

Meio Ambiente, Paisagem e Qualidade Ambiental

Inundações no bairro Alto Formoso, município de Santo Amaro do Maranhão - MA, Brasil

Floods in the Alto Formoso neighborhood, municipality of Santo Amaro do Maranhão - MA, Brazil

Inundaciones en el barrio Alto Formoso, municipio de Santo Amaro do Maranhão - MA, Brasil

Igor de Luccas Santos¹ , Antonio Cordeiro Feitosa¹ 

¹ Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil

RESUMO

As inundações enquadram-se entre os fenômenos naturais que mais impactam a sociedade quando há ocupação nas áreas suscetíveis. Dentre as cidades atingidas no Maranhão, Santo Amaro do Maranhão tem histórico de registros de danos por grandes inundações, e como destaque o bairro Alto Formoso como um dos locais com maior recorrência deste tipo de desastre, cuja análise, focalizando recorrência e danos mais significativos à população, constitui o objetivo desta pesquisa. A metodologia constou de análise bibliográfica, documental, cartográfica e coleta de dados no campo para que os resultados foram obtidos. Baseado nos dados e informações obtidos, foram elencados os principais pontos com registro de inundação, relacionados ao aumento do nível das águas do rio Alegre e do lago de Santo Amaro, acima do nível habitual dos períodos de cheias, constatando-se que os pontos de inundação correspondem às áreas de menores cotas altimétricas, cujas habitações estão mais suscetíveis a danos em anos de excepcionalidade pluviométrica.

Palavras-chave: Impactos socioambientais; Bairro Alto Formoso; Lençóis maranhenses

ABSTRACT

Floods are among the natural phenomena that most impact society when there is occupation in susceptible areas. Among the cities affected in the Maranhão, Santo Amaro do Maranhão has a history of records of damage due to large floods, and the Alto Formoso neighborhood stands out as one of the places with the highest recurrence of this type of disaster, whose analysis, focusing on recurrence and more significant damage to the population, constitutes the objective of this research. The methodology consisted of bibliographic, documentary, cartographic analysis, and data collection for which the results were obtained. Based on the data and information obtained, the main points with recorded flooding

were listed, related to the increase in the water level of the Alegre River and the Santo Amaro Lake above the usual level during flood periods, noting that the points of flood correspond to areas with lower altimetric quotas, whose homes are more susceptible to damage in years of exceptional rainfall.

Keywords: Socio-environmental impacts; Alto Formoso neighborhood; Lençóis maranhenses

RESUMEN

Las inundaciones se encuentran entre los fenómenos naturales que más impactan a la sociedad cuando hay ocupación en zonas susceptibles. Entre las ciudades afectadas en Maranhão, Santo Amaro do Maranhão tiene un historial de daños por grandes inundaciones, y el barrio de Alto Formoso se destaca como uno de los lugares con mayor recurrencia de este tipo de desastres, cuyo análisis, centrado en la recurrencia y daños más significativos a la población, constituye el objetivo de esta investigación. La metodología consistió en análisis bibliográfico, documental, cartográfico y recolección de datos en campo para que los resultados fueron obtenidos. Con base en los datos e información obtenida, se enumeraron los principales puntos con inundaciones registradas, relacionados con el aumento del nivel de agua del río Alegre y del lago Santo Amaro, por encima del nivel habitual durante los períodos de inundaciones, y se constató que los puntos de inundaciones corresponden a las áreas de menor elevación, cuyas casas son más susceptibles a sufrir daños en años de lluvias excepcionales.

Palabras-clave: Impactos socioambientales; Barrio Alto Formoso; Lençóis maranhenses

1 INTRODUÇÃO

A contemporaneidade é marcada por expressiva concentração demográfica nos espaços urbanos, e aumento da percepção dos desastres naturais. Dentre os quais as inundações representam a categoria de fenômeno natural que mais afeta a sociedade, e cujas investigações têm crescido no meio científico, sobretudo como suporte para gestão preventiva.

As inundações são caracterizadas pelo transbordamento dos leitos fluviais normais de escoamento, podendo ocupar áreas que a população utiliza para moradia, transporte e comércio, entre outras atividades (Christofoletti, 1981; Tucci, 2003; Cunha, 2007; Castro, 2009; Conoz, 2012). A ocorrência de volume hídricos regulares configura as enchentes, caracterizadas pela elevação do nível das águas de um corpo hídrico até a altura das margens, sem transbordamento, enquanto a inundação ocorre quando o sistema não é mais capaz de conter o escoamento e a água transborda e se espalha pelo leito maior (Goerli; Kobiyama, 2005; Veyret; Richemond, 2007).

A dimensão continental e a diversidade topográfica do território brasileiro conferem condições potenciais para a recorrência de desastres naturais, com diferentes níveis de frequência e de magnitude, resultando em inundações. Dessa forma, ocorrem em pontos esparsos do território maranhense, em que se combinam excedente hídrico e relevo baixo e plano, potencializando os riscos e os desastres naturais diretamente relacionados a estes fenômenos.

Dentre as adversidades causadas por desastres naturais no estado do Maranhão, os danos socioeconômicos por inundações são os mais recorrentes (CEPED, 2013). Visto a grande extensão das planícies fluviais e fluviomarinhas, onde há considerável uso e ocupação humana do espaço próximo de corpos hídricos e regularidade sazonal do excedente hídrico, condição que potencializa os riscos de danos, sobretudo pelas inundações excepcionais, caracterizadas pela baixa frequência e alta intensidade dos eventos.

O estudo foi realizado no bairro Alto Formoso, em Santo Amaro do Maranhão, como caso representativo para discussão da problemática de inundação nos Lençóis Maranhenses. De acordo com o relatório da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Estado do Maranhão (CEPDECMA, 2014), em 2009, a Prefeitura Municipal de Santo Amaro do Maranhão decretou estado de emergência por motivo de enchentes, sendo Alto Formoso um dos bairros mais atingidos na área urbana do município.

A visibilidade regional, nacional e mesmo internacional, do município de Santo Amaro do Maranhão, por meio do turismo no conjunto do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, tem agregado intensa atratividade de população e valorizado o uso do solo em face do apelo midiático. Porém, há grande carência de estudos sobre as inundações locais, embora haja recorrência de registros de danos socioeconômicos.

Como objetivo deste artigo, analisa-se as inundações recorrentes no bairro Alto Formoso, assim como os impactos causados por esses eventos no decorrer das duas últimas décadas. Foram desenvolvidos os procedimentos básicos da temática da pesquisa com adaptação às características do ambiente, como levantamento da literatura, jornadas de campo e a espacialização das áreas atingidas, esperando-se que

os resultados desta pesquisa possam contribuir para a gestão de riscos de inundação no município, por meio da sistematização dos dados, para subsidiar a elaboração de políticas públicas municipais.

2 OS ESTUDOS DAS INUNDAÇÕES

A investigação e análise das cheias estão relacionadas às frequências de vazões excepcionais dos rios. Christofolletti (1981) e Cunha (2007) consideram a frequência das descargas e a influência da topografia na elaboração da classificação dos tipos de leito de rios, definindo o leito maior e o leito maior excepcional conformes com os atributos do relevo e correspondentes aos espaços ocupados pelo escoamento superficial relacionado às maiores enchentes. Tais componentes das bacias fluviais são, regra geral, ocupados com residências permanentes ou por atividades produtivas de caráter intensivo ou sazonal.

Os conceitos de enchente e de inundação são diferenciados por Tucci (2003). Para ele, embora os dois estejam ligados à elevação do nível das águas de um rio, devido à alta pluviosidade, as inundações se caracterizam pelo transbordamento dos leitos normais de escoamento, que, nos meios urbanos constituem áreas de moradias da população, ou utilizadas para vias de circulação de bens e pessoas, comércio, entre outras atividades.

Para Veyret e Richemond (2007), a inundação se distingue da enchente quando o sistema não é mais capaz de conter o escoamento e a água transborda, espalhando-se pelo leito maior. E, para Goerl e Kobiyama (2005), a enchente acontece quando o nível das águas de um corpo hídrico se eleva até a altura das margens, sem transbordar, enquanto a inundação ocorre quando há o transbordamento, causando desastres que resultam em danos materiais ou perdas de vidas.

A maioria dos autores conceitua o termo inundação a partir do contexto fluvial, não contemplando, assim, a categoria de ambientes lacustres ou os sistemas conectados, como na área em estudo. Contudo, Castro (2009) define inundação como o transbordamento da calha normal de rios, mares, lagos e açudes em áreas que não são habitualmente

submersas. Conoz (2012) também considera rios ou lagos na definição de inundação, afirmando sua ocorrência quando a capacidade de armazenamento excede o nível máximo, propiciando o transbordar e colocando em risco a população do entorno.

As inundações são classificadas em dois tipos: graduais e bruscas (ou enxurradas). As graduais são definidas pela elevação progressiva do nível das águas, até que transborde, e as bruscas são popularmente conhecidas como enxurradas (*flash flood*), e ocorrem repentinamente, com pouco tempo para alarme e alerta (Goerl; Kobiyama, 2005).

Considerando que os lagos possuem características de ambientes lânticos, onde não há escoamento das águas, as inundações nestes ambientes ocorrem quando o volume de água aumenta gradualmente, excedendo a capacidade de armazenamento e ocupando áreas marginais. Salvo exceções, como em rompimentos de barragens, conforme destaca Castro (2009), o escoamento acontece bruscamente, caracterizando a enxurrada.

Também há controvérsias quanto ao emprego da palavra “alagamento”, definido como o acúmulo momentâneo de águas em pontos com problemas no sistema de drenagem, não decorrendo, exclusivamente, a partir de processo fluvial (MIN. CIDADES/IPT (2007)).

Segundo Bloch, Jha e Lamond (2012), as inundações ocorrem em zonas rurais e urbanas, sendo diferenciadas segundo sua intensidade e vitimando os segmentos mais vulneráveis da população. Enquanto no meio rural, podem atingir áreas mais extensas, nos meios urbanos os danos causados são mais intensos e difíceis de gerenciar, dada a alta concentração populacional.

Entretanto, a afirmação de que os desastres por inundações em áreas urbanas são mais onerosos, em virtude da grande densidade demográfica, é reducionista, pois minimiza a complexidade do meio rural, onde as inundações não só afetam residências, mas os meios de produção (geralmente de agricultura); além do escoamento, acesso à saúde, educação e demais serviços.

Autores como Tucci (2003), Goerl e Kobiyama (2005), Mendonça (2005), Veyret e Richemond (2007), Bloch, Jha e Lamond (2012), Cardoso, Guerra e Silva (2020), Knierin e

Robaina(2023), e Silva et al. (2024) abordamos desastres tendo interpretações convergentes de que as inundações são eventos naturais e só constituem desastres quando impõem danos à população. Essa premissa básica permite afirmar que as inundações, enquanto desastres, ocorrem a partir da integração de fatores socioambientais.

A inundação como desastre   um fen meno socialmente construído, haja vista que a localiza o da sociedade no espaço condiciona o grau de exposi o aos danos decorrentes deste evento (Murara, 2015). Quanto mais enfática a ocupa o de áreas de menor altimetria e baixa declividade próxima de corpos hídricos, maior será a exposi o.

Acerca desse fen meno, Veyret e Richemond (2007) destacam que a ocupa o em áreas de risco   um problema complexo, pois a percep o e o comportamento das popula es diferem tanto espacialmente como individualmente, como   o caso daqueles que se recusam a deixar suas casas na iminência do desastre por apego sentimental, além daqueles que permanecem devido   baixa expectativa de receber verba de auxílio público.

Conforme Tucci (2003), as grandes inunda es costumam ocorrer em intervalos temporais maiores e com baixa frequência. Diante dessa característica, firma-se a tendência da popula o carente em ocupar áreas de alto risco de inunda es, aumentando significativamente a potencialidade dos desastres. Segundo Mendonça (2005), a falta de assistência do Estado   um dos agravantes para a ocupa o de áreas de risco.

A ocupa o das áreas de risco   um desafio para a atua o do poder público, sobre o qual a literatura acad mica discute a necessidade da gestão de risco para preven o de desastres. Segundo Bloch, Jha e Lamond (2012), o investimento em gestão de riscos   uma das questões prioritárias para a preven o de desastres, como de inunda o.

Tal como destaca Tucci (2008), essa característica adotada por alguns municípios escancara o problema do gerenciamento não baseado na preven o, mas no enfrentamento dos eventos de inunda o, quando o município declara a situa o de emergência ou calamidade pública, com objetivo de receber recursos, que, geralmente, são gastos sem licita o.

Medidas não estruturais também podem ser adotadas. Nesse sentido, a educação é uma das formas de prevenção de novas ocupações de áreas sujeitas a danos, considerando a seguinte tendência: a população não se identifica como moradora de área de risco, sendo, por isso, a educação um valioso instrumento de sensibilização (Cardoso, Guerra; Silva, 2020).

A ocorrência de inundação está intrinsecamente relacionada à pluviosidade local e regional, sobretudo nos eventos extremos. Entretanto, vários aspectos ambientais contribuem para a ocorrência e agravamento dessa categoria de fenômeno. A impermeabilização do solo, durante o processo de urbanização, maximiza o escoamento superficial e agrava a ocorrência desses eventos. O assoreamento dos cursos d'água é um problema que contribui para aumentar a susceptibilidade de inundação, forçando o rio a desviar seu curso habitual, podendo, assim, afetar áreas habitadas (Cardoso; Guerra; Silva, 2020).

Dentre as questões passíveis de abordagem, está a de tempo de retorno, pois em muitos países a legislação aborda estas ocupações sopesando sua estimativa em períodos de repetição de 10, 50 ou 100 anos, no Brasil, até mesmo o poder público constrói em áreas de risco (Veyret; Richemond, 2007).

Os baixos investimentos em políticas de monitoramento e em medidas para atenuar os danos de inundações contribuem para o aumento dos prejuízos públicos e privados, sobretudo pela ausência de planejamento do espaço e do conhecimento das áreas susceptíveis a inundação. (Hora; Gomes, 2009). O uso de mapas de risco e perigo são importantes ferramentas preventivas no auxílio da gestão de risco (Bloch; Jha; Lamond, 2012).

Segundo França e Ribeiro (2003), a representação espacial histórica das inundações possibilita apontar os locais sujeitos a novos eventos, oferecendo, ainda, subsídios para direcionar o planejamento, com vistas à prevenção de danos. A utilização das geotecnologias auxilia em estudos com incipiência de dados hidrodinâmicos, como a delimitação de manchas de inundação a partir do registro histórico de locais atingidos por desastres (Borges, 2018).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho contempla um panorama da ocorrência de inundações no município de Santo Amaro do Maranhão, cujos resultados foram obtidos por meio da pesquisa bibliográfica integrativa e sistemática, de informações obtidas junto aos representantes do poder público, de moradores e de mídias sociais locais, além de trabalhos de campo, para embasar as discussões acerca da ocorrência e impactos das inundações no bairro Alto Formoso, além de jornadas de campo para validação das informações. Um Modelo Digital de Elevação – MDE foi gerado para auxiliar na compreensão das principais condicionantes das inundações na área de estudo. A partir do MDE e da coleta de pontos com GPS dos locais atingidos, gerou-se uma representação do cenário de inundação.

3.1 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica constou da análise de artigos, dissertações, teses e livros que tratam sobre inundações, obtidos em acervos físicos e repositórios on-line, além do acesso aos dados oficiais, reportagens de jornais digitais e páginas de mídias sociais locais.

Para o dimensionamento dos impactos das inundações, os dados acerca dos danos por desastres foram obtidos de forma hierárquica – considerando o grau de automatização das informações, seguindo a ordem de dados da esfera federal até os de nível local. E, para ter acesso aos registros dos municípios com Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública reconhecidos pela União, utilizou-se o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2Id. Dentre os documentos, é possível ter acesso à Avaliação de Danos – AVADAN (BRASIL, 2009), Notificação Preliminar de Desastres – NOPRED, o Diário Oficial da União referente ao processo, o Relatório de Ações anuais, da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Estado do Maranhão – CEPDECMA, e o Diário Oficial do Estado (Figura 1).

A mídia também é um importante instrumento de aquisição de dados. Tratando-se de um município pequeno e com pouco tempo de emancipação, além de jornais e *blogs*, um importante instrumento utilizado foram as mídias sociais, principalmente as

páginas mantidas por moradores locais, que contribuiram para a pesquisa com fotos históricas das inundações, como a página “Santo Amaro Online”.

Neste contexto, as sistematizações dos dados acerca de desastres naturais, como inundações, possibilitam a celeridade do trabalho de servidores e gestores, que atuem em qualquer esfera da gestão de riscos, sobretudo em municípios onde não há estrutura de defesa civil.

Figura 1 – Hierarquização dos dados para elaboração do panorama de inundação na pesquisa



Fonte: Acervo de pesquisa, 2021

3.2 Aquisição e processamento de dados SRTM

Para a aquisição de dados topográficos para a área de estudo, optou-se pela utilização de imagens de SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), 1 ArcSec, disponíveis na plataforma *Earth Explorer*, através da USGS (*United States Geological Survey*). Apesar das limitações de resolução para a escala de estudo, a utilização desta ferramenta foi justificada, principalmente, devido aos problemas enfrentados durante as pesquisas de campo, bem como as alterações dos protocolos para a COVID-19.

Para elaboração do Modelo Digital de Elevação – MDE, a camada raster SRTM foi exportada para o *ArcMap PRO* e reprojeta para o datum SIRGAS 2000, seguindo-se o preenchimento de suas imperfeições com a ferramenta *Fill*. Após o recorte da área de abrangência do bairro Alto Formoso, os dados raster foram transformados em pontos cotados com emprego da ferramenta *Raster to Point*, para realização da krigagem no SAGA GIS.

3.3 Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram realizados no período de 2019 a 2021, constando de 04 jornadas: entre 03 e 06 de maio, no período chuvoso, e de 14 a 18 de novembro de 2019, para acompanhar a dinâmica regional no período de estiagem. Devido ao aumento de casos de COVID-19 na pandemia, não foi possível a efetivação do trabalho de campo no período chuvoso de 2020, constando apenas informações disponibilizadas por moradores locais, cujo contato prévio aconteceu no primeiro momento da pesquisa. A terceira jornada foi executada entre os dias 07 e 10 de dezembro de 2020, foi focada no bairro Alto Formoso, seguindo os protocolos sanitários e consistindo em registros fotográficos e coleta de pontos com GPS, para registrar o cenário de inundações pretéritas. Entre os dias 23 a 26 de maio de 2021 foi realizado o último trabalho de campo para validação dos dados.

As discussões acerca dos condicionantes das inundações na área de estudo, foram subsidiadas, principalmente, pelas cotas altimétricas e coordenadas dos pontos com registros de inundação sobrepostos ao MDE, bem como a espacialização dos setores de risco de inundação, a partir da base vetorial do mapeamento da CPRM (Beltrão; Dias, 2014). Destaca-se que a base de setores de risco serviu de apoio para análises e comparações com os resultados da pesquisa. No entanto, os dados do referido mapeamento não foram refinados com o MDE

3.4 Mapeamento do cenário de inundação

Nas pesquisas acerca de inundação, além da ocupação humana, algumas

variáveis ambientais são utilizadas nos trabalhos de modelagem de perigo ou risco. Dentre os condicionantes ambientais que devem ser analisados, Miranda (2020) destaca altimetria e declividade. Tais características físicas também foram utilizadas por Pereira (2017) para estudar as inundações em São Luís, capital do Maranhão. A partir das informações obtidas no AVADAN (Brasil, 2009), conversas informais e de pesquisas de campo, constatou-se que os locais com registros de inundações estão situados em áreas de menores cotas e baixa declividade, nas quais também há crescimento da ocupação humana.

Segundo Pereira (2017), a baixa altimetria é um fator natural das áreas inundáveis: quanto mais baixas e mais próximas de corpos hídricos, maior será a probabilidade de ocorrência de inundação (Prina; Trentin, 2014).

Quanto aos cenários de inundação, adotou-se procedimento citado por Costa (2018). O cenário de inundação foi delimitado pela cota de 4,5 m de altitude a partir dos pontos plotados, referentes aos registros apontados depois da conversa informal com moradores. A mesma cota foi utilizada como referência para gerar o polígono através da ferramenta *Less Than Equal*. Já a ferramenta *Smooth Line* foi utilizada para suavizar as curvas do polígono gerado. O mapa do cenário de inundação serviu de base no trabalho de campo, realizado em maio de 2021, quando foram registrados os pontos indicados pelos moradores como área atingida pela inundação de 2009.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o bairro Alto Formoso (Figura 2), situado na porção norte da cidade de Santo Amaro do Maranhão, próximo ao centro comercial. A área está inserida no sistema ambiental dos Lençóis Maranhenses, que se destaca pelo potencial econômico para a atividade turística.

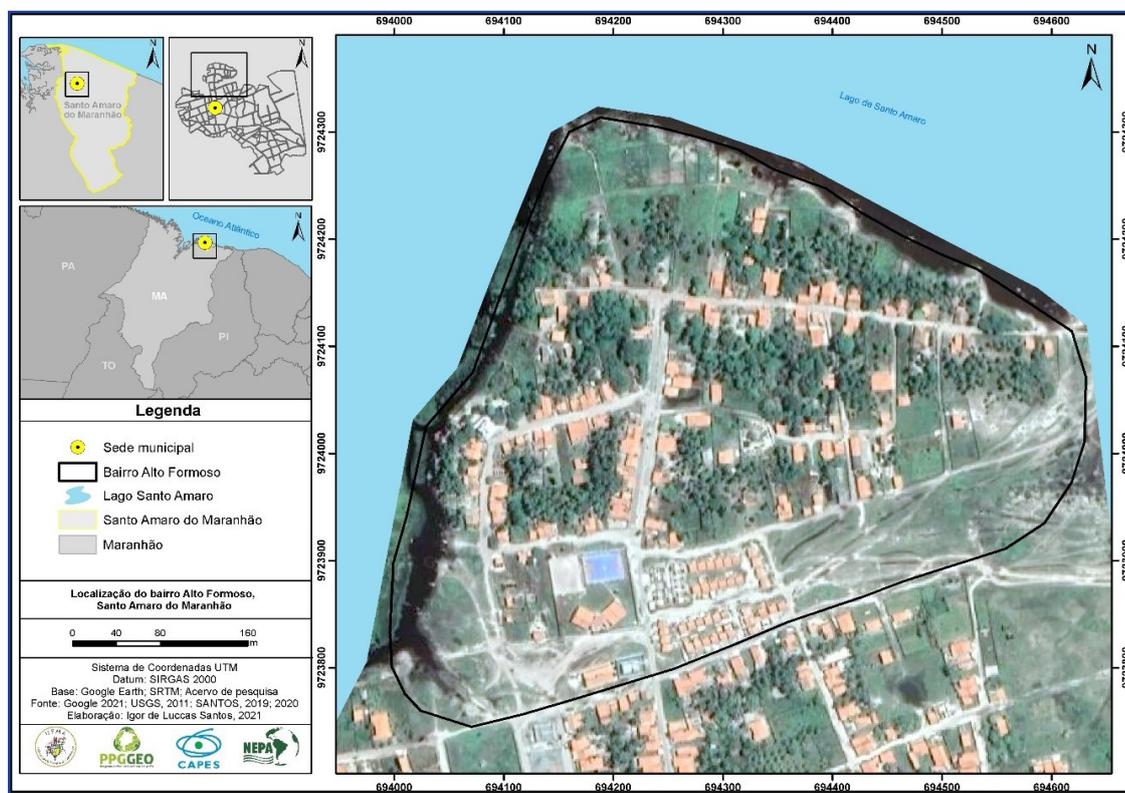
No contexto geológico, está situado na bacia sedimentar costeira de Barreirinhas, do período Cretáceo, cuja evolução alterna fácies argilosas e arenosas pouco consolidadas (Santos, 2008; Feitosa; Souza, 2015).

Toda a área integra a zona de coberturas superficiais dos Lençóis Maranhenses, caracterizada por Coberturas Superficiais Cenozoicas, predominando um extenso campo de dunas ativas, com areias de granulometria muito fina a média, de cerca de 10 mil anos de formação, além de campos de dunas fixas, estimados em 120 mil anos (Bandeira, 2013).

O regime pluviométrico é marcado por duas estações: chuvosa no primeiro semestre e, seca, no segundo, com precipitação anual de 1.500 a 1.700mm. No período chuvoso predominam os processos pluviais e fluviais e, no período seco, preponderam os processos eólicos, pois as médias térmicas são superiores a 26° C, com baixa umidade, favorecendo a desagregação e transporte dos grãos de areias (Ferreira, 2008).

No período chuvoso, a área de estudo é delimitada de leste a oeste, pelas águas do lago de Santo Amaro, o maior da região, abastecido pelas águas pluviais e do rio Alegre, cujos corpos hídricos se unem no período de cheia, enquanto no período de estiagem se formam canais que conectam o rio com a porção perene do lago (Santos; Santos, 2015).

Figura 2 – Localização da área de estudo



Fonte: Acervo de pesquisa, 2021

Luna, Parteli e Herrmann (2012) constataram que a dinâmica dos lençóis freáticos dos campos de dunas é responsável por manter o nível das lagoas interdunares durante o período chuvoso, quando os lençóis freáticos se elevam ao nível do solo, sendo esta a dinâmica responsável por 'ditar' o movimento das dunas.

A característica dos lençóis freáticos dos campos de dunas se assemelha à das áreas de várzeas da região dos Lençóis Maranhenses. Saraiva (2009), também destacou a ocorrência de campos de inundações e de ambientes de brejos.

Pela influência dos Lençóis Maranhenses, a classificação do substrato sedimentar da sede de Santo Amaro do Maranhão é composta por areias quartzosas e com origem eólica (Feitosa; Trovão, 2006; Ferreira, 2008).

Entretanto, em grande extensão do campo inundável pelas cheias do lago de Santo Amaro se observa a ocorrência de substrato superficial argiloso, intercalado com substrato arenoso. Por outro lado, o período de estiagem é utilizado para pastoreio de animais, sobremaneira pela presença de vegetação rasteira, que favorece a agregação das partículas do solo, além da compactação causada pela ocupação e trânsito de veículos tracionados.

5 CASO DO BAIRRO ALTO FORMOSO, EM SANTO AMARO DO MARANHÃO

O bairro Alto Formoso está situado às margens do lago de Santo Amaro e tem em seu histórico registros de danos por inundação, cujo evento de maior proporção notificado ocorreu em 2009, quando o espelho d'água ocupou as menores cotas de altitude, deixando a porção mais elevada do bairro ilhada em relação ao resto da sede municipal.

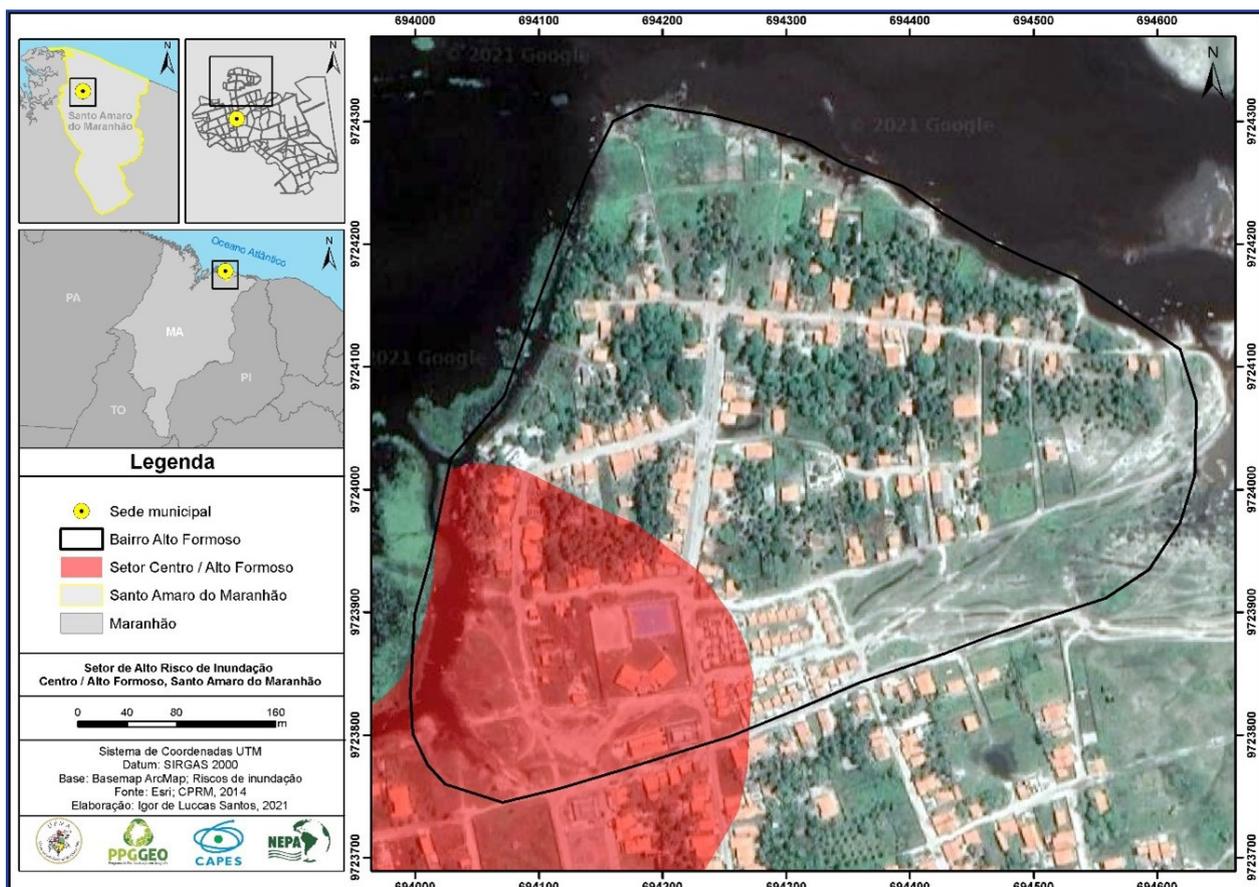
Segundo Beltrão e Dias (2014), a área do bairro Alto Formoso foi classificada como de Alto Risco de inundação pela CPRM, destacando a localidade como um dos setores de inundação mais propensos a novos episódios desastrosos, pela grande extensão de área ocupada pela lâmina d'água, mas também pelo crescimento do bairro na área mais propensa aos danos, como é caso do conjunto habitacional do

programa *Minha Casa, Minha Vida*, que propiciou a construção de uma escola, de prédios públicos e de ocupações espontâneas nas imediações.

Embora importante para a gestão de risco, a delimitação de Beltrão e Dias (2014) desconsiderou áreas nas porções sul e sudeste do bairro, já que em 2009 havia poucas residências, porém atingidas, podendo caracterizar-se, futuramente, como área de especulação imobiliária (Figura 3).

Não há precisão quanto ao histórico de ocupação do bairro Alto Formoso, no entanto, os moradores mais antigos afirmam que a área é povoada há mais de 40 anos. Segundo os registros de famílias acompanhadas pela agente de saúde, até 2021, a população total do bairro era de 403 moradores, com cerca de 138 residências edificadas.

Figura 3 – Bairro Alto formoso em relação ao Setor de Risco de Inundação Centro / Alto Formoso

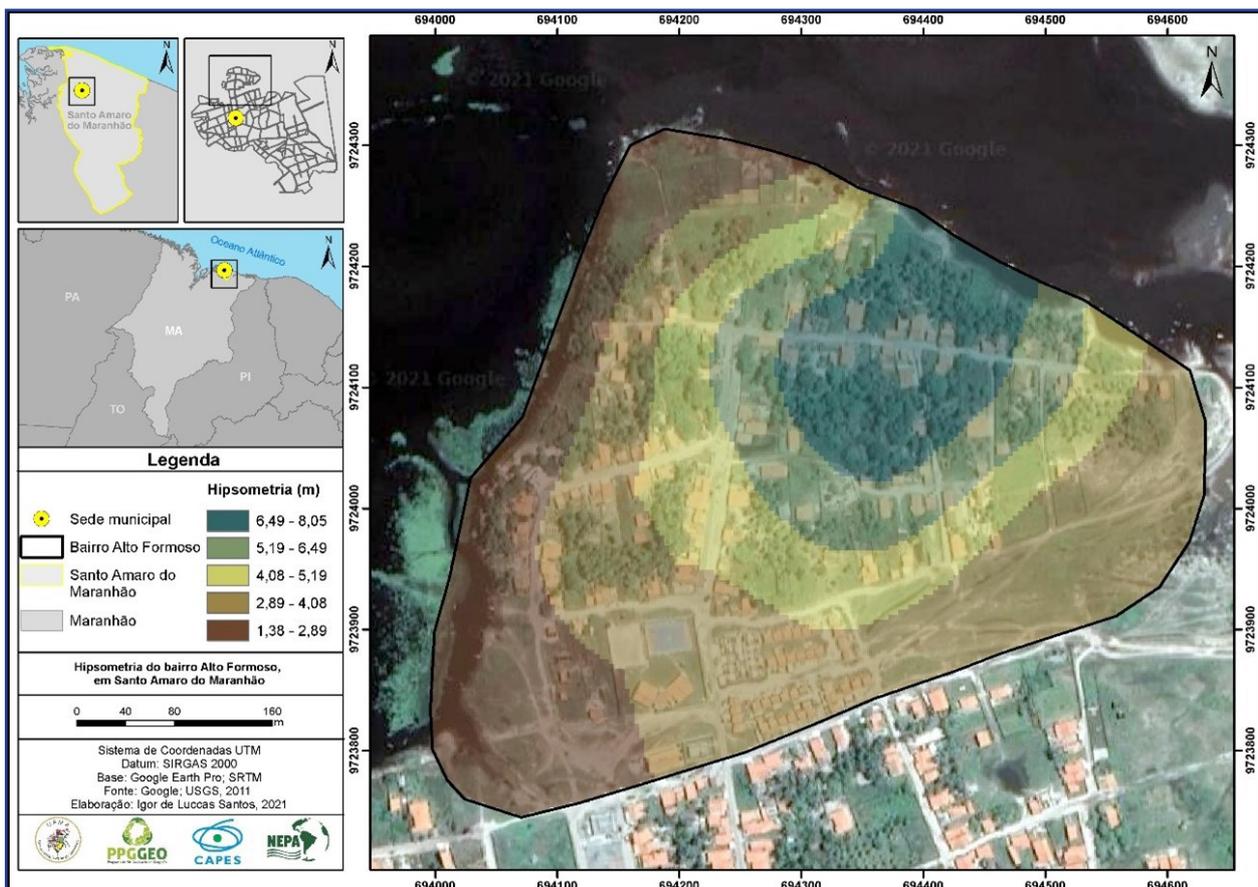


Fonte: Adaptado de Beltrão e Dias, 2014

As inundações como fenômeno natural estão relacionadas à precipitação. Não obstante, as condições ambientais do terreno também contribuem para sua magnitude, que assume a conotação de desastre quando danifica o patrimônio humano. Gomes (2020) destaca ser importante compreender os condicionantes das inundações, haja vista que a identificação destes elementos permite estimar hipóteses que certifiquem tal ocorrência.

Em Alto Formoso, as maiores cotas altimétricas estão situadas no centro do bairro, onde se concentra o maior número de habitações mais antigas (Figura 4). Por outro lado, à medida que se afasta do centro, menores são cotas altimétricas, assim como a declividade.

Figura 4 – Hipsometria do bairro Alto Formoso

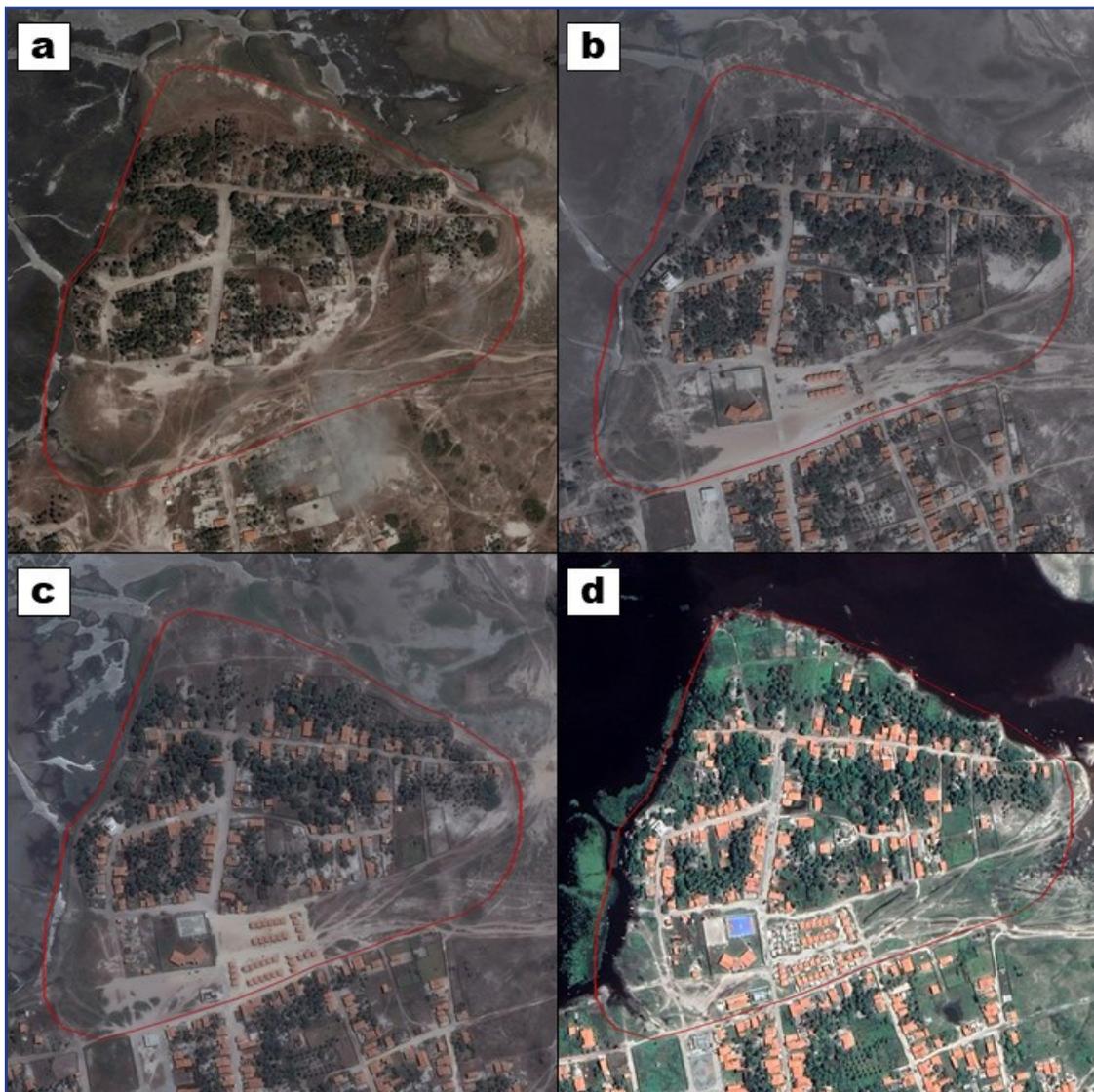


Fonte: Acervo de pesquisa, 2021

O histórico de ocupação do Alto Formoso estava concentrado majoritariamente no centro do bairro, cuja área é mais elevada em relação à superfície marginal.

Correlacionando as imagens de 2002, 2013, 2016 e 2019 percebe-se o aumento expressivo de novas residências, na porção Sul do bairro, onde se construiu uma escola, um conjunto habitacional, um CRAS e um Restaurante Popular, além de outras casas (Figura 5).

Figura 5 – Evolução da ocupação no bairro Alto Formoso: a- 2002; b- 2013; c- 2016; d- 2019



Fonte: Google Earth, 2021

A área próxima ao Complexo Educacional Pavão Filho foi onde o bairro apresentou aumento expressivo a partir de 2013, quando foi construído um conjunto

habitacional de 38 casas nas imediações, além de uma escola (cujas obras estão paradas desde então).

Toda a superfície onde se encontra o conjunto habitacional foi alagada na grande inundação de 2009, assim, como o referido agrupamento de casas e outras obras de programas de habitação que apresentam registros de danos por desastres naturais.

Como destaca Silva e Santos (2010), quando o poder público opta por investir em infraestrutura situada em locais inadequados, o problema de habitação fica insolúvel, resultando, ainda, em danos aos moradores. Isto evidencia que o problema de ocupação de áreas de risco não é apenas de cunho civil, mas a construção de conjuntos habitacionais em locais sujeitos a desastres evidencia a institucionalização dos riscos nos órgãos públicos.

Após a pandemia da COVID-19, a cidade experimenta um novo ritmo de crescimento com a construção da rodovia e da ponte que dá acesso à cidade. Com o crescimento do bairro, a localidade vem sofrendo a intensificação de ocupações espontâneas nas extensas áreas livres, e com a demarcação de lotes em áreas que também estão sujeitas a inundações e alagamentos.

Todavia, vale a pena destacar que o município de Santo Amaro do Maranhão não conta com equipe de Defesa Civil Municipal; e assim, como a maioria dos municípios de pequeno porte, as medidas acerca dos desastres estão restritas ao apoio na iminência do evento.

5.1 Os impactos das inundações

Os desastres naturais são configurados quando há impactos à população (Murara, 2015). Dessa forma, as inundações do lago de Santo Amaro acarretam danos à comunidade local em períodos de excepcionalidade pluviométrica, notadamente nas áreas sujeitas a inundação.

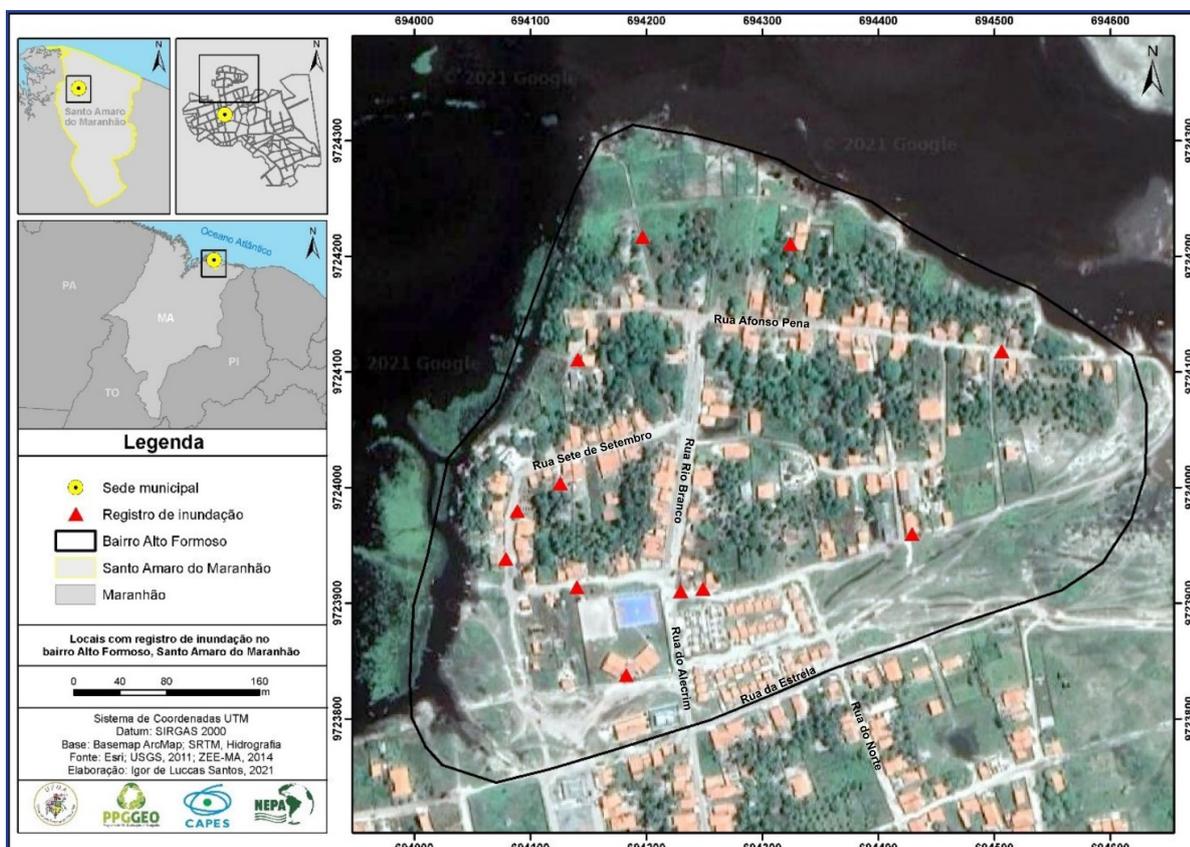
Os impactos variam dependendo da intensidade dos eventos, podendo causar prejuízos quando as famílias ficam desabrigadas, desalojadas, com feridos ou mortos – além do risco de contaminação das águas e ocorrência de doenças. As demais

consequências incluem gastos com a reconstrução de áreas atingidas, problemas de abastecimento de água, perda de bens e prejuízos na agricultura (Castellano, 2010).

Para Tucci (2008), a inundação como desastre ocorre por razões como a ausência de Plano Diretor que estabeleçam restrições à ocupação de áreas de risco, assim como a ocupação de áreas com médio risco quando há menor frequência dos eventos. Não obstante, quando ocorrem com grande intensidade os prejuízos se sucedem.

Segundo registros do AVADAN (Brasil, 2009), a inundação atingiu as ruas Rio Branco até a rua da Estrela, e esta rua até a praça Nossa Senhora da Conceição, no centro da cidade; na porção sul do bairro foram inundadas das ruas Sete de Setembro até as travessas Rio Branco, do Norte e Afonso Pena, além do beco do Bena. Durante as pesquisas de campo, foram constatados 12 locais atingidos pela grande inundação de 2009 (Figura 6).

Figura 6 – Locais com registro de inundação no bairro Alto Formoso, Santo Amaro do Maranhão



Fonte: Acervo de pesquisa, 2021

Os pontos inundados são distribuídos ao longo do bairro, distantes do seu interior no qual se encontram as maiores altitudes. Logo, a área atingida corresponde às baixas cotas altimétricas, onde a baixa declividade (0-2%), condicionou a lâmina d'água do lago de Santo Amaro a atingir grandes extensões do local.

As áreas mais atingidas em 2009 estão situadas na porção Sul e Sudeste do bairro, onde houve desapropriação de alguns imóveis. Mesmo inundados, alguns moradores resistiram e continuaram nas casas durante a subida do volume de água, que em alguns locais pesquisados atingiu o nível superior a 1 metro de altura nas residências.

A maior medida do nível da água nas casas registrada na pesquisa foi de 0,78 m, em uma residência próxima ao Complexo Educacional Pavão Filho (Figura 7). Durante o período da inundação de 2009 na área de estudo, o acesso do interior do bairro para o Centro municipal ficou submerso à altura do Complexo Educacional Pavão Filho, onde o espelho d'água cobriu a rua Rio Branco (Figura 8). O percurso referido que, no auge da inundação, chegava à Praça da Matriz, próximo ao Centro de Ensino Médio Manoel Dias de Sousa, era realizado por canoas.

As aulas no bairro foram suspensas no período, e a Escola Municipal Renato Archer recebeu famílias desabrigadas e desalojadas. No mesmo ano, as residências do conjunto habitacional e as casas situadas no lado esquerdo da escola ainda não estavam construídas na época. Contudo, toda a área atualmente ocupada por estas construções foi inundada pelas águas do lago de Santo Amaro em função da excepcionalidade.

Na área de estudo, segundo Silva (2011), as inundações na área podem ocasionar danos à saúde, pela falta de abastecimento público de água e de esgoto, pois os moradores utilizam poços tubulares e manuais, cujas condições propiciam contaminação (IMESC, 2020).

Figura 07 – Registro do nível da água durante a inundação de 2009, no Alto Formoso



Fonte: Acervo de pesquisa, 2021

Figura 08 – Vista parcial da frente da escola Complexo Educacional Pavão Neto: a- lâmina d'água na porção no contexto da inundação de 2009; b- paisagem habitual no período de estiagem



Fonte: Santo Amaro Online, 2009; Acervo de pesquisa, 2021

Durante a inundação de 2009, além das vias, os quintais também foram alagados, havendo a possibilidade de propagação de doenças de veiculação hídrica (Figura 9).

Na porção norte do bairro, a área é inundada, naturalmente, no período chuvoso. Já após 2013 começaram a ser construídas algumas casas, nas quais se constatou a presença de adaptações em detrimento de tais eventos.

Nas residências mais próximas à margem, as casas são mais elevadas, com degraus e “batentes” nas portas, a fim de evitar a entrada de água em períodos de

cheia. Em alguns quintais às margens do lago, no Norte do bairro, além das cercas, durante as pesquisas de campo notou-se a presença de muros com a base vazada, no intuito de evitar facilitar a drenagem da água e prejuízos maiores.

Figura 9 – Vista aérea do bairro Alto Formoso com vias e quintais inundados



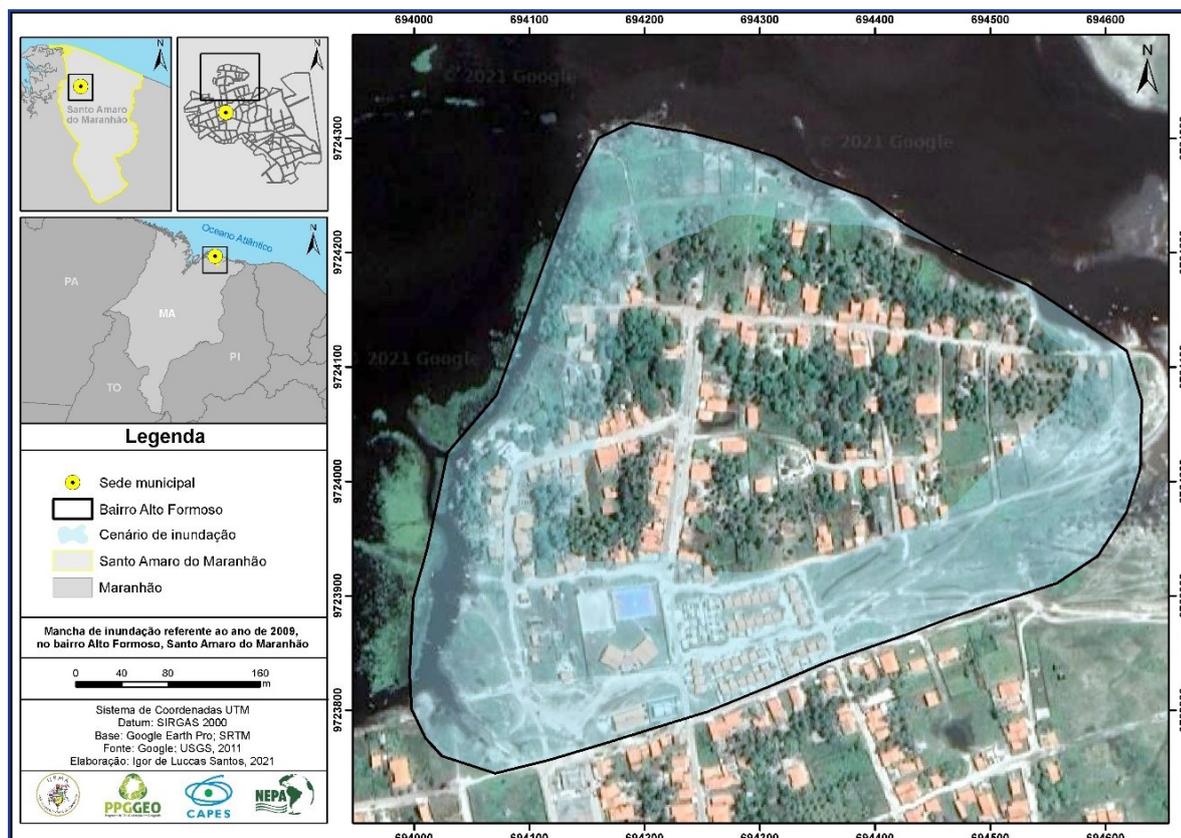
Fonte: Santo Amaro Online, 2009

5.2 Áreas sujeitas a inundação

Considerando a cota mais baixa da área de estudo, de 4,5 metros, como local de cheia habitual do lago de Santo Amaro no período chuvoso, o resultado permite destacar que, durante a inundação de 2009, o volume de água do lago subiu cerca de 4 metros acima do nível normal, ocupando, aproximadamente, 55% do polígono de representação do bairro Alto Formoso (Figura 10).

Na ocasião, eventos extremos de chuva, no contexto de Alto Formoso, a inundação tende a ocupar as menores cotas, que, ademais, estão relacionadas a terrenos de baixa declividade. Tal característica significa que o cenário de inundação será maior, uma vez que o terreno é plano. A extensão territorial do cenário de inundação, bairro Alto Formoso, é maior que a área designada como Setor de Alto Risco por Beltrão e Dias (2014). Nas duas representações, é possível constatar que, do lago de Santo Amaro, o centro do bairro, Alto Formoso, é o menos sujeito a danos por inundações, considerando a área inundada durante os eventos extremos no ano de 2009.

Figura 10 – Cenário de inundação referente ao ano de 2009, no bairro Alto Formoso, Santo Amaro do Maranhão



Fonte: Acervo de pesquisa, 2021

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inundação é uma das principais categorias de desastres da contemporaneidade, sendo elevado, no estado do Maranhão, o número de ocorrências. Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo a análise da ocorrência, dos condicionantes, assim como os impactos das inundações no bairro Alto Formoso, situado na cidade de Santo Amaro do Maranhão, nos Lençóis Maranhenses.

A ocorrência de inundação é uma característica natural da paisagem na região dos Lençóis Maranhenses, onde as áreas com registros de danos de desastres apresentam condicionantes naturais para a ocorrência desses fenômenos, como na área de estudo. Nesta, danos ao patrimônio público e privado estão associados à

elevação excepcional do volume de água do lago Santo de Amaro, geralmente, com ocorrência em grande intervalo temporal, a exemplo do último grande evento extremo de inundação que ocorreu em 2009, no qual algumas famílias foram desalojadas em virtude da elevação excepcional das águas do lago.

A ocupação das áreas de menores cotas no bairro apresentou crescimento, devido ao aumento dos trechos de pavimentação do bairro e da construção de um conjunto de programa habitacional, assim como demais obras de investimento público. Somado a isso, constata-se também a perspectiva de crescimento da cidade pela implantação da rodovia de acesso à cidade para o desenvolvimento do turismo.

Assim, mesmo que a utilização de imagens de sensores orbitais ópticos para área de estudo seja dificultada pela grande cobertura de nuvens, sobremaneira no período chuvoso, recomenda-se a realização de testes com imagens de RADAR para estimar as demais áreas de ocorrência de inundação com maior precisão.

A espacialização de um cenário de inundação oferece subsídios às discussões acerca de ocupação em áreas notadamente sujeitas aos impactos em eventos extremos, considerando, sobretudo, o contexto de rápido crescimento da cidade; enquanto as imediações do bairro Alto Formoso possuem grandes várzeas sem habitações, o que pode acarretar, se não houver fiscalização e políticas de gestão de risco, novas ocupações e conseqüente construções, desconsiderando a dinâmica ambiental.

Embora os dados SRTM apresentem baixa qualidade no detalhamento das formas de relevo do terreno para a escala de estudo, o cenário de inundação gerado automaticamente apresentou um resultado razoável, porém, com o pouco detalhamento dessas formas, optou-se por voltar a campo e apresentar o mapa para a população.

Para pesquisas futuras na área de estudo, recomenda-se o uso de drones como ferramenta para obter maior precisão no mapeamento, sobre os quais se aconselha que o operador evite realizar o levantamento no auge do período de estiagem, quando há maior incidência de ventos, salvo exceções, como, por exemplo, quando o equipamento possua estabilidade suficiente para realizar o trabalho nestas condições.

Por fim, embora o risco de danos aumente quando há ocupação de áreas sujeitas a inundação, cabe ao poder público investir na prevenção dos desastres, dado que é nessa esfera onde ocorre o zoneamento das áreas propícias ou não às edificações. E, muito embora algumas áreas apresentem baixo ou médio risco em virtude da frequência dos eventos, a ocorrência é marcada pela grande intensidade e significativos prejuízos.

Portanto, urge a necessidade da discussão e desenvolvimento de políticas voltadas à gestão de riscos, com vistas à prevenção da ocupação de áreas suscetíveis a desastres. Sendo assim, este trabalho pretende subsidiar ações futuras, seja por meio de projetos não estruturais, da educação e da parceria com a população, ou estrutural, com obras para prevenir ou diminuir os riscos, ou, ainda, para evitar ocupação em áreas susceptíveis.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

BANDEIRA, I. C. N. **Geodiversidade do estado do Maranhão**. Teresina: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2013.

BELTRÃO, B. A.; DIAS, G. P. **Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco de Enchentes e Movimentos de Massa: Santo Amaro do Maranhão**. Maranhão: CPRM, 2014. Disponível em: <<https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/19838>>.

BLOCH, R.; JHA, A. K.; LAMOND, J. **Cidades e Inundações: um guia para a gestão integrada do risco de inundação urbana para o século XXI. [S.l.]**: The World Bank, 2012.

BORGES, L. F. M. B. **Estudo das inundações na zona urbana de santo amaro – bahia: um resgate entre os anos de 1999, 2003, 2010 e 2015**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

BRASIL. **AVALIAÇÃO DE DANOS – AVADAN 2009**: Santo Amaro do Maranhão.

CARDOSO, C.; GUERRA, A. J. T.; SILVA, M. S. da. **Geografia e os riscos socioambientais**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020.

CASTRO, A. L. C. de. **Glossário de Defesa Civil, estudos de riscos e medicina de desastres**. 5. ed. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2009.

CASTELLANO, M. S. **Inundações em Campinas (SP) entre 1958 e 2007: tendências socioespaciais e as ações do poder público**. 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

CEPDECMA - COORDENADORIA ESTADUAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DO ESTADO DO MARANHÃO. **Relatório de Ações da CEDECMA "ANO 2009"**. São Luís: CEPDECMA, 2014.

CEPED - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012**. 2. ed. Florianópolis: CEPED/UFSC, 2013.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

CONOZ, L. Á. **Evaluación de la vulnerabilidad físico-estructural ante inundaciones de las viviendas del municipio de patulul, suchitepéquez**. 2012. 132 f. Monografia (Graduação em Arquiteutura) - Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2012.

COSTA, C. M. **RISCO DE INUNDAÇÕES NO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANIL, SÃO LUÍS - MARANHÃO**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia Fluvial. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

FRANÇA, B. T.; RIBEIRO, C. B. de M. Modelagem hidrológica e hidráulica para mapeamento de áreas de risco de inundações urbanas na bacia hidrográfica do rio Pomba. *In*: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2003, Bento Gonçalves, RS. **Anais [...]**, Porto Alegre: ABRH, 2013, Disponível em: <<https://anais.abrhydro.org.br/job.php?job=1685>>. Acesso em: 08 out. 2024.

FEITOSA, A. C; SOUZA, U. D. V. Evolução geomorfológica da paisagem costeira leste do Maranhão: papel dos agentes naturais na modelagem do ambiente na foz do rio Preguiças. *In*: FEITOSA, A. C. (Org.). **Lençóis Maranhenses: relação homem-ambiente na comunidade Ponta do Mangue, Barreirinhas – Maranhão**. São Luís: EDUFMA, 2015. p. 43-71.

FEITOSA, A. C.; TROVÃO, J. R. **Atlas Escolar Maranhense: Espaço Geo-histórico e Cultural**. João Pessoa: Editora Grafset, 2006.

FERREIRA, S. S. M. **A intervenção do homem na dinâmica geomorfológica na área do povoado de Travosa, município de Santo Amaro do Maranhão – Ma**. 73 f. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.

GOERL, R. F.; KOBAYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. *In*: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa. **Anais [...]**, João Pessoa: ABRH, 2005. p. 213-224.

GOMES, E. J. da S. **RISCO DE INUNDAÇÃO NA SEDE MUNICIPAL DE TOUROS/RN**. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2020.

HORA, S. B. da; GOMES, R. L. Mapeamento e avaliação do risco a inundações do rio cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 2, p. 57-75, 2009.

IMESC - INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. **Enciclopédia dos Municípios Maranhenses: Lençóis Maranhenses**. São Luís: Instituto De Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC, 2020.

KNIERIN, I. da S.; ROBAINA, L. E. de S. Identificação da suscetibilidade e perigo de inundações nas cidades de Taquara e Parobé, RS. **Revista de Geografia**, v. 40, n. 1, p. 166–192, 2023.

LUNA, M. C. M. de M.; PARTELI, E. Jr.; HERRMANN, Hans J. Model for a dune field with an exposed water table. **Geomorphology**, v. 159, p. 169-177, 2012.

MENDONÇA, F. de A. **Geografia e meio ambiente**. 8º ed. São Paulo: Contexto, 2005.

MIRANDA, N. M. G.; CAPRARIO, J.; MARTINI, L. C. P.; FINOTTI, A. R. Processo Hierárquico Analítico (AHP) em Modelagem Espacial da Vulnerabilidade à Inundação em Ambientes Mistos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 4, p. 172-181, 2020.

MURARA, Pedro Germano. INUNDAÇÕES: DESASTRE NATURAL?. **Revista Discente Expressões Geográficas**, v. 1, p. 158-172, 2015.

PEREIRA, C. R. P. **Índice de risco de inundação como ferramenta de planejamento urbano**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

PRINA, B. Z.; TRENTIN, R. Uso de três fontes de dados altimétricos para identificação de áreas com perigos à inundação. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 18, n. 2, p. 123-144, 2014.

SANTOS, J. H. S. dos. **Lençóis Maranhenses atuais e pretéritos: um tratamento espacial**. 2008. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SANTOS, J. H. S.; SANTOS, N. F. B. The Lençóis Maranhenses: A Paradise of Dunes and Ponds. *In: Vieira, B. C.; Salgado, A. A. R; Santos, L. J. C. (Org.). Landscapes and Landforms of Brazil*. Nova Iorque: Springer, 2015. p. 79-90.

SARAIVA, N. A. **Manejo sustentável e potencial econômico da extração do buriti nos Lençóis Maranhenses, Brasil**. 2009. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SILVA, L. C. A. **Avaliação de qualidade da água de consumo humano no município de Santo Amaro do Maranhão – MA como instrumento de garantia do direito à saúde**. 2011. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2011.

SILVA, L. P.; SANTOS, C. A. G. Análise espacial dos riscos de erosão e inundação na bacia do rio Cuiá. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 3, p. 21-32, 2010.

SILVA, E. L. P. da; TONETTI, E. L.; MENDONÇA, F. de A.; FREITAS, M. R. P. de. Suscetibilidade natural e vulnerabilidade das inundações repentinas em Morretes – PR. **Revista de Geografia**, v. 40, n. 3, p. 1-25, 2024.

TUCCI, C. E. M. Inundações e Drenagem Urbana. *In*: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH, 2003. p. 45-129.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 22, p. 97-112, 2008.

VEYRET, Y.; RICHEMOND, N. M. de. Definições e vulnerabilidades do risco. *In*: VEYRET, Y. (org.). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007. p. 25-38.

Contribuições de autoria

1 – Igor de Lucas Santos

Universidade Federal do Maranhão, Mestre em Geografia
<https://orcid.org/0000-0002-5599-7050> • igorsantos.geografia@gmail.com
Contribuição: Escrita - revisão e edição

2 – Antonio Cordeiro Feitosa

Universidade Federal do Maranhão, Doutor em Geografia
<https://orcid.org/0000-0002-3979-4739> • antonio.cf@ufma.br
Contribuição: Administração do projeto, escrita - primeira escrita, escrita - revisão e edição

Como citar este artigo

SANTOS, I. L.; FEITOSA, A. C. Inundações no bairro Alto Formoso, município de Santo Amaro do Maranhão - MA, Brasil. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 28, e87770, 2024. Disponível em: [10.5902/2236499487770](https://doi.org/10.5902/2236499487770). Acesso em: dia mês abreviado ano.