



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

ELOILSON BEZERRA LEAL

ANÁLISE DE ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÕES EM AMBIENTE URBANO:
CIDADE DE SANTO ANTÔNIO DO TAUÁ (PA)

ANANINDEUA, PA

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

ELOILSON BEZERRA LEAL

ANÁLISE DE ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÕES EM AMBIENTE URBANO:
CIDADE DE SANTO ANTÔNIO DO TAUÁ (PA)

Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado à Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento (FTG) como requisito obrigatório para obtenção do título de Tecnólogo em Geoprocessamento.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Estêvão J. S. Barbosa.

ANANINDEUA, PA

2019

ELOILSON BEZERRA LEAL

ANÁLISE DE ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÕES EM AMBIENTE URBANO:
CIDADE DE SANTO ANTÔNIO DO TAUÁ (PA)

Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado à Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento (FTG) como requisito obrigatório para obtenção do título de Tecnólogo em Geoprocessamento.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Estêvão J. S. Barbosa.

Data da aprovação: 11/01/2018

Conceito: EXC

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Estêvão José da Silva Barbosa
Orientador - UFPA

Prof. Dr. Paulo Alves de Melo
Examinador interno - UFPA

Erlen Assis Almeida
Examinadora externa – MAPS e Geotecnologias

RESUMO

O presente trabalho identificou e analisou as áreas sujeitas a inundações na zona urbana do Município de Santo Antônio do Tauá, Estado do Pará, utilizando técnicas de Geoprocessamento. A metodologia aplicada ao trabalho se deu através de revisão bibliográfica sobre a problemática apresentada e levantamento de bases cartográficas; análise geomorfológica e da dinâmica fluvial da área em questão; levantamento e análise das leis que regulamentam a política ambiental e urbana; realização de trabalho de campo para observações sistemáticas, registros fotográficos e coleta de dados com GPS; e elaboração de mapas da malha e ruas e das áreas de risco com a utilização do *software* QGIS 3.4. No contexto da zona urbana de Santo Antônio do Tauá (sede municipal), as áreas potenciais a riscos acham-se distribuídas ao longo da planície de inundação do igarapé Santo Antônio e seus afluentes, que correspondem a terrenos geomorfológicamente inseridos em ambientes de “baixada”, onde se encontram a área urbana consolidada e a não consolidada, apresentando baixo gradiente topográfico, com vulnerabilidade ao impacto ambiental oriundos da própria urbanização e da dinâmica fluvial. Nesse sentido, o planejamento urbano assume significativa importância diante da presença de ocupações que caracterizam a paisagem urbana de muitas cidades amazônicas, onde seu papel consiste em estabelecer as regras de ocupação do solo e, portanto, subsidiar ações que possam contribuir com a gestão ambiental em áreas de risco.

Palavras-chave: Geoprocessamento, expansão urbana, risco a inundações.

ABSTRACT

This study identified and analyzed the areas subject to floods in the urban area of the Municipality of Santo Antônio do Tauá, State of Pará, using Geoprocessing techniques. The methodology applied to the study was given through a bibliographical review on the problematic presented and survey of cartographic bases; geomorphological analysis and the river dynamics of the area in question; survey and analysis of laws regulating environmental and urban policy; fieldwork for systematic observations, photographic records and data collection with GPS; and mapping of the mesh and streets and risk areas using the QGIS 3.4 software. In the context of the urban area of Santo Antônio do Tauá (municipal headquarter), the potential risk areas are distributed along the floodplain of the Santo Antônio stream and its tributaries, which correspond to geomorphologically inserted lands in "lowland" environments, where the consolidated and unconsolidated urban area, presenting low topographic gradient, with vulnerability to environmental impact arising from urbanization itself and river dynamics. In this sense, urban planning assumes significant importance due to the presence of occupations that characterize the urban landscape of many Amazonian cities, where its role is to establish the rules of land occupation and, therefore, subsidize actions that can contribute to environmental management in risk areas.

Keywords: Geoprocessing, urban expansion, flood risk.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	07
1.1 Objetivo geral.....	09
1.2 Objetivos específicos.....	09
2. INUNDAÇÕES: UM DESAFIO URBANO.....	10
2.1 RISCO GEOMORFOLÓGICO.....	10
2.2 A DINÂMICA FLUVIAL E SUAS FORMAS.....	11
2.3 GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE DE INUNDAÇÕES.....	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
3.1 Área de estudo.....	16
3.2 Análise geomorfológica.....	18
3.3 Análise climatológica.....	18
3.4 Identificação de áreas de risco.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
4.1 Aspectos climáticos.....	21
4.2 Aspectos geomorfológicos.....	26
4.3 Urbanização e ocupação de planícies.....	28
4.4 Histórico de inundações na área de estudo.....	35
4.5 Um plano de intervenção e prevenção.....	45
5. CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS.....	52
ANEXOS.....	55

1 INTRODUÇÃO

Nos espaços urbanos, a distribuição das áreas ocupadas e vazias, está quase sempre associada a um traçado irregular e desconexo que reflete espacialmente a condição social dos habitantes, espelhando a segregação que impera no âmbito das relações econômicas. Este fato, recorrente nas grandes e médias cidades brasileiras, especialmente nas regiões metropolitanas, é cada vez mais verificado nas cidades de pequeno porte, devido ao rápido crescimento demográfico das áreas urbanas, que provoca como consequência a ocupação de áreas impróprias do ponto de vista físico, com o surgimento de áreas de risco no ambiente urbano. (ROBAINA, 2013)

As intervenções antrópicas atreladas ao processo de urbanização vêm, desde meados de 1950, se dando de maneira bastante acelerada no Brasil, ocasionando diversos problemas de ordem ambiental que, estão diretamente relacionados a políticas ineficientes de gestão e planejamento físico-territorial integrados a sobreposição histórico-geográfica de problemas socioeconômicos, dos quais destacam-se: movimentos de massa, enxurradas, degradação e esgotamento de recursos hídricos, inundações, contaminação do solo por rejeitos, erosão e assoreamento, entre outros. Ressaltasse que o meio físico se destaca como o componente ambiental que mais interage diretamente com o ambiente construído condicionando grande parte dos problemas urbanos, e tal conhecimento deve levar em consideração que cada sistema físico e seus subsistemas apresenta características singulares, e conseqüentemente responde de forma diferenciada às diversas modalidades de intervenção antrópica. Canais e planícies fluviais aluviais, por exemplo, são sistemas particularmente sensíveis a modificação de seu equilíbrio dinâmico. (GUERRA, 2013)

Uma das razões destes problemas é que a expansão de espaços urbanos nem sempre é acompanhada da dotação de uma infraestrutura adequada, prejudicando os sistemas de drenagem locais, situação agravada pela não observância da legislação ambiental e, sobretudo, das características dos ambientes ocupados, o que recorrentemente impossibilita que as áreas próximas aos rios e córregos efetivem o seu papel de zonas de amortecimento e absorção das inundações (REIS, 2015).

Para a realização de estudos e definição de parâmetros de ocupação do solo urbano, há técnicas que trabalham com a integração entre os fatores sociais, econômicos, ambientais e geomorfológicos, por meio de ferramentas que auxiliam na representação de fenômenos naturais e artificiais como as inundações, além dos cálculos de impactos. Um dos produtos destas técnicas são os mapas de risco.

O risco aqui caracterizado como a probabilidade da ocorrência do fenômeno após identificação e análise dos fatores, características e condições do ambiente, bem como suas consequências. As inundações estão ligadas ao transbordamento de um curso d'água atingindo a sua planície de inundação.

A aplicação das geotecnologias como ferramentas de análise e simulação de inundações é uma das ferramentas utilizadas, com destaque para os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e as técnicas de zoneamento das áreas suscetíveis, associando a análise espacial e a modelagem hidráulica para determinação desses mapas de risco. Os SIG permitem realizar estudos complexos por meio do cruzamento de dados, úteis ao planejamento urbano, composto por informações detalhadas dos vários segmentos que direcionam o processo de gestão administrativa. Esta análise espacial faz uso corporativo de multicritérios, na determinação de fatores favoráveis à ordenação e ao controle do uso do solo, conforme proposições do Estatuto das Cidades (REIS, 2015)

O presente trabalho procura identificar e analisar áreas sujeitas a inundações na zona urbana do Município de Santo Antônio do Tauá, Estado do Pará, utilizando técnicas de Geoprocessamento.

A problemática surgiu da necessidade em responder as seguintes inquietações:

- Que áreas estão mais suscetíveis a riscos de inundação dentro do perímetro urbano?
- A Prefeitura Municipal possui planos de desenvolvimento e regulamentação legal que norteiam as políticas ambientais e urbanas?
- No que as ferramentas de geoprocessamento podem contribuir com a análise e gerenciamento das áreas de risco?

Tais questionamentos surgiram da observação de que, o crescimento da área urbana de Santo Antônio do Tauá aliado a fragilidade do cumprimento e aplicação da legislação ambiental, impulsionou a ocupação de uma área significativa

inserida na sub-bacia do igarapé Santo Antônio, afluente do rio Tauá. O que vem provocando ao longo dos anos uma série de ocorrências de inundações, que causam por consequência, diversos danos materiais e financeiros ao comércio e a comunidade local; fato este que motivou a escolha do tema.

A estrutura do trabalho está organizada da seguinte maneira: - Capítulo 1: Introdução; - Capítulo 2: Inundações – um desafio urbano, estabelecendo uma discussão sobre o risco geomorfológico, a dinâmica fluvial e suas formas, e o geoprocessamento aplicado à análise de inundações; - Capítulo 3: Materiais e métodos; - Capítulo 4: Resultados e discussões; - Capítulo 5: Conclusões.

1.1 Objetivo geral: Identificar e analisar áreas sujeitas a inundações na zona urbana do Município de Santo Antônio do Tauá, Estado do Pará, utilizando técnicas de Geoprocessamento.

1.1 Objetivos específicos:

- Mapear através das ferramentas de geotecnologia o processo de expansão urbana sobre as planícies de inundação;
- Identificar as áreas de risco suscetíveis a inundações;
- Realizar levantamento documental acerca das leis que norteiam as políticas ambientais e urbanas, propiciando a criação de parâmetros adequados para o planejamento territorial urbano;
- Propor ações mitigadoras e preventivas no sentido de evitar a ocupação dessas áreas minimizando os impactos negativos.

2 INUNDAÇÕES: UM DESAFIO URBANO

2.1 Risco geomorfológico

De acordo com Christofolletti (1995) e Gonçalves & Guerra (2006), o papel da topografia configura-se como um dos principais elementos que orientam o processo de ocupação do espaço urbano. Contudo, a expansão horizontal das cidades nas últimas décadas tem ocorrido de maneira intensiva, independente das condições físicas e geomorfológicas locais, empregando diferentes tecnologias e possibilitando transformações no relevo para atender a diferentes ocupações, principalmente em locais que podem ser considerados como áreas de risco.

Conforme argumenta Rodrigues (2005), o ser humano, ao se apropriar do ambiente físico, e principalmente, ao formar aglomerações urbanas modifica a morfologia original do relevo de modo a satisfazer as necessidades de fixação das obras de engenharia (casas, prédios, ruas, rodovias, ferrovias etc.) resultando em uma morfologia não mais original, mas antropogênica.

O escoamento superficial no espaço urbano também contribui para a dinâmica de esculturação geomorfológica e formação de áreas potenciais a riscos. Tais processos são determinados pelo uso e cobertura do solo (influência na taxa de infiltração e escoamento); estrutura das rochas (armazenamento e facilidade do fluxo superficial); propriedade do solo (característica hidrodinâmica e erodibilidade); clima (erosividade da chuva); e o perfil das encostas (forma, comprimento e declividade). (SANTOS, 2012)

Levando em consideração a observação dos processos no meio físico voltados para a representação em uma sub-bacia hidrográfica nos diferentes aspectos do ciclo hidrológico, toda essa movimentação causa escoamento e acúmulo superficial da água denominados de alagamentos, cheias, enchentes, enxurradas e inundações. As enchentes estão relacionadas ao valor máximo de vazão de uma unidade hídrica; as cheias referem-se ao maior volume do canal de drenagem, porém sem transbordamento; Já as inundações estão relacionadas às precipitações intensas que causam transbordamento das áreas marginais por conta da incapacidade de rios e canais de suportarem a vazão de sua calha de drenagem; os alagamentos são acúmulo de água por um determinado período de tempo devido as características do meio físico e mau funcionamento dos sistemas físicos e

antropizados; Já as enxurradas são resultados de todos esses processos originando-se em situações de alto gradiente hidráulico, podendo ou não o escoamento ocorrer em drenagens. (BATISTA, 2014)

O zoneamento das áreas de inundação, por exemplo, pode englobar diversos critérios e etapas dos quais podemos destacar: a determinação do risco de enchentes, mapeamento das áreas de inundação, acompanhamento das áreas suscetível a risco. (BATISTA, 2014)

As áreas de risco configuram-se como elementos historicamente construídos no espaço urbano ao longo dos seus processos de ocupação, sendo resultado da relação entre os elementos naturais e as relações sociais, permeadas pela desigualdade, as quais se materializam no espaço. Devendo-se considerar a suscetibilidade à ocorrência de fenômenos e vulnerabilidade do sistema que está sob análise. (KOBAYAMA, 2006 apud ROBAINA, 2013)

Nesse sentido, as áreas de risco no ambiente urbano podem ser equacionadas através de instrumentos eficientes de gestão e gerenciamento de riscos. Essas decisões podem ser fundamentais para reduzir as perdas materiais e humanas nas cidades, contribuindo na compreensão dos mecanismos de desastres naturais ou ocorrência de riscos através do monitoramento, diagnóstico e modelagem, e tais informações devem ser repassadas à sociedade permitindo o desenvolvimento de trabalhos de gerenciamento. (ROBAINA, 2013)

2.2 A dinâmica fluvial e suas formas

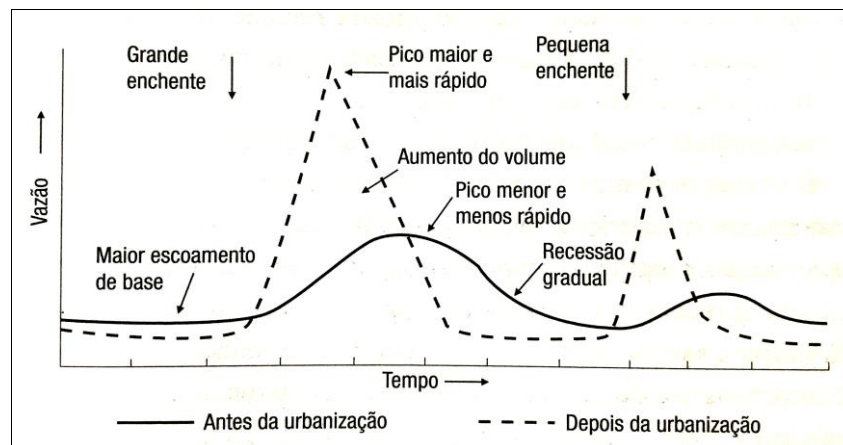
De acordo com Santos (2014) apud Botelho (2011) para se discutir os problemas das inundações urbanas, é necessário entender que as ocorrências de cheias e transbordamento dos canais fluviais são fenômenos naturais, característicos das áreas de baixos cursos dos rios e responsáveis pela formação das planícies de inundação e terraços fluviais.

Salienta-se, contudo, que as formas de relevo de origem fluvial são constituídas a partir do escoamento concentrado da água em canais fluviais, o qual chamamos de vazão e cujo volume está relacionado ao regime hidrológico da bacia hidrográfica onde os canais estão inseridos, e aos processos sobre os quais está submetida. Nesse sentido, ao analisarmos uma planície de inundação podemos destacar os seguintes tipos de leito: 1) o *leito de vazante* – que compõem o leito

menor e é utilizado para o escoamento das águas baixas, acompanhando o talvegue, que é a linha de maior profundidade do leito; 2) *leito menor* – encaixado e delimitado entre suas margens geralmente bem definidas, cujo escoamento tem a frequência suficiente para impedir o crescimento da vegetação; 3) *leito maior periódico sazonal* – regularmente ocupado pelas cheias, pelo menos uma vez a cada ano; e 4) *leito maior excepcional* – por onde corre as cheias mais elevadas sendo submerso em intervalos irregulares. Levando em consideração que os rios são sistemas dinâmicos que mudam seu regime de vazante até o regime de cheias em poucos anos, remodelando seus vales através do tempo, e que tais mudanças estão diretamente relacionadas com os ajustes no regime normal (vazão), velocidade do fluxo, profundidade, largura do canal e volume de precipitação, agravadas ainda pelas intervenções de caráter antrópico na geomorfologia dos sistemas, essas mudanças podem ocasionar os chamados riscos hidrológicos. (CHRISTOFOLETTI, 1980)

A Figura 01 apresenta um hidrograma demonstrando o comportamento dos processos hidromorfodinâmicos antes e depois da intervenção urbana:

Fig. 01 – Hidrograma hipotético em área urbana e área não urbanizada.



Fonte: TUCCI (2003) apud GUERRA (2013)

Nesse sentido, os sistemas de bacias hidrográficas nas áreas urbanizadas apresentam sua dinâmica alterada, proporcionando a população que ocupa sua área de influência a estarem sujeitas a esses riscos. Baseado nas orientações do Ministério das Cidades, SANTOS (2012) apud IPT (2007), estabelece que, no reconhecimento dos riscos hidrológicos, devemos tomar como base as aplicações

dos conceitos de Inundação, cheias, alagamento e enxurradas: - as *inundações* representam o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea; - as *cheias* que são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar; - Já o *alagamento* caracteriza-se como um acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem; enquanto que, - as *enxurradas* é o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais. A Figura 02 apresenta os tipos de escoamento e os tipos de acúmulo de água.

Fig. 02 – Tipos de escoamento e acúmulo de água superficial.



Fonte: Batista (2014).

2.3 Geoprocessamento aplicado à análise de inundações

Buscando encontrar alternativas para minimizar ou prevenir os impactos decorrentes a esses fenômenos, são cada vez mais comuns estudos que lançam mão das geotecnologias, para a identificação de áreas vulneráveis ao desencadeamento de riscos ambientais (naturais ou antrópicos) e para mapeamento e monitoramento temporal das áreas atingidas. Destacando-se o desenvolvimento das técnicas de geoprocessamento e do sensoriamento remoto que permitem uma rápida e confiável obtenção de dados, em diferentes faixas espectrais e escalas, utilizando ainda o Sistema de Informações Geográficas que possibilita a ligação

dessas informações com outros tipos de produtos, tornando essas tecnologias complementares. Tais ferramentas contribuem para a elaboração de mapas de risco, que auxiliam na criação e manutenção de sistema de alerta, na construção de produtos temáticos e na realização de estudos, análises e compreensão da dinâmica dos processos, potencializando assim a tomada de decisão.

As técnicas de Geoprocessamento favorecem a utilização de modelos matemáticos e estatísticos em ambiente computacional com o intuito de representar informações espaciais. Os diversos produtos digitais gerados pelo Geoprocessamento, cartografia digital e as imagens orbitais e suborbitais podem ser agrupados dentro de um banco de dados digital, possibilitando assim, a integração dos diferentes materiais e a correlação de seus elementos com o objetivo de extrair informações pertinentes. (SILVA, 2010)

O desenvolvimento das técnicas acima mencionadas favorece o exercício de integração e espacialização de dados, contribuindo assim com a maior precisão e coerência com a realidade, reduzindo a subjetividade na metodologia de análise dos fenômenos e possibilitando a obtenção de trabalhos quantitativos e qualitativos de referência. Permitindo ainda, a articulação de diversos dados temáticos que facilitam a compreensão de fatores que contribuem para a análise dos processos geomorfológicos e ambientais. (GUERRA, 2013).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

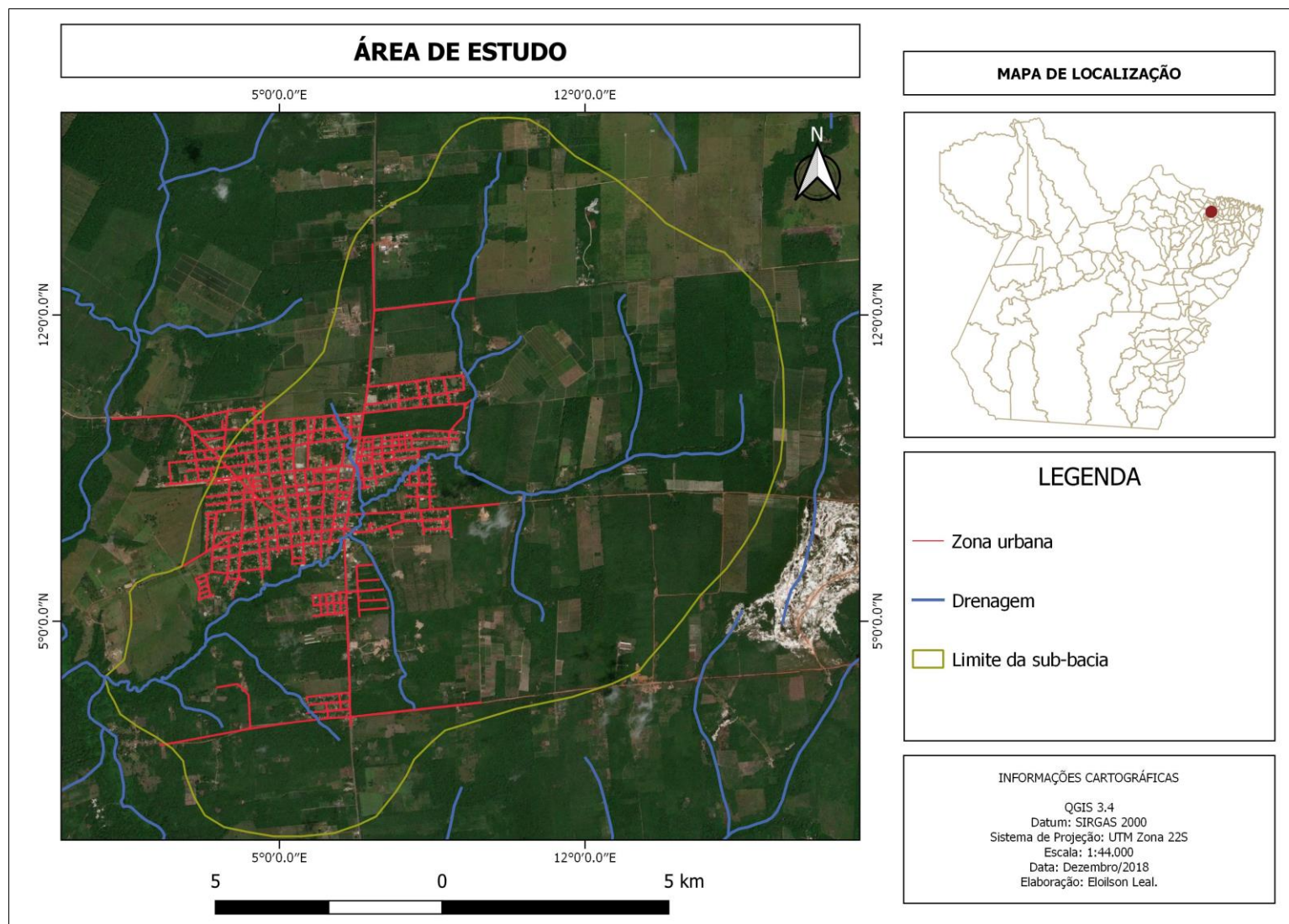
A metodologia aplicada ao trabalho se deu através de revisão bibliográfica sobre a temática apresentada e levantamento das bases cartográficas da área de estudo; análise geomorfológica e da dinâmica fluvial da área em questão; levantamento e análise das leis que regulamentam a política ambiental e urbana a nível municipal, estadual e federal; realização de trabalho de campo para observações sistemáticas, registros fotográficos e coletas de dados; e elaboração de mapas para a espacialização da expansão urbana e identificação das áreas de risco com a utilização do *software* QGIS 3.4.

Foi obtida uma SRTM da Folha SA.22, com dados de altitude levando em consideração o topo da cobertura vegetal retirada do site Earth Explore; - camada vetorial delimitando a sub-bacia do igarapé Santo Antônio, trabalho realizado por Nascimento & Santos (2017); - tratamento da imagem e poligonização (conversão de raster para vetor) extraindo o centroide de polígonos a partir do resultado da conversão; - utilização de imagem Landsat 8 fusionada a partir do mosaico RGB 654 com Banda 8 pancromática de 17/07/17, para classificação supervisionada em quatro classes (água, vegetação, solo exposto e campo natural); - extração da vegetação e diferença simétrica dos pontos cotados com a vegetação – GROUND, cujo resultado foram pontos que mais se aproximaram da altitude real do terreno. Para assim espacializar a geomorfologia da área de estudo e localizar os pontos e áreas sujeitas a inundação. Além da avaliação temporal dos registros e ocorrências desses fenômenos pelo pesquisador in locu, em jornais locais e em trabalhos acadêmicos que utilizaram os dados da Defesa Civil para caracterizar os respectivos eventos, gerando informações de grande relevância para os estudos acerca do fenômeno, proporcionando assim respaldo à compreensão da gênese desses distúrbios que ocorrem sobre os processos geomorfológicos, contribuindo para a organização de medidas que permitam a reversão ou minimização desse tipo de impacto.

3.1 Área de estudo

Compreende a zona urbana da sede municipal de Santo Antônio do Tauá (PA), localizado na Região Imediata de Belém e Região Intermediária de Belém, compreendida entre as coordenadas: 5°0'0"E, 11°0'0"N e 15°0'0"E, 5°0'0"N. Vale destacar que se trata apenas da sede municipal, inserida quase que totalmente na sub-bacia do igarapé Santo Antônio (Figura 03), já que em Santo Antônio do Tauá, considera-se também como setores urbanos as vilas de Borrachos e Espírito Santo do Tauá.

Fig. 03 – Área de estudo.



3.2 Análise geomorfológica

A análise geomorfológica foi feita de acordo com o estudo de Barbosa (2007), que identificou as unidades de relevo de todo o município de Santo Antônio do Tauá. A partir do mapeamento executado pelo autor citado, fez-se a identificação das unidades de relevo na área de estudo, durante trabalho de campo. Foi auxiliar a esta análise a confecção de um mapa altimétrico a partir da extração de dados de uma imagem SRTM, 1 arco/segundo, com resolução espacial de 30m. Assim, foi possível distinguir os terrenos de planalto (tabuleiros ou baixos platôs), e aqueles sujeitos a inundação (planícies aluviais).

A cena do STRM, posicionada na Folha SA 22 foi recortada pelo limite da sub-bacia do igarapé Santo Antônio, e após isso o raster com dados de elevação foi poligonizado (conversão para vetor). A seguir, foram extraídos os centroides de polígonos. Com base em cenas do Bing Aerial, todos os pontos coincidentes com vegetação arbórea foram excluídos, para que se pudesse fazer um novo raster a partir da interpolação de cotas altimétricas com os pontos restantes. Por fim, este novo raster, correspondente a um modelo digital de terreno (MDT) permitiu a extração de curvas de nível com equidistância de 1m, simulando uma representação do nível do solo próxima à topografia real.

3.3 Análise climatológica

Foram coletados dados referentes ao Banco de Dados da Hidroweb-ANA / Séries históricas gerando assim uma Normal Climatológica entre os anos de 1981 a 2010 da Estação Santa Izabel do Pará, para compreender a hidrodinâmica da região ligada aos eventos pluviométricos. Ao final, além disso foram disponibilizados dados de um pluviômetro caseiro posicionado na área de estudo, com a medição completa para o ano de 2018. Para análise climatológica regional, foram utilizados os mapas de Furtado (2018) para a mesorregião do Nordeste Paraense.

3.4 Identificação de áreas de risco

Para caracterizar e identificar as áreas afetadas pela ocorrência do fenômeno, o risco geomorfológico foi utilizado para designar o tipo de risco existente na sub-bacia do igarapé Santo Antônio, levando em consideração a suscetibilidade natural de eventos em área ocupada, o número de ocorrência dos eventos de

inundação, o padrão urbano de ocupação, as condições climáticas da região e os índices de pluviosidade. Nesse sentido, as áreas com maior suscetibilidade serão aquelas que:

- Estiverem localizadas às proximidades dos cursos fluviais, que por apresentarem certo grau de aplainamento estão mais propícias a inundações;
- Estejam localizadas a menos de 30 metros dos cursos fluviais e, portanto, suscetíveis a inundações e solapamentos marginais;

Na definição do padrão urbano de ocupação foram levadas em consideração as características da apropriação do terreno ou lote (regular ou irregular), a identificação de perdas e prejuízos materiais (se ocorreu ou não ocorreu), bem como o número de ocorrências de inundações nos anos de 2017 e 2018, a presença ou não de malha viária. Hierarquizando tais variáveis e atribuindo a cada uma valores de 0 a 2, de acordo com sua ocorrência (Quadro 1), estabelecemos os critérios que definem a suscetibilidade do evento.

Quadro 1 – Definição de suscetibilidade ao risco associado ao Padrão de Ocupação Urbana.

VARIÁVEL	CARACTERÍSTICA	VALOR
Malha viária	Pavimentada	2
	Não pavimentada	1
	Sem relevância	0
Perdas e prejuízos materiais	Ocorreu	2
	Não ocorreu	1
	Sem relevância	0
Ocupação	Regular	2
	Irregular	1
	Sem relevância	0
Nº de ocorrências entre 2017 e 2018	2 ou mais	2
	1 a 2	1
	Sem relevância	0

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA (2006).

A suscetibilidade ao risco levará em consideração essas variáveis de referência e a soma dos valores atribuídos as características que apresentam, podendo assim ser considerado de:

- Alto Padrão: áreas que apresentarem valores entre 7 e 8 na soma total;
- Médio Padrão: áreas que apresentem soma igual a 4, 5 e 6;
- Baixo Padrão: áreas que apresentem somam igual a 0, 1, 2 e 3;

O grau de risco, portanto, será o produto do cruzamento entre a suscetibilidade natural e os valores descritos no quadro acima. Tais dados estão tabulados na Quadro 02 em anexo, e que estabeleceram 3 graus de risco para a área analisada:

- Risco III: quando a área não apresentar processos de ocupação, suscetibilidade natural, até 1 ocorrência de inundação e não apresentar prejuízos, considerando-na de *baixo risco*;

- Risco II: quando a área apresentar processo de ocupação irregular, suscetibilidade natural, até 1 ocorrência de inundação, apresentar prejuízos materiais e malha viária sem pavimentação, considerando-na de *médio risco*;

- Risco I: quando a área apresentar processo de ocupação regular, suscetibilidade natural, 2 ocorrências de inundação, apresentar prejuízos materiais e malha viária com pavimentação, considerando-na de *alto risco*;

O mapa final das zonas de risco a inundação, com base na metodologia acima apresentada identificou os pontos mais críticos ao longo da planície do igarapé Santo Antônio e seus afluentes. Devido a limitações na obtenção de dados de topografia, não foi possível fazer a identificação linear destas zonas, o que exigiria a precisão das cotas altimétricas até onde alcançam as águas de inundação durante as maiores enchentes. A identificação pontual também levou em consideração observações sistemáticas e o relato de moradores, permitindo saber quais os locais com maior ocorrência de enchentes e seus efeitos sobre a ocupação urbana em diferentes bairros.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.

4.1 Aspectos climáticos

A zona urbana do Município Santo Antônio do Tauá, está localizada no setor II (Continental Estuarino) da zona costeira do Estado do Pará. (BARBOSA, 2006 apud PARÁ; IDESP, 1995) Conforme Barbosa (2006) apud IBGE (1990) o clima caracteriza-se de Superúmido a Úmido, com totais pluviométricos com oscilações anuais de 1500 mm a 3500 mm, e Megatérmico, apresentando temperaturas elevadas o ano todo, e médias anuais entre 26° e 28° C. O regime sazonal é equatorial, com chuvas abundantes de dezembro a maio, período que concentra 70% das chuvas, sendo o resto do ano de chuvas mais escassas; ocasionalmente, pode ocorrer uma “subseca” (estiagem) entre setembro e novembro.

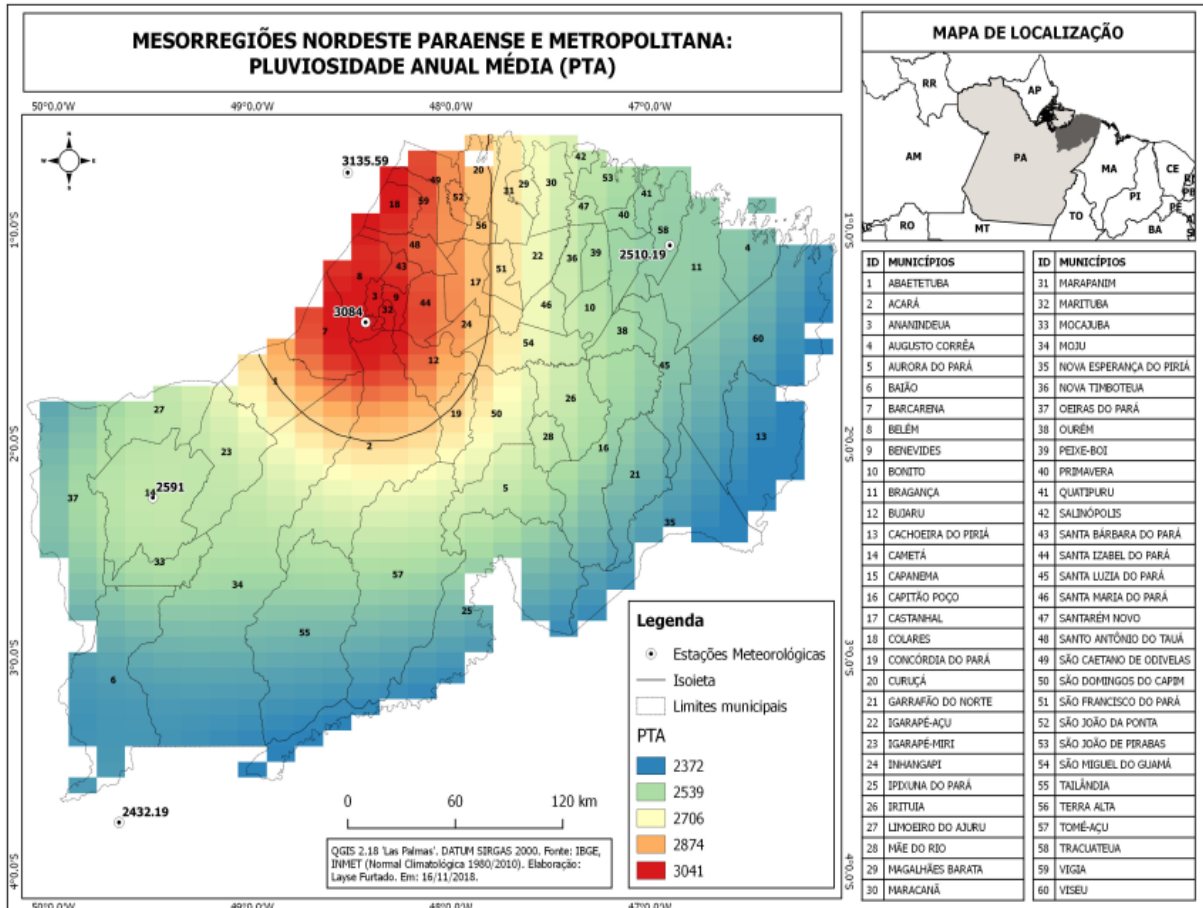
Segundo IBGE (1977) em relação à temperatura, a região onde se encontra a área de estudo apresenta uma certa homogeneidade espacial e estacional, ocorrendo pouca variedade térmica ao longo de seu território e uma variação estacional pouco significativa. Porém, o mesmo não acontece em relação a pluviosidade.

Em virtude dos sistemas de circulação perturbada, que se caracteriza pela predominância da massa de ar equatorial (mEc), formada pela convecção termodinâmica dos ventos de NE do anticiclone dos Açores e da convergência intertropical (CIT), que pela sua forte umidade específica e ausência de subsidência superior está frequentemente sujeita a instabilidades causadoras de chuvas abundantes. Tais fenômenos são comuns em todo território brasileiro situado na faixa tropical, com relevância em seu interior se estendendo em meados da Primavera a meados do Outono, porém com mais frequência e regularidade no Verão (dezembro a março), quando há decréscimo geral de pressão impulsionado pelo forte aquecimento do interior do continente. (IBGE, 1977)

Nesse sentido, de acordo com IBGE (1977) tal região constitui-se no domínio climático mais pluvioso do Brasil, caracterizado pelo maior total pluviométrico anual (Figura 04), aspecto facilmente identificado nas faixas localizadas na isoietas compreendida na mesorregião do nordeste paraense e região

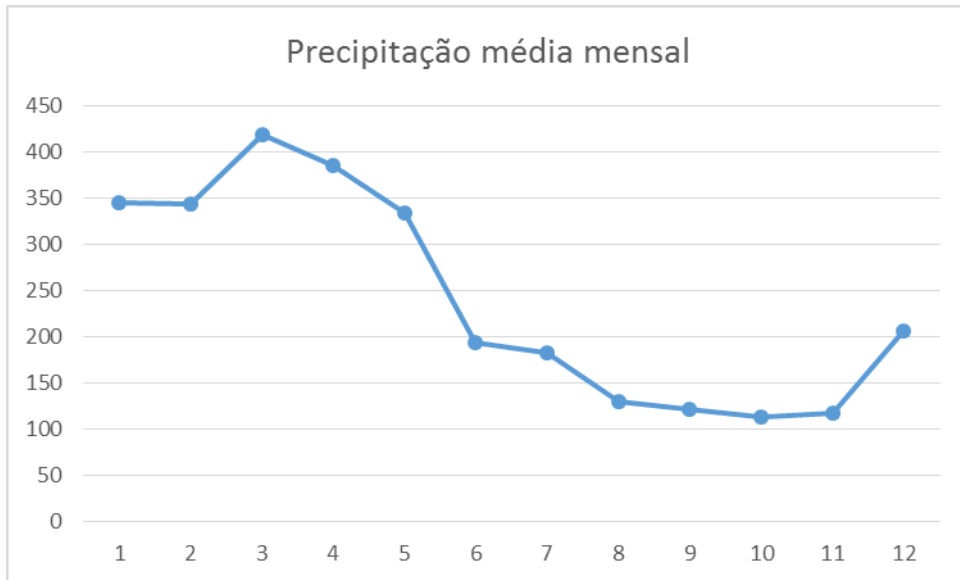
metropolitana de Belém, cuja pluviometria excede a 2.000 mm, cujas áreas estão sob a influência e sobreposição das chuvas de W da mEc e de N da CIT.

Fig. 04 – Precipitação total anual – Messorregião nordeste paraense e metropolitana de Belém.

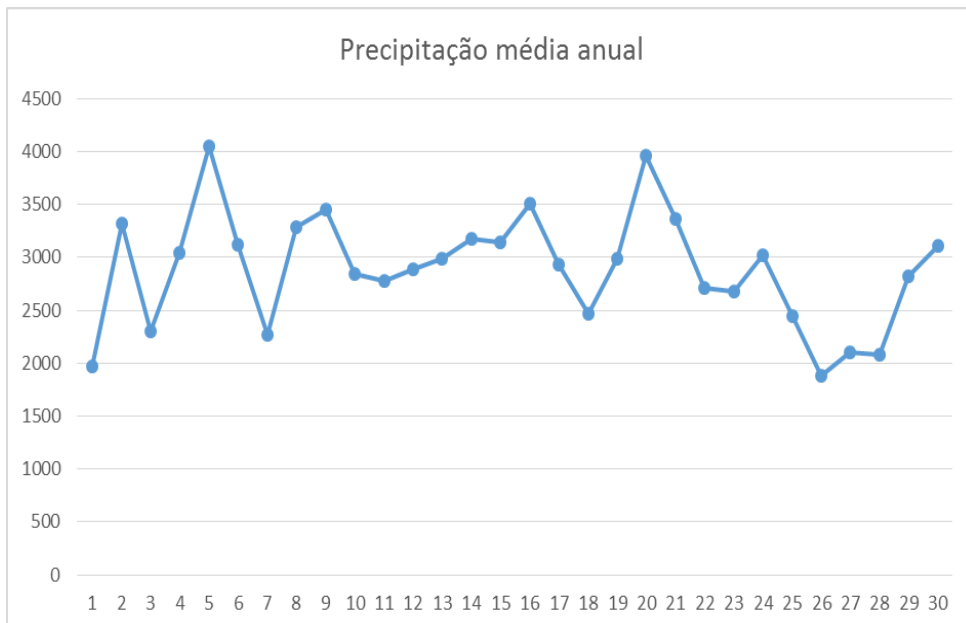


Fonte: Furtado (2018).

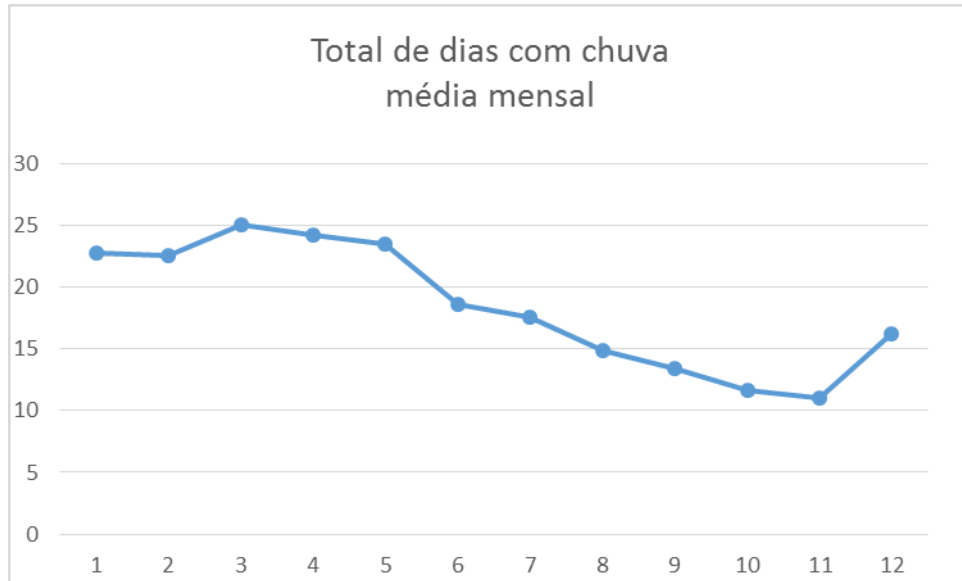
A caracterização climática da área de estudo, ainda teve como base a série de dados da Estação Climatológica de Santa Izabel, entre 1981 e 2010, ligados a Precipitação mensal e anual (Figuras 05 e 06), Total de dias com chuva (Figuras 07 e 08), e Volume máximo de precipitação diária (Figura 09).

Fig. 05 – Precipitação média mensal

Fonte: INMET (2018).

Fig. 06 – Precipitação média anual

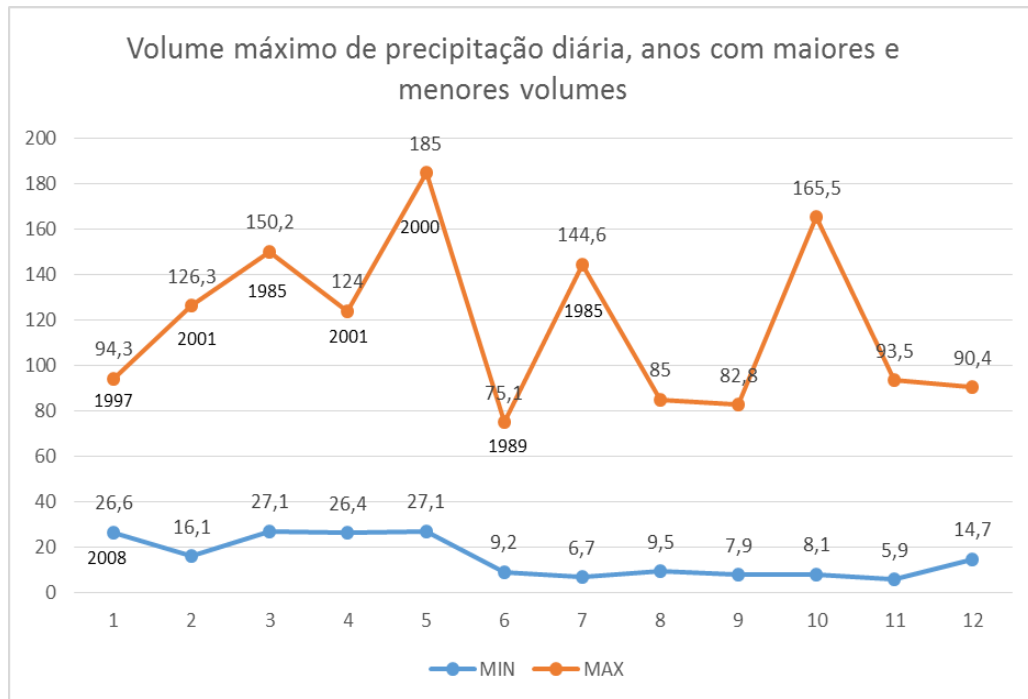
Fonte: INMET (2018).

Fig. 07 – Total de dias com chuva - média mensal

Fonte: INMET (2018).

Fig. 08 – Total de dias com chuva - média anual

Fonte: INMET (2018)

Fig. 09 – Volume de precipitação diária

Fonte: INMET (2018).

Os dados da Estação Climatológica Santa Izabel permitiram a geração de uma Normal Climatológica, que possibilita a relação de eventos pluviométricos de maior intensidade com as ocorrências de inundações nas áreas identificadas. Tais dados nos permitem identificar que, o maior volume de precipitação ocorre entre os meses de dezembro a março, e os anos que apresentaram precipitação média próxima ou acima de 4.000 mm foram 1985 e 2000.

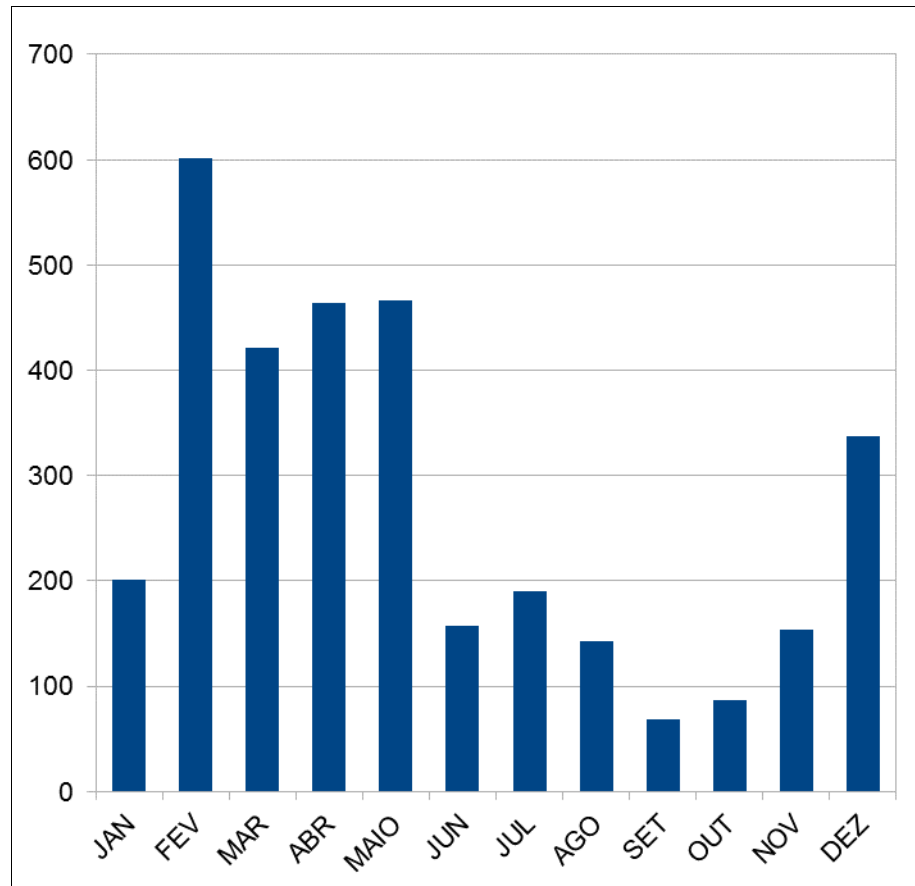
O total mensal de dias com chuva também concentra-se de dezembro a março, já a média anual variando de 280 a 240 dias, respectivamente nos anos de 1982, 1984, 1985, 1986, 1993, 1994 e 2007. Com ênfase para a série referente aos anos 2000 cujos registros apontam acima de 200 dias de chuva anuais.

Com relação a precipitação diária mensal as variações são significativas, porém o gráfico apresenta elevação da precipitação diária entre os meses de dezembro a março.

Os dados pluviométricos coletados através de um pluviômetro local nos permitem ratificar tais resultados, fortalecendo essa relação entre a variação climática e os eventos de inundação que acontecem, em sua maioria no período

chuvoso da região que se estende de dezembro a março, ocasionados pelo maior volume de precipitação. Conforme demonstrado na Figura 10:

Fig. 10 – Chuva mensal acumulada em Santo Antônio do Tauá, ano de 2018.



Fonte: Pesquisador Dr. Estêvão Barbosa

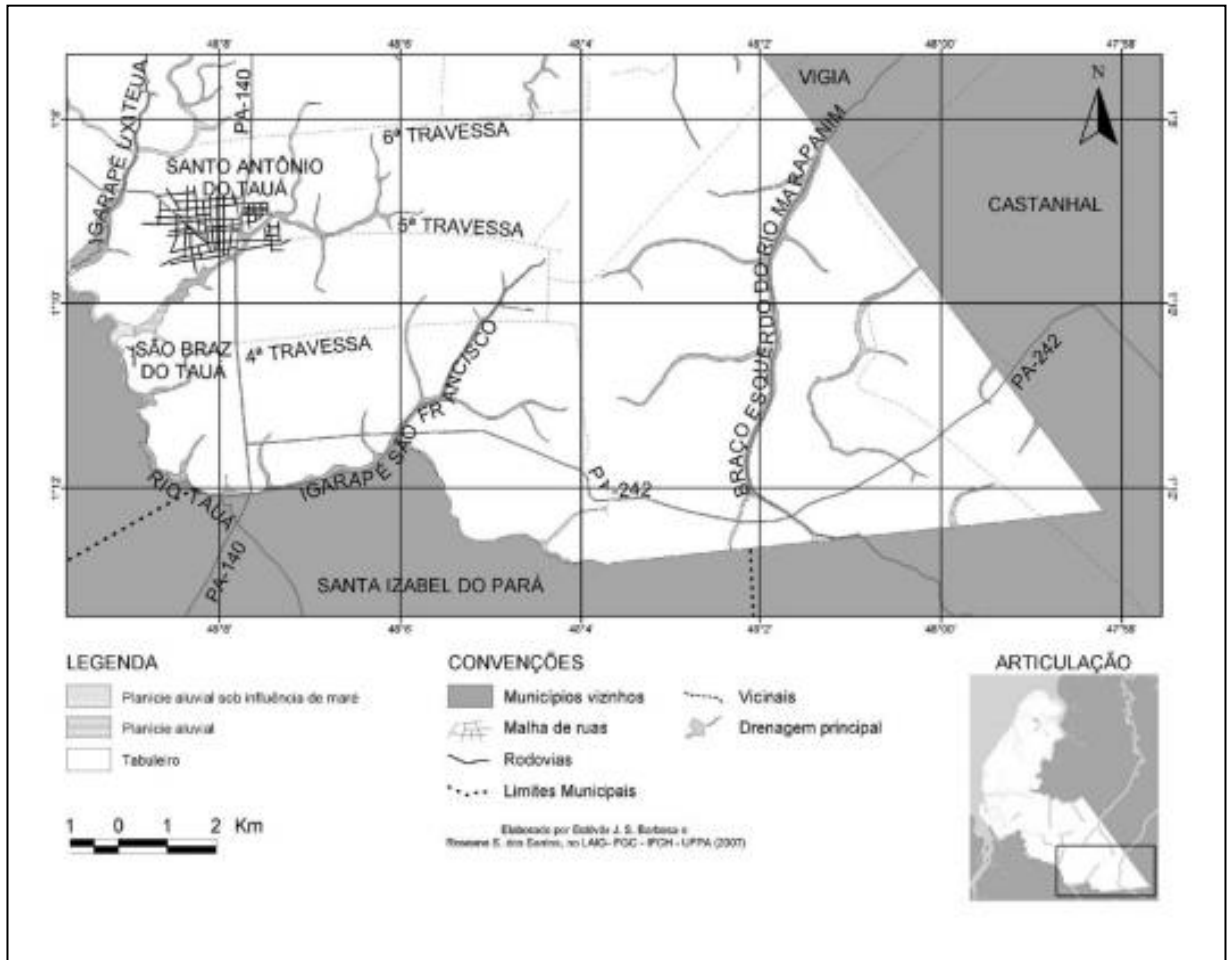
O referido pluviômetro registrou no mês de dezembro cerca de 337 mm de chuva, provocando um volume considerável de precipitação, que ocasionou a inundação de vários pontos da cidade causando inúmeros prejuízos a população local. Fato este comprovado nas imagens feitas pelo pesquisador no mesmo mês.

4.2 – Aspectos geomorfológicos

Na área que compreende o Estuário Amazônico, o Projeto Radambrasil identificou duas Unidades Morfoestruturais segundo aponta Barbosa (2007), a “Planície Amazônica” e o “Planalto Rebaixado da Amazônia”, contrastando as áreas de “várzea” e “terra firme”, respectivamente (Figura 11). Esta última constituída por baixos planaltos sedimentares recobertos pela floresta ombrófila densa. Os planaltos

comportam ainda, solos enquadrados como zonais (latossolo, solos lateríticos etc.); de constituição mais arenosa e/ou concrecionária. (BARBOSA, 2006 apud PARÁ, FIBGE, 1995).

Fig. 11 – Mapa de unidades de relevo do município de Santo Antônio do Tauá.



Fonte: Barbosa (2007)

Os processos geomorfológicos peculiares ao domínio morfoclimático amazônico geraram formas resultantes da ação erosiva plúvio-fluvial (ação combinada com as variações glácio-eustáticas do nível de base atlântico e com trabalho da construção fluvial) que deram origem a elementos da drenagem tanto de terra firme quanto da várzea amazônica (igarapés, furos, lagos). A várzea amazônica é formada pelo leito maior do Amazonas e seus afluentes de “água branca”, ou seja, pelas suas planícies de inundação, constituída por faixas de terrenos holocênicos encaixados no baixo platô Terciário, regionalmente chamado de “terra firme”. (IBGE, 1977)

Sua morfologia é relativamente simples, constituída de uma planície aluvial inundável muito baixa podendo-se distinguir entre várzeas altas e várzeas baixas, aquelas submersas pelas águas das grandes enchentes ou ocorrências de eventos plúvio-fluviais, enquanto que essas tornam-se alagadas anualmente pelas cheias normais.

Nesse sentido, o conhecimento dos processos geomorfológicos assume grande importância nos ambientes urbanos, pois grande parte dos problemas ambientais nesse meio resulta de mudanças ocasionadas pela ação e/ou ocupação antrópica na forma, localização e constituição de materiais superficiais e nos balanços dos processos geomorfológicos. Tais modificações associadas a eventos naturais potencializados pela intervenção antrópica no meio, podem ser identificados e monitorados historicamente, considerando-se ainda, as ocorrências e prováveis efeitos em sistemas geomorfológicos de bacias hidrográficas, vertentes, canais e planícies fluviais baseados em diversos indicadores. Salienta-se ainda, que tais ações potencializadoras da modificação do equilíbrio dinâmico desses sistemas, devem ser consideradas em especial nos ambientes de clima tropical úmido, por estarem ligadas às mudanças de cobertura superficial que implicam radicalmente na ruptura dos balanços e processos originais. (GUERRA, 2013 apud RODRIGUES, 2010)

4.3 – Urbanização e ocupação de planícies

As intervenções geradas pelo processo de urbanização, especialmente com a modificação das formas ou substituição de materiais superficiais, alteram de maneira radical e irreversível os processos hidrodinâmicos nos sistemas geomorfológicos, sobretudo no meio tropical úmido, em que a dinâmica de circulação da água desempenha papel importante. Soma-se a isso, a retirada da cobertura vegetal implicando em significativas mudanças nos tipos de fluxo, circulação hídrica e no tipo de balanço morfodinâmico, restringindo e por vezes eliminando a participação da evapotranspiração no ciclo, diminuindo a capacidade de infiltração de água no solo, reduzindo a circulação de água na subsuperfície e o abastecimento do lençol freático. Além disso, a impermeabilização da superfície (edificações e pavimentação de vias de circulação), menor rugosidade e permeabilidade do solo, instalação de canais de retificação e arruamentos diminuem

consideravelmente a infiltração de água no solo e aceleram a velocidade dos fluxos de escoamento superficial, reduzindo o tempo de concentração de água na bacia de drenagem e antecipando a vazão de pico. Tendo como consequência o aumento do escoamento superficial, drenagem do volume precipitado para as partes inferiores da bacia com maior rapidez, atingindo assim as planícies de inundação e os canais fluviais que, em períodos de chuvas abundantes, estão suscetíveis a repetição de episódios de inundações e, por conseguinte, risco hidrológico. A potencialidade do fluxo promove também a formação de sulcos e, por vezes ravinamentos, sobretudo em arruamentos sem pavimentação ou com descontinuidade da mesma. (GUERRA, 2013)

No contexto da zona urbana do município de Santo Antônio do Tauá, as áreas potenciais a riscos acham-se distribuídas ao longo da planície de inundação do igarapé Santo Antônio, que correspondem a áreas geomorfologicamente inseridas em ambientes de baixada, onde se encontra a mancha urbana consolidada e não consolidada, apresentando baixo gradiente topográfico, com vulnerabilidade ao impacto ambiental da expansão urbana inadequada. A vulnerabilidade aos processos de dinâmica fluvial (alagamento/inundações e erosão marginal) é mais frequente nas proximidades da foz da bacia do igarapé Santo Antônio, bem como na área de Expansão Urbana assentada sob a sua planície de inundação com áreas de baixa declividade. As ocupações urbanas instaladas na planície de inundação do referido igarapé serviram de apoio para a identificação e mapeamento das áreas com maior probabilidade de serem atingidas por inundações.

Em se tratando dos efeitos da urbanização em Santo Antônio do Tauá, as redes de esgoto apresentam-se com alto grau de deficiência para garantir o escoamento eficaz dos resíduos líquidos e dos excedentes hídricos em período de chuva. Os canais de drenagem urbana retificados para atender as necessidades dessa expansão, somados ao adensamento urbano e a pavimentação/aterramento da planície de inundação, recebem a confluência de grande volume de dejetos provindos dos esgotos domésticos que seguem desembocando no igarapé Santo Antônio.

De acordo com as observações em campo as áreas que apresentam maior frequência de inundações no período de chuvas estão atreladas principalmente ao Centro Comercial da cidade, onde a grande parcela dos empreendimentos se

estabeleceu sob a planície de inundação do referido curso d'água com infraestrutura de médio e baixo padrão, boa parte localizados na Avenida Senador Lemos, principal via de acesso à cidade. O ponto 4, por exemplo, representado na Figura 13 é um dos pontos críticos da cidade classificado de alto risco e que está distribuído as margens da referida avenida apresentando pequenos empreendimentos comerciais (bares, restaurantes, distribuidoras de bebidas e alimentos) com estrutura em madeira, ocupação irregular, despejo de esgoto doméstico a céu aberto e inexistência de saneamento básico, num ponto de confluência de vazão do canal fluvial e das águas provenientes do escoamento superficial. Já os pontos 14 e 20, também distribuídos ao longo da Avenida apresentam construções em alvenaria onde prevalecem supermercados, lojas de insumos agrícolas e pontos comerciais, de ocupação regular, porém completamente localizados na planície de inundação, à poucos metros do curso d'água e facilmente atingidos pelo transbordamento do mesmo em regimes pluviais intensos.

O ponto 5 localizado na Tv. Santa Rita, o 6 na Tv. Sebastião Dantas e o 13 na Tv. João Pedro Bentes, tem em comum o fato de estarem exatamente onde o curso d'água sofreu intervenção antrópica e urbanística, como passagem de malha viária ou pavimentação asfáltica, tubulações ou obras de retificação, além de estabelecimento de balneários em alvenaria de ocupação regular (caso do ponto 5) e moradias de mesmo padrão ao longo da planície de inundação.

Já os pontos 1 e 3, estão localizados nas pontas de rua, geralmente desprovidas de pavimentação asfáltica apresentando ainda um padrão de estrutura baixo, ocupação irregular, ausência de saneamento básico e inseridos nos pontos mais baixos da planície de inundação facilmente atingidos pelo evento, como é o caso das ocupações urbanas no final da Rua São Joaquim e Tv. Presidente Vargas.

Os demais pontos classificados como de risco médio, com exceção dos pontos 9, 10 e 19 considerados de baixo risco, apresentam características similares as dos pontos já mencionados no que se refere a localização em pontas de rua e pontos mais baixos da planície de inundação, sem pavimentação e com estrutura em madeira apresentando ocupação irregular (pontos 2, 7, 15, 16 e 17), ou sofreram intervenção do cruzamento de malha viária sem pavimentação asfáltica apresentando ocupações irregulares também atingidas pelo fenômeno das inundações (pontos 11, 12 e 18). A hipsometria da área contribui para a identificação

das feições geomorfológicas mais suscetíveis ao fenômeno (Figura 12); a Figura 13 demonstra os pontos de inundação identificados na área, e a Figura 14 a classificação dos pontos com relação ao risco.

Fig. 12 – Hipsometria da área.

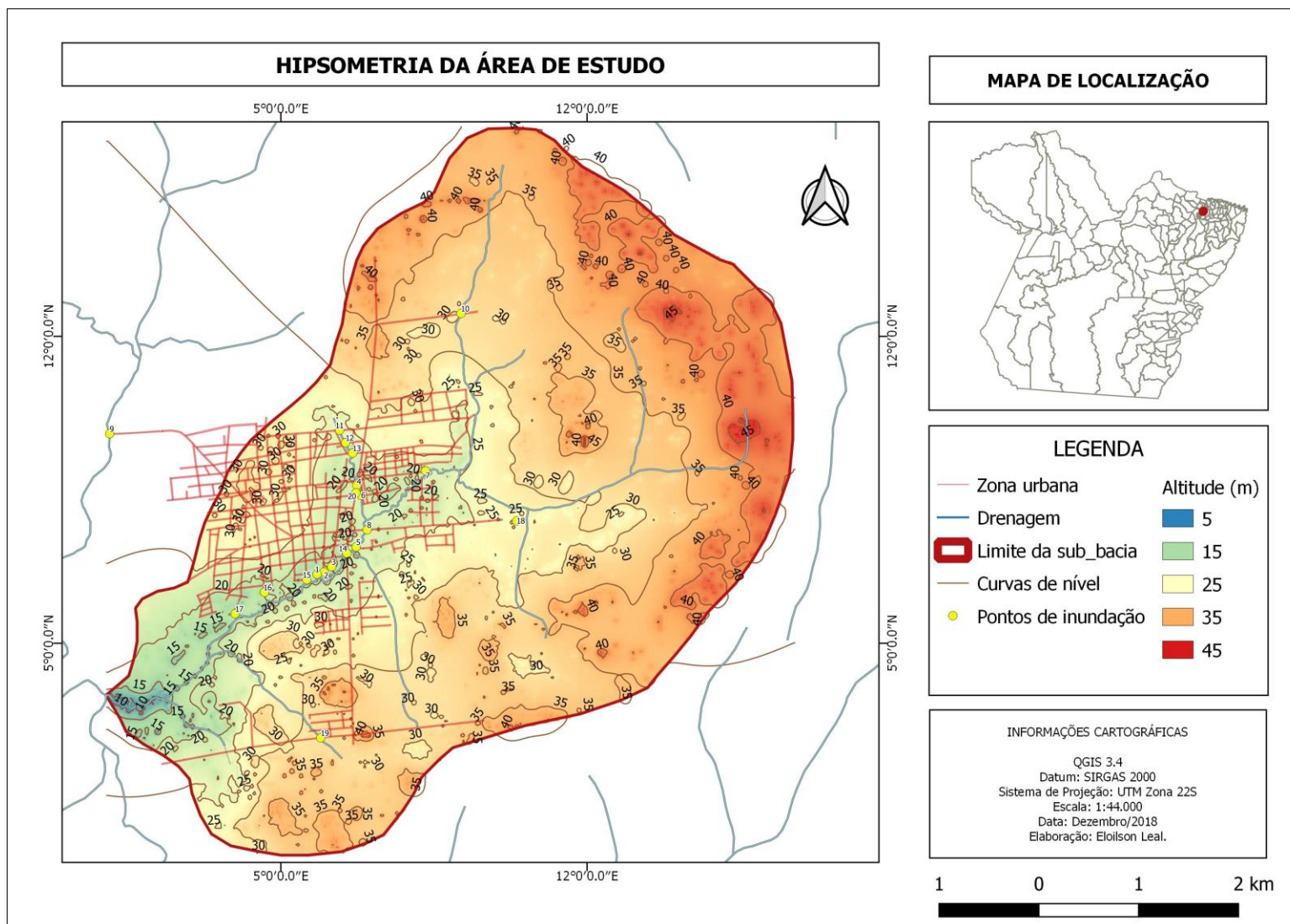


Fig. 13 – Pontos de inundação.

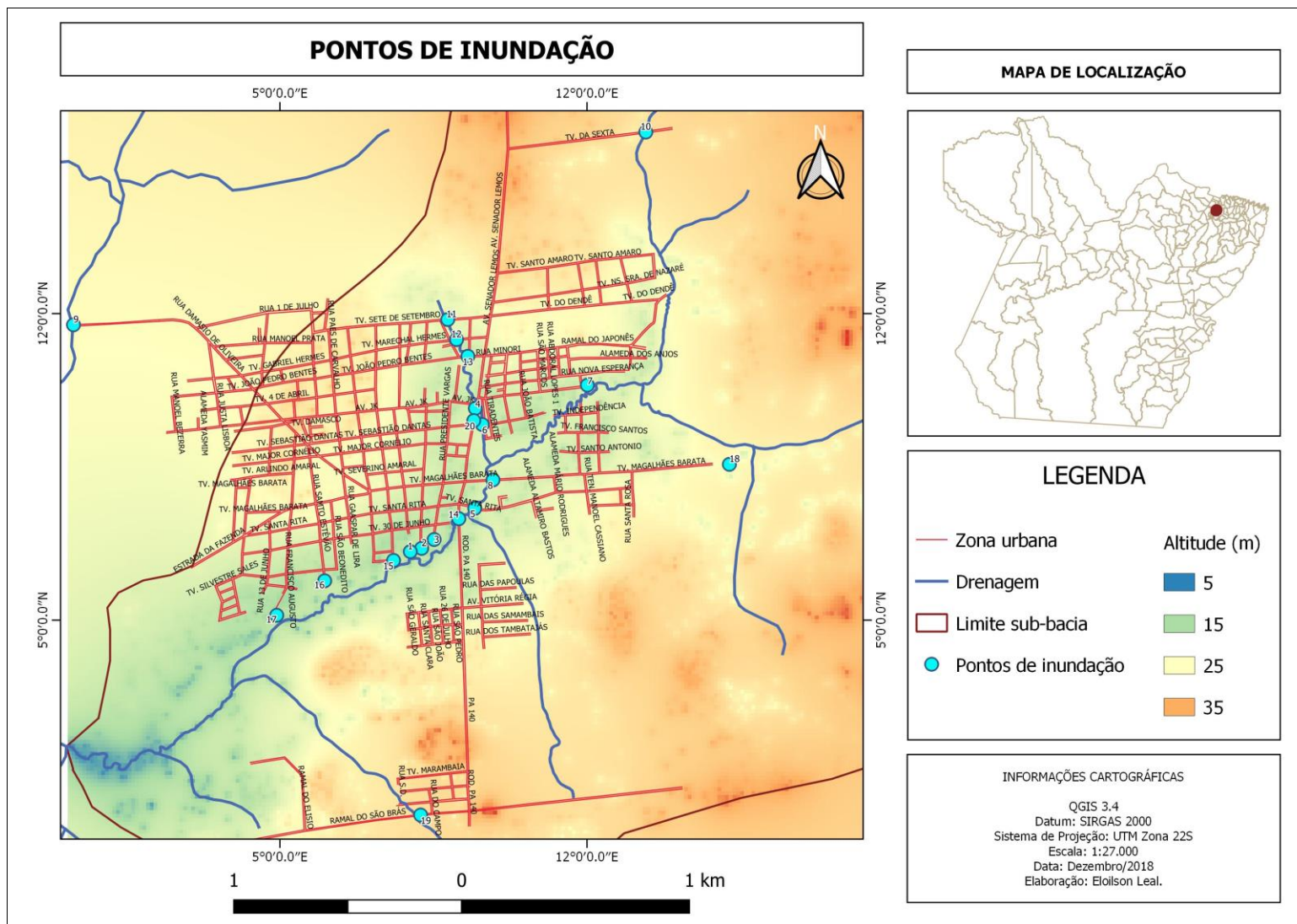
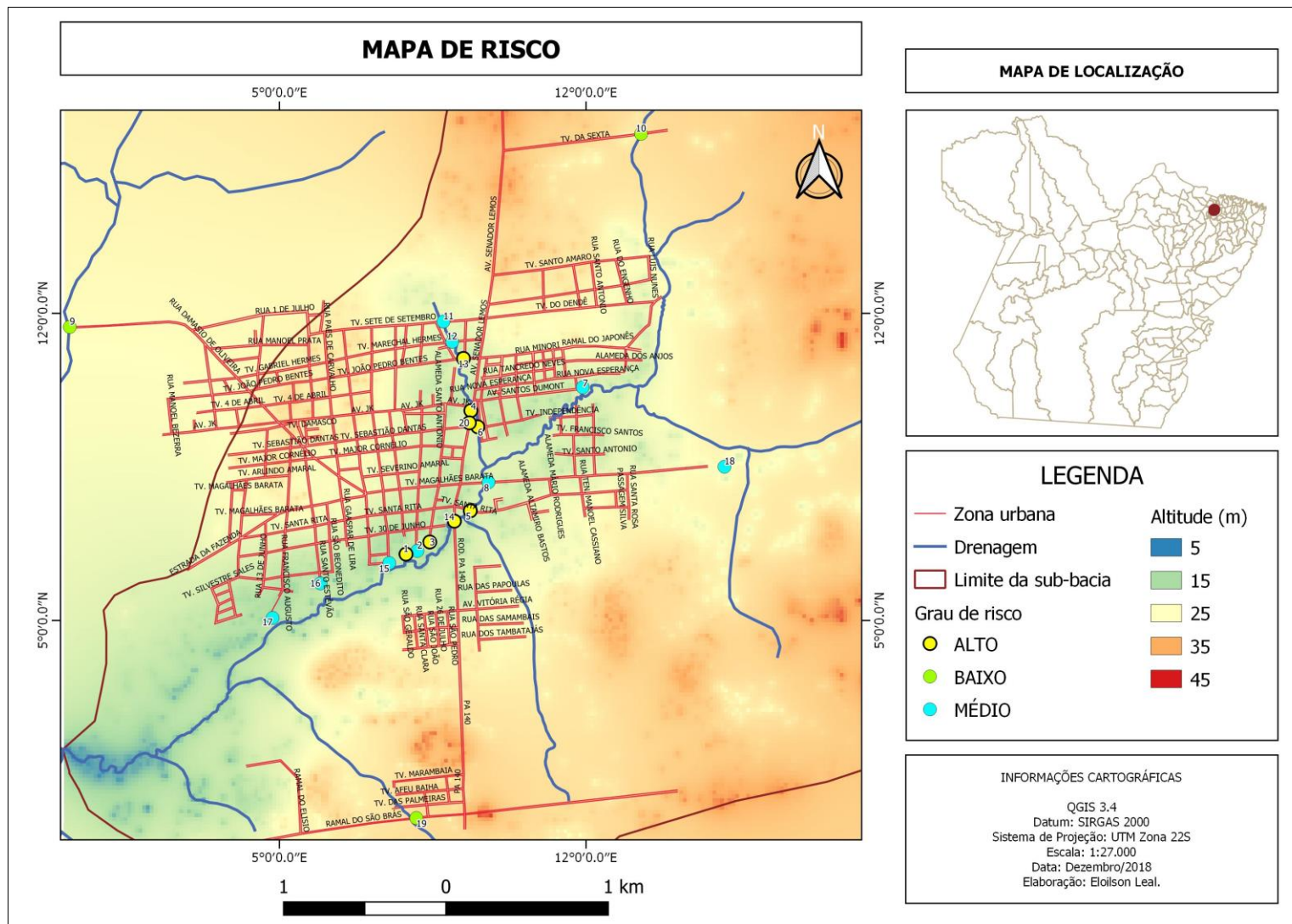


Fig. 14 – Mapa de classificação de risco.



4.1 Histórico de alagamentos e inundações na área de estudo.

Além das ocorrências registradas pelo pesquisador na área de estudo, a consulta em outras fontes locais evidenciou históricos de inundações e alagamentos na zona urbana de Santo Antônio do Tauá compreendendo os meses de dezembro a junho de anos distintos. Na tabela 03 destacamos as ocorrências desses eventos registrados in locu pelo pesquisador, por outros pesquisadores, em fontes oficiais ou informado através do registro oral.

Tabela 03 – Registro de ocorrências de inundações e alagamentos.

Fenômeno	Ano	Fonte
Inundação	1953	IBGE Cidades
Alagamento	1965	Morador Romualdo Alencar – registro oral
Inundação e Alagamento	1988	Morador Estêvão José Barbosa – registro oral
Inundação e Alagamento	2009	Jornal Folha do Tauá
Inundação	2016	Pesquisador Eloilson Leal
Inundação	2017	Pesquisador Dr. Estêvão José Barbosa
Inundação	2018	Pesquisador Eloilson Leal

Fonte: elaborado pelo autor do trabalho.

Fig. 15 – Vista aérea de inundações em Santo Antônio do Tauá – 1953.



Fonte: IBGE. Biblioteca Virtual. 1953.

Fig. 16 – Ocorrência de inundações em Santo Antônio do Tauá

Fortes chuvas no Tauá

Chuvas de Maio castigaram o Tauá, causando prejuízos e transtornos a moradores, inclusive a interdição por cinco horas da rodovia PA-140 na Ponte dos Pioneiros na entrada da cidade. Na foto ao lado, um ônibus tenta atravessar a forte correnteza após uma chuva que alagou vários pontos da cidade. Veja reportagem completa na página 2.

Fotó: DJ Mr.Boy



**PONTE NA ENTRADA DA CIDADE
DEPOIS DA CHUVA QUE ALAGOU O TAUÁ**

Fonte: Folha do Tauá/Junho de 2009.

Fig. 17 – Ocorrência de inundações em Santo Antônio do Tauá

STO. ANT. DO TAUÁ-PA, JUNHO/2009

Águas afundam o Tauá

Chuvas fortes do mês de maio causaram grandes prejuízos à população tauaense. A quantidade de água foi tão grande que interditou a rodovia PA-140 na ponte de entrada da cidade. Não passava nada. Quem tentou passar foi arrastado pela forte correnteza. Não houve ninguém ferido, entretanto as águas invadiram casas comerciais e residências, arrastando tudo que tinha pela frente, foi um caos. Famílias moradoras das baixadas da tv. 30 de Junho perderam quase tudo, inclusive várias pessoas passaram à noite no Ginásio de Esporte Celso Cruz.

A Defesa Civil foi acionada mas pouco pode fazer, a enxurrada já tinha causado destruição. Uma casa comercial perdeu 50 sacos de cimento. Até o Forum foi invadido pelas águas. A PA-140 ficou interditada por aproximadamente quatro horas. Só pela noite foi liberada.

A casa onde estava instalada a Rádio Estação SAT-FM, na tv. Magalhães Barata foi tomada literalmente pela água e por pouco os equipamentos de funcionalidade da Rádio não foram danificados.

Veja nas fotos abaixo vários pontos críticos de um dia marcante para os tauaenses.



A CASA ONDE FUNCIONAVA A RÁDIO



A DIFICULDADE



ÁGUAS INVADINDO UM COMERCIO



RUAS TOTALMENTE COBERTAS



ANTES DA CHUVARADA



DEPOIS DA CHUVARADA

Fonte: Folha do Tauá/Junho de 2009.

Espírito Santo (2011) em sua Dissertação de Mestrado intitulada “A gestão de riscos naturais à erosão e inundação nos planos diretores de municípios da zona costeira (Estado do Pará)”, registrou com base nos dados da Secretaria Nacional de Defesa Civil a ocorrência de desastres naturais relacionados com o incremento das precipitações hídricas e com as inundações ocasionando enxurradas ou inundações bruscas com 789 afetados, 2 residências destruídas e 5 danificadas, 13 desabrigados e 16 desalojados. (Figura 18)

Fig. 18 - Desastres ocorridos no estado do Pará notificados à defesa civil nos anos de 2007, 2008, 2009, 2010. Dados da Secretaria Nacional de Defesa Civil (2011).

		Municípios			
		Augusto Correa	Bragança	Curuçá	Santo Antônio do Tauá
Mortos	2010	-	-	-	-
	2009	-	-	-	-
	2008	-	-	-	-
	2007	-	-	-	-
Afetados	2010	681	-	4.284	789
	2009	1.527	-	-	-
	2008	527	7.000	-	-
	2007	-	-	-	-
Residências destruídas	2010	5	-	-	2
	2009	-	-	-	-
	2008	-	-	-	-
	2007	-	-	-	-
Residências danificadas	2010	15	-	-	5
	2009	-	-	-	-
	2008	-	-	-	-
	2007	-	-	-	-
Desabrigados	2010	13	-	-	13
	2009	-	-	-	-
	2008	-	-	-	-
	2007	-	-	-	-
Desalojados	2010	31	-	-	16
	2009	-	-	-	-
	2008	-	-	-	-
	2007	-	-	-	-
Data de ocorrência	2010	5/jan	-	2/abr	20/fev
	2009	20/abr	-	-	-
	2008	7/jan	10/jan	-	-
	2007	-	-	-	-
Denominação do evento	2010	EF, DR e FTC	-	EF, DR e FTC	ENX ou IB
	2009	EF, DR e FTC	-	-	-
	2008	E.F	EL	-	-
	2007	-	-	-	-

Legenda: ENX OU IB: Enxurrada ou Inundação Brusca; EF, DR e FTC: Erosão Fluvial; Desbarrancamento de Rios e Fenômeno das Terras Caldas; EL: Erosão Laminar; E.F: Erosão Fluvial.

Fonte: Espírito Santo (2011).

Os demais registros foram feitos pelo autor e outros moradores no momento da ocorrência do fenômeno. (Figura 19 a 29)

Fig. 19 – Registro de inundações em outubro de 2016. Avenida Senador Lemos – Centro Comercial da cidade



Fonte: autoria própria.

Fig. 20 – Registro de inundações em outubro de 2016. Carros, residências e comércio local afetados pelo fenômeno.



Fonte: autoria própria.

Fig. 21 – Registro de inundações em outubro de 2016 – Tv. Santa Rita. Planície de inundação do igarapé Santo Antônio com a presença de obras de retificação.



Fonte: autoria própria.

Fig. 22 – Registro de inundação e alagamento em outubro de 2016 – Tv. Santa Rita. Balneário Itatié – Centro da Cidade.



Fonte: autoria própria.

Fig. 23 – Inundação no final da Rua São Joaquim em fevereiro de 2017 – Centro da cidade.



Fonte: Pesquisador Dr. Estêvão Barbosa.

Fig. 24 – Inundação do igarapé lamaguchi – Bairro do Moraesão / fevereiro de 2017.



Fonte: Pesquisador Dr. Estêvão Barbosa.

Fig. 25 – Inundação do Igarapé Santo Antônio em fevereiro de 2017 – Centro.



Fonte: Pesquisador Dr. Estêvão Barbosa.

Fig. 26 – Inundação do igarapé Santo Antônio – Bairro da Quinta.



Fonte: pesquisador Dr. Estêvão Barbosa.

Fig. 27 – Quintal inundado na rua São Joaquim / fevereiro de 2017.



Fonte: Pesquisador Dr. Estêvão Barbosa.

Fig. 28 – Inundação do igarapé Santo Antônio em fevereiro de 2017 – Tv. Magalhães Barata.



Fonte: Pesquisador Dr. Estêvão Barbosa.

Fig. 29 – Inundação da rua São Joaquim em junho de 2017 – ao fundo mata ciliar do igarapé Santo Antônio.



Fonte: Pesquisador Dr. Estêvão Barbosa.

Fig. 30 – Inundação e alagamento de trecho da Av. Senador Lemos – junho de 2017.



Fonte: Pesquisador Dr. Estêvão Barbosa.

Fig. 31 – Comércio local afetado pelo fenômeno – junho de 2017.



Fonte: Pesquisador Dr. Estêvão Barbosa.

Fig. 32 – Registro de inundações em dezembro de 2018 – Av. Senador Lemos.



Fonte: autoria própria.

Fig. 33 – Registro de inundações em dezembro de 2018 – Av. Senador Lemos.



Fonte: autoria própria.

4.2 Um plano de intervenção e prevenção.

Na Sede municipal se faz necessário uma série de intervenções na área que compreende a Avenida Senador Lemos, centro comercial (uma das áreas de maior ocorrência do fenômeno), no final da Rua São Joaquim e Presidente Vargas, e nas Tv. Santa Rita e Magalhães Barata, em virtude da ocupação do leito do igarapé Santo Antônio, da falta de saneamento básico, do aterramento do local, instalação de malha viária ou obras de pavimentação, e falta de planejamento urbano.

De acordo com o Art. 8º do Código Florestal - Lei Federal Nº 12.651/2012, a intervenção ou a supressão de vegetação nativa em áreas de proteção permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental. Atualmente, a situação das ocupações irregulares e mesmo a expansão urbana desordenada no município, configura-se como crime ambiental devido ao lançamento de efluentes domésticos diretamente para os cursos d'água e solo, além do aterramento da área da planície de inundação e a retirada da mata ciliar. Deste modo, essa situação pode ser enquadrada pela Lei Federal 9.605/98 sob responsabilidade do executivo municipal.

A proposta de preservação e ao mesmo tempo da urbanização planejada e controlada das áreas às margens dos rios, apresentam-se como um princípio de urbanidade e valorização dos corpos d'água, permitindo diferentes tipos de configuração espacial. Ribeiro (2018) apud Melo (2008) avalia que garantir os

parâmetros de familiaridade e relações de identidade nesses espaços, representa um grande desafio da gestão ambiental urbana.

Nesse sentido, é importante salientar que esse planejamento urbano ambiental deve respeitar as áreas prioritárias denominadas de APPs – áreas de proteção permanente, que de acordo com o Código Florestal (Lei nº 4.771/65), são aquelas protegidas nos termos da lei, cobertas ou não por vegetação nativa, com as funções ambientais de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade e o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. São áreas de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural que estejam situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto, em faixa marginal cuja largura mínima deverá ser: - de 30 metros para os cursos d'água de menos de dez metros de largura; - de 50 metros para os cursos d'água que tenham de dez a 50 metros de largura; - de 100 metros para os cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura; Como sugere o mapa apresentado na Figura 34.

Vale ressaltar, sobretudo que, as práticas de reprodução social associadas ao desenvolvimento urbano, coexistem e muitas vezes se sobrepõem aos aspectos ambientais transgredindo a legislação e permitindo o avanço dessa ocupação em áreas inadequadas, modificando a sua morfologia, influenciando diretamente nas situações de risco e vulnerabilidade social e ambiental. Esses aspectos envolvidos nas transformações sociais e espaciais no meio urbano, contribuem para o aumento dessas problemáticas representando interesses difusos dentro de um contexto específico e colaborando para as disparidades sociais. (MACHADO, 2013) A coexistência entre os conflitos urbanos e ambientais está representada no mapa da Figura 35, determinando áreas efetivas ou potenciais que necessitam de planos de intervenção eficazes para minimizar os danos e prevenir os riscos.

Fig. 34 – Áreas de APP.

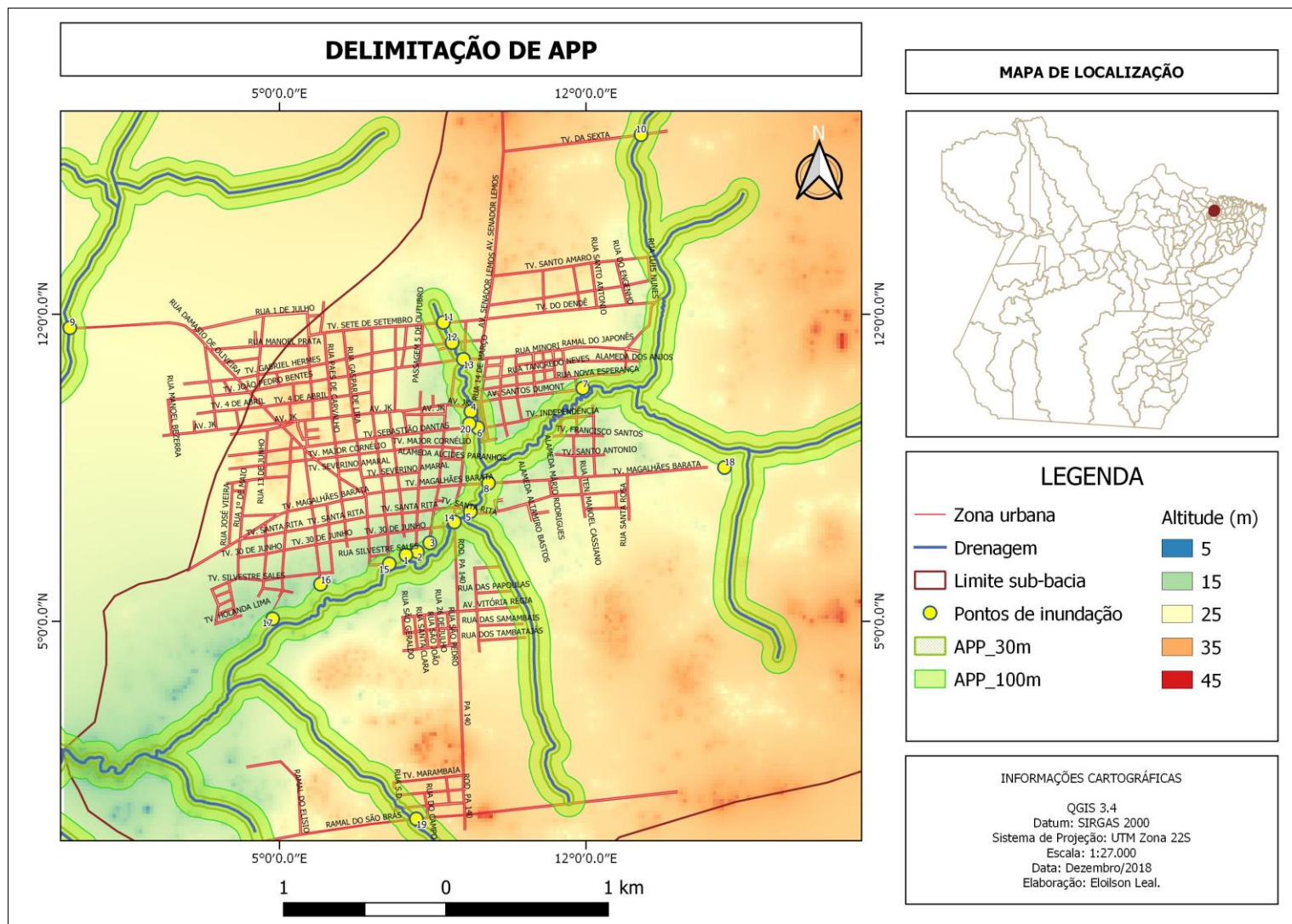
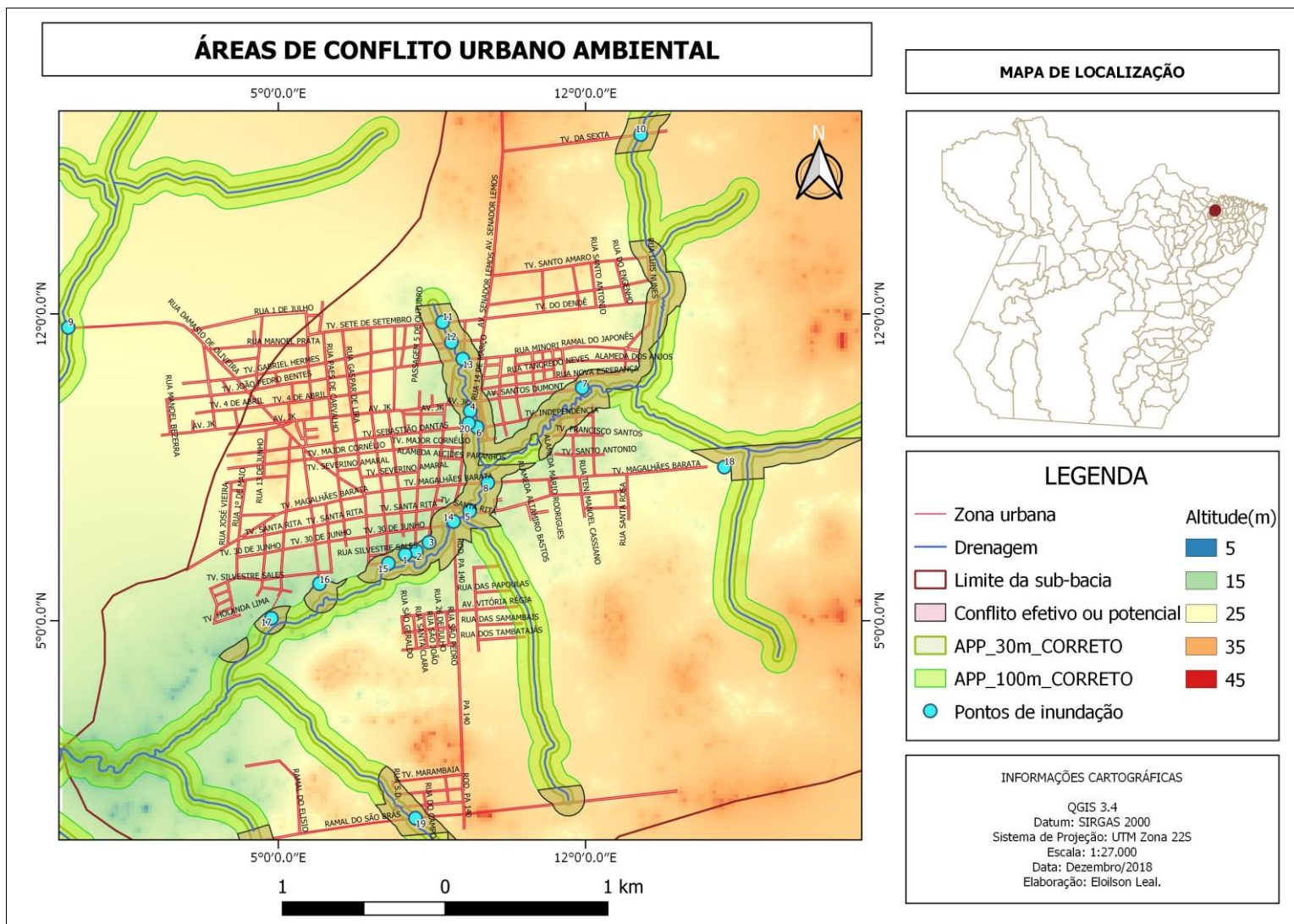


Fig. 35 – Áreas de conflito efetivo ou potencial.



Sugere-se ainda, a construção e a participação popular nas etapas que compõem o Plano Diretor do município, e nesse sentido a criação de Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) que devem contemplar os bairros atingidos pelos fenômenos aqui discutidos. Ribeiro (2018) apud Souza (2006) considera isso tudo como sendo um Zoneamento de Prioridade e de uso do solo; o primeiro visa à justiça social, especialmente a partir da criação de ZEIS, e o segundo com a preocupação de operar um manejo urbano ambiental adequado, como por exemplo, na identificação das áreas de risco.

Os subsídios propostos para o planejamento urbano e a gestão ambiental referem-se às ações preventivas e mitigadoras destacadas para os bairros estabelecidos sobre a planície de inundação, caracterizada pela presença de ameaças ambientais que podem ser contempladas e dimensionadas no Plano Diretor. Junta-se a isso, a disponibilização de mapeamento e dados sistematizados sobre os riscos existentes e de projetos de expansão e estruturação urbana que contemplem a população das áreas afetadas. O plano diretor, sendo o principal instrumento do ordenamento territorial do município, precisa visar essas demandas e ser elaborado por uma equipe técnica interdisciplinar juntamente com a participação da população, principalmente quando se trata da implantação de ZEIS. (RIBEIRO, 2018)

Sugerimos que a requalificação urbana para as áreas de risco envolva especialistas, técnicos, pesquisadores, gestores, discentes, docentes, comerciantes e a população em geral, a partir de intervenções que estejam em consonância com a legislação ambiental. O planejamento urbano deverá priorizar os bairros que apresentam as ameaças ambientais ligadas a inundações, para que os problemas possam ser evitados.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados da pesquisa, constatou-se que o crescimento desenfreado da zona urbana de Santo Antônio do Tauá provocou a ocupação da planície fluvial da sub-bacia do igarapé Santo Antônio, impedindo que a mesma execute sua função de zona de amortecimento, alterando suas características físicas e geomorfológicas, e apresentando como consequência (aliado às características hidrológicas e climatológicas da área em questão) eventos de inundação que vem causando impactos negativos à população.

Vale ressaltar que os pontos mais críticos relacionados à inundação estão localizados na Avenida Senador Lemos, principal via de acesso à cidade e onde estão concentradas as atividades comerciais. E, também, em pontas de rua como no final da São Joaquim e Presidente Vargas, e nas Tv. Santa Rita e Magalhães Barata, em virtude do padrão de ocupação, da falta de saneamento básico, do aterramento das áreas de inundação, presença de malha viária ou obras de pavimentação, e falta de planejamento urbano. Locais estes que, devido à suscetibilidade, suas características geomorfológicas e os atributos selecionados que contribuem para os eventos de inundação configuram-se como áreas de risco. Nesse sentido, o planejamento urbano assume significativa importância diante da presença de ocupações que caracterizam a paisagem urbana de muitas cidades amazônicas. Seu papel consiste em estabelecer as regras de ocupação do solo e, portanto, subsidiar ações que possam contribuir com a gestão ambiental em áreas de risco. (RIBEIRO, 2017). Durante a realização da pesquisa não se constatou a presença de planos de desenvolvimento urbano ambiental por parte do Executivo municipal, muito menos esforços para implementação do Plano Diretor, principal instrumento de regulamentação da política de uso e ocupação do solo.

Com relação ao arcabouço legal que dá embasamento a essas práticas, a Constituição Federal do Brasil de 1988 (artigo 182) destaca que a política de desenvolvimento urbano deve ser executada pelo Poder Público Municipal, cujo objetivo é de ordenar o desenvolvimento das funções sociais e garantir o bem-estar dos seus habitantes. E, nesse sentido, o Plano Diretor é considerado um instrumento da política urbana obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, que é o caso do Município de Santo Antônio do Tauá. Apesar de contar

com leis como o Estatuto das Cidades - principal instrumento legal, regulamentado pela Lei nº. 10.257/2001; na esfera estadual com destaque para a Política Estadual de Meio Ambiente (PEMA) - Lei nº. 5.887/1995, contendo as atribuições que a legislação federal garante aos estados, referente sobretudo as funções de fiscalizar e licenciar; e na esfera municipal, a Lei Orgânica aprovada a 05 de abril de 1990, juntamente com o Código de Postura do ano de 1993 - Lei nº 28, e o Plano Plurianual vigente para o período 2014-2017, o qual foi aprovado pela Lei nº. 624/2015 que configuram-se como bases legais relacionadas aos processos urbanos e ambientais, além da Política Municipal de Meio Ambiente (PMMA) aprovada em 2015, Lei nº. 627; do ponto de vista do planejamento territorial, verificou-se a ausência do Plano Diretor Urbano (PDU), da Lei Complementar de Controle Urbanístico (LCCU), e de uma Política de Desenvolvimento Urbano, fato este ainda justificado por se tratar de uma cidade de pequeno porte. (PINTO, 2017)

A partir desta situação, ressalta-se a necessidade dos projetos urbanísticos, ou mesmo aqueles voltados à proteção de áreas permanentes, envolverem a população em suas discussões, além de possuírem uma equipe multidisciplinar que seja capaz de analisar tais situações e criar estratégias viáveis que conciliem o bem-estar da população local à preocupação com o meio ambiente, primando pela qualidade ambiental e a requalificação do espaço habitado. As ferramentas de geoprocessamento tornam-se eficientes nesse processo por facilitar a integração e espacialização de dados, reduzindo a subjetividade na análise dos fenômenos e permitindo a articulação de diversos dados temáticos que facilitam a compreensão de realidade, além de favorecer a construção de produtos extremamente eficientes no monitoramento e identificação de áreas de risco.

REFERÊNCIAS

BATISTA, P. H. L. Cartografia geodésica aplicada a riscos de alagamento e inundação na bacia do rio São Bartolomeu (Distrito Federal). Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. ENC/FT/UnB, Geotecnia, 2014.

BARBOSA, E.J.S. **Unidades de relevo em zona costeira estuarina: municípios de Colares e Santo Antônio do Tauá (Pará)**. 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). UFPA, IFCH, 2007.

CHRISTOFOLETTI, A. **Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento**. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

ESPÍRITO SANTO, C. M. A. **A gestão de riscos naturais à erosão e inundação nos planos diretores de municípios da zona costeira (Estado do Pará)**. Dissertação de Mestrado. Núcleo de Meio Ambiente. UFPA, 2011.

FLORENZANO, T. G. (org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria Técnica. Geografia do Brasil. Rio de Janeiro, SERGRAF – IBGE, 1977.

FURTADO, L. G. **Mapas climatológicos da região Nordeste Paraense**. Ananindeua, PA: UFPA, 2018. 20 mapas. Color. Escala: 1:6.000.000

GUERRA, A. J. T. (org.) **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

GONÇALVES, L.F.H. & GUERRA, A.J.T. Movimentos de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (Org.) **Impactos ambientais urbanos do Brasil**. 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

IBGE. **Guia do Censo**. Conceituação. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/materiais/guia-do-censo/glossario.html> Acessado em Outubro de 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Clima**: normal climatológica. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas> Acesso: 05 de jan. 2018.

MACHADO, Carlos R. S. **Conflitos ambientais e urbanos – debates, lutas e desafios** / organizadores – Porto Alegre: Evangraf, 2013.

OLIVEIRA, Edson Luis de Almeida (et all). **Áreas de risco geomorfológico na Bacia Hidrográfica do Passo da Areia, Santa Maria – RS**. Boletim Gaúcho de Geografia, Porto Alegre, nº 30, p. 22-34. Outubro, 2006.

PINTO, Rodrigo de Amorim. **Conflitos ambientais em Santo Antônio do Tauá (PA): considerações a partir do Direito Ambiental**. Pós-Graduação em Direito Ambiental. Departamento de Economia Rural e Extensão. Setor de Ciências Agrárias. UFPR. Curitiba, 2017.

RIBEIRO, Érika Renata Farias. **Contribuições à gestão ambiental e planejamento urbano em áreas de risco da cidade de Abaetetuba-Amazônia (Brasil)**. Papers do NAEA, Belém, Fev 2018.

REIS, Patrícia Antunes dos. **Identificação de áreas vulneráveis a enchentes e inundações em áreas urbanas através de modelos topográficos e hidráulicos**. Minas Gerais: UFU, 2015. 25 f.: il.

ROBAINA, Luis Eduardo de Souza. TRENTIN, Romario (org). **Desastres naturais no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2013. 376 p.: il.; 23 cm.

RODRIGUES, C. **Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista**. Revista do Departamento de Geografia. v.17. São Paulo: USP, 2005.

SANTOS, Alizete dos. **Riscos hidrológicos e geomorfológicos em Aracajú**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano – Universidade Federal de Sergipe / Orientador Hélio Mário de Araújo. – São Cristóvão, 2012

ANEXOS

Quadro 02 – Variáveis de suscetibilidade a risco.

Pontos	Perdas materiais	Ocupação	Malha viária	Nº de ocorrências	Soma das variáveis	Grau de risco
1	1	1	1	2	5	MÉDIO
2	2	2	1	2	7	ALTO
3	2	2	1	2	7	ALTO
4	2	2	2	2	8	ALTO
5	2	1	2	2	7	ALTO
6	2	2	1	2	7	ALTO
7	1	1	1	2	5	MÉDIO
8	2	1	1	2	6	MÉDIO
9	1	0	1	1	3	BAIXO
10	1	0	1	1	3	BAIXO
11	1	1	1	1	4	MÉDIO
12	2	1	1	1	5	MÉDIO
13	2	1	2	2	7	ALTO
14	2	1	2	2	7	ALTO
15	2	1	1	2	6	MÉDIO
16	1	0	1	2	4	MÉDIO
17	1	2	1	2	6	MÉDIO
18	1	1	1	2	5	MÉDIO
19	1	0	1	1	3	BAIXO
20	2	1	2	2	7	ALTO

Fonte: elaborado pelo autor do trabalho.