



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Mapeamento das áreas de risco de inundação urbana na cidade de Assú - Rio Grande do Norte, Brasil

Gilciane Kariny da Costa Frutuoso¹, Alfredo Marceço Grigio², Terezinha Cabral de Albuquerque Neta Barros³

¹Universidade do Estado do Rio Grande do Norte-Uerne-mail correspondente:frutuosogilciane02@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-9865-5344>

²Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (2000), mestrado em Geodinâmica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2003) e doutorado em Geodinâmica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte

³Doutora pela Universidade Federal de Pernambuco no Programa de Pós-Graduação em Ciência Política. Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Possui bacharelado em Ciências Sociais.

Artigo recebido em 12/04/2022 e aceito em 12/09/2022

RESUMO

Inúmeros casos de eventos naturais, como inundações, ocorrem por quase todo o globo. A cidade de Assú/RN encontra-se em uma área susceptível a inundações e alagamentos, que geralmente ocorre entre os meses de março a junho. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo mapear as áreas de inundação, analisando o seu processo de ocupação e identificando as problemáticas relacionadas às inundações e ao gerenciamento do risco. Como metodologia, utilizou-se de consulta bibliográfica, documental, cartográfica, imagens históricas acerca das ruas que foram afetadas pela inundação — cruzando esses dados com as vias que apresentam problema de inundação/alagamento atualmente — e identificação das tipologias de uso urbano com base nas imagens do Google Earth Pro para o ano de 2019 no software livre de geoprocessamento QGIS Desktop, versão 2.18, 'Las Palmas'. Os resultados encontrados demonstram o quantitativo do que é ocupado na área urbana, sendo 34,43% de área residencial, 2,74% de área comercial, espaço vital para o funcionamento da cidade, 33,51% de área desocupada e 2,74% de área comercial. O quantitativo de elementos estratégicos, vitais e sensíveis ao risco ultrapassa dos 70 elementos, conforme a metodologia utilizada, o que demonstra a área urbana da cidade com 57 %, classificada entre risco muito alto e alto, ou seja, 15% e 42 % respectivamente, e 27% para risco médio e 16% para risco baixo. Esse fato leva a necessidade da elaboração de um plano de gerenciamento de risco urgente, uma vez que esse Plano se torna um importante instrumento para subsidiar o planejamento urbano.

Palavras-chaves: Inundação. Ambiente Urbano. Cidade

Mapping of urban flood risk areas in the city of Assú- Rio Grande do Norte, Brazil.

ABSTRACT

Countless cases of natural events, such as floods, occur across most of the globe. The city of Assú/RN is located in an area susceptible to flooding and overflow, which usually occurs between the months of March and June. Therefore, this work aims to map the flood areas, analyzing their occupation process and identifying issues related to flooding and risk management. As a methodology, bibliographic, documental, cartographic consultation was used, historical images about the streets that were affected by the flood - crossing these data with the roads that currently present a flood/ overflow problem - and identification of typologies of urban use based on the Google Earth Pro images for the year 2019 in the open source geoprocessing software QGIS Desktop, version 2.18, 'Las Palmas'. The results found show the quantity of what is occupied in the urban area, with 34.43% of the residential area, 2.74% of the commercial area, vital space for the functioning of the city, 33.51% of the unoccupied area and 2.74 % of commercial area. The quantity of strategic, vital and risk-sensitive elements exceeds 70 elements, according to the methodology used, which demonstrates the urban area of the city with 57%, classified between very high and high risk, that is, 15% and 42% respectively , and 27% for medium risk and 16% for low risk. This fact leads to the urgent need for the elaboration of a risk management plan, as this Plan becomes an important instrument to support urban planning.

Keywords: Flood. Urban Environment. City

Introdução

Inúmeros fenômenos decorrentes de eventos naturais, como inundações, ocorrem por quase todo o globo. E no Brasil, segundo Villas Bôas (2017), as inundações são os desastres mais recorrentes. Múltiplas situações são relatadas constantemente nos diversos meios de comunicação, sejam eles locais, regionais, nacionais e internacionais. Segundo Araújo, Silva e Silva (2020) o Brasil é o mais afetado por inundações as quais resultam em elevados danos e pessoas atingidas. Esses problemas, entretanto, não ocorrem de maneira homogênea nas áreas urbanas, atingindo, mais especificamente, aquelas áreas que não possuem um esgotamento sanitário nem um sistema de drenagem adequado. Geralmente os mais afetados são aqueles espaços próximos a córregos, de concentração de águas pluviais, e que apresentam, principalmente, uma estrutura de residências precárias, resultante das condições de vulnerabilidade social da população que ali reside.

Portanto, essas áreas de inundações e alagamentos precisam ser reconhecidas (mapeadas) nos planos municipais, sendo o Plano Diretor (PD) o principal deles, que Espíndola (2020) destaca que as cidades devem abordar a política de planejamento, para que não sejam espaços ocupados e os (PD) segundo Calgaro, Reato e Hermany (2020) classifica como o melhor instrumento. Argumento defendido por Pereira (2017), Lima, Lopes e Façanha (2019), Bogo (2016), Bogo (2020), Frutuoso, Grigio e Barros (2020), ao afirmarem que a confecção de um PD tem de estar integrada ao Planejamento e Gerenciamento do Risco, considerando a bacia hidrográfica.

Um importante instrumento no auxílio ao planejamento é a análise espacial dessas áreas. Segundo Reis (2015), Braga, Wanderley e Holanda (2020), Barros, Silva e Carvalho (2020), Fonseca (2020), os estudos têm mostrado que o produto de toda a análise espacial feita, ou seja, o mapa de risco, consiste em um material que contém a localização, a forma, a situação e o tamanho das áreas que sofrem com inundações e alagamentos, isto é, as vias que alagam, as inundações delimitadas pela cota, os alagamentos pelos pontos para cada situação prevista. São esses mapas que permitem, de forma individualizada, avaliar a situação da área. Eles são a base para medidas estruturais e estruturantes da cidade.

Um levantamento feito pela CPRM (2013); Medeiros (2018); Frutuoso (2020); Medeiros e Lima (2020) aponta que Assú/RN, cidade objeto

deste estudo, encontra-se em uma área susceptível a inundações em virtude da predominância de dois fatores: a forma de relevo e a proximidade com o leito maior do rio que possui um histórico de emergência na cidade. Entre os 15 bairros que compõem a cidade, cinco estão classificados como de Alto risco. Esse fenômeno geralmente ocorre entre os meses de março e junho, período de maior incidência de chuvas na bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu. Situações já problematizadas por Petrone (1961), que destacou os registros de inundações nos anos de 1875, 1924 e em 1960, e Medeiros (2018), que verificou ocorrências nos anos de 1964 a 2009.

Nessa cidade, o Centro, um dos bairros que concentram importantes elementos estratégicos para o funcionamento das dinâmicas econômicas e sociais (escolas, rede bancária, comércio e hotéis), é constantemente atingido por inundações — devido à ocupação mais próxima ao leito do rio. Por ficar localizado em área de declividade plana, é o ponto de concentração de todo o escoamento superficial, advindo das áreas mais elevadas da cidade, contendo o maior número de vias que alagam. Apesar do destaque apresentando, outros bairros também apresentam a mesma problemática, como: São João, Bela Vista, Casa Forte e Farol. Com isso, além das inundações, segundo Fernandes-Neto (2019), a cidade, mesmo com precipitações baixas, vem sofrendo constantemente com problemas de alagamento, de modo que, segundo o autor, esses transtornos são observados durante e após as chuvas, principalmente nas áreas que possuem um histórico de inundações, sendo locais próximos às estruturas de drenagem, devido ao provável subdimensionamento destes que Lima (2021) confirma que a topografia favorece estes episódios em chuvas pontuais e intensas.

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo mapear as áreas de inundação, tomando como base o mapeamento feito pela CPRM (2013), avaliando o processo de ocupação, elementos expostos ao risco identificando as problemáticas relacionadas às inundações para auxiliar no gerenciamento de risco

Material e métodos

Área de estudo

O objeto de estudo é a cidade de Assú (Figura 1). Conforme o último censo do IBGE (2010), a população total é de 53.227 habitantes, estando 39.359 deles na zona urbana. Para o ano de 2995

2020, o Instituto estima, através da taxa de crescimento populacional, que a cidade possua 58.384 habitantes. A área territorial municipal é de 1.320.751 Km², correspondendo à área urbana uma superfície de 20.923 Km². O processo de desenvolvimento populacional de Assú nas últimas

cinco décadas foi constante ao longo desse período. No entanto, esse acréscimo gera um contingenciamento não esperado/planejado, fazendo com que a população busque moradias em lugares inapropriados, como as áreas de risco.

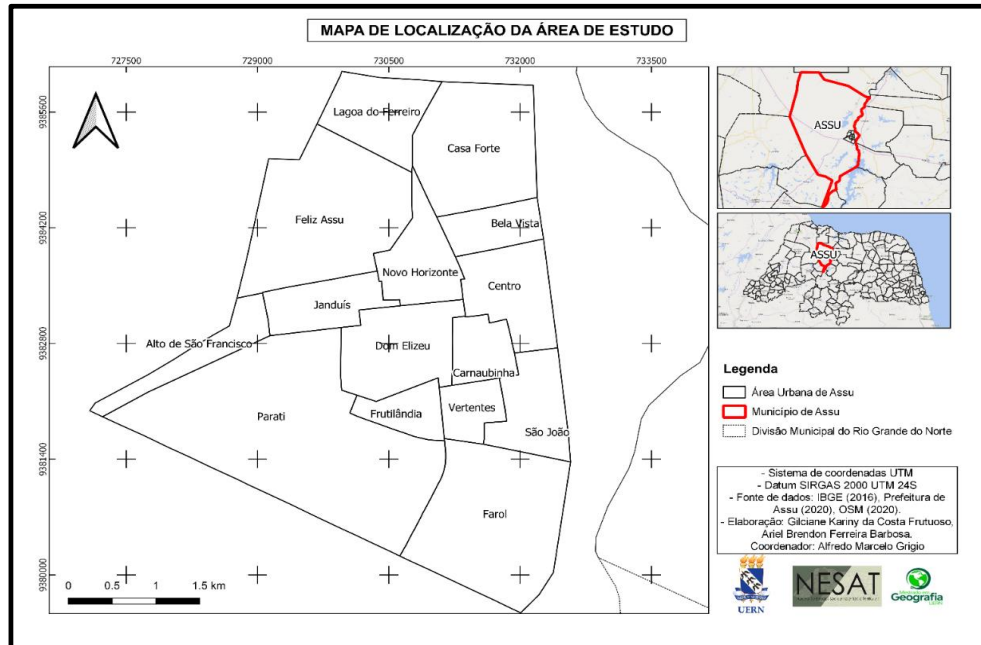


Figura 1- Mapa de localização da área de estudo

Recursos hídricos superficiais

A área urbana de Assú está estabelecida em um terreno caracterizado pela transição entre áreas um pouco mais elevadas e áreas predominantemente planas, apresentando, assim,

uma série de drenagens intermitentes, além de ser cruzada pelo canal do Rio Piranhas-Açu (Figura 2). A cidade contabiliza oito córregos, os quais cortam, pelo menos, um pequeno espaço dos 15 bairros da cidade.

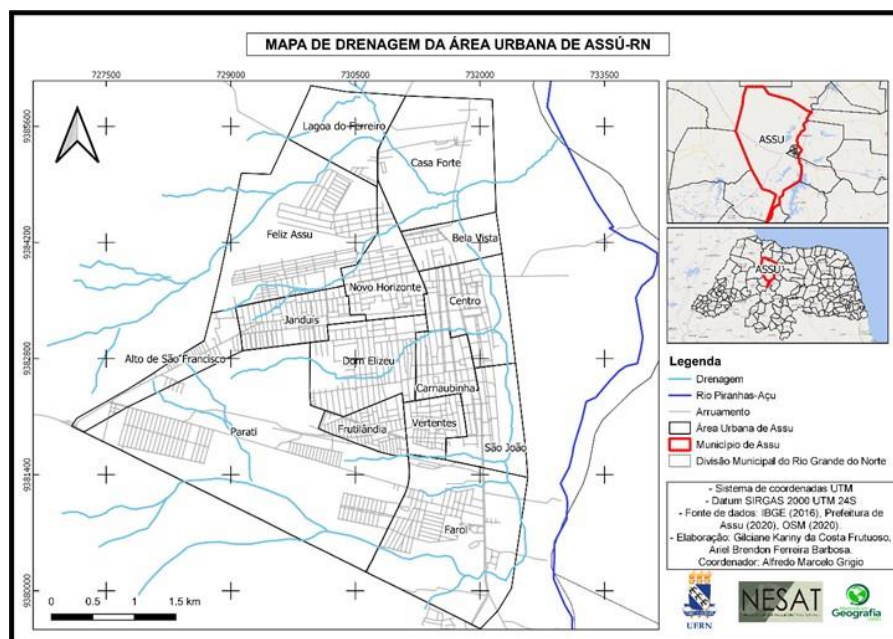


Figura 2- Mapa de drenagem da área urbana de Assú-RN

O córrego que corta o bairro Dom Elizeu tem potencial para formar alagamentos em eventos de precipitação intensa, segundo a CPRM (2013), que considera a área de alto risco de inundação. Todos esses córregos vão ao encontro do Rio Piranhas-Açu.

Com base no estudo feito pela CPRM (2013), fez-se um levantamento histórico acerca das ruas que foram afetadas pela inundação. Esses dados históricos foram cruzados com as vias que alagam atualmente, cujo levantamento foi feito através de matérias publicadas em blogs e sites da cidade, constituindo-se componentes de fundamental importância para a pesquisa. Com essas duas informações cruzadas, elaborou-se o mapa de inundação e alagamentos no ambiente urbano. Para a confecção do mapa de uso e ocupação do solo, contou-se como base metodológica com uma adaptação do Sistema de Classificação de Unidades de Cobertura da Terra e do Uso e Padrão da Ocupação Urbana (FERREIRA; ROSSINI-PENTEADO e GUEDES, 2013). Para a visualização das diferentes tipologias urbanas, trabalhou-se na escala de 1:10.000, utilizando-se de imagens do Google Earth Pro para a delimitação e vetorização dos níveis hierárquicos de análise espacial, compreendido como um sistema de classificação multinível e hierarquizado

do uso das terras e revestimento do solo, com a utilização de GPS na marcação dos pontos. Efetivou-se a caracterização do uso e ocupação do solo, sendo aplicada a ficha de caracterização de campo na identificação e avaliação da ocupação urbana. Dessa forma, as imagens utilizadas, relacionadas a um banco de dados, permitem criar diferentes tipos de mapas (Ferreira; Rossini-Penteado e Guedes, 2013), com a aplicação de técnicas de geoprocessamento através da sobreposição dos dados obtidos e com o apoio do software livre QGIS Desktop, versão 2.18, 'Las Palmas', para identificação dos níveis da tipologia de uso urbano, conforme pode ser observado no Quadro 1.

Dessa forma, adaptou-se a metodologia de Julião et al. (2009) e foram identificados os elementos estratégicos, vitais e sensíveis que são fundamentais para a resposta à emergência, salientando-se os equipamentos urbanos, tais como: hospital, escolas, autoridades civis e militares e sistemas de suporte básico às populações, a saber: o abastecimento de água, rede elétrica, centrais e retransmissores de telecomunicações, neste aspecto, esses elementos expostos na área de estudo têm particular relevância nesta análise, para espacializar no município.

Quadro 1. Nível hierárquico do sistema de classificação e seus atributos. Fonte: Adaptado de Ferreira, Rossini-Penteado e Guerra (2012) e IBGE (2013).

NÍVEIS DE COMPARTIMENTAÇÃO (ATRIBUTOS FÍSICOS)	
Nível II	
TIPOLOGIA DE USO URBANO (USO DA TERRA)	CLASSE DE CORES
Residencial	R253– G113–B113
Comercial	R244– G036–B147
Serviços	R152– G125–B183
Grande Equipamento	R249– G233–B055
Loteamento	R230– G164–B082
Área Desocupada/Vazio Urbano	R178– G178–B178
Espaço Verde Urbano	R021– G180–B009

Segundo Frutuoso, Grigio e Barros (2020), verificou-se a problemática do adensamento urbano e da relação com a política de ocupação urbana tendo como base o Plano Diretor Municipal, a Política de Parcelamento e Uso do Solo Urbano, o qual deveria enfatizar a setorização do risco à inundação. Sendo assim, aponta-se para uma

cidade com diversos cenários de risco estabelecidos em seu território. Além disso, o zoneamento dessas áreas não se encontra no Plano Diretor, que se está desatualizado, pois sua última versão aconteceu no ano de 2005. Para a setorização das áreas de risco, utilizou-se a classificação de grau de risco de inundação, na qual

apresentam-se os critérios de análises de risco na área de estudo (MENEZES, 2014), descritos no Quadro 2. Para a setorização do mapa de elementos expostos, utilizou-se da coleta de cada elemento exposto, segundo metodologia adaptada de Julião et al. (2009), vital para o funcionamento da cidade: hospitais, escolas, igrejas, elementos esses que na ocorrência de uma inundação servem de local de apoio aos afetados. A cada elemento localizado na

área de estudo, identificou-se as coordenadas com o apoio do GPS Garmim Etrex 30, que, após coletadas, foram transformadas em um arquivo shapefiles de pontos. Esses elementos foram sobrepostos ao mapa de risco de inundação, verificando-se em quais áreas existia um maior número de elementos expostos sobre as áreas de risco de inundação.

Quadro 2: Classificação da setorização de risco de inundação na área urbana de Assú - RN

GRAU DE PROBABILIDADE DE RISCO	DESCRIÇÃO
R 1 Baixo	Frequência baixa (não se apresenta registro de inundações ou alagamentos significativos nos últimos 5 anos). Enquadram-se os bairros de edificações estruturáveis, ruas pavimentadas e com medidas estruturais de drenagem.
R 2 Médio	Frequência média (Registro de 1 ocorrência significativa de alagamento nos últimos 10 anos). Enquadram-se os bairros que apresentam alguma edificação com estrutura comprometida, com ruas pavimentadas e que possuem algum sistema estrutural de drenagem.
R 3 Alto	Frequência média (Registro de 2 ocorrências significativas de inundação e/ou alagamento nos últimos 10 anos), com alto nível de vulnerabilidade a ocupação urbana. Enquadram-se os bairros que apresentam edificações com estrutura comprometida (precisando de reforma), com ruas pavimentadas e que não possuem um sistema de drenagem e/ou saneamento.
R 4 Muito Alto	Frequência alta de ocorrência (3 ou mais eventos significativos de inundação e alagamento nos últimos 5 anos), enquadram-se os bairros que apresentam edificações em áreas de inundação afetadas por alagamentos e que não possuem nenhum tipo de sistema estrutural de drenagem.

Fonte: Adaptado de Menezes (2014).

Resultados e discussão

A história do ajustamento do homem às condições do meio e da transformação deste por suas atividades tem sido uma relação de conflito e harmonia (BRANDÃO, 2012), assim como um desejo de mudança, segundo Peixoto (2020); Gomes, Sales e Louzeiro (2020); Fragoso e Silva (2019) e Torres (2019), e serve para avaliar a presença da qualidade de vida e as condições humanas. Os argumentos de vingança divina ou castigo da natureza, segundo Nunes (2015), foram, por muito tempo, usados como justificativas para a ausência de medidas preventivas. Ainda de acordo com a respectiva autora, as transformações das áreas naturais em espaço, chamado por ela de produtivo, uniformizou as pessoas e as nações que possuem diversas coisas em comum e estão igualmente expostas aos desastres naturais. Nesse contexto, as primeiras ocupações ocorrem nas proximidades dos leitos dos rios, para que pudessem extrair os recursos necessários à sua

subsistência. Com isso, de acordo com Monteiro, Almeida e Câmara (2007); Medeiros et al. (2020); Calgaro, Reato e Hermany (2020); Santos, Fernandes e Medeiros (2019); Boldnar, Priess e Bianchi (2019) e Pereira (2019), afirma-se a importância do planejamento nas cidades, com o objetivo de que a população não seja conduzida a edificar nas proximidades dos rios, pois, além da população estar susceptível ao risco, altera-se, em alguma medida, a dinâmica da área, uma vez que se devasta a vegetação existente para edificar suas casas e lançam-se águas servidas no leito do rio e que segundo Rodrigues, Rodrigues & Rodrigues (2022) a inexistência de um sistema de drenagem associado a uma urbanização não planejada favorece a este grande volume de escoamento superficial nas vias. Assim, [...] “não seriam calamitosos em nossas cidades se a população não fosse induzida a ocupar as áreas de risco que deveriam ser preservadas” (BRANDÃO, 2012, p.

58). A inexistência ou até mesmo a insuficiência de um sistema de drenagem de águas pluviais traz sérios transtornos para o ambiente e para a população. Mas, com o planejamento adequado segundo Teixeira (2021) esses transtornos serão menores para a ocorrências de inundações e alagamentos em Assú.

Segundo Cascudo (1999), por volta de 1695, o então governador da Capitania do Rio Grande do Norte, Bernardo Vieira de Melo, funda o Arraial de Nossa Senhora dos Prazeres do Açu e inicia a colonização da região. Os colonizadores que chegavam iam construindo suas casas próximas ao rio, como se observa na Figura 3.

O processo de ocupação data de 1852, confirmando as primeiras ocupações às margens do leito maior do Rio Piranhas-Açu. Com isso, evidencia-se que, ao longo dos anos, esse processo de expansão urbana proporcionou a instalação de residências em locais que correspondem a uma área do leito maior do rio Piranhas-Açu.

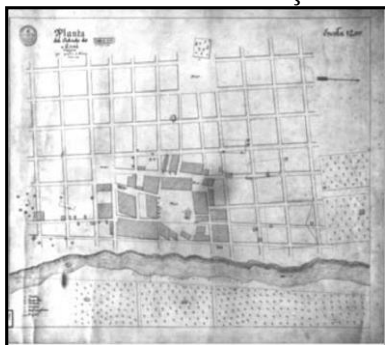


Figura 3. Configuração urbana de Assú em 1852
Fonte: Teixeira (2002).

Tal área abrange um quadrilátero que compreende as principais ruas da cidade no fim do século XIX e início do século XX. Envolve, portanto, toda a Praça da Matriz e, a partir desse centro, distribui-se nos sentidos norte, sul, leste e oeste (MEDEIROS, 2005), o que hoje corresponde à área do centro da cidade. Esse registro confirma que Assú não foi diferente das demais cidades que edificaram suas ocupações a partir das margens de um rio, o qual orientou todo o processo de povoamento em virtude do interesse pela água. As informações disponíveis dos registros de inundação foram obtidas a partir de 1947 (Figura 4). Em consonância com os levantamentos do campo, com o contato com a população afetada e

com os órgãos municipais, foram verificados problemas de inundação nos mesmos bairros presentes a partir dos levantamentos históricos, com o crescimento de pontos de alagamentos recorrentes nos últimos quatro anos, que serão apresentados na Figura 5. Contudo, pode-se observar os registros de inundação em diversos pontos do Centro, o único bairro do qual se obteve o registro de fotografias históricas, em que se observa o respectivo ano de ocorrência dessas inundações. Para os demais bairros, foram levantados registros dos anos de 2008 e 2009.

O fato é que os registros fotográficos mencionados anteriormente ocorreram antes da construção da Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves no ano de 1983, com exceção do registro de 1985, posterior à construção.

Vale salientar que, segundo Nóbrega (2005), pelos problemas das enchentes no Rio Piranhas-Açu, o poder público federal e estadual estudava a possibilidade de represar o rio a fim de evitar inundações às margens das cidades, não obtendo êxito.

Após a inauguração da barragem, em 1983, em 1985 ocorreu uma das maiores inundações já registradas. Após 23 anos da maior inundação, os bairros anteriormente citados novamente registram o evento, de modo que as últimas inundações ocorreram nos anos de 2008, na Rua Aureliano Lobo (Figura 5-A), e 2009, nos bairros Centro (Figura 5- B), Bela Vista (Figura 5- C) e São João (Figura 5-D). Os estudos que balizaram o poder público federal e estadual na época da construção da barragem sobre a possibilidade de represar o rio para evitar a inundação às margens das cidades não obtiveram sucesso, fazendo com que fossem necessários novos estudos na área.

Comparando-se ao primeiro bloco de inundações ocorridas, observa-se a permanência da ocorrência nas mesmas ruas (Figura 5-A) e uma população completamente ilhada em 2009 (Figura 5-B). O acesso que cruza os bairros Bela Vista e Casa Forte (Figura 5-C) ficou completamente obstruído. Para encerrar este bloco de registros históricos de inundações, apresenta-se o bairro São João, em que a população ficou desabrigada e precisou ser realocada (Figura 5-D) para pontos de apoio, permanecendo por três meses até que as águas baixassem a um ponto seguro que permitisse a volta às residências.



Figura 4. Inundações ocorridas no Centro de 1947 a 1985. Fonte: Fanpage Açú ontem Assú hoje (2018).



Figura 5. (A), (B), (C) e (D) Últimas inundações registradas. Fonte: Figura- A e C: Blog do Campelo (2018). Figura- B e D: Blog Assutododia (2019).

Após esse inventário histórico de fotografias das inundações ocorridas, observou-se que 5 (cinco) bairros da cidade (Figura 6) são os que mais sofrem com as inundações do leito maior do Rio Piranhas-Açú, apresentando evidências de que os mesmos sofrem nos períodos de inundação com um intervalo considerável entre uma ocorrência e outra. Neste estudo, a área em questão foi ocupada segundo suas potencialidades naturais

(água em abundância, terras férteis), assim como a proximidade do rio atraiu a ocupação humana nessas áreas do leito maior, que se tornou um ambiente de risco.

Somado a isso, os registros pluviométricos das inundações (Tabela 1) ocorridas na região do Vale do Açú, em específico na cidade de Assú, mostram-se uma etapa fundamental para o trabalho, por mostrar informações espaço-

temporais das inundações. Utilizou-se de um inventário realizado por Medeiros (2018), em que se apresentam registros que compreendem o período de 1963 a 2009, sendo este o ano em que

ocorreu a última inundação, mas os alagamentos ocorrem sempre que chove.

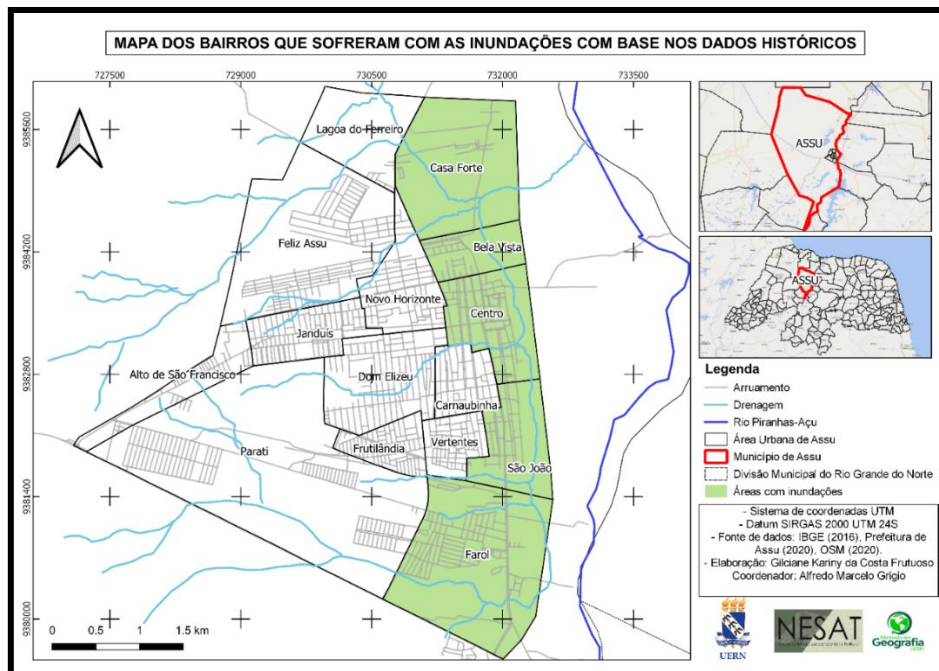


Figura 6. Mapa dos bairros que sofreram com inundações com base nos dados históricos.

Tabela 1. Anos com precipitações pluviométricas acima da média na Estação de Florânia. Fonte: Adaptado de Medeiros (2018).

Ano	Precipitação (mm)	Mês mais chuvoso	Acumulado do mês mais chuvoso (mm)	Dia mais chuvoso	Precipitação do dia mais chuvoso (mm)
1963	1.026,1	Março	342,1	14/11	64,7
1964	1.387,0	Abril	308,6	05/05	80,4
1965	1.046,6	Abril	448,1	01/04	159
1967	986,3	Abril	338,6	05/04	65,1
1968	950,4	Março	581,5	11/03	97,6
1974	1.297,9	Março	332,8	26/03	66,7
1975	912,4	Março	242,6	18/05	59,2
1977	1.014,7	Abril	248,7	23/02	74,4
1984	943,1	Abril	379,0	15/04	89,7
1985	1.525,8	Abril	413,0	09/04	73,5
2008	1.026,4	Março	349,5	20/03	58,1
2009	1.350,9	Março	410,2	02/03	115,5

Conforme se observa nos registros fotográficos e na Tabela 1, o ano de 1985 confirma-se como um dos períodos mais chuvosos já registrados. Outro fator que se tem observado desde 2016 e causando transtornos na cidade são os alagamentos. A recorrência em alguns pontos, como por exemplo o bairro São João (Figura 7 A e B), em que se observam carros submersos na água

acumulada e um dos dispositivos de drenagem existentes que não supriu a demanda de água e acabou obstruído devido ao carreamento de resíduos sólidos pelas águas (Figura 7 B). Haja vista que o número de estruturas de drenagem na cidade é baixo, situações como essa tendem a contribuir com maiores transtornos.



A



B

Figura 7. Transtornos ocorridos no bairro São João ocasionados pelos alagamentos (2017-A, 2018-B).

Fonte: Figura- A: Blog Afolhapatuense (2018). Figura- B: Assutododia (2018).

No Centro, apresenta-se como uma das áreas mais caóticas o cruzamento da Rua Ulisses Caldas com a Rua Moisés Soares (Figura 8), conforme o registro para o ano de 2018. Esta região contém elementos expostos estratégicos, vitais ou sensíveis para o seu funcionamento, mas, com a ocorrência de alagamentos, o acesso às vias fica completamente comprometido. O sistema de drenagem é insuficiente, o que contribui para que toda a água que escoar pela cidade se concentre neste bairro, o que resulta em grandes transtornos na área.



Figura 8. Alagamento no Centro. Fonte: Blog do VT (2018).

Esse tipo de ocorrência se origina com chuvas a partir de 40-45mm. Outros bairros também são afetados, como Feliz Assú e Novo Horizonte (Figura 9) em que se observam residências em área irregular, já que ali existe um córrego, que nos períodos de chuva causa o isolamento da população local.



Figura 9. Alagamento entre Novo Horizonte e Feliz Assú em 2016. Fonte: Assutododia (2018).

No bairro Dom Elizeu registrou-se um caso de danos materiais, devido aos alagamentos. De acordo com o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), choveu 105 milímetros em 19 de janeiro de 2018, o que gerou o grande volume de água que ficou concentrado na frente de uma casa e ocasionou a queda de sua fachada, conforme se observa na Figura 10.



Figura 10. Desabamento de duas residências, 2018. Fonte: Blog Assutododia (2018).

A Defesa Civil do município esteve no local do ocorrido evacuando as pessoas para locais seguros, já que as famílias tiveram seus imóveis comprometidos. Diante do ocorrido, a gestão municipal desenvolve, através da lei de nº 614, de 05 de março de 2018, uma política pública que cria um mecanismo de suporte a essas famílias, oferecendo a prestação de benefício de aluguel de residência àquelas que ficaram desabrigadas temporariamente em virtude da destruição total ou parcial do seu imóvel.

Com o valor do aluguel de residência para família em situação de desabrigamento temporário, através do decreto de nº 013, de 06 de março de 2018, definiu-se a quantia mensal de até R\$ 300,00 (trezentos reais), por um período de até 12 (doze) meses por família beneficiada, enquadrada nos critérios definidos em lei (ASSÚ, 2018). Após a

criação dessa lei, famílias vêm sendo beneficiadas após terem seus imóveis comprometidos ou totalmente destruídos, na área urbana, por eventos de natureza hidrológica e/ou meteorológica, conforme se observa na Tabela 2. No entanto, de acordo com os registros fotográficos dos alagamentos, e com a análise feita em campo, foram observadas diversas áreas de risco de alagamento com residências próximas aos canais de drenagem (Figura 11).



Figura 11. Residência próxima ao córrego do Dom Elizeu. Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Tabela 2 Famílias atendidas pelo aluguel social
Fonte: Secretaria Municipal de Assistência Social (2019).

Ano	Famílias atendidas	Bairros
2018	02	Dom Elizeu
	01	Vertentes
2019	01	Dom Elizeu
	01	Fruttlândia

Como se pode observar na Figura 12, há várias vias de alagamento na cidade. Constata-se o maior número de vias que alagam no Centro da cidade, ou seja, onze vias longitudinais e latitudinais, uma vez que o bairro possui perfil histórico de inundações, somando-se mais uma problemática urbana. No decorrer dos trabalhos de campo, foram verificados poucos sistemas estruturantes que, no momento da precipitação, possam drenar aquela água a fim de evitar que a população fique exposta ao risco em razão da veiculação hídrica, que são as doenças ocasionadas pelo contato com a água contaminada.

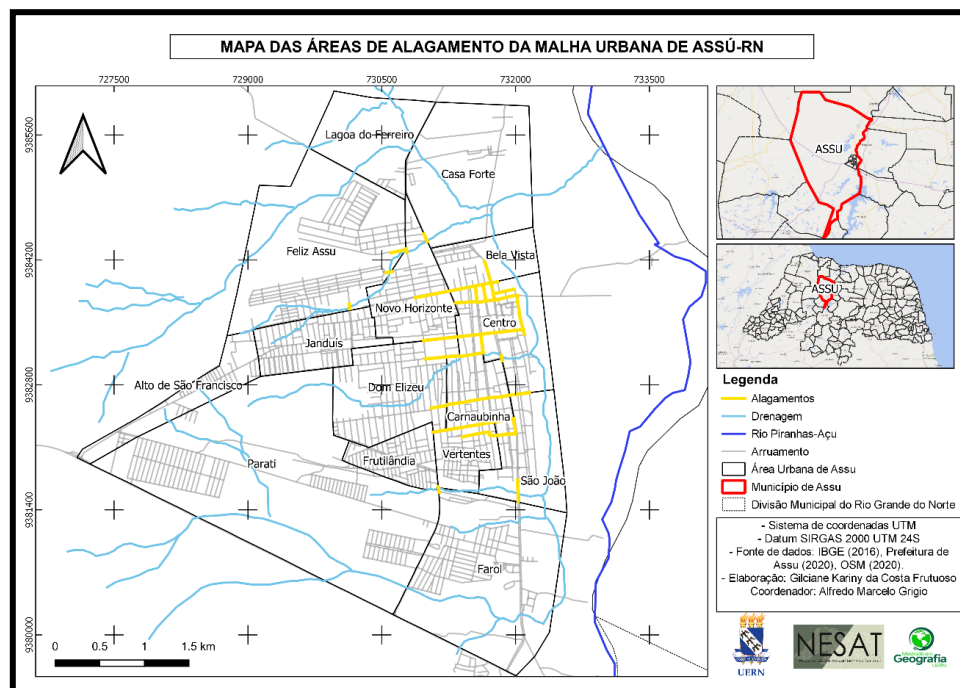


Figura 12. Mapa das áreas de alagamentos da malha urbana de Assú-RN.

Ao sobrepor o mapa de alagamento e inundação à área de estudo (Figura 13), depreende-se a informação de quais bairros possuem o maior número de ruas alagadas e o registro de inundação. Esses dados podem trazer uma contribuição ao setor de planejamento da cidade, de modo a: remanejar as residências que estão localizadas

dentro dos córregos, bem como a elaborar medidas estruturantes e estruturais, conforme afirmam Frutuoso, Grigio e Barros (2020); Corrêa e Ventura (2020); Brasil (2013) e Tucci (2007), que drenem a água que se acumula nas vias destacadas no mapa, pois são as áreas mais críticas da cidade.

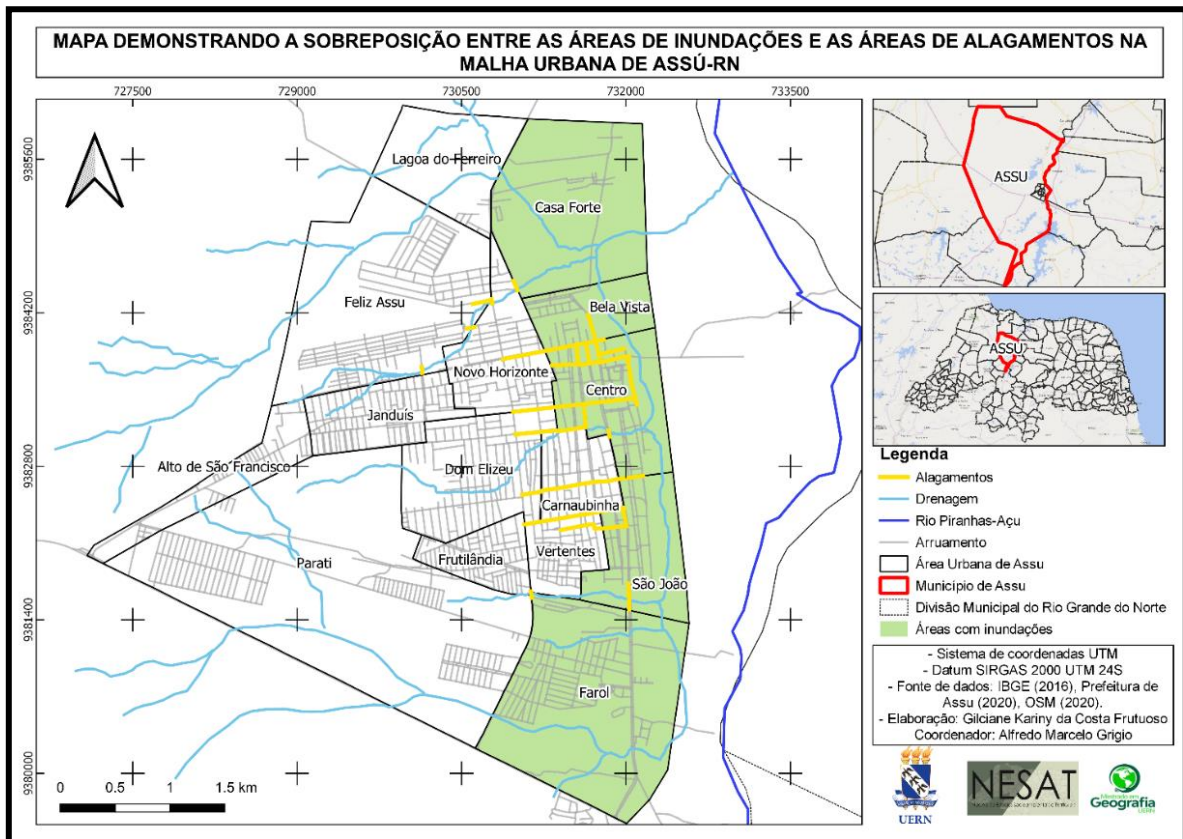


Figura 13. Mapa demonstrando a sobreposição entre as áreas de inundações e as áreas de alagamentos na malha urbana de Assú-RN.

Analisando o cruzamento das informações obtidas do mapa de inundação e de alagamento com o reconhecimento das vias que constantemente inundam e com o mapa hipsométrico (Figura 14), a partir de uma aplicação de estilo categorizado nas curvas de níveis intervaladas a cada metro, pode-se utilizar a palheta de cor, do verde para o vermelho, sendo o verde para cotas mais baixas (6 m) e o vermelho para cotas mais altas (91 m). Para os bairros em que não ocorre nenhum evento (inundação ou alagamento), essas declividades favorecem os escoamentos das águas pluviais para os bairros de áreas planas, sendo um dos indutores de alagamento.

A área urbana está situada, em grande parte, nas cotas dos 30 metros. As altitudes que ultrapassam os 60 metros estão restritas a altitudes superiores na porção oeste. Isso explica as altas

velocidades de escoamento superficial concentrar-se nos bairros: Centro, São João, Bela Vista, Casa Forte e Farol, devido a serem localizados na cota de 6 m, locais em que, sequencialmente, contribuem para a concentração de água e onde ocorrem as inundações.

Verificada no mapa de drenagem a quantidade de microbacias que são formadas dentro da área urbana do município de Assú, elas se apresentam como importantes fatores desencadeadores de cenas de alagamentos. A ocupação urbana mal planejada, aliada à grande quantidade de pavimentação asfáltica realizada no ano de 2016, sem nenhuma medida estruturante de drenagem nessas vias de circulação, vindo a impermeabilizar excessivamente o solo, contribuiu para o aumento dos alagamentos em algumas vias que antes não alagavam.

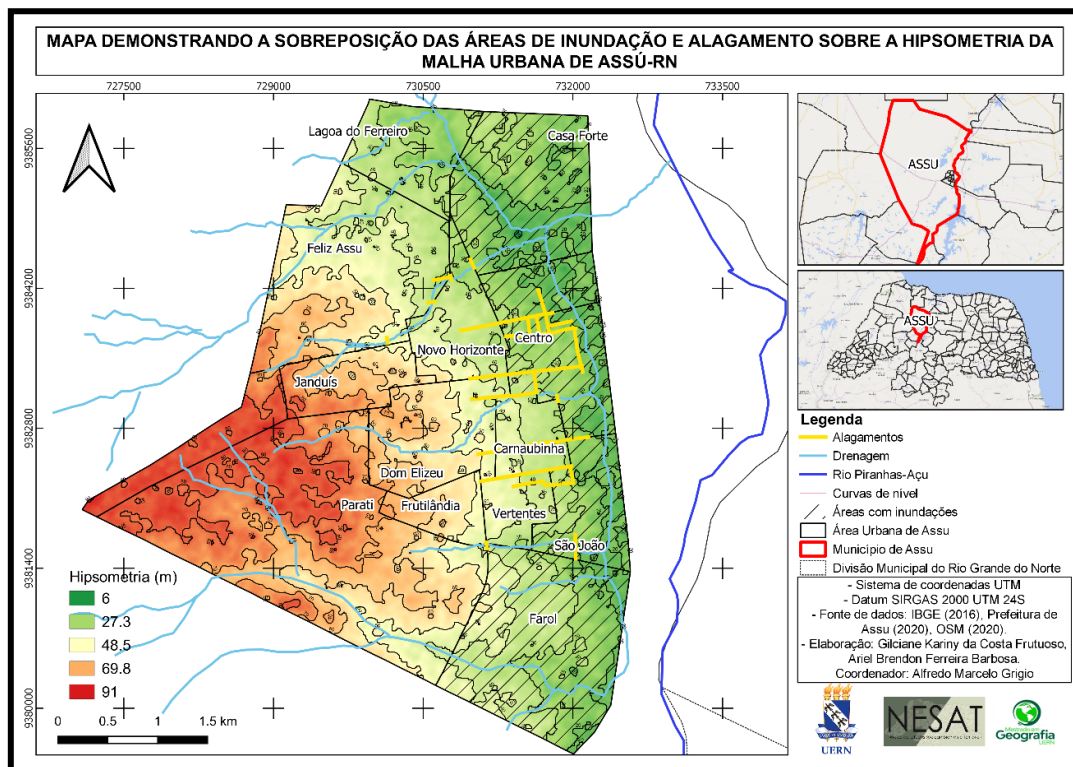


Figura 14. Mapa demonstrando a sobreposição das áreas de alagamento e inundação sobre a hipsometria da malha urbana de Assú-RN.

No entanto, essas áreas de relevo plano são, segundo se observa no mapa de uso e ocupação do solo (Figura 15), de diversos tipos de usos e inclui o principal bairro da cidade, o Centro, que oferece a maior diversidade de atividades, de comércio a serviços, já que Assú é a principal

cidade da microrregião e serve de local de busca para variados atendimentos. Tal localidade se encontra muito próxima ao leito maior do rio e se classifica como área verde no mapa, contendo vegetação de característica de mata ciliar.

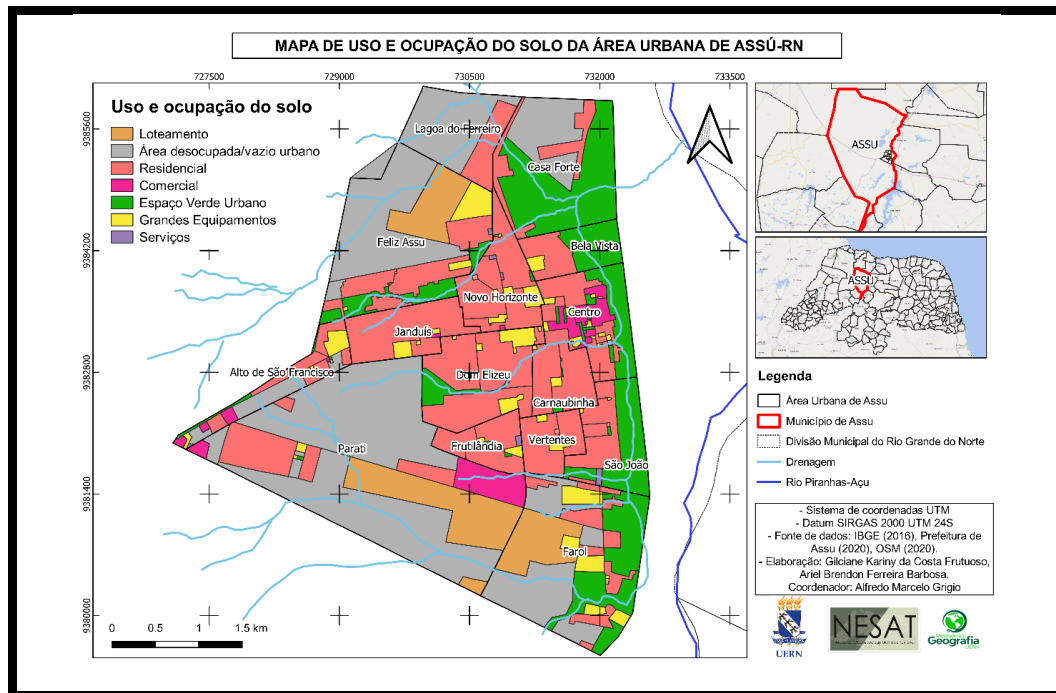


Figura 15. Mapa de uso e ocupação do solo da área urbana de Assú-RN.

De maneira geral, os dados obtidos evidenciam para o ano de 2020, conforme se observa na Figura 16 e na Tabela 3, uma área de predominância residencial equivalente a 34,43%; em decorrência do processo de ocupação da área. Em relação à área desocupada, ou seja, que se encontra em processo de expansão, ela corresponde a 33,51%, evidenciando-se uma possível formação de futuros empreendimentos.

Tabela 3. Classes de mapeamento do uso e ocupação do solo na área urbana de Assú-RN. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Uso	Hectare	% da área total
Espaço verde urbano	345,2	16,44%
Residencial	723,02	34,43%
Comercial	57,64	2,74%
Grandes equipamentos	90,36	4,30%
Área desocupada/Vazio urbano	703,74	33,51%
Loteamento	176,19	8,39%
Serviços	3,77	0,18%
TOTAL	2099,92	100,00%

Para a formação de novos conjuntos de bairros, os valores são de 8,39% e denotam a evolução deste processo, o que demonstra que um

planejamento para essas áreas que estão em processo de expansão precisa ser maior, para que não ocorram os transtornos relativos a medidas estruturais de drenagem nos demais bairros. A área comercial equivale a 2,74%, um espaço vital para o funcionamento da cidade por conter elementos expostos estratégicos, vitais ou sensíveis (banco, lojas, farmácias, rede de supermercado) e que concentra um total elevado de pessoas nesses locais. O espaço verde urbano equivale a 16,44% e é a área na qual as inundações acontecem, ou seja, corresponde ao leito maior do Rio Piranhas-Açu e, por isso, precisa ser conservada.

Dessa forma, a observação mais detalhada na tabela dessas áreas permite ressaltar elementos estratégicos, vitais ou sensíveis que as diferenciam hierarquicamente quanto ao risco. Assim, quanto maior o número de elementos maior é o risco do bairro. A análise de cada bairro possibilitou uma melhor compreensão e análise do risco de inundação na área urbana de Assú. Com base nos resultados obtidos através do mapa de elementos expostos (Figura 16), o Centro apresentou o maior quantitativo, ultrapassando 70 elementos expostos vitais a alagamentos e inundação; seguido dos bairros Dom Elizeu, Novo Horizonte e Parati, com mais de 30 elementos expostos. Os bairros que apresentam menor número de elementos são os bairros São João e Lagoa do Ferreiro.

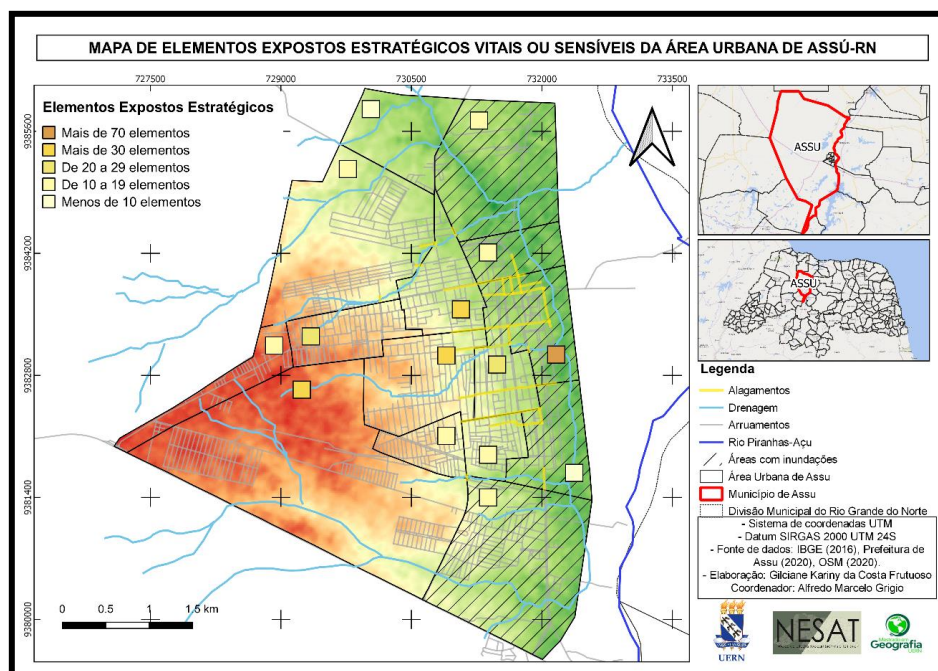


Figura 16. Mapa de elementos expostos estratégicos vitais ou sensíveis.

Na ocorrência do evento e no tocante às justificativas de planejamento urbano, entre todos os bairros, o Centro é o principal deles, em razão do número de elementos estratégicos expostos (Figura 17 A, B, C e D) e de sua importância para a dinâmica de funcionamento dos demais bairros da cidade e até das cidades vizinhas. Portanto, uma vez que esses elementos são afetados, todo o serviço do Centro é comprometido. Os bairros Alto de São Francisco (que contém de 10 a 19 elementos) e Janduí (que contém de 20 a 29 elementos) apresentam-se, em razão da quantidade de elementos expostos ser menor, como bairros de apoio à cidade. Por se localizarem no relevo mais elevado do município, servem de ponto de apoio para o Centro na ocorrência do evento para realocar os desabrigados devido à distância que possuem do leito do rio. O bairro Feliz Assú não entra como bairro de apoio, embora tenha baixa quantidade de elementos expostos, devido a sua característica hipsométrica, a quantidade de drenagens que

cruzam o bairro e a ocorrência de alagamentos na área, não se configurando, portanto, como seguro para a realocação de famílias na ocorrência do evento de inundação.

Ainda conforme Araújo et al. (2020) e Menezes (2014), a espacialização do risco não ocorre de forma aleatória, visto que segue uma lógica de fatores que determina sua distribuição, e que segundo Farias & Mendonça (2022) a problemática maior está nas áreas urbanas devido a sua grande impermeabilização de solo e alta densidade populacional. Para o caso de Assú, pode-se confirmar, mediante os mapas elaborados, que a razão pela qual ocorrem inundações e recorrentes alagamentos deriva do fato de que toda a drenagem urbana escoar para a área plana da cidade, por inexistir um sistema de drenagem suficiente para a demanda, com uma declividade que contribui para que esse escoamento se concentre nos bairros que já possuem um longo histórico de inundações.



Figura 17. (A), (B), (C) e (D) - Elementos expostos estratégicos, vitais ou sensíveis. Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Acrescidas a isso, as ocupações próximas ao leito maior do rio principal. Conforme o explicitado na Tabela 4, 16% da área urbana se configura como risco baixo, ou seja, 344,2

hectares. Entretanto, a parcela restante se classifica como risco alto a muito alto, isto é, o quantitativo, hoje, da área de alto a muito alto risco equivale a, respectivamente, 42% e 15%, necessitando, por

isso, de políticas que reduzam essas taxas de risco, para que, assim, a cidade esteja preparada estruturalmente para a ocorrência dos eventos citados.

Tabela 4. Classes de mapeamento de risco de inundação na área urbana de Assú-RN. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Risco	Hectare	% da área total
Muito Alto	313,1	15%
Alto	868,8	42%
Médio	566,0	27%
Baixo	344,2	16%
TOTAL	2099,92	100,00%

O grau de risco estabelecido no mapa (Figura 18) apresenta quatro classes de risco que vão desde muito alto a baixo risco, associados a diversos fatores que são: a ausência de medidas estruturais e estruturantes, ocupações no leito maior do Rio Piranhas-Açu, a quantidade de elementos expostos em cada bairro, a quantidade de córregos que cruzam a cidade, a ausência de um zoneamento urbano dessas áreas de risco no Plano Diretor (PD) e bairros que não possuem um sistema de drenagem. Apesar de o PD ter sido regulamentado em 2006 e ocorrerem inundações desde 1875, espera-se que com a revisão do PD essas áreas sejam gerenciadas dentro do plano. Ainda nessa perspectiva, observou-se que no documento se exige uma área de cobertura permeável de, no mínimo, 30% dentro dos lotes, no entanto o que foi apurado em campo é uma vasta impermeabilização no Centro. Mesmo os bairros que estão às margens do leito maior do rio (Farol, São João, Bela Vista, Casa Forte) não se enquadram em um grau de risco tão alto quanto o Centro, que possui os seguintes fatores: maior número de elementos expostos, vias alagadas, maior concentração de pessoas nessa área — o que constitui uma grande periculosidade —, histórico de inundação, localização em relevo plano e a concentração de toda a drenagem no bairro em questão. Dessa forma, ao momento da ocorrência do evento de inundação, a assistência deve ser priorizada nesse bairro.

Para a implementação de medidas estruturais, o Centro deve ser o primeiro da lista. Para as demais áreas, as aplicações de medidas de planejamento estruturais devem se estabelecer para que não ocorra a transferência de problemas de um bairro para outro, ou seja, uma localidade passar de risco baixo para risco médio. A efetivação dessas

medidas na área resulta em uma cidade planejada, ao prevenir que vidas e bens sejam perdidos ou comprometidos, contribuindo para a redução de risco de desastre. Algumas informações, no entanto, são importantes para a classificação do grau de risco, como, por exemplo, permanecer o risco muito alto em parte da área dos bairros, já existindo um estudo de classificação feito pela CPRM (2013), trabalho que resultou na seleção de quatro áreas no município de Assú consideradas de risco alto, em função de sua ocupação e de fenômenos naturais que ocorrem nos bairros São João, Centro, Bela Vista.

Com isso, fez-se uma adaptação com o acréscimo de dois bairros que estão próximos à margem do rio, Casa Forte e o Farol, constituindo-se um total de 5 (cinco) bairros com suas áreas parcialmente configuradas como de risco muito alto de inundação, enquanto as demais áreas dos bairros se apresentam como de risco alto e médio, conforme metodologia aplicada em relação ao número de elementos expostos ao risco: quantitativo de vias que alagam, relevo. O que apresentou exceção foi o Centro, com abrangência de toda a área classificada como de risco muito alto. Para o risco médio, são categorizados os bairros cuja ocorrência dos eventos é de alagamentos e o número de elementos expostos é menor que trinta. Para risco baixo, são qualificados os bairros de declividade elevada em que não há ocorrência de nenhum dos eventos e que oferecem o menor número de elementos expostos, o que os classifica como bairros que, em caso de ocorrência de inundações, servirão de ponto de apoio. A segunda área utilizada configura um trecho do bairro Dom Elizeu, que corresponde às proximidades de um córrego, cuja nascente encontra-se a oeste da cidade, em área de relevo elevado. Na porção abaixo do córrego, existem alguns conglomerados subnormais em razão da resistência de pessoas que permanecem naquela área, mesmo após um trabalho de realocação dessas famílias. Nos demais casos, apresenta-se a formação de novas famílias que, pelas condições financeiras, ocupam essas áreas. Ações conjuntas precisam ser desenvolvidas entre o poder público e a população, objetivando recuperar nascentes, margens e a própria água dos córregos, a partir de um reflorestamento de suas margens. Outro trabalho que precisa ser desenvolvido nessas áreas é o de fiscalização, para que famílias não venham a ocupar essas áreas já que outras precisaram ser realocadas para áreas seguras.

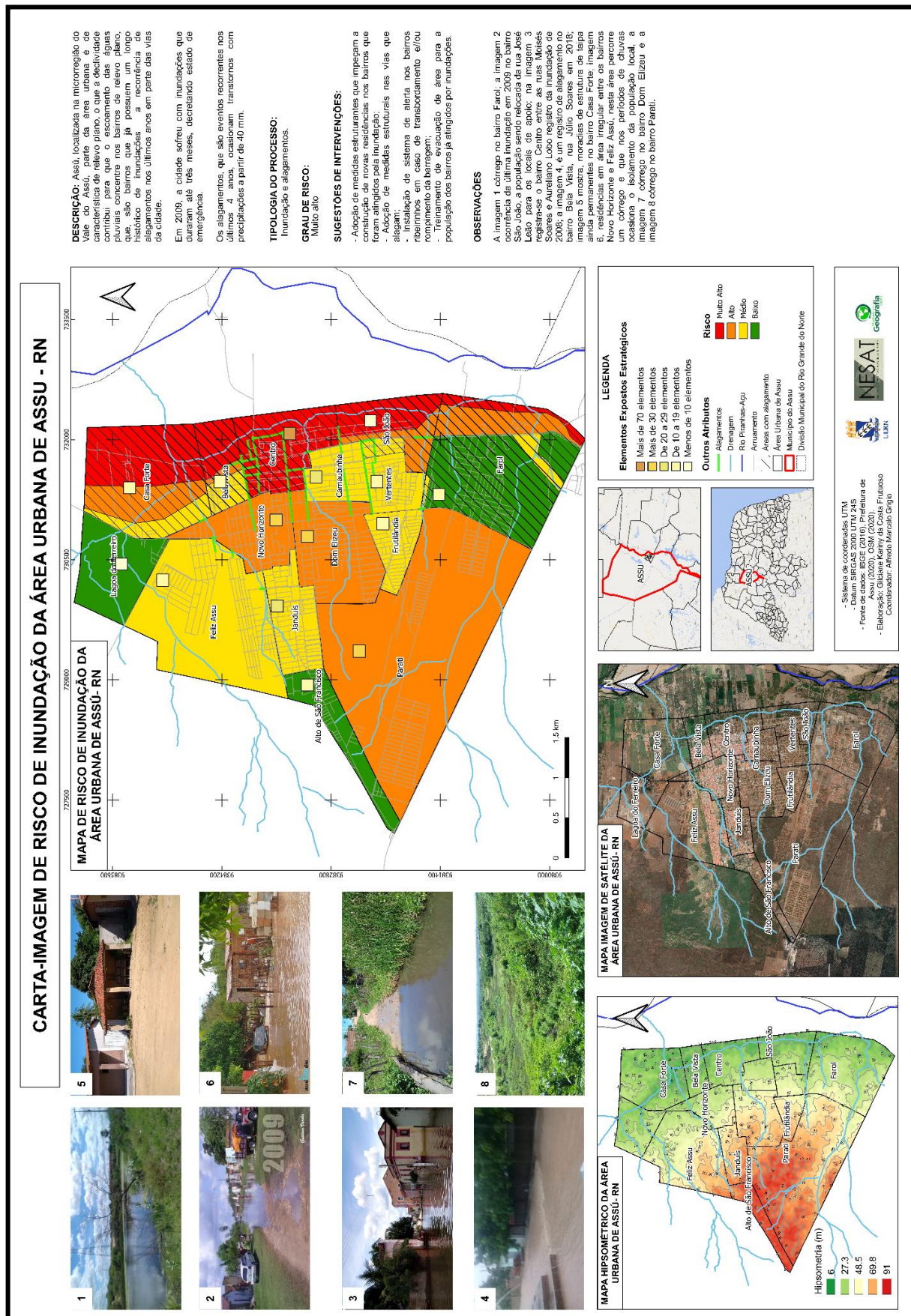


Figura 18: Mapa de risco de inundação da área urbana de Assú-RN.

Conclusões

A espacialização das áreas atingidas por inundações em Assú/RN revela o quantitativo de elementos expostos estratégicos, vitais e sensíveis ao risco de cada bairro, estabelecido conforme a metodologia proposta e configurando-se o mapeamento como um elemento fundamental para identificação dos bairros expostos a inundações e alagamentos com possibilidade de causar prejuízos de ordem social e econômica para a cidade e, principalmente, para a população afetada. Ao poder público, os mapas ofertam-se um material de imensa importância para auxiliar na tomada de decisões, permitindo subsidiar o planejamento urbano, identificam-se, portanto, os bairros em que as medidas precisam ser tomadas de forma urgente e os que necessitam de forma secundária.

Referências

- ASSÚ. Lei municipal nº 13, de 06 de março de 2018. Dispõe sobre regulamentação do valor do aluguel de residência e da quantidade de benefícios. Assú: Câmara Municipal, (2018). Disponível em: https://assu.rn.gov.br/download/decretos_2018/DECRETO-013-ALUGUEL-SOCIAL.pdf. Acesso 01 set. 2019.
- _____. Secretaria Municipal de Assistência Social, 2018.
- Araujo, A. S.; Silva, G.A; Silva, M. F; Silva, F.L. Percepção de risco de moradores de área com inundações recorrentes: análise da Baixada do Sobral–Rio Branco/AC. Uáquiri-Revista do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre, 2, 19-19, 2020.
- Barros, K.; Silva, J. F.S; Carvalho, A. A. Crescimento urbano como factor de produção e deslizamento de massa nas zonas urbanas da cidade do Uíge. Revista Angolana de Geociências, 1, 21-27, 2020.
- Blog AssútododiA. Registros de Inundações em Assú, 2009. Disponível em: <https://assutododiablogspot.com/>. Acesso em: 20 de abril de 2019.
- _____. Alagamento no Centro da Cidade de Assú, 2019. Disponível em: <https://assutododiablogspot.com/>. Acesso em: 20 de abril de 2019.
- BLOG DO CAMPELO. Inundações de Assú, 2018. Disponível em: <https://blogdocampelo.com/>. Acesso em: 21 de abril de 2019.
- BLOG A FOLHA PATUENSE. Alagamento no Bairro São João, 2018. Disponível em: <https://aluisiodutra.blogspot.com>. Acesso em: 21 de abril de 2019.
- BOGO, R.S. (2020). Plano Diretor Participativo, território e inundações em Rio do Sul/SC. Cadernos Metrópole, 22(48), 555–578. <http://doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4810>. Acesso em: 25 de junho de 2022.
- BODNAR, Z.; PRIESS, A. S; BIANCHI, P. N. L. A sustentabilidade por meio do planejamento urbano. Revista Brasileira de Direito, Passo Fundo, v. 15, n. 3, p. 38-57, 2019.
- BRASIL (2013) Plano Nacional de Saneamento Básico. Brasília: Ministério das Cidades, 2013
- BRAGA, S. E., WANDERLEY, R. A., de HOLANDA, T. F., & Caldas, A. M. (2020). Aplicação da Análise Hierárquica para mapeamento de risco de inundação: O caso no município de Limoeiro (Pernambuco-Brasil). Meio Ambiente (Brasil), 2(1).
- Brandão, A. M. P. M. Clima Urbano e Enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Org.) Impactos ambientais urbanos no Brasil. 9ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 47-109.
- Chaves, S. V. V.; Andrade, C. S. (2017). A incidência dos desastres naturais em Teresina, Piauí é o perfil da população vulnerável às inundações. Caderno de Geografia, v.27, Número Especial 1.
- Calgaro, C.; Reato, T. T; Hermany, R. Planejamento das Cidades Sustentáveis e Inteligentes Como Recurso do Direito Urbanístico para a Proteção Socioambiental. Revista Direito & Paz, 2, 170-188, 2020.
- Cascudo, L. C. História da cidade do Natal. 3. ed. Natal, RN: Instituto Histórico e Geográfico do Rio Grande do Norte – IHG/RN, 1999. (Coleção Cultura, 11).
- Corrêa, R. F. M.; Ventura, K. S. Plano de Segurança da Água: elaboração de instrumento para análise de risco na captação de água em comunidades rurais. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 8, n. 57, 2020.
- CPRM - Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa: Assú, RN. Ministério de Minas e Energia, Brasília/DF, 2013.
- FANPAGE AÇÚ ONTEM ASSÚ HOJE. Inundações de Assú, 2018. Disponível em: <https://pt-br.facebook.com/157771781082525/photos/a.1>

- 57774157748954/304656709727364/?type=3 &theater. Acesso em: 15 de abril de 2019.
- Farias, A.; Mendonça, F. Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. *Sociedade & Natureza*, [S. l.], 34, 022. DOI: 10.14393/SN-v34-2022-63717. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/63717>. Acesso em: 23 ago. 2022.
- Fernandes-Neto, T. M. Utilização da ferramenta de sistema de informação geográfica para mapear risco de inundação e alagamento da cidade de Assú-RN. 2019. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró (RN), 2019.
- Ferreira, C.J.; Rossini-Penteado, D.; Guedes, A.C.M. O uso de sistemas de informações geográficas na análise e mapeamento de risco a eventos geodinâmicos. In: LOMBARDO, M.A. & FREITAS, M.I.C (org.): *Riscos e Vulnerabilidades: Teoria e prática no contexto Luso-brasileiro*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2013. p. 155-188. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/11449/109268> >. Acesso: 05 jun. 2019.
- Fonseca, M. N. Disponibilidade de dados abertos para a resiliência às inundações em Curitiba (Paraná). *Revista de Morfologia Urbana*, 8, e00139-e00139, 2020.
- Forattini, O. P. “Qualidade de Vida e Meio Urbano. A Cidade de São Paulo, Brasil”, in *Rev. Saúde Pública*, 25(2):75-86, 1991.
- Fragoso, M.L.C., Silva, T.A.A., 2019. Desastre, risco e vulnerabilidade urbana: uma análise a partir das enchentes e inundações no município de Escada/PE. *Revista Cadernos de Ciências Sociais* [online] 1. Disponível: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/cadernosdecienciasocias/article/view/2564>. Acesso: 15 jul. 2020.
- Frutuoso, G.K.C. Avaliação do risco de inundação na área urbana de Assú - RN como ferramenta para o planejamento urbano. Mossoró, 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, 2020, 96p.
- Frutuoso, G.K.C.; Grigio, A.M.; Neta Barros, T.C.A. Inundações urbanas: um olhar para o planejamento urbano na revisão do plano diretor de Assú – RN, Brasil. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*. 08, 118-134, 2020.
- Gomes, E. J. S.; Sales, C.B.; Louzeiro, A.S. Eventos climáticos extremos associados a inundações urbanas: o caso do Município de Touros/RN Brasil. *Revista Equador*, 9, 235-250, 2020.
- GOOGLE. Google Earth website. <http://earth.google.com/>, 2019. Consulta realizada em: 18 jun. 2019.
- IBGE-Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE). Censo Demográfico de 2010, Rio de Janeiro, 2019.
- _____-Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE). Perfil das Estimativas dos Municípios Brasileiros, Rio de Janeiro, 2019.
- IBGE. Manual técnico de uso da terra. Manuais técnicos em geociências, Rio de Janeiro, 2013.
- Lima, S. M. S. A., Lopes, W. G. R., Façanha, A. C., 2019. Desafios do planejamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade. *Revista Brasileira de Gestão Urbana* [online] 11. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180037>. Acesso: 19 jun. 2021.
- Julião, R. P; Nery, F; Ribeiro, J. L; Branco, M. C; Zêzere, J. L. Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistema de informação geográfica (SIG) de base municipal. ANPC, Lisboa, 2009.
- Lima, B. A. Índice de vulnerabilidade a inundações fluviais na Região do Baixo - Açu. 2021. 74f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.
- Medeiros, R. Um olhar sobre o patrimônio histórico-arquitetônico de Assú/RN. 2005.
- Medeiros, M.D. Eventos Hidroclimáticos Extremos e Vulnerabilidade Socioambiental a Inundações No Baixo – Açu-RN. Fortaleza, 2018. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- Medeiros, R. S. De Paula, F. Florentino, V.M.R, Vilela Filho, E.M. Inclusão da Infraestrutura Verde no Planejamento das Cidades. *Revista TechnoEng-ISSN 2178-3586*, 1, , 2020.
- Medeiros, J.D.F. Lima, B. A. Consequências das cheias no Baixo Açu estudo de caso, In: XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Caruaru, 2020.
- Menezes, D. J. Zoneamento das áreas de risco de inundação na área urbana de Santa Cruz do Sul – RS. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2014, 137 p.

- Monteiro, A. M.V.; Almeida, C. M; CÂMARA, G. Geoinformação em Urbanismo: Cidade Real X Cidade Virtual. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- Nóbrega, J. R. C. O medo das águas: Um estudo sobre a construção da Barragem Eng. Armando Ribeiro Gonçalves e seus efeitos na cidade do Assú. 2005. Monografia (Curso de Bacharelado em História). Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal/RN, 2005.
- Nunes, L. H. Urbanização e desastres naturais, abrangência América do Sul. São Paulo: Oficina de textos, 2015.
- Peixoto, F. S. Risco de Contaminação da Água Subterrânea em uma Sub-bacia Urbana. Mercator (Fortaleza), v. 19, 2020.
- Pereira, C. R. C. P. Índice de risco de inundação como ferramenta de planejamento urbano. 2017. 232 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2017.
- Pereira, C. R. P. Índice de vulnerabilidade social a inundação como ferramenta de planejamento urbano. Anais do XVI Simpósio Nacional de Geografia Urbana-XVI SIMPURB, 1, 3702-3718, 2019.
- Petrone, P. A várzea do Açu. São Paulo, Associação dos Geógrafos Brasileiros, 1961.
- QGIS DevelopmeNT TEAM. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>. Versão 3.18, 2017.
- Reis, P. A. Identificação de áreas vulneráveis as enchentes e inundações em áreas urbanas através de modelos topográficos e hidráulicos. Dissertação (mestrado) -Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2015.
- Silva, F. G.; Esdras Leite, M.; Ferreira, M. F. F. Análise Espacial das Áreas de Inundações em Montes Claros/MG, Assinaladas pelo Plano Municipal de Saneamento Básico de 2015. Geoambiente On-line, n. 31, p. 1–22, 2018.
- Santos, S.L.; FERNANDES, V.O.; MEDEIROS, Y.D.P., 2019. Sustentabilidade de cidades no contexto da integração entre a gestão de recursos hídricos e o planejamento urbano territorial. Bahia Análise & Dados, 2 (29), 55-75.
- Teixeira, R. B. De la ville de Dieu à la ville des hommes. La secularisation de l' espace urbain dans le Rio Grande do Norte- Brésil. Paris: EHESS, 2002, p. 357.
- Torres, N. S. F. S. (2019). Desenvolvimento sustentável no Estado democrático de direito: atendimento à agenda 2030 da ONU por meio da regularização fundiária urbana. Revista da Seção Judiciária do Rio de Janeiro, 23(46), 107-136.<http://revistaauditorium.jfrj.jus.br/index.php/revistasjrj/article/view/245>.
- TUCCI, C. E. M. Inundações urbanas. Porto Alegre: ABRH 2007. 389 p.