



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Ciência e Tecnologia
Câmpus de Sorocaba

MIGUEL CAETANO VARGEM

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A INUNDAÇÕES EM SOROCABA
USANDO GIS E ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Sorocaba

2024

MIGUEL CAETANO VARGEM

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A INUNDAÇÕES EM SOROCABA
USANDO GIS E ANÁLISE MULTICRITÉRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista (UNESP), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cláudia Hitomi Watanabe Rezende

Coorientador: Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva

Sorocaba

2024

V297i

Vargem, Miguel Caetano

Identificação de áreas susceptíveis a inundações em Sorocaba usando GIS e análise multicritério / Miguel Caetano Vargem. -- Sorocaba, 2024

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

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba

Orientadora: Cláudia Hitomi Watanabe Rezende

Coorientador: Darllan Collins da Cunha e Silva

1. Inundações. 2. Catástrofes naturais. 3. Sistemas de informação geográfica. 4. Processo decisório por critério múltiplo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Miguel Caetano Vargem

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A INUNDAÇÕES EM SOROCABA
USANDO GIS E ANÁLISE MULTICRITÉRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como parte dos pré-requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental, à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Sorocaba, 30 de julho de 2024.

Prof.^a Dra. Cláudia Hitomi Watanabe Rezende
Orientador

Dra. Rita de Cássia Ferreira da Silva
Banca Examinadora

Dr. Tércio Rocha Lopes
Banca Examinadora

Sorocaba/SP
2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, principalmente minha mãe e meu pai que sempre me incentivaram durante a faculdade.

Também e não menos importante, agradeço à UNESP e a todos que participaram da minha jornada na universidade, entre eles os professores, minha orientadora, funcionários e colegas.

*“A psicologia social deste século ensinou uma importante lição: usualmente não é o caráter de uma pessoa que determina como ela age, mas sim a situação no qual ela se encontra.”
(Stanley Milgran, 1974)*

RESUMO

Em decorrência dos efeitos causados pelas fortes chuvas, tem-se a preocupação com alagamentos e inundações sobretudo em regiões de baixa declividade, centros urbanos, áreas baixas e áreas próximas a córrego ou canais que tenham um considerável fluxo acumulado de água. Como é o caso da área de estudo deste trabalho, o município de Sorocaba, neste município a principal característica é que o fluxo acumulado de água, ou seja, as partes mais baixas do município que recebe volume de água provenientes de partes mais altas entorno das principais vias da cidade. Isso afeta as principais vias de trânsito do município, como por exemplo alguns trechos da marginal Dom Aguirre e alguns bairros mais afastados do centro, isso dificulta a circulação de veículos, o fluxo acumulado invade casas e comerciantes fazendo com que os habitantes de Sorocaba sintam um grande prejuízo. Diante do exposto, surgiu o interesse em criar um mapa de identificação de áreas susceptíveis a inundações, além da observação empírica, usando software GIS e análise multicritério. Um total de seis fatores serão usados na confecção desse mapa: Índice Topográfico de Umidade, Declividade, *Curve Number*, modelo HAND e Curvatura vertical e Densidade de drenagem. A coerência do modelo gerado foi verificada a partir do relatório de ocorrências de inundações e alagamentos registrados pela Defesa Civil de Sorocaba e da carta de suscetibilidade do Serviço Geológico do Brasil (SBG)

Palavras-chave: Inundações; Alagamentos; Desastres naturais; GIS; Análise multicritério.

ABSTRACT

As a result of the effects caused by heavy rains, there are concerns about flooding and flooding, especially in regions with low slopes, urban centers, low-lying areas and areas close to streams or canals that have a considerable accumulated flow of water. As is the case of the study area of this work, the municipality of Sorocaba, in this municipality the main characteristic is that the accumulated flow of water, that is, the lower parts of the municipality that receives volume of water from higher parts around the main roads of the city. This affects the main traffic routes of the municipality, such as some stretches of the Dom Aguirre marginal and some neighborhoods further away from the center, this hinders the circulation of vehicles, the accumulated flow invades homes and merchants causing the inhabitants of Sorocaba to feel a great loss. That said, there was an interest in creating a map to identify areas susceptible to flooding, in addition to empirical observation, using GIS software and multicriteria analysis. A total of six factors will be used in the making of this map: Topographic Moisture Index, Slope, Curve Number, HAND model and Vertical Curvature and Drainage Density. The coherence of the generated model was verified from the report of occurrences of floods and flooding recorded by the Civil Defense of Sorocaba and the susceptibility chart of the Geological Survey of Brazil (SBG)

Keywords: Floods; Flooding; Natural Disasters; GIS; Multicriteria Analysis.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SOROCABA	11
FIGURA 2 – ILUSTRAÇÃO DE INUNDAÇÃO	14
FIGURA 3 - FLUXOGRAMA PARA REALIZAR O MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A INUNDAÇÕES NO AMBIENTE GIS.	19
FIGURA 4 - EXEMPLO SIMPLIFICADO DA FERRAMENTA <i>FILL SINKS</i>	22
FIGURA 5 - MAPA DE DECLIVIDADE.	33
FIGURA 6 - MAPA DO MODELO HAND	34
FIGURA 7 - MAPA DO CURVE NUMBER.....	35
FIGURA 8 - MAPA DO ÍNDICE TOPOGRÁFICO DE UMIDADE (TWI)	36
FIGURA 9 - MAPA DA CURVATURA VERTICAL NO MUNICÍPIO DE SOROCABA -SP	37
FIGURA10 - MAPA DA DENSIDADE DE DRENAGEM NO MUNICÍPIO DE SOROCABA -SP	38
FIGURA 11 - MAPA DE IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A INUNDAÇÕES	40
FIGURA 12 - MAPA DE PADRÕES DE RELEVO.	41
FIGURA 13 – OCORRÊNCIAS DE INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS NO MUNICÍPIO DE SOROCABA	42
FIGURA 14 – CLASSIFICAÇÃO DE SUSCETIBILIDADE DE INUNDAÇÃO DO CPRM, 2014.....	43

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - TABELA DE RECLASSIFICAÇÃO DE VALORES DE DECLIVIDADE (%).....	20
TABELA 2 - TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DE VALORES DO HAND (M)	22
TABELA 3 - TABELA DA CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE SOLO	24
TABELA 4 - VALORES DE CN CONFORME OS GRUPOS HIDROLÓGICOS E USO E COBERTURA	25
TABELA 5 - TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DE VALORES DO CN.	26
TABELA 6 - TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DE VALORES DO TWI.....	27
TABELA 7 - TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DE VALORES DA CURVATURA VERTICAL..	28
TABELA 8 - TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DE VALORES DA DENSIDADE DE DRENAGEM.....	29
TABELA 9 - ESCALAS PARA COMPARAÇÕES DE AHP EM PARES.....	30
TABELA 10 - MATRIZ DE COMPARAÇÃO E PONTUAÇÃO RELATIVA DE CADA FATOR	30
TABELA 11: MATRIZ AUTOVETOR (W)	31
TABELA 12 - ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA RANDÔMICA.....	32
TABELA 13 - CRITÉRIOS USADOS CLASSIFICADOS EM PESOS	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	10
2 OBJETIVOS	12
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO	13
3.1 ALAGAMENTO, ENCHENTE, ENXURRADA E INUNDAÇÃO	13
3.1.1 <i>Alagamento</i>	13
3.1.2 <i>Enchente</i>	14
3.1.3 <i>Enxurrada</i>	14
3.1.4 <i>Inundação</i>	15
3.2 SUSCETIBILIDADE, VULNERABILIDADE E RISCO.....	16
3.3 ANÁLISE MULTICRITÉRIO.....	16
4 METODOLOGIA	18
4.1 CAMADAS GEOESPACIAIS PARA MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES	18
4.1.1 <i>Declividade</i>	19
4.1.2 <i>Modelo HAND (Height Above the Nearest Drainage)</i>	20
4.1.3 <i>Curve Number (CN)</i>	23
4.1.4 <i>Índice Topográfico de Umidade (Topographic Wetness Index – TWI)</i>	26
4.1.5 <i>Curvatura vertical</i>	27
4.1.6 <i>Densidade de Drenagem</i>	28
4.2 ANÁLISE MULTICRITÉRIO UTILIZANDO AHP (<i>ANALYTIC HIERARCHY PROCESS</i>)	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
5.1 CAMADAS GERADAS DE CADA CRITÉRIO ADOTADO.	33
5.2 RESULTADO DO MÉTODO AHP (<i>ANALYTIC HIERARCHY PROCESS</i>)	38
5.3 RESULTADO DA ANÁLISE ESPACIAL.	40
6 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	45
ANEXO A – RELATÓRIO DE OCORRÊNCIAS DE INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS	50

1 INTRODUÇÃO

As áreas urbanas possuem superfícies pavimentadas, isso faz com que a superfície dessas áreas seja impermeabilizada e com eventos de precipitações a infiltração da água é prejudicada e ocorre o escoamento superficial (AMARAL; RIBEIRO, 2009).

Quando os rios, córregos, riachos, represas e galerias de águas pluviais não conseguem conter esse escoamento superficial, o volume de água escoado excede a capacidade dos rios e toda a água excedente transborda ficando retido nas margens dos rios e córregos onde são as áreas mais baixas chamadas de planícies de inundação, causando inundações (IPT, 2007).

Os fatores naturais que influenciam as inundações incluem a topografia e o sistema de drenagem nas áreas adjacentes às zonas inundáveis. Terrenos íngremes e rios de alta inclinação resultam em uma resposta rápida da bacia hidrográfica às chuvas, levando a grandes volumes de água rio abaixo (SANTOS, 2007).

A magnitude das cheias está diretamente relacionada às inclinações da rede de drenagem e aos níveis de precipitação na região de captação. A velocidade do fluxo de água também é proporcional à inclinação; quanto maior a inclinação, maior a velocidade e, conseqüentemente, maior o potencial destrutivo das cheias (SANTOS, 2007).

Os rios, por natureza, possuem uma área propensa a inundações, as quais não devem ser automaticamente consideradas catastróficas. No entanto, quando a intervenção humana excede os limites estabelecidos pelas condições naturais do ambiente, as inundações se transformam em desafios significativos, impactando negativamente a sociedade, a economia e o meio ambiente (SANTOS, 2007).

Tendo em vista que com o crescimento das zonas urbanas a população teve que construir em áreas úmidas que são propensas a inundações como jusantes e próximos de rios (OUMA; TATEISHI, 2014).

O mapeamento de identificação de áreas suscetíveis a inundações e alagamentos é um insumo essencial para o planejamento urbano. Pois identifica as áreas suscetíveis ao risco por meio de pesquisas, auxilia as autoridades quanto ao gerenciamento de riscos e cria medidas para prevenir os danos causados por

fenômenos por meio de regulamentações quanto ao zoneamento urbano e uso da terra (CPRM, 2014).

Essas medidas são conhecidas como medidas não estruturais e visa proporcionar um melhor convívio entre a população e as áreas com suscetibilidade por meio de políticas públicas, programas de educação ambiental, restringir moradias em áreas de risco, limpeza de bueiros e galerias pluviais. As medidas estruturais estão relacionadas as obras de engenharia para conter as enchentes, como por exemplo bacia de contenção de cheias (piscinão) e desassoreamento de córregos (SANTOS, 2007).

1.1 Caracterização da área de estudo.

Sorocaba é um município da Região Metropolitana de Sorocaba, conforme na Figura 1, com uma área de 449, 872 Km² e 723.682 habitantes (IBGE, 2022). Sorocaba está localizado na bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10), o rio que corta o município é um dos afluentes do Rio Tietê (SigRH – SP, 2020). A avenida Dom Aguirre é a principal via arterial de Sorocaba e margeia o Rio Sorocaba. No período de fortes chuvas a população de Sorocaba fica em alerta sobretudo nessas áreas por terem maiores fluxos de veículos e serem densamente populada.

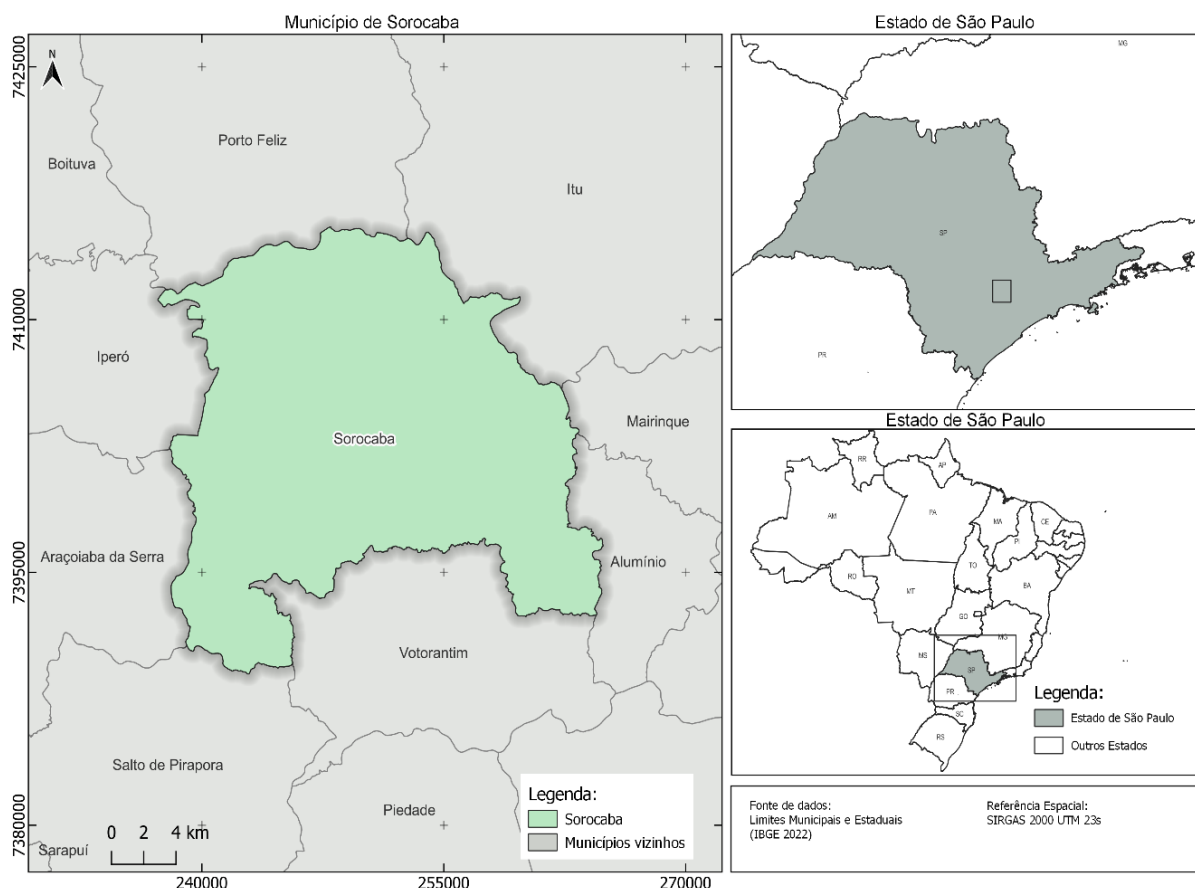
O clima de Sorocaba é classificado como tropical de altitude, com características de um clima subtropical. Apresenta duas estações bem definidas: um verão quente e chuvoso e um inverno ameno e seco. A temperatura média anual é de cerca de 20°C a 22°C, e a precipitação média anual é de aproximadamente 1.300 a 1.400 mm (PINHEIRO *et al.*, 2011).

Os solos predominantes no município de Sorocaba são os Latossolos Vermelho-Amarelos que são solos profundos, bem drenados e com alto teor de óxidos de ferro e alumínio. Devido à sua profundidade e estrutura, os Latossolos geralmente apresentam menor risco de saturação superficial e inundações (OLIVEIRA *et al.*, 1999).

Argissolos Vermelho-Amarelos que se caracterizam pela presença de um horizonte B textural bem definido, com acúmulo de argila em subsuperfície. Essa característica pode resultar em menor permeabilidade, aumentando a vulnerabilidade a inundações em áreas planas. (OLIVEIRA *et al.*, 1999)

Existem solos hidromórficos que permeiam a extensão da confluência do Rio Sorocaba e o Rio Pirajibu-Mirim que permanecem saturados com água durante parte do ano. São típicos de áreas de várzea e regiões próximas a corpos d'água, apresentando alta suscetibilidade a inundações devido à sua saturação permanente ou periódica. Gleissolos são frequentemente encontrados em áreas naturalmente propensas a acumulação de água e devem ser monitorados de perto para a prevenção de desastres. (OLIVEIRA *et al.*, 1999).

Figura 1 - Mapa de Localização do Município de Sorocaba



Fonte: Autoria Própria

2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é identificar as áreas susceptíveis a inundações no Município de Sorocaba utilizando dados espaciais através de *softwares* GIS (*Geographic Information System*) e análise multicritério por meio do Processo de hierarquia analítica utilizando seis critérios como entrada.

Além disso, este trabalho teve como objetivo explorar o uso de Sistema de Informações Geográficas e suas aplicabilidades como ferramenta para auxiliar na identificação de áreas suscetíveis a inundações e alagamentos no município de Sorocaba.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

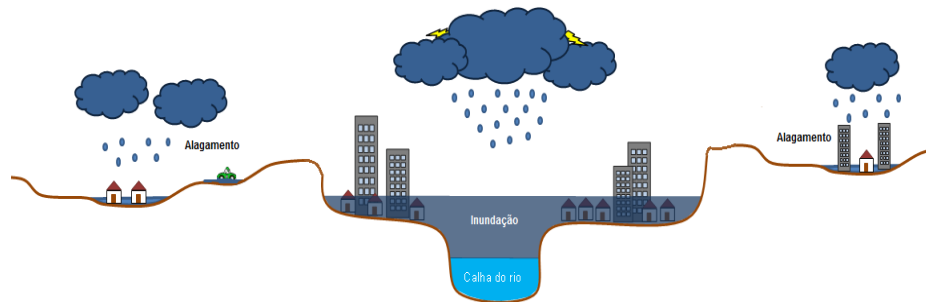
3.1 Alagamento, Enchente, Enxurrada e Inundação

3.1.1 Alagamento

“Define-se alagamento como o acúmulo momentâneo de águas em uma determinada área por problemas relacionados a drenagem” (IPT, 2007, p. 93). Segundo Fernandes (2016) os alagamentos também podem ocorrerem nas margens de leitos, porém sem ocorrer o transbordamento de rios. A gestão da drenagem abrange não apenas os fenômenos hidrológicos de enchentes e inundações associadas aos cursos d'água naturais, mas também alagamentos e enxurradas resultantes de deficiências nos sistemas de drenagem urbanos, podendo ou não estar relacionados aos processos fluviais. Em diversas cidades, o desequilíbrio entre o crescimento urbano e a infraestrutura de drenagem tem gerado sérios problemas de alagamento e enxurrada. (IPT, 2007).

Os alagamentos podem ocorrer em áreas distantes dos canais fluviais, sobre terrenos impermeabilizados devido a ocupação antrópica, em áreas planas, à implantação de obras de engenharia mal dimensionadas, ou outras intervenções antrópicas (SOUZA, 2004). Fujimoto (2002) também comenta que os alagamentos ocorrem em áreas mais baixas que as áreas vizinhas, isso ocasiona em um maior tempo de permanência de água da chuva nas superfícies pavimentadas e isso com isso leva um maior escoamento superficial. A Figura 2 esquematiza esse fenômeno de forma ilustrativa.

Figura 2 – Ilustração de inundação



Fonte: JACOB, A.C.P. (2014)

3.1.2 *Enchente*

As enchentes ou cheias ocorrem quando o volume de água em um canal de drenagem aumenta, elevando o nível da água até o limite máximo do canal, mas sem transbordar (AMARAL; RIBEIRO, 2009). A elevação do nível de água está estreitamente relacionada a uma seção de escoamento fluvial. Para uma mesma variação na vazão (conforme ilustrado na figura 2), a magnitude dessa elevação pode variar, dependendo das características físicas do curso d'água, como a inclinação do canal e a composição do leito e das margens do rio. A seção transversal de um curso de água pode ser subdividida em canal principal e canal secundário. Enquanto o canal principal sempre carrega fluxo de água, o canal secundário pode apresentar fluxo apenas temporariamente, em certos intervalos de tempo (SANTOS, 2007).

3.1.3 *Enxurrada*

Define-se enxurrada como um fluxo superficial concentrado e com elevada energia de transporte, podendo ou não estar relacionado a áreas onde predominam os processos fluviais. É frequente a manifestação de enxurradas em áreas onde foram construídas estradas sobre leitos antigos de rios, caracterizados por alta inclinação

hidráulica, bem como em regiões com declividade natural acentuada (IPT, 2007). Segundo Santos (2007), as enxurradas se manifestam em pequenas bacias com alta declividade, baixa capacidade de retenção e elevada produção de escoamento superficial.

Essas enxurradas têm uma alta capacidade de transporte, causando sérios danos, como erosão das margens, arrastamento de veículos e destruição de casas e estradas (SANTOS, 2007)

Os impactos são mais graves nas confluências dos rios, onde a capacidade de escoamento é ultrapassada, nas curvas dos cursos de água, ou quando materiais como lixo acumulado nas margens bloqueiam os escoamentos. O rompimento desses bloqueios pode gerar ondas violentas com grande poder destrutivo. (SANTOS, 2007)

3.1.4 *Inundação*

O processo de inundação ocorre quando as águas do canal de drenagem transbordam para as áreas marginais, como a planície de inundação, várzea ou leito maior do rio, ao atingir um nível acima da cota máxima da calha principal do rio (IPT, 2007). A planície de inundação é definida como uma área relativamente plana e baixa que, periodicamente, recebe o excesso de água que transborda do canal de drenagem. O canal de drenagem que contém um curso d'água é tecnicamente chamado de leito menor, enquanto a planície de inundação é conhecida como o leito maior do rio. O termo "várzea" também é utilizado para se referir à planície de inundação de um canal natural de drenagem. (IPT, 2007). Em condições naturais, as planícies de inundação e os fundos de vales estreitos apresentam um escoamento superficial lento das águas das chuvas. No entanto, em áreas urbanas, esses fenômenos são intensificados por alterações antrópicas, como a impermeabilização do solo, a retificação e o assoreamento dos cursos d'água. (IPT, 2007)

3.2 Suscetibilidade, Vulnerabilidade e Risco.

Segundo com o IPT (2007) A suscetibilidade indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência.

O conceito de vulnerabilidade está associado ao termo suscetibilidade e revela as consequências dos eventos ambientais, como inundações. A vulnerabilidade indica os possíveis danos que podem ser causados às pessoas e aos equipamentos afetados por esses processos (DANTAS; CANIL, 2017).

Para Lima (2010) e Fernandes (2016) sugerem que a suscetibilidade pode ser definida como a predisposição para que um fenômeno natural ocorra, sendo condicionada por um ou mais fatores que contribuem para a ocorrência desses eventos e poderá ser intensificado por ações humanas. Enquanto o conceito de risco está associado a classificação de potencialidade da suscetibilidade a inundação, por exemplo (LIMA, 2010)

3.3 Análise Multicritério

Existem alguns fatores que contribuem para a formação de áreas susceptíveis a inundações e para identificar essas áreas, esses fatores serão chamados de critérios que serão usados para fazer o mapeamento de áreas mais vulneráveis (AZUA *et al.*, 2019)

Para tal é utilizada um conjunto de métodos chamada Análise Multicritério, essa metodologia faz a análise de variados critérios considerando suas significâncias e ponderações para que se possa fazer a integração desses critérios de forma lógica, sendo uma metodologia para tomada de decisão quando for fazer tais análises (AZUA *et al.* 2019)

Dentro dessa metodologia o método mais utilizado para o tipo do nosso problema é o Processo de Hierarquia Analítica ou AHP (*Analytic Hierarchy Process*),

proposto por Saaty. Esse método permite fazer a hierarquização dos critérios (OUMA; TATEISHI, 2014).

O princípio deste método é comparar dois critérios de cada vez atribuindo valores de importância relativa de um sobre o outro, a escala dessas atribuições é de 1 a 9 em que 1 tem a mesma importância e 9 tem importância absoluta nessas comparações (SAATY, 2008), pode se calcular os pesos atribuídos para cada critério e subcritérios normalizando os atributos pela técnica de autovetores e com isso tem que ser calculado a razão da consistência que deve ser menor que 0,1, acima disso os valores das importâncias atribuídas deve ser revistos e refeitos, pois esses atributos dados pelo tomador de decisão se tornam incoerentes (SAATY, 1981).

Com essa abordagem, o intuito é criar um mapa que identifique áreas que são susceptíveis a inundações no município de Sorocaba, baseados em dados morfométricos e topográficos. Através de análises multicritério como uma ferramenta de tomada de decisão, pois o estudo envolve diferentes critérios a serem ponderados. Mas o objetivo principal do estudo é servir como insumo para a integração de políticas estratégicas de gestão de riscos e um melhor planejamento espacial no município.

4 METODOLOGIA

4.1 Camadas geoespaciais para mapeamento de suscetibilidade a inundações

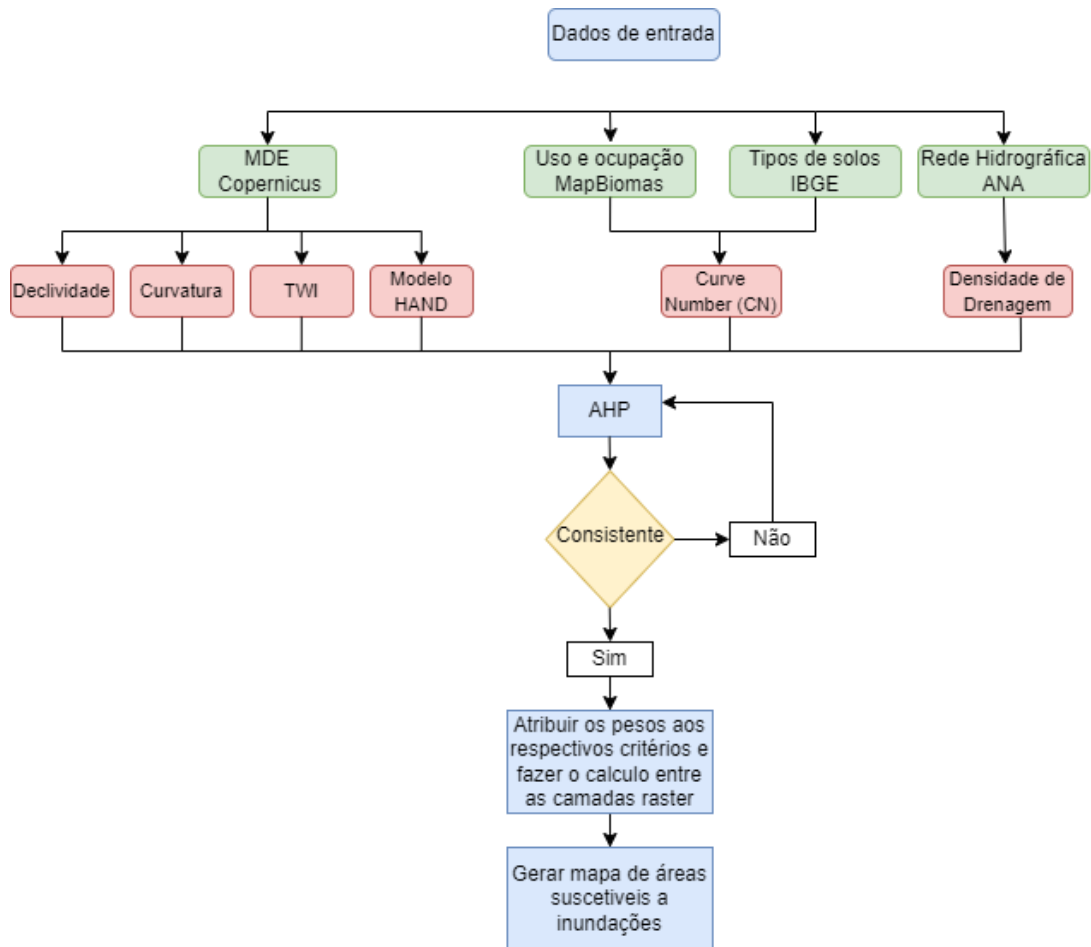
A escolha dos fatores contribuintes de inundação sobre uma área, também conhecidos como fatores condicionantes de inundação, é de suma importância pois podem afetar a precisão do resultado. No entanto, há uma falta de uma estrutura universalmente acordada sobre como selecionar os fatores condicionantes de inundação que indicam seu papel significativo na identificação de áreas susceptíveis a inundações (NETO; SILVA; BARBOSA, 2022)

Este estudo adotou os fatores condicionantes de inundação mais relevantes e usados com frequência dos vários estudos recentes empregando fatores como Declividade, Modelo HAND, Curve Number (CN), Curvatura, Índice Topográfico de Umidade (TWI) e Densidade de drenagem. Assim, o método de classificação de intervalo igual foi usado para classificar os fatores condicionantes escalonados em 5 classes (Msabi; Makonyo, 2021) ver também Fernandes, 2016

No ambiente GIS foi utilizado o software QGIS, um software de Sistema de Informações Geográficas que permite analisar, manipular dados espaciais de entrada e obter dados espaciais de saída nas quais serão utilizados como critérios, parâmetros para este presente trabalho, os valores de cada camadas utilizadas como parâmetros para identificar áreas susceptíveis a inundações foram reclassificados e ponderados de acordo com a metodologia proposta pelo Saaty (1980). Esses dados de saída serão nossas camadas Raster que serão usados como critérios, após definir os pesos de cada critério através do método AHP, será feito um cálculo algébrico entre pixels das camadas Raster através da ferramenta “calculadora raster” no QGIS e obteremos o mapa de identificação de áreas susceptíveis a inundações.

A seguir, esta o fluxograma (Figura 3) que demonstra a execução desse trabalho de forma resumida.

Figura 3 - Fluxograma para realizar o mapeamento de áreas susceptíveis a inundações no ambiente GIS.



Fonte: Autoria Própria

4.1.1 Declividade

O processo de escoamento superficial de rios, córregos, precipitações e outros estudos hidrológicos são regidos pela declividade, pois em áreas com declividades maiores o escoamento superficial tende a ser mais acentuados em contrapartida, as áreas cuja declividades são mais planas o escoamento superficial ficam prejudicados fazendo com que o solo absorva menos água e ocorra uma estagnação de volume superficial de água. (CHAVES et. al., 2021). Sendo assim, a declividade é um fator topográfico muito importante a ser levado em contato em quaisquer estudos

relacionados a suscetibilidade de inundações. De acordo com CHAVES et. al., 2021 as regiões planas são propensas a inundações porque o escoamento superficial demora mais tempo para se deslocar, acumulando-se em certos pontos. Em contraste, nas áreas com elevada declividade, o escoamento é rápido, atingindo rapidamente o ponto de exutório e causando cheias nesse local.

A declividade é obtida através do Modelo Digital de Elevação (MDE) esse é um dado bruto obtido pela Agência Espacial Europeia (ESA). Dentro da interface do QGIS foi utilizado esse MDE para gerar o dado de declividade.

Os valores (%) de declividade da região de Sorocaba foram reclassificados em cinco intervalos de acordo com a EMBRAPA (1979). Para cada intervalo de declividade foram atribuídas notas de 1 a 5. Onde Um corresponde a risco muito baixo e cinco corresponde a risco muito alto, conforme na Tabela 1.

Tabela 1 - Tabela de reclassificação de valores de declividade (%)

Declividade		
Classes (%)	Nota	Classificação do risco
>45	1	Risco Muito Baixo
20 - 45	2	Risco Baixo
8 - 20	3	Risco Moderado
3 - 8	4	Risco Alto
0 - 3	5	Risco Muito Alto

Fonte: Aatoria Própria

4.1.2 Modelo HAND (*Height Above the Nearest Drainage*)

O modelo HAND (*Height Above the Nearest Drainage* – Altura Acima da Drenagem Mais Próxima) é um *software* desenvolvido por pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA) e trata-se de um algoritmo que relaciona as características topográficas do terreno com as hidrológicas (RENNÓ et al., 2008, NOBRE et al., 2011).

Segundo Nobre 2011 o produto gerado pelo Modelo HAND é um Modelo Digital de Elevação (MDE) normalizado com base na diferença entre as distâncias verticais do terreno e a altitude do canal de drenagem mais próximo isso faz com que nesse modelo os corpos hídricos são atribuídos uma cota de nível 0, enquanto os valores de altura das áreas marginais são calculados a partir do canal de drenagem mais próxima.

Sua principal aplicação é identificar áreas propensas a inundações, podendo ser utilizado como ferramenta de auxílio ao planejamento em diferentes escalas, tanto em análises municipais quanto em bacias hidrográficas de grande abrangência (Queiroga et al, 2023). Para Goerl et al. (2017, p.64) “Quanto mais próximo de um canal um local estiver e quanto menor a variação altimétrica entre o canal e este local, maior a suscetibilidade do mesmo às inundações.”

Segundo Nobre ao gerar o Modelo HAND dentro do *software* HAND Model é necessário passar por algumas etapas como, corrigir depressões do MDE, gerar direção de fluxo, gerar fluxo acumulado, gerar a rede de drenagem e por última calcular a Altura Acima da Drenagem Mais Próxima (HAND). Porém, a primeira etapa para executar o modelo HAND consiste em passar por um processamento de correção do terreno para corrigir depressões e valores discrepante (figura 4) antes de serem geradas os dados relacionados a hidrologia do terreno para evitar inconsistências quanto ao escoamento superficial. (Novais, 2015).

O MDE corrido (preenchido) foi usado como dado de entrada para gerar a direção de fluxo baseado nos oito pixels vizinhos de cada ponto, então o algoritmo do HAND *model* identifica a maior declividade nas células vizinhas do ponto e atribui a direção de fluxo (Queiroga et al, 2023).

A terceira etapa foi gerar a camada matricial de fluxo acumulado com base na direção de fluxo, pois o valor de cada pixel da matriz de fluxo acumulado corresponde a quantidade de células (pixels) que contribuem para o escoamento superficial em cada célula, segundo Novais, (2015, p. 2723) “uma célula com valor 28 indica que 28 outras células contribuem para o seu escoamento superficial”. Nessa etapa o *software* HAND Model pede um valor de limiar de drenagem mínimo para definir o fluxo acumulado e posteriormente a rede de drenagem (RENNÓ et al., 2008, NOBRE et al., 2011).

Segundo Queiroga et al, 2023 esse valor foi de 600 (pixels), mas também foram testados outros valores levando – se em consideração o tamanho da bacia do Rio Sorocaba e a resolução espacial do MDE que é de 30 metros.

Figura 4 - Exemplo simplificado da ferramenta *Fill Sinks*



Fonte: SIG ArcGIS for Desktop 10.2.1

O dado de entrada para se obter a Altura Acima da Drenagem Mais Próxima (HAND) foi o MDE “Copernicus DEM” obtido através do site da Agência Espacial Europeia (ESA) e o processamento foi feito através do *software* HAND Model, esse *software* foi disponibilizado pela Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE e desenvolvido por Nobre et al. (2011). Depois de gerar o HAND foi exportado para o *software* QGIS e foi feita uma reclassificação (Tabela 2) de acordo com Queiroga et al, 2023 para definir as classes de suscetibilidade.

Tabela 2 - Tabela de classificação de valores do HAND (m)

HAND		
Classes (metros)	Nota	Classificação do risco
> 4	1	Risco Muito Baixo
3 a 4	2	Risco Baixo
2 a 3	3	Risco Moderado
1 a 2	4	Risco Alto
0 a 1	5	Risco Muito Alto

Fonte: Autoria Própria

4.1.3 Curve Number (CN)

O *Curve Number* (CN) do Solo é um modelo hidrológico e esse método é usado para determinar o escoamento superficial em uma determinada bacia hidrográfica, esse método foi elaborado pelo Serviço de Conservação do Solo (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA) em 1972. Esse modelo hidrológico é usado critério bastante relevante ao se considerar como um fator de suscetibilidade a inundações (CHAVES et. al., 2021).

O Curve Number está relacionado ao uso e cobertura do solo (uso e ocupação do solo ou cobertura e uso da terra) e as características pedológicas de uma determinada bacia hidrológica essas duas componentes influenciam escoamento superficial e a infiltração de água no solo (SANTOS e LOLLLO, 2016).

A cobertura do solo, como vegetação e floresta em um impacto significativo na capacidade do solo em reter água, enquanto o escoamento da água da chuva está relacionado com solos impermeáveis, ou seja, em solos pavimentados presentes em áreas urbanas (KORAH; LÓPEZ, 2015).

Segundo Sartori, Lombardi Neto e Genovez (2005) essa metodologia classifica os tipos de solo em quatro grupos, chamados de grupos hidrológicos do solo eles são classificados de acordo com sua capacidade de infiltração e produção de escoamento, sendo a cada um deles atribuído uma letra, A, B, C e D (Tabela 3).

Tabela 3 - Tabela da classificação dos tipos de solo

GRUPO	CARACTERÍSTICAS	TIPOS DE SOLO
A	Solos muito profundos (> 200 cm), com alta taxa de infiltração e resistência e tolerância a erosão, solos porosos com baixo gradiente textural (< 1,20), textura média, solos bem drenados ou excessivamente drenados.	Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho, ambos de textura argilosa ou muito argilosa e com alta macroporosidade; Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho Amarelo, ambos de textura média, mas com horizonte superficial não arenoso.
B	Solos profundos (100 a 200 cm), com moderada taxa de infiltração e resistência e tolerância a erosão, solos porosos variando com gradiente textural variando entre 1,20 e 1,50, textura arenosa ao longo do perfil ou de textura média.	Latossolo Amarelo e Latossolo, Vermelho Amarelo, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; Latossolo Bruno; Nitossolo Vermelho; Neossolo Quartzarênico; Argissolo Vermelho ou Vermelho Amarelo de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.
C	Solos profundos (100 a 200 cm) ou pouco profundos (50 a 100 cm), baixa taxa de infiltração e baixa resistência a erosão, são solos com gradiente textural maior que 1,50, solos associados a argila de atividade baixa (Tb).	Argissolo pouco profundo, mas não apresentando mudança textural abrupta ou Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho Amarelo e Argissolo Amarelo, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; Cambissolo de textura média e cambissolo háplico ou húmico, mas com características físicas semelhantes aos Latossolos (latossólico); Espodossolo Ferrocárbico; Neossolo Flúvico.
D	Solos de taxa de infiltração muito baixa oferecendo pouquíssima resistência a erosão, solos rasos (< 50 cm), solos pouco profundos associados à mudanças textural abrupta, solos argilosos associados à argila de atividade alta (Ta), solos orgânicos.	Neossolo Litólico; Organossolo; Gleissolo; Chernossolo; Planossolo; Vertissolo; Alissolo; Luvisso; Plintossolo; solos de mangue; afloramentos de rocha; Cambissolos que não se enquadram no grupo C; Argissolo Vermelho Amarelo e Argissolo Amarelo, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta.

Fonte: Sartori, Lombardi Neto e Genovez (2005)

Seguindo a metodologia de CHAVES et. al., 2021 o dado de uso e cobertura do solo foi adquirido através do projeto MAPBIOMAS referente a coleção 8 no ano de 2022 com base nas imagens do satélite Landsat 8 esse arquivo é dado em formato “*raster*”, já os dados referentes ao tipo de solo (pedologia) foram obtidos através de classificação de solo proposto por Marcio Rossi (2017) esse arquivo é no formato *shapefile* (.shp) disponível no site do portal do Governo do Estado de São Paulo. Como parte da metodologia proposta pelo SANTOS e LOLLO, (2016) os tipos de solo

obtidos por Marcio Rossi foram classificados de acordo com o trabalho de Lombardi Neto e Genovez (2005).

Os valores de CN variam de 0 até 100 e são número admissionais, onde valores próximos de 0 indicam uma alta taxa de infiltração de água no solo (retenção) representando superfícies permeáveis e onde o escoamento superficial é quase nulo, em contrapartida valores próximos de 100 indicam terrenos impermeáveis com alto índice de escoamento superficial (SANTOS e LOLLO, 2016).

De acordo com os autores (SANTOS e LOLLO, 2016) e SOARES et al., 2017 foram atribuídos valores de CN conforme os grupos hidrológicos e o Uso e cobertura do solo que está na tabela X. Para gerar a camada “*raster*” dos valores de CN foram feitos alguns processamentos entre os arquivos vetoriais (*shapefile*) da pedologia do município de Sorocaba e da camada “*raster*” do mosaico de Uso e ocupação do solo no *software* QGIS versão 3.22 entre eles a união dos valores correspondentes ao tipo de uso e os grupos hidrológicos com suas respectivas letras em um mesmo arquivo *shapefile*. E assim pode-se fazer a espacialização dos valores de CN propostos pelos autores da tabela 4

Tabela 4 - Valores de CN conforme os grupos hidrológicos e uso e cobertura

TIPO DE USO	GRUPO HIDROLOGICO			
	A	B	C	D
Formação Florestal	26	52	62	69
Formação Savânica	46	68	78	84
Formação Campestre	56	75	86	91
Pastagem	25	59	75	83
Agricultura	62	71	78	81
Área Urbanizada	77	85	90	92
Água	100			
Solo Exposto	72	82	87	89

Fonte: SANTOS e LOLLO, 2016

Assim como nos critérios anteriores os valores de CN foram classificados em 5 classes com seus respectivos graus de suscetibilidade de 1 a 5, essa classificação teve como referência o trabalho de OLIVEIRA et al., 2022 presente na tabela 5.

Tabela 5 - Tabela de classificação de valores do CN.

CN		
Classes	Nota	
≤ 26	1	Risco Muito Baixo
26-52	2	Risco Baixo
52-62	3	Risco Moderado
62 -75	4	Risco Alto
>75	5	Risco Muito Alto

Fonte: Autoria Própria

4.1.4 Índice Topográfico de Umidade (*Topographic Wetness Index – TWI*)

O Índice topográfico de Umidade (do inglês *Topographic Wetness Index (TWI)*) é um fator Geomorfológico que visa quantificar a influência da geomorfologia nos processos hidrológicos que se refere ao escoamento superficial (TANG, et al, 2018) ver também (Freiman & Carvalho, 2020). O TWI avalia a tendência de se acumular água da chuva (LIMA et al., 2020). A premissa do TWI é de que as formas do relevo, ou seja, a geomorfologia de uma área influencia o acúmulo de escoamento superficial (CAPOANE et al., 2017). Segundo Chaves et al., 2021, o TWI combina duas variáveis a área de contribuição de escoamento superficial a montante de cada pixels com a declividade. Para se obter o TWI é utilizada uma fórmula proposta por Beven e Kirkby (1979) que por definição é função do logaritmo natural da razão entre a área de contribuição a montante de cada pixel e a declividade conforme a Equação 1:

$$TWI = \ln\left(\frac{A_s}{\tan\beta}\right) \quad (1)$$

Onde A_s é a área de contribuição a montante de cada célula em m^2 ; β é a declividade expressa em radianos.

A camada do critério TWI foi gerada através do MDE “Copernicus DEM” como dado de entrada, disponível no site da ESA. Foram utilizadas as ferramentas do GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*) integradas ao software QGIS 3.22.16. Primeiramente se utilizou a ferramenta “*r.fill.dir*” para corrigir e

preencher as depressões do MDE e em seguida foi utilizada a ferramenta “*r.watershed*” para obter o dado raster de área de contribuição a montante de cada célula. Para gerar o dado raster de declividade foi uma ferramenta nativa do QGIS “declividade” e em seguida os valores foram convertidos em radianos utilizando a ferramenta “calculadora raster”. Com essa mesma ferramenta foi definido por meio da equação 1 o TWI da região do município de Sorocaba.

Os valores do TWI foram reclassificados de acordo com os intervalos propostos por Chaves et al., 2021 e Freiman & Carvalho, 2020 em cinco classes, assim como nos critérios anteriores (tabela 6)

Tabela 6 - Tabela de classificação de valores do TWI.

TWI		
Classes	Nota	
≤ 11,8956	1	Risco Muito Baixo
11,8957 - 16,0762	2	Risco Baixo
16,0762 - 20,2569	3	Risco Moderado
20,2569 - 24,4375	4	Risco Alto
>24,4375	5	Risco Muito Alto

Fonte: Autoria Própria

4.1.5 Curvatura vertical

De acordo com Valeriano (2008, p. 35). “A curvatura vertical expressa o formato da vertente quando observada em perfil. É definida pela segunda derivada da altitude, o que pode ser descrito como a variação da declividade ao longo de uma determinada distância.” Segundo Valeriano (2008) os valores de curvatura vertical são expressos em metros inversos (m^{-1}) os valores negativos representam vertentes de forma concava, valores positivos indicam vertentes convexas e valores que tende a zero são indicam vertentes retilíneas.

Dessa forma, a camada espacial de curvatura vertical foi classificada em cinco intervalos e atribuído uma nota de suscetibilidade para cada classe, (tabela 7) valores negativos indicam áreas concavas isso implica uma suscetibilidade a inundação

maior, em contrapartida áreas convexas indicam uma suscetibilidade menor (Santos e Neto, 2021).

Tabela 7 - Tabela de classificação de valores da Curvatura Vertical.

Curvatura Vertical		
Classes	Nota	
> 0,0011	1	Risco Muito Baixo
0,0003 a 0,0011	2	Risco Baixo
-0,0003 a 0,0003	3	Risco Moderado
-0,0012 a -0,0003	4	Risco Alto
≤ -0,0012	5	Risco Muito Alto

Fonte: Autoria Própria

4.1.6 Densidade de Drenagem

Áreas com alta densidade de drenagem têm muitos cursos d'água em relação à área da bacia. Isso pode significar uma rápida resposta hidrológica à precipitação, pois a água escoar rapidamente pela rede de drenagem e isso facilita o transbordamento (Santos et al., 2021).

Para se obter a densidade de drenagem foi utilizado a ferramenta “densidade de linha” no *software* QGIS 3.22.16. Segundo o próprio *software* essa ferramenta calcula uma medida de densidade de características lineares que é obtida em uma vizinhança circular dentro de cada célula *raster*.

Primeiro, o comprimento do segmento de cada linha que é cruzada pela vizinhança circular é multiplicado pelo fator de peso das linhas. Em uma segunda etapa, todos os valores de comprimento são somados e divididos pela área da vizinhança circular. Este processo é repetido para todas as células de varredura.

A camada espacial de Densidade de Drenagem foi classificada em cinco intervalos e atribuído uma nota de suscetibilidade para cada classe, (tabela 8)

Tabela 8 - Tabela de classificação de valores da densidade de drenagem

Densidade de Drenagem		
Classes	Nota	
≤ 19,8672	1	Risco Muito Baixo
19,8672 - 39,7344	2	Risco Baixo
39,7344 - 59,6016	3	Risco Moderado
59,6016 - 79,4688	4	Risco Alto
>79,4688	5	Risco Muito Alto

Fonte: Autoria Própria

4.2 Análise Multicritério utilizando AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

Após determinar os fatores que vão compor o objetivo do estudo, coletar dados, organizar dados e manipula-os dentro do ambiente GIS utilizando o software QGIS para se obter quatro camadas (fatores) e classificar os valores quantitativos e qualitativos das camadas em quatro classes que vão do 1 a 5 em que 1 representa Risco Muito Baixo e 5 representa Risco Alto para se ter inundações. Deve ser atribuídos “pesos” para cada critério, pois será importante quando for usar a “calculadora raster” para servir como ponderações, ou seja, criar uma hierarquia de importância atribuindo pesos que serão ponderados quando for fazer o cálculo.

O método de comparação de pares foi empregado neste estudo porque tem as vantagens adicionais de fornecer uma estrutura organizada para discussões em grupo e ajudar o grupo de tomada de decisão a se concentrar nas áreas de concordância e discordância ao definir os pesos dos critérios. O método AHP envolve os seguintes passos: (a) itemizar um problema de tomada de decisão em fatores componentes; (b) preparar os componentes em ordem hierárquica; (c) atribuir valores numéricos com base em sua relevância; (d) construir uma matriz de comparação; (e) calcular o autovetor normalizado que determina os pesos de cada componente (Vargas, 2010).

Tabela 9 - Escalas para comparações de AHP em pares

Escala Numérica	Escala Concetual	Descrição
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação a outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se busca uma condição de compromisso entre duas definições

Fonte: Saaty (1980)

A partir da tabela 9 foi construída uma Matriz de comparação e pontuação relativa de cada fator (tabela 10). Essa comparação é feita em pares através de uma matriz, em que fatores iguais ou de mesma importância é atribuída uma pontuação igual a 1, como pode ser visto na tabela 6. As pontuações entre pares de fatores são dadas de acordo com o grau de importância que um fator tem sob o outro de acordo com a tabela tal. Ao se atribuir a pontuação de um fator em relação ao outro, deve ser calculado a inversa da pontuação e colocar na célula da matriz inversa (SAATY, 1980)

Tabela 10 - Matriz de comparação e pontuação relativa de cada fator

	Declividade	HAND	CN	TWI	Curvatura	Densidade de drenagem
Declividade	1,00	3,00	0,33	3,00	2,00	3,00
HAND	0,33	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00
CN	3,00	1,00	1,00	3,00	2,00	2,00
TWI	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00
Curvatura	0,50	0,33	0,50	1,00	1,00	2,00
Densidade de drenagem	0,33	0,33	0,50	1,00	0,50	1,00

Fonte: Autoria própria

A partir disso deve se calcular o autovetor (W) para isso, é necessário normalizar a matriz comparativa (tabela 10). A normalização é feita pela divisão entre o total de cada linha da matriz com o somatório dos valores presente na matriz da tabela 10. Esse cálculo será o autovetor (w) e deve ser interpretado como os pesos de cada critério usado nesse estudo como mostrada na tabela a seguir (Tabela 11)

Tabela 11: Matriz autovetor (w)

Autovetor (W)
0,253472459
0,232857089
0,246561817
0,082187272
0,10958303
0,075338333

Fonte: Autoria Própria

Segundo Saaty (1980), a consistência da técnica AHP é representada pela relação.

$$RC = \frac{IC}{RI}(1)$$

$$IC = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)}(2)$$

RC denota a razão de consistência, IC representa o índice de consistência, RI significa o Índice Randômico, λ_{\max} é o autovalor principal da matriz e n é o número de fatores totais na matriz. Os valores de RI (tabela 12) são empregados para calcular a razão de consistência e depende do número de fatores na matriz de comparação (Saaty, 1977, 1980). Como foi usado seis fatores, conforme a tabela 12 o valor do Índice Randômico foi de 1,24.

Tabela 12 - Índice de consistência randômica

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: (Saaty, 1977)

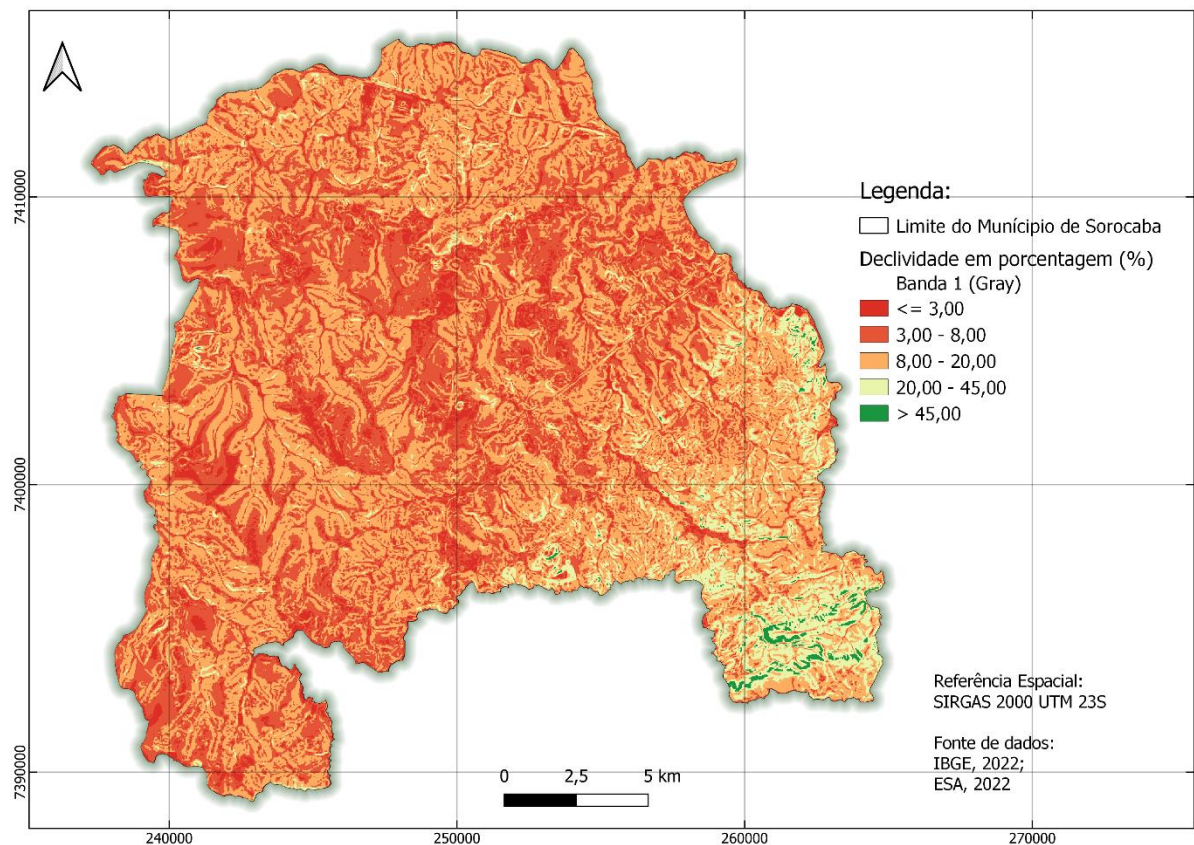
Quando o valor de RC é $< 0,10$ o cálculo é aceitável e apresenta uma precisão razoável para a matriz de comparação pareada, quando é $> 0,10$, a matriz de comparação apresenta inconsistência que necessita de reajuste, conhecer melhor a região e melhorar a abordagem ao fazer as devidas pontuações.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Camadas geradas de cada critério adotado.

Na imagem a seguir (imagem 5) podemos ver uma representação espacial da declividade do Município de Sorocaba expressa em porcentagem (%).

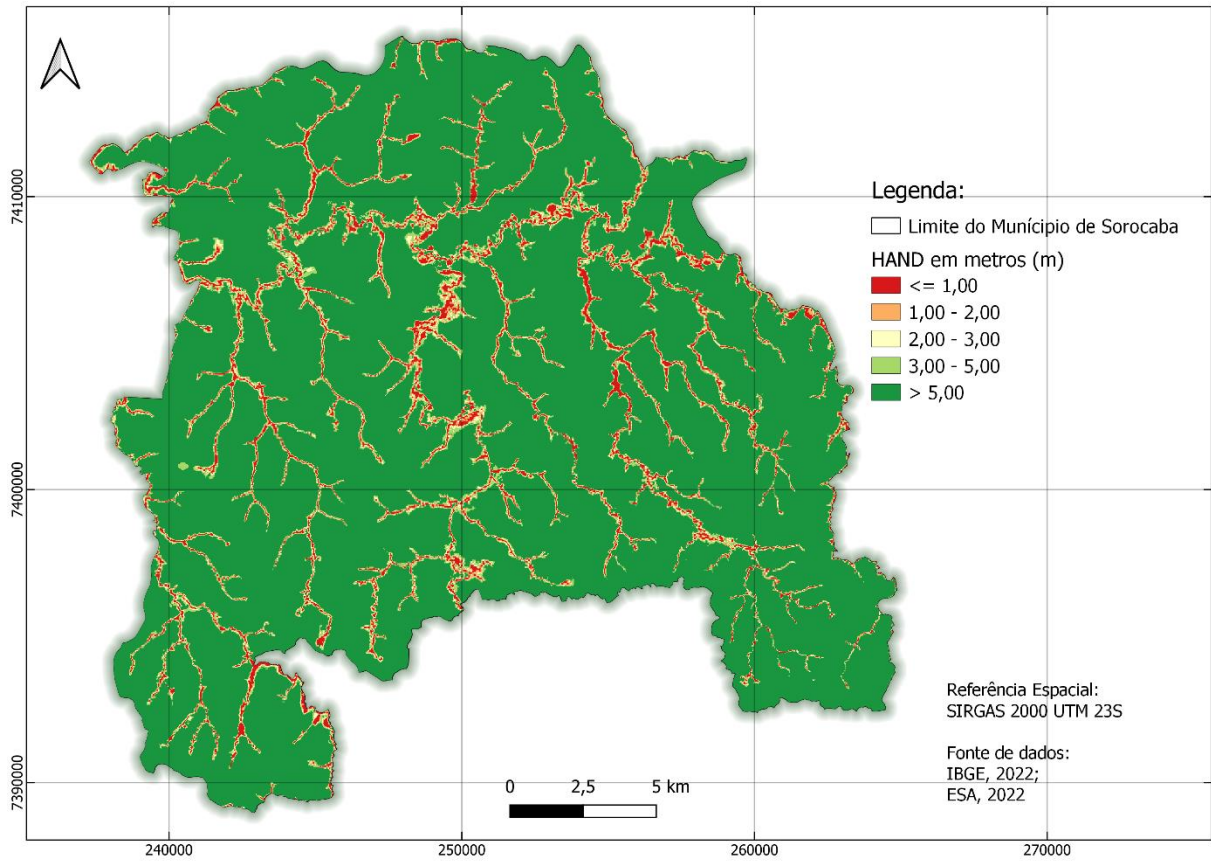
Figura 5 - Mapa de declividade.



Fonte: Autoria Própria

Na imagem a seguir (Figura 6) podemos ver uma representação espacial da Altura Acima da Drenagem Mais Próxima (HAND) do Município de Sorocaba expressa em metros (m).

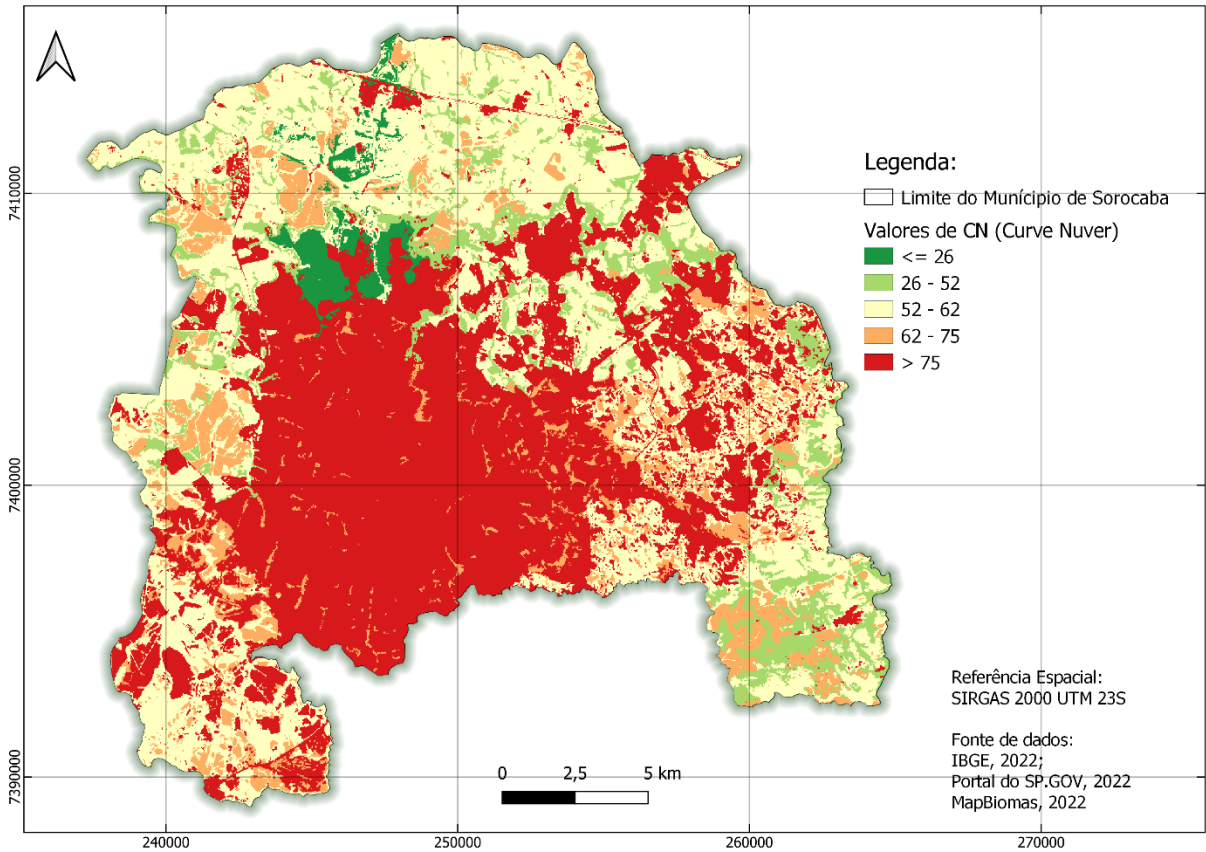
Figura 6 - Mapa do Modelo HAND



Fonte: Autoria Própria

Na imagem a seguir (Figura 7) podemos ver uma representação espacial dos valores de CN em toda a extensão do Município de Sorocaba em valores adimensionais.

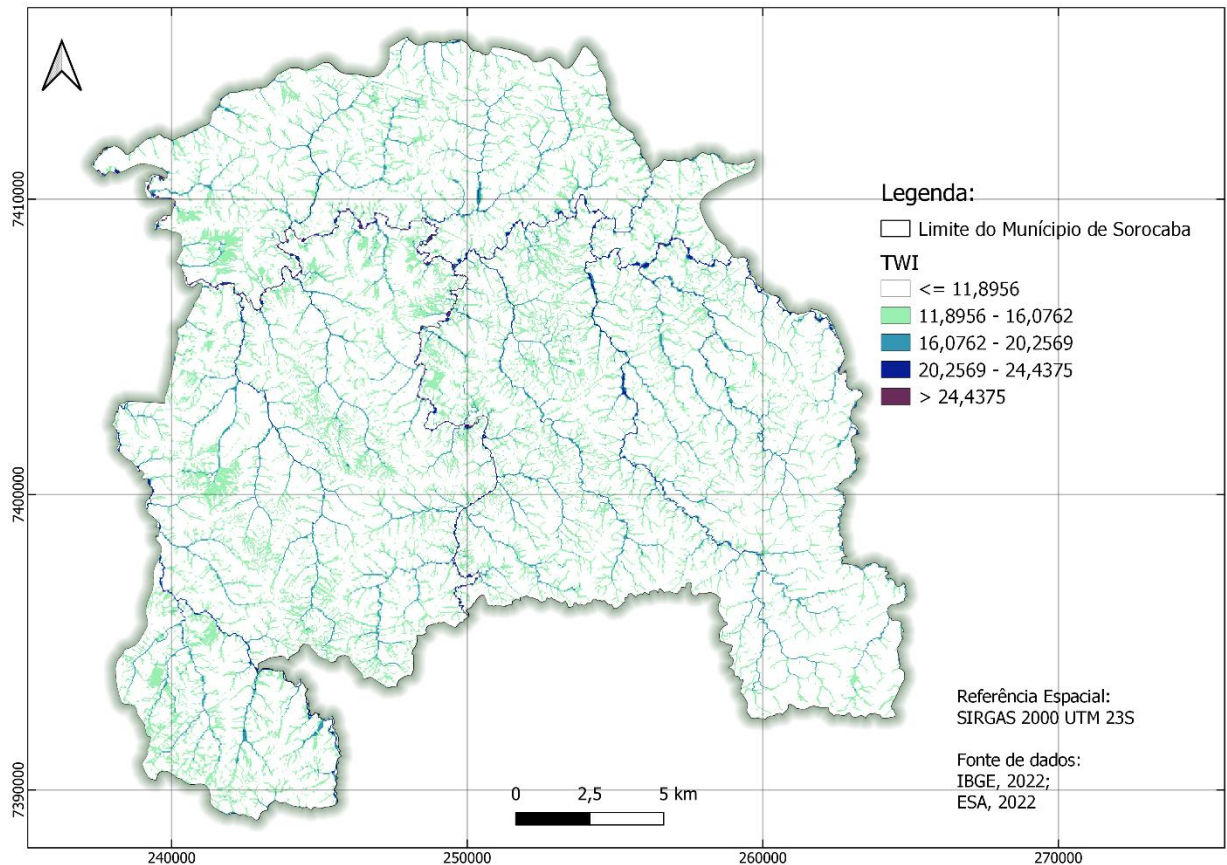
Figura 7 - Mapa do Curve Number



Fonte: Autoria Própria

Na Figura 8 podemos ver uma representação espacial do TWI do Município de Sorocaba, o TWI é uma medida admissional segundo Chaves et al., 2021. Através da análise espacial pode-se confirmar a afirmação de Freiman & Carvalho, 2020 de que o TWI tende a ser maior em áreas planas.

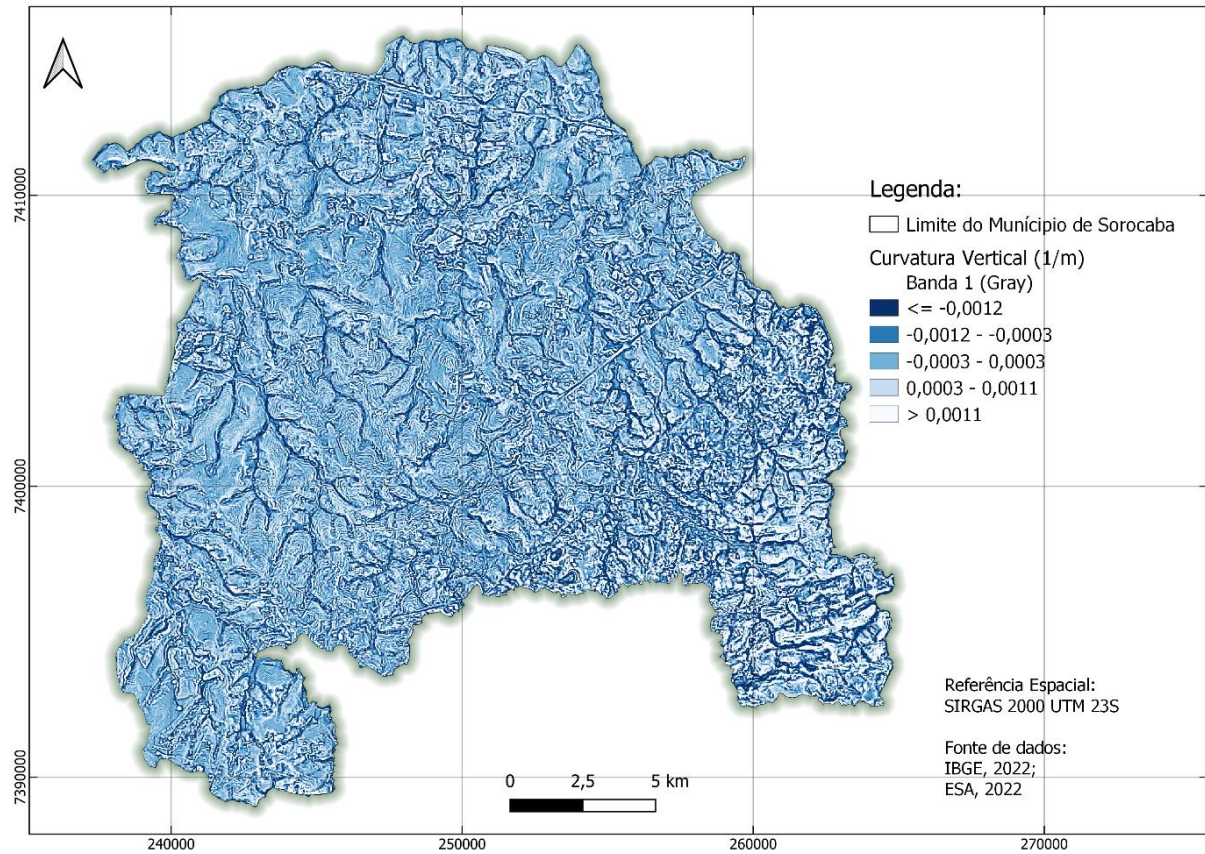
Figura 8 - Mapa do Índice Topográfico de Umidade (TWI)



Fonte: Autoria Própria

Na Figura 9 podemos ver uma representação espacial da curvatura vertical do Município de Sorocaba expressa em metros inversos (m^{-1}).

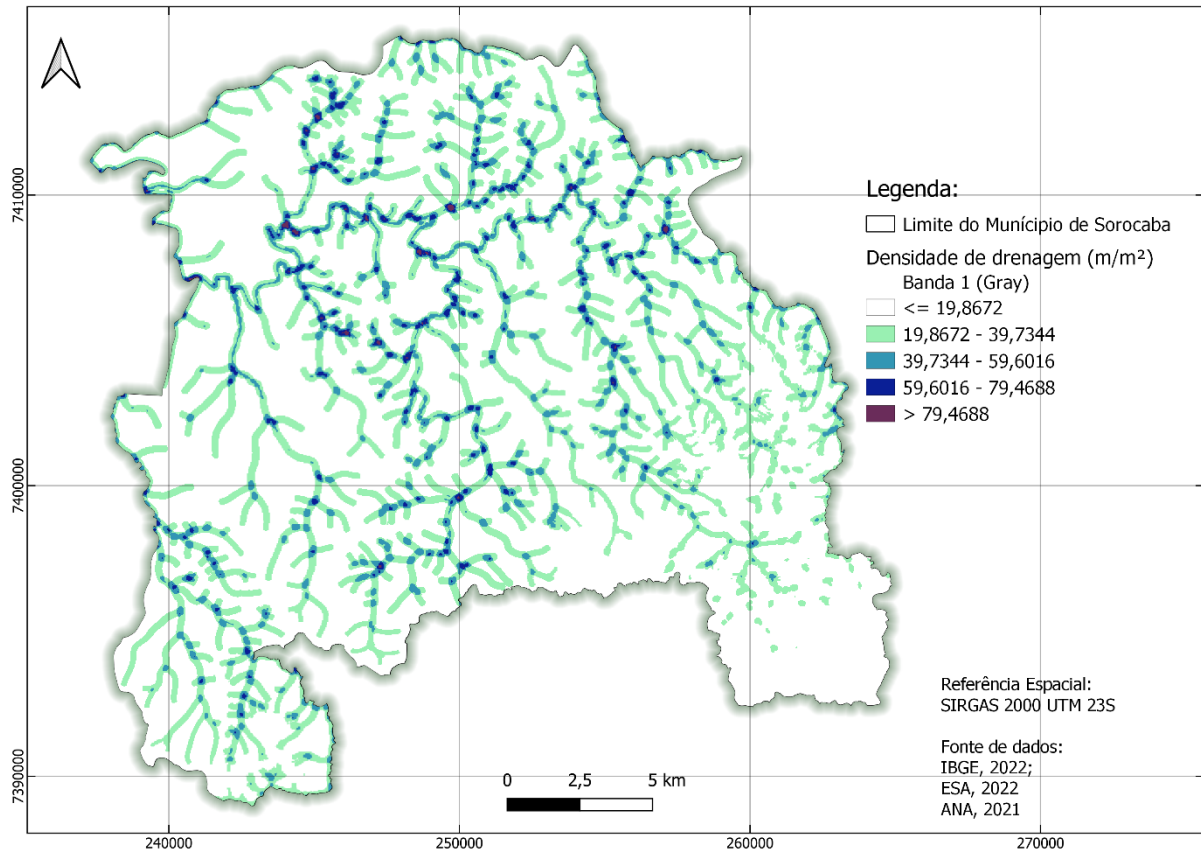
Figura 9 - Mapa da Curvatura Vertical no Município de Sorocaba -SP



Fonte: Autoria Própria

Na figura 10 podemos ver uma representação espacial da densidade de drenagem do Município de Sorocaba expressa em m/m^2 .

Figura10 - Mapa da Densidade de drenagem no Município de Sorocaba -SP



Fonte: Autoria Própria

5.2 Resultado do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

O resultado do método AHP proposta pelo Saaty, 1977 foi satisfatório por que o Índice de consistência ficou abaixo de 0,10, mas para se chegar a este resultado algumas pontuações na matriz de comparação (Tabela 10) tiveram que ser alterada para que a consistência foi respeitada, pois verificou-se que adotando as pontuações anteriores o RC (razão de consistência) superior a 0,10, fazendo com que seja necessário fazer alguns ajustes nas pontuações dadas. Com as devidas correções na matriz comparativa verificou-se que o valor de RC ficou igual a 0,085

sendo assim foi constatado a consistência nas pontuações dadas as comparações e com, atribuídos os pesos correspondentes a coluna de autovetores da tabela 11.

A tabela a seguir (tabela 13) é mostrado os pesos dados a cada critério para serem ponderados dentro da interface do software QGIS utilizando a calculadora *raster*

Tabela 13 - Critérios usados classificados em pesos

CRITÉRIOS	PESOS
Declividade	0,253472
CN	0,246562
HAND	0,232857
Curvatura	0,109583
TWI	0,082187
Densidade de drenagem	0,075338

Fonte: Autorial Própria

A declividade tem o maior peso (0,253) entre os critérios adotados pois as inundações se originam através do escoamento superficial e áreas planas tende a acumular mais água, principalmente em períodos chuvosos. O CN (*Curve Number*) teve um peso significativo pois está atrelado ao tipo de solo e o Uso e cobertura do Solo tem um peso de 0,246 pois as inundações ocorrem com maior incidência em áreas impermeáveis, ou seja, em solos pavimentados.

O critério HAND é importante, mas muitas vezes menos impactante que CN e a declividade. Então foi definido que o CN e o HAND têm mesma importância, enquanto a declividade exerce uma importância de escala 3 quanto ao HAND.

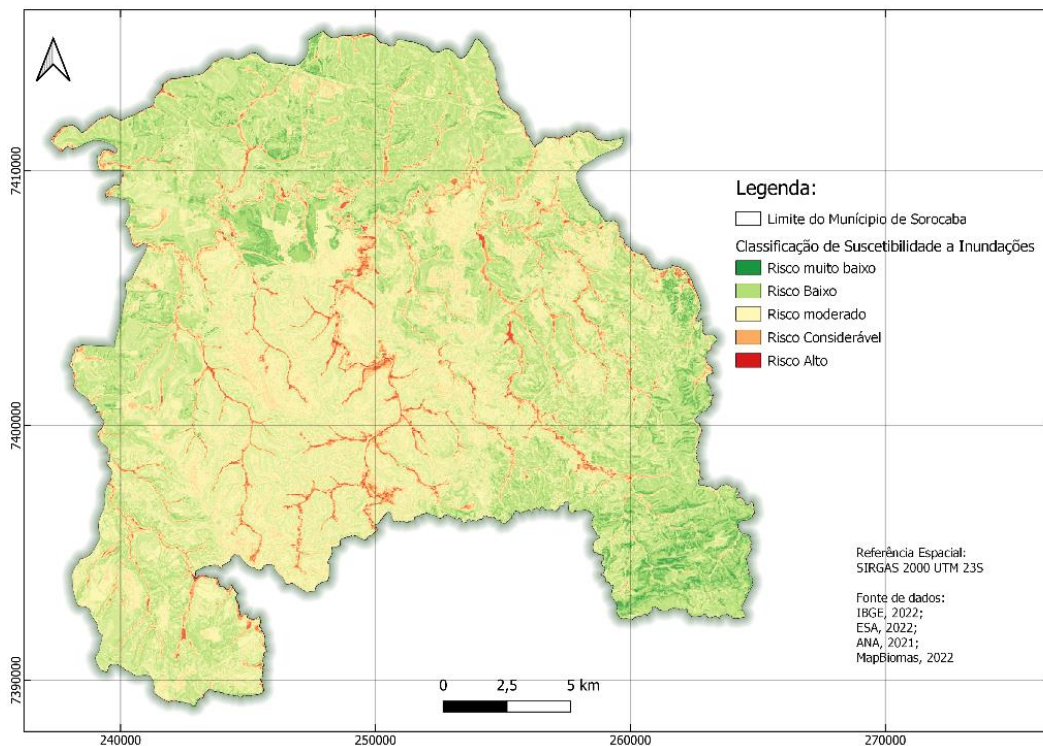
A curvatura Vertical indica a concavidade ou convexidade do terreno, afetando a acumulação de água. Terrenos côncavos indicam fundos de vale e concentrações de acúmulo de água (escoamento superficial).

Pois fim, o critério TWI e Densidade de drenagem tiveram pouca relevância porque os valores desses dois critérios se concentram muito em áreas de enchente, ou seja, na própria calha do rio e por isso esses dois critérios contribuem pouco para a ocorrência de inundações.

5.3 Resultado da análise espacial.

Como resultado dessas análises, utilizando o método AHP, foi feito o cálculo entre camadas dos critérios selecionados e foi feita uma “composição” entre essas camadas. Na figura a seguir (Figura 11) está o resultado desse trabalho

Figura 11 - Mapa de identificação de áreas susceptíveis a inundações

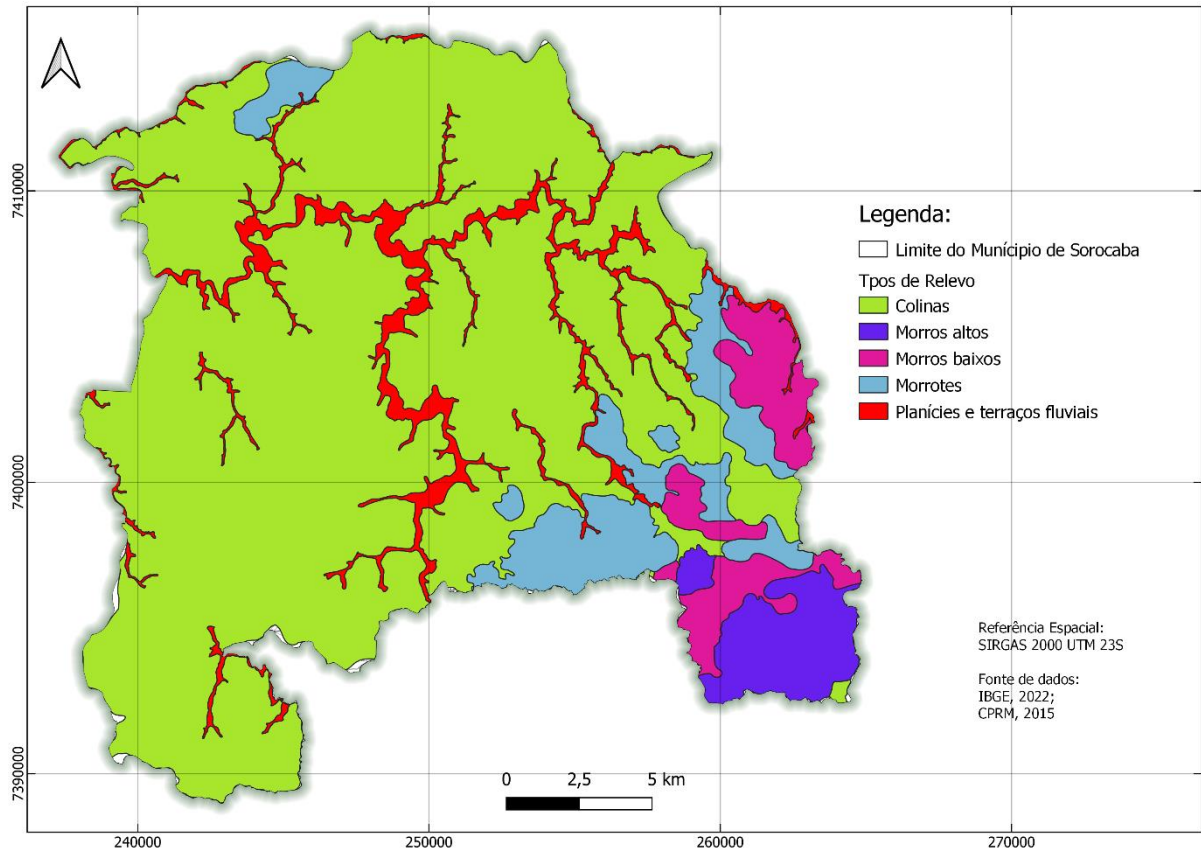


Fonte: Autoria Própria

Ao analisar a figura 11 denota que as áreas de risco muito alto e risco considerável estão localizadas em áreas urbanas, essas áreas implicam na impermeabilização do solo, isso faz com que o solo perca a eficiência em absorver precipitações com isso, em eventos de grandes chuvas como as observadas durante o “plano verão” pela COMPDEC o risco de inundações e alagamentos se tornam altos

em áreas suscetíveis a esses fenômenos em eventos de nas planícies e terrações fluviais conforme demonstrado na Figura 12 (CPRM, 2015).

Figura 12 - Mapa de padrões de relevo.

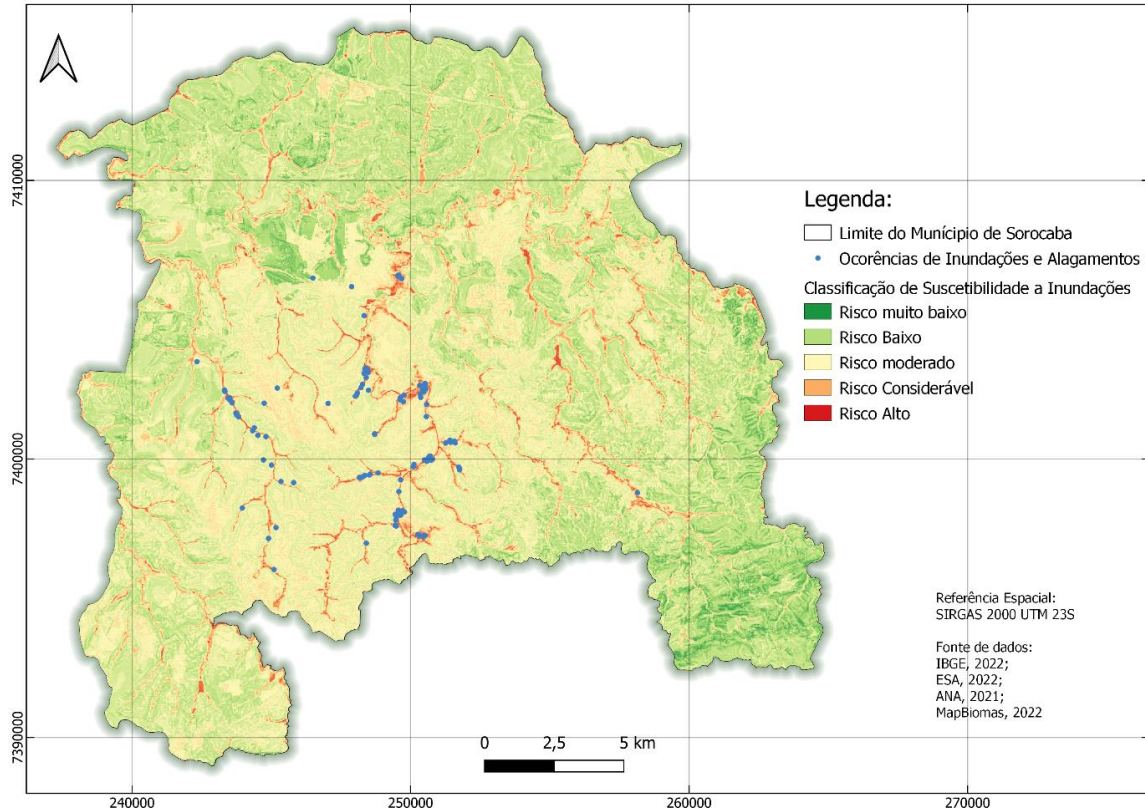


Fonte: Autoria Própria

O resultado gerado ao utilizar o método AHP está intimamente relacionado a hidrologia como é apontado ao se comparar a figura 11 e a figura 12. Isso se deve porque a maioria dos critérios utilizados são relacionados a geomorfologia aplicado em estudos hidrogeológicos como é o caso do Modelo HAND, TWI, densidade de drenagem e curvatura vertical.

Para apurar melhor o resultado foi comprado o mapa de identificação de áreas suscetíveis a inundações com as ocorrências de inundações e alagamentos registrado entre os anos 2022 e 2023 no município de Sorocaba registrado pela Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC) de Sorocaba (Anexo I).

Figura 13 – Ocorrências de inundações e alagamentos no município de Sorocaba



Fonte: Autoria Própria

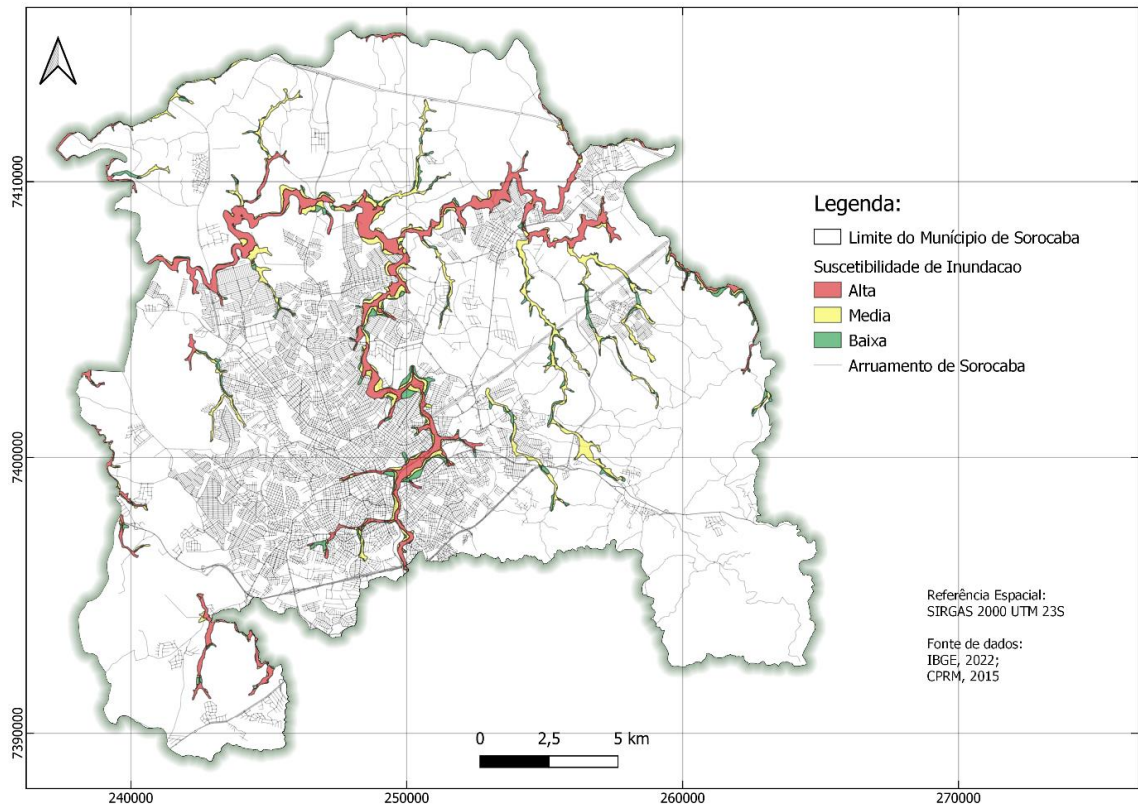
A figura 13 é uma comparação do resultado desse trabalho com a ocorrências que aconteceram entre os anos 2022 e 2023 principalmente no “plano verão” que ocorrem entre dezembro e março no período de fortes chuvas em áreas tropicais, nesse período a defesa civil elaboram planos para prevenir e mitigar as consequências das fortes chuvas, como por exemplo as inundações e alagamentos (COMPDEC Sorocaba, 2023).

A comparação se mostrou satisfatória, pois as ocorrências (mostrados nos pontos azuis no mapa da Figura 13) margeiam as áreas de risco ou muito próximas (Figura 13). De acordo com a Figura 13 a maioria das ocorrências de fenômenos de inundações e alagamentos registrados pela COMPDEC ocorreram as margens do Rio Sorocaba e do Córregos Itanguá localizada na região oeste do município.

Na Figura 14 tem a classificação de risco a inundações feito pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) 2014, na escala de 1:25.000. Nela é

possível observar que assim como as áreas de suscetibilidade estão entorno do principal corpos hídricos, isso comprova a acurácia do resultado gerado na identificação de áreas suscetíveis a inundações utilizando os critérios mencionados anteriormente.

Figura 14 – Classificação de Suscetibilidade de inundação do CPRM, 2014



Fonte: Autoria Própria

6 CONCLUSÃO

É importante a gestão do município de Sorocaba identificar as áreas susceptíveis a riscos de inundações, sobretudo compreender os fatores que contribuem para que ocorra esse fenômeno. Identificando essas áreas a gestão do município poderá tomar medidas preventivas que servirão para diminuir os efeitos causados pelas fortes chuvas na região de Sorocaba, entre essas medidas poderão ser listadas: conscientizar a população a não fazer o descarte de lixo de forma irregular, promover limpeza de bocas de lobo e córregos para facilitar a drenagem de água pluvial, conscientizar a população a não construir em áreas úmidas que são propensas a inundações como jusantes e próximos de rios bem como não interferirem nos cursos d'água.

A principal hipótese deste trabalho é utilizar a identificação de áreas suscetíveis a inundações na elaboração de planos diretores para prevenir e diminuir os danos causados pela eventos de inundações no período de chuvas intensas que ocorrem no verão.

O método de análise multicritério AHP pode ser mais bem empregado com um conjunto de mais critérios do que foi usado nesse trabalho além disso para que as pontuações das comparações façam mais sentidos seria necessário conhecer melhor a área de estudo e melhorar a abordagem ao fazer as devidas pontuações.

REFERÊNCIAS

ANJINHO, P. S.; BARBOSA, M.A.G.A.; SANTOS, A.R.; MAUAD, F.F.

Espacialização do Parâmetro Curve Number (CN) na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Lobo para o período de 1985 e 2017. In: XVI Simpósio do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, 2018, São Carlos. Anais [...]. São Paulo: PPG-SEA, 2009. 12 p.

AZUA, S. et al. **Spatial multi-criteria analysis for mapping of flood vulnerable areas in Fagge Local Government Area of Kano State**, Nigeria. FUTY Journal of the Environment, v. 13, n. 1, p. 23-35, 2019.

BEVEN, Keith J.; KIRKBY, Michael J. **A physically based, variable contributing area model of basin hydrology.** Hydrological Sciences Journal, v. 24, n. 1, p. 43-69, 1979.

BIBLIOTECA DIGITAL. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios.** Disponível em: <https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/185>. Acesso em: 01 jul. 2024.

BITAR, Omar Yazbek. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações - 1: 25.000: nota técnica explicativa.** São Paulo: IPT; CPRM, 2014.

BRASIL. Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p. ISBN 978-85-60133-81-9.

CAPOANE, Viviane; COSTA, Luis Fernando Flenik; KUPLICH, Tatiana Mora. **Efeito da resolução de modelos digitais de elevação na derivação do índice topográfico de umidade: estudo de caso no município de Palmitinho**. Geografia em Questão, v. 10, n. 2, 2017.

CHAVES, Hugo Leonardo Oliveira et al. **Mapeamento de suscetibilidade à inundação utilizando o método da razão de frequência aplicado à bacia do Riacho Fundo-Distrito Federal**. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, p. 148-166, 2021.

DANTAS, Camila Galindo; CANIL, Katia. **Identificação e mapeamento de áreas suscetíveis a inundação na bacia do Aricanduva–SP utilizando o algoritmo descritor de terreno HAND**. Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento, v. 1, p. 4045-4055, 2017.

FREIMAN, Fabiano Peixoto; DE OLIVEIRA CARVALHO, Camila. **Modelagem espacial de áreas suscetíveis a inundações baseada em um modelo multicritério híbrido e Sistema de Informação Geográfica: um estudo de caso aplicado a bacia do rio Bengalas**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 13, n. 3, p. 1145-1161, 2020.

FUJIMOTO, N. S. V. M. **Implicações ambientais na área metropolitana de Porto Alegre–RS: Um estudo geográfico com ênfase na geomorfologia urbana**. GEOUSP–Espaço e Tempo, v. 12, p. 141-178, 2002.

GOERL, Roberto Fabris; MICHEL, Gean Paulo; KOBAYAMA, Masato. **Mapeamento de áreas susceptíveis a inundação com o modelo HAND e análise do seu desempenho em diferentes resoluções espaciais**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 69, n. 1, p. 61-69, 2017.

IBGE. **Organização do território – Malha Territorial**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html>. Acesso em: 15 out. 2022.

KORAH, Prosper Issahaku et al. **Mapping flood vulnerable areas in Quetzaltenango, Guatemala using GIS**. J. Environ. Earth Sci., v. 5, n. 6, p. 132-143, 2015.

MISHRA, Kanchan; SINHA, Rajiv. **Flood risk assessment in the Kosi megafan using multi-criteria decision analysis: A hydro-geomorphic approach**. Geomorphology, v. 350, p. 106861, 2020.

MSABI, Michael M.; MAKONYO, Michael. **Flood susceptibility mapping using GIS and multi-criteria decision analysis: A case of Dodoma region, central Tanzania. Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 21, p. 100445, 2021.

NOBRE, Antonio Donato et al. **Height Above the Nearest Drainage—a hydrologically relevant new terrain model**. Journal of Hydrology, v. 404, n. 1-2, p. 13-29, 2011.

NOVAIS. **Análise Espacial de Bacias Hidrográficas a partir de SIG: um estudo da Bacia Hidrográfica do Itapicuru–Bahia**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto–SBSR, João Pessoa, PB, Brasil, v. 25.

OLIVEIRA, João Bertoldo de; CAMARGO, Marcelo Nunes; ROSSI, Marcio; CALDERANO FILHO, Braz. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Campinas: Instituto Agrônômico; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 64 p.: mapa.

OLIVEIRA, Ulisses Costa de et al. **Análise comparativa e espacialização do parâmetro CN (Curve Number) na bacia hidrográfica do Rio Itacolomi, Ceará, entre os anos de 1990, 2005 e 2020**. In: Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe - ENREHSE, 14., 2022, Aracaju. Anais [...]. Aracaju: ABRHidro, 2022. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=13798>. Acesso em: 13 jun. 2024.

OUMA, Yashon O.; TATEISHI, Ryutaro. **Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: methodological overview and case study assessment.** *Water*, v. 6, n. 6, p. 1515-1545, 2014.

PESSOA NETO, Amaury Gouveia; ROSA DA SILVA, Simone; BELTRÃO RAMEH BARBOSA, Ioná Maria. **Mapeamento das áreas suscetíveis às inundações e aos alagamentos no município de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco.** *Boletim de Geografia*, v. 40, 2022.

PINHEIRO, Rafael Costa et al. **Ocupação e caracterização hidrológica da microbacia do córrego Ipaneminha, Sorocaba-SP.** *Irriga*, v. 16, n. 3, p. 234-234, 2011.

POPA, Mihnea Cristian et al. **Flood hazard mapping using the flood and flash-flood potential index in the Buzău River catchment, Romania.** *Water*, v. 11, n. 10, p. 2116, 2019.

QUEIROGA, Amanda Alves et al. **Mapeamento de áreas suscetíveis à inundação aplicando diferentes modelos digitais de elevação no modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND).** *Revista Do Departamento De Geografia*, v. 43, p. e191008, 2023.

RINCÓN, Daniela; KHAN, Usman T.; ARMENAKIS, Costas. **Flood risk mapping using GIS and multi-criteria analysis: A greater Toronto area case study.** *Geosciences*, v. 8, n. 8, p. 275, 2018.

SAATY, Thomas L. **Marketing applications of the analytic hierarchy process.** *Management science*, v. 26, n. 7, p. 641-658, 1980.

SANTOS, Franciane Mendonça dos; LOLLO, José Augusto de. **Cartografia digital para estimativa de escoamento superficial visando ao planejamento urbano.** *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 21, p. 663-675, 2016.

SANTOS, Rozely Ferreira dos (org.). **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres Naturais ou Fenômenos Induzidos**. 1. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

SARTORI, Aderson; LOMBARDI NETO, Francisco; GENOVEZ, Abel Maia. **Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 10, n. 4, p. 05-18, 2005.

SILVA, Ana Paula Moni; BARBOSA, Alexandre Augusto. **Validação da função mancha de inundação do SPRING**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 13, p. 5499-5505, 2007.

SOARES, M. R. G. D. J.; FIORI, C. O.; SILVEIRA, C. T. D.; KAVISKI, E. **Eficiência do método curve number de retenção de águas pluviais**. Mercator (Fortaleza), v. 16, 2017.

TANG, Zhongqian et al. **Assessment of flood susceptible areas using spatially explicit, probabilistic multi-criteria decision analysis**. Journal of Hydrology, v. 558, p. 144-158, 2018.

TAVARES, Antonio Carlos; SILVA, Ane Caroline Freschi. **Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica**. CLIMEP-Climatologia e Estudos da Paisagem, v. 3, n. 1, 2008.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela. **Desastres naturais**. São Paulo: Editora Instituto Geológico, 2009.

VARGAS, Ricardo Viana; IPMA-B, P. M. P. **Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierarchy Process-AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio**. In: PMI Global Congress. s.n., 2010.

ANEXO A – RELATÓRIO DE OCORRÊNCIAS DE INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS



SECRETARIA DA SEGURANÇA
URBANA



14
20

Sorocaba, 18 de setembro de 2023

Relatório nº 039/2023

Assunto: Pesquisa Acadêmica sobre pontos de alagamento/inundação

PA nº 18468/2023

Abaixo seguem os endereços das ocorrências sobre inundações e alagamentos registrados por esta COMPDEC nos anos de 2022 e 2023, conforme relatórios, em especial no período do Plano Verão, que abrange os meses de dezembro a março (podendo ser prorrogado).

Esclarecemos que, as informações foram extraídas dos relatórios confeccionados no momento das ocorrências e, portanto, há locais reincidentes.

Relatório COMPDEC nº 001/2022

INUNDAÇÕES

Rua Marechal Castelo Branco , 381 Jd Sandra
Rua Marechal Castelo Branco, 315 Jd Sandra
Rua Eugenia de Oliveira Cirne, final da Viela 148 – Lopes de Oliveira
Rua Eugenia de Oliveira Cirne, final da viela 203 – Lopes de Oliveira

ALAGAMENTOS

Praça Lions
Rua XV de Agosto
Rua Ingrácia Angrisani Gomes, Jd Maria do Carmo

Relatório COMPDEC nº 002/2022

INUNDAÇÕES

Rua José Angelo Fazano, 354
Rua Eclair Castilho Silva, 393

ALAGAMENTOS

Rua Juvenal de Campos x Washington Luiz
Parque dos Espanhóis e imediações
Praça Marcia Mendes
Rua Ingrácia Angrisani Gomes - Jardim Maria do Carmo

Relatório COMPDEC nº 013/2022

INUNDAÇÕES

Rua José Vieira Barrada 1008 fundos Lopes de Oliveira
Rua Amadeu de Souza 272 Sta. Esmeralda
Rua Oscar Harder Jd. Marly
Rua Três 111 fundos Jd. Itapemirim
Rua Anair de Oliveira 107 Jardim itapemirim
Rua Com. Vicente do Amaral Central Parque
Rua Antonio Carlos Comitre 295 Campolim
Rua Anair de Oliveira 107 Itapemirim
Rua Nelson Augusto Gomes 195 Jd São Paulo
Rua Oscar Harder 119/121 Itapemirim
Rua Barão de Tibagi 152 Espanhóis
Rua Oscar Harder Itapemirim
Rua Eugênia de Oliveira Cirne 17 Lopes de Oliveira
Rua José Parra Sanches 20 Itapemirim
Rua Oscar Harder 119 Itapemirim
Rua Protássio de Camargo 602 Itapemirim
Rua 1 128 Itapemirim/Prox bar Eliseu
Rua Eugênia de Oliveira Cirne 148 casa 13 Itapemirim
Rua Láurico 134 Nova esperança

ANEXO A – RELATÓRIO DE OCORRÊNCIAS DE INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS



SECRETARIA DA SEGURANÇA
URBANA



Rua Nove 35 Itapemirim
Rua José parra Sanches 130 Jd Marli
Rua Jacutinga Jd.Rodrigo
Rua Jorge Bacelli 120 Vl. Rica
Rua Jorge Bacelli Vl.Rica
Rua Eugênia de Oliveira Cirne 284 Itapemirim
Rua Eugênia de Oliveira Cirne 19 Itapemirim
Rua Edson Fabri Moraes 217 casa1 Jd. Santa Catarina
Rua Antônio Furtado Lopes 1009 Mineirão
Rua Antônio Furtado Lopes 1010 Mineirão
Rua Antônio Furtado Lopes 1001 Mineirão
Rua Abner Pedroso Alcantara 700 Guadalupe
Rua professor José Odin de Arruda Jd Faculdade
Rua Abner Pedroso Alcantara Complexo sub moradias Guadalupe
Rua Eugenia de Oliveira Cirne, Viela 148 Itapemirim
Rua Protássio de Camargo Sampaio 601 Itapemirim
Rua Paulo Setúbal 218 Vl. Hortência
Rua João Queiroz Quintais do Imperador
Rua Jacutinga 1700 depois da Congregação Marli
Rua Eugenia de Oliveira Cirne, Viela 148, 9 Itapemirim
Rua Eugenia de Oliveira Cirne, Viela 148, casas 10 e 11 Itapemirim
Rua João Francisco Neves 41 Vl. Assis
Av.Dom Aguirre Próx.Ponte Francisco Delosso Centro
Dom Aguirre x Lyons Praça Centro

Relatório COMPDEC nº 043/2022

ALAGAMENTOS

Rua Benedito Henrique da Costa x Rua Heitor Azevedo Hummel - Pq Manchester.
Praça da Bandeira
Avenida XV de Agosto
Rua João Gabriel Mendes X Avenida Dom Aguirre fechado

INUNDAÇÕES

Rua Lazaro de Oliveira, 137 cs 1 - Lopes de Oliveira
Rua Jose Vieira Barrada, 99 - Itapemirim
Rua Oscar Hader, 51 Lopes de Oliveira
Rua Protassio de Camargo Sampaio, 601 - Lopes de Oliveira
Rua Professor João Doretto, 85 Pq Esmeralda
Rua Jacutinga, Casa 105 - Jacutinga
Rua José Parra Sanches, final da rua Jd Lopes de Oliveira
Rua José Parra Sanches, 136 Jd Lopes de Oliveira
Rua José Parra Sanches, 110 Jd Lopes de Oliveira
Rua Oscar Harder, nº 14 - Jd Marli
Rua Oscar Harder, nº 13 - Jd Marli
Rua Oscar Harder, 14 - Jd Marli

Relatório COMPDEC nº 001/2023

ALAGAMENTO DE VIAS DURANTE O PERÍODO

Av. XV de Agosto
Rua João Gabriel Mendes
Praça da Bandeira

Relatório COMPDEC nº 004/2023

ALAGAMENTO DE VIAS DURANTE O PERÍODO

1- Rua João Gabriel Mendes
2- Avenida Itavuvu, sentido centro/bairro, altura da Rua Vicente Paes Filho/Linha de transferência BRT

Relatório COMPDEC nº 005/2023

ALAGAMENTOS

Avenda XV de Agosto nos dois sentidos
Praça Lyons - Centro

ANEXO A – RELATÓRIO DE OCORRÊNCIAS DE INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS



SECRETARIA DA SEGURANÇA URBANA



15
C

Lions sentido Padre Madureira - Centro
 Alvaro Soares sentido Lions - Centro
 Praça Dom Tadeu Strunck sentido Lions - Pinheiro
 Avenida Juvenal de Campos – Jd Faculdade
 Rua Mario Thame – Santa Rosália
 Rua Prof.º Odim de Arruda – Jd Faculdade
 Rua Antonio de Andrade - Jd Faculdade
 Rua Porphyrio Loureiro sentido Lions – Santa Rosália

Parque das Águas por completo

Rua Marilda de Oliveira b- Jd Maria do Carmo
 Rua Antonio Gomes – Jd Maria do Carmo
 Rua Maria do Carmo Mendes Jd Maria do Carmo
 Rua Antonio Gomes – Pq Vitoria Régia
 Rua João Mendes Gomes Jd Maria do Carmo
 Rua José Mendes Gomes Jd Maria do Carmo
 Rua Ingracia Angrisani Gomes - Jd Maria do Carmo
 Rua João Gabriel Mendes - Jd Maria do Carmo
 Rua Joaquim Ferreira Barbosa - Jd Maria do Carmo
 Rua Antonio Joaquim Santana – Jd Abaete
 Rua Eugenio Marte - Jd Abaete
 Rua Guido José Del Cistia - Jd Abaete
 Rua Reinaldo de Oliveira - Jd Abaete
 Rua Orville Correia de Toledo - Jd Maria do Carmo
 Rua Gustavo Monteiro Filho – Além Ponte
 Rua Reinaldo de Oliveira - Jd Abaete

PARQUE VITÓRIA RÉGIA III

Rua Orsélio Pereira – Pq Vitória Régia
 Vitória Scabia - Pq Vitória Régia
 José Martinez Peres - Pq Vitória Régia
 Rua Dr Heitor Ferreira Prestes - Pq Vitória Régia
 Rua Saliba Motta -
 Rua Padre Lara de Moraes – Vila Hortência
 Rua João Francisco Neves – Parque dos Espanhóis

INUNDAÇÕES

Rua Jorge Bacelli, nº 146 casa 01 - Vila Matilde – Guia nº 212/2023
 Rua Jorge Bacelli, nº 146 casa 02 - Vila Matilde - Guia nº 200/2023
 Rua Jorge Bacelli, nº 149 - Vila Matilde - Guia nº 201/2023
 Rua Jorge Bacelli, nº 169 - frente - Vila Matilde - Guia nº 203/2023
 Rua Jorge Bacelli, nº 169 - fundos - Vila Matilde
 Rua Jorge Bacelli, nº 28 próximo do Campo - Vila Matilde - Guia nº 202/2023
 Rua Projetada II, casa nº 03 – Jd. Guadalupe
 Rua Projetada II, casa nº 04 – Jd. Guadalupe
 Rua Projetada II, casa nº 05 – Jd. Guadalupe
 Rua Projetada II, casa nº 05A – Jd. Guadalupe
 Rua Projetada II, casa nº 05B – Jd. Guadalupe
 Rua Projetada II, casa nº 06A – Jd. Guadalupe
 Rua Projetada II, casa nº 06B – Jd. Guadalupe
 Rua Projetada II, casa nº 06C – Jd. Guadalupe
 Rua Projetada II, casa nº 07 – Jd. Guadalupe
 Rua Projetada II, casa nº 08 – Jd. Guadalupe
 Rua Projetada II, casa nº 10 – Jd. Guadalupe
 Rua Projetada II, casa nº 21 – Jd. Guadalupe
 Rua Projetada II, casa nº SINº (fundos da submoradia da casa nº 06C – Jd. Guadalupe
 Rua Projetada II, casa nº 01 – Jd. Guadalupe (entrada pela Rua Altino Arantes)
 Rua Professor Luiz Amaral Wagner, nº 48 – Jd Saira - Guia nº 213/2023
 Rua Professor Luiz Amaral Wagner, nº 60 – Jd Saira - Guia nº 204/2023
 Rua Professor Luiz Amaral Wagner, s/nº – Jd Saira - Guia nº 205/2023

ANEXO A – RELATÓRIO DE OCORRÊNCIAS DE INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS



SECRETARIA DA SEGURANÇA
URBANA



Rua Antônio Gomes, 164 - Jd Maria do Carmo - Guia nº 207/2023
Rua Lourenço Marins, 04 Vila Rica - Guia nº 215/2023
28- Rua Antônio Furtado Lopes 1021 – Mineirão - Guia nº 206/2023

Relatório COMPDEC nº 006/2023

ALAGAMENTOS

Rua Pedro Peres
Rua XV de Agosto
Dom Aguirre próximo Atacadão
Rua Marcello Scotto – Jd. Matilde
Rua Jorge Bacelli – Jd. Matilde
Rua Lauro Pacheco – Jd. Matilde
Rua João Gabriel Mendes – Jd. Maria do Carmo
Rua Travessa Sete – Jacutinga
Rua Francisco de Souza Lima

INUNDAÇÕES

Rua Pedro Peres, 115 – Jd. Piratininga
Rua Pedro Peres, 95 – Jd. Piratininga
Rua Pedro Peres, 91 – Jd. Piratininga
Rua Marcello Scotto, 16 - Jd. Matilde
Rua Marcello Scotto, 78 – Jd. Matilde
Rua Lauro Pacheco, 143 – Jd. Matilde
Rua Lauro Pacheco, 125 – Jd. Matilde

Relatório COMPDEC nº 008/2023

ALAGAMENTOS

Avenida Dom Aguirre - Praça Lions
Ponte Salomão Pavlovisk
Ponte com a Praça Dom Tadeu Strunk
Parque das Águas Total
Rua João Gabriel Mendes
Rua Joaquim Ferreira Barbosa
Avenida VX de Agosto
Avenida Juvenal Campos
Rua Gustavo Monteiro Filho
Rua Luiz Amaral Wagner

INUNDAÇÕES

Rua Maria Augusta da Silva (fundo dos imóveis)
Rua Jorge Bacelos, 169
Rua Marechal Castelo Branco
Rua Antonio Furtado Lopes
Rua Pedro Lombardi
Rua Antonio de Andrade
Rua Prof. Jose de Odin de Arruda
Rua João Gabriel Mendes
Rua Ingracia Angrizani Gomes
Rua José Mendes Gomes
Rua Benedito das Neves

Relatório COMPDEC nº 008-1/2023

ALAGAMENTOS

Praça Lions
Parque das Águas
Rua João Gabriel Mendes
Rua Ingracia Angrisani Gomes
Avenida XV de Agosto
Rua Saliba Mota
Avenida Dom Aguirre x Ponte Salomão Pavloviski
Avenida Dom Aguirre x Dom Tadeu Strunki

ANEXO A – RELATÓRIO DE OCORRÊNCIAS DE INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS



SECRETARIA DA SEGURANÇA
URBANA



16
00

Avenida Dom Aguirre x Ponte Francisco Delosso
Avenida Juvenal de Campos x Prof Paulo Monte Serrat
Ruas Campos Dalles x Barão Tibagi
Av. Afonso Vergueiro x Rua Miranda Azevedo

INUNDAÇÕES

Rua Antonio de Andrade
Rua Prof Odin de Arruda
Rua Antonio Furtado Lopes
Rua Marechal Castelo Branco
Rua José Angelo de Alvarenga
Rua Barão de Tibagi
Rua Lourenço Martins

Relatório COMPDEC nº 013/2023

INUNDAÇÕES

Rua Pedro Peres, 105
Rua Pedro Peres, 115
Rua Pedro Pegoretti, 988
Rua Maria do Carmos Mendes, 230, retirada de idosa acamada em bote, pela equipe da DEFESA CIVIL
Avenida Dr. Thomaz Cortez, 458 casa 02
Avenida Dr. Thomaz Cortez, 425
Avenida Dr. Thomaz Cortez, 432
Rua Julio Magalhães Júnior, 359 até 424
Rua Jorge Bacelli,
Rua Hermolau Del Cistia, 1176
Rua Oscar Pedroso Horta, 90
Rua Professor José Odin de Arruda, 75
Rua João Mendes Gomes, 74
Rua Joaquim Ferreira Barbosa, 1.694

ALAGAMENTOS

Avenida Dom Aguirre x Praça Lions
Avenida Dom Aguirre x Pedro Alvares Cabral
Avenida Afonso Vergueiro x Avenida Professor Toledo
Avenida Dom Aguirre x ponte Salomão Pavloviski x Rua Saliba Mota
Avenida Dom Aguirre x Humberto Berlinck
Avenida Dom Aguirre x pista de Skate
Avenida Dom Aguirre x Francisco Delosso
Avenida Dom Aguirre x Rua Juvenal de Campos
Avenida Dom Aguirre x Rua Antonio de Andrade x Rua Professor José Odin de Arruda
Avenida Afonso Vergueiro x Praça da Bandeira x Francisco Scarpa
Avenida Afonso Vergueiro x ponte dos Ferroviários
Rua Dr. Luiz Mendes de Almeida
Rua João Gabriel Mendes
Rua Lourenço Martins
Rua Orsélío Pereira, altura do nº 450
Rua José Martinez Peres x ponte sentido Avenida General Motors
Rua Barão de Tibagi
Rua Barão de Tibagi
Rua Karin Jamal
Rua Firmino Minelli
Rua Jorge Bacelli
Rua João Mendes Gomes

Relatório COMPDEC nº 015/2023

ALAGAMENTO

Avenida Dom Aguirre x Praça Lions
Avenida Dom Aguirre x Rua Dino Pannunzio
Avenida Juvenal de Campos

ANEXO A – RELATÓRIO DE OCORRÊNCIAS DE INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS



**Prefeitura de
SOROCABA**

**SECRETARIA DA SEGURANÇA
URBANA**



Rua Professor José Odim de Arruda x Rua Antônio de Andrade
Estacionamento Clube do Idoso – Bairro Pinheiros
Rua Saliba Mota, água está na altura da calçada da 1º residência nº 74

Relatório COMPDEC nº 016/2023

ALAGAMENTO

Avenida XV de Agosto

Relatório COMPDEC nº 018/2023

ALAGAMENTOS

Avenida Dom Aguirre altura da Ponte Salomão Pavlovisk – frente ao Atacadão
Avenida Dom Aguirre x Rua Pedro Alvares Cabral
Avenida Dom Aguirre x Rua João Gabriel Mendes
Avenida XV de Agosto – lateral Detran
Avenida XV de Agosto – altura da entrada para o bairro Retiro São João
Avenida Dr. Afonso Vergueiro x Rua Prof. Toledo
Avenida Dr. Afonso Vergueiro x Rua Padre Luiz – frente a Praça da Bandeira
Avenida Dr. Afonso Vergueiro x Terminal Santo Antonio
Avenida Dr. Afonso Vergueiro altura da Ponte dos Ferroviários
Avenida Ipanema – altura do terminal de Transferência/Casa do Cidadão

INUNDAÇÕES


Rua José Parra Sanches - via
Rua Thomaz Cortez, 456 casa 01 – SECID / ZONOSSES
Rua Thomaz Cortez, 456 casa 02 - SECID / ZONOSSES

Relatório COMPDEC nº 019/2023

ALAGAMENTOS

Permanece a Avenida Dom Aguirre x Rua João Gabriel Mendes
Avenida Dom Aguirre – altura da Pista de Skate – Parque das Águas
Avenida Dom Aguirre x Ponte Salomão Pavloviski
Avenida XV de Agosto

Estamos a disposição para maiores esclarecimentos.


RICARDO AUGUSTO ARMÊNIO
Chefe da Seção de Defesa Civil


WAGNER RODRIGO BALBINOT
Coordenador Geral de Proteção e Defesa Civil
Chefe Divisão de Planejamento em Assuntos de Segurança

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a date or reference number.