

ANÁLISE DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A ALAGAMENTOS E INUNDAÇÃO NA ZONA URBANA DE CAXIAS - MA

Dalva Damiana Estevam da Silva ¹

Fábio Remy de Assunção Rios ²

Sergio Murilo Santos de Araújo ³

INTRODUÇÃO

Os alagamentos e inundações são eventos ambientais de caráter hidrológico (UNISDR, 2002). Podem ocorrer de forma natural em áreas rurais, mas no meio urbano, esses problemas são ocasionados pela ação humana, que modifica os cursos d'água e constroem em locais inapropriados.

Para Vestena, Almeida e Geffer (2020, p. 2), “estes problemas são decorrentes na maioria das vezes, da ocupação de áreas ribeirinhas suscetíveis a inundações periódicas ou de falha na drenagem urbana”. As ocorrências destes eventos nas cidades geram problemas de ordem socioambiental, no qual pode-se citar a interrupção de vias impedindo a passagem de veículos e pedestres, perdas humanas, danos à infraestrutura e a saúde da população (VESTENA, ALMEIDA e GEFFER, 2020).

As principais causas da crescente frequência e intensidade dos desastres socioambientais conforme Araújo et al. (2022, p. 63) é a “intervenção humana na natureza e a expansão exponencial das cidades e da população, afetando de forma mais intensa as comunidades pobres das periferias urbanas, que frequentemente vivem em áreas de risco”. Esses mesmos autores mencionam que o modelo contemporâneo de sociedade requer a utilização de técnicas de gestão dos riscos de desastres, dado que estão se tornando mais intensos e comuns.

Com a questão climática estes eventos estão cada vez mais comuns nas urbes, principalmente os alagamentos e as inundações. A cidade de Caxias é cortada pelo rio Itapecuru, as margens possuem pouca mata ciliar, as construções estão cada vez mais próximas do rio, não respeitando a área de proteção ambiental. Além disso, muitos bairros

¹ Doutoranda em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande - PB, dalvaestevampb@gmail.com;

² Doutor em Engenharia e Ciências dos Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande - PB, fabioremy@gmail.com;

³ Professor da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, sergiomurilosa.ufcg@gmail.com;

são alagados no período chuvoso. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar as áreas suscetíveis a alagamentos e inundação na zona urbana de Caxias-MA.

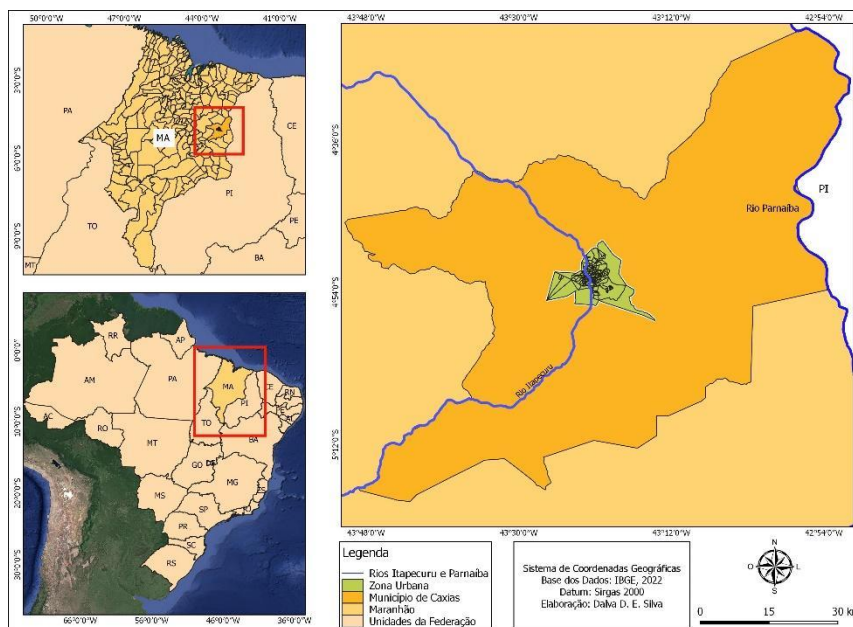
Dessa maneira, estudos que evidenciam a problemática são importantes para que medidas sejam tomadas diante da observação dos eventos enfrentados pela população no período chuvoso.

METODOLOGIA

Área de Estudo

O município de Caxias está situado na Microrregião de Caxias e Mesorregião Leste do estado do Maranhão (CAXIAS, 2022). Apresenta população de 156.973 habitantes, com densidade demográfica de 30,18 hab/km² (IBGE, 2022). A sede municipal apresenta altitude de 66m e coordenadas geográficas de 04° 51' 32" S e 43° 21' 22" W (CAXIAS, 2023). A cidade de Caxias possui vários bairros e atualmente encontra-se em expansão (Figura 1).

Figura 1 – Localização do município de Caxias no Estado do Maranhão.



Fonte: Elaborado a partir de dados do IBGE, 2022.

Com relação a temperatura, durante a maior parte do ano predomina o clima quente, variando entre 23° C e 37° C (CAXIAS, 2023). Porém, com as mudanças climáticas essas temperaturas podem variar bastante principalmente nos meses mais quentes nessa região denominados de “Bro-Bró”, como: setembro, outubro, novembro e dezembro.

O clima predominante no município, conforme a classificação de Koppen, é o tropical quente e semiúmido (Aw). Caracteriza-se pela presença de duas estações bem definidas: a chuvosa e a seca. O período chuvoso compreende os meses de dezembro a maio e o seco aos meses de junho a novembro (CAXIAS, 2023). A pluviometria mensal varia de 13 a 135,8 mm, a precipitação anual fica em torno de 1.557,3mm (CÔRREA FILHO, 2011; NUGEO, 2016; SILVA, SOUSA e BRITO, 2021).

Caxias está situada em uma área de transição entre Biomas. Corrêa Filho (2011) e Andrade et al., (2023), mencionam a presença de uma zona de transição caracterizada pela Mata dos Cocais, a pré-amazônia e o cerrado. A vegetação é típica de cerrado, em sua maior parte, e floresta, sendo bastante devastada, devido a agricultura de subsistência e a agropecuária (FERNANDES et al., 2010; CAXIAS, 2023).

O relevo possui formas irregulares, resultado de processos essencialmente erosivos. Situa-se em grande parte no Pediplano Central do Maranhão, assim denominado por estar entre o Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão, a oeste e o Planalto Setentrional Pará-Maranhão a leste (RADAMBRASIL, 1973; ARAÚJO, 2012). Araújo (2012, p. 123) afirma que o relevo, geralmente é esculpido em rochas sedimentares, constituído de formas tabulares e colinas de baixas altitudes, intensamente dissecados.

A hidrografia faz parte da Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, a área municipal está inserida em duas grandes bacias hidrográficas regionais: a bacia do rio Itapecuru e a bacia do rio Parnaíba. O rio Itapecuru constitui-se o principal curso d'água do estado do Maranhão (ARAÚJO, 2012), divide-se em três regiões: alto, médio e baixo curso.

O Alto Itapecuru está localizado entre os municípios maranhenses de Mirador, Grajaú e São Raimundo das Mangabeiras. Já a região do Médio Itapecuru compreende parte do município de Colinas e se estendendo até Caxias, no qual começa o Baixo Itapecuru até sua foz na Baía de São Marcos, no Golfão Maranhense (ANDRADE et al., 2023, p.42).

O rio Itapecuru divide a zona urbana em duas partes: a área central, na margem direita e a Trizidela na margem esquerda. Os afluentes deste rio são: Corrente, Gameleira, Coroatá, Olho D'água, Veneza, Itapecuruzinho, Sanharó, Ponte, Prata, Ouro, Limpeza e São José que compõem a densa rede hidrográfica urbana caxiense. Em Caxias, tem-se a transição do médio para o baixo curso do rio Itapecuru (BIZERRA, 1984; ARAÚJO, 2012).

Aspectos metodológicos

A metodologia teve como base pesquisas em artigos publicados em periódicos, congressos e livros para construção do embasamento teórico. A coleta dos dados ocorreu in loco e também via internet. Para criação do mapa das áreas susceptíveis a alagamentos e inundação utilizou-se imagens de radar do sensor *Alos Palsar* - FBS, disponibilizadas na Plataforma *Alaska Satellite Facility no EarthData/NASA* (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço), com resolução espacial de 30 m, com o reamostragem dos pixels para 12,5 m.

No pré-processamento realizou-se o recorte do MDE da área de estudo no QGIS, o sistema de referência permaneceu o original EPSG 4326 WSG 84, pois o Hand Model não aceita arquivos que não sejam no formato WSG 84. O Hand Model ou Modelo Hand foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Queiroga et al., (2023, p. 4) afirma que “esse modelo tem o objetivo de normalizar o MDE em relação ao ponto mais próximo da rede de drenagem, onde ele irá desaguar e não em relação ao nível do mar”. Assim, esses mesmos autores afirmam que é calculada a variação altimétrica de cada pixel, gerando classes de suscetibilidade à inundação.

No Hand Model inicialmente foi criada uma pasta com o nome saída, na mesma pasta onde foi descompactado o Hand Model, usando a função *set workspace directory*. O próximo passo foi inserir o MDE no Hand, com o MDE, no qual foi corrigido por meio da função *Corrected DEM*, no qual inseriu-se o MDE, para gerar dois arquivos distintos o DEMC e o LDD. Com os arquivos gerados usou-se a função ACC, selecionou-se o LDD, para originar o ACC.

Após essa etapa utilizou-se a opção *Drainage* para assim criar a drenagem DREN. Enfim, na função *Height Above the Nearest Drainage*, inseriu-se o DEM, o LDD e o DREN para assim, obter o Modelo Hand, logo após, foi inserido no Qgis 3.16.10 *Hannove* para concluir as próximas etapas.

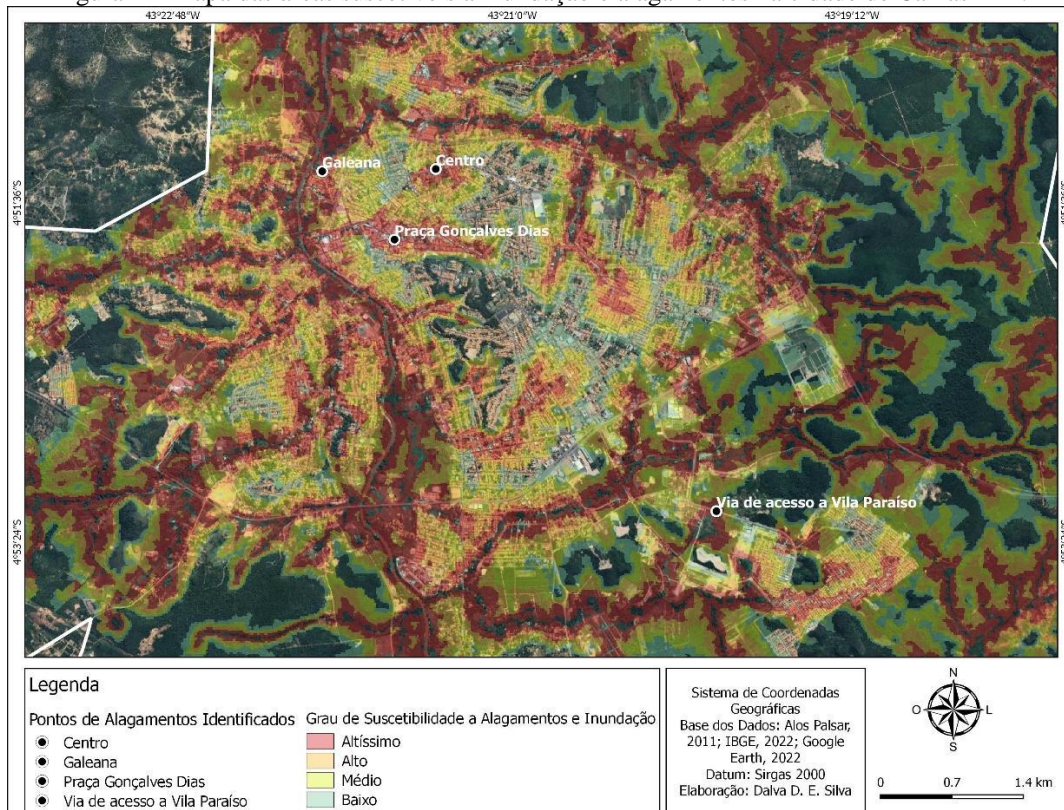
No Qgis foram realizadas a reclassificação do Modelo Hand, por meio da opção classificação por tabela, onde foram definidos os valores conforme o Modelo Hand gerado. A suscetibilidade a alagamentos e inundação foram classificadas como: Altíssimo (vermelho), Alto (laranja), Médio (amarelo) e Baixo (verde). Quanto mais baixo for o terreno em metros maior será a suscetibilidade a alagamentos e inundações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os alagamentos e inundações na zona urbana de Caxias ocorrem devido às chuvas intensas no período chuvoso. O Rio Itapecuru passa no sentido Sul-Norte, cortando o município e a zona urbana. Este rio faz parte da Bacia Hidrográfica que recebe o mesmo nome abrangendo vários municípios do Estado do Maranhão, inclusive Caxias.

A urbe situa-se em uma área com relevo ondulado com vários riachos que deságuam no rio principal. Mesmo existindo o Plano Diretor para nortear o desenvolvimento da cidade, muitas construções foram realizadas em locais impróprios. O mapeamento das áreas suscetíveis a alagamentos e inundação mostra que vários riachos e córregos passam pela urbe, porém a distância das áreas de proteção ambiental não é respeitada, o que torna essas áreas vulneráveis a esses eventos hidrológicos (Figura 2).

Figura 2 – Mapa das áreas suscetíveis a inundação e alagamentos na cidade de Caxias-MA.



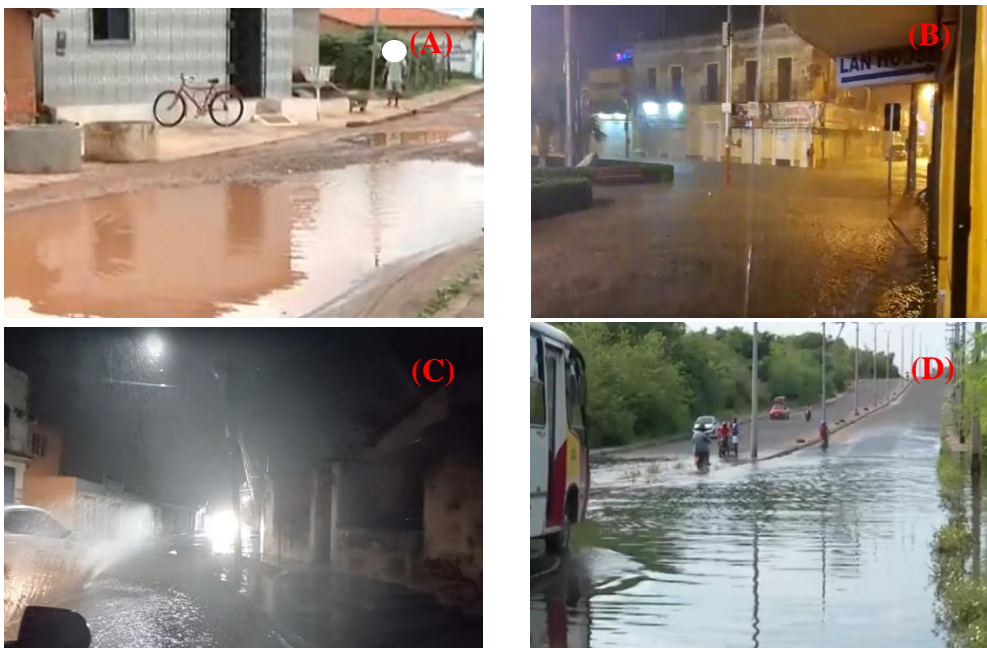
Fonte: Elaborado a partir de dados do Alos Palsar (2011), IBGE (2022) e Google Earth (2022).

Conforme o mapa, a cidade possui diversos pontos de alagamentos ou inundações na cor vermelha, evidenciando a altíssima suscetibilidade a esses eventos. A cor laranja mostra que as áreas possuem alta susceptibilidade, a cor amarela média e a cor verde possui baixa suscetibilidade a desastres. A inundação ocorre nos bairros que margeiam o

rio Itapecuru, que conforme o Serviço Geológico do Brasil (SGB, 2024) a cota de inundação é de 6 metros.

Vários bairros possuem áreas que são alagadas no período chuvoso, entre estes: a Galeana, as ruas que ficam no entorno da Praça Gonçalves Dias, algumas áreas no bairro Centro e a via que dá acesso a Vila Paraíso, um bairro construído recentemente distante da cidade (Figura 3). Os pontos de alagamentos citados estão em área com altíssima suscetibilidade a alagamentos ou inundações.

Figura 3 – (A) Bairro Galeana, (B) Praça Gonçalves Dias, (C) Bairro Centro (D) Via que dá acesso a Vila Paraíso.



Fonte: (B) Marcos Riacho Ponte (2017), (A) e (D) TV Mirante (2022), (C) a autora (2024).

O sistema de drenagem é insuficiente quando as chuvas são intensas, pela cidade existem poços de visitas, galerias e sarjetas que fazem a condução da água pluvial. Em um estudo realizado por Oliveira et al. (2022) sobre o sistema de drenagem pluvial na rua Teófilo Dias em Caxias, verificou-se que o sistema de drenagem pluvial atua de forma insatisfatória, não atendendo a vazão estipulada, o que proporciona alagamentos e inundações constantes no período chuvoso, isso ocorre devido a deterioração destes equipamentos de microdrenagem que necessitam de limpeza e manutenção periódicas para funcionar.

O sistema de microdrenagem está presente em várias ruas, principalmente aquelas que situam-se em áreas mais baixas para coletar a água que escoas das ruas com maior declividade (Figura 4).

Figura 4 – (A) Poço de visita e (B) Galerias para coleta da água pluvial.



Fonte: Google Earth (2022).

A falta de planejamento gera impactos nas cidades e ao meio ambiente, sobrecarregando o sistema de drenagem urbana pela impermeabilização do solo, diminuição da infiltração, perda da cobertura vegetal e consequentemente aumento da velocidade do escoamento superficial (SANTOS, RUFINO e BARROS FILHO, 2017). A falta de jardins sustentáveis e áreas verdes também contribuem com esses eventos hidrológicos, pois essas áreas atuam coletando a água para infiltração no solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os alagamentos e inundações na cidade de Caxias ocorrem na maioria das vezes devido a insuficiência do sistema de drenagem de águas pluviais. Além disso, muitas áreas que foram impermeabilizadas eram cursos d'água como riachos e córregos que deságuam no rio Itapecuru. A invasão de terrenos nas proximidades do rio principal para construção de casas é outro problema, pois esta é uma área natural para a cheia do rio. Com a construção de casas em área irregular tem-se as inundações e consequentemente transtornos à população.

Palavras-chave: Desastres, Urbanização, Mapeamento, Sistema de Drenagem Pluvial.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. S.; SILVA, G. A.; SILVA, M. F.; SILVA, F. L. Percepção de risco dos moradores de área com inundações recorrentes: Análise nos bairros da Baixada do Sobral – Rio Branco/AC. **UÁQUIRI-PPGGEO**, v. 2, n. 2, p. 61-79, 2020.

ARAÚJO, F. A. S. **Geomorfologia aplicada à fragilidade e ao zoneamento ambiental de Caxias-MA**. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, UNESP. Presidente Prudente, SP, 2012. 187p.

BIZERRA, A. S. Contribuição à geomorfologia da bacia do Itapecuru, Maranhão. Tese de Mestrado. Unesp. Rio Claro, SP, 1984.

CAXIAS. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Saúde. **Plano Municipal de Contingência para Prevenção e Enfrentamento de Epidemias de Arboviroses do Município de Caxias-MA para o ano de 2023**. 2023.

- CAXIAS. Prefeitura Municipal. **Caxias, 181 anos de emancipação política**. Disponível em: <http://caxias.ma.gov.br/caxias-181-anos-de-emancipacao-politica/>. Acesso em: 05 ago. 2024.
- CORREIA FILHO, F. L. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Maranhão**: relatório de diagnóstico do município de Caxias. Teresina: CPRM, 2011.
- FERNANDES, R.S. et al. Samambaias e licófitas do município de Caxias, Maranhão, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**. Belém, v. 5, n. 3, p. 345-356. 2010.
- FERRAZ, C. M. L. Inundações e alagamentos em meio urbano: uma perspectiva teórico-conceitual, em abordagem geomorfológica. **Vozes dos Vales**, v. 1, p. 1-17, 2021.
- GOOGLE. Google Eart. Website: Disponível em: <http://earth.google.com>. 2022.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/caxias/panorama>. Acesso em: 05 ago. 2024.
- NUGEO. Núcleo Geoambiental. **Bacias hidrográficas e climatologia**. São Luís: Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, 2016.
- OLIVEIRA, C. E. M; SANTOS, P. R. A. D. R; MATOS, W. E. C; SOUSA, B. M; CARVALHO, R. S. S. Estudo da drenagem pluvial na rua Teófilo Dias, na cidade de Caxias-MA. In: Congresso Técnico de Engenharia e da Agronomia, CONTECC, 2022, Goiânia. **Anais do CONTECC**, 2022.
- PONTE, M. R. Alagamento na Praça Gonçalves Dias. 2017. Disponível em: <https://www.facebook.com/MarcosRiachoDoPonte/videos/382915408735062/?mibextid=YA1HMP&rdid=hKQ7EXdmWYR9hcjD>. Acesso em: 19 ago. 2024.
- 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**, v. 43, p. 1-13, 2023.
- SANTOS, K. A; RUFINO, I. A. A; BARROS FILHO, M. N. M. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande-PB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 943-952, 2017.
- SILVA, O. A; SOUSA, S. R. C. T; BRITO, H. K. Variabilidade pluviométrica, produção de arroz e percepção de agricultores no município de Caxias/MA. **ACTA Geográfica**, v. 15, n. 39, p.234-256, 2021.
- SGB - Serviço Geológico do Brasil. Rio Itapecuru ultrapassa cota de inundação em Caxias (MA). 2024. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/w/rio-itapecuru-ultrapassa-cota-de-inundacao-em-caxias-ma->. Acesso em: 22 ago. 2024.
- _____. Chuva forte, bairro fica inundado. In: TV Mirante, 2022. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/10181146/>. Acesso em: 20 ago. 2024.
- UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. United Nations. Living with risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. Geneva, v. 2, 2004.