

IMPACTOS HIDROMETEOROLÓGICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MEARIM, MARANHÃO (MA): UMA ANÁLISE A PARTIR DA CIDADE DE BACABAL

Brenda Soares da Silva Nunes da Costa ¹
Wellington Pereira da Silva ²
Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias ³
Priscilla Venâncio Ikefuti ⁴

INTRODUÇÃO

Os eventos extremos de precipitação são fenômenos que geram diversos impactos nas cidades e na população, isso porque podem impedir a circulação de pessoas, por conta dos alagamentos, enchentes e inundações, como também podem ser um risco para desastres devido aos escorregamentos e deslizamentos de terra. Segundo Xavier (2017, p.63) “os eventos extremos climáticos estão relacionados com a alteração na variabilidade climática, ou seja, alteração do comportamento padrão observado em séries históricas de dados meteorológicos”.

Pensando nos problemas que acometem o espaço urbano, sobretudo de origem climática, o professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, em 1975 elaborou uma proposta teórico -metodológica para os estudos em Climatologia Urbana, denominado de Sistema Clima Urbano (SCU).

O SCU visa compreender a organização climática da cidade e como tal, é essencialmente centrado na atmosfera, considerado como o seu agente operador (Monteiro, 2003). Desde modo, o Sistema Clima Urbano é formado por três campos de percepção, sendo: o campo termodinâmico, o físico-químico e o campo hidrometeorológico.

Aqui destacaremos o campo hidrometeorológico, no qual está relacionado aos impactos de inundações e movimentos de terra, respectivamente (Mendonça, 2010), para além, nesse subsistema estão incluídos os impactos relacionados as tempestades, tornados, furações, ciclones, nevoeiros e chuvas torrenciais.

¹ Mestranda em Geografia pela Universidade Estadual do Maranhão- UEMA, brendanunes690@gmail.com;

² Mestrando em Geografia pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, w.psilva@hotmail.com;

³ Doutor em Biodiversidade pela Rede BIONORTE, Professor Adjunto da Universidade Estadual do Maranhão, luizjorgedias@hotmail.com ;

⁴ Professora Orientadora: Doutora em Geografia pela Universidade de São Paulo – USP e Professora Adjunta I da Universidade Estadual do Maranhão- UEMA, priscillaikefuti@professor.uema.br;

Dentre os desastres associados ao clima, as inundações se destacam com grande ocorrência no Brasil. De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2013) entre 1991 a 2012, foram registrados oficialmente 4.691 episódios de inundações severas, representando 12% das ocorrências de desastres no país, desse total, no estado do Maranhão foram 180 eventos. Texeira (2010) define a inundação como processo natural e que ocorre periodicamente, em função da dinâmica fluvial do rio, quando há o transbordamento das águas para as áreas marginais, conhecidas como planícies de inundação ou várzeas, durante o período chuvoso.

Os microclimas criados pelas cidades em consequência da elevada verticalização e impermeabilização do solo agrava episódios de extremos climáticos. Para Mendonça (2015, p.93) “o clima constitui-se numa das dimensões do ambiente urbano e seu estudo tem oferecido importantes contribuições ao equacionamento da questão ambiental das cidades”.

Nas cidades brasileiras, a população que mais sofre com os impactos dos eventos hidrometeorológicos extremos são as que residem em áreas ambientalmente frágeis como encostas, margens de rios e topos de morros. Essa situação tem se agravado ao longo dos anos, principalmente em médias e grandes cidades, onde a busca pelo desenvolvimento econômico fez com que as cidades se tornassem polos de atração para trabalho, riqueza e melhoria da qualidade de vida.

No Estado do Maranhão, os impactos decorrentes de eventos hidrometeorológicos ocorrem com frequência em importantes bacias hidrográficas, dentre elas, destaca-se a bacia do rio Mearim, considerada a maior bacia genuinamente maranhense do estado. A bacia apresenta área total de 98.289,05 km², ocupando 29,6% do território maranhense, contemplando 84 municípios. Ela está inserida entre os biomas Amazônico e Cerrado, onde a principal característica natural, é a grande disponibilidade de águas superficiais e subterrâneas (CODEVASF,2019).

Segundo Louzeiro, Santos e Santos (2013) o rio Mearim, que banha municípios localizados no Centro-Maranhense, entre os quais situam-se Trizidela do Vale, Pedreiras e Bacabal, são considerados os lugares mais afetados pelas inundações, nos quais durante o período de cheia, deixa várias famílias desabrigadas e desalojadas, conforme os dados noticiados em jornais e relatórios oficiais da Defesa Civil.

Assim sendo, considerando os municípios situados na bacia do rio Mearim e afetados pelo fenômeno, esta pesquisa tem como área de estudo, o município de

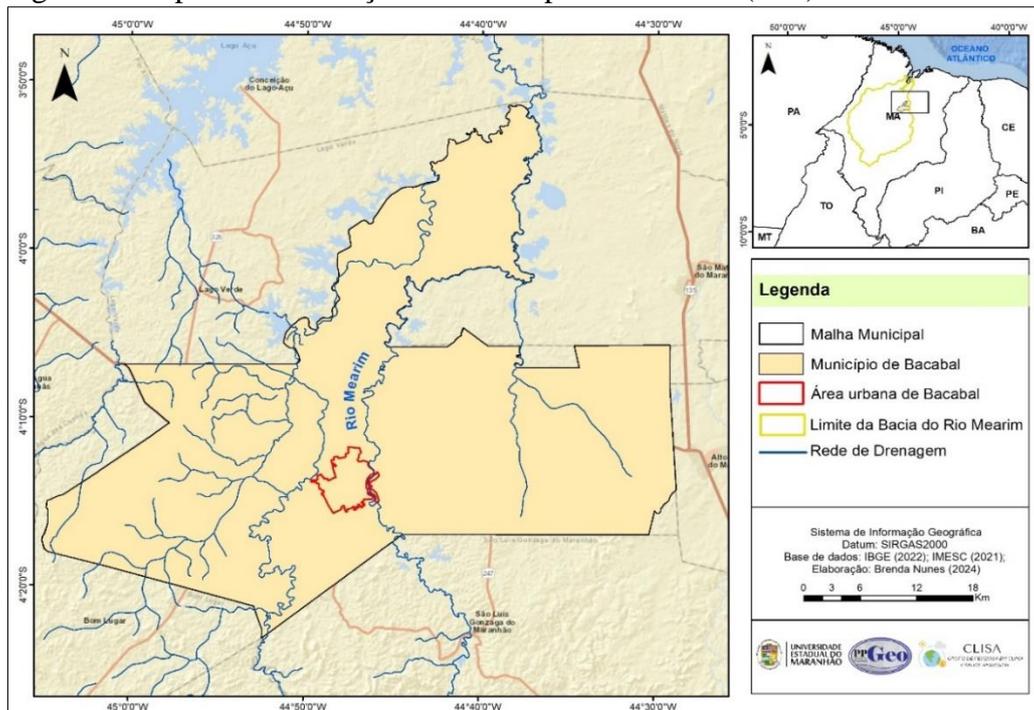
Bacabal. Desde modo, o objetivo do trabalho é analisar os impactos das inundações na cidade de Bacabal resultantes da ocorrência de eventos hidrometeorológicos para o período de 2009 a 2023.

ÁREA DE ESTUDO

O município de Bacabal está localizado na mesorregião Centro- Maranhense, incluso na Microrregião Médio Mearim, com área total de 1.656,73 km², a 260 km da cidade de São Luís, capital do estado do Maranhão (Figura 1). Segundo dados do censo demográfico do IBGE (2022) tem população de 103.711 habitantes, com densidade de 62,60 hab./km², sendo considerado o 9º município mais populoso do estado.

Atualmente, Bacabal é considerada um centro econômico regional da Microrregião Médio Mearim, devido a oferta de serviços, pois a população de outros municípios limítrofes faz usos dos serviços contidos no município.

Figura 1- Mapa de Localização do município de Bacabal (MA).



Fonte: Própria Pesquisa (2024).

METODOLOGIA

A proposta metodológica desta pesquisa está pautada na Teoria do Sistema Clima Urbano (SCU) de Monteiro (1975). Para isto, foi realizada uma revisão bibliográfica e levantamento documental sobre os principais autores e temas que

dialogam e configuram este estudo, por meio de consulta em artigos acadêmicos, dissertações, teses e livros.

Quanto aos impactos decorrentes dos eventos hidrometeorológicos, este foi baseado em pesquisa de canais de mídia digital dos jornais eletrônicos que noticiaram os eventos extremos de chuva e inundações no município de Bacabal. Também foram consultadas as informações por município do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres -S2ID.

Para a caracterização climática da área de estudo foram consultados os dados das estações convencionais e automáticas de Bacabal (82460; A220) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) correspondente ao período de 2009 a 2023. Estes foram tratados e organizados em planilhas de *Excel* e calculadas as estatísticas descritivas.

A segunda etapa da pesquisa foi referente aos trabalhos de campo, realizados durante o período chuvoso, referentes as datas: 23/04/23 e 29/04/24. A proposta foi identificar *in loco* os problemas causados pela inundação, visita aos abrigos e instituições como a Defesa Civil e Secretaria Municipal de Saúde. Também foram realizadas conversas informais com a população.

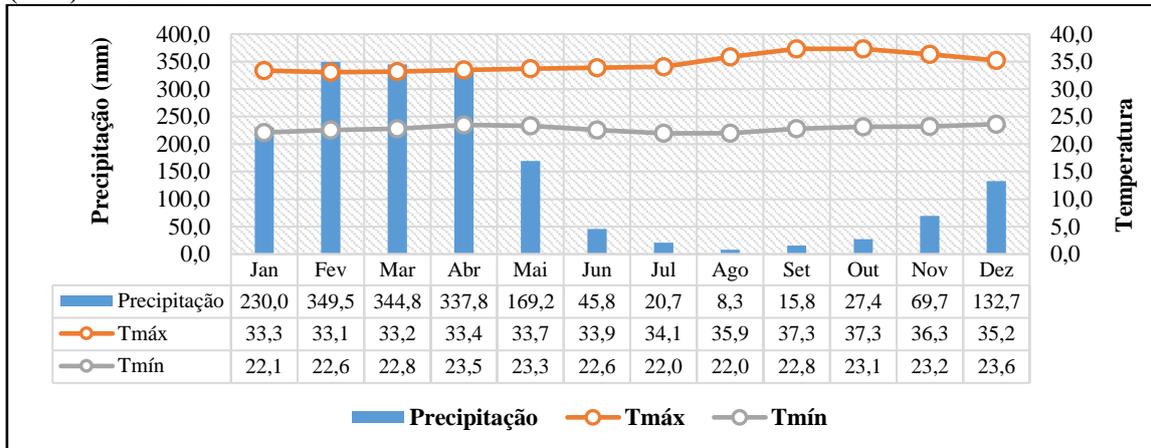
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Climatologia do município de Bacabal

O principal mecanismo produtor das chuvas no município de Bacabal corresponde a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), além deste, a distribuição das precipitações sofrem influência das fases do fenômeno El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e do Dipolo do Atlântico. Sistemas produtores das condições de tempo e clima em mesoescalas também afetam o clima da região.

Entre os anos de 2009 a 2023, os meses mais chuvosos foram correspondentes ao trimestre: fevereiro, março e abril, com médias de acumulados acima de 300 mm (Gráfico 01). Já o trimestre: setembro, outubro e novembro, foram identificados como os mais quentes, com médias acima de 36°C (Gráfico 01). Posteriormente, a Tabela 01 apresenta o total de número de dias com chuvas acima a 1 mm registrados, onde destaca-se que os meses de março e abril são os que apresentam o maior quantitativo de dias com chuvas. Logo, estes meses também se caracterizam pelo período mais intenso das chuvas e pela maior cota do rio Mearim ao longo do ano.

Gráfico 01- Variabilidade média mensal de Precipitação, Tmáx e Tmín para Bacabal (MA) de 2009 a 2023.



Fonte: Adaptado de INMET (2024) pela Própria Pesquisa (2024).

Tabela 01- Total mensal de número de dias com precipitação para Bacabal (MA) de 2009 a 2023.

Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2009	21	24	25	27	25	8	3	2	1	4	3	13
2010	18	14	12	24	14	11	3	0	1	7	9	12
2011	18	23	28	25	15	6	3	4	0	9	9	8
2012	17	21	25	18	6	10	1	1	3	2	6	9
2013	12	18	3	24	18	12	8	1	5	4	—	7
2014	19	26	23	27	24	3	4	2	6	4	4	7
2015	13	15	25	21	16	12	5	0	3	0	2	5
2016	22	15	—	—	4	7	1	1	7	—	3	—
2017	—	8	28	23	15	4	3	0	0	2	2	13
2018	19	26	—	8	—	—	1	4	2	6	9	17
2019	—	—	3	—	8	5	6	0	4	8	12	—
2020	11	—	24	26	16	5	1	1	2	5	8	—
2021	13	16	23	12	8	10	3	1	8	8	6	14
2022	20	16	23	13	15	7	1	0	1	3	7	3
2023	15	18	21	16	14	2	1	0	0	2	6	3

Fonte: Adaptado de INMET (2024) pela Própria Pesquisa (2024).

Análise dos impactos das inundações resultantes dos eventos hidrometeorológicos

Diversas são as consequências ocasionadas pelos eventos hidrometeorológicos extremos, no entanto, abordaremos somente os relacionados as inundações com base nos dados obtidos no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres -S2ID. Assim sendo, o S2ID (2024) aponta que dentre 2009 a 2023, 60% dos desastres ocorridos em Bacabal foi relacionado as inundações e 40% as chuvas intensas, nos quais totalizaram 44.064 mil pessoas atingidas, com 20.080 mil desabrigados ou desalojados.

Dentre o período analisado, o ano de 2009 obteve o maior número de desabrigados ou desalojados, com 15.009 mil pessoas (Gráfico 02). Isto condiz com as informações obtidas através da Defesa Civil municipal e com os moradores antigos, nos

quais destacaram que a inundação do ano de 2009 foi a maior registrada nos últimos anos.

Gráfico 02-Total de desabrigados e desalojados para Bacabal em decorrência de desastres associados as inundações ou chuvas intensas para o período de 2009 a 2023.



Fonte: S2ID (2024).

No ano de 2009, os canais de mídias de jornais destacaram que o rio Mearim subiu cinco metros em dois dias, em consequência das fortes chuvas (Globo.com, 2009). Cerqueira et al. (2024) apontam que as chuvas acima da média nos meses de março, abril e maio do ano de 2009, foram em decorrência de forte atuação da ZCIT e do La Niña, nos quais em combinação resultaram em grandes volumes pluviométricos e transbordamento dos rios, no qual a cota do rio Mearim registrou 887 cm de altura no mês de maio, considerado 5 m acima do normal.

De acordo com Cerqueira et al. (2024) na região afetada pelas cheias do rio Mearim em 2009, houve a submersão de casas, ruas, carros, e etc., irrompendo em caos aos moradores, nos quais foram obrigados a deixar suas casas rapidamente durante a noite. Desta forma, em nível regional, os dados atuais do S2ID (2024), apontam que o município de Bacabal aparece em segundo lugar no ranking dos municípios maranhenses com mais número de desabrigados e desalojados por desastres.

Quando se trata em danos materiais associados aos impactos após os desastres, os de infraestrutura assume o topo do ranking, com cerca de R\$ 3.2 milhões em prejuízos, representando 59,54% do total, seguido da rede de ensino com R\$ 1.61 milhões (29,94%) e da rede de saúde com R\$ 446.846 mil (8,3%).

A Tabela 02 apresenta os dados para os anos de 2020, 2022 e 2023 em relação ao total de pessoas atingidas pelas inundações em Bacabal, com base em informações

fornecidas pela Defesa Civil municipal. O ano de 2023 apresentou grandes impactos na cidade por conta das chuvas intensas em diversos municípios da cabeceira do rio Mearim, onde as águas percorreram o caminho até atingirem Bacabal, Pedreiras e Trizidela do Vale.

Tabela 02- Dados referente a situação dos atingidos pelas inundações em Bacabal (MA).

ANO	Data de atualização dos dados e nível do Rio	Quantidade de abrigos	Famílias desabrigadas	Total de pessoas	Adultos	Crianças	Idosos	Gestantes
2020	20/04/2020 Nível: 7.63 m	15	187	699	370	288	44	0
2022	10/04/2022 Nível: 7.70 m	9	173	581	348	216	15	2
2023	19/04/2023 Nível: 7.61 m	11	293	998	578	371	48	1

Fonte: Elaborado a partir da Defesa Civil de Bacabal pela Própria Pesquisa (2024).

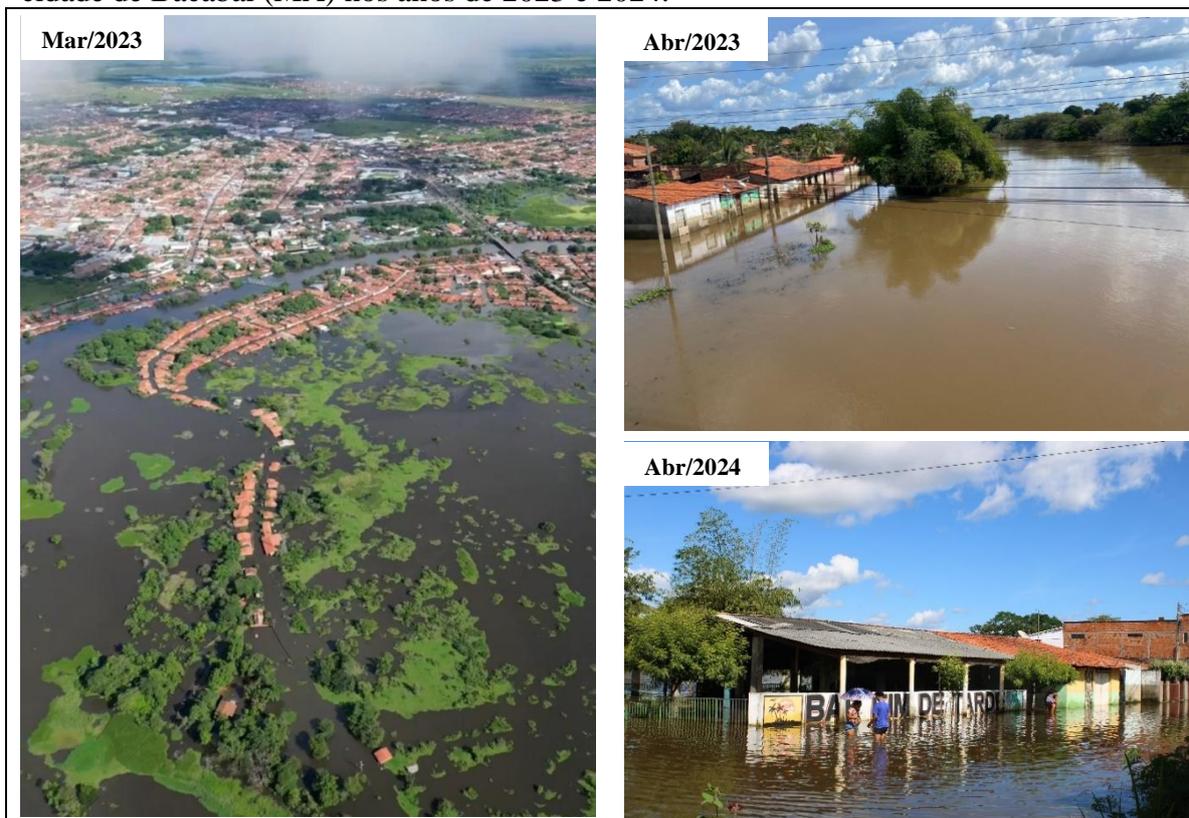
A Figura 3 traz informações sobre os registros em canais de mídias de jornais eletrônicos tratando dos problemas enfrentados pela população em anos de ocorrência de inundações, dentre eles, as maiores dificuldades são em relação a estrutura dos abrigos, alimentação, falta de assistência médica e auxílio financeiro para enfrentar a crise. De acordo com dados obtidos em trabalho de campo, os bairros mais atingidos são Trizidela e Presídio, pois situam-se na planície de inundação, considerada área de maior risco, como retrata a Figura 4.

Figura 3 - Reportagem sobre relatos de desabrigados das inundações Bacabal e impactos das chuvas no Maranhão.



Fonte: G1 Maranhão (2023).

Figura 4 – Ocorrência de eventos hidrometeorológicos associados as inundações na cidade de Bacabal (MA) nos anos de 2023 e 2024.



Fonte: Instagram Defesa Civil de Bacabal (2023); Própria Pesquisa (2023; 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento das informações e dados apresentados revelam a vulnerabilidade socioambiental do município de Bacabal para a ocorrência de eventos climáticos e hidrológicos, nos quais afetam milhares de famílias e geram grandes prejuízos econômicos em diversos setores da cidade. Os impactos analisados, causam maiores danos e perdas na zona urbana, onde vivem a maior parcela da população e localiza-se as áreas de maiores riscos, como os bairros Trizidela e Presídio. Observou-se que em anos de atuação do fenômeno La Niña há uma associação com o aumento dos índices pluviométricos e inundações em Bacabal. Por tanto, estudos que avaliam os impactos das chuvas em áreas urbanas são de extrema importância para subsidiar políticas de prevenção e alertas aos desastres naturais para as regiões de maiores riscos socioambientais, principalmente em anos de atuação de fenômenos de larga escala global como o ENOS.

Palavras-chave: Eventos climáticos, Inundações, Vulnerabilidades, Bacabal (MA).

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) pelo incentivo e apoio a pesquisa através da concessão da bolsa de mestrado. Ao Programa de Pós- Graduação em Geografia – PPGeo/ UEMA e ao Grupo de Pesquisa em Climatologia e Saúde Ambiental – CLISA.

REFERÊNCIAS

ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS:1991 a 2012. 2ª ed. Florianópolis- SC. CEPED UFSC, 2013. Disponível em: https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2012/01/AMAZONAS_mioloWEB.pdf .

CERQUEIRA, Andrea Helena Machado dos Santos; et al. **A influência da precipitação pluviométrica nos níveis do Rio Mearim-MA, Brasil, e seus impactos sociais em 2009**. DELOS: Desarrollo Local Sostenible, v. 17, n. 55, p. e1420-e1420, 2024. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/1420/1156>. Acesso em: 20 jul.2024.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA – CODEVASF. **Plano Nascente Mearim: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia hidrográfica do rio Mearim**. In: PORTO, Leila Lopes da Mota Alves; et al. Brasília, DF: CODEVASF, 2019.

G1- MARANHÃO. **Se tivesse outra casa, não estaria nessa situação', desabrigado pelas chuvas no Maranhão conta os dias para recomeçar a vida**. Disponível em: <https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2023/04/13/se-tivesse-outra-casa-nao-estaria-nessa-situacao-desabrigado-pelas-chuvas-no-maranhao-conta-os-dias-para-recomecar-a-vida.ghtml>.

GLOBO.COM. **Moradores contam drama da enchente no Maranhão, 2009**. Disponível em: <https://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL1092321-5598,00-MORADORES+CONTAM+DRAMA+DA+ENCHENTE+NO+MARANHAO.html> . Acesso em: 20 mai.2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. **Cidades e Estados: Bacabal**. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/bacabal.html> . Acesso em: 05.mai.2024.

LOUZEIRO, Andreza dos Santos; SANTOS, Nayara Marques; SANTOS, Shirley Cristina. **Catástrofes Naturais no Estado do Maranhão: Municípios afetados pelas enchentes do rio Mearim**. Anais do Encontro de Geógrafos da América Latina. Lima, Peru. 2013. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Procesosambientales/Proteccioncivil/02.pdf> . Acesso em: 10 nov.2023.

MENDONÇA, Francisco. Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos: a contingência climática. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 9, n. 1, p. 153-163, 2010. DOI 10.4215/RM2010.0901.0010. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/538> . Acesso em: 11 dez.2023.

MENDONÇA, Francisco. Clima e Planejamento urbano em Londrina: proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo-higrométrico. (Org.) Monteiro, Carlos A. F.; MENDONÇA, Francisco. **Clima Urbano**.2ª ed. São Paulo. Editora Contexto, 2015.

O IMPACIAL. **Chuvvas causam transtornos no interior do Maranhão**. 2018. Disponível em: <https://oimparcial.com.br/cidades/2018/04/chuvvas-causam-transtornos-no-interior-do-maranhao/>

SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÃO SOBRE DESASTRES -S2ID. **Atlas Digital de desastres no Brasil**. 2024. Disponível em: <https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/graficos.xhtml>. Acesso em: 20 mai.2024.

TEXEIRA, Sheila Gatinho. Risco Geológico. (Org.) MAIA, Maria A. M.; MARMOS, José L. **Geodiversidade do Estado do Amazonas**.1ª ed. Manaus, CPRM. 2010. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/16624> . Acesso em: 25.jul.2023.

XAVIER, Diego Ricardo. Eventos extremos (desastres naturais). Org.) Observatório Nacional de Clima e Saúde. **Análise de situação em clima e saúde**. 2017. Disponível em:<https://climaesaude.iciet.fiocruz.br/sites/climaesaude.iciet.fiocruz.br/files/analisedesituacaoemsaudecursoopasfiocruzatualizado.pdf> . Acesso em: 20.jul.2023.