



Faculdade de Ciências e Tecnologia
Campus de Presidente Prudente

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
Mestrado Profissional

WILLIAM BENEDICTO FRAZÃO DIAS

**ANÁLISE DOS EFEITOS DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO Córrego do Jacú- ASSIS- SP**

PRESIDENTE PRUDENTE- SP

2022

WILLIAM BENEDICTO FRAZÃO DIAS

**ANÁLISE DOS EFEITOS DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO JACÚ- ASSIS- SP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado Profissional, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, Campus de Presidente Prudente, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Prof^a. Dra. Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia.

PRESIDENTE PRUDENTE- SP

2022

D541a

Dias, William Benedicto Frazão

Análise dos efeitos do processo de urbanização na microbacia hidrográfica do córrego do Jacú- Assis- SP / William Benedicto Frazão Dias. -- Presidente Prudente, 2022

119 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (Mestrado profissional - Geografia Profissional) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

Orientadora: Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia.

1. Alagamentos. 2. Inundações. 3. Chuvas intensas. 4. Impactos pluviais. 5. Microdrenagem. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ANÁLISE DOS EFEITOS DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO JACÚ- ASSIS- SP

AUTOR: WILLIAM BENEDICTO FRAZÃO DIAS

ORIENTADORA: ISABEL CRISTINA MOROZ CACCIA GOUVEIA

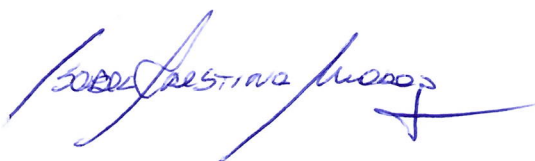
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em GEOGRAFIA, área: Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ISABEL CRISTINA MOROZ CACCIA GOUVEIA (Participação Virtual)
Departamento de Geografia / Unesp/FCT - Câmpus de Presidente Prudente

Prof. Dr. EDILSON FERREIRA FLORES (Participação Virtual)
Departamento de Estatística / Unesp/FCT - Câmpus de Presidente Prudente

Prof. Dr. GUILHERME ALVES DE OLIVEIRA (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Ambiental / UNOPAR

Presidente Prudente, 08 de julho de 2022



Agradecimentos

À minha família por sempre me incentivarem. Irmão, pai, tias, tios, avós primas... Agradeço a todos! Especialmente a minha mãe Antônia (*in Memoriam*).

A todos os meus amigos e colegas que me estimularam nas convivências diárias. Sempre dando suporte e auxílio nos momentos em que mais precisei de apoio. Principalmente ao José, Lucas, Ana e Inez.

A todo pessoal do Núcleo de Laboratório de Análises Clínicas do Hospital Regional de Assis. Já são quase 10 anos de convívio, amizade, harmonias, desarmonias e muita aprendizagem.

À equipe da escola Tutores, Vera e Rose, pelo companheirismo do dia a dia.

À Faculdade de Ciências e Tecnologia- UNESP de Presidente Prudente. Instituição em que sempre quis estudar e pude realizar este sonho cursando o Programa Mestrado Profissional em Geografia (MPGEO). Serei eternamente grato pela formação acadêmica que adquiri.

Aos meus colegas e parceiros de pós-graduação da turma de 2018 e 2017. Foram bons momentos compartilhados, desde o almoço juntos, aulas e visitas de campo. Em especial aos companheiros Diego Agostini e Rodrigo Mazzetti.

Aos Comitês de Bacias Hidrográficas, parceiros do programa, que contribuem com os recursos financeiros e que permitem a formação e capacitação de inúmeros discentes.

Aos servidores da Seção de Pós Graduação, em especial ao Anderson e Lincoln, por todos os atendimentos, orientações e esclarecimentos. Ajudaram demais mesmo!

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado Profissional da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT-UNESP).

À Professora Dr^a Renata Ribeiro Araújo e o Professor Dr. Fernando Sérgio Okimoto pelas fundamentais contribuições e sugestões no relatório de qualificação.

Ao Professor Doutor Guilherme Alves de Oliveira e Professor Doutor Edilson Ferreira Flores, membros da banca de defesa desta dissertação. Agradeço imensamente pela participação e contribuições.

À minha orientadora Professora Dr^a Isabel Cristina Moroz-Caccia Gouveia que foi incrível no suporte e compreensão neste período de pandemia, além da orientação e correções minuciosas. E por estar sempre disposta a ajudar com muita cordialidade e polidez. Gratidão.

RESUMO

A microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú é um sistema hidrológico inserido no Vale Médio do Paranapanema que sofre influência antrópica em diferentes graus, principalmente em razão do processo de urbanização e práticas agrícolas. Neste contexto, a presente pesquisa teve como objetivo principal analisar os efeitos da urbanização, utilizando-se da avaliação de riscos de alagamento, inundações e escoamento superficial concentrado com alta capacidade de transporte, sobre a área da microbacia que está sob o domínio da malha urbana do município de Assis- SP. Para tanto, caracterizou-se a região de inserção da microbacia através de variáveis físicas, geográficas e sócio demográficas, destacando-se as características inerentes à urbanização como processo de ocupação histórico evolutivo da região. Ademais, realizaram-se análises dos geossistemas da microbacia; distribuição temporal das precipitações com enfoque nas chuvas extremas; impacto destes eventos sobre a rede de microdrenagem e macrodrenagem da microbacia; e o plano de drenagem da gestão municipal para reestruturação e solução da problemática. Como resultado: em relação à quantidade de chuva foi registrada média de 1.413 mm distribuída irregularmente ao longo do ano e demonstrando concordância com o comportamento esperado para a região (verão chuvoso e inverno com estiagem). Em relação às chuvas intensas, foram registrados 487 episódios de chuvas com volume superior ou igual a 30 mm/ dia, entre os anos de 1980 a 2020. A estimativa de recorrência encontrada para estes eventos foi, em média, 13 episódios ao ano de chuvas a partir de 30 mm/ dia, enquanto eventos mais extremos, caracterizados por precipitação a partir de 130 mm/ dia são esperados 1 vez a cada 41 anos. Os impactos das chuvas intensas foram avaliados pelo viés qualitativo de reportagens englobando o período de 2011 a 2020, e localizados pontualmente em mapas. Os registros se concentraram nas regiões centrais da cidade sendo frequentes em regiões de vertentes como Rua Antônio Vieira Dias e Regente Feijó. Frente aos impactos pluviais, a gestão municipal possui um plano de saneamento que engloba a rede de microdrenagem da microbacia, apontado as necessidades de reestruturação desta rede e incorporação de novos ponto de captação e escoamento superficial pluvial.

Palavras- chave: Alagamentos, Inundações, Chuvas intensas, Impactos pluviais, Microdrenagem.

ABSTRACT

The Jacú's microbasin watershed is a hydrological system inserted in the Middle Paranapanema Valley that suffers anthropic influence in different degrees, mainly due to the urbanization process and agricultural practices. In this context, the present research had main objective to analyze the effects of urbanization, using the assessment of flooding risks, floods and concentrated surface runoff with high transport capacity, on the microbasin area that is under the domain of the urban perimeter of the city of Assis-SP. Therefore, the microbasin insertion region was characterized through physical, geographic and socio-demographic variables, highlighting the inherent characteristics of urbanization as an evolutionary historical occupation process of the region. Furthermore, analyzes of the microbasin geosystems were carried out; temporal distribution of rainfall with a focus on extreme rainfall; impact of these events on the micro-drainage and macro-drainage network of the microbasin; and the municipal management drainage plan for restructuring and solving the problem. As a result: in relation to the amount of rain, an average of 1,413 mm was recorded, distributed irregularly throughout the year and showing agreement with the expected behavior for the region (rainy summer and dry winter). In relation to intense rainfall, 487 episodes of rainfall were recorded with a volume greater than or equal to 30 mm/day, between the years 1980 to 2020. The recurrence estimate found for these events was, on average, 13 episodes per year of rainfall from 30 mm/day, while more extreme events, characterized by precipitation from 130 mm/day, are expected once every 41 years. The impacts of heavy rains were evaluated through the qualitative mode of reports covering the period from 2011 to 2020, and located occasionally on maps. The records were concentrated in the central regions of the city, being frequent in regions with slopes such as Rua Antônio Vieira Dias and Regente Feijó. Faced with rainfall impacts, the municipal management has a sanitation plan that includes the micro-drainage network of the microbasin, pointing out the needs for restructuring this network and incorporation of new points of capture and surface rainwater runoff.

Keywords: Flooding, Floods, Heavy rains, Rainfall impacts, Microdrainage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Bacia Hidrográfica.....	17
Figura 2- Perfil esquemático das formas fluviais	18
Figura 3- Exemplos de impactos oriundos dos usos adequados e inadequados do solo em Bacias Hidrográficas	22
Figura 4- Características dos leitos do rio	25
Figura 5- Vazão Máxima	28
Figura 6- Localização das estações hidrometeorológicas em relação à microbacia do Córrego do Jacú.....	32
Figura 7- Localização da área de estudo- Microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú	38
Figura 8- Mesorregião de Assis com destaque ao município de Assis	39
Figura 9- Topografia de Assis- SP com delimitação da microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú	42
Figura 10- UGRHI 17 com destaque aos principais rios	43
Figura 11- Característica da UGRHI 17.....	44
Figura 12- Logradouros e cursos d'água- Área urbana de Assis.....	45
Figura 13- Densidade demográfica- Habitantes/ Km ²	47
Figura 14- Microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú no município de Assis/ SP, com detalhes da canalização.	48
Figura 15- Vale do Jacú- Anos 1920	49
Figura 16- Registro aéreo da estação ferroviária. Vale do Córrego do Jacú ao fundo- Anos 1930.....	50
Figura 17- Obra de canalização do Córrego do Jacú	51
Figura 18- Construção do Ponto de Drenagem	51
Figura 19- Ponto de Barragem e Drenagem	52
Figura 20- Paço Municipal- Anos 1960	53
Figura 21- Dreno da Nascente do Córrego do Jacú- Início do trecho superficial	54

Figura 22- Análise espacial da canalização do Córrego do Jacú com pontos de referência histórica de urbanização.....	55
Figura 23- Evolução Urbana da Microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú	56
Figura 24- Vista das margens do Córrego do Jacú em área urbana	57
Figura 25- Distribuição demográfica da Microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú	58
Figura 26-Expansão Urbana- Assis-SP, com delimitação da Microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú.....	60
Figura 27- Vazios urbanos na microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú.....	61
Figura 28- Esquina da Rua Smith de Vasconcellos com Rua Antônio Vieira Dias- À direita o pátio da Prefeitura Municipal de Assis.	62
Figura 29- Declividade do trecho canalizado do Córrego do Jacú.....	63
Figura 30- Vista área do percurso do córrego em área urbana com destaque aos principais pontos com registros de risco hidrológico.....	65
Figura 31- Precipitação anual e análise de tendência (1980-2020)- Assis-SP.	68
Figura 32- Médias pluviométricas e dias com chuvas (1980 -2020) - Assis-SP.....	70
Figura 33- Pluviograma -Assis-SP (1980-2020)	73
Figura 34- Eventos chuvosos com precipitação ≥ 30 mm/ dia- Assis-SP (1980-2020).....	77
Figura 35- Número de eventos/ano com precipitação ≥ 30 mm/ dia- Assis-SP (1980-2020).	78
Figura 36- Registro de nuvem Stratocumulus volutus em Assis.	84
Figura 37- Distribuição das ocorrências, reportagens e pontos (2011- 2020).....	86
Figura 38- Distribuição dos principais pontos de ocorrências de riscos hidrológicos danosos em Assis (2011- 2020).....	89
Figura 39- Registro do Decreto Nº 6.040- Estado de emergência- Assis- SP.....	91
Figura 40- Apontamento dos principais pontos de ocorrências de risco hidrológico danoso em 14/10/2011- Assis-SP.	92
Figura 41- Registro dos Pontos de Alagamentos com veículos automotores parcialmente submersos- Avenida André Perine (túnel) e Rodovia Raposo Tavares.	93

Figura 42- Registro do dimensionamento da cratera aberta após chuva intensa em Assis.	94
Figura 43- Manchetes de diversos veículos de imprensa informando sobre o evento extremo.	95
Figura 44- Apontamento dos principais pontos de ocorrências de risco hidrológico danoso em 4/01/2017- Assis-SP.	96
Figura 45- Proposta para aumento de captação e escoamento pluvial- Microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú.	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Principais características das estações hidrometeorológicas.	33
Tabela 2- Veículo de imprensa- base das reportagens	36
Tabela 3- Evolução da população assisense nos últimos 50 anos	46
Tabela 4- Dados históricos de precipitações em Assis- 1980 a 2020.....	67
Tabela 5- Relação dos eventos de chuvas extremas em Assis por mês (1980-2020)	75
Tabela 6- Frequência das ocorrências por faixa pluviométrica- Assis-SP (1980-2020).....	79
Tabela 7- Frequência e recorrências de chuvas intensas conforme faixa de precipitação	80
Tabela 8- Distribuição mensal dos dias com chuva e dias com chuvas intensas ...	82
Tabela 9- Quantitativos de reportagens cobrindo os eventos hidrológicos em Assis-SP (2011 -2020))	85
Tabela 10- Caracterização da distribuição do número de alagamento por mês.	87
Tabela 11- Caracterização das ocorrências registradas por ano (algarismo em parênteses indica a posição ordinal na análise da variável)	88
Tabela 12- Objetivos e metas do Plano Municipal dos Serviços de Saneamento Básico	97

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação I- Cálculo de frequência:	344
Equação II- Frequência pelo Método Califórnia:.....	355
Equação III- Cálculo do tempo de retorno ou tempo de recorrência.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
APP	Área de Preservação Ambiental
CBH-MP	Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
COBRADE	Classificação de Codificação Brasileira de Desastres
COMDEC	Coordenadoria Municipal de Defesa Civil
DAEE	Departamento de Água e Energia Elétrica
EEF	Estação Estadual Florestal
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IF	Instituto Florestal
PMA	Prefeitura Municipal de Assis
PMESSB	Plano Municipal Específico dos Serviços de Saneamento Básico Drenagem Urbana
RNH	Rede Hidrometeorológica Nacional
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SEADE	Sistema Estadual de Análise de Dados
SEAMA	Secretaria da Agricultura e Meio Ambiente
SIGRH	Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos
SP	São Paulo
UC	Unidade de Conservação
UGRHI	Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
UPH	Unidade de Planejamento Hídrica

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVO DA PESQUISA	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	17
3.1 O rio como unidade da Bacia Hidrográfica.....	17
3.2 Relação das águas com a forma e ocupação urbana	18
3.3 Urbanização e ocupação humana.....	19
3.4 Conservação do solo.....	21
3.5 Vulnerabilidade, suscetibilidade e desastres naturais hidrológicos	23
3.5.1 Inundação	24
3.5.2. Enchentes.....	26
3.5.3 Enxurrada	26
3.5.4 Alagamento.....	27
3.6 Sistema urbano de drenagem e eventos de chuvas intensas	27
3.7 Importância da Área de Preservação Permanente (APP).....	29
4. MATERIAIS E PROCEDIMENTO METODOLÓGICOS.....	31
4.1 Histórico e Contextualização do objeto de estudo:	31
4.2 Levantamento e seleção de dados hidrometeorológicos	31
4.3 Determinação de eventos extremos.....	33
4.4 Análise de frequência e recorrência de chuvas intensa	34
4.5 Avaliação dos impactos hidrometeorológicos	35
4.6 Análise da drenagem urbana e plano de ação	37

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
5.1 Caracterização da área de estudo.....	39
5.1.1 Aspectos gerais do Município de Assis	39
5.1.2 Características do Meio Físico.....	40
5.1.3 Recursos hídricos	42
5.1.4 Aspectos sociais e dinâmica populacional de Assis	46
5.1.5 Microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú	47
5.1.6 Cronologia e Ocupação do Vale do Córrego do Jacú	49
5.1.7 Caracterização do processo de urbanização da microbacia	56
5.1.8 Produção de novas áreas urbanas	59
5.2 Caracterização do problema	62
5.3 As precipitações em Assis	66
5.3.1 A variabilidade dos índices pluviais em Assis entre 1980 e 2020.....	66
5.3.2 Análise das precipitações extremas.....	74
5.4 Impactos das chuvas intensas em Assis	82
5.4.1 Impactos pluviais noticiados pela imprensa.....	83
5.4.2 Avaliação de eventos pluviais com risco hidrológico danoso	90
5.4.2.1 Registro I- Episódio do dia 14 de outubro de 2011	90
5.4.2.2 Registro II- Episódio do dia 04 de janeiro de 2017	93
5.5 Análise da drenagem urbana em Assis	97
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
ANEXOS.....	108

1. INTRODUÇÃO

A partir de uma perspectiva histórica, a relação entre homem e cidade sempre foi intimamente relacionada à água em diversos locais do mundo. Essa relação se revela em diversas realidades, podendo ser positiva como no caso de recuperação e revitalização de rios urbanos, ou negativa como no caso de grande aglomerados urbanos que ocupam regiões de várzeas e despejam, sem qualquer tipo de tratamento, dejetos e resíduos urbanos e industriais.

A ocupação urbana ocorrida nas regiões adjacentes aos rios nem sempre se estabeleceu de forma planejada, sendo em sua maioria caracterizada por ocorrência espontânea, resultando, em alguns casos, em modificações e impactos ao meio ambiente (CORAZZA et al., 2008).

No contexto da urbanização sem o planejamento adequado, isto é, onde não se analisou as ações consideradas mais significativas em relação a uma problemática urbana, observa-se uma relação conflitante entre sociedade e meio natural. Nestas situações, os rios urbanos são os cursos d'água que vêm sofrendo as maiores modificações e degradações, e por esta razão geram grande preocupação.

Os fluxos de águas que drenam regiões urbanas são vistos, até os dias atuais, de modo excludente do cotidiano destas cidades, deixando marcas em seus corpos hídricos. Em um estudo sobre a recuperação de rios urbanos, Gorski (2011) ressalta que estes corpos d'água têm sua condição de deterioração agravadas pelas condições de gestão que as cidades estão submetidas, como a precariedade do saneamento básico, a crescente poluição ambiental, ocupações irregulares de regiões de várzeas e intensa impermeabilização do solo. Todos estes fatores culminam em alterações hidrológicas e morfológicas, refletindo como consequência aos sistemas hídricos uma contínua degradação.

A degradação de rios urbanos, além de afetar o aspecto paisagístico do curso d'água, reduz o potencial de uso da água, afetando diretamente os mananciais que possivelmente desempenhariam importante papel no abastecimento público. Além destas, outras problemáticas encontradas estariam ligadas à rede de drenagem, destacando-se os eventos de inundações e que, para sua solução, mobilizam grandes investimentos.

A ocupação adequada de uma dada área ou região, de forma a minimizar o impacto ambiental e aproveitar o máximo de seus recursos naturais, requer conhecimento prévio sobre o meio físico ao qual está inserida. Assim, é preciso conhecer sua formação geológica, composição de solo e formas ou unidades do relevo. Para tanto, são indispensáveis noções em Geologia, Pedologia e Geomorfologia.

O Estado de São Paulo apresenta diversas áreas potencialmente favoráveis ao desenvolvimento de processos erosivos, tanto por erosão laminar, como por erosão linear, com ravinas e boçorocas. Esta predisposição se deve à susceptibilidade natural dos terrenos ou pelo reflexo de ações inadequadas de uso e ocupação do solo (IPT, 1994).

O município de Assis, localizado na Unidade de Gerenciamento dos recursos Hídricos do Médio Paranapanema (UGRHI 17), apresenta problemas em relação ao uso e ocupação do solo, assim como qualquer outro município do Oeste paulista. Sobretudo por estar numa região onde há predomínio de terrenos com altíssima suscetibilidade à erosão. A ocupação humana- iniciada pelo desmatamento, seguida pelo cultivo do solo, criação de estradas e urbanização das regiões adjacentes estabelecidas de modo irregular- associada ao mau planejamento urbano e a escoamento concentrado tende a desenvolver processos erosivos de grandes proporções.

A carência de informações detalhadas sobre o meio físico (aspectos geológicos, pedológicos e geomorfológicos) e dos seus recursos hídricos é uma realidade de muitos municípios do interior paulista, inclusive Assis. Esta falta de informações acarreta em consequências diretas sobre o desenvolvimento adequado de projetos para saneamento básico, uso e ocupação do solo, gerenciamento de resíduos sólidos, dentre outros.

O conjunto dessas informações constitui ferramenta essencial para o planejamento urbano ordenado e a ocupação territorial adequada do município e a falta destas informações geram empecilhos ao planejamento integrado do município e à sua região.

2. OBJETIVO DA PESQUISA

2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal desta pesquisa foi avaliar os efeitos do processo de urbanização na microbacia hidrográfica do córrego do Jacú. Para tanto, foram analisadas as ocorrências de registros e riscos hidrológicos como alagamentos, escoamento superficial concentrado e inundações na área urbana do município de Assis, sobre domínio da microbacia hidrográfica do córrego do Jacú.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar e caracterizar a região de microbacia do Córrego do Jacú;
- Conhecer a dinâmica pluviométrica local, com enfoque na variabilidade da precipitação e análise de recorrência das precipitações designadas como extrema;
- Localizar e caracterizar os impactos relacionados à má drenagem das águas pluviais sobre domínio da microbacia do Córrego do Jacú;
- Avaliar o plano e propostas de ações, curto, médio e longo prazo da administração municipal em relação aos impactos hidrometeorológicos que afetam a microbacia e, por conseguinte, à população.

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 O rio como unidade da Bacia Hidrográfica

Uma bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação delimitada no espaço pela topografia (**Figura 1**). Sendo composto basicamente pelo conjunto de superfícies de vertentes de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até formar um leito único, o exutório (ANA).

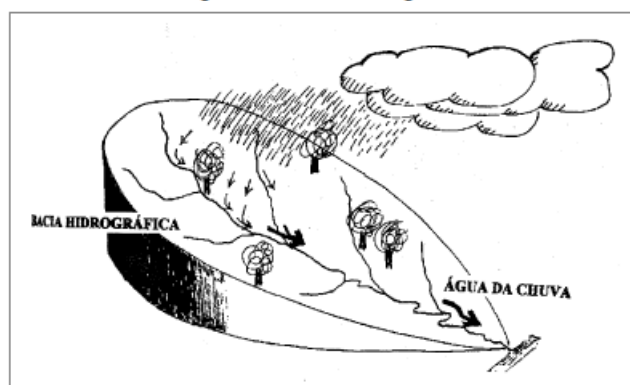


Figura 1- Bacia Hidrográfica

Fonte: ANA, 2011.

O sistema hídrico é composto por elementos que se correlacionam entre si. Em uma análise da nascente à foz, as características geomorfológicas do sistema de drenagem (afluente, subafluentes, meandros e áreas de inundação) estão em constante interação criando as condições de escoamentos, de armazenamento e transbordamento das águas no ecossistema fluvial (SOUZA, 2015).

Em relação aos leitos fluviais da bacia hidrográfica, estes correspondem à região que pode ser ocupadas pela drenagem das águas. Acerca do perfil das planícies de inundação podem-se esquematizar as seguintes conformações fluviais (**Figura 2**): leito de vazante para escoar água de níveis mais baixos; leito menor definido pelos diques marginais, com escoamento constante, impedindo o crescimento de vegetação; leito maior: corresponde à região de inundação, sendo ocupado, sobretudo, nas épocas de cheias (CHRISTOFOLETTI, 1980).

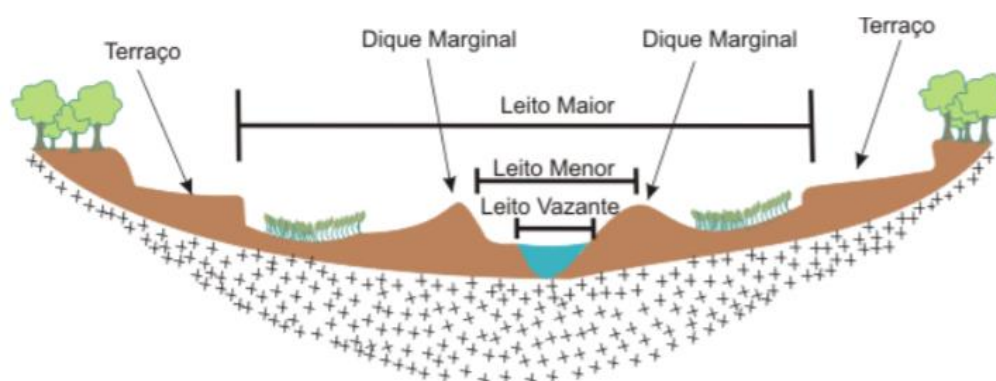


Figura 2- Perfil esquemático das formas fluviais

Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter11.html>.

3.2 Relação das águas com a forma e ocupação urbana

Refletir sobre o espaço urbano nos faz reportar às numerosas problemáticas sociais pertencentes a esse tema, entre eles o déficit habitacional, a segregação espacial, a ausência de infraestrutura e da mobilidade.

As cidades são cenários de problemas sociais, econômicos e ambientais, principalmente em países economicamente em desenvolvimento, como o Brasil, onde a desigualdade social aliada à carência de recursos financeiros e técnicos se somam com as questões de infraestrutura e gestão ambiental (GORSKI, 2010). Desta forma, torna-se um desafio conciliar os impactos ambientais provenientes do processo de urbanização com a manutenção e preservação ambiental.

A sociedade e a natureza são vistas como representações inseparáveis, interligadas, integradas, e simultâneas, e neste sentido são responsáveis pelas “contradições, tensões e conflitos” (SWYNGEDOUW, 2001).

“ [...] o avanço da urbanização sobre o meio natural, de maneira desordenada, tem causado a degradação progressivas das áreas de mananciais remanescentes, com a implantação de loteamentos irregulares e a instalação de usos e índices de ocupação incompatíveis com a capacidade de suporte do meio. O parcelamento indiscriminado do solo nas periferias urbanas é uma das principais fontes de problemas ambientais das cidades” (BRAGA, 2003, p.113).

As águas urbanas são todas as águas que circulam ou se estagnam no domínio das cidades, de forma natural ou artificial (AZEVEDO, 2007). Englobando,

assim, o sistema de abastecimento de água e esgotos sanitários, a drenagem urbana e as áreas ribeirinhas.

Os rios e as cidades, em um contexto histórico, apresentam uma antiga relação, sobretudo em razão do povoamento se suceder às margens dos rios (COSTA, 2006). Assim, a vida urbana sempre esteve atrelada às águas, sendo estes elementos determinantes na escolha das áreas para a ocupação humana.

Neste sentido, os corpos d'água representam eixos ao longo dos quais se estabeleceu a organização do povoamento, estruturando, assim, a malha urbana às suas adjacências, limitando e direcionando o crescimento urbano e estabelecendo as primeiras configurações da cidade (GORSKI, 2011).

Os rios e o sistema fluvial sempre desempenharam um importante papel na sobrevivência humana: consumo, transporte hidroviários de produtos e populações, delineador na ocupação e ordenamento territorial, e elemento preponderante para a relação entre Homem e Natureza.

Contudo, apesar deste contexto de importância, muitos rios e córregos têm sofrido ao longo dos anos modificações para se adequarem as novas configurações urbanas. Assim, estas ações antrópicas, tem afetado sua hidrodinâmica e ocasionando interferências em suas funções naturais (escoamento superficial, recarga das águas subterrâneas, nascente, entre outras) (PELLEGRINO, 2006). Percebe-se que a importância dos rios sucumbiu às razões utilitárias das sociedades, passando de elementos essenciais aos assentamentos urbanos a obstáculo para desenvolvimento destas áreas.

Selles et al. (2001) afirmam que a maior parte das intervenções observadas pelas ações antrópicas só foram consideradas sob a ótica dos aspectos setoriais e negligenciados os aspectos culturais, sanitários, ecológicos, urbanísticos e paisagísticos.

.

3.3 Urbanização e ocupação humana

O processo de urbanização do Brasil é resultado de um formato heterogêneo de ocupação. A grande maioria das cidades brasileiras tende a ter seu crescimento inicial e sua posterior expansão sem planejamento ambiental, o que permite que as

populações invadam áreas de preservação ambiental, além de áreas tecnicamente frágeis e com relevo impróprio para edificações (MARICATO, 2001).

A ocupação do solo urbano nas áreas de várzeas é regulamentada pela Lei nº 12.651 de 2012 do Código Florestal brasileiro, que dispõe as métricas de faixa mínima de proteção ambiental adjacente aos corpos d'água em área rural e urbana (Área de Preservação Ambiental- APP). Contudo, como esta normativa é de 1965, a maioria das cidades já havia sido submetida a intensos processos de transformação territorial, nos quais o uso e ocupação do solo não resguardou a vegetação natural presente.

Neste sentido, são inúmeras regiões urbanas em que as margens dos rios encontram-se em contato direto com edificações antrópicas e áreas de grande densidade populacional. Como estas regiões já se estabeleceram e estão consolidadas, o Código Florestal não foi respeitado.

“Estampa-se, assim, o primeiro paradoxo subjacente ao tema: de um lado, as múltiplas funções urbanísticas e o efeito de atração que os corpos d'águas exercem sobre as pessoas; de outro o dispositivo legal que impede a ocupação formal das margens dos corpos d'água no Brasil, visando à preservação das suas funções ambientais” (MELLO, 2008, p. 39).

O planejamento urbano está regulamentado, no Brasil, através do Estatuto da Cidade, Lei Federal nº 10.527/2000, que estabelece as normativas de ordem pública e interesse social a fim de regular o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental (BRASIL, 2010).

O Estatuto da Cidade ainda dispõe de alguns instrumentos que propiciam a execução do planejamento, como os planos nacional, regional e estadual, onde estão definidos os parâmetros para o plano diretor; disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo; zoneamento ambiental; plano plurianual; diretrizes orçamentárias e orçamento anual; gestão orçamentária participativa; planos, programas e projetos setoriais; planos de desenvolvimento econômico e social (BRASIL, 2010).

Os principais componentes da estrutura da gestão da cidade envolvem os seguintes elementos: Planejamento e gestão do uso do solo; Infraestrutura viária, água, energia, comunicação e transporte; e, gestão socioambiental (TUCCI, 2005).

Para Tucci (2005), o planejamento urbano é realizado para a cidade formal, e para a cidade informal são analisadas tendências dessa ocupação. Tucci ainda elenca alguns dos principais problemas com a infraestrutura de água no ambiente urbano:

- ✓ Ocupação do leito de inundação ribeirinha, sofrendo frequentes inundações;
- ✓ Impermeabilização e canalização dos rios urbanos com aumento da vazão de cheia e sua frequência;
- ✓ Aumento da carga de resíduos sólidos e da qualidade da água pluvial sobre os rios próximos das áreas urbanas;

3.4 Conservação do solo

O solo é um elemento natural essencial à conservação e equilíbrio da biosfera terrestre (ELTZ, 2005). Tem como principais funções o armazenamento, escoamento e infiltração da água superficial, sendo um componente fundamental para o desenvolvimento de diversos ecossistemas. Ademais, contribui para a capacidade produtiva de alimentos, sendo preponderante como regulador do clima, retenção de carbono e subsídio ao desenvolvimento da flora e fauna (TOLEDO et al., 2000).

Apesar de vital importância, é um recurso afetado diretamente quando submetido às condições de uso e manejo inadequados. Isto é evidenciado quando a crescente preocupação ecológica e socioambiental refere-se a eles como um recurso degradável, limitado e não renovável (CREA, 2016). Neste aspecto, a qualidade das águas dos mananciais torna-se reflexo do que está ocorrendo no ambiente, bem como a forma como os solos têm sido tratados.



(*) 1. Terreno desmatado. 2. Terreno cultivado morro abaixo. 3. Assoreamento de rios e açudes. 4. Erosão com voçoroca invade terras cultivadas. 5. Êxodo rural. 6. Lavouras cultivadas sem proteção. 7. Pastagem exposta à erosão. 8. Inundações



(*) 1. Terreno com exploração florestal. 2. Terreno cultivado em curva de nível e outras práticas conservacionistas. 3. Rios e açudes livres de assoreamento. 4. Culturas com práticas conservacionistas. 5. Desenvolvimento de comunidades agrícolas. 6. Áreas de pastagens protegidas contra a erosão. 7. Áreas de pastagens protegidas. 8. Inundações controladas e áreas agrícolas reaproveitadas.

Figura 3- Exemplos de impactos oriundos dos usos adequados e inadequados do solo em Bacias Hidrográficas

Fonte: Souzacruz apud Araujo et al., 2003.

O uso e manejo adequado do solo não se limitam apenas ao meio rural e suas práticas agrícolas conservacionistas. Como forma de conservação dos recursos hídricos deve ser aplicada também em bacias hidrográficas urbanas. Entretanto, alguns aspectos devem ser considerados conforme aponta CATI (2014):

- ✓ Criação de conjuntos de legislações específicas para cada município (principal ente público responsável pelo ordenamento de uso), apontando as

regulamentações do uso do solo e da água e, sobretudo, a punição de gestores públicos e privados que as descumpram;

- ✓ Concepção e aplicação de normas que regulamentem a ocupação do solo e dos espaços, respeitando as características de cada região, buscando a proteção e a conservação das águas;
- ✓ Criação de legislações que permitam a desapropriação de áreas para fins de alocação de populações em risco;
- ✓ Geração de sistemas de educação, conscientização e sensibilização ambiental. Esse último, como principal instrumento de garantia e via de manutenção dos recursos, pois a conservação do solo e da água melhora o rendimento das culturas e garante um ambiente mais saudável e produtivo, para a atual e as futuras gerações.

3.5 Vulnerabilidade, suscetibilidade e desastres naturais hidrológicos

Considerando-se que risco é o perigo ou ameaça para que um determinado evento ocorra. E analisando-se a forma como o homem se organiza e ocupa o espaço. Pode-se aferir que a situação de vulnerabilidade e suscetibilidade está sujeita a diversas realidades. Sendo que as características naturais e as condições sociais e econômicas constituem em elementos determinantes e variáveis, influenciando em maior ou menor grau estas situações (MENEZES JUNIOR, 2015).

Para UNDP (2004), a suscetibilidade está atrelada às condições físicas do meio. Neste sentido, trata-se da análise da intensidade ou probabilidade de um determinado local vir a sofrer determinado impacto em razão de um perigo natural. Por outro lado, a vulnerabilidade busca detectar pessoas ou ambientes sob risco, além de reconhecer quem é o elemento mais vulnerável neste espaço.

“Assim, ser vulnerável é estar fisicamente exposto a uma álea (natural ou outra), é apresentar certa fragilidade diante do sinistro (em razão, por exemplo, de uma má qualidade das construções, de um desconhecimento da álea, de elevadas densidades humanas, da estrangulação das redes de serviços...). É, de igual modo, não ter em vista os meios disponíveis para enfrentar a crise que pode sobrevir. Ora, em inúmeros casos, o despreparo da população é a regra, a acessibilidade dos meios de socorro a certos bairros permanece insuficiente. Reduzir a vulnerabilidade não consiste em tentar reduzir a frequência da álea, o que é, em certos casos totalmente impossível (terremotos, vulcanismos, inundações...), mas em

diminuir os efeitos possíveis da crise por meio do conhecimento dos processos e pela instalação de dispositivos adequados” (CUNHA, 2015. p. 43).

Os episódios de desastres naturais decorrente da dinâmica das águas nas regiões urbanas do Brasil têm-se tornando cada vez mais frequente, sobretudo em épocas sazonais marcadas por altos índices pluviométricos. Estes eventos afetam diretamente a qualidade de vida das populações, sobretudo àquelas que residem em fundos de vales.

A cidade apresenta uma dinâmica geomorfológica própria. À medida que o espaço urbano é ocupado e alterado, há um impacto direto no contexto espacial. Este impacto cria uma nova dinâmica no ambiente urbano, como por exemplo, o surgimento recorrente de episódios de alagamento, inundações, enchentes e enxurradas.

Os conceitos e classificação destes episódios costumam gerar dúvidas, sobretudo por se tratarem de eventos naturais ou não, mas impreterivelmente associados às dinâmicas das águas. Assim, estes episódios serão abordados pela ótica dos seguintes autores: Castro, 1996, Gontijo, 2007; Grilo, 1992; Pômpeo, 2000; Tucci, 1993,1995, 2007.

3.5.1 Inundação

O conceito de inundação, anteriormente intitulado de enchentes ou inundações graduais, vem sendo abordado por um número cada vez maior de autores para retratar os episódios de chuvas intensas e prolongadas nas cidades. Segundo o COBRADE as inundações compõe o grupo de desastres naturais hidrológicos, onde ocorre a submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em regiões que normalmente não se encontram alagadas, com a ocorrência de um transbordamento gradual.

Autores como Tucci (2007) relatam que a ocorrência das inundações em perímetro urbano é inerente ao processo histórico de crescimento das cidades. Neste sentido, a inundação ocorre quando as águas fluviais e pluviais ultrapassam o limite do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte de um destes sistemas, ocupando, assim, áreas onde a população estabeleceram suas

moradias, áreas de recreação, indústrias, malhas viárias entre tantas outras edificações.

Tucci (2007) ainda destaca que a origem destes eventos pode ser proveniente do comportamento natural dos rios, cujos efeitos foram intensificados pela alteração antrópica sobre o meio, como observado no processo de urbanização, onde há aumento da impermeabilização do solo e canalização dos cursos d'água.

Gontijo (2007) define as inundações como acontecimentos temporários onde há aumento das vazões de escoamento do leito normal do curso d'água, com ocasional submersão dos seus terrenos marginais. Neste sentido, observa-se o fluxo de água aumentado sobre um trecho do rio, extrapolando a capacidade de drenagem habitual, e desta forma ocasionando o transbordamento do corpo hídrico e consequente ocupação do leito maior (TUCCI,1993).

Para Castro et al. (1996) as inundações são processos de ocorrência natural, próprio da dinâmica fluvial. Os rios possuem uma área dos seus leitos que estão sujeitas às inundações, sendo previsível e tendo seus ciclos sazonais. Esses eventos passam a ser considerado um problema quando esses leitos são ocupados, isto é, através de ação antrópica (**Figura 4**).

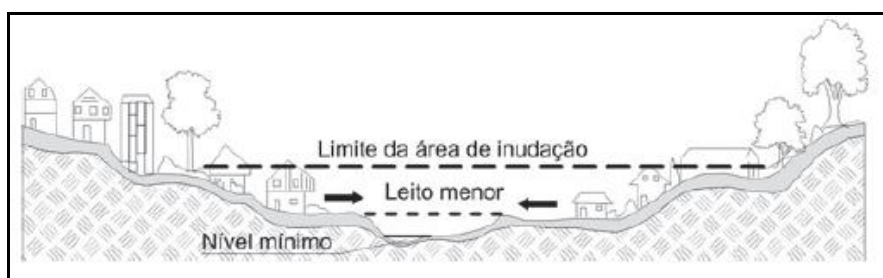


Figura 4- Características dos leitos do rio
Fonte: Tucci, 2005.

Com a crescente urbanização há o aumento da impermeabilização do solo e redução da percolação, intensificando, assim, o risco de inundações.

No caso dos municípios com problemas de inundação, aproximadamente 25% atribuíram o fato a degradação de áreas protegidas e a ocupação irregular de áreas frágeis e 30% ao desmatamento. Em síntese, os processos como deslizamento de encostas, inundações e erosão estão fortemente associados à degradação de áreas frágeis, potencializada pelo desmatamento e ocupação irregular (MAFFRA; MAZZOLA, 2007, p.10).

3.5.2. Enchentes

As enchentes são definidas como fenômenos naturais, que correm sazonalmente nos cursos d'água devido a chuvas com maior magnitude. Em áreas urbanas, estes fenômenos podem ser provenientes de chuvas intensas de rápida ou longa duração, ou terem como origem do transbordamento de cursos d'água que tiveram alterações no equilíbrio no ciclo hidrológico em território à montante das áreas urbanas; ou ainda, como causa a própria urbanização. (POMPEO, 2000)

Segundo Tucci (2007), há em dois tipos de enchentes. A primeira devido à urbanização e a segunda referente às enchentes em áreas ribeirinhas:

[...] a primeira é caracterizada pelo aumento de sua frequência e magnitude devido à ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. Adicionalmente o desenvolvimento urbano pode produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento. As enchentes em áreas ribeirinhas são naturais, atingindo a população que ocupa o leito maior dos rios. Essas enchentes ocorrem, principalmente, pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos extremos, em média com tempo de retorno da ordem de 2 anos.

3.5.3 Enxurrada

Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2012) são encontrados diversos termos, em literatura, para se referir ao fenômeno de enxurrada. Entre eles, destacam-se inundação relâmpago, inundação ou enchente repentina e inundação. Segundo o COBRADE, define-se como enxurrada o escoamento superficial de alta velocidade e energia, proveniente de chuvas intensas e concentradas. Apresenta como característica a elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial.

Ademais, seu local de ocorrência está associado às regiões de vale, pequenas bacias e vertentes com alta declividade, que aliado ao aumento da impermeabilização do solo e redução da capacidade de infiltração, tem permitido que as águas concentrem-se e atinjam grandes velocidades em um pequeno espaço de tempo. Este acúmulo potencializa os efeitos das inundações, tornando-as bruscas e mais destrutivas (ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2012).

3.5.4 Alagamento

O alagamento é um fenômeno hidrológico proveniente de precipitações que resultam no acúmulo de água em solos saturados. Em termos de ocorrência são observados em áreas planas ou com depressões, além de fundos de vales, com o escoamento superficial comprometido pela topografia ou, ainda, insuficiência de um sistema pluvial no ambiente urbano. Neste sentido, observa-se que quanto menor a extensão de áreas verdes, menor será a taxa de infiltração de água no solo, desencadeando menor auxílio para o escoamento superficial e potencializando os efeitos dos alagamentos. (TEODORO, 2007)

A COBRADE define alagamentos como a extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente concentração de água, em decorrência de precipitações extremas, em superfícies como a malha viária, calçadas, entre outras infraestruturas urbanas,

Mediante as definições apresentada, neste trabalho serão utilizados os termos de inundação e de alagamento para classificar os eventos hidrológicos. Justifica-se por se tratarem de conceituações mais adequadas ao tipo de evento, em meios urbanos e causados por chuvas intensas.

3.6 Sistema urbano de drenagem e eventos de chuvas intensas

Para melhor compreender as implicações ocasionadas por estes eventos, tornam-se necessárias algumas considerações a respeito da dinâmica fluvial observada em cidades. Para tanto, devem ser observadas às séries históricas de dados pluviométricos, vazão e variação de níveis de água, além de análises estatísticas para a caracterização de eventos extremos em termos de magnitude e frequência (BENINI & ROSIN, 2011).

Neste sentido, os dados hidrológicos permitem a caracterização e análise do meio físico, contribuindo no planejamento e gestão urbana. Deste modo, esse conjunto de informações deve subsidiar a elaboração de planos diretores, de projetos de gestão ambiental, assim como à identificação de áreas de risco e vulnerabilidade físico-ambiental (BENINI & ROSIN, 2011).

A água desempenha um papel importante no meio urbano, havendo necessidades de atendimento a demandas diferenciadas, questões relativas à sua qualidade, disponibilidade e, sobretudo, escoamento de águas de chuva. A gestão destas águas é essencial em uma análise e planejamento do saneamento urbano.

Tucci (2005) aponta alguns impactos ocasionados pela crescente urbanização:

- ✓ Aumento das vazões máximas (**Figura 5**) e frequência em virtude do aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies;
- ✓ Aumento da produção de sedimentos sólidos pela falta de proteção das superfícies e pela produção de resíduos sólidos (lixo).
- ✓ A deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, em razão de lavagem das ruas, transporte de material sólido e de ligações clandestinas de efluentes;
- ✓ Por causa da forma desorganizada como a infraestrutura urbana é implantada, tais como: (a) pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento; (b) redução de seção do escoamento por aterros de pontes e para construções em geral; (c) deposição e obstrução de rios, canais e condutos por lixos e sedimentos; (d) projetos e obras de drenagem inadequadas, com diâmetros que diminuem a jusante, drenagem sem esgotamento, entre outros.

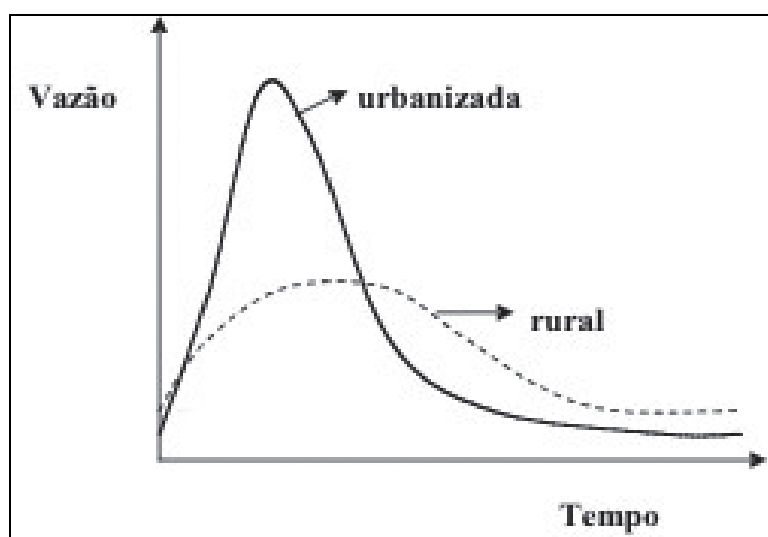


Figura 5- Vazão Máxima

Fonte: Tucci, 2005

A análise e discussão envolvendo eventos de precipitação extrema tem papel imprescindível nesta pesquisa, sendo, portanto, fundamental conceitua-la. Segundo Tucci (1993), compreende-se como precipitação toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície, seja em forma chuva, granizo, geada ou neve. Tendo como principais características, segundo o autor, o volume, a duração e a distribuição espacial e temporal da precipitação.

Analizando a precipitação em forma de chuva, nota-se que esta não se distribui uniformemente no espaço, sendo necessário determinar a sua intensidade, duração e frequência, com base em estatísticas através das séries históricas de medição. Tucci (1993) afirma ainda que a precipitação máxima é compreendida como a ocorrência extrema, com duração, distribuição temporal e espacial, essenciais para uma determinada área de captação.

Mediante a isto, observa-se que a ocorrência de alagamentos se sucede, em sua maioria, por eventos de chuva extrema e precipitação máxima. Analisar a frequência e os índices de chuvas extremas consiste em um importante instrumento ao estudo da hidrologia. Tendo sua aplicação associada ao dimensionamento de obras hidráulicas para controle de cheias, captação e escoamento de água seja para usos múltiplos, drenagem urbana e do solo, e controle de erosão (MELLO et al., 2008).

3.7 Importância da Área de Preservação Permanente (APP).

As áreas de preservação permanentes estão amparadas pelo Novo Código Florestal, Lei 12.651/2012, conforme preconiza os artigos 2º e 3º do mesmo. É considerada APP toda área coberta ou não por vegetação nativa, que tem a finalidade de proteger os recursos ambientais, os hídricos, paisagens e a estabilidade geológica da área, assegurando, assim, o bem estar da população local (BRASIL, 2012).

Há vários fatores físicos que interferem no meio ambiente das APP, sendo os mais importantes para a presente pesquisa: os problemas encontrados nas encostas e problemas encontrados nas margens dos rios e cursos d'água.

Nas áreas de nascente, a mata ciliar tem a função de amortecer os impactos ocasionados pelas precipitações, evitando, assim, o contato direto destas com o

solo, além de tornar o processo de compactação do solo mais lento. As raízes das plantas encontradas na mata ciliar promovem a manutenção do solo e auxiliam no processo de infiltração da água, evitando a ocorrência do assoreamento. (SKORUPA, 2003).

A vegetação encontrada às margens dos cursos d'água tem como função protetora do curso d'água, impossibilitando que os solos laterais encontrados próximos dos rios sejam levados diretamente para o curso do rio, atuando como um filtro protetor. A interação entre a parte agrícola e as pastagens no ambiente rural, ou ainda a interação da malha urbana com o ambiente aquático influencia diretamente no controle e preservação das erosões e mantendo a qualidade da água estável, evitando assim a poluição dos recursos hídricos com produtos químicos, sedimentos entre outros. (SKORUPA, 2003).

O Código Florestal, instituído pela lei Federal de nº 4.771, de setembro de 1965, preconiza que as matas ciliares devem estar contidas nas áreas de preservação permanente (APPs); ressalta ainda que as faixas presentes nesse perímetro não podem sofrer qualquer alteração na sua forma original. As áreas de preservação permanente levam em consideração as florestas e vegetações nativas que estão presentes nas margens dos rios, córregos, lagos e nascentes.

4. MATERIAIS E PROCEDIMENTO METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão apresentados os princípios metodológicos abordados pela pesquisa para atingir os objetivos propostos, além dos procedimentos metodológicos e técnicos que conduziram o trabalho.

Todo o tratamento estatístico dos dados, elaboração de tabelas e gráficos foram realizados através do *software* Microsoft Excel 2010. Os produtos cartográficos apresentados foram gerados no QGIS 3.18.1. E o tratamento das imagens e respectiva edição foram realizados utilizando-se do Microsoft Whiteboard, Microsoft Paint e o Adobe Illustrator.

4.1 Histórico e Contextualização do objeto de estudo:

A contextualização do objeto de estudo foi realizada através de pesquisa bibliográfica e documental sobre o município e seu desenvolvimento histórico, por meio do levantamento e análise de reportagens em jornais locais, livros, documentos, mapas e pesquisas (teses e dissertações) sobre a cidade e a região, acervo da Prefeitura Municipal e arquivo de moradores da localidade.

4.2 Levantamento e seleção de dados hidrometeorológicos

Os dados hidrometeorológicos utilizados para análise de chuvas extremas foram obtidos através do inventário da Agência Nacional de Águas (ANA), disponíveis no portal Hidroweb, que apresenta informações históricas sobre precipitações, além de sumarizar os quantitativos de máxima pluviosidade e dias com chuvas, conforme o período a ser analisado.

Neste sentido, buscaram-se dados de estações que abrangessem a área de interesse deste estudo. Para tanto se selecionou séries históricas, dados pluviométricos, campo Município de Assis. Como resultado a plataforma trouxe dados de cinco estações convencionais. Cada arquivo foi analisado, e como critério de rejeição utilizou-se a proximidade com a microbacia do Córrego do Jacú e a série histórica mais completa em quantitativo de dados. Desta forma, a estação

selecionada foi Assis (Horto Florestal- EEF), código 2250016, que se localiza a aproximadamente 4 Km da microbacia.

Em relação à escala temporal, os dados foram selecionados com base no período de referência de 1980 a 2020. O período em questão foi escolhido em razão das informações disponíveis apresentaram-se mais consistentes, com menos falhas e lacunas na série. Propiciando, assim, uma série histórica com maior representativa e veracidade dos dados.

Mesmo a estação 2250016 sendo a mais completa na análise séria de dados, observou-se lacunas entre os anos 2015 a 2017. Neste caso, foi necessário complementar os elementos faltantes com as informações da estação mais próxima, sendo, assim, utilizou-se dos dados da estação Água da Fortuna, código 2250048, que se localiza a 6,1 Km da microbacia. A **Figura 6** aponta a localização de cada estação hidrometeorológica em relação à microbacia do Córrego do Jacú.

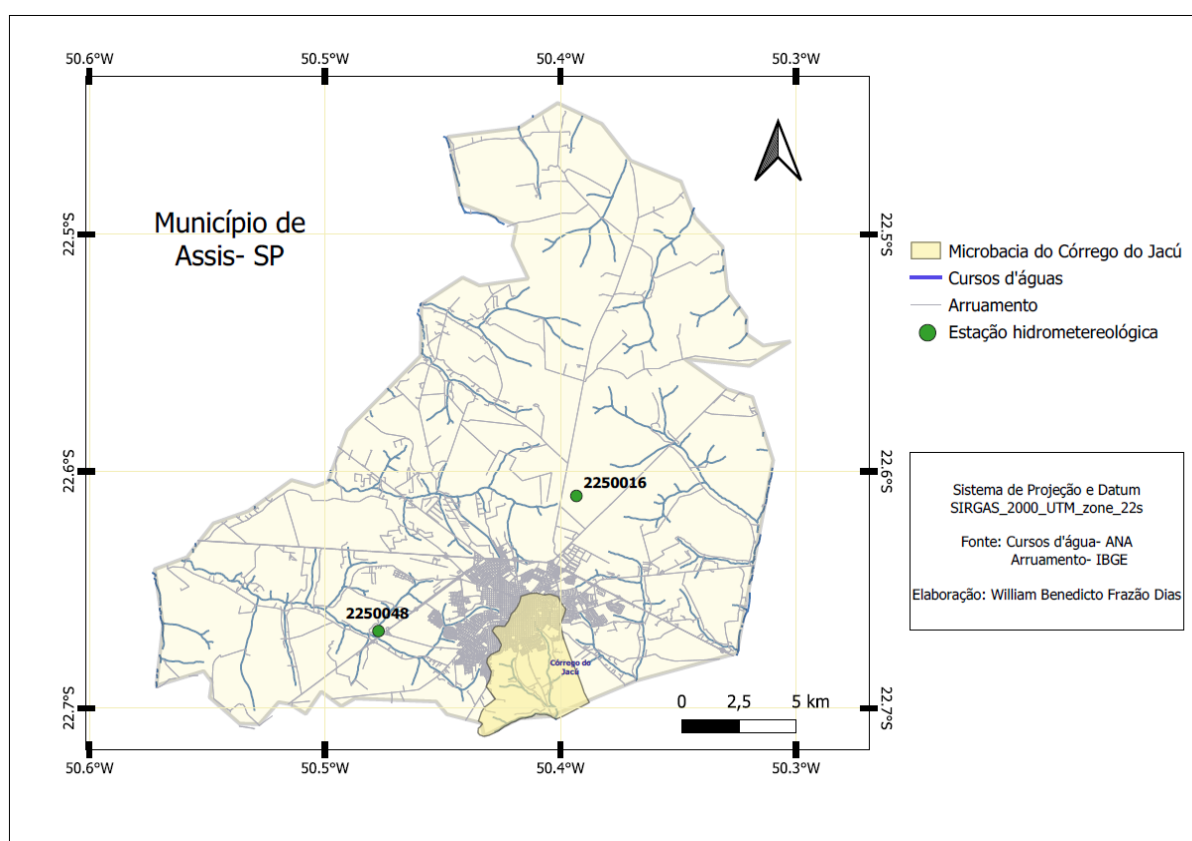


Figura 6- Localização das estações hidrometeorológicas em relação à microbacia do Córrego do Jacú.

Fonte: ANA- Hidroweb- Organizado pelo autor.

O período selecionado para análise, 1980 a 2020, englobou 14.976 dias. Dos quais a estação Assis (Horto Florestal- EEF) contribuiu com 13.880 registros sobre precipitação, o equivalente a 92,7% do total de dados. Enfatiza-se que todos os registros desta estação, para o período selecionado, foram utilizados.

Os dados faltantes foram complementados pela estação Água da Fortuna. Contribuindo, assim, com 1.096 registros, e representando 7,3% do total de dados trabalhados. Ambas as estações utilizadas como base de dados estão sob responsabilidade e operação do Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE), conforme se observa na **Tabela 1**.

Tabela 1- Principais características das estações hidrometeorológicas.

Nome Estação	ASSIS (HORTO FLORESTAL - EEF)	ÁGUA DA FORTUNA
Código	2250016	2250048
Município	Assis	Assis
Responsável	DAEE-SP	DAEE-SP
Operadora	DAEE-SP	DAEE-SP
Latitude	.-22,6333	.-22.6833
Longitude	.-50.4	.-50.4833
Altitude (m)	560	500
Distância da microbacia	4 Km	6,1 Km

Fonte: ANA- Hidroweb- Organizado pelo autor.

Os dados levantados para composição do pluviograma foram extraídos do sítio eletrônico do DAEE, banco de dados hidrológicos. Os filtros utilizados foram dados pluviométricos, município de Assis, prefixo D7-055 e chuva mensal. O período de análise selecionado foi o mesmo dos dados séricos pluviométricos obtidos através da ANA, ou seja, de 1980 a 2020.

4.3 Determinação de eventos extremos

Para identificação da precipitação extrema, priorizou-se a utilização do método percentil 95 (NEYMAN, 1937). Desta forma, contabilizaram-se todos os registros com apontamento de precipitação (2.993 registros), ordenou-os em ordem decrescente e se determinou os registros que se situavam entre os 5% com

maiores valores da série histórica analisada. Neste sentido obteve-se o valor de 50 mm/ dia, totalizando 145 registros para o período (1980- 2020).

Para auxiliar nesta determinação, incorporaram-se elementos qualitativos extraídos de reportagens da imprensa, confrontando-se acontecimentos reais, registros pluviométricos noticiados por estas mídias e análise meteorológica desses episódios. Neste contexto, observou-se que chuvas iguais ou superiores a 30 mm/ dia já eram suficientes para desencadear riscos hidrológicos ao município de Assis.

Mediante a isto, o presente trabalho definiu a utilização do índice 30 mm/ dia como ferramenta de análise para eventos extremos de precipitação em Assis. Com esta alteração, houve uma amplificação no número de registros, passando para 487 eventos com chuvas extremas no período de 1980 a 2020.

4.4 Análise de frequência e recorrência de chuvas intensa

O conhecimento das características e dinâmicas das precipitações extremas apresenta grande interesse de ordem técnica e econômica no planejamento e análise dos projetos que envolvem a drenagem pluvial, sobretudo, em regiões urbanas. Isto se deve à possibilidade destas redes terem sua capacidade limite de captação e escoamento excedidos, desencadeando riscos, durante sua vida útil de operação, à estrutura construída e àqueles que habitam suas proximidades.

Conhecer essa dinâmica propicia conhecer estes riscos aos quais estas estruturas estão submetidas. Para isso, analisam-se estatisticamente os dados hidrometeorológicos e verifica-se a frequência com que estes episódios de chuvas intensas adquirem esta magnitude. Obtendo-se, assim, as probabilidades teóricas.

Define-se frequência (F) como uma estimativa da probabilidade. De modo geral, é a análise do número de ocorrências de um evento específico (chuvas intensas) em razão do número total de registros (**Equação I**).

Equação I- Cálculo de frequência:

$$F = \frac{\text{número de ocorrências}}{\text{número de registros}}$$

Neste sentido, para se estimar a frequência para os valores de maiores pluviosidades (≥ 30 mm/ dia), primeiramente devem-se classificar os dados em ordem decrescente e aplicar a cada um seu número de ordem. Segundo o Método Califórnia, a frequência com que um dado foi igualado ou superado em determinado evento de ordem m pode ser expresso pela equação abaixo:

Equação II- Frequência pelo Método Califórnia:

$$F = \frac{m}{n}$$

Onde n refere-se à escala temporal de análise. No caso desta pesquisa trabalhou-se com número de dias registrado (14.976 dias) e total de dias com precipitação (2.993 dias).

Considerando a frequência como uma boa estimativa da probabilidade teórica (P) e definindo o tempo de recorrência ou período de retorno (T) como sendo o período de tempo médio (medido em anos) em que um determinado evento deve ser igualado ou superado pelo menos uma vez, tem-se a equação abaixo:

Equação III- Cálculo do tempo de retorno ou tempo de recorrência

$$T = \frac{1}{F} \quad \text{ou} \quad T = \frac{1}{P}$$

4.5 Avaliação dos impactos hidrometeorológicos

A fim de se conhecer os impactos hidrometeorológicos e as localidades, dentro do perímetro urbano de Assis, sujeitas a problemas com a drenagem pluvial buscaram-se informações em órgãos oficiais como Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), o qual não monitora

o município de Assis, além da Defesa civil municipal e Corporação de bombeiros. Estes últimos não possuíam dados oficiais e padronizados.

Mediante a isto, embasou-se a avaliação dos impactos hidrometeorológicos através de dados de reportagens de jornais e portais de notícias locais e regionais, provenientes de sítio eletrônico.

As reportagens foram selecionadas através dos principais meios digitais de notícia do município, conforme notoriedade e recorrência de acesso. Assim, categorizaram-se as mídias em sete grupos e cada qual foi representado por uma letra maiúscula para facilitar a manipulação e compreensão dos dados (**Tabela 2**).

Tabela 2- Veículo de imprensa- base das reportagens

Identificação	Veículo de imprensa
A	Diário de Assis- Portal de Notícias
B	Jornal Voz da Terra
C	Abordagem Notícias- Informação ética e imparcial de Assis
D	Jornal da Segunda- Um semanário necessário
E	Assiscity- Notícias de Assis e região
F	G1- TV TEM- Globo
G	Outros veículos de imprensa

Fonte: Organizado pelo autor

Para seleção das reportagens, primeiramente, definiu-se o período de ocorrência dos eventos com chuvas intensas (2011- 2020). A escolha do período foi baseada no histórico de dados já obtidos pela ANA e DAEE, e também pela busca às mídias digitais, antes deste período não eram todos os portais de notícias que possuíam sítio eletrônico. Posteriormente, selecionaram-se as notícias conforme os seguintes descritores nos campos de buscas do Google e nos próprios sites de notícias: "chuva forte em Assis + ano"; "data + chuva em Assis SP"; "chuva intensa em Assis SP"; "chuva forte em Assis SP" e "alagamento em Assis SP".

Os dados obtidos através da manchete e conteúdo da reportagem foram tabulados conforme as seguintes variáveis: data de ocorrência, arruamento/ bairro/ ponto de referência e impacto observado. Para análise, estes dados foram correlacionados com os índices pluviométricos séricos e históricos de igual período

das reportagens (2011- 2020) através do *software* Excel 2010 e localizados pontualmente em mapas.

Por fim, deu-se ênfase em dois eventos com chuvas intensas que apresentaram maiores magnitudes de repercussão e danos materiais ao município. Registros fotográficos e manchetes de reportagens foram incorporados à narrativa para embasar os episódios, além de mapas com destaque ao diferentes pontos de ocorrências.

4.6 Análise da drenagem urbana e plano de ação

Após caracterização dos riscos hidrológicos ao qual a cidade de Assis e a microbacia do Córrego do Jacú estão sujeitas, buscou-se informações com a gestão municipal a fim de se conhecer possíveis planos de ação e tomada de decisão da administração local para resolução das problemáticas de drenagem pluviais vivenciadas pela população e noticiadas pelos meios de comunicação.

Neste sentido, obteve-se o Plano Municipal Específico dos Serviços de Saneamento Básico- Drenagem Urbana (PMESSB), elaborado pela empresa Engecorps no ano de 2018. Neste documento há uma análise de macrodrenagem e microdrenagem da cidade de Assis, bem como descrição das perspectivas de diferentes pontos da cidade (12 no total) com problemáticas de microdrenagem. Como o enfoque da pesquisa é a microbacia do Córrego do Jacú preconizou-se o único ponto que está sob seu domínio. São demonstrados ainda os objetivos e metas do plano, e o investimento avaliado para reestruturação das áreas ao longo dos 20 anos, que é o período estimado para finalização da obra.

. Na sequência, procedeu-se ao fechamento dessa pesquisa com a elaboração das considerações, a partir do conjunto dos resultados apresentados e analisados, sobre os efeitos que o processo de urbanização pode desencadear em relação ao risco hidrológico sobre a microbacia do Córrego do Jacú.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico serão apresentados os principais resultados coletados nesta pesquisa. Assim, será caracterizada a área de estudo (Microbacia do Córrego do Jacú), posteriormente serão relatados os dados de precipitações e eventos extremos observados na região, discutir-se-á, também, sobre os impactos ocasionados pelas chuvas intensas no sistema de drenagem pluvial da região de estudo, através do viés midiático, e, por fim, medidas de ações e planejamento pela gestão municipal como estratégia para resolução destas problemáticas.

O objeto do estudo é a Microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú localizada na região sul do município de Assis, São Paulo, entre os paralelos 22° 65' e 22° 72' sul, e meridianos 50° 38' e 50° 43' oeste.

O Córrego do Jacú é o principal componente da Microbacia hidrográfica do Jacú (**Figura 7**), nasce no município de Assis e têm como principais contribuintes antes de verter no Ribeirão Pirapitinga, no município de Cândido Mota, os córregos da Cristalina e Canadá, além da Água da Cabiúna.

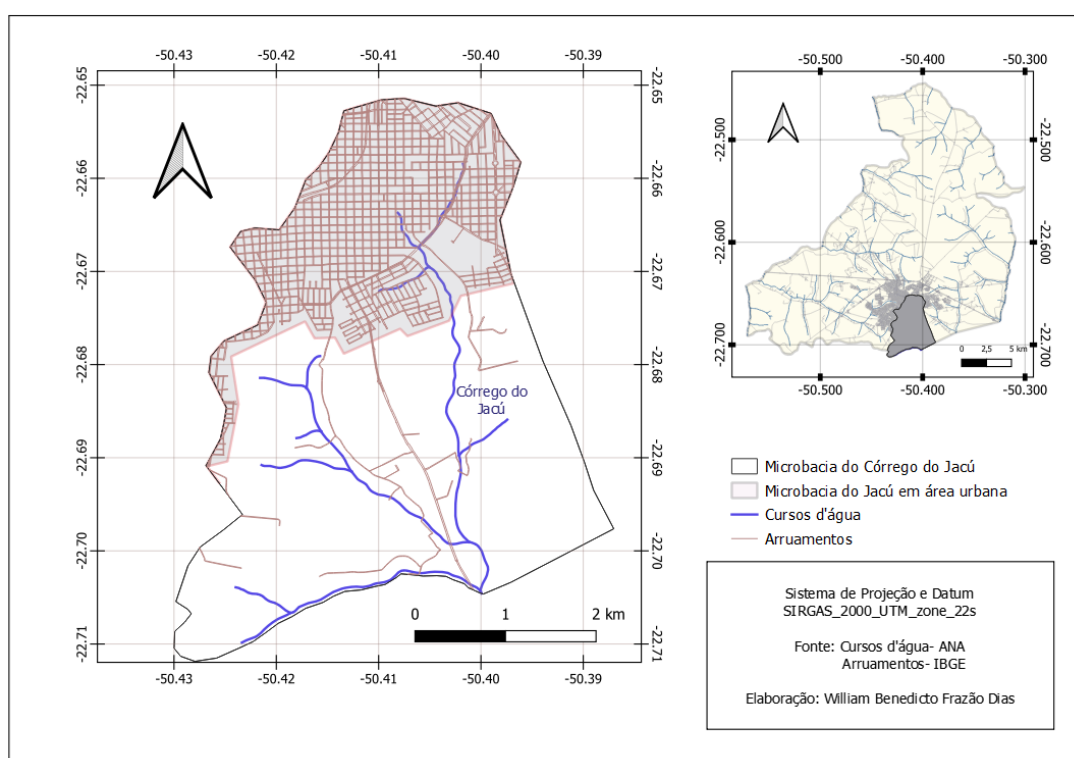


Figura 7- Localização da área de estudo- Microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1 Caracterização da área de estudo

Para compreensão da área de estudo é necessário estudar o contexto físico, hidrográfico, demográfico e ocupacional ao qual ela está inserida. Assim, nos itens a seguir serão apresentadas as características gerais e específicas do município de Assis, para, posteriormente, ser apresentada a área de estudo de fato.

5.1.1 Aspectos gerais do Município de Assis

O município de Assis, criado pela Lei Estadual nº 1581, de 20 de dezembro de 1917, está localizado na região oeste do Estado de São Paulo a 455 km da capital paulista por via rodoviária. Ocupa uma área territorial de 461,705 km², sendo que deste montante 45,70 km² é referente à área urbana e 416,005 km² de área rural, equivalente a 90,1% da área total (PMA, 2021). Tem altitude média de 560 m e sua sede situa-se nas coordenadas geográficas 22°39'41" de latitude sul e 50°24'40" de longitude oeste (PMESSB, 2018).

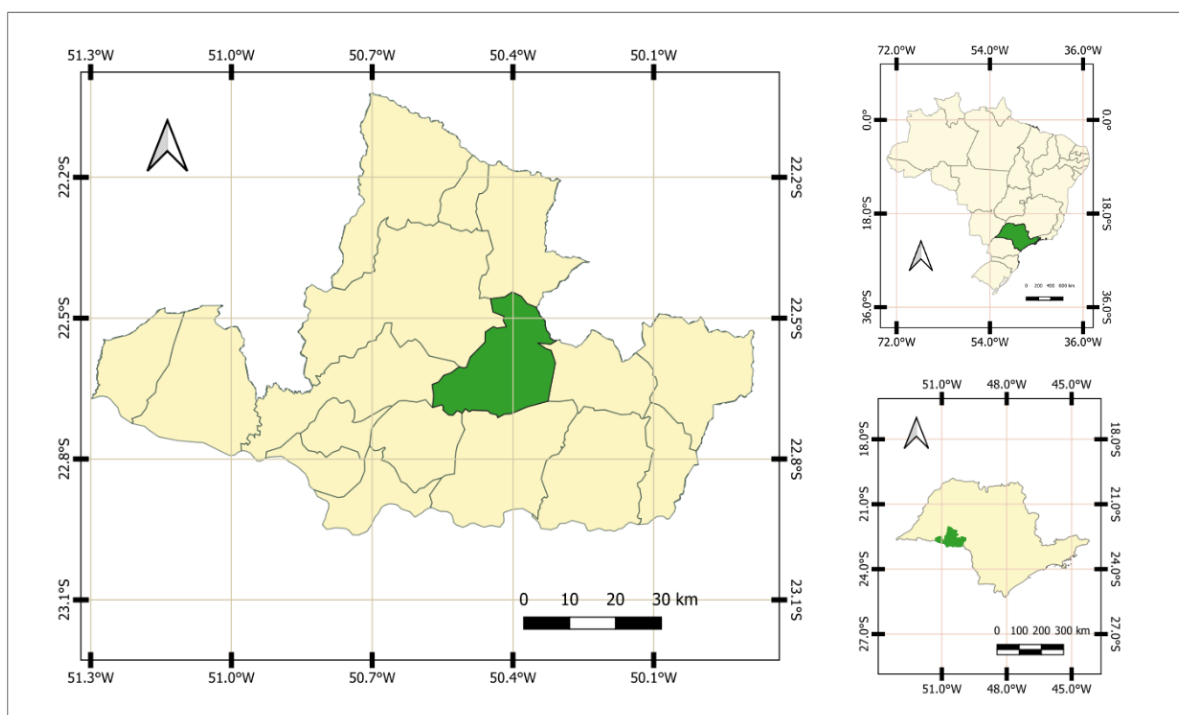


Figura 8- Mesorregião de Assis com destaque ao município de Assis

Fonte: Elaborado pelo autor

Assis está inserida na Região Administrativa de Marília e Mesorregião de Assis (**Figura 8**). Em relação aos seus limites geopolíticos, encontra ao norte divisa com o município de Lutécia, ao sul com Tarumã e Cândido Mota, ao Leste com Platina e Echaporã e, por fim, a Oeste, com os municípios de Maracaí e Paraguaçu Paulista (BONGIOVANNI, 2008). Apresenta, ainda, estratégica localização geográfica pela proximidade regional com o Norte do Paraná e Sul do Mato Grosso do Sul, sendo uma importante rota de entroncamento rodoviário no interior do estado e referência interestadual (SEAMA, 2021)

5.1.2 Características do Meio Físico

De acordo com os dados da Secretária de Agricultura e Meio Ambiente de Assis (SEAMA), o município apresenta uma vegetação com predominância da fisionomia Cerradão, Cerrado Denso, Cerrado Típico, Campo Úmido, Mata de Galeria e Floresta Estacional Semidecidual. A vegetação da Estação Ecológica vem passando por um processo de adensamento, com tendência ao desaparecimento das fisionomias mais abertas do cerrado e aumento da densidade de espécies florestais na zona de transição. Na Estação Ecológica predomina a fisionomia Cerradão, mas apresenta também cerrado *Stricto Sensu* e tipo florestal ripário como Mata de Brejo e Mata Ciliar (IF- SP).

Tem sua classificação climática categorizada em Cwa, subtropical com inverno seco (temperaturas inferiores a 18°C), e Cfa, clima subtropical com verão quente (KOPPEN; GEIGER, 1954). Apresentando precipitação anual de, aproximadamente, 1.400 mm com predomínio de chuvas entre os meses de Outubro à Março.

De acordo com os estudos de Bongiovanni (2008), o município de Assis é constituído por rochas sedimentares e ígneas, datada do período mesozóico, e por depósitos sedimentares, de idade cenozoica:

- Grupo Passa Dois (Paleozóico) - Formação Teresina (Pt);
- Grupo São Bento (Mesozóico) - formações Pirambóia (TrJp) e Serra Geral (JKsg);
- Grupo Bauru (Mesozóico) - formações Adamantina (Ka) e Marília (km);
- Depósitos Cenozóicos (Qa e Qi).

A região tem proximidade com o Paraná e com o município de Cândido Mota/ SP e por esta razão tem como sequência estratigráfica derrames basálticos, característico da Formação Serra Geral, sendo que, na região centro e norte do município estes derrames são sobreposto por rochas sedimentares atribuídas à Formação Adamantina e às coberturas sedimentares cenozoicas (BONGIOVANNI, 2008). Em relação às coberturas cenozóicas, Bongiovanni (2008) afirma que:

Ocupando a maior parte da superfície do município de Assis, em cotas que variam de 460m a 580m, encontra-se um sedimento arenoso, pouco consolidado, homogêneo com ou sem estrutura de bioturbação de coloração variando de vermelho intenso a vermelho alaranjado e amarelo pálido, com espessuras que atingem mais de 43,74 jardas, constituídos essencialmente por grãos de quartzo hialino com películas de óxidos/hidróxidos de ferro e/ou ferro argilâns, pequena proporção de argilominerais intersticiais intercrescidos com óxidos/hidróxidos de ferro recobrimo em discordância erosiva com as unidades estratigráficas presentes: Formação Serra Geral e Formação Adamantina. (BONGIOVANNI, 2008, p 34).

Em relação à Geomorfologia, o município de Assis insere-se na unidade morfoestrutural (1º táxon) Bacia Sedimentar do Paraná, na unidade morfoescultural (2º táxon) Planalto Ocidental Paulista, na sub-unidade denominada Planalto Centro Ocidental. Caracteriza-se por formas de relevos denudacionais, cujo modelado ou Tipos de Formas do Relevo (4º táxon) constitui-se basicamente em colinas amplas e baixas com topos convexos ou topos tabulares, com entalhamento dos vales geralmente inferiores a 20 metros e dimensões interfluviais médias, entre 1.750 e 3.750 metros (ROSS; MOROZ, 1997). Esta unidade tem como características a continuidade do reverso das Cuestas Basálticas, tendo como um suave caimento para Oeste, com cotas próximas de 500 metros de altitude, e 247 metros nas proximidades da foz com o Rio Paranapanema (CBH-MP, 2018).

A região do Médio-Paranapanema apresenta solos influenciados pelas condições climáticas da região, caracterizada pelo clima subtropical, quente e úmido. Há predomínio das seguintes classes pedológicas: Latossolo Vermelho (LVd e LVdf), Nitossolo Vermelho (NV), Argissolo Vermelho (PV), além de pequenas porções de Gleissolo eutrófico, tipo A moderado, textura argilosa (GXe) e Gleissolo distrófico, A húmico, textura média (GMd) (BONGIOVANNI, 2008).

Sobre a topografia, há predomínio de relevo planáltico ondulado suave, de 3 a 8% de declividade conforme classificação da EMBRAPA. Com altitudes oscilando entre 450 m e 603 m. A malha urbana de Assis, porção centro-sul do mapa, está localizada nas áreas de altimetrias mais elevadas, faixa de 581 a 608m (áreas de topos) e expande-se para as áreas de fundos de vales, onde se observam altimetria inferiores 500 m (**Figura 9**).

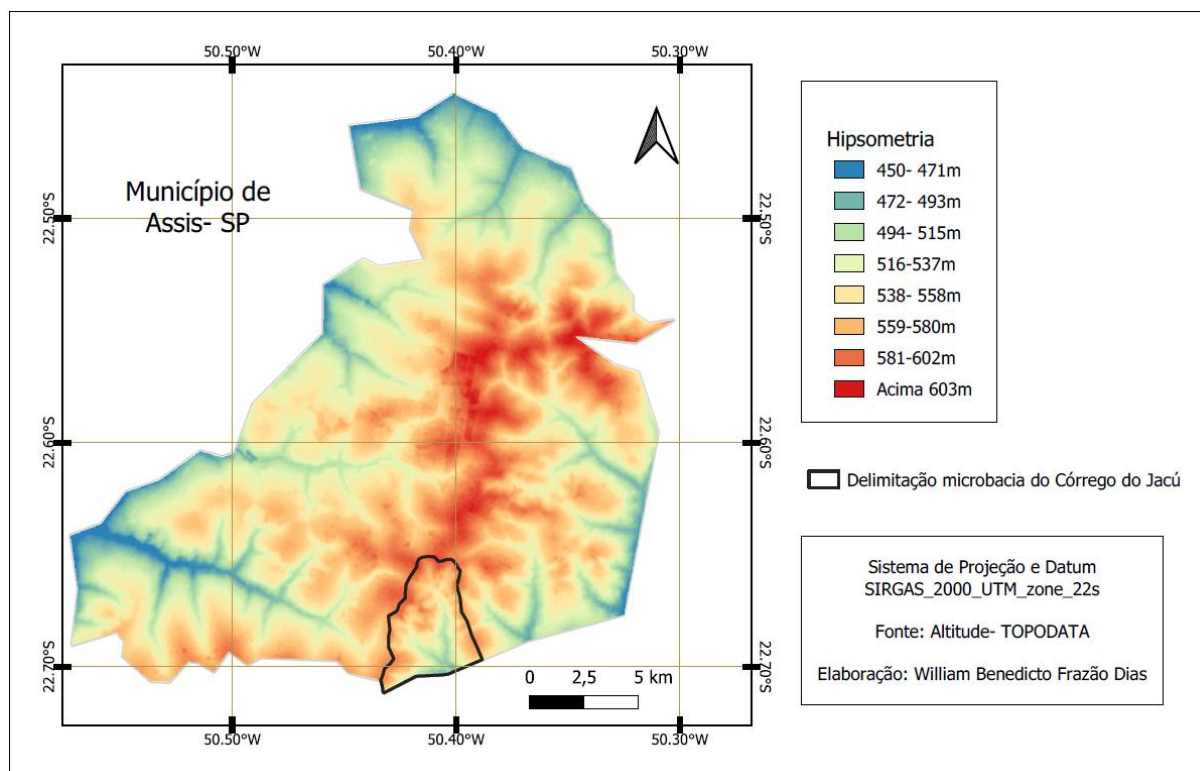


Figura 9- Topografia de Assis- SP com delimitação da microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú

Fonte: TOPODATA- Elaborado pelo autor

5.1.3 Recursos hídricos

O Município de Assis encontra-se localizado na região do Médio Vale do Paranapanema, na bacia do Rio Paranapanema e na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema (UGRHI-17). Na subdivisão de Unidades de Planejamento Hídrica (UPH), seu território está por completo entre os rios da Capivara e Pari, portanto, enquadra-se nas UPH do Rio Pari (UPH Pari Novo) e Capivara, conforme **Figura 10**.

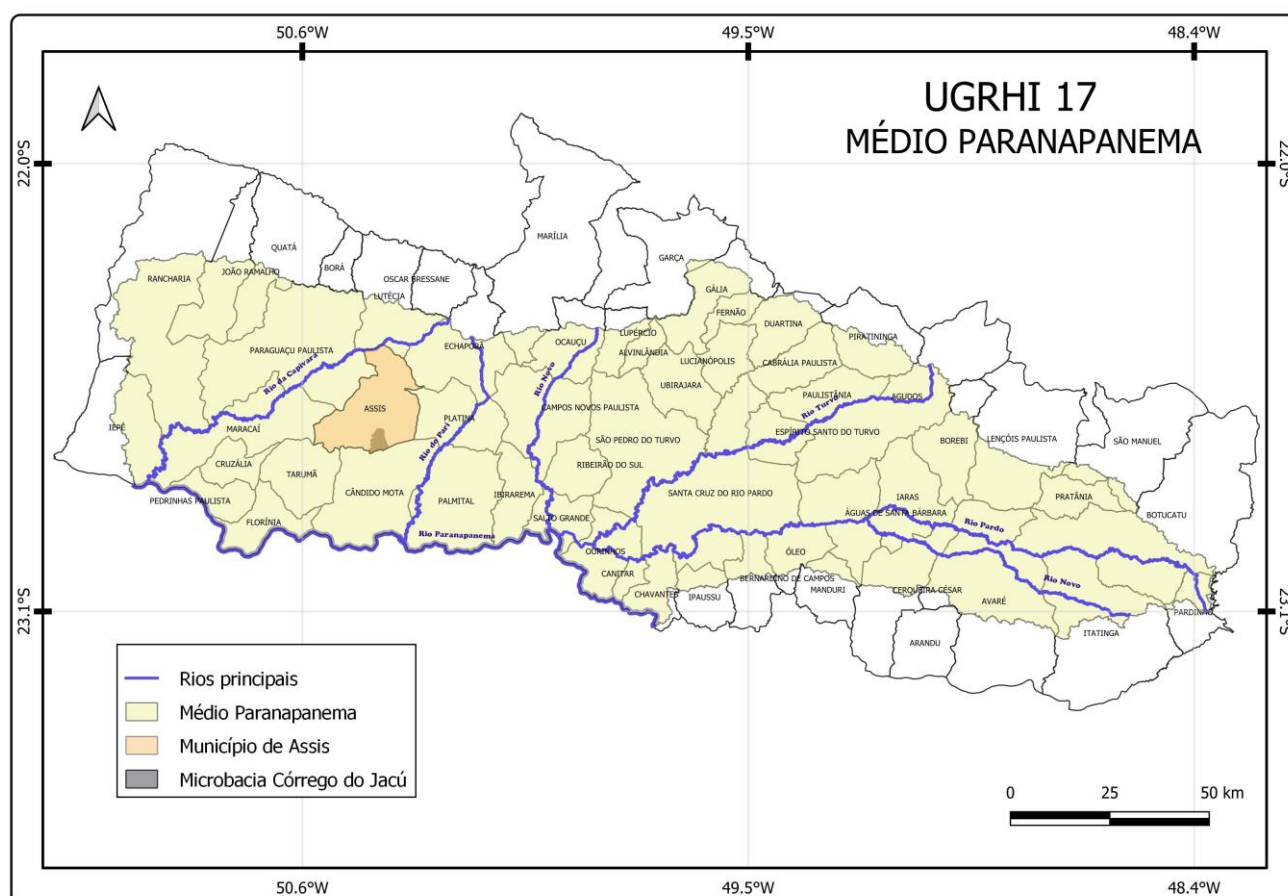


Figura 10- UGRHI 17 com destaque aos principais rios

Fonte: ANA, 2016- Elaborado pelo autor.

A região do Vale Médio do Paranapanema possui uma população de pouco mais de 690 mil habitantes distribuídos em 46 municípios ao longo de uma extensão territorial de aproximadamente 17.484 km², dos quais 16.749 km² correspondem à área de drenagem da bacia. Entre os municípios mais populosos destacam-se Marília, Botucatu, Ourinhos e Assis.

Os principais cursos d'água são os rios Capivara, Pari, Novo, Turvo e Pardo, sendo todos rios tributários do Rio Paranapanema. Tem ainda como característica o predomínio de atividades agrícolas, tendo a água para a irrigação como principal fonte de uso da Bacia. Possui ainda grande disponibilidade de água superficial e subterrânea, contudo já enfrenta conflitos de disponibilidade em função do aumento do consumo hídrico para a agroindústria e para a irrigação.

Na **Figura 11** estão sumarizadas, conforme relatório do Comitê de Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema (CBH-MP), as características gerais da

UGRHI-17, como aquíferos, mananciais de interesse regional, disponibilidade hídrica superficial e Unidades de Conservação (UC).

População- Seade	Total (2017)	Urbana (2017)	Rural (2017)
	690.692 hab.	92,3%	7,7%
Áreas	Área territorial Seade, 2010	Área de drenagem PERH 2004-07	
	17.483,76 km ²	16.749 km ²	
Principais rios e reservatórios - Relatório de Situação da Bacia, 2010	Principais rios: Capivara, Novo, Pari, Pardo, Turvo.		
Aquíferos - (Ceteb, 2010 ; Paula e Silva, 2004; Prandi et al, 2010)	Serra Geral: Aflora na porção Sul da UGRHI-17, na região que vai de Santa Cruz do Rio Pardo a Assis e na calha dos principais rios, onde ocorrem os solos de terra roxa. É subjacente ao Aquífero Bauru, onde este aflora, e recobre o Guarani. Bauru: Aquífero, segundo Paula e Silva (2004), dividido em duas unidades: Formação Marília, associada ao aquífero Marília e Formação Adamantina associada ao aquífero Adamantina. O aquífero Marília, quando ocorre, recobre o Aquífero Adamantina, que por sua vez aflora em vasta área da Bacia. Guarani: Importante reserva hídrica, apesar de pouco conhecido, é responsável pelo abastecimento de cidades como Avaré, Águas de Santa Bárbara e Ourinhos. Confinado, aflorando apenas em pequena área da cidade de Ourinho.		
Mananciais de interesse regional- CPLA, 2007	Ribeirão Azul (Ibirarema e Salto Grande); Córrego Boa Vista (Chavantes e Ipaussu); Ribeirão do Bugre (Ribeirão do Sul e Salto Grande); Nascente do Ribeirão das Antas (Gália e Garça); Nascentes do Rio Pardo (Pardinho e Botucatu). Mananciais de grande porte: Rio Pardo (Paranapanema) - 19 municípios		
Disponibilidade hídrica Superficial- PERH, 2004-07	Vazão média (Q _{medo})	Vazão mínima (Q _{7,10})	Vazão Q _{95%}
	155 m³/s	65 m³/s	82 m³/s
Disponibilidade hídrica Subterrânea- PERH, 2004-07	Reserva Explotável	Balanço: % demanda superficial outorgada/disponibilidade da reserva explotável em 2017	
	17 m³/s	9,8 %	
Demandas outorgadas -DAEE, 2017	Superficial	Subterrânea	Abastecimento urbano (demanda outorgada)
	12,35 m³/s	1,66 m³/s	1,99 m³/s
Principais atividades econômicas CBH-MP, 2014; São Paulo, 2013	Nas áreas urbanas destacam-se os setores de serviços e comércio como fontes indutoras da economia regional, com alguma industrialização em torno dos maiores núcleos urbanos (Assis e Ourinhos). Nas áreas rurais, por sua vez, a agricultura e a pecuária são as atividades mais expressivas, destacando-se a cultura de grãos (soja e milho) e a forte expansão das lavouras de cana-de-açúcar e da indústria sucroalcooleira.		
Vegetação remanescente- IF, 2009	São 1.354 km² de vegetação natural remanescente, ocupando perto de 8% da área da UGRHI. As categorias que mais ocorrem são Floresta Estacional Semidecidual e Savana.		
Unidades de Conservação	UCs		Municípios abrangidos pela UC
	APA da Bacia Hidrográfica do Rio Batalha -FF, 2011		Duartina, Gália
	APA Corumbatal-Botucatu-Tejupá -Perímetro Botucatu - FF, 2011		Avaré, Itatinga, Pardinho
	EE de Assis- IF, 2011		Assis
	EE de Avaré -IF, 2011		Avaré
	EE de Caetetus -FF, 2011		Gália, Alvinlândia
	EE de Santa Bárbara- IF, 2011		Águas de Sta. Bárbara
	FE de Assis -IF, 2011		Assis
	FE de Avaré -IF, 2011		Avaré
	FE de Santa Bárbara do Rio Pardo -IF, 2011		Águas de Sta. Bárbara

Figura 11- Característica da UGRHI 17

Fonte: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2018- CBH-MP

Em termos de políticas públicas de proteção às águas, o município de Assis está amparado legalmente na proteção às microbacia hidrográficas existentes sobre seu domínio. Tudo isto graças à Lei Municipal nº 5.300 de 2009, que instituiu a Política Municipal de Proteção aos Mananciais de Água destinados ao abastecimento público, delimitando áreas de proteção de mananciais, cursos e reservatórios de água de interesse do município.

Em complemento à lei elencada, o Decreto nº 5.894 de 05 de outubro de 2010, alterado a posteriori pelo Decreto 6.937/2016, estabelece em seu artigo 2º, parágrafo único, quais são as microbacias hidrográficas sob domínio do município, e quais apresentam nascentes em perímetro urbano, conforme consta na **Figura 12**. As características e cadastros de cada Microbacia hidrográfica ficam sob responsabilidade da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEAMA).

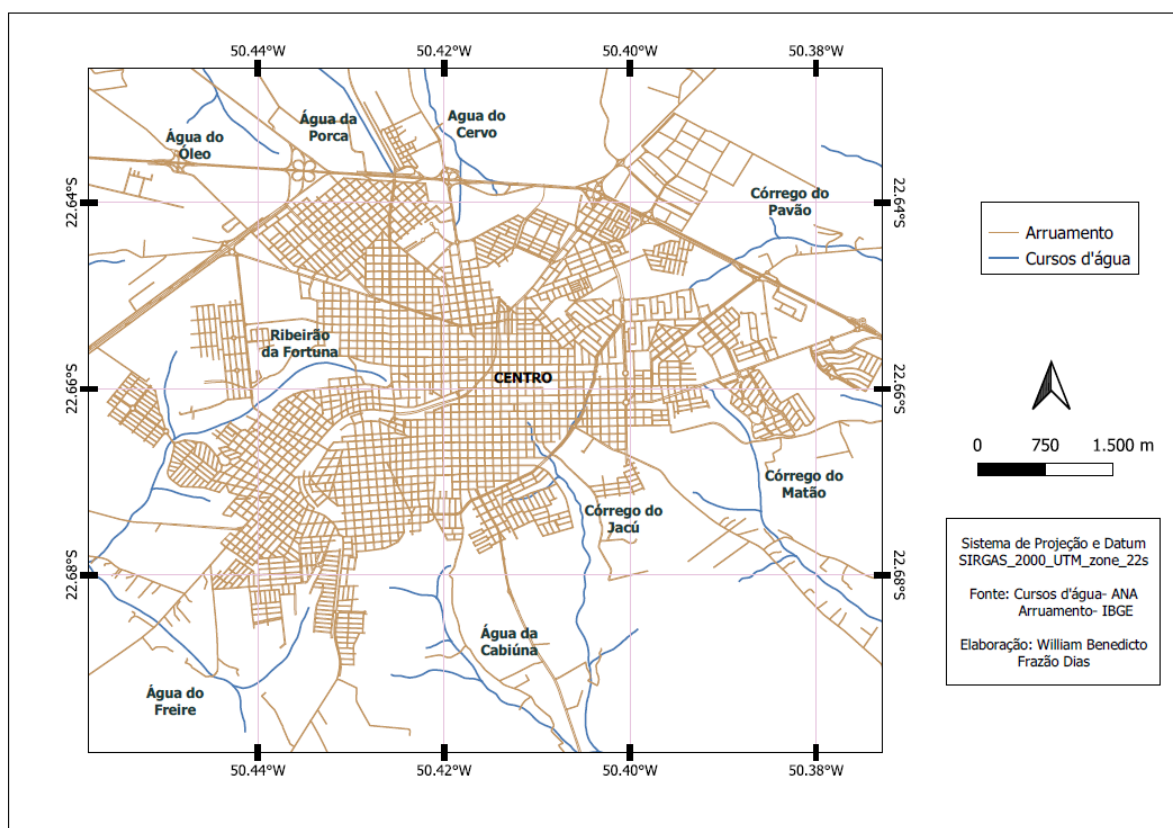


Figura 12- Logradouros e cursos d'água- Área urbana de Assis

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentre as microbacias hidrográficas com nascente na malha urbana, merecem destaque a microbacia do Cervo, cujo manancial é responsável pelo abastecimento de 70% da população assisense, além de drenar a área de domínio da Floresta Estadual de Assis e Zona de Amortecimento Ambiental. As microbacias do Ribeirão da Fortuna e do Córrego do Jacú destacam-se pelo recebimento de efluentes tratados das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) da Fortuninha e do Jacú, respectivamente.

Estima-se que a ETE Assis da Fortuninha seja responsável pela captação e tratamento de 70% dos efluentes gerados na cidade de Assis, atendendo aproximadamente 70 mil habitantes. Seu processo de operação utiliza-se de lagoa anaeróbia, facultativa e de maturação. Já a ETE Assis do Jacú atende os demais 30% da população urbana, tendo como característica no seu processo de operação o uso de lagoas anaeróbia e facultativa apenas.

5.1.4 Aspectos sociais e dinâmica populacional de Assis

De acordo com registros do IBGE (2020), a população estimada do município de Assis é de 105.087 habitantes, colocando-o na posição 76, de um total de 645, entre cidades mais populosas do estado de São Paulo. Na dinâmica da evolução populacional, Assis apresenta uma taxa geométrica de crescimento anual de 0,63% ao ano, valor superior à média da região, de 0,51% a.a., contudo inferior à média do Estado, de 0,85% a.a. Seu grau de urbanização é estimado em 95,63%, índice superior ao observado na região, 93,24% e inferior ao verificado no Estado, de 96,37% (PMESSB, 2018).

A **Tabela 3** apresenta a evolução do número de habitantes de Assis nos últimos 50 anos conforme dados do IBGE e SEADE¹. Como o censo de 2020 não foi realizado em razão da pandemia de Covid-19 não há informações sobre os totais de residentes em área urbana e rural.

Tabela 3- Evolução da população assisense nos últimos 50 anos

	1970	1980	1991	2000	2010	2020
Total	57.220	67.357	75.642	87.144	95.156	105.087
Urbana	47.588	60.621	72.118	83.281	91.001	-
Rural	9.632	6736	3.524	3.863	4.155	-

Fonte: IBGE e SEADE- Organizado pelo autor.

Quando relacionamos a o número de indivíduos (105.087) com a área habitada (462 km²) obtemos a Densidade Populacional, ou comumente conhecida como Densidade Demográfica (hab/km²). No caso de Assis, esta taxa é de aproximadamente 227 hab/km², valor superior à taxa regional (40 hab/km²) e estadual registrada (181 hab/km²). Em termos comparativos, a taxa de Densidade Demográfica de Assis vem progredindo a uma taxa bem superior quando confrontada com as demais regiões administrativas do Estado, sobretudo, após o ano de 1992 conforme se observa na **Figura 13**.

¹ Conforme os dados disponíveis nos sites do instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE. Ressalta-se que os valores estimados pelo SEADE são da mesma ordem de grandeza dos valores publicados pelo IBGE, a partir do Censo Demográfico realizado em 2010.

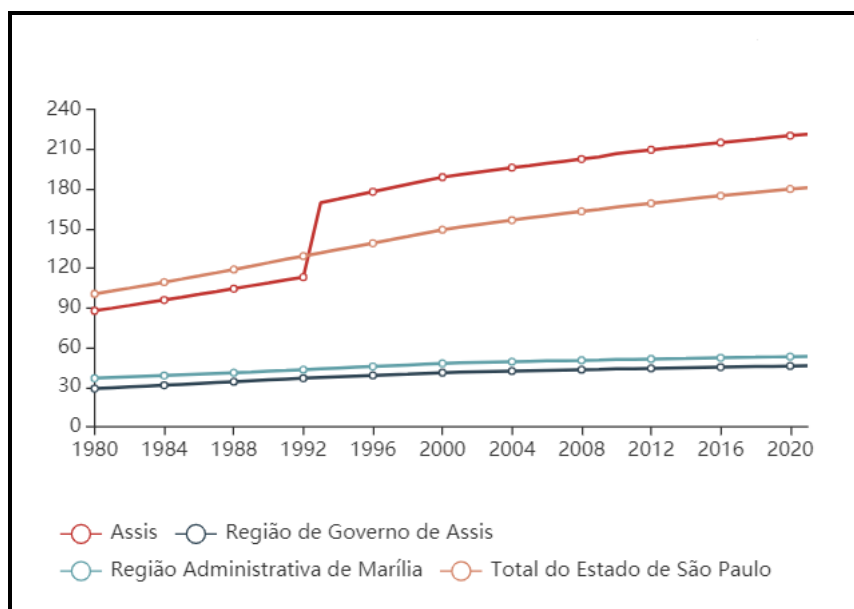


Figura 13- Densidade demográfica- Habitantes/ Km²

Fonte: SEADE (2021)

5.1.5 Microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú

O córrego do Jacú é o componente principal da Microbacia hidrográfica do Jacú, e está inserido na bacia hidrográfica do Médio Paranapanema (SIGRH). A localização da nascente do Córrego do Jacú ainda é um dado sem concordância entre as publicações sobre as águas urbanas de Assis, e entre os relatos de habitantes que conheceram a região no passado. Contudo dentre as hipóteses levantadas, duas estão entre as mais citadas sobre o local da nascente:

- 1) Próxima ao cemitério, parte alta da Rua Antônio Vieira Dias, trecho inicial das drenagens pluviais.
- 2) Nas proximidades da Prefeitura Municipal, parte mais baixa da Rua Antônio Vieira Dias.

Como padronização para construção cartográfica e utilizando-se de registros históricos (fotografias e mapas altimétricos), a presente pesquisa adotou o local de nascente conforme dados observados na Hipótese 1. Mediante a estes registros, sabe-se que o local de nascente encontra-se aterrado e a água canalizada até às proximidades da Câmara Municipal dos Vereadores, região conhecida como Dreno da Nascente. Local este em que o córrego inicia seu percurso via superfície (BONGIOVANNI, 2008), conforme apresentado na **Figura 14**.

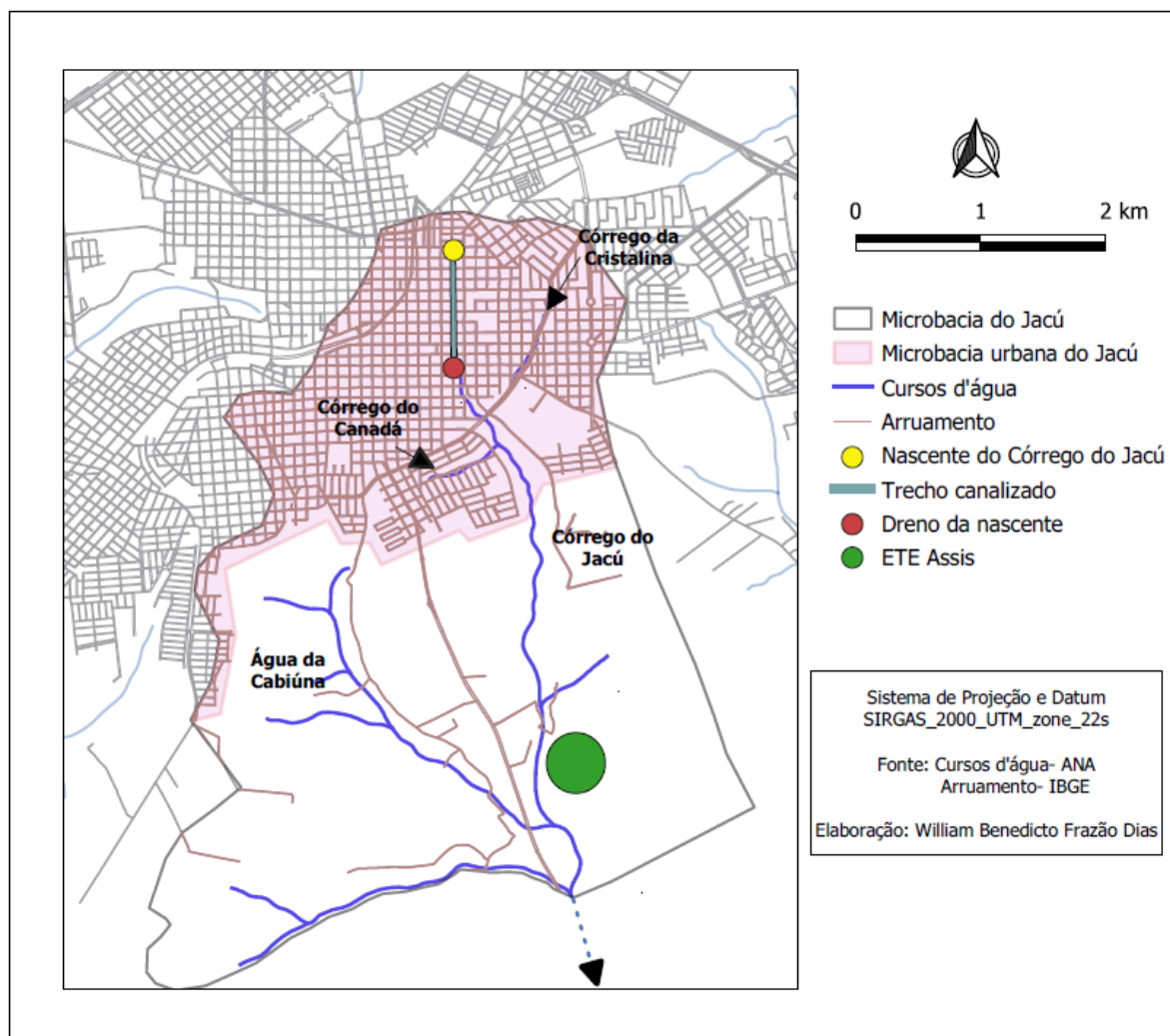


Figura 14- Microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú no município de Assis/ SP, com detalhes da canalização.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Abaixo do dreno da nascente, recebe os tributários, pela margem esquerda, Córrego da Cristalina, e pela margem direita, o Córrego do Canadá e Água da Cabiúna. A partir desta área, o córrego segue seu fluxo em direção ao município de Cândido Mota onde tem desembocadura no Ribeirão Pirapitinga e deste até o rio Paranapanema (MATOS E BONGIOVANNI, 2004).

Em seu curso superficial recebe efluentes tratados de duas ETE's (ETE Assis Jacú e ETE Cândido Mota - SAAE), além de resíduos industriais de uma cervejaria e uma fábrica de farinha de mandioca. Apresenta ainda reflexos da ação de duas pedreiras, atualmente desativadas, além de assoreamento, retiradas da mata ciliar e percorre uma área típica de plantação agrícola, caracterizada pela rotação de cultura (MATOS E BONGIOVANNI, 2004).

5.1.6 Cronologia e Ocupação do Vale do Córrego do Jacú

O córrego que no início do século XX foi um marco na história de povoamento de Assis e hospedou, em suas margens, os primeiros habitantes da cidade, chega ao ano de 2022 carregando uma história de mais de cem anos de degradação.

O processo de degradação antrópica da Microbacia hidrográfica iniciou-se com a chegada dos primeiros colonos, que se estabeleceram às margens do córrego e promoveram o desmatamento das matas ciliares. À medida que a cidade se desenvolveu e a população foi ocupando as regiões adjacentes à nascente, surgiram processos erosivos, que desencadearam na formação de boçorocas na região central da cidade (**Figura 15**).



Figura 15- Vale do Jacú- Anos 1920
Fonte: Acervo histórico municipal

Com a chegada da malha ferroviária (**Figura 16**), alterou-se a urbanização do município. Iniciou-se o povoamento das regiões de maiores altitudes e formação de um novo centro na cidade. Contudo, os processos erosivos se mantiveram em

expansão, sobretudo por conta da falta de manejo adequado do solo e redes de drenagens pluviais.

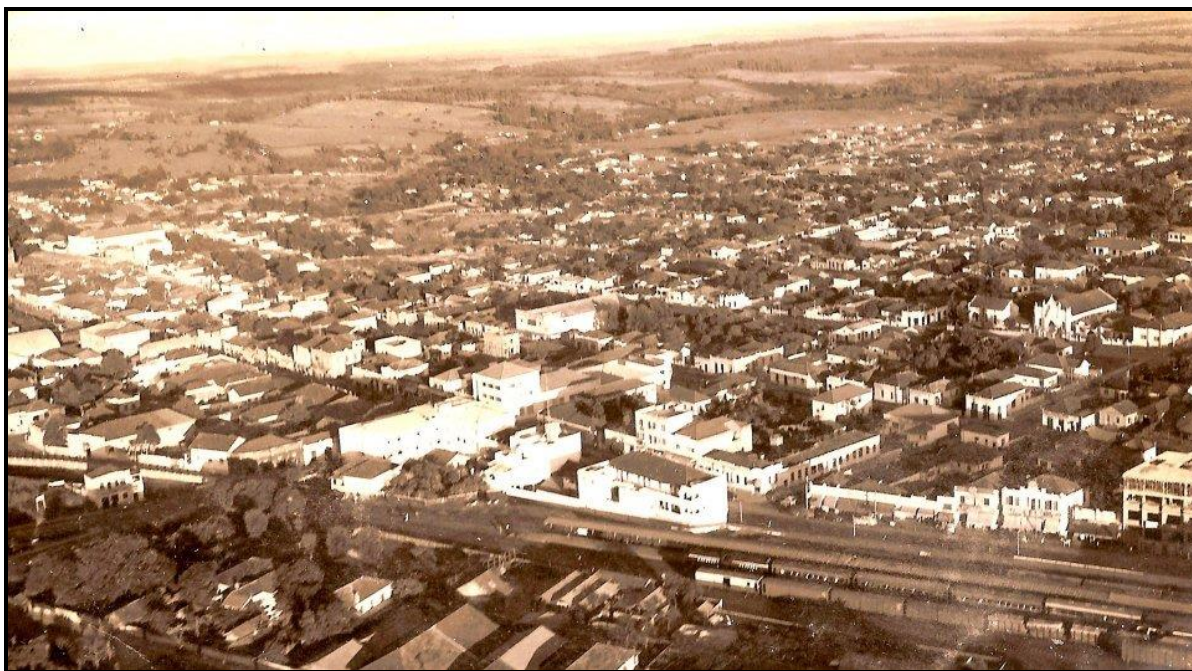


Figura 16- Registro aéreo da estação ferroviária. Vale do Córrego do Jacú ao fundo- Anos 1930

Fonte: Acervo histórico municipal

Na década seguinte, anos 1950, a gestão municipal inicia o processo de canalização do Córrego Jacú **(Figura 17)**, em concomitância com as implementações das primeiras obras de esgotamento sanitário e drenagens pluviais da região central. A canalização é efetivada sobre as Ruas Antônio Vieira Dias e Regente Feijó, totalizando um percurso de quase 1,5 km até seu ponto de dissipação (Dreno da Nascente). A construção do canal tamponado e seu ponto de dissipação seguiram o fluxo natural do córrego, aproveitando-se dos desníveis altimétricos entre o trecho inicial de canalização e a porção final de dissipação.

A região do Dreno ou também conhecida como Nascente do Jacú é uma região onde córrego aflora, mesmo que artificialmente, e inicia seu trajeto via superfície. Foi construída, na época, em uma região menos urbanizada, e atualmente encontra-se localizado nas proximidades dos cruzamentos dos logradouros Rua Oswaldo Cruz com a Rua Treze de Maio **(Figura 18 e Figura 19)**. O ponto de dissipação, além de servir como rede de drenagem fluvial, foi projetado

para receber os montantes pluviais advindos das demais regiões centrais e bairros periféricos.

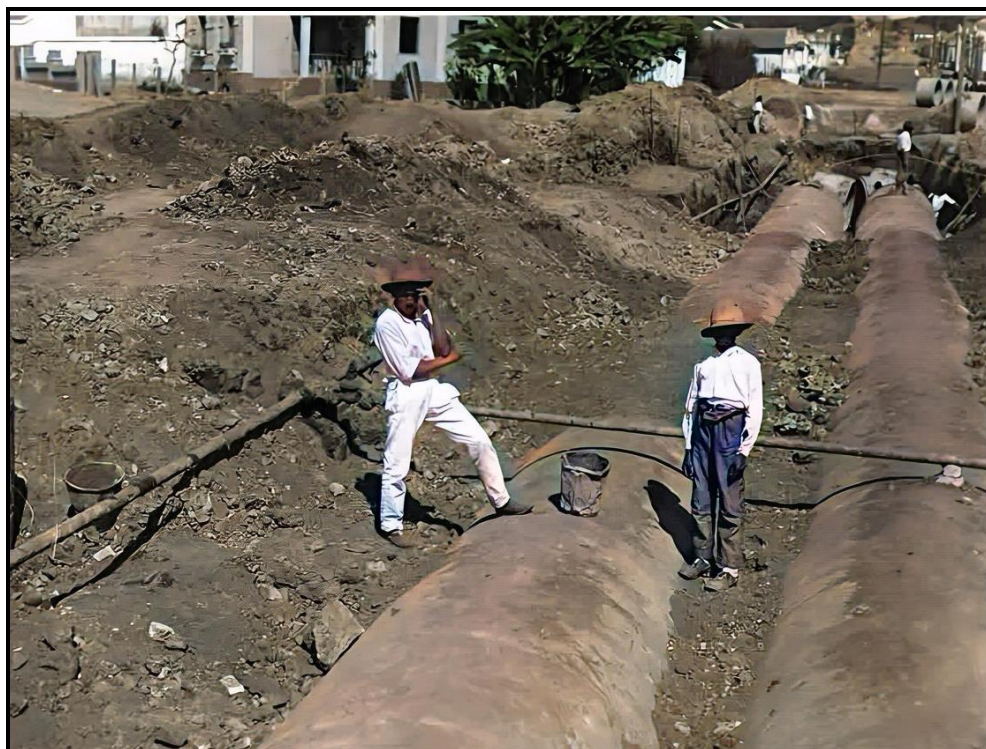


Figura 17- Obra de canalização do Córrego do Jacú
Fonte: Acervo histórico municipal- Restauração: Endrigo Portes



Figura 18- Construção do Ponto de Drenagem
Fonte: Cidadania em Assis



Figura 19- Ponto de Barragem e Drenagem
Fonte: Acervo histórico municipal- Restauração: Endrigo Portes

Com a canalização do córrego, as regiões proximais às áreas de várzeas do Jacú passaram por um processo de crescimento e retomada nas ocupações. Este crescimento foi evidenciado com o erguimento do edifício do Paço Municipal, atual sede da Prefeitura Municipal, sobre o córrego canalizado, em uma área que seria justamente o leito natural do córrego (Figura 20).

A construção do empreendimento acabou atraindo novas edificações em seu entorno. Nesta época, com o avanço da urbanização e sem a expansão adequada do sistema de drenagem pluvial, iniciaram-se os primeiros relatos de alagamentos, principalmente, na parte mais baixa da Rua Antônio Vieira Dias com cruzamento com as vias Ana Barbosa, Barão do Rio Branco e Smith de Vasconcelos, além do pátio da sede da prefeitura.



Figura 20- Paço Municipal- Anos 1960
Fonte: Acervo histórico municipal

No início da década de 80, vinte anos após a construção do paço Municipal e trinta anos após a canalização do córrego, o crescimento urbano atinge a região adjacente do Dreno da Nascente, proximidade do trecho superficial do córrego **(Figura 21)**. Bairros como Vila Santo Antônio, Vila Palhares, Vila Santa Elisa, Vila Funari e Vila Paraíso passam por um processo de adensamento populacional e amplificação das edificações, contribuindo, assim, com o aumento da impermeabilização da área.

Ademais, neste mesmo período estabeleceu-se a construção da Avenida Otto Ribeiro. Um importante projeto viário que tinha como intuito interligar as regiões leste e sul da cidade, propiciando melhor acesso entre as regiões e facilitando a locomoção entre as áreas, sobretudo em relação ao ponto de acesso ao município de Cândido Mota. Com a construção da obra, o Córrego da Cristalina foi canalizado através de um sistema de dreno parcialmente aberto com desembocadura no Córrego do Jacú. Seu trajeto superficial foi construído com quase 1 km de comprimento não contínuo, intercalado por um percurso tamponado de aproximadamente 500 metros,



Figura 21- Dreno da Nascente do Córrego do Jacú- Início do trecho superficial
Fonte: Cidadania em Assis

Por fim, com a construção da Câmara Municipal e outras edificações no início da década de 1990, a urbanização do trajeto canalizado do Córrego do Jacú atinge as áreas de preservação do Dreno da Nascente, completando um período de 40 anos de ocupação inadequada das expansões urbanas em áreas de nascente e várzea, sem manejo adequado das águas pluviais. Neste mesmo período ocorre o loteamento e ocupação dos bairros Jardim Canadá e San Fernando Valley, ambos possuem contato direto com a região de várzea do córrego.

A **Figura 22** sumariza espacialmente os principais pontos do processo de canalização do Córrego do Jacú. Destacando, assim, onde se encontram: a nascente do córrego, seu trajeto conforme cotas altimétricas, principais logradouros sobre o canal tamponado, bem como localização da Prefeitura Municipal, Câmara Municipal e Dreno da Nascente.



Figura 22- Análise espacial da canalização do Córrego do Jacú com pontos de referência histórica de urbanização.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.1.7 Caracterização do processo de urbanização da microbacia

O estudo da evolução histórica da malha urbana do município está atrelado à identificação das alterações da planta urbana ao longo do tempo, o que permite acompanhar e analisar a configuração espacial da cidade em diferentes momentos conforme o critério do estudo.

Neste contexto, a apropriação gradativa do ambiente natural está associada às intervenções no espaço territorial que culminam em interferências diretas sobre as dinâmicas das bacias hidrográficas (BARROS, 2014). Estudar a evolução da malha urbana permite compreender como ocorreu o planejamento local e se ele foi estabelecido através de uma relação harmônica e conciliadora com os recursos hídricos locais.

A evolução da malha urbana sobre a Microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú ocorreu, sobretudo, nos anos iniciais após a emancipação do município, de 1905 a 1940 (**Figura 23**).

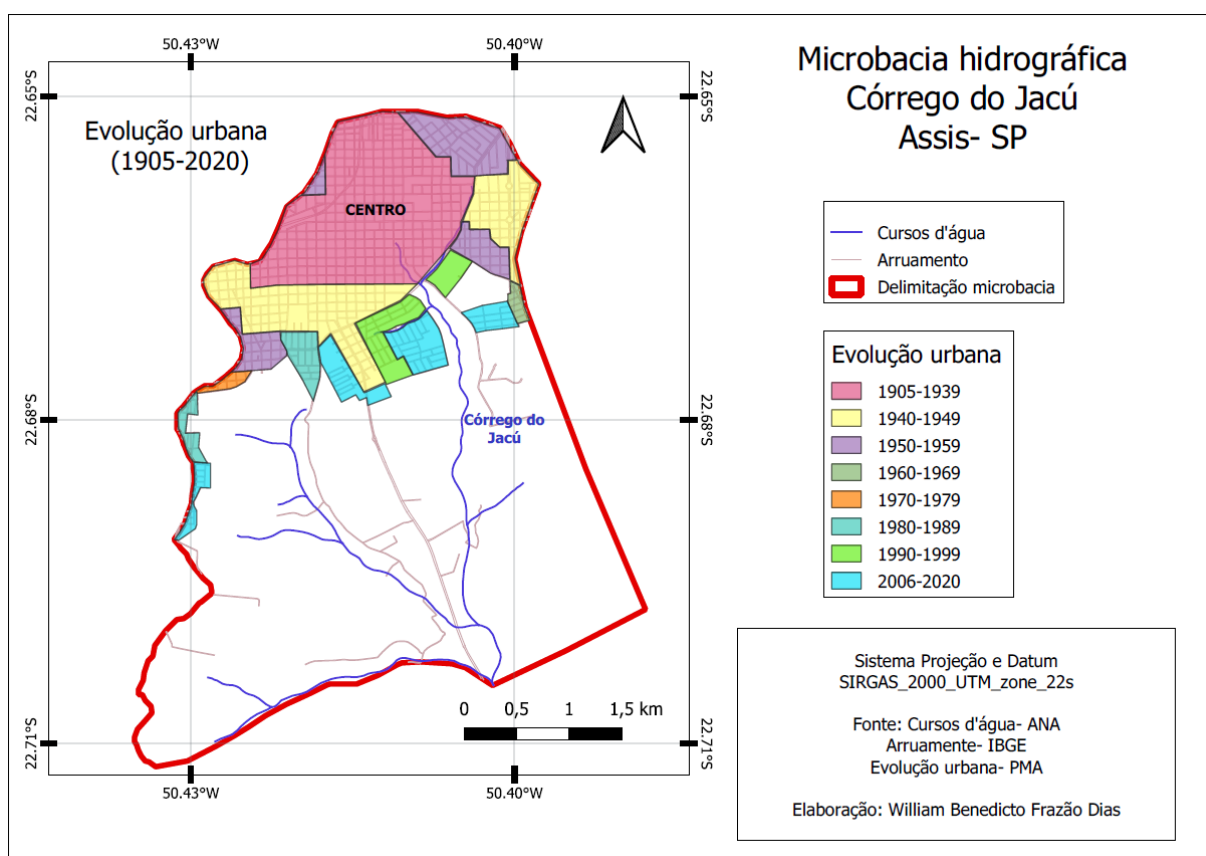


Figura 23- Evolução Urbana da Microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú

Fonte: Plano Diretor (2020-2030)- Elaborado pelo autor

E mais recentemente, em dois períodos. O primeiro na década de 1990, com o loteamento e ocupação do bairro Jardim Canadá, margem direita do córrego do Jacú onde também se localiza o Córrego do Canadá, e o bairro San Fernando Valley, margem esquerda. E o segundo período na década de 2010, com o loteamento e ocupação do bairro Jardim Santa Amélia e Park Bambu, além da abertura de novos lotes no Jardim Canadá.

Estas ocupações mais recentes ocorreram justamente em regiões adjacentes ao trajeto superficial do Córrego Jacú, e favoreceram o aumento da impermeabilização do solo local, culminando no aumento do escoamento superficial, erosão e o transporte de sedimentos, colaborando, assim, com o assoreamento do córrego (**Figura 24**).



Figura 24- Vista das margens do Córrego do Jacú em área urbana
Fonte: Cidadania em Assis

Outro fator a ser considerado na caracterização da urbanização da microbacia é o adensamento populacional. A densidade está intrinsecamente associada aos aspectos da morfologia urbana e às transformações da cidade, pois é a partir do processo de dispersão urbana que ocorrerão diferentes níveis de

densidade. Ao detectar altas densidades sobre pequenas parcelas do solo urbano, diferentes tipologias habitacionais poderão ser encontradas fazendo uso intensivo deste solo, que, quando realizado de modo improvisado, poderão afetar a existência e conservação de áreas verdes e permeáveis (ACIOLY, 1998; BARROS, 2014).

Segundo dados da SEAMA, a densidade demográfica estimada da região da microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú é da ordem de 50 hab/ km², um índice bem inferior ao determinado para o município, 227 hab/ km². Isto ocorre porque a região da microbacia engloba boa parte da porção central da cidade (**Figura 25**), onde há predomínio de estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços. Apesar da baixa densidade populacional, esta região é caracterizada pela intensa impermeabilização do solo, apresentando elevado número de edificações e poucas áreas verdes.

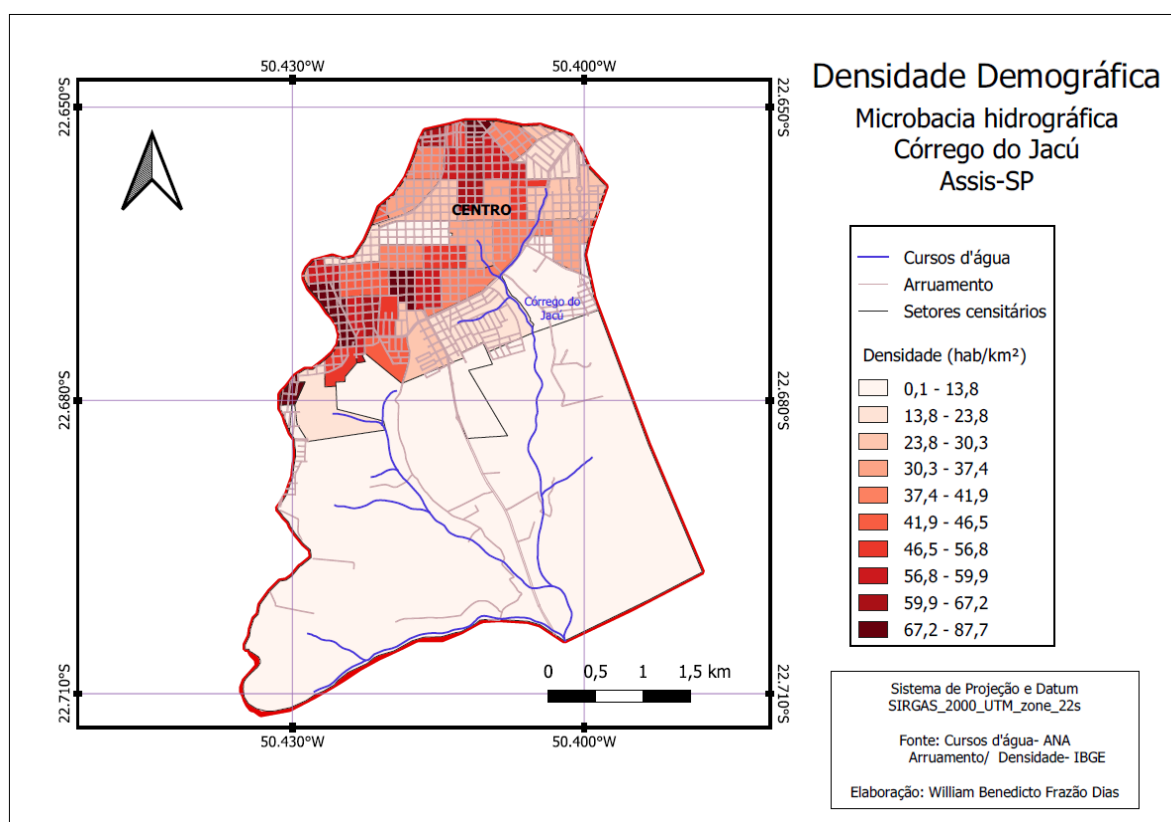


Figura 25- Distribuição demográfica da Microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú
Fonte: IBGE (2010)- Elaborado pelo Autor

Mesmo com uma média de densidade relativamente menor à observada no município, alguns bairros dentro da microbacia destacam-se por serem mais

densamente povoados como Vila Ribeiro, Park Colinas e Vila Rosângela (estes bairros são integrados parcialmente ao domínio da microbacia do Jacú), além da Vila Paraíso e Vila Funari. Todos apresentam como característica em comum a densidade populacional na faixa de 67 a 87 hab/ km².

5.1.8 Produção de novas áreas urbanas

A produção de novas áreas urbanas no Brasil têm desconsiderado aspectos como a prevenção dos riscos geológicos e hidrológicos, proporcionando transtornos à sociedade e ao meio ambiente, a curto e longo prazo. Para evitar tais problemáticas, o planejamento tem que contemplar uma leitura interdisciplinar do meio urbano e a perspectiva de soluções em longo prazo (BAPTISTA et al., 2005).

Neste sentido, é responsabilidade do Poder Municipal organizar o planejamento do espaço urbano através de instrumentos jurídicos, administrativos e políticos como o plano Diretor ou Lei Municipal, conforme determina a Lei Federal n.º 6.766/79, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano.

Em uma abordagem histórica, observa-se que as disposições das redes urbanas foram sendo organizadas estrategicamente, de forma hierárquica, associadas aos sistemas de transportes. No caso do município de Assis, observa-se um crescimento mais acentuado, exatamente, em direção às vias de acesso ao município como Rodovia Raposo Tavares (acesso à capital e Pontal do Paranapanema) e Rodovia Miguel Jubran (acesso ao Norte do Paraná) e de forma menos expressiva em direção à microbacia do Córrego do Jacú, porção ao sul.

A expansão da malha urbana de Assis, conforme **Figura 26**, está limitada ao Norte e Nordeste pela presença das Unidades de Conservação de Proteção Integral e Uso Sustentável, e regiões ao seu entorno que estão sujeitas a normas e restrições específicas (Zona de amortecimento).

Ambas as Unidades de Conservação (UC) são de domínio estadual. A UC de Proteção Integral foi criada em 1992, pelo governador Luiz Antônio Fleury Filho, a partir do Decreto 35.697. Com a finalidade de proteção ao ambiente natural, realização de pesquisas básicas e aplicadas ao desenvolvimento de programa de educação conservacionista.

Em 2002, com o Decreto 47.098, esta UC foi transformada em Floresta Estadual de Assis, com área de 2.816,42 hectares, com a finalidade de proteger, conservar e manejar de forma sustentável todo o complexo florestal e ambiental ali existente, desde espécies vegetais, animais, cursos d'água e demais elementos dos componentes do acervo da área.

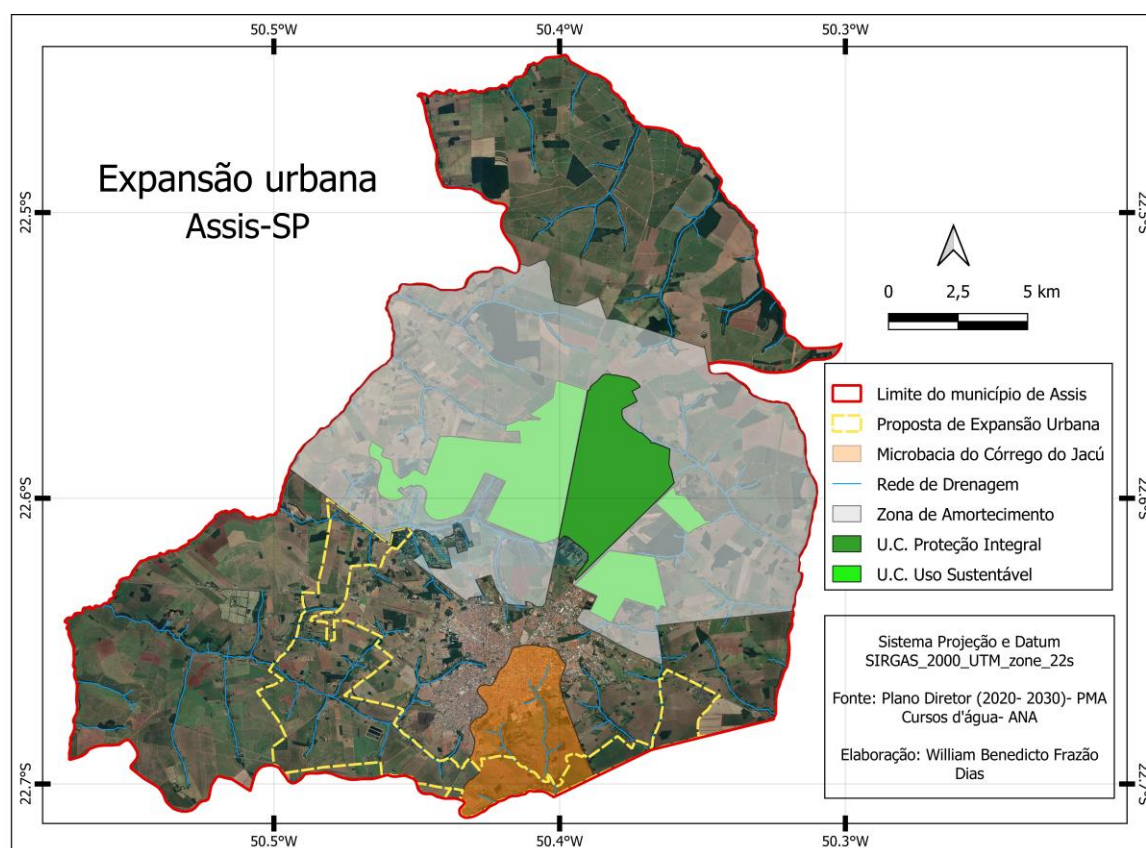


Figura 26-Expansão Urbana- Assis-SP, com delimitação da Microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú.

Fonte: Plano Diretor 2020-2030 (Adaptado)- Elaborado pelo Autor

Desta forma, mediante a presença das UC's, as propostas de expansão contemplam as regiões ao Sul, Sudeste e Sudoeste do atual perímetro urbano, englobando parte da microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú e seu entorno. Uma vez delimitada o espaço urbano para crescimento não significa que toda esta área será ocupada, visto que regiões de nascentes, cursos d'água, florestas entre outras devem ser resguardadas.

Ademais, dentro da atual configuração da microbacia do Jacú há regiões urbanas em ociosidade denominadas de vazios urbanos e que possuem potencial

para servirem como futuros lotes. Estes espaços são áreas, geralmente particulares, situadas em perímetro urbano que são subutilizadas, sem uma função bem definida e marginalizadas da integração social. Alguns autores definem estas áreas pela prática consciente de especulação imobiliária (SPOSITO, 1983; VIANA, 2014; FERNANDES, 2019), outros pelo mau planejamento e baixa eficiência urbanística (LARANGEIRA, 2004; FERRARI, 2007). Mas de forma geral, são áreas que merecem uma atenção especial em uma futura análise de expansão urbana, como a do Plano Diretor 2020 a 2030, sobretudo por estarem próximas às regiões de várzeas do Córrego do Jacú (**Figura 27**).

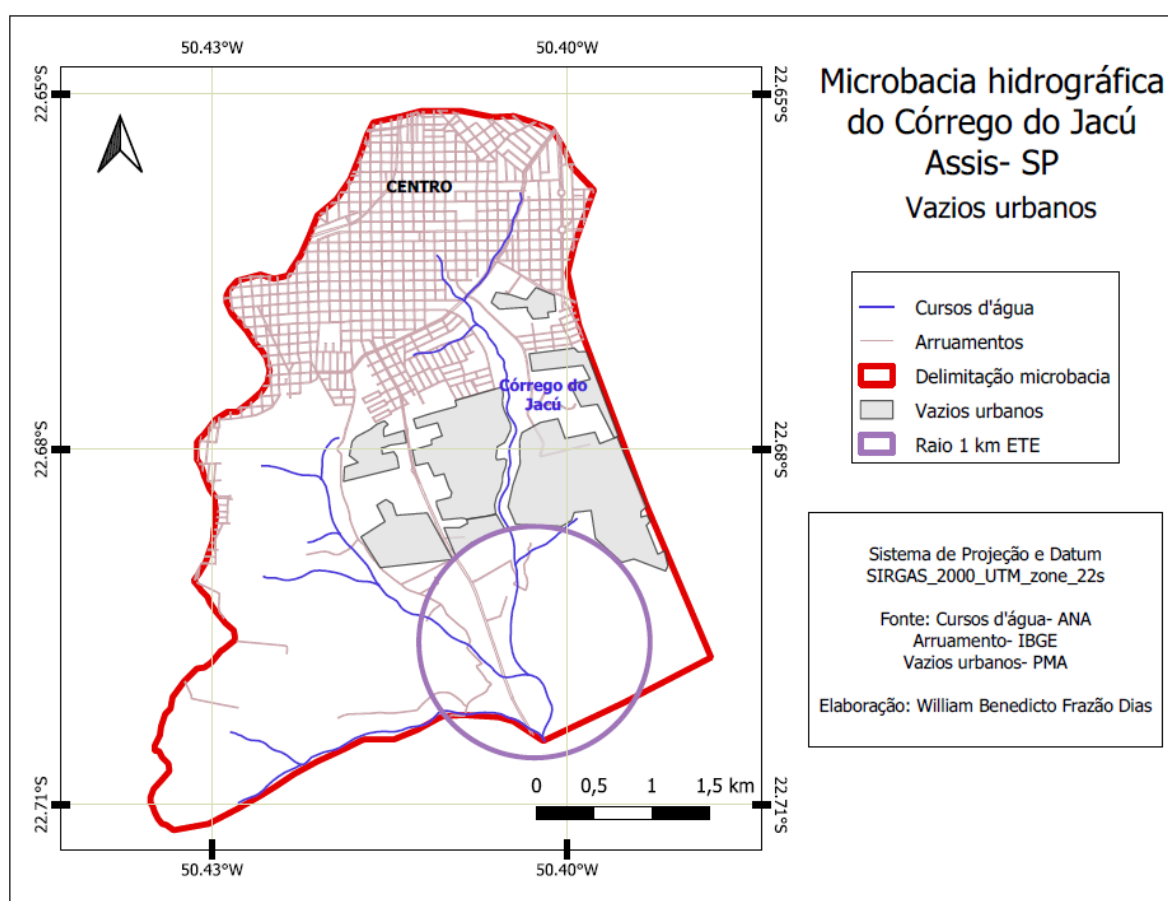


Figura 27- Vazios urbanos na microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú.

Fonte: Plano Diretor 2020-2030 (Adaptado)- Elaborado pelo Autor

5.2 Caracterização do problema

Problemas provenientes de episódios de chuvas intensas e da insuficiência de escoamento da rede de drenagem têm sido recorrentes na área urbana de Assis. Nas últimas décadas, observou-se um crescimento horizontal e periférico da cidade sobre regiões de macrodrenagem que, associado à intensa impermeabilização do solo com pavimentos asfálticos e edificações, diminuição de áreas verdes e permeáveis, excesso de detritos e sujidades próximos a áreas de captação e escoamentos pluviais, tornou frequente o aparecimento de pontos de alagamentos e inundações.

Segundo o Plano Municipal de Drenagem, há registro oficial de 12 pontos de alagamentos na malha urbana de Assis, que em momentos de chuvas extremas tem o fluxo de água local aumentado, restringindo a mobilidade e causando transtornos à população, sobretudo, por que estes episódios apresentam potencial de invadir residências, arrastar veículos e pessoas (**Figura 28**).



Figura 28- Esquina da Rua Smith de Vasconcellos com Rua Antônio Vieira Dias- À direita o pátio da Prefeitura Municipal de Assis.

Fonte: Cidadania em Assis

Neste cenário, enquadra-se a microbacia do Córrego do Jacú. Segundo Matos e Bongiovanni (2004), esta região configura-se como a área mais baixa da

cidade e que no decorrer dos anos tornou-se um local de dissipação de águas pluviais de grande parte da zona urbana. A **Figura 29** apresenta o perfil de topográfico da microbacia em área urbana com destaque ao talvegue.

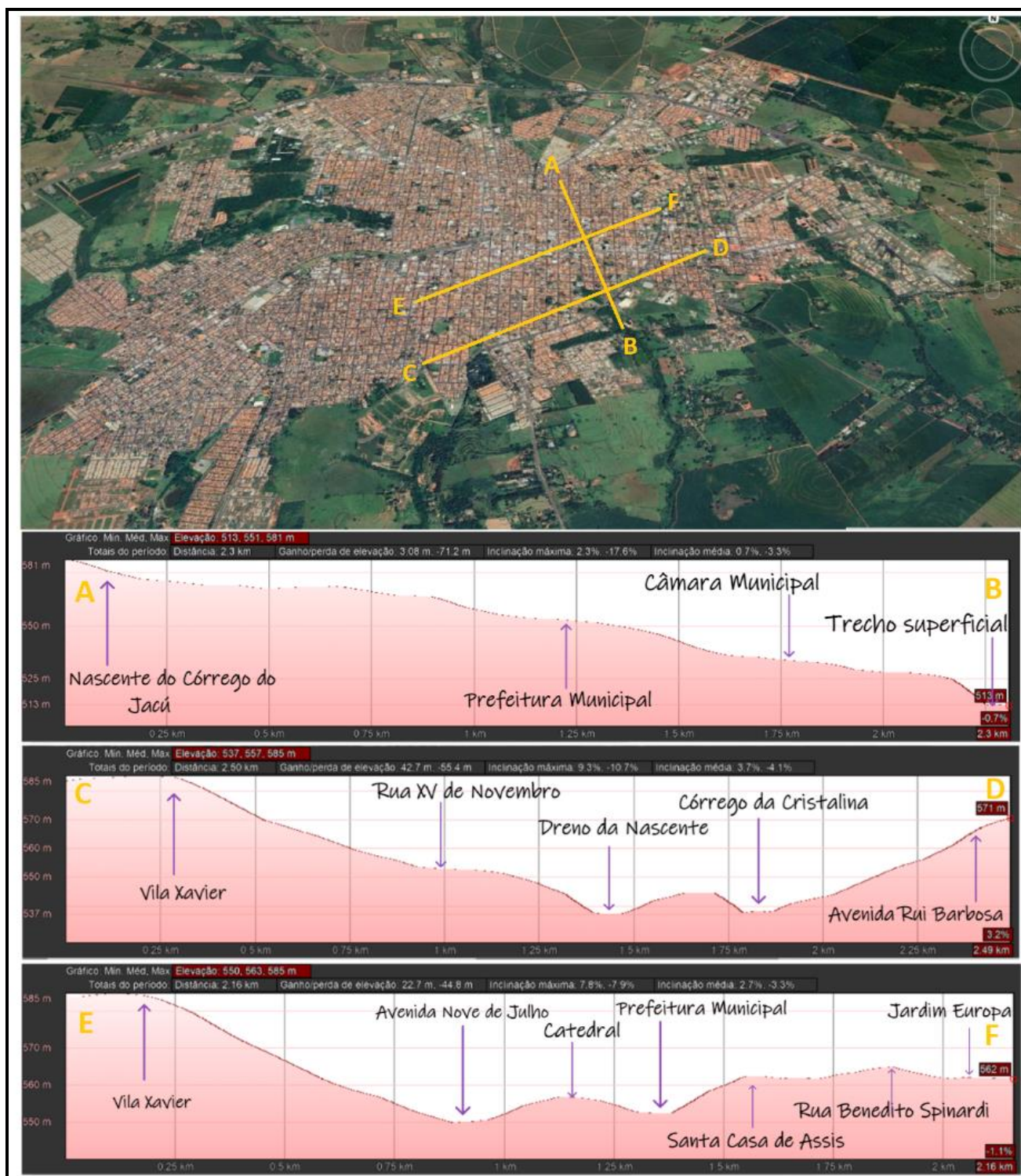


Figura 29- Declividade do trecho canalizado do Córrego do Jacú.

Fonte: Google Earth- Organizado pelo autor

Os registros de alagamentos nesta região são um problema antigo da cidade cuja origem data das primeiras obras de pavimentações de ruas, canalização do córrego e edificação das galerias pluviais (SILVA, 1978; MATOS E BONGIOVANNI, 2004).

A ausência de áreas verdes associada à falta de infraestrutura propiciaram graves problemas às regiões proximais ao córrego, principalmente em períodos chuvosos. O sistema de drenagem da região permanece insuficiente e acaba gerando áreas de risco susceptíveis a alagamentos em vários pontos do trajeto canalizado do córrego.

Matos e Bongiovanni (2004) complementam que as drenagens construídas sem os devidos respaldos técnicos normativos exigidos para instalações pluviais transformaram-se em locais propícios a deslizamentos constantes. Inúmeros gestores incorporaram drenagens irregulares na área, sem, contudo, elaborarem projetos que visem à proteção do córrego e da mata ciliar. Há a ocorrência de diversas erosões que podem se agravar e ocasionar processos de rompimento de taludes, rompimento de represas frente a assoreamentos e erosões pluviais.

Ademais, a falta de saneamento e descarte correto de lixo e outros resíduos sólidos como entulho também contribuem para a ocorrência dos episódios de alagamentos. Isto porque o escoamento superficial concentrado carrega estes detritos, de diferentes origens e tamanhos, retendo-os nas grades de entrada de bocas de lobo impedindo, assim, a drenagem da água pluvial.

A **Figura 30** apresenta o percurso do Córrego do Jacú, trecho canalizado e superficial, em perímetro urbano, com destaque a alguns pontos de alagamentos observados pela população e mídia nos últimos anos sobre a área de microdrenagem.

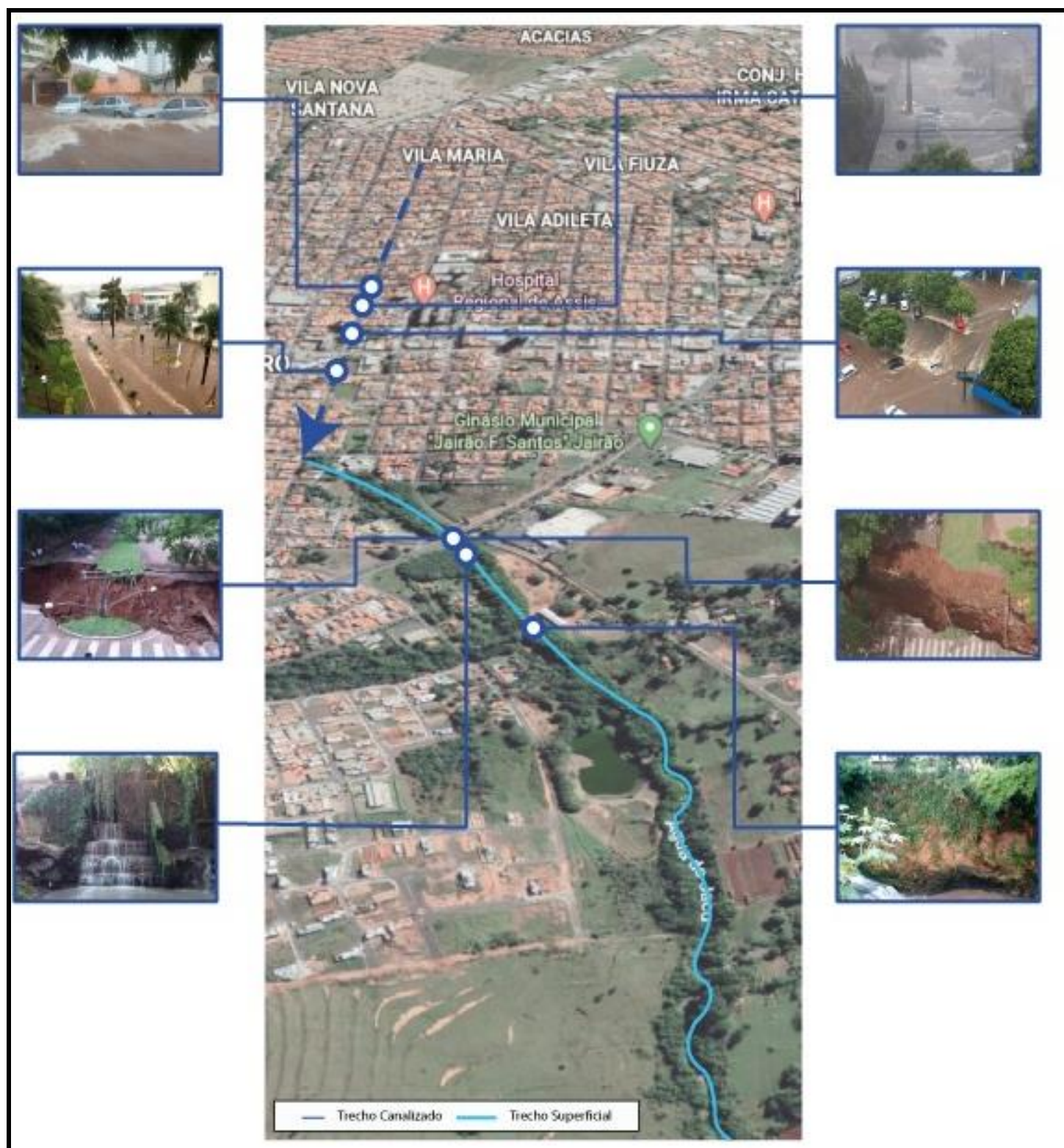


Figura 30- Vista área do percurso do córrego em área urbana com destaque aos principais pontos com registros de risco hidrológico.

Fonte: Fotos Google Earth, Assiscity, G1 e Cidadania em Assis- Organizado pelo autor.

5.3 As precipitações em Assis

A cidade de Assis, assim como boa parte das demais cidades paulistas, sofre constantemente com episódios de inundações, apesar de todo o investimento em obras estruturais que visam minimizar esta problemática e que é caracterizada como reflexo, sobretudo, da urbanização.

Por mais que sejam reconhecidas as interferências provocadas pelo processo de urbanização sobre o meio ambiente que culminam na ocorrência de inundações, enxurradas e alagamentos (com destaque à ocupação irregular e impermeabilização do solo), para que tais fenômenos sejam compreendidos é essencial analisar outro fenômeno: a precipitação. Desta forma, para compreender o risco de desastres naturais ao qual uma região urbana está submetida torna-se imprescindível analisar a dinâmica climática local, examinando a distribuição das chuvas e sua variação periódica ao longo do tempo.

5.3.1 A variabilidade dos índices pluviiais em Assis entre 1980 e 2020

A precipitação constitui o mais importante componente do ciclo hidrológico e sua distribuição ao longo do tempo não é regular e homogênea. A frequência e a intensidade das chuvas são registradas por estações hidrometeorológicas e possibilitam compreender o regime de chuva de um determinado local (FONSECA, 2017).

Os dados aqui apresentados subsidiam a análise do regime pluviométrico da área de estudo, quanto a sua variabilidade temporal. Englobando, assim, o período de análise: 1980 a 2020. Estes dados foram obtidos através do inventário de estações da ANA, que é coordenadora da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) desde 2000 por meio da Lei Federal nº 9.984/2000. A RHN é um sistema que abriga 2.767 pontos de monitoramento de chuva pelo país, e atua em parceria com outras entidades e empresas contratadas, com o intuito de organizar os dados hidrometeorológicos e publicá-los. É importante ressaltar que os dados referentes ao ano de 2021 não constavam no inventário.

No caso do município de Assis, o Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE/SP) é a entidade operadora da estação hidrometeorológica localizada no Horto Florestal- EEF, código 2250016.

Para Assis os dados séricos históricos de precipitações de 1980 a 2020 refletem as flutuações e variabilidades nos índices pluviais mensais e anuais ao longo destes 41 anos de análise (**Tabela 4**)

Tabela 4- Dados históricos de precipitações em Assis- 1980 a 2020

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	TOTAL
1980	125	259	221	105	68	33	11	20	117	135	86	242	1423
1981	234	132	111	151	12	105	15	6	1	194	179	183	1324
1982	185	178	180	66	64	224	82	29	45	249	190	404	1894
1983	259	141	227	89	304	255	5	0	214	127	146	164	1933
1984	143	112	152	85	64	1	2	51	84	47	81	242	1063
1985	180	119	149	128	108	17	23	4	27	8	127	109	997
1986	191	174	297	108	141	0	23	159	40	55	186	280	1652
1987	230	144	25	25	251	184	30	7	69	68	225	106	1363
1988	184	80	166	150	122	39	0	0	34	196	157	105	1234
1989	259	152	154	11	12	113	67	54	164	84	213	241	1523
1990	267	62	109	63	49	21	119	55	100	93	168	109	1214
1991	288	89	158	126	28	104	29	0	51	132	173	173	1349
1992	34	183	284	159	191	25	1	21	205	93	81	56	1333
1993	226	284	160	115	82	45	13	49	82	62	99	265	1481
1994	196	257	125	113	69	75	22	0	23	105	153	169	1308
1995	349	272	147	113	52	28	50	8	112	167	89	191	1577
1996	192	231	173	113	37	8	0	14	148	97	81	319	1413
1997	385	156	24	49	98	179	21	19	97	191	137	92	1447
1998	148	192	331	196	110	18	6	113	120	166	33	197	1630
1999	564	189	200	90	74	78	32	2	39	114	49	121	1550
2000	103	434	56	40	48	22	59	76	149	76	259	151	1471
2001	254	264	167	64	84	52	35	51	80	88	104	136	1379
2002	199	122	30	0	191	8	53	100	102	62	246	143	1257
2003	208	256	32	132	26	67	80	69	79	118	145	156	1367
2004	202	86	92	103	163	90	74	0	17	262	162	174	1425
2005	379	72	121	21	98	82	38	5	105	126	139	220	1405
2006	93	233	59	59	8	25	22	16	99	89	52	340	1094
2007	371	125	227	84	64	12	166	1	3	32	173	118	1376
2008	255	111	42	176	142	46	0	82	48	98	104	44	1148
2009	412	164	33	20	48	56	132	116	139	212	199	302	1834
2010	311	102	113	62	35	22	36	0	90	175	72	103	1121
2011	229	336	44	136	18	50	28	24	5	238	111	118	1337
2012	291	148	86	113	124	277	37	0	115	88	107	208	1593
2013	137	328	94	208	150	165	55	2	139	164	91	63	1595

2014	183	116	100	102	95	4	46	9	135	4	96	204	1093
2015	234	137	281	19	104	3	136	20	221	172	340	240	1906
2016	257	291	72	52	102	120	18	98	27	124	52	159	1373
2017	304	102	102	66	202	87	0	61	4	215	249	149	1539
2018	259	94	163	64	43	19	1	155	130	239	209	192	1568
2019	179	163	174	107	75	71	71	1	77	72	145	101	1234
2020	191	199	62	22	76	76	9	74	18	73	75	251	1126
Média	236	178	135	90	93	71	40	38	87	125	141	179	1413

Fonte: ANA/ HidroWeb, 2021- Organizado pelo autor.

Conforme **Tabela 4**, a cidade de Assis apresentou uma precipitação média no período de 1.413 mm. O maior índice de chuva acumulado anual foi registrado no ano de 1983 (1.933 mm), seguido por 2015 (1.906 mm) e 1982 (1.894 mm). Já os anos mais secos foram observados em 1985 (997 mm), seguidos por 1984 (1.063 mm) e 2014 (1.093 mm). A amplitude observada no período foi de 934 mm, apontando grande variabilidade de valores em relação à média. A variabilidade de precipitação pode ser analisada na **Figura 31**.

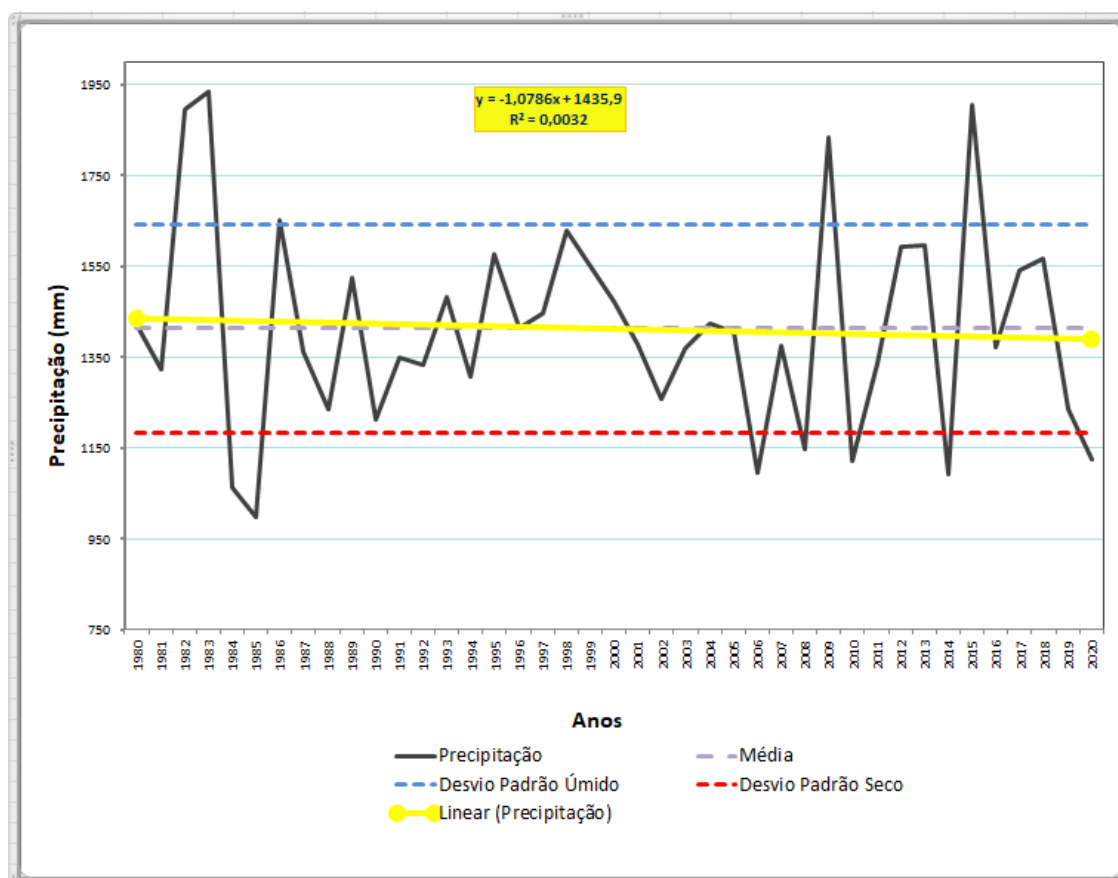


Figura 31- Precipitação anual e análise de tendência (1980-2020)- Assis-SP.

Fonte: ANA/ HidroWeb, 2021- Organizado pelo autor.

O desvio padrão é uma ferramenta estatística que indica o quanto um conjunto de dados é uniforme. Assim, quanto mais próximo do valor 0 mais homogêneo serão os dados. Neste sentido, foi calculado o desvio padrão dos dados pluviométricos, obtendo-se o valor de 230 mm.

A média de chuvas observadas no período (1.413mm) acrescida do desvio padrão resultou no limite máximo de precipitação habitual (Desvio padrão úmido: 1.643 mm). Já o limite mínimo de precipitação habitual foi obtido através da subtração entre o valor da média com o desvio padrão, resultando no Desvio padrão seco (1.184 mm). O intervalo entre o Desvio padrão úmido e seco configura como padrão de normalidade dos índices de chuva. Desta forma, dados pluviométricos anuais superiores a 1.643 mm classificam os anos como chuvosos, e dados inferiores a 1.184 mm em anos secos.

No período de análise, obtiveram-se cinco anos chuvosos e sete anos secos. O ano de 1983 foi identificado como o ano mais chuvoso, contabilizando um total acumulado de 1.933 mm. Seguidos pelos anos: 2015 (1.906 mm), 1982 (1.894 mm), 2009 (1.834 mm) e 1986 (1.652 mm). Na análise de anos mais secos detectou-se que o ano de 1985, com apenas 997 mm, detêm a posição de ano mais seco no período analisado. Seguido por: 1984 (1.063 mm), 2014 (1.093 mm), 2006 (1.094 mm), 2010 (1.121 mm), 2020 (1.126 mm) e 2008 (1.148 mm). Os demais anos equivalem a 70% de período analisado e se enquadram no padrão de normalidade de precipitação.

De modo geral a **Figura 32** demonstra as oscilações temporais dos volumes das precipitações de todo o período analisado, com destaque a alguns registros de excedentes pluviais, e em outros, escassez de chuvas. Além disso, a linha de tendência linear de precipitações, destacada no gráfico, demonstra que os volumes de chuva tenderam a uma sutil diminuição quando se compara o período de 1980 a 2020. Através de uma análise decenal pode-se ratificar esta observação. A década de 80, que compreende o período de 1980 a 1989, apresentou como média 1.431 mm, já a década seguinte, período de 1990 a 1999, verificou-se uma média de 1.430 mm. De maneira análoga, tem-se para a década que se inicia em 2000 uma média de 1.376 mm. Apenas no período decenal seguinte, de 2010 a 2019, é que houve uma interrupção da queda na média de precipitação, com um valor de 1.479

mm. A década de 2020, representada unicamente por um ano, teve média de 1.126 mm.

A apreciação dos dados da **Figura 32** apontou que, em Assis, a média mensal de precipitação situa-se em torno de 118 mm. Verifica-se, ainda, que os meses chuvosos ocorrem de outubro a março e coincidem com as estações de primavera e verão local. Enquanto que a estiagem abrange o período de junho a agosto, coincidindo com a estação de inverno local.

Os maiores totais de precipitações médios ocorreram em Dezembro e Janeiro totalizando, em 179 mm e 236 mm, respectivamente. Já os menores totais de precipitação ocorreram em junho, julho e agosto, marcando média, respectivamente, de 71 mm, 40 mm e 38 mm. Neste processo, os números totais de dias com chuvas também reproduzem a mesma dinâmica da variabilidade média dos volumes precipitados ao longo do ano.

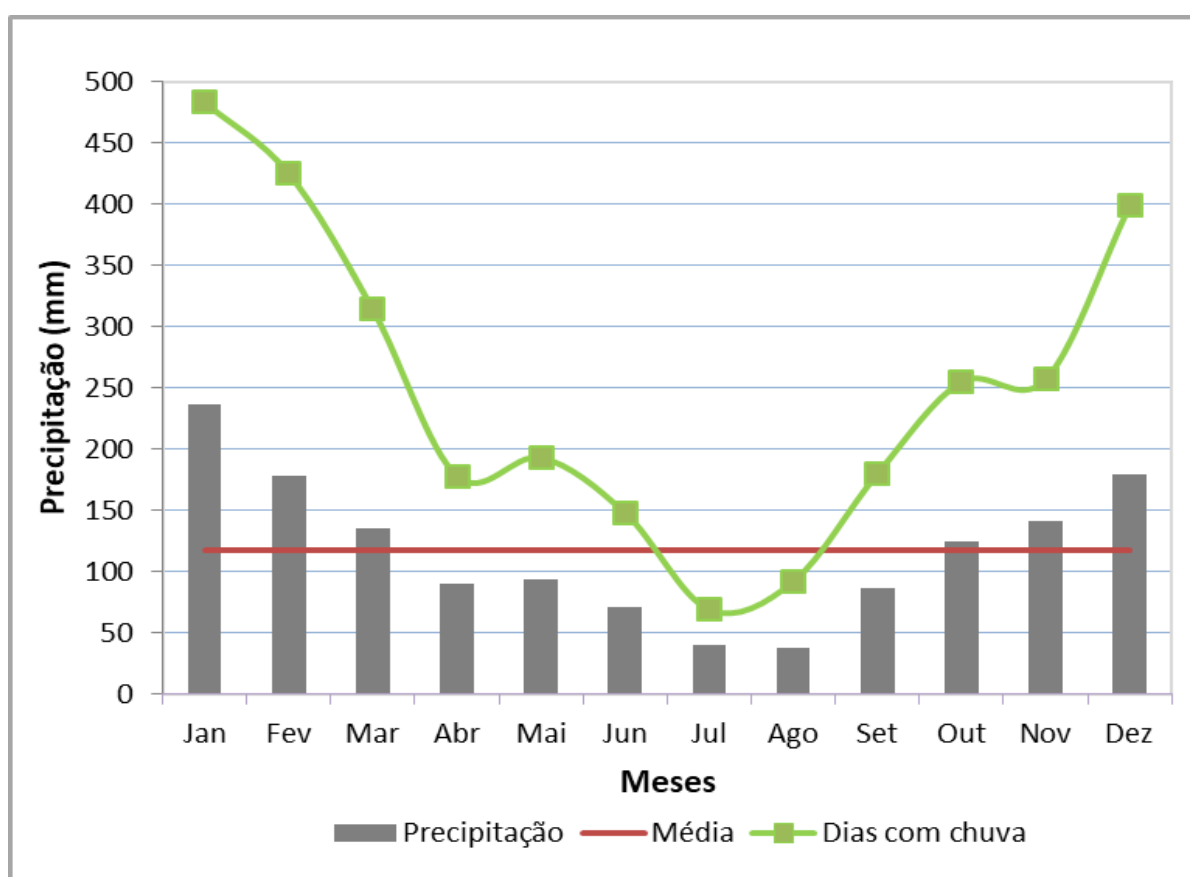


Figura 32- Médias pluviométricas e dias com chuvas (1980 -2020) - Assis-SP.

Fonte: ANA/ HidroWeb, 2021- Organizado pelo autor.

Apesar da análise sazonal da distribuição do volume de chuva indicar maior concentração e frequência em meses de primavera e verão local, e períodos de estiagem durante inverno local, pode-se notar, conforme **Figura 32**, que ocorreram variações significativas nos índices pluviométricos de alguns meses pré-fixados como chuvoso ou seco.

O mês de janeiro, apontado como o mais chuvoso (média 236mm), contabilizou 34 mm em 1992. Uma representatividade de apenas 14,5% do volume médio esperado para o período. De modo semelhante observa-se um janeiro atípico com baixos índices pluviométrico em 2006 (92,8 mm), 2000 (102,6 mm), 1980 (125,3 mm), 2013 (137,2 mm), 1984 (143,3) e 1998 (147,9 mm).

O pluviograma é uma importante ferramenta metodológica para representar e mensurar os quantitativos de precipitação de um determinado local, através das alturas de chuvas acumuladas no diagrama. A **Figura 33** apresenta um pluviograma adaptado, conforme proposto por Schroder (1956), onde os dados pluviométricos do município de Assis foram organizados e classificados de acordo com os percentuais pluviométricos mensais obtidos com o cálculo sobre totais anuais da série histórica 1980 a 2020.

Para tanto, foram criadas seis categorias para representar a proporção de precipitação observada em cada mês em relação ao total de chuva ocorrida durante cada ano. E divididas em intervalos percentuais. Na categoria 1 o total de chuva apresenta menos de 1% do volume de chuva anual de cada ano, categoria 2 (1-4,9%), categoria 03 (5-9,9%), categoria 04 (10-14,9%), categoria 5 (15-19,9%) e categoria 06 ($\geq 20\%$).

Empregou-se a coloração azul para demonstrar os gradientes de precipitação, onde os tons mais claros representavam os meses com menores abundâncias de precipitação e os tons mais escuros aqueles com maiores índices. A coloração branca foi padronizada aos períodos onde registro de chuva representava menos de 1% em relação ao montante de precipitação anual para contrastar, através do gradiente de coloração, com os meses de maior acúmulo ($\geq 20\%$).

Além disso, utilizou-se a representação gráfica de círculos para caracterizar o mês mais chuvoso (círculos brancos) e menos chuvoso (círculos pretos). Em alguns anos foram observados índices percentuais idênticos, tendo, assim, um ou

mais meses chuvosos ou secos. Os gradientes de coloração sobre a variável precipitação permitem identificar as variabilidades e excepcionalidades de chuva em uma escala estacional de precipitação preestabelecida.

A partir da **Figura 33** é possível aferir que o mês de janeiro apresenta-se como o mês mais chuvoso ao longo dos 41 anos analisados (1980- 2020), totalizando 18 registros. Seguido pelo mês de Fevereiro (9 marcações) e Dezembro (6 marcações). Estas informações corroboram com os dados apresentados na **Figura 32**, destacando que o período chuvoso está vinculado ao período estacional de verão local (dezembro a março).

Em contrapartida, a incidência de mês mais seco fica registrada para o mês agosto contabilizando 18 marcações, seguido por julho (17 marcações) e junho (8 marcações). Ainda é possível observar o sequenciamento de meses de seca (muito próximo de 0%), demarcando períodos de estiagem, como observado nos anos 1981, 1983, 1984, 1996 e 2007. O ano 1989 aponta uma excepcionalidade na distribuição de chuvas, destacando os meses abril e maio como período de estiagem.

Evidencia-se ainda pelo pluviograma a distribuição difusa de chuvas ao longo dos anos 1980, 1985, 1995, 2010, 2011 e 2018. Os dados reforçam uma sequência de até cinco meses com baixas precipitações. Entre os anos com melhores distribuições de chuva (uniformidade nos gradientes de coloração) destacam-se 1982, 2000, 2001, 2003 e 2009 (caracterizado pela uniformidade e precipitações acima do normal no período de inverno).

Observa-se algumas singularidades entre os registros de meses denotados como mais chuvosos. Os anos 1983 (maior precipitação no período analisado com 1.933 mm) e 1987 obtiveram o mês de maio como o mais chuvoso. Já os anos 1986, 1992 e 1998 apresentaram como mês mais chuvoso março. E os anos 1988 e 2004, por sua vez, o mês de outubro.

Por fim, entre os meses com maiores precipitações, na sequência 2009, 1982, 2015 e 1983, observa-se que houve distribuição homogênea dos volumes de chuvas ao longo dos anos apenas em 2009 e 1982. Apesar dos maiores índices pluviométricos observados em 2015 e 1983, nestes anos a concentração de chuva foi mais intensa nos períodos já preestabelecidos como chuvosos.

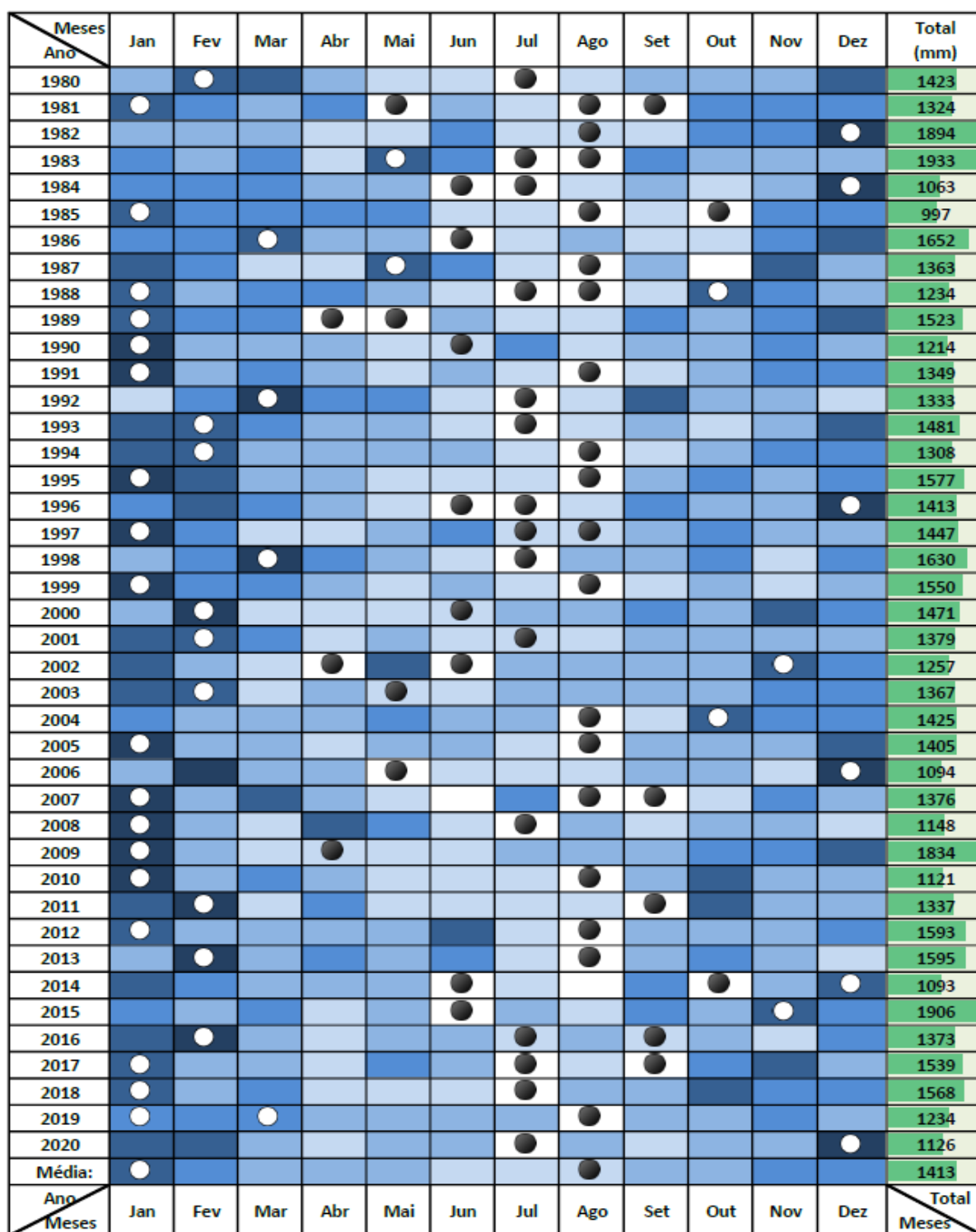


Figura 33- Pluviograma -Assis-SP (1980-2020)

Fonte: ANA/ HidroWeb, 2021- Adaptado Schroder (1956)- Organizado pelo autor.

5.3.2 Análise das precipitações extremas

As modificações no ambiente natural desencadeadas pelo processo de urbanização em Assis/ SP, principalmente em relação ao uso e ocupação do solo, culminaram em consequências que não foram previamente projetadas ao longo do ordenamento territorial e expansão da cidade. O reflexo desta condição tornou-se uma das principais problemáticas socioambientais em Assis: vulnerabilidade aos impactos por episódios de precipitações extremas, como alagamentos, enxurradas e inundações.

Alguns fatores contribuíram para a formação de um cenário com potencial risco para desastres, tais como alterações no relevo, impermeabilização do solo, canalização de cursos d'água e ocupação irregular de regiões de várzea. Neste sentido, é de fundamental importância analisar os eventos de precipitações extremas e suas frequências com os impactos gerados sobre este meio.

A precipitação máxima é compreendida como um evento extremo, caracterizada por uma determinada duração, distribuição temporal e espacial crítica para certa área ou bacia hidrográfica, sendo empregado, sobretudo, em estudos de drenagem urbana e previsões de enchentes. Para Paz (2004), é importante analisar estes dados em complemento com as grandezas intensidade, duração e frequência ou tempo de retorno, para uma representação fidedigna do evento.

Conforme consta em literatura, há diferentes metodologias para se quantificar os volumes de precipitações a serem consideradas extremas, variando para cada região, sobretudo por conta das dinâmicas das ocupações do solo.

Neste sentido, o presente trabalho utilizou-se do método percentil 95 para calcular e identificar as precipitações extremas, ou seja, através deste método e considerando-se apenas os dias em que houve registro de chuvas, analisou-se os registros que se situavam entre os 5% com maiores valores da série histórica estudada, obtendo-se, assim, o valor de 50 mm.

Contudo, confrontando este valor obtido com as ocorrências registradas de alagamento no município através de reportagens da imprensa, e em consonância com os dados hidrometeorológicos, optou-se por retificar este índice e considerar como eventos extremos aqueles com registros de precipitações superior ou igual 30 mm em um intervalo de 24 horas.

Assim, os dados foram selecionados e identificados conforme data de ocorrência do evento **(ANEXO B)**. Posteriormente foram agrupados e contabilizados mensalmente. A **Tabela 5** apresenta os quantitativos de eventos com precipitações a partir de 30 mm/ dia, durante cada mês de cada ano do período de 1980 a 2020.

Tabela 5- Relação dos eventos de chuvas extremas em Assis por mês (1980-2020)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1980	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	5
1981	1	3	3	2	0	1	0	0	0	2	1	1	14
1982	2	2	1	1	2	5	1	1	1	2	4	6	28
1983	4	0	2	1	4	2	0	0	1	1	1	2	18
1984	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	6
1985	4	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	9
1986	4	3	0	1	0	0	0	2	0	1	2	3	16
1987	1	2	1	0	3	1	0	0	1	1	3	1	14
1988	1	1	2	3	0	0	0	0	0	4	4	1	16
1989	3	2	1	0	0	0	1	0	3	1	1	4	16
1990	7	1	1	0	1	0	1	0	1	0	3	2	17
1991	4	2	3	1	0	0	0	0	0	1	1	2	14
1992	0	1	1	2	3	0	0	1	1	1	1	0	11
1993	3	2	0	0	0	1	0	1	0	2	2	2	13
1994	4	2	2	0	1	0	0	0	0	1	0	1	11
1995	1	2	2	1	0	0	1	0	0	1	1	1	10
1996	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	3	8
1997	3	2	0	0	1	2	0	0	0	3	1	1	13
1998	0	1	2	1	0	0	0	1	1	2	1	3	12
1999	3	4	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	12
2000	1	3	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	9
2001	1	1	1	0	3	0	0	1	0	2	1	1	11
2002	3	1	0	0	1	0	0	2	1	1	0	2	11
2003	0	1	0	2	0	0	1	0	0	2	0	0	6
2004	0	0	0	3	3	1	1	0	0	2	1	2	13
2005	2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	7
2006	1	3	1	0	0	0	0	0	1	1	0	2	9
2007	5	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
2008	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	8
2009	5	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	5	15
2010	3	1	4	0	0	1	0	0	0	2	1	2	14
2011	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	6
2012	4	0	2	3	2	2	0	0	1	0	0	3	17
2013	0	5	0	3	2	3	0	0	1	2	1	1	18
2014	3	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	7

2015	3	0	1	1	1	0	3	0	1	2	2	5	19
2016	3	1	1	1	2	1	0	2	0	0	0	4	15
2017	3	2	0	0	3	2	0	0	0	5	2	1	18
2018	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
2019	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4
2020	1	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	6
Nº de eventos	94	58	42	33	37	26	10	13	21	45	41	67	487

Fonte: ANA/ HidroWeb, 2021- Organizado pelo autor.

A análise de frequência de chuvas a partir de 30 mm em Assis identificou 487 registros entre 1980 e 2020. Além disso, a distribuição de ocorrência destes eventos apresentou caracterização heterogênea ao longo do ano (**Figura 34**), concentrando-se, sobretudo, nos períodos previstos como chuvosos (período estacional de verão local). Neste sentido, janeiro despontou como mês com maiores registros de chuvas intensas, totalizando 94 registros (19,3% do total). Seguido por dezembro com 67 registros (13,8% do total) e fevereiro com 58 registros (11,9% do total). Já os meses com menores índices de ocorrência são julho com 10 registros (2,1% do total), agosto com 13 registros (2,7% do total) e, por fim, setembro com 21 registros (4,3% do total). Corroborando que as menores incidências de chuvas a partir de 30 mm/dia ocorrem em período sazonal de estiagem.

Desta forma a estação mais úmida (dezembro a março) concentrou a maior parte das ocorrências de dias com chuvas intensas, correspondendo a 71,3% do total de ocorrências. Já o período caracterizado como tipicamente seco (junho a agosto) registrou apenas 9% do montante de dias com precipitação ≥ 30 mm/ dia

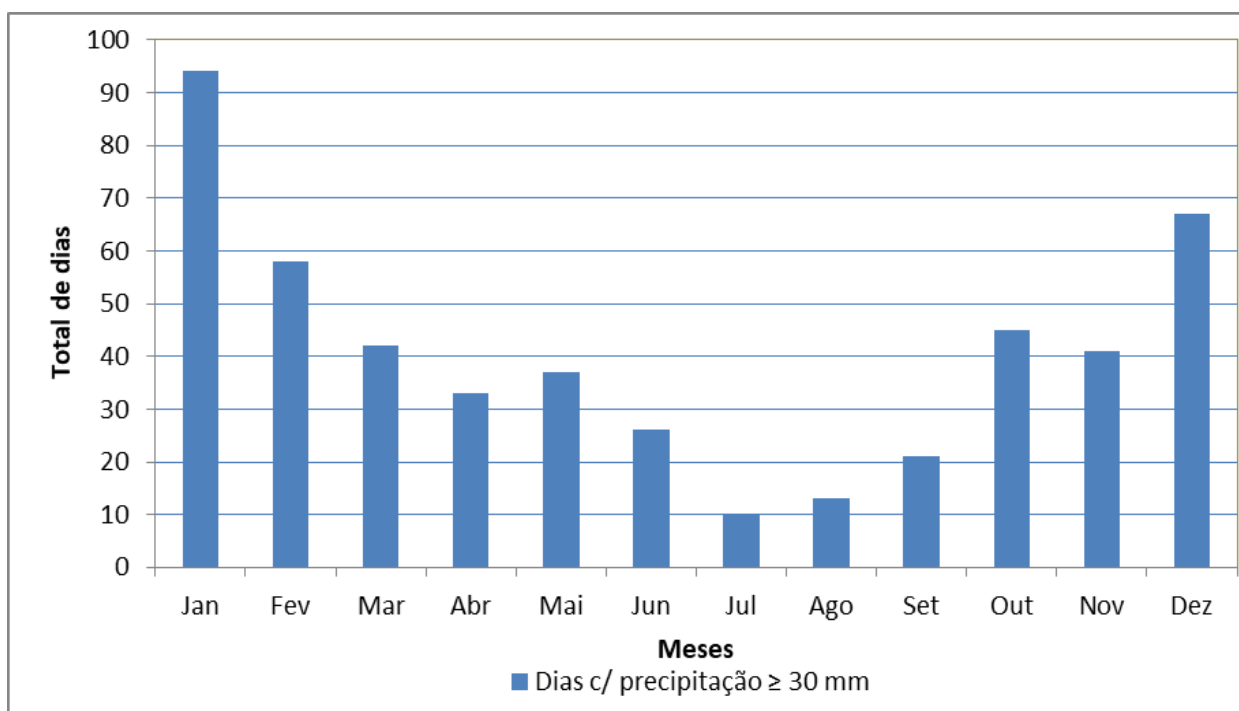


Figura 34- Eventos chuvosos com precipitação ≥ 30 mm/ dia- Assis-SP (1980-2020).

Fonte: ANA/ HidroWeb, 2021- Organizado pelo autor.

Em relação à distribuição de registros com chuvas intensas por ano no período de 1980 a 2020, observa-se através da **Figura 35** uma ampla amplitude entre os dados. Alguns anos foram marcados por maior número de episódios de chuvas intensas como 1982, com 28 ocorrências. Enquanto outros com escassez de registros, vide ano 2018 com apenas 2 ocorrências. A média de precipitações com índice ≥ 30 mm/ dia, para o período, foi contabilizada em 11,9 ocorrências por ano.

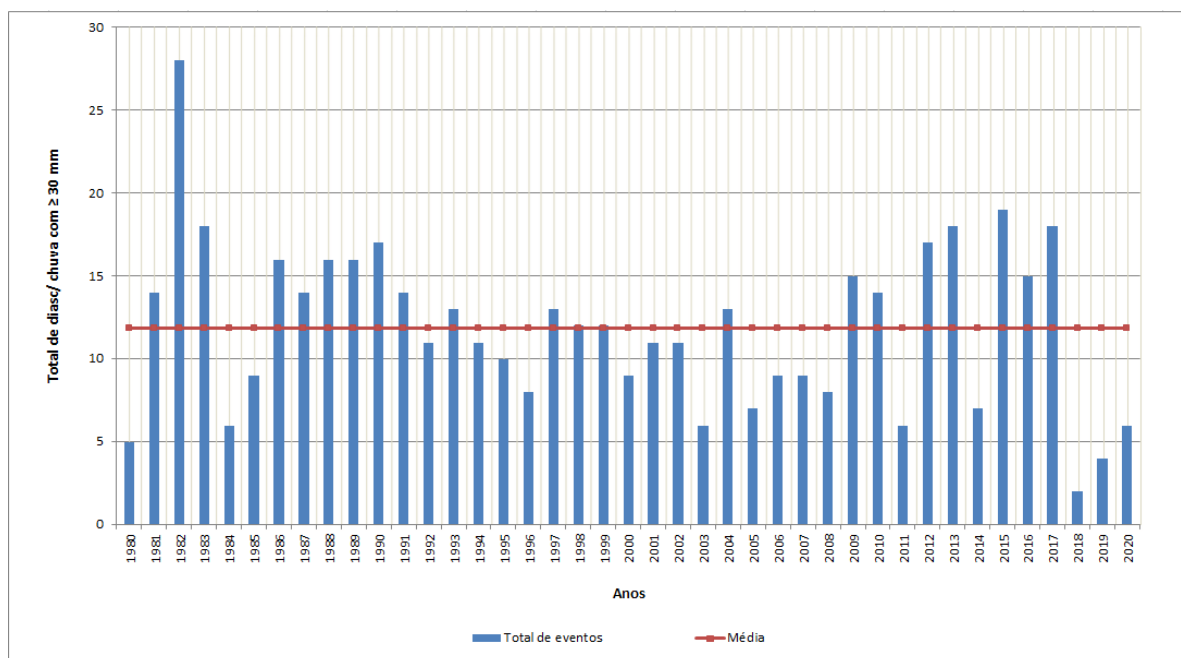


Figura 35- Número de eventos/ano com precipitação ≥ 30 mm/ dia- Assis-SP (1980-2020).

Fonte: ANA/ HidroWeb, 2021- Organizado pelo autor.

Comparando-se os quantitativos anuais de precipitação (**Tabela 4**) com o número de ocorrências registradas por ano (**Figura 35**), verifica-se que os anos de 1982, 1983 e 2015 foram classificados com os anos mais chuvosos, registrando precipitações acima do desvio padrão úmido. E que 1984, 1985 e 2014 configuram entre os anos com menores taxas pluviométricas registradas, portanto, abaixo do limiar de desvio padrão seco. Com os dados destes anos é possível aferir que há uma relação diretamente proporcional entre os índices de pluviosidade com o número de ocorrências de chuvas intensas.

Desta forma, anos mais úmidos apresentaram maiores ocorrências destes episódios chuvosos. Ao passo que anos mais secos contabilizaram baixas taxas de ocorrências. Excepcionalmente, 1980 e 2018 não se enquadraram neste perfil. Foram anos com índice pluviométrico acumulado superior à média (1.413 mm), contudo registraram baixos números de eventos com chuvas intensas.

A Tabela 6 demonstra que os índices de ocorrências de chuvas intensas são inversamente proporcionais ao índice de precipitação. Neste caso, verifica-se que à medida que se aumenta a faixa de precipitação, os registros de ocorrência destes eventos tendem a se reduzir.

Nota-se que os índices situados na faixa de precipitação de 30 a 39,9 mm correspondem a quase 45% da totalidade de ocorrência do período, contabilizando 219 registros. De maneira análoga, observa-se que as precipitações ≥ 130 mm são eventos mais raros, representando apenas 0,21% da totalidade das ocorrências, contabilizando-se um único registro em 41 anos de dados séricos históricos.

Tabela 6- Frequência das ocorrências por faixa pluviométrica- Assis-SP (1980-2020)

Faixa de precipitação	Ocorrências	Porcentagem (%)
≥ 130 mm	1	0,21
120 a 129,9 mm	4	0,82
110 a 119,9 mm	4	0,82
100 a 109,9 mm	5	1,03
90 a 99,9 mm	4	0,82
80 a 89,9 mm	9	1,85
70 a 79,9 mm	23	4,72
60 a 69,9 mm	30	6,16
50 a 59,9 mm	65	13,35
40 a 49,9 mm	123	25,26
30 a 39,9 mm	219	44,97
Total	487	100,00

Fonte: ANA/ HidroWeb, 2021- Organizado pelo autor.

A análise dos dados de precipitação em consonância com o conjunto de dados da variabilidade espacial das chuvas serve como importante ferramenta para implementação de soluções estratégicas aos problemas de alagamento, inundações e deslizamentos (EMBRAPA, 2020). Neste sentido, o levantamento de eventos extremos, como frequência e recorrência de precipitações, torna-se um instrumento valioso para tomada de decisões e um adequado planejamento urbano. Assim, a **Tabela 7** apresenta os dados de frequência e recorrência dos eventos classificados como extremos.

Tabela 7- Frequência e recorrências de chuvas intensas conforme faixa de precipitação

Precipitação (mm) em 24h	Ordem	Frequência para o período analisado (%)	Frequência em dias com chuva (%)	Recorrência
160	1	0,0067	0,0334	1 vez a cada 41 anos
127,4	2	0,0134	0,0668	1 vez a cada 20,5 anos
127,2	3	0,0200	0,1002	1 vez a cada 13,7 anos
124	4	0,0267	0,1336	1 vez a cada 10,3 anos
86	21	0,1402	0,7016	1 vez a cada 2 anos
76	39	0,2604	1,3030	1 vez a cada 1,1 anos
66	61	0,4073	2,0381	1,5 vezes ao ano
59	87	0,5809	2,9068	2 vezes ao ano
47	172	1,1485	5,7467	4 vezes ao ano
40	264	1,7628	8,8206	6,5 vezes ao ano
30	487	3,2519	16,2713	12 vezes ao ano

Fonte: ANA/ HidroWeb, 2021- Organizado pelo autor.

A frequência é uma estimativa da probabilidade. Sendo assim, para determinar a frequência para valores máximos, os dados observados devem ser classificados em ordem decrescente, atribuindo-lhes seu número de ordem. Por exemplo: a maior precipitação extrema registrada (160 mm) localizou-se na posição de número um (ordem 1^a), já a de menor precipitação extrema situou-se na posição de número 487 (ordem 487^a).

Posteriormente, quantificou-se o número total de dias analisados, bem como o total de dias em que houve registro de chuva. Para o período analisado, 1980 a 2020, foram contabilizados 14.976 dias (inclusos os anos bissextos neste quantitativo), dos quais 2.993 dias apresentaram registros de precipitação.

Em posse dos dados mencionados acima, estimou-se as frequências de chuvas intensas em relação ao período total de dias e em relação aos dias em que houve registro de chuva, através dos seguintes cálculos respectivamente: razão entre o número da ordem pelo número total de dias; e razão entre o número da ordem e o número total de dias com registro de chuva.

A partir do cálculo de frequência, obteve-se a probabilidade de ocorrência de chuvas para cada faixa de precipitação (**Tabela 7**). Assim, a possibilidade de, em um dia aleatório qualquer, ocorrer novamente uma precipitação extrema idêntica ou superior à observada em junho de 2012 (160 mm) é muito baixa, sendo igual a 0,0067%. Aplicando-se o mesmo cálculo, agora em relação ao dias com registro de chuva observa-se que a probabilidade aumenta (0,0334%). Note-se que para este

cálculo não foram consideradas as condições atmosféricas, nem a sazonalidade da precipitação.

De forma geral, as frequências aumentam à medida que se diminui o volume da precipitação. As chances de ocorrerem chuvas com volume de 30 mm são 3,25% para qualquer dia, e em dias com chuvas esta probabilidade eleva-se para 16,27% aproximadamente.

Para cálculo da recorrência, utilizou-se a razão entre o número total de dias e a respectiva ordem da precipitação analisada. Obtendo-se, assim, a probabilidade da ocorrência de chuvas para cada precipitação.

A **Tabela 7** descreve as recorrências de cada precipitação. Neste aspecto, é possível aferir que a maior precipitação registrada (160 mm), um único registro ao longo da série de dados históricos, ocorra a cada 41 anos. De modo semelhante, os registros de precipitações iguais a 30 mm (menor valor da análise de chuvas intensas) ocorram, em média, 12 vezes ao ano (487 registros em 41 anos).

A **Tabela 8** sumariza a distribuição mensal de dias com chuvas e os números de eventos com chuvas intensas por mês no período de 1980 a 2020. Desta forma, com base nestes dados é possível aferir que os meses que mais ocorreram precipitações foram janeiro (38% dos dias), seguido por fevereiro (36,7% dos dias) e dezembro (31,4% dos dias). Apesar de dezembro e fevereiro possuírem médias pluviométrica próximas, 179 mm e 178 mm respectivamente (Tabela 1), observa-se, com os dados da Tabela 5, que os volumes de chuva em fevereiro são melhores distribuídos ao longo do mês com base na quantidade de chuva ocorridas e menor porcentagem de eventos extremos (13,6%). Ao passo que dezembro apresenta 16,8% de seus dias chuvosos com precipitações ≥ 30 mm/ dia. Os meses com menores porcentagens de dias com chuva são julho (5,4% dos dias) e agosto (7,2% dos dias).

Os dados acima corroboram que em Assis há estações chuvosas e secas bem definidas, visto que média para o período estudado foi de 20% de dias com chuva, ou seja, dos 14.976 dias analisados, 2.993 dias foram marcados com presença de precipitações. Além disso, as maiores frequências mensais das chuvas a partir de 30 mm coincidiram com os meses em que se observou, também, maior volume da precipitação e quantidade de dias com chuvas intensas.

O mês com maior número de registros com chuvas intensas foi janeiro com 94 ocorrências (19, 5 % dos dias com chuva), seguido por dezembro com 67 registros (16,8 % dos dias com chuva). Abril e maio, apesar de apresentarem menos ocorrências obtiveram uma porcentagem representativa quanto ao número de eventos com chuvas intensas em relação ao total de dias com precipitações, 18,5% e 19,2%.

Os meses onde foram observadas menores probabilidade de ocorrência de chuvas intensas foram setembro, com 11,7%, seguido por março, com 13,4%, e fevereiro com 13,6%. O mês de junho que é caracterizado como início da estiagem em Assis ficou acima da média da ocorrência de eventos extremos, com 17,6%. A frequência média de chuvas intensas para o período foi de 16,3% da totalidade de dias com chuvas.

Tabela 8- Distribuição mensal dos dias com chuva e dias com chuvas intensas

Mês	Total de dias	Dias com chuva	% Dias com chuva	Qtde de dias c/ precipitação ≥ 30 mm	% dias c/ precipitação ≥ 30 mm em dias c/ chuva
Jan	1271	483	38,0	94	19,5
Fev	1159	425	36,7	58	13,6
Mar	1271	314	24,7	42	13,4
Abr	1230	178	14,5	33	18,5
Mai	1271	193	15,2	37	19,2
Jun	1230	148	12,0	26	17,6
Jul	1271	69	5,4	10	14,5
Ago	1271	92	7,2	13	14,1
Set	1230	180	14,6	21	11,7
Out	1271	255	20,1	45	17,6
Nov	1230	257	20,9	41	16,0
Dez	1271	399	31,4	67	16,8
Total	14976	2993	20,0	487	16,3

Fonte: ANA/ HidroWeb, 2021- Organizado pelo autor.

5.4 Impactos das chuvas intensas em Assis

É de responsabilidade da União, dos Estados e dos municípios articular-se para reduzir os desastres e apoio às comunidades atingidas. Cabe a eles, também, promover ações de mitigação que busquem diminuir ou limitar os impactos que os

desastres ocasionam à população. Entre as ações preconizadas incluem-se o monitoramento de eventos naturais e a emissão de alertas e avisos.

No âmbito municipal de Assis, a COMDEC (Coordenadoria Municipal de Defesa Civil) é o órgão responsável por esta articulação, além do planejamento, coordenação, mobilização e gestão das ações de Defesa Civil.

Mediante a estas informações buscou-se registros históricos sobre desastres e impactos que os eventos hidrológicos (enxurrada, alagamento e inundações) ocasionaram ou tem ocasionado sobre a rede de drenagem urbana, e em especial destaque à Microbacia hidrográfica do córrego do Jacú. Algumas cidades tem o controle destes registros ou sistema suprido pelo Corpo de Bombeiros, outras pela Defesa Civil. No caso de Assis, a Defesa Civil é o órgão responsável pela captação destas informações e seu devido tratamento. Contudo nem, a Defesa Civil, nem a Corporação de bombeiros possuíam dados oficiais e padronizados sobre estes eventos.

Como forma de minimizar as lacunas de informações oficiais, buscaram-se informações e documentos no banco de dados digital do Ministério da Integração Nacional e da Secretaria Nacional de Defesa Civil. Contudo sem grande êxito. Assim, para composição e análise destes eventos optou-se pela utilização de reportagens e notícias de jornais locais e regionais em sua versão digital.

5.4.1 Impactos pluviais noticiados pela imprensa

A busca por informações através de registros da imprensa teve como enfoque avaliar e conhecer os problemas ocasionados no município de Assis pelas chuvas intensas (**Figura 36**). O viés qualitativo fornecido pela mídia, em consonância aos dados hidrometeorológicos oficiais, permitem contextualizar a magnitude de uma chuva com seu impacto sobre a malha urbana. Neste sentido buscaram-se os registros destas ocorrências em veículo de imprensa digital, englobando o período de 2011 a 2020. Foram encontradas 70 reportagens cobrindo 18 eventos chuvosos com potenciais danos e transtorno à dinâmica e rotina urbana (**ANEXO C**).



Figura 36- Registro de nuvem Stratocumulus volutus em Assis.

Fonte: Arquivo José Lucas- Registro Out/2021

A **Tabela 9** apresenta os quantitativos de reportagens cobrindo as ocorrências dos eventos pelos principais jornais e portais de notícias digitais de Assis e região. Para melhor compreensão, as mídias foram categorizadas e representadas por letras maiúsculas. Onde “A” corresponde ao Diário de Assis- Portal de Notícias, “B” Jornal Voz da Terra, “C” Abordagem Notícias- Informação Ética e Imparcial de Assis, “D” Jornal da Segunda- Um semanário necessário, “E” Assiscity- Notícias de Assis e região, “F” G1- TV TEM- Globo e “G” Outros veículos de imprensa.

Tabela 9- Quantitativos de reportagens cobrindo os eventos hidrológicos em Assis- SP (2011 -2020))

Ordem	Data da ocorrência	A	B	C	D	E	F	G	TOTAL
1	14/10/2011	0	0	0	0	1	0	3	4
2	25/01/2012	0	0	0	0	1	0	0	1
3	21/02/2013	0	0	0	0	0	1	0	1
4	16/01/2014	0	0	0	0	1	1	0	2
5	29/12/2014	0	0	0	0	0	1	0	1
6	09/03/2015	0	0	0	0	1	1	2	4
7	30/03/2015	0	1	0	0	1	1	1	4
8	04/01/2017	1	2	1	0	2	6	6	18
9	23/01/2018	0	0	1	0	1	0	1	3
10	26/03/2018	0	0	1	0	1	2	4	8
11	19/09/2018	0	0	1	0	1	1	3	6
12	25/02/2019	0	0	0	0	1	1	1	3
13	20/03/2019	0	0	0	0	1	0	0	1
14	03/06/2019	0	0	0	0	1	1	0	2
15	09/01/2020	0	0	0	0	2	1	2	5
16	10/02/2020	0	0	0	0	1	0	0	1
17	18/03/2020	0	0	0	0	1	0	2	3
18	18/12/2020	0	0	0	0	2	1	0	3

Fonte: Imprensa digital- Organizado pelo autor

A distribuição de ocorrência destes fenômenos apresentou-se de forma irregular durante os dez anos de registros, conforme **Figura 37**. O ano de 2020 foi aquele que apresentou maior número de ocorrências, concentrando 4 eventos de chuvas intensas. Em contrapartida, 2016 não registrou nenhum evento chuvoso que pudessem ocasionar danos e, ao mesmo tempo, fosse alvo de cobertura da mídia.

Nota-se, ainda, que a atenção da mídia aos eventos ocorridos é diretamente proporcional à quantidade, bem como ao quantitativo de pontos de danos e a sua gravidade. Neste sentido, os anos 2017, 2018 e 2020 se destacam em relação aos demais. O ano de 2017, apesar de registrar uma única ocorrência, teve ampla cobertura por diversos e diferentes veículos de imprensa, sobretudo, por conta da severidade do evento que ocasionou uma morte. O ano de 2018 destaca-se pela amplificação dos danos ocasionados, ao todo foram detectados 20 diferentes pontos de alagamentos e outros eventos hidrológicos. Por fim, 2020 foi o ano com maiores registros contabilizados para o período de estudo, totalizando 4 episódios (**Figura 37**).

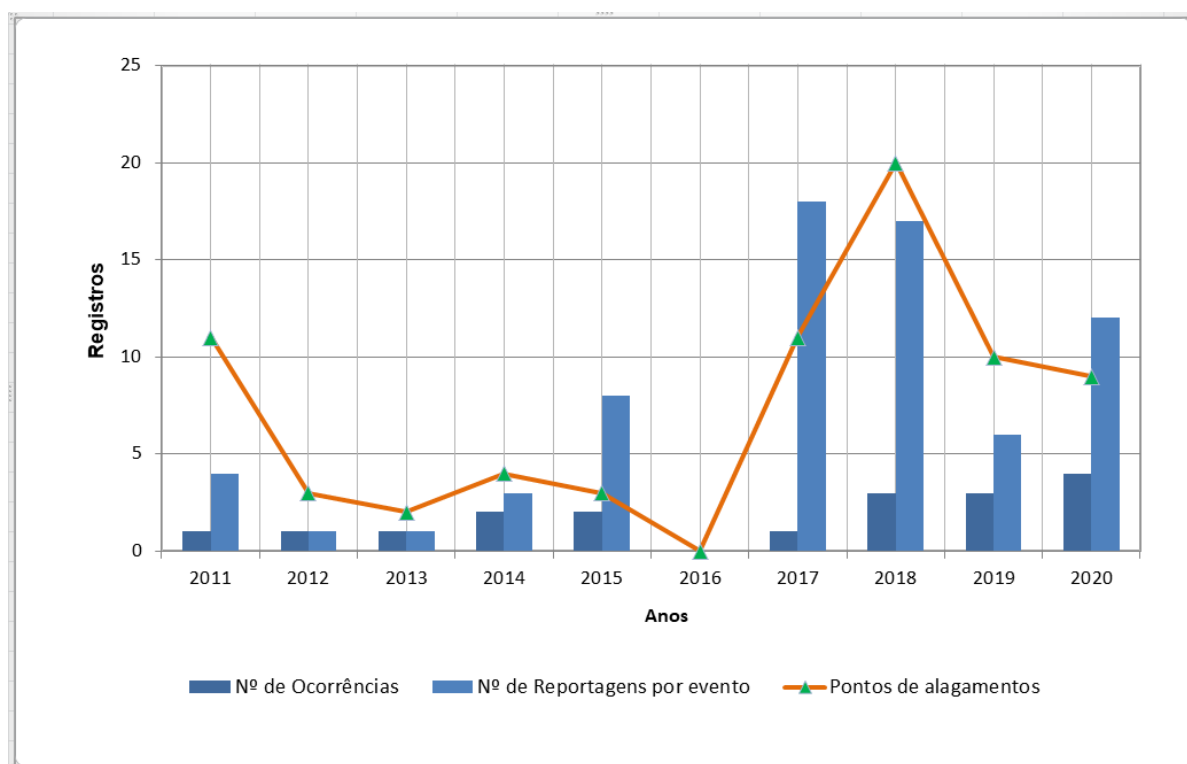


Figura 37- Distribuição das ocorrências, reportagens e pontos (2011- 2020)

Fonte: Imprensa digital- Organizado pelo autor

A relação entre os números de ocorrências de alagamentos e a precipitação média (período base 2011- 2020) para cada mês do ano está apresentada na **Tabela 10**. Mediante a estes dados, pode-se averiguar que a concentração do número de ocorrência de eventos hidrológico coincide com o período estabelecido como chuvoso (outubro a março). Ao passo que os meses com menores índices pluviométricos, julho (40 mm) e agosto (44 mm), não obtiveram nenhum tipo de intercorrência, danos ou estragos.

O mês de junho apresentou uma única ocorrência, mesmo sendo o mês que marca o início do período de estiagem. A ocorrência em questão ocorreu no ano de 2019, onde foi registrada uma precipitação de 46 mm em 24 horas. O que equivale a aferir, que em um único dia choveu o equivalente a 52% do esperado para o mês todo, conforme média histórica de precipitação do mês (87 mm).

De modo semelhante, o mês de setembro registrou uma única ocorrência. Este evento ocorreu em 2018, onde choveu 66 mm em 24 horas. Como a média histórica pluviométrica esperada para o mês é de 87 mm, conclui-se que em um único dia choveu 75% do esperado para mês todo de setembro.

Eventos com estes supracitados, onde há registros de grandes volumes de chuvas em intervalos curto de tempo, explicitam vulnerabilidade da drenagem urbana de Assis frente a chuvas intensas.

A **Tabela 10** apresenta ainda a concentração de ocorrência no período que compreende o primeiro trimestre do ano. Das 18 ocorrências registradas para o período de dez anos, 13 ocorrências situavam-se entre os meses de janeiro, fevereiro e março, ou seja, uma representatividade de 70% de todas as ocorrências do decênio.

Tabela 10- Caracterização da distribuição do número de alagamento por mês.

Mês	Precipitação média (mm)	Nº de ocorrências	Mês	Precipitação média (mm)	Nº de ocorrências
Janeiro	226	5	Julho	40	0
Fevereiro	191	3	Agosto	44	0
Março	118	5	Setembro	87	1
Abril	89	0	Outubro	139	1
Maió	99	0	Novembro	147	0
Junho	87	1	Dezembro	168	2

Fonte: ANA/ HidroWeb, 2021- Imprensa digital- Organizado pelo autor.

A **Tabela 11** sintetiza a relação entre a distribuição das ocorrências e o quantitativo de precipitação registrado para cada ano, conforme dados do período analisado (2011- 2020). Observa-se que o ano com menor registro anual de precipitação (1.093 mm) apresentou o mesmo número de ocorrências que o ano de 2015, marcado pela maior precipitação (1.906 mm) do período analisado. Ao mesmo tempo em que anos, como 2020 e 2019, registraram precipitação anual menor que a média, mas mesmo assim foram os anos com maiores registros de intercorrências hidrológicas.

Desta forma, com estes dados não é possível traçar uma correlação pluviométrica anual com aumento ou diminuição do número de ocorrências e pontos de alagamentos. Uma das possíveis explicações seria que em anos mais chuvosos poderiam ter ocorrido melhor distribuição do volume de chuva, impactando menos na rede de drenagem urbana. Ao passo que em anos com menores índices de pluviosidade, houve concentração do volume de precipitação ocasionando, assim, em eventos hidrológicos danosos. É válido ressaltar que o

verão de 2014 registrou chuvas abaixo da média histórica, concentrada em poucos dias (**Tabela 11 e Anexo A**).

Tabela 11- Caracterização das ocorrências registradas por ano (algarismo em parênteses indica a posição ordinal na análise da variável)

Ano	Nº de Ocorrências	Nº de Reportagens por evento	Pontos de alagamentos	Precipitação (mm)
2011	1	4	11	1337
2012	1	1	3	1593
2013	1	1	2	1595
2014	2 (3º)	3 (7º)	4 (5º)	1093 (11º)
2015	2 (3º)	8 (4º)	3 (6º)	1906 (1º)
2016	0	0	0	1373
2017	1	18	11	1539
2018	3	17	20	1568
2019	3	6	10	1234
2020	4	12	9	1126
Total	18	70	73	14362,9
Média	1,8	7	7,3	1436,3

Fonte: ANA/ HidroWeb, 2021- Imprensa digital- Organizado pelo autor.

Mediante os dados apresentados, observa-se que as reportagens, apesar de não se enquadrarem como instituições oficiais de registros e ocorrências de riscos hidrológicos, constituem uma importante ferramenta qualitativa para avaliar os impactos destes episódios, pois, além de apresentar informações descritivas dos eventos reais, permitem localizá-los no espaço urbano. Assim, a **Figura 38** apresenta a localização dos principais pontos de registros de alagamento em Assis, com concentração na microbacia do Córrego do Jacú.

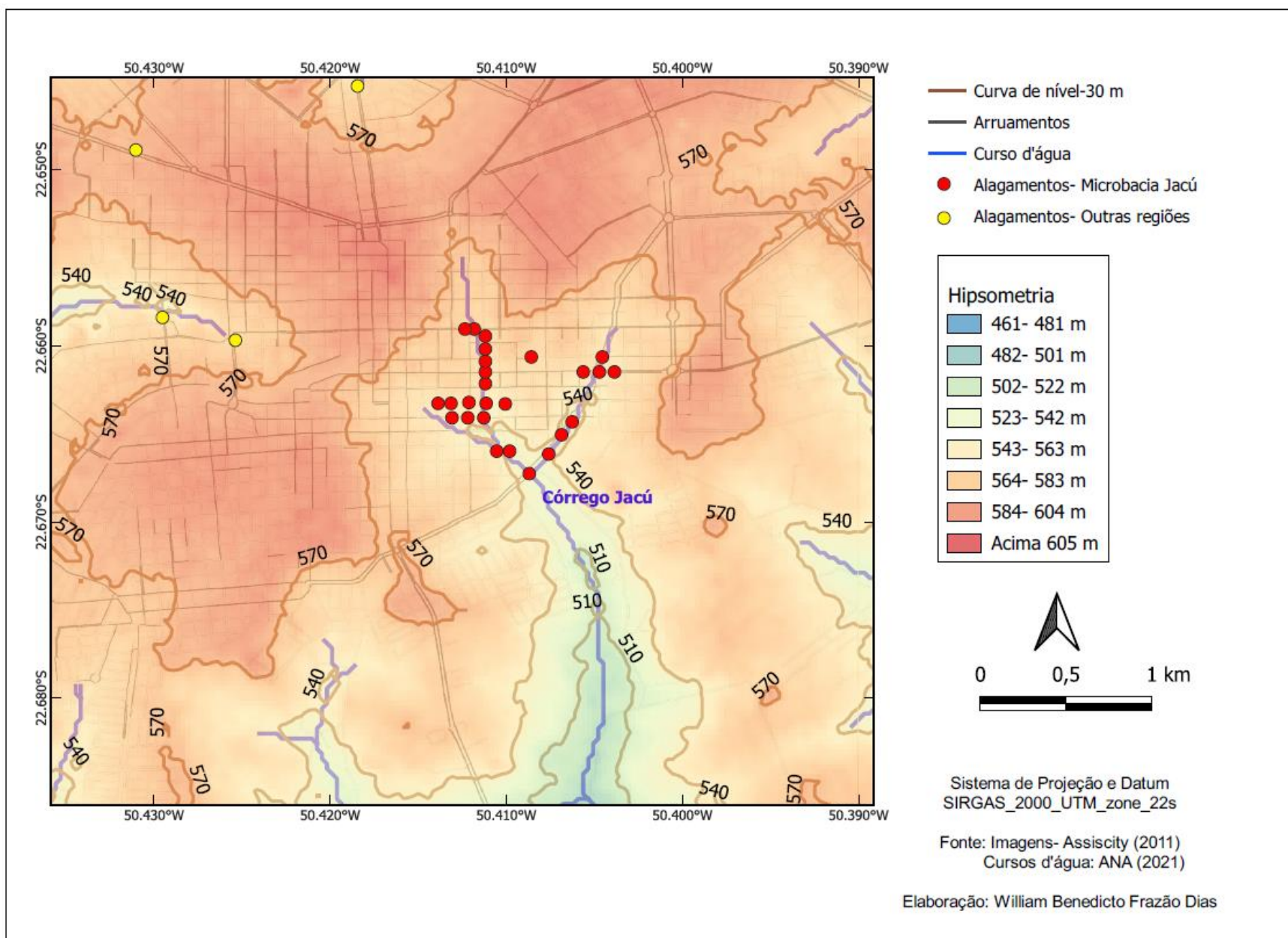


Figura 38- Distribuição dos principais pontos de ocorrências de riscos hidrológicos danosos em Assis (2011- 2020).

5.4.2 Avaliação de eventos pluviais com risco hidrológico danoso

No período de 2011 a 2020 foram registrados, via imprensa, 18 ocorrências envolvendo episódios de alagamentos, enxurradas (escoamento superficial concentrado) e inundações. Deste montante, duas ocorrências merecem destaque: a primeira pela amplitude espacial alcançada, e a segunda pela magnitude dos problemas observados além do impacto na mídia.

Para apresentação destes episódios foram extraídos dos conteúdos das reportagens, os dados de observação das ocorrências, tais como endereço/ bairro/ ponto de referências e registros visuais dos fatos. A partir destes dados, as ocorrências foram localizadas e representadas pontualmente nos mapas.

5.4.2.1 Registro I- Episódio do dia 14 de outubro de 2011

No final da tarde de 14 de outubro de 2011 incidiu sobre o município de Assis um evento de chuva extrema, ocasionando severos prejuízos à população, além de riscos à saúde e à vida, perturbando a normalidade e ordem de toda a comunidade. Com o fenômeno natural adverso registrado, a Prefeitura Municipal de Assis decretou estado de emergência por um período de 90 dias (**Figura 39**), sendo prorrogável por uma única vez por igual período.

Segundo o decreto, foi registrado em um curto intervalo de tempo (15h30min h e 16h50min h) 90 mm de precipitação, e um total diário de 99 mm. O decreto considera ainda, que nos 5 dias que antecederam ao evento já haviam chovido 151 mm, elevando o total acumulado para aquele mês para 281 mm. Situação atípica para o mês de outubro visto que média pluviométrica esperada é de 125 mm.

Entre os registros observados estão fortes enxurradas, inundações bruscas e alagamentos, em várias regiões da cidade e zona rural, além de queda de árvores. Houve ainda rompimento de estruturas de contenção provisória, ruptura de rede de esgoto, queda de poste de energia elétrica e afundamento da pista de rolamento.

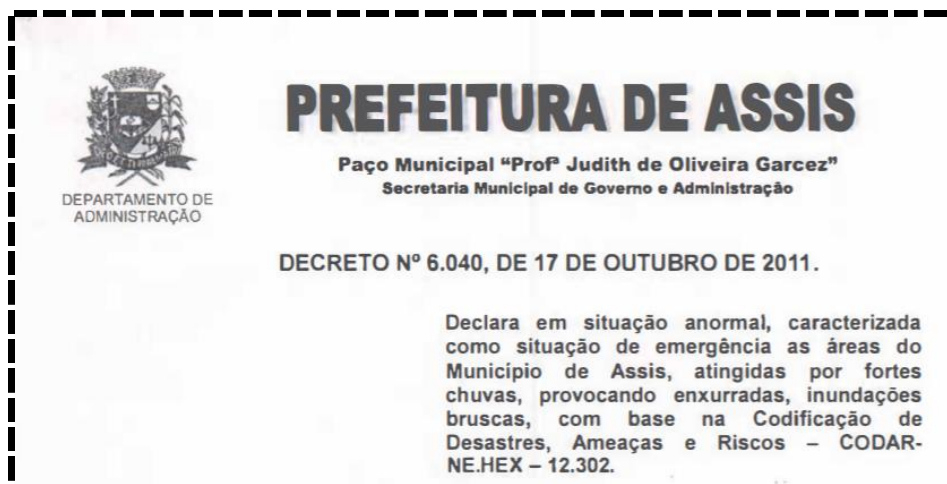


Figura 39- Registro do Decreto Nº 6.040- Estado de emergência- Assis- SP
 Fonte: Prefeitura Municipal de Assis

Segundo os veículos de imprensa foram noticiados 11 pontos de riscos hidrológicos danosos, contudo foram contabilizados e expostos oficialmente através do decreto 40 pontos, entre eventos de alagamento, enxurrada, rompimento de dutos de drenagem, pavimento danificado, alagamento de residências e arrastes de veículos. Felizmente não foi registrada nenhuma fatalidade, contudo os prejuízos materiais foram orçados em aproximadamente R\$ 2 milhões.

Nos dias que se seguiram ao evento, foram evidenciados os reflexos da chuva intensa. A **Figura 40** apresenta os principais pontos em que houveram registros de danos. As ocorrências concentraram-se no centro, domínio da Microbacia hidrográfica do córrego Jacú e bairros da região leste, como Vila Cambuí, Vila Tênis Clube, Vila Central, Vila Orestes e Vila Operária, Microbacia hidrográfica do Ribeirão da Fortuna. Jornais destacaram a fragilidade e vulnerabilidade do sistema de drenagem a eventos extremos, e deram ênfase ao rompimento do duto e formação de uma cratera estimada em 10 m de comprimento e 4 de profundidade sobre a Travessa Padre Bellini.

A destruição e estragos não se limitaram ao espaço urbano, regiões rurais também foram afetadas. O Jornal Assiscity pontua a queda de barreiras e alambrados, ruptura do sistema de drenagem lateral, desbarrancamento, alagamento de rodovia com interrupção do tráfego.

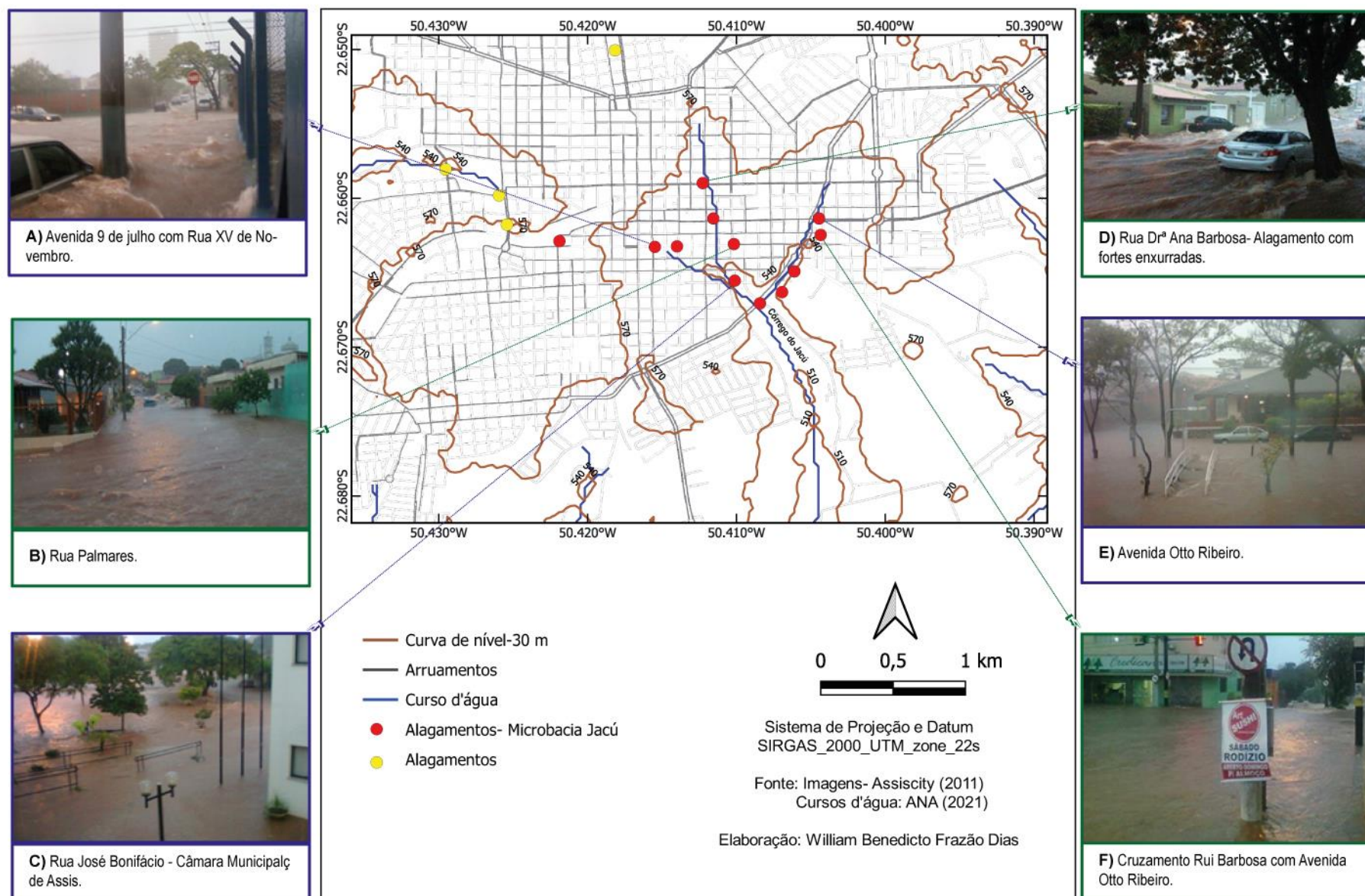


Figura 40- Apontamento dos principais pontos de ocorrências de risco hidrológico danoso em 14/10/2011- Assis-SP.

5.4.2.2 Registro II- Episódio do dia 04 de janeiro de 2017

“Chuva causa transtorno em Assis” foi assim que umas reportagens pesquisadas registrou sua manchete para reportar uma forte chuva que caiu sobre a cidade de Assis no início da tarde do dia 04 de janeiro de 2017 deixando vários pontos de alagamento e, de fato, trazendo vários transtornos à população. Foram quase uma hora de chuva intensa, que segundo noticiado teria sido o equivalente a um terço esperado para o mês de janeiro.

O Corpo de bombeiros registrou vários chamados de emergência, sobretudo na região central da cidade, proximidade do Parque Ecológico João Domingos Coelho e Rodovia Raposo Tavares, acesso a Paraguaçu Paulista, onde houve relatos de veículos automotores submersos (**Figura 41**).



Figura 41- Registro dos Pontos de Alagamentos com veículos automotores parcialmente submersos- Avenida André Perine (túnel) e Rodovia Raposo Tavares.

Fonte: Assiscity

Ademais, a imprensa divulgou a ocorrência de alagamentos/ inundações em vários pontos sobre a parte canalizada do córrego da Jacú. Neste caso, a rede de drenagem pluvial não suportou o grande volume de água, direcionando, assim, os fluxos superficiais excedentes para a Rua Antônio Vieira Dias, que constitui a canalização do córrego. Com isso, houve alagamento da via em toda sua extensão, o que ocasionou na obstrução do tráfego e inundação da região (**Figura 44- foto A**).

O volume de precipitação que se acumulou sobre a via, alagou o estacionamento e jardim da Prefeitura Municipal de Assis, desencadeando em fortes enxurradas (**Figura 44- foto D**). O fluxo de água intenso foi direcionado à

parte mais baixa da microbacia hidrográfica, provocando vários pontos de inundação na Rua Regente Feijó (**Figura 44- foto C**).

Com o acúmulo substancial de precipitação, a rede de drenagem não suportou a pressão do volume de escoamento, ocasionando no rompimento de dutos que passavam sob a Avenida Otto Ribeiro. O rompimento desencadeou, na danificação do pavimento asfáltico e, por conseguinte, em seu desmoronamento (**Figura 44**). No local surgiu uma gigantesca cratera, com dimensões estimadas em 10 m de comprimento por 4 m de profundidade (**Figura 44- foto F**). Infelizmente, no momento do rompimento um morador do município de Cândido Mota estava trafegando com seu veículo automotor sobre o local, sendo carregado pela enxurrada.

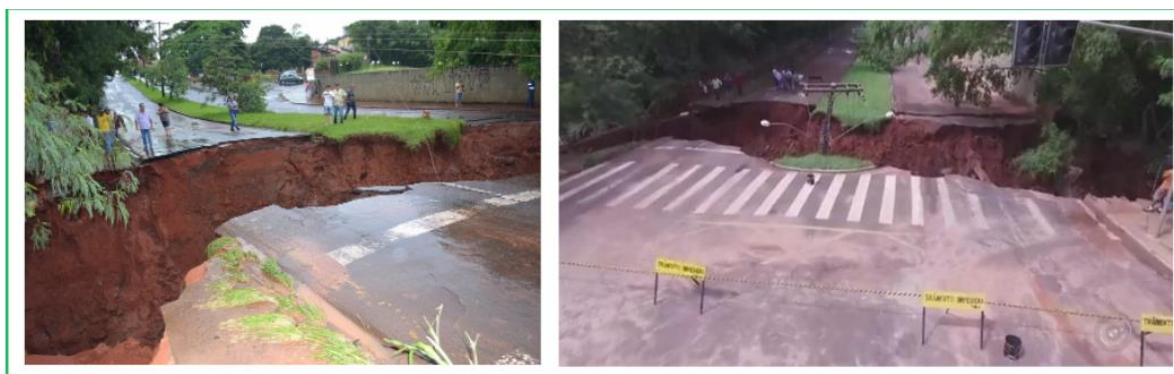


Figura 42- Registro do dimensionamento da cratera aberta após chuva intensa em Assis.

Fonte: G1- TV TEM- Globo

O corpo do motorista que estava desaparecido desde a chuva foi encontrado no fim da manhã seguinte, dia 05, dentro do córrego do Jacú, em Cândido Mota, a uma distância de 5 km do local do rompimento da tubulação.

O evento foi amplamente coberto pela mídia local e regional, onde foi dado destaque aos diversos pontos de alagamentos, abertura da cratera e morte do motorista conforme se observa na **Figura 43**.



Figura 43- Manchetes de diversos veículos de imprensa informando sobre o evento extremo.
 Fonte: Assiscity, G1-TV TEM- Globo, i7notícias, ESTADÃO, Abordagem Notícias.

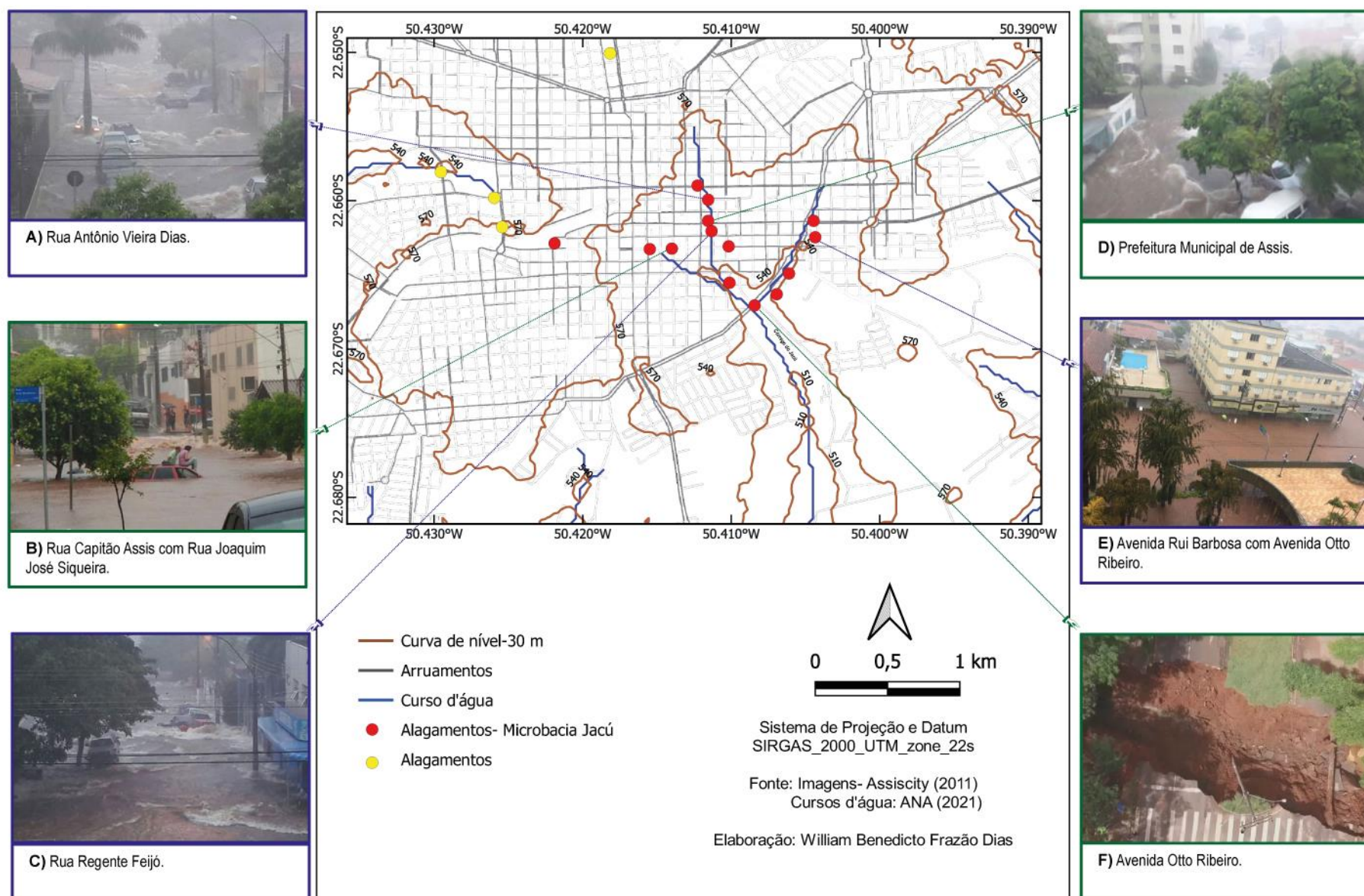


Figura 44- Apontamento dos principais pontos de ocorrências de risco hidrológico danoso em 4/01/2017- Assis-SP.

5.5 Análise da drenagem urbana em Assis

O município de Assis tem desde 2018 o Plano Municipal Específico dos Serviços de Saneamento Básico (PMESSB). Elaborado pela empresa Engecorps, este plano contempla a análise da infraestrutura da drenagem pluvial, de macrodrenagem e de microdrenagem, além da identificação dos principais pontos que necessitam de intervenções estruturais, visando a uma adequação desta rede de drenagem.

O plano é constituído em quatro produtos (Produto P1 – Plano de Trabalho Detalhado; Produto P2 – Diagnóstico e Estudo de Demandas; Produto P3 – Objetivos e Metas; Produto P4 – Plano Municipal Específico do Serviço de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas). E sua estruturação sequencial para implantação foi concebida conforme medidas necessárias:

- ✓ Obras emergenciais – de 2019 até o final de 2020 (imediatas);
- ✓ Obras de curto prazo – de 2019 até o final do ano 2022 (4 anos);
- ✓ Obras de médio prazo – de 2019 até o final do ano 2026 (8 anos);
- ✓ Obras de longo prazo – A partir de 2019 até o final de plano (ano 2038).

A **Tabela 12** resume os objetivos e metas para o sistema de drenagem urbana visando o controle de alagamento e inundações em Assis.

Tabela 12- Objetivos e metas do Plano Municipal dos Serviços de Saneamento Básico

Objetivos	Situação em 2017	Metas	Prazo
Estruturação do Sistema de Drenagem	Existente	Melhorar a estrutura do setor específico do sistema de drenagem.	Curto Prazo
Planejamento do Sistema de Drenagem	Inexistente	Planejar as intervenções, bem como desenvolver os projetos e fazer diversas melhorias visando adequar o sistema.	Curto Prazo
Controle de alagamentos e pontos de erosão	Existência de registros de pontos de alagamento e erosão	Sem registros de problemas de alagamento e erosão.	Longo Prazo

De acordo com o plano, em uma análise sobre a macrodrenagem urbana de Assis observa-se a existência de vários córregos com problemas de drenagem.

Neste sentido o plano menciona o Córrego do Jacú, objeto do presente estudo, e a contribuição dos montantes que este córrego recebe dos bairros de Vila Adileta, Jardim Paulista, Jardim Europa, Vila Xavier, Vila Palhares, Vila Santo Antônio, Vila Zulmira, Vila Fiúza, Vila Ouro Verde e grande parte das vazões captadas do centro da cidade. Contudo este plano não preconiza o planejamento e estruturação da área de macrodrenagem do Córrego do Jacú, por definição da prefeitura. Também não contempla a região do Dreno de Nascente, atrás da Câmara Municipal. Como justificativa apurada pelo documento, há a intenção futura, por parte da prefeitura, de elaboração de um estudo específico e aprofundado para adequação das redes de galerias pluviais existentes em proximidade ao dreno de nascente e um dispositivo para o controle de vazões (piscinão). Além disso, este estudo futuro contemplaria modificações estruturais na canalização do córrego, com possíveis alterações nas atuais captações e escoamento das águas pluviais até seu leito.

Ainda em relação à microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú, o plano propõe uma solução definitiva quanto à microdrenagem desta área. Detalhando os pontos de alagamentos em chuvas intensas, especialmente no estacionamento da sede da Prefeitura Municipal, decorrente de insuficiência da rede de drenagem, além da deficiência de captação (bocas de lobo insuficientes) nos seguintes locais:

- cruzamento da Rua Smith Vasconcelos com Rua Sebastião Silva Leite;
- Rua Antônio Vieira Dias a montante da Prefeitura.
- cruzamento das ruas Antônio Vieira Dias e Barão do Rio Branco.
- esquina das ruas Smith Vasconcelos e Treze de Maio.

Como solução proposta (**Figura 45**), o plano aponta a necessidade de reforço dos dispositivos de captação da rede (bocas de lobo e ramais) nas localidades acima. Reforços, também são apontados, para as redes de drenagem que convergem para o leito do córrego na região junto à Câmara Municipal, com o propósito de escoar convenientemente todas as águas pluviais advindas da região central. Além das águas provenientes da região atravessada pelo seu trajeto entre a Prefeitura e o córrego. Por fim, intervenções são propostas no canal da Avenida Otto Ribeiro e junto ao ponto de lançamento.

O plano descreve 12 pontos em perímetro urbano com necessidade de reestruturação de drenagem pluvial, com um custo estimado em R\$ 91.086.040,00.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar o processo de ocupação da microbacia hidrográfica do Córrego do Jacú observa-se que a ação antrópica desencadeou influências diretas e indiretas sobre as problemáticas de risco hidrológico que a região vem sofrendo desde o início de sua pavimentação. Primeiro ocupou-se uma região de várzea, retirando-se as vegetações ciliares e propiciando a formação de erosão. Posteriormente, canalizou-se o curso d'água e se impermeabilizou a área. A excessiva impermeabilização do solo resultou no aumento do escoamento superficial.

Com uma rede de drenagem instalada incapaz de captar e drenar por completo o volume de chuvas em eventos extremos que escoam para a região mais baixa da microbacia obteve-se, assim, a formação de um cenário perfeito para o registro e ocorrência de desastres provenientes de enxurradas, alagamentos e enchentes. Alguns locais destacaram-se pelo registro recorrente destes eventos, tais como Rua Antônio Vieira Dias, Rua Regente Feijó, Avenida Nove de Julho e Avenida Otto Ribeiro. Todos estes pontos apresentam como características em comum a localização em região de vertente, que é também a região central da cidade, além de terem se tornado áreas potenciais de risco e segurança à população, em virtude do registro de volume pluviométrico e velocidade do escoamento concentrado com alta capacidade de transporte.

Quanto ao regime de chuva em Assis, este se mostrou irregular ao longo do ano, deixando nítida a distinção entre os períodos de estiagem (inverno local) e chuvoso (verão local). Observou-se que os episódios de risco hidrológicos coincidiram com o período mais chuvoso da cidade. De maneira análoga, observou-se a incidência dos eventos externos de precipitação (≥ 30 mm de chuva) com a estação chuvosa.

Os impactos das chuvas intensas sobre a microbacia ficaram evidentes conforme o registro dos problemas enfrentados e a saturação dos sistemas convencionais de microdrenagem e macrodrenagem. Apesar da existência de um sistema de drenagem, este se mostra ineficiente mediante ao nível de impermeabilização do solo e do crescimento urbano sobre a área deste estudo e de regiões adjacentes. O sistema não suporta os eventos extremos de chuva e é

por esta razão que a problemática, mesmo no decorrer dos anos, não apresenta progresso.

Em nível de planejamento é possível concluir que, tanto sob a ótica hidrológica quanto hidráulica, os locais que apresentaram pontos críticos através de reportagens e do Plano Municipal de Saneamento analisados, não possuem capacidade para escoar as vazões encontradas previstas. Sendo, portanto, necessário, conforme já aponta o plano supracitado, a reestruturação do sistema de drenagem, com a instalação de novos dispositivos e as devidas ampliações da capacidade dos dispositivos já existentes a fim de captar o escoamento superficial excessivo e evitar a recorrência dos problemas provenientes de riscos hidrológicos com uma chuva crítica.

Por fim, as soluções para a problemática apresentada neste trabalho são onerosas, o que dificulta sua execução. Não atendendo, portanto, uma melhora na drenagem urbana em curto prazo. Em se tratando de remediações fica-se na expectativa para novos projetos de reestruturação e até mesmo o desenvolvimento da conscientização ambiental da população que reside e se mobiliza pela área, mantendo as vias limpas e isentas de detritos que possam agravar ainda mais o quadro de risco hidrológico local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLY, C.; DAVIDSON, F.. **Densidade urbana:** um instrumento de planejamento e gestão urbana. Rio de Janeiro: Mauad, 1998.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz?** - Brasília: SAG, 2011. 64 p. (Cadernos de capacitação em recursos hídricos, v. 1).

ASSIS. Câmara Municipal de Vereadores. Lei Municipal nº 5.900, de 18 de outubro de 2010. Estabelece o Sistema Municipal de Meio Ambiente. Assis, 2010.

Disponível em:

http://sapl.camaraassis.sp.gov.br/pysc/download_norma_pysc?cod_norma=12158&texto_original=1. Acesso em: 20 mar. 2020

AURÉLIO. Dicionário Aurélio Online. Disponível em:

<<https://dicionariodoaurelio.com/risco>>. Acesso em: 12 dez. 2022.

AZEVEDO, J. B. **Repensando as Águas Urbanas a luz de antigos e novos paradigmas.** In: TÂNGARI, V. R. et al. Águas urbanas: uma contribuição para a regeneração ambiental como campo disciplinar integrado. 1. ed. Rio de Janeiro: FAU UFRJ, 2007. p. 251-257.

BAPTISTA, A. C. et al. **Análise multicritério aplicado à seleção de áreas para expansão urbana,** na APA Petrópolis-RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 22., Macaé, 2005. Anais... São Paulo: Monferrer Produções Ltda., 2005. p. 01-10.

BARROS, N. S. A. **Densidade e a Morfologia Urbana como parâmetros para o Planejamento de Bacias Hidrográficas.** In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE O TRATAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO E RESTRIÇÕES AMBIENTAIS AO PARCELAMENTO DO SOLO, 1, 2014. APPurbana. Belém: UFPA, 2014, p.1-13.

BONGIOVANNI, S. **Caracterização geológica do município de Assis: a importância do estudo das coberturas cenozoicas.** 2008. 218 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília: 1965.

BRASIL. Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano.

BRASIL. Estatuto da Cidade: Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. 3. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, 2010. (Série legislação, 90).

BRASIL. Código Florestal. Brasília-DF, 2012.

CATI. Comissão Técnica de Conservação do Solo. **Boas Práticas em Conservação do Solo e da Água**. Coordenado por Mário Ivo Drugowich, Campinas, CATI 2014. 38p. ilus. 23cm (Manual Técnico, 81). Acesso em 29 de março de 2021.

CASTRO, A. L. C.; CALHEIROS, L. B.; CUNHA, M. I. R., BRINGEL M. L. N. C. **Manual de desastres**. v. 1. Brasil: Imprensa Nacional. 1996.

COBRADE, **Codificação e classificação Brasileira de Desastres**. 2012. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=f9cdf8bf-e31e-4902-984e-a859f54dae43&groupId=10157> Acesso em: 10 de dez de 2021.

CORAZZA, J., KALIL, R. M. L., BOROWSKI, G. C. **Rios urbanos e o processo de urbanização: O caso de Passo Fundo, RS**. OLAM Ciência & Tecnologia, Rio Claro, Ano VIII, v. 8, n.1, p. 137, 2008.

CREA-PR. **Manejo e Conservação do Solo e da Água**. Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar. Curitiba/PR. 2016. Disponível em <<http://177.92.30.55/ws/wp-content/uploads/2016/12/manejo-e-conservacao-do-solo-e-da-agua.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

CRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CUNHA, L. **Vulnerabilidades e riscos naturais: exemplos em Portugal** In: FREITAS, M. I. C., LOMBARDO, M. A.; ZACHARIAS, A. A. (orgs.) **Vulnerabilidades e riscos: reflexões e aplicações na análise do território**. 1º ed. Rio Claro: IGCE/UNESP, 2015, p. 55-62.

ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; LOVATO, T. Apostila de Manejo e conservação do solo. Santa Maria, 2005. 102p.

FERNANDES, J. M. **Vazios Urbanos e Especulação Imobiliária: o papel do poder público municipal em Montes Claros/MG.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Social) Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, 2019.

FERNANDES, N. F., GUIMARÃES, R.F., GOMES, R.A.T., VIEIRA, B.C., MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. (2001) **Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis.** In: Revista Brasileira de Geomorfologia, vol.2, n.1. União da Geomorfologia Brasileira, pp. 51-71.

FERRARI, C. **Curso de planejamento municipal integrado** - urbanismo. São Paulo: Livraria Pioneira, 2007.

GONTIJO, N. T. **Avaliação das relações de frequência entre precipitações e enchentes raras por meio de séries sintéticas e simulação hidrológica.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 2007.

GORSKI, M. C. **Recuperação de Rios Urbanos.** In: IPPLAP. Piracicaba, o rio e a cidade: ações de reaproximação. Piracicaba: IPPLAP, 2011. p. 135-162.

GRILO, R. C. **A precipitação pluvial e o escoamento superficial na cidade de Rio Claro/SP.** 1992. 103 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa físico: região sudeste do Brasil.** IBGECDDI/ Departamento de produção gráfica, 1988.

INSTITUTO FLORESTAL. Disponível em: <<http://iflorestal.sp.gov.br/areas-protetidas/florestas-estaduais/assis/>> . Acesso em: 01 ago.2020.

KOPPER, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde. Gotha: Klett-Perthes, 1954.** Escala 1:16.000.000.

LARANGEIRA, A. A. **Tierra Vacante en las Ciudades de América Latina: Desafíos y Oportunidades.** 2004. Disponível em: <<https://www.lincolninst.edu/pt-br/publications/policy-focus-reports/tierra-vacante-en-las-ciudades-america-latina>>. Acesso em: 21 jan. 2022.

MAFFRA, Cristina Q.T.; MAZOLLA, Marcelo. **As razões dos desastres em território brasileiro.** In: SANTOS, Rozely Ferreira dos (Org.) Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?. 1ª ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

MATOS, W. H., BONGIOVANNI, S. **Microbacia hidrográfica do Córrego Jacu (Municípios de Assis e Cândido Mota, Oeste de São Paulo):** Abordagem Histórica, Econômica e Ambiental. In: Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, 2004.

MELLO, C. R., VIOLA, M. R., MELLO, J. M., SILVA, A. M. **Continuidade espacial de chuvas intensas no estado de Minas Gerais.** Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 32, n. 2, p. 532-539, mar./abr., 2008

MENEZES JÚNIOR, E. M.; SILVA, O. G. Diferentes percepções para a compreensão do conceito de risco no enfoque ambiental. Revista Casa da Geografia de Sobral. v. 17, n. 2. p. 12-22. Jul. 2015.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Guia para elaboração dos Planos Municipais de Saneamento.** Brasília: MCIDADES, 2006.

PELLEGRINO, P. R. **A paisagem da borda: uma estratégia para a condução das águas, da biodiversidade e das pessoas.** In: COSTA, L. M. Rios e paisagem urbana em cidades brasileiras. Rio de Janeiro: PROURB, 2006. p. 190.

PEREZ FILHO, A.; SOARES, P. R. B.; ESPÍNDOLA, C. R. **Processos erosivos e reativação de canais de drenagem no planalto ocidental paulista.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 9, 2001, Recife. Anais... Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2001. v. 1. p. 84-85.

POMPEO, C. A. **Drenagem Urbana Sustentável**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos / Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 5, n. 1, p. 15-23, Porto Alegre, RS, 2000.

SECRETARIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano Municipal de Saneamento. Desafio e oportunidade para os municípios**. São Paulo: 2010.

SECRETARIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Saneamento. Plano Municipal passo a passo**. São Paulo: 2010.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. **Projeto Piloto Mina D'Água**, Assis:2011.

SELLES, I. M. et al.. **Revitalização de rios - orientação técnica**. Rio de Janeiro. SEMADS. Cooperação Técnica Brasil – Alemanha. Projeto PLANÁGUA-SEMADS/GTZ. 2001.

SIGRH- SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhmp/apresentacao>>. Acesso em: 20 fev. 2020.

SILVA, L. F. **Minha terra – Assis**. Assis: s. n., p. 10-55, 1978.

SKORUPA, L. A. **Áreas de Preservação Permanente e Desenvolvimento Sustentável**. Jaguariúna, 2003. 5 p.

SOUZA, C. B. **APPs fluviais urbanas e sistemas de espaços livres. Uma análise da influência do Código Florestal na forma das cidades brasileiras**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SPOSITO, M.E.B. **O chão em Presidente Prudente: a lógica da expansão territorial urbana**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Rio Claro: IGCE/UNESP, 1983).

SWYNGEDOUW, E. **A cidade como um híbrido: natureza, sociedade e “urbanização-cyborg”**. In: ACSELRAD, Henri (Org.). A duração das cidades:

sustentabilidade e risco nas políticas urbanas. Rio de Janeiro: DP&A, 2001. p. 83-104.

TOLEDO, M. C. M., OLIVEIRA, S. M. B., MELFI, A. J. **Intemperismo e formação do solo**. In: TEIXEIRA, W. et al. (Orgs.). Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

TEODORO, P. H. M.; NUNES, J. O. R. **Os alagamentos em Presidente Prudente-SP: um trabalho interdisciplinar embasado no mapeamento geológico**. Revista Formação, n.17, v. 2, p. 81-102. São Paulo, 2007.

TUCCI, C. M. **Controle de enchentes**. In: TUCCI, C. M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da Universidade/Edusp; ABRH, 1993. 944 p.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas: impactos da urbanização**. Porto Alegre: Ed. ABRH/RHAMA, p87-124, 2007.

UNDP. **United Nations Development Programme. Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development**. UNDP, 2004. Disponível em: <http://www.undp.org/bcpr>. Acesso em: 15 jul. 2022.

VIANA, P. R. **O IPTU e a Progressividade Extrafiscal como forma de Combate à Especulação Imobiliária**. Goiânia: PUC GOIÁS, 2014

ANEXOS

ANEXO A.- Quantificação dos dias com chuva em Assis-SP (1980-2020)- Parte 1

Mês	Nº dias	Mês	Nº dias	Mês	Nº dias	Mês	Nº dias
janeiro-80	15	fevereiro-00	17	abril-88	14	junho-20	6
janeiro-81	18	fevereiro-01	13	abril-91	8	Total	148
janeiro-82	16	fevereiro-02	8	abril-92	4	julho-82	15
janeiro-83	18	fevereiro-03	12	abril-95	6	julho-89	7
janeiro-84	16	fevereiro-06	15	abril-98	12	julho-90	11
janeiro-85	11	fevereiro-07	7	abril-03	2	julho-95	5
janeiro-86	20	fevereiro-10	11	abril-04	8	julho-04	3
janeiro-87	20	fevereiro-11	17	abril-11	5	julho-09	10
janeiro-88	18	fevereiro-13	10	abril-12	9	julho-15	13
janeiro-89	22	fevereiro-14	6	abril-13	6	julho-16	5
janeiro-90	19	fevereiro-15	18	abril-15	6	julho-17	0
janeiro-91	13	fevereiro-16	21	abril-16	4	Total	69
janeiro-93	13	fevereiro-17	10	abril-17	7	agosto-82	12
janeiro-94	14	fevereiro-18	7	abril-19	5	agosto-86	19
janeiro-95	18	Total	425	Total	178	agosto-92	5
janeiro-96	14	março-80	10	maio-80	7	agosto-93	7
janeiro-97	18	março-81	15	maio-82	15	agosto-98	9
janeiro-99	18	março-82	16	maio-83	18	agosto-00	5
janeiro-00	10	março-83	19	maio-85	18	agosto-01	2
janeiro-01	12	março-84	14	maio-87	23	agosto-02	4
janeiro-02	8	março-85	18	maio-90	8	agosto-09	6
janeiro-05	19	março-86	20	maio-92	11	agosto-15	6
janeiro-06	14	março-87	14	maio-97	7	agosto-16	9
janeiro-07	20	março-88	11	maio-99	3	agosto-17	8
janeiro-09	18	março-89	11	maio-01	6	Total	92
janeiro-10	18	março-90	10	maio-02	8	setembro-82	4
janeiro-11	10	março-91	16	maio-04	14	setembro-83	18
janeiro-15	9	março-92	19	maio-12	5	setembro-84	10
janeiro-16	11	março-94	10	maio-13	5	setembro-87	13
janeiro-17	20	março-95	5	maio-14	4	setembro-89	11
janeiro-20	13	março-96	9	maio-15	11	setembro-90	7
Total	483	março-99	7	maio-16	16	setembro-92	8
fevereiro-81	13	março-01	7	maio-17	11	setembro-96	8
fevereiro-82	21	março-06	14	maio-20	3	setembro-98	12
fevereiro-84	14	março-10	8	Total	193	setembro-00	6
fevereiro-86	23	março-12	5	junho-80	5	setembro-02	3
fevereiro-87	18	março-14	9	junho-81	12	setembro-05	9
fevereiro-88	12	março-15	14	junho-82	23	setembro-06	6
fevereiro-89	21	março-16	9	junho-83	17	setembro-09	12
fevereiro-90	7	março-17	10	junho-87	17	setembro-12	6
fevereiro-91	12	março-19	14	junho-93	4	setembro-13	9
fevereiro-92	8	Total	314	junho-97	14	setembro-14	12
fevereiro-93	18	abril-80	7	junho-99	10	setembro-15	11
fevereiro-94	14	abril-81	13	junho-10	1	setembro-16	7
fevereiro-95	19	abril-82	7	junho-13	12	setembro-17	3
fevereiro-96	13	abril-83	19	junho-15	6	setembro-18	5
fevereiro-97	12	abril-84	15	junho-16	9	Total	180
fevereiro-98	16	abril-85	14	junho-17	10	outubro-81	19
fevereiro-99	12	abril-86	7	junho-19	2	outubro-82	15

ANEXO A.- Quantificação dos dias com chuva em Assis-SP (1980-2020)- Parte 2

Mês	Nº dias	Mês	Nº dias	Mês	Nº dias
outubro-83	10	novembro-15	18	Jan	483
outubro-86	10	novembro-16	9	Fev	425
outubro-87	10	novembro-17	14	Mar	314
outubro-88	10	Total	257	Abr	178
outubro-89	5	dezembro-81	15	Mai	193
outubro-91	7	dezembro-82	25	Jun	148
outubro-92	4	dezembro-83	20	Jul	69
outubro-93	5	dezembro-84	22	Ago	92
outubro-94	10	dezembro-85	13	Set	180
outubro-95	8	dezembro-86	22	Out	255
outubro-97	9	dezembro-87	11	Nov	257
outubro-98	13	dezembro-88	13	Dez	399
outubro-99	4	dezembro-89	13		
outubro-01	5	dezembro-90	12	Total	2993
outubro-02	5	dezembro-91	12		
outubro-03	7	dezembro-93	13		
outubro-04	12	dezembro-94	12		
outubro-05	14	dezembro-95	12		
outubro-06	8	dezembro-96	14		
outubro-09	9	dezembro-97	7		
outubro-10	7	dezembro-98	15		
outubro-13	9	dezembro-99	10		
outubro-15	13	dezembro-00	11		
outubro-16	13	dezembro-01	8		
outubro-17	14	dezembro-02	8		
Total	255	dezembro-04	7		
novembro-81	15	dezembro-05	12		
novembro-82	19	dezembro-06	14		
novembro-83	13	dezembro-09	12		
novembro-85	11	dezembro-12	12		
novembro-86	14	dezembro-13	6		
novembro-87	7	dezembro-15	21		
novembro-88	8	dezembro-16	13		
novembro-89	13	dezembro-17	14		
novembro-90	6	Total	399		
novembro-91	5				
novembro-92	9				
novembro-93	8				
novembro-95	6				
novembro-96	8				
novembro-97	13				
novembro-98	3				
novembro-00	12				
novembro-01	10				
novembro-04	9				
novembro-05	7				
novembro-09	10				
novembro-10	3				
novembro-13	7				

ANEXO B- Distribuição em ordem decrescente das chuvas intensas em Assis-SP (1980-2020)- Parte 1

Seq	Data	mm	Seq	Data	mm	Seq	Data	mm
1	20/06/2012	160	50	10/11/1986	70,9	99	18/05/2017	57,3
2	21/03/1991	127,4	51	29/05/2013	69,5	100	13/12/1999	57
3	13/02/1995	127,2	52	17/03/1988	69,2	101	11/11/2004	57
4	25/10/2004	124	53	26/04/1988	68,9	102	30/12/1989	56,8
5	09/02/2000	121,2	54	14/12/1989	68,4	103	26/01/1981	56,1
6	05/01/2007	119	55	08/02/1991	68,1	104	28/01/2002	56
7	07/01/2007	118	56	25/11/1992	67,7	105	08/12/2009	56
8	03/11/1985	117,5	57	24/11/1993	67,5	106	29/10/2017	55,8
9	07/03/1986	111,2	58	18/12/2005	67,4	107	16/06/1981	55,7
10	10/12/1993	108	59	30/05/1983	66,9	108	17/12/1982	55,7
11	05/11/1990	105,6	60	27/01/1993	66,6	109	22/03/1982	55,6
12	12/11/1995	101,5	61	20/09/2018	66	110	02/12/1984	55,6
13	13/02/2017	100,5	62	13/12/1990	64,2	111	15/12/1982	55,4
14	04/01/2017	100	63	22/10/1983	63,7	112	19/04/2003	55
15	28/04/1981	99,1	64	21/12/1981	63,3	113	02/10/2010	55
16	10/09/2009	97,2	65	07/11/1987	63,3	114	31/05/2004	54
17	21/04/1986	93,5	66	22/01/1994	63,3	115	19/02/2006	54
18	09/01/1995	92,5	67	22/09/2012	63,3	116	25/05/2012	54
19	20/05/2002	89,1	68	22/03/1990	63,1	117	03/12/2016	54
20	11/01/2016	87,5	69	13/09/2000	63	118	31/01/1983	53,9
21	24/03/1992	86	70	17/03/1985	62,3	119	10/02/1986	53,9
22	09/10/2015	85,5	71	15/06/1987	62,1	120	11/01/2017	53,5
23	31/05/1983	84,9	72	23/12/2006	62	121	15/02/1995	53,1
24	14/12/1983	84,8	73	19/08/2009	62	122	05/06/1997	53,1
25	10/11/1981	83,9	74	03/01/2006	61,9	123	20/04/2004	53
26	23/02/2013	83	75	31/07/1989	61,2	124	11/12/1983	52,9
27	03/04/2013	81,7	76	08/02/2013	61	125	27/10/2017	52,8
28	13/10/1982	78,8	77	14/01/2001	60,6	126	04/11/1983	52,4
29	13/04/1982	78,7	78	13/06/2017	60,5	127	09/02/1982	52,3
30	27/01/1994	78	79	13/04/2013	60,3	128	12/06/1982	52,3
31	04/10/2013	78	80	18/01/1983	60,2	129	09/12/1986	52,2
32	10/09/2015	77,8	81	03/07/2015	59,8	130	20/04/1992	52,2
33	08/01/1982	77,7	82	07/06/1983	59,6	131	10/03/2001	52,1
34	29/12/1993	77,3	83	12/11/2000	59,4	132	10/02/1999	52
35	21/05/2017	76,8	84	15/02/1999	59,2	133	27/06/2020	52
36	16/03/1980	76,5	85	24/07/2009	59,2	134	17/03/2007	51,8
37	19/08/1986	76,5	86	23/05/2020	59,1	135	29/12/1996	51,3
38	26/03/2010	76,5	87	05/01/2014	59	136	22/12/1982	51,2
39	24/03/1995	76	88	26/10/1988	58,9	137	12/01/1983	50,9
40	02/08/2002	76	89	28/01/1994	58,7	138	07/11/1993	50,8
41	06/06/1983	75,5	90	19/10/1987	58,5	139	15/04/1984	50,5
42	13/01/1999	75	91	13/12/1995	58,1	140	28/09/1998	50,5
43	12/12/1996	73,9	92	06/06/1997	58	141	17/09/2006	50,4
44	19/05/2017	73	93	16/12/2002	58	142	14/03/2019	50,3
45	13/02/2006	72,5	94	08/04/2004	58	143	10/12/1989	50,2
46	27/01/1991	72,3	95	07/12/2012	57,9	144	07/02/1986	50
47	04/04/2003	72	96	12/01/1993	57,5	145	04/02/2013	50
48	23/05/2014	71,4	97	26/11/2017	57,5	146	07/05/1999	49,8
49	04/01/1999	71,1	98	14/02/2000	57,3	147	02/12/2015	49,5

ANEXO B- Distribuição em ordem decrescente das chuvas intensas em Assis-SP (1980-2020)- Parte 2

Seq	Data	mm	Seq	Data	mm	Seq	Data	mm
148	01/02/1999	49,3	197	19/07/2004	45	246	30/01/1991	41,3
149	31/10/2015	49,3	198	11/03/2007	45	247	01/10/1991	41,3
150	18/01/2009	49,2	199	05/01/2009	45	248	02/10/1982	41,2
151	01/12/1986	49,1	200	05/04/2013	45	249	18/05/1987	41,1
152	26/02/1994	49	201	30/05/2013	45	250	16/12/1991	41
153	28/10/2003	49	202	06/03/1983	44,9	251	25/01/2005	41
154	28/02/1988	48,6	203	27/02/1981	44,7	252	06/02/2007	41
155	27/10/1981	48,5	204	09/04/1985	44,6	253	07/10/2017	40,8
156	10/01/1993	48,5	205	14/11/1991	44	254	03/02/1997	40,7
157	19/01/2012	48,5	206	29/03/1998	44	255	29/01/2011	40,7
158	29/01/2015	48,5	207	20/09/2002	44	256	10/03/1986	40,6
159	19/04/1991	48,4	208	17/10/2002	44	257	15/12/1997	40,6
160	16/05/1987	48,3	209	17/10/2004	44	258	10/02/2020	40,5
161	18/12/1987	48,3	210	30/01/1988	43,9	259	10/01/1997	40,4
162	24/03/2010	48,2	211	12/02/1998	43,7	260	20/01/1990	40,3
163	08/12/2006	48,1	212	01/02/1992	43,6	261	11/02/1989	40,2
164	16/02/2006	48	213	25/09/2005	43,6	262	07/04/1983	40,1
165	29/05/2016	48	214	26/11/2005	43,6	263	14/03/2012	40,1
166	01/11/1988	47,9	215	07/02/1982	43,4	264	06/03/1991	40
167	05/02/1981	47,7	216	15/09/1992	43,4	265	06/12/2004	40
168	27/01/1997	47,7	217	16/05/1997	43,3	266	29/01/2010	40
169	27/10/1998	47,6	218	26/04/2016	43,3	267	05/12/2010	40
170	16/10/2009	47,6	219	20/08/2016	43,1	268	04/11/2017	40
171	07/09/1989	47,4	220	26/01/1986	43	269	20/05/1983	39,9
172	01/10/1993	47	221	27/01/2012	43	270	18/02/1997	39,9
173	18/02/2001	47	222	22/09/2014	43	271	12/08/1992	39,7
174	07/01/1990	46,8	223	19/12/2015	43	272	19/03/1998	39,7
175	24/03/2016	46,8	224	06/12/2010	42,9	273	15/02/1993	39,6
176	25/04/1992	46,6	225	02/12/2017	42,8	274	07/01/1985	39,5
177	27/10/1994	46,5	226	29/01/1994	42,7	275	12/03/1999	39,5
178	28/03/2010	46,5	227	18/11/1997	42,6	276	18/06/1982	39,4
179	02/01/2014	46,5	228	03/06/2013	42,6	277	21/12/1988	39,4
180	27/10/1989	46,4	229	16/11/2015	42,6	278	07/11/2008	39,4
181	28/01/2015	46,3	230	14/01/1983	42,5	279	29/01/1984	39,1
182	10/12/2015	46,3	231	22/06/2012	42,5	280	13/04/1988	39,1
183	24/01/2005	46	232	14/02/2013	42,5	281	08/11/1990	39,1
184	13/01/2007	46	233	16/02/1986	42,4	282	26/12/2009	39,1
185	12/05/2012	46	234	13/09/1990	42,4	283	10/01/1990	39
186	03/06/2019	46	235	09/01/1999	42,4	284	11/12/1990	39
187	22/05/1985	45,9	236	09/01/1990	42,1	285	11/12/1998	39
188	08/02/2011	45,8	237	28/08/2000	42	286	22/11/2001	39
189	28/12/2012	45,8	238	12/01/2002	42	287	18/09/2013	39
190	30/08/2016	45,5	239	17/02/2003	42	288	28/11/2015	39
191	12/11/1982	45,3	240	07/06/2017	42	289	17/01/2020	38,7
192	22/06/1982	45,2	241	12/12/1989	41,9	290	02/01/2007	38,5
193	06/11/1987	45	242	22/03/2014	41,9	291	12/12/1982	38,4
194	01/04/1995	45	243	02/10/2017	41,8	292	19/01/1980	38,2
195	02/02/2000	45	244	19/01/1996	41,7	293	25/01/1987	38,1
196	14/01/2002	45	245	23/11/2010	41,7	294	22/12/1996	38,1

ANEXO B- Distribuição em ordem decrescente das chuvas intensas em Assis-SP (1980-2020)- Parte 3

Seq	Data	mm	Seq	Data	mm	Seq	Data	mm
295	05/12/1998	38,1	344	20/10/1997	36	393	09/12/2011	33,5
296	14/04/1980	38	345	13/11/2000	36	394	26/11/1982	33,4
297	16/01/1989	38	346	02/10/2001	36	395	23/12/1994	33,4
298	02/05/1990	38	347	13/12/2001	36	396	29/01/2008	33,4
299	27/08/2001	38	348	11/07/2015	36	397	30/03/2006	33,3
300	02/12/2002	38	349	17/02/1987	35,9	398	31/10/2010	33,3
301	16/02/2010	38	350	19/01/2008	35,9	399	18/07/1982	33,2
302	01/01/2012	38	351	07/03/1981	35,7	400	08/01/2007	33,1
303	01/10/2013	38	352	11/06/1982	35,7	401	29/10/1992	33
304	10/01/2016	38	353	17/02/1999	35,7	402	16/04/1998	33
305	23/01/1986	37,9	354	06/03/1984	35,6	403	27/12/2000	33
306	10/10/1986	37,9	355	12/09/1987	35,6	404	29/08/2002	33
307	21/09/1984	37,8	356	31/10/1997	35,6	405	30/10/2017	33
308	23/10/1988	37,8	357	30/04/2008	35,6	406	03/11/1986	32,9
309	16/07/1990	37,8	358	11/01/1982	35,5	407	23/05/2004	32,9
310	13/11/1988	37,7	359	23/05/1992	35,5	408	01/01/1985	32,8
311	03/01/1986	37,6	360	17/10/2006	35,5	409	08/01/1985	32,8
312	16/03/1988	37,6	361	02/01/2008	35,5	410	22/02/2016	32,8
313	09/04/2012	37,6	362	12/02/1984	35,3	411	26/06/1980	32,7
314	22/02/2014	37,5	363	10/02/1981	35,1	412	22/12/1985	32,6
315	20/04/2015	37,5	364	23/02/1990	35,1	413	23/10/1993	32,6
316	30/12/2016	37,5	365	02/04/1988	35	414	25/05/1994	32,6
317	12/02/2017	37,5	366	31/03/1989	35	415	06/02/1996	32,6
318	13/04/2011	37,4	367	16/01/1990	35	416	20/01/2010	32,5
319	25/05/1982	37,3	368	13/05/1992	35	417	30/12/2013	32,5
320	12/12/2009	37,3	369	28/05/2001	35	418	30/01/2014	32,5
321	15/01/1989	37,2	370	22/01/2011	35	419	25/01/2017	32,5
322	16/05/2001	37,2	371	28/06/2013	35	420	05/06/1993	32,4
323	18/03/2020	37,2	372	18/12/2015	35	421	13/12/2009	32,3
324	22/01/1985	37	373	30/05/2016	35	422	03/09/1996	32,2
325	23/01/1990	37	374	21/01/2010	34,8	423	25/06/2004	32,2
326	10/07/2003	37	375	24/08/1993	34,3	424	11/02/1994	32
327	20/11/2009	37	376	31/03/1995	34,2	425	22/05/2001	32
328	20/12/2009	37	377	22/04/2012	34,2	426	27/02/2002	32
329	02/03/1991	36,8	378	15/11/1987	34,1	427	23/04/2004	32
330	05/06/2016	36,8	379	22/11/1988	34,1	428	22/12/2004	32
331	09/12/2016	36,8	380	20/11/1988	34	429	19/02/2005	32
332	06/01/1989	36,7	381	27/10/2003	34	430	29/03/2010	32
333	20/01/2011	36,6	382	29/05/1983	33,8	431	23/03/2012	32
334	11/01/1997	36,5	383	22/01/1986	33,8	432	13/01/2016	32
335	17/10/1998	36,3	384	03/02/1993	33,8	433	20/12/2016	32
336	14/11/1998	36,3	385	30/03/2015	33,8	434	31/01/1991	31,9
337	18/10/1999	36,3	386	03/12/1986	33,7	435	24/04/1981	31,8
338	15/01/2012	36,3	387	12/01/2008	33,7	436	09/01/2015	31,8
339	18/02/2018	36,3	388	24/08/1982	33,6	437	19/09/1983	31,7
340	23/11/1990	36,2	389	12/10/1988	33,5	438	13/09/1989	31,7
341	22/10/2005	36,2	390	30/10/1988	33,5	439	28/11/1989	31,7
342	07/02/1991	36	391	20/03/1996	33,5	440	31/03/1994	31,7
343	03/05/1992	36	392	11/01/2009	33,5	441	18/02/1987	31,5

ANEXO B- Distribuição em ordem decrescente das chuvas intensas em Assis-SP (1980-2020)- Parte 4

Seq	Data	mm
442	14/08/1998	31,5
443	10/12/1998	31,5
444	22/02/2013	31,5
445	05/11/2013	31,5
446	06/05/1987	31,4
447	16/11/1996	31,4
448	04/02/2020	31,4
449	23/08/1986	31,3
450	01/10/1997	31,3
451	19/02/2007	31,3
452	21/01/2009	31,3
453	13/06/1982	31,2
454	03/03/1983	31,2
455	28/03/1987	31,2
456	05/06/2010	31,2
457	29/04/2012	31,2
458	22/12/2012	31,2
459	06/09/1982	31,1
460	17/10/1995	31
461	14/06/1999	31
462	19/10/2001	31
463	04/05/2015	31
464	27/01/2000	30,9
465	26/06/2013	30,8
466	11/05/1980	30,7
467	21/12/1982	30,7
468	16/10/1981	30,6
469	01/02/1989	30,5
470	02/07/2015	30,5
471	28/12/2015	30,5
472	20/03/2019	30,5
473	24/11/1982	30,4
474	23/12/1982	30,4
475	11/09/1989	30,3
476	01/01/2008	30,3
477	08/04/2019	30,3
478	24/05/1982	30,2
479	23/11/1982	30,2
480	16/01/1991	30,1
481	21/05/2004	30,1
482	02/01/1990	30
483	08/12/1991	30
484	01/03/1994	30
485	08/07/1995	30
486	19/04/2008	30
487	29/01/2009	30

ANEXO C- Sumarização das ocorrências e impactos hidrometeorológicos em Assis- SP
(2010-2021), conforme reportagens da imprensa local.

Data da ocorrência	Endereço/ Ponto de referência	Impacto
14/10/2011	Parque ecológico- Jardim Paraná	Queda de 200 m de alambrado, enxurrada.
14/10/2011	Rua Treze de maio- Centro	Alagamento e pavimento danificado.
14/10/2011	Travessa Padre Belini-Rua chicão Teixeira- Vila Tênis Clube	Ruptura de Drenagem e desmoronamento de via.
14/10/2011	Rua General Ozório- Jardim Santa Cecília	Alagamento, enxurrada e pavimento danificado.
14/10/2011	Rua Dra Ana Barbosa- Centro	Alagamento e enxurrada.
14/10/2011	Centro Social Urbano	Ruptura parcial de acesso
14/10/2011	Rodovia Raposo Tavares	Alagamento e interrupção do trânsito
14/10/2011	Rua Paranagi- Jardim Paraná	Alagamento de residências
14/10/2011	Rua Cambará- Jardim Paraná	Alagamento de residências
14/10/2011	Avenida Getúlio Vargas- Vila Nova Santana	Alagamento, enxurrada e pavimento danificado
14/10/2011	Rua José Bonifácio- Câmara Municipal- Centro	Alagamento e enxurrada.
25/01/2012	Avenida Otto Ribeiro- Centro- Próximo à Cervejaria Malta	Alagamento
25/01/2012	Rua Santos Dumont- Vila Tênis Clube	Alagamento
25/01/2012	Avenida Nove de Julho- Rua XV de Novembro- Centro	Alagamento
21/02/2013	Jardim Aeroporto	Alagamento
21/02/2013	Rodovia Raposo Tavares	Alagamento
16/01/2014	Avenida André Perine- Túnel	Alagamento
16/01/2014	Avenida Teotônio Vilela- Jardim Paraná	Alagamento de pavimento e residências
16/01/2014	Avenida David Passarinho- Vila Prudenciana	Alagamento
29/12/2014	Avenida Otto Ribeiro- Próximo ao Supermercado Wallmart	Alagamento e trechos de inundação
09/03/2015	Rodovia Raposo Tavares	Alagamento e interrupção do trânsito
30/03/2015	Rua André Perine- Rua General Osório- Vila Central	Alagamento pavimento. Alagamento residências
30/03/2015	Rodovia Benedito Pires- Cabiúna	Alagamento e interrupção do trânsito
04/01/2017	Rua Antonio Vieira Dias- Rua Smith de Vasconcelos- Centro	Alagamento e enxurrada. Registro de danos materiais. Carros foram levados pela enxurrada.
04/01/2017	Prefeitura Municipal de Assis- Centro	Alagamento e enxurrada
04/01/2017	Rua Luis Carlos da Silveira- Vila Tênis Clube	Enxurrada.

04/01/2017	Avenida Rui Barbosa- Rua Regente Feijó	Alagamento e enxurrada
04/01/2017	Avenida Otto Ribeiro- Próximo ao Supermercado Walmart	Alagamento e trechos de inundação
04/01/2017	Avenida Rui Barbosa- Avenida Otto Ribeiro- Centro	Alagamento
04/01/2017	Rua Santos Dumont- Vila Tênis Clube	Enxurrada e queda de muro.
04/01/2017	Rodovia Raposo Tavares- Acesso Paraguacú Pta	Alagamento e interrupção do trânsito
04/01/2017	Avenida Mario de Vito	Alagamento e enxurrada
04/01/2017	Rua André Perine- Túnel	Alagamento e interrupção do trânsito. Danos materiais (ônibus). Resgate de passageiros pelo Corpo de Bombeiros.
04/01/2017	Avenida Otto Ribeiro- Ponte do Córrego Jacú	Rompimento do duto de drenagem. Danos materiais. Morte de um morador do município de Cândido Mota. Carro foi arrastado.
23/01/2018	Prefeitura Municipal de Assis- Centro	Alagamento
23/01/2018	Avenida Rui Barbosa- Avenida Otto Ribeiro	Alagamento
26/03/2018	Rua José Bonifácio- Centro	Alagamento e enxurrada.
26/03/2018	Prefeitura Municipal de Assis- Centro	Alagamento.
26/03/2018	Avenida Rui Barbosa- Avenida Otto Ribeiro	Alagamento.
26/03/2018	Rua André Perine- Túnel	Alagamento. Danos materiais (carro submerso).
26/03/2018	Avenida Rui Barbosa- Centro	Alagamento (Vários pontos)
26/03/2018	Avenida Otto Ribeiro- Centro- Próximo à Cervejaria Malta	Alagamento e trechos de inundação
26/03/2018	Rua Joaquim José Siqueira com Capitão Assis	Alagamento. Danos materiais (carro submerso)
26/03/2018	Rua Antonio Vieira Dias	Alagamento e enxurrada
26/03/2018	Avenida Felix de Castro- Conj Habitacional Irmã Catarina	Alagamento
26/03/2018	Rua Francisco Tozoni- Vila Cláudia	Alagamento. Enxurrada. Danos no pavimento.
26/03/2018	Rua Nove de Julho com Angelo Bertoncini	Alagamento e enxurrada
26/03/2018	Rua José Bonifácio- Câmara Municipal de Assis	Alagamento
26/03/2018	Ponte do Rio Jacú	Alagamento
19/09/2018	Prefeitura Municipal de Assis- Centro	Alagamento
19/09/2018	Rua José Bonifácio- Câmara Municipal de Assis	Alagamento
19/09/2018	Avenida Rui Barbosa- Avenida Otto Ribeiro	Alagamento
19/09/2018	Rua André Perine- Rua General Osório- Vila Central	Alagamento
19/09/2018	Rua Palmares- Centro	Alagamento e enxurrada. Carros foram arrastados.

25/02/2019	Rua Smith de Vasconcelos- Centro	Enxurrada e queda de árvore. Corpo de bombeiros registrou ocorrência de queda de cinco árvores.
25/02/2019	Rua Londrina- Rua Cornélio Procópio- Jardim Paraná	Alagamento
25/02/2019	Rua Senhorinha de Souza- Rua Fagundes Varella- Vila Ribeiro	Alagamento
25/02/2019	Avenida Otto Ribeiro- Próximo ao Supermercado Walmart	Alagamento e trechos de inundação
20/03/2019	Rua André Perine- Túnel	Alagamento. Danos materiais (carro submerso). Resgate de motorista e passageiro pelo Corpo de Bombeiros.
20/03/2019	Avenida Rui Barbosa- Avenida Otto Ribeiro	Alagamento
20/03/2019	Rua José Bonifácio- Centro	Alagamento
20/03/2019	Avenida Vicente Fernandes Figueiredo- Vila Fabiano	Alagamento
20/03/2019	Avenida Nove de Julho	Alagamento com carros submersos.
03/06/2019	Avenida Otto Ribeiro- Centro	Alagamento
09/01/2020	Avenida Nove de Julho	Alagamento
10/02/2020	Avenida Vicente Fernandes Figueiredo- Vila Fabiano	Alagamento
18/03/2020	Avenida Mario de Vito- Parque Universitário	Alagamento
18/03/2020	Avenida David Passarinho- Vila Prudenciana	Alagamento
18/12/2020	Avenida Vicente Fernandes Figueiredo- Vila Fabiano	Alagamento. Enxurrada carregou motos.
18/12/2020	Rua André Perine- Vila Santa Cecília	Alagamento e interrupção do tráfego
18/12/2020	Rua Palmira Arruda Borrego- Park Colinas	Alagamento
18/12/2020	Rodovia Benedito Pires- Próximo usina de reciclagem	Alagamento
18/12/2020	Rua Joaquim José Siqueira com Capitão Assis	Alagamento com carro submerso.