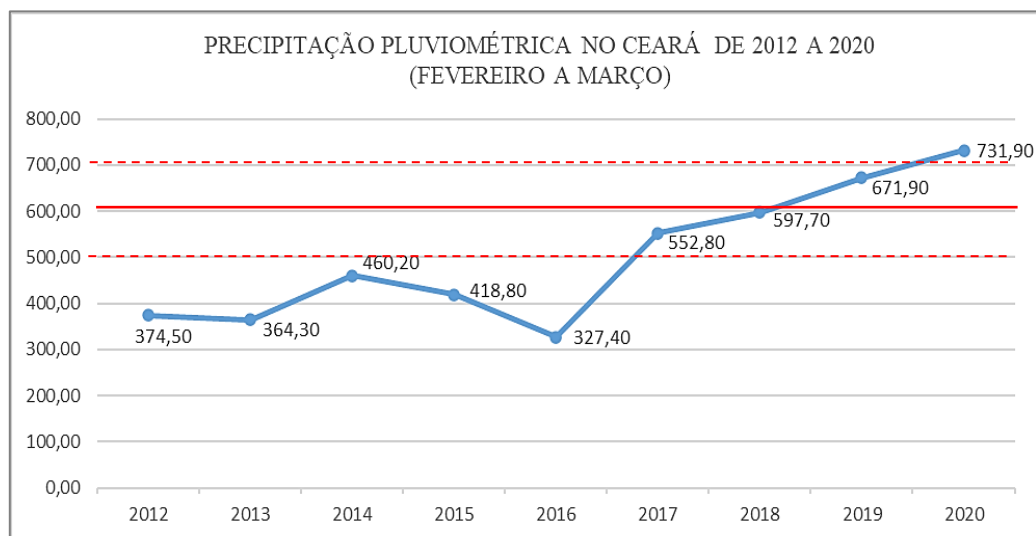
Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

O número total de registros cresceu ao longo do tempo, atingindo seu valor máximo no ano de 2019, com 11 registros. De modo geral, houve um maior número de alagamentos em relação às inundações, que obtiveram baixo número de registros dentro da escala temporal analisada. Vale ressaltar que estes registros representam um recorte temporal específico, tendo em vista a ausência de dados oficiais fornecidos pela Defesa Civil Municipal, por razões operacionais e de gestão de dados da instituição.

Além disso, podemos considerar também que no ano de 2017 o Estado do Ceará estava há seis anos (2012 a 2017) com registros de chuvas abaixo da média histórica. Já nos anos de 2018 e 2019 obteve precipitações em torno da média e em 2020 a precipitação foi considerada acima da média, conforme ilustra a figura 5.

Tais dados podem refletir na quantidade de ocorrências registradas. Em contrapartida, a precipitação é apenas um dos fatores que contribuem para alagamentos e inundações, sendo importante considerar outros fatores ao avaliar o risco de alagamentos e inundações na região.

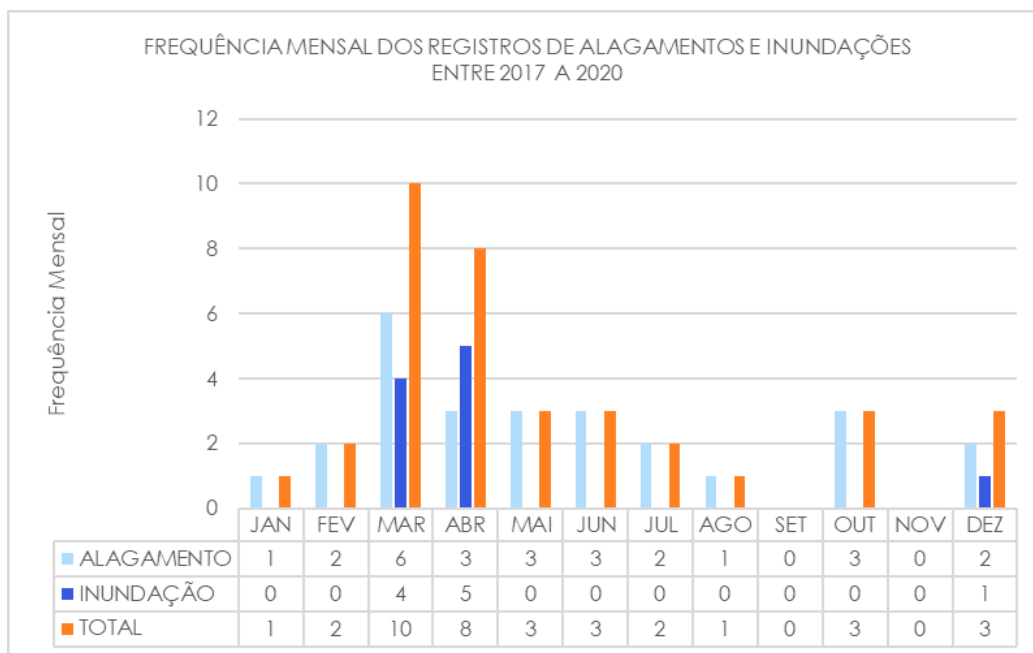
Figura 5 – Precipitação pluviométrica no Estado do Ceará de fevereiro à maio (2012-2020)



Fonte: FUNCEME (2023)

A Figura 6 apresenta a distribuição mensal dos eventos. A análise quantitativa mostrou que os meses de Março e Abril continham o maior número de eventos no total. Outros valores consideráveis de ocorrências de alagamentos foram registrados em abril, maio e junho, apresentando 3 registros mensais, respectivamente. Já as inundações também atingiram seu maior número de registros (4) no mês de março.

Figura 6 – Frequência mensal dos registros de alagamentos e inundações entre 2017-2020 em Maracanaú.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Entre os meses de março e abril é tradicionalmente o período mais chuvoso no Ceará. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) geralmente proporciona maiores acumulados pluviométricos neste período. Na maior parte dos casos, a chuva é considerada um agente deflagrador de desastres em Maracanaú, em paralelo com outros fatores como impermeabilização do solo e a ausência de rede de drenagem adequada, o que consequentemente justifica a maior quantidade de registros de alagamentos e inundações nestes meses.

A série histórica adotada (2017 a 2020) permitiu realizar a análise espaço-temporal dos eventos de alagamentos e inundações, por meio de mapas e quadros capazes de evidenciar a incidência espacial e temporal dos registros.

Dentre as análises realizadas, percebeu-se que existem bairros que frequentemente são atingidos por alagamentos e inundações, ficando assim mais expostos aos problemas ocasionados por estes fenômenos. Bairros como Pajuçara, Alto Alegre e Siqueira estão entre os mais afetados. O quadro abaixo, apresenta uma espécie de *ranking* com a quantidade de registros por tipologia e o total dos mesmos, destacando os bairros mais atingidos.



Quadro 2 - Classificação dos bairros mais afetados por alagamentos e inundações

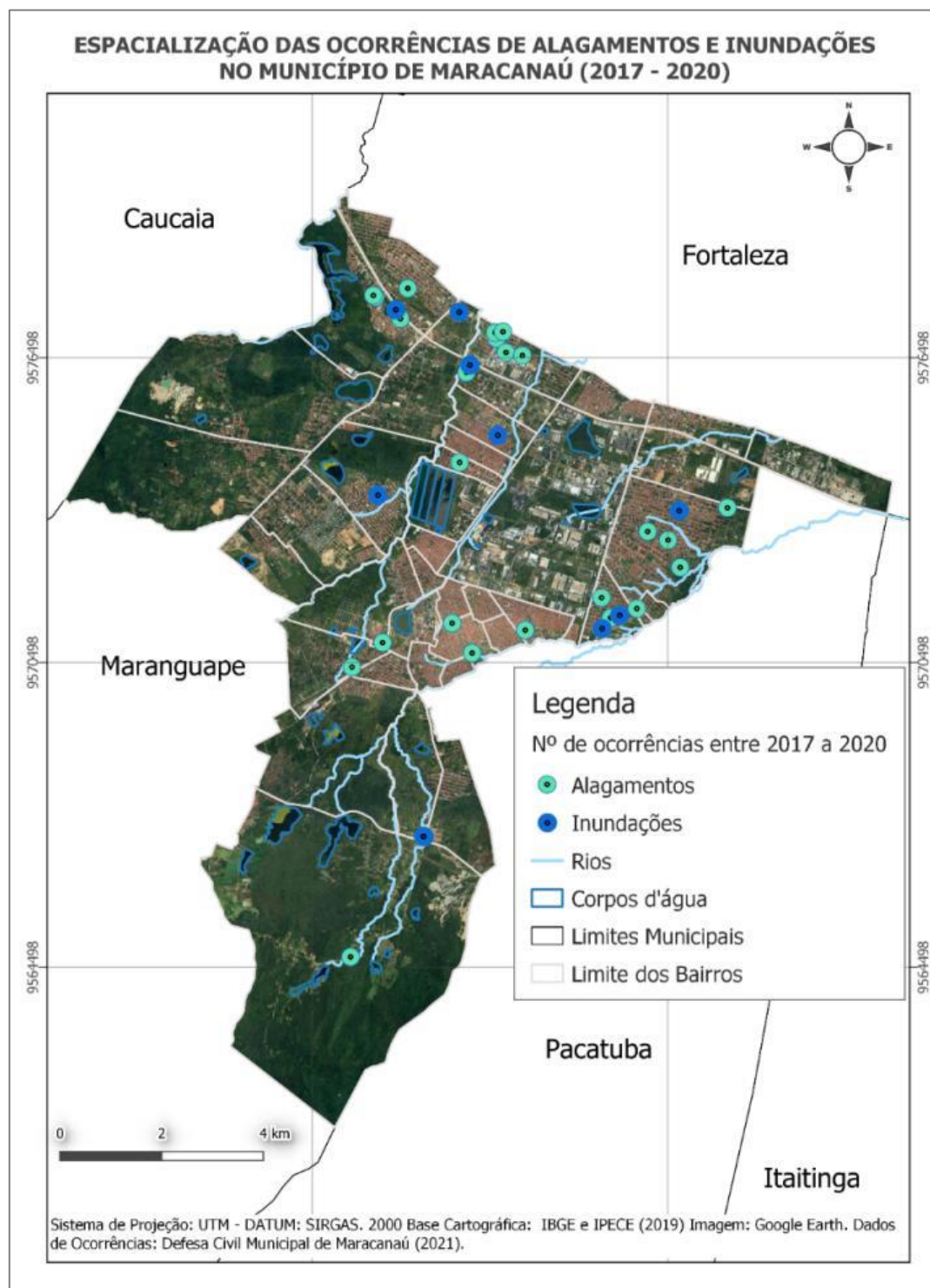
CLASSIFICAÇÃO DOS BAIRROS MAIS AFETADOS			
Bairro	Alagamento	Inundação	Total de registros
Pajuçara	6	1	7
Jardim Bandeirante	3	2	5
Alto Alegre II	4	0	4
Siqueira	2	2	4
Colônia Antonia Justa	3	0	3
Santo Antônio Pitaguary	1	2	3
Alto Alegre I	2	0	2
Jari	2	0	2
Jereissate II	1	0	1
Novo Oriente	0	1	1
Piratininga	0	1	1
Cágado	0	1	1
Santo Sátiro	1	0	1
Timbó	1	0	1

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Dentre os 40 bairros, 14 foram atingidos por algum tipo de fenômeno no decorrer da escala temporal adotada. Os outros 26 não apresentaram registros oficiais, o que não representa de forma integral o panorama dos eventos de alagamentos e inundações ocorridas no município, sobretudo pela ausência de registros da Defesa Civil de anos anteriores. Em alguns casos, a própria população não tem o conhecimento de acionar a Defesa Civil Municipal, a fim de reportar o desastre, não havendo assim o registro oficial.

Na figura 7 destaca-se a espacialização dos desastres ocorridos no município de Maracanaú, com destaque para bairros como Pajuçara, Jardim Bandeirante e Alto Alegre II. Em bairros como Jardim Bandeirantes e Pajuçara, os alagamentos e inundações atingem principalmente as residências próximas às margens do Rio Timbó (Riacho Lameirão).

Figura 7 - Mapa de espacialização das ocorrências de alagamentos e inundações em Maracanaú entre 2017 a 2020



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

A realidade encontrada no município é de que muitos moradores construíram suas casas em ambientes de planície fluvial, como podemos visualizar na figura 8, justamente por serem



loais públicos e de fácil acesso. Contudo, tratam-se de ocupações irregulares, que ocorrem de forma desordenada, refletindo em problemas de drenagem e prejuízos à população ribeirinha.

Figura 8 - Ocupações na planície fluvial do rio Maranguapinho em Maracanaú.



Fonte: Autores (2023)

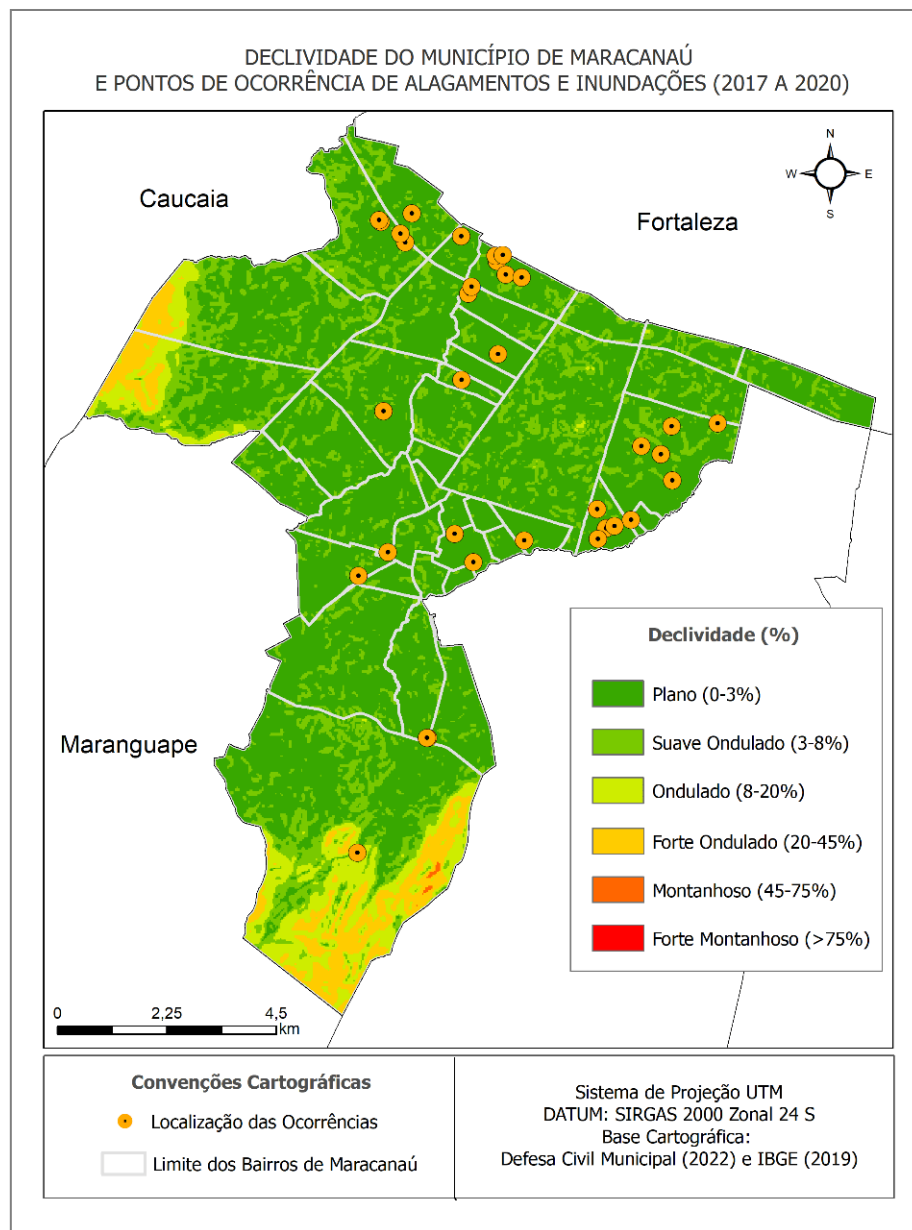
Analisando os bairros com maiores frequências de registros, nota-se que há uma tendência espacial entre eles, formando assim áreas com maior concentração de ocorrências de desastres, principalmente nos bairros que se localizam às margens dos rios Maranguapinho, Cocó e seus afluentes.

A expansão urbana desordenada de Maracanaú resultou em diversas mudanças nas suas características ambientais, como no caso do sistema de drenagem. Considerável parte dos eventos de alagamentos estão localizados em áreas densamente urbanizadas, como as dos bairros Pajuçara, Alto Alegre II e Jardim Bandeirantes.

Outros fatores também estão intimamente interligados, como padrões de uso e ocupação do solo, ausência de redes de drenagem como “bocas de lobo” e bueiros, além do acúmulo de lixo. Ademais, o município possui um terreno predominantemente plano, conforme exposto na figura 9, o que favorece o acúmulo de água em determinadas áreas.

Áreas de baixa declividade são mais propensas aos alagamentos e inundações, pois a água não tem uma inclinação natural para escoar, acumulando-se em áreas mais baixas. Esse problema pode ser agravado pela urbanização, pois o asfaltamento, edifícios e outras estruturas podem dificultar a infiltração da água no solo, incrementando o escoamento superficial.

Figura 9 - Mapa de declividade do município de maracanaú e pontos de ocorrências de alagamentos e inundações (2017 a 2020)



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Os alagamentos e inundações podem ser ocasionados por razões diversas, que incluem desde a ocorrência de chuvas mais intensas e até mesmo falhas nos sistemas de drenagem. É importante ressaltar que esses eventos podem ter consequências sérias para a segurança pública, para a saúde e para o meio ambiente. Eles podem levar a perda de vidas humanas, danos em propriedades, contaminação das águas e do solo, além da interrupção de serviços públicos essenciais, como eletricidade e transporte.



CONSIDERAÇÕES

A distribuição espacial de alagamentos e inundações em uma cidade é influenciada por uma série de fatores, como a topografia, a urbanização, o sistema de drenagem, o tipo e acumulado de precipitação, entre outros. Em geral, áreas mais baixas e planas, como as margens de rios, lagos e córregos, são mais suscetíveis às inundações e alagamentos.

No presente estudo, a distribuição espacial e temporal realizada no período de 2017 a 2020 trouxe uma visão de forma mais perceptível da heterogeneidade das condições de risco e sua distribuição espaço-temporal no território de Maracanaú, permitindo uma análise quantitativa das ocorrências e identificando os anos e bairros mais críticos caracterizados por maiores registros de ocorrências.

O levantamento dos registros históricos de desastres hidroclimáticos em Maracanaú demonstraram que constantemente a cidade é acometida por algum tipo de evento danoso e que ocasionaram perdas e danos socioeconômicos para a população, ainda que os anos analisados não representassem anos tão chuvosos assim ao longo da série histórica. Além disso, a documentação desses eventos é importante tanto para a compreensão dos impactos das mudanças climáticas ao longo do tempo, como para o planejamento e prevenção de futuras ocorrências.

É importante ressaltar ainda que não há uma base de dados institucional local consolidada que reúna dados sobre desastres no município e relacione-os com as perdas e danos ocasionados para a população, fato que demonstra a incapacidade dos gestores públicos em zelar pela integridade dos dados de ocorrências de desastres que acometem o município.

Além disso, na grande maioria dos casos, as defesas civis apresentam certo déficit institucional e ausência de recursos, além de constantes reestruturações em seu quadro, dificultando ainda mais a implementação de planos de prevenção à desastres.

A análise espacial é importante para a gestão de inundações e alagamentos porque permite uma compreensão mais profunda dos eventos e dos fatores deflagradores, contribuindo na identificação de soluções preventivas ou na mitigação de seus efeitos. Por essas razões, é importante que as cidades sejam planejadas de maneira responsável, com a incorporação de medidas de mitigação de desastres, como sistemas de drenagem, áreas verdes e infraestruturas resistentes à desastres, para minimizar o impacto de inundações e alagamentos na população e no meio ambiente.

Algumas medidas podem ser tomadas para minimizar os efeitos de alagamentos e inundações em áreas de baixa declividade, como a construção de sistemas de drenagem e escoamento de água pluvial, a preservação de áreas verdes e o desenvolvimento de técnicas de gestão de águas pluviais sustentáveis. Além disso, faz-se necessária a inclusão da população nas políticas e ações que visem a redução do risco de desastre na cidade.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Q. de. Diagnóstico Sócio-ambiental e contribuições para o Planejamento Ambiental do município de Maracanaú - CE. **Caminhos de Geografia** (UFU), Uberlândia, v. 15, n.Jun/2005, p. 108-125, 2005. Disponível em:

<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15392>. Acesso em: 20/10/2022

ALMEIDA, L. Q. de. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho**. Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. 2010. 278f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade



Estadual Paulista, Rio Claro, 2010. Disponível em:
<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/104309>. Acesso em: 20/10/2022

AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundações e enchentes. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.). **Desastres Naturais - Conhecer para Prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015, v. 1, p. 39-52. Disponível em:
<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutogeologico/2010/03/lancado-livro-sobre-desastres-naturais-no-site-do-ig/>. Acesso em: 07/11/2022.

IBGE. **Maracanaú**: SIDRA, 2012. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/territorio/unit.asp?e=v&t=4&codunit=23762&z=t&o=4&i=P>. Acesso em: 21/10/2022

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **Perfil Básico Municipal 2016 Maracanaú**. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Maracanau_2016. Acesso em: 21/10/2022

MAGALHÃES NETO, F. de. **A Gestão ambiental no distrito industrial I de Maracanaú - Região metropolitana de Fortaleza-CE**. 2013. 213 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2013. Disponível em:
<http://hdl.handle.net/11449/104463>. Acesso em 13/11/2022.

SANTOS, R. S. **A expansão urbana de Maracanaú: uma análise cartográfica – 1970 a 1998**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará – UECE, Fortaleza, 1998.

TAVARES, Aeicha Roldan. **Impacto dos desastres naturais sobre as finanças municipais no Ceará: uma análise com dados em painel para o período 2003-2016**. 2021. 38f. Dissertação (Mestrado em Economia de Empresas) - Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade - FEAAC, Programa de Economia Profissional - PEP, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza (CE), 2021. Disponível em:
<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/62412>. Acesso em 21/11/2022

UNITED NATIONS OFFICE FOR THE COORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS - OCHA. **Natural Disasters In Latin America And The Caribbean. Relatório**. Panamá, 2020. Relatório. Disponível em:
<https://www.humanitarianresponse.info/en/operations/latin-america-and-caribbean/document/latin-america-and-caribbean-natural-disasters-2000>. Acesso em 21/11/2022

HISTÓRICO

Submetido: 10 de março de 2023.

Aprovado: 08 de junho de 2023.

Publicado: 09 de junho de 2023.

DADOS DO(S) AUTOR(ES)

Luis Felipe Xavier

Mestrando em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA. Possui Graduação em Geografia (2017) pela Universidade Estadual do Ceará - UECE. Especialização em Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental e Recursos Hídricos (2020) pela Universidade Estadual do Ceará - UECE. Encontra-se vinculado ao Laboratório de Estudos Ambientais e Climáticos - LEAC da Universidade Estadual Vale do Acaraú, bem como



aos Grupos de Pesquisa "Estudos Geográficos de Sistemas Ambientais e Climas Intrarregionais" (CNPq/UVA) e "Semiárido Brasileiro e o Contexto Geoambiental" (CNPq/UECE). Atuou como Bolsista de Transferência Tecnológica - BTT na Fundação Cearense de Meteorologia, Recursos Hídricos e Meio Ambiente - FUNCEME, lotado no Núcleo de Recursos Hídricos e Meio Ambiente - NURHA (2018 - 2021). Foi Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC/CNPq (2014 - 2016). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geografia, atuando principalmente nos seguintes temas: Risco Ambiental, Análise Ambiental, Estudo do Ambiente Urbano, Vulnerabilidade Socioambiental, Redução de Risco de Desastre - RRD, Sistema de Informação Geográfica - SIG, Cartografia Temática.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3705-1533>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9124457591446892>

E-mail: felipe.mageouva@gmail.com

Jander Barbosa Monteiro

Doutor em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC e Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará - UECE. Possui Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Ceará - UFC. Realizou Estágio de Pós-doutoramento no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará (2022), com pesquisa relacionada ao desenvolvimento de metodologia estatística autoral voltada à definição e categorização de eventos extremos de precipitação diária. É Professor Adjunto do Curso de Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú e vice-coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geografia da referida universidade. É bolsista de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e Inovação Tecnológica, da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FUNCAP (Edital 04/2022). É coordenador adjunto do Laboratório de Estudos Ambientais e Climáticos - LEAC da Universidade Estadual Vale do Acaraú e encontra-se vinculado ao Grupo de Pesquisa Estudos Geográficos de Sistemas Ambientais e Climas Intrarregionais. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geografia Física, atuando especialmente nos seguintes temas associados à Climatologia Geográfica: Desastres Naturais, Eventos Extremos, Riscos e Vulnerabilidade.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0086-6923>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4218192054179148>

E-mail: jander_bm@hotmail.com.

COMO CITAR O ARTIGO - ABNT

XAVIER, L. F.; MONTEIRO, J. B. Análise espacial da ocorrência de alagamentos e inundações na área urbana do município de Maracanaú-CE. **Revista GeoUECE**, Fortaleza (CE), v. 12, n. 22, e202303, 2023. <https://doi.org/10.59040/GEOUECE.2317-028X.v12.n22.e202303>