

SUSCEPTIBILIDADE A INUNDAÇÕES É MAIOR NAS REGIÕES DO CENTRO A LESTE DE RECIFE.

Yasmim Carvalho Guimarães

Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Avenida dos Astronautas 1758 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
yasmim.guimaraes@unesp.br

RESUMO

Diante das mudanças climáticas em curso, ~~estamos testemunhando transformações significativas no meio ambiente.~~ Eventos extremos como ondas de calor, secas e inundações têm se intensificado e tornando-se cada vez mais frequentes, resultando em prejuízos ambientais, econômicos e sociais. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é quantificar e mapear a vulnerabilidade a inundações da cidade de Recife, Pernambuco, Brasil. Utilizando o Método Analítico Hierárquico (AHP), foram comparados quatro **fatores geomorfológicos - declividade, hipsometria, uso e cobertura do solo e pedologia** par a par, reclassificando-os entre menos e mais influentes à ocorrência de inundações. Os resultados demonstraram que a declividade é o fator de maior influência, seguido da altitude, uso e cobertura do solo, e pedologia. De acordo com o mapa de susceptibilidade gerado, as áreas mais suscetíveis a inundações estão concentradas nas regiões centrais e leste da cidade.

Palavras-chave – vulnerabilidade, inundação, Método Analítico Hierárquico, mapa de risco, área de risco.

ABSTRACT

With climate change underway, we are witnessing significant transformations in the environment. Extreme events such as heat waves, droughts and floods have intensified and become increasingly frequent, resulting in environmental, economic and social damage. In this context, the aim of this work is to quantify and map flooding vulnerable areas in the city of Recife, Pernambuco, Brazil. Using the Analytical Hierarchy Method (AHP), four geomorphological factors - slope, hypsometry, land use and land cover, and pedology - were compared pair by pair, reclassifying them as between less and more influential to the occurrence of floods. The results showed that slope is the most influent factor, followed by hypsometry, land use and land cover, and pedology. According to the vulnerability map generated, the areas most susceptible to flooding are concentrated in the central and eastern regions of the city.

Key words – vulnerability, flooding, Analytic Hierarchy Process, risk map, risk area.

1. INTRODUÇÃO

O estilo de vida da sociedade contemporânea, caracterizado pelo uso desenfreado de recursos naturais e pelo crescimento significativo da urbanização de forma desordenada, vem

contribuindo para o aumento da frequência de eventos extremos, como as inundações. Nas últimas décadas, estes eventos vêm ganhando destaque devidos aos impactos socioambientais em grandes áreas urbanas de diversas cidades do Brasil. Neste contexto, a aplicação de técnicas de geoprocessamento tem sido vastamente utilizada para identificação e gestão das áreas de risco de desastres, destacando-se como uma ferramenta essencial [1].

Um dos métodos utilizados para mapear áreas vulneráveis a inundação é a Análise Hierárquica de Processos (AHP). A AHP é uma metodologia eficaz para mapear áreas suscetíveis a inundações em ambientes urbanos, permitindo uma análise multicritério que considera diversos fatores como topografia, uso do solo, sistema de drenagem e dados climáticos. Esta técnica auxilia na priorização de áreas vulneráveis, facilitando a tomada de decisões informadas para a gestão de riscos. Estudos demonstram que a AHP, ao combinar dados geoespaciais com julgamentos de especialistas, pode produzir mapas de vulnerabilidade detalhados e precisos, essenciais para planejar intervenções e mitigação de desastres [2], [3].

Apesar da relevância crescente do tema, ainda há uma escassez de estudos que quantifiquem a susceptibilidade de cidades específicas brasileiras a inundações, especialmente em áreas costeiras. Nesse contexto, o uso do Método AHP pode funcionar como uma ferramenta **crucial** para o planejamento territorial visando a prevenção e mitigação de desastres associados a eventos extremos. **AHP permite a integração de múltiplos critérios – como topografia, uso do solo, infraestrutura de drenagem e dados climáticos – para avaliar de forma sistemática e hierárquica a suscetibilidade a inundações.**

Neste cenário, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a susceptibilidade **da cidade de Recife** a inundações. Esta localização é atualmente impactada por desastres hidrológicos, como eventos de chuvas severas, eventos de enchentes, inundações e alagamentos, resultando em inúmeras perdas econômicas e sociais [4], [5]. **Por exemplo, de final de maio a início de junho de 2022, 130 pessoas morreram em deslizamentos de terra catastróficos e eventos de inundação repentina desencadeados por chuvas excepcionalmente intensas nos estados de Pernambuco, Alagoas e Paraíba, ao longo da costa do Nordeste do Brasil. A precipitação total na cidade do Recife de 25 a 30 de maio foi de 551 mm, 140 mm acima da média do mês de maio [4].**

1.1. Localização da área de estudo

A área leste da Região Nordeste do Brasil (NEB) possui um cenário de aumento da vulnerabilidade devido às mudanças climáticas atuais. Pela sua localização

geográfica centralizada, sua importância regional e seu desenvolvimento estrutural, a cidade de Recife pode representar o comportamento climático desta região [5].

Recife (Figura 1) é a capital do Estado de Pernambuco, localizada na região central da NEB. É a maior área urbana do estado, banhada a leste pelo Oceano Atlântico e limitada pelos municípios de Olinda, Paulista, Camaragibe, Jaboatão dos Guararapes e São Lourenço da Mata [6]. Dispõe de uma extensão territorial de 218,4 km², sendo subdividida em 94 bairros. Abriga uma população de aproximadamente 1.653.461 habitantes [7].

A relação entre a cidade e o clima da área de estudo é marcada por conflitos decorrentes do seu processo de expansão urbana. O acelerado crescimento demográfico registrado na primeira metade do séc. XX, impulsionado por secas severas, resultou na exposição da população mais carente aos riscos associados aos recorrentes e intensos eventos pluviométricos. Milhares de pessoas que residiam no semiárido nordestino migraram para a cidade, habitando informalmente ambientes situados em manguezais e áreas alagadas, permanecendo em situação de vulnerabilidade ambiental [7].

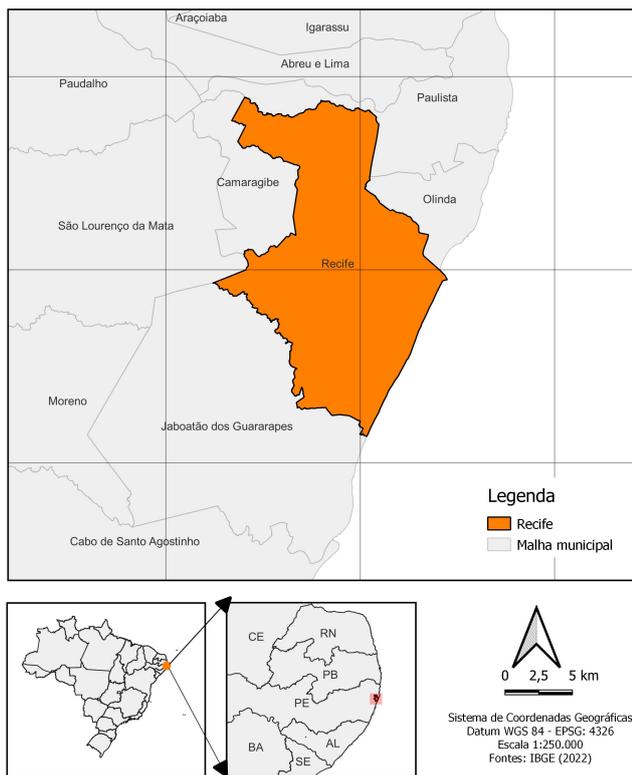


Figura 1: Localização de Recife, Pernambuco, Brasil.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia inicia com uma extensa pesquisa bibliográfica, com o propósito de identificar os principais fatores físicos que possuem influência em ocorrências de inundações. Em seguida, é abordada a viabilidade dos dados, sendo descartados os fatores físicos que carecem de dados suficientes para a pesquisa e selecionados os que oferecem dados com maior precisão e acurácia.

A etapa seguinte consiste em uma primeira classificação para o Método de Hierarquia Analítica (AHP), onde cada variável influente selecionada é subdividida em classes de menor a maior relevância para inundações. Esta classificação pode adotar abordagens tanto qualitativas quanto quantitativas, variando conforme o propósito do autor.

Após a primeira categorização, é realizada uma reclassificação, desta vez entre uma variável e outra, par a par. Para esta parte aplica-se como critério a Escala Fundamental de Importância realizada por Saaty [8].

Como resultado destas enumerações, obtém-se a matriz de decisão. Inserida adequadamente no QGIS, em forma de porcentagem, esta matriz reproduz o mapa de susceptibilidade a inundações. O processo metodológico na íntegra está sintetizado de acordo com a Figura 2.

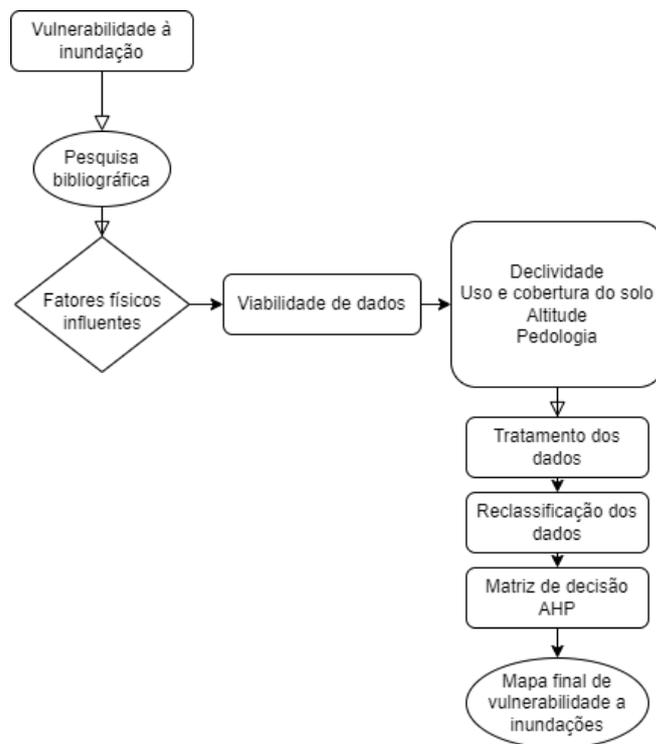


Figura 2: Fluxograma descritivo das etapas do mapeamento das áreas vulneráveis a inundação.

2.1. Levantamento de dados

Inicialmente, foi conduzida uma pesquisa bibliográfica abrangente, onde foram avaliados materiais já publicados, como livros, artigos científicos, teses e dissertações. O objetivo desta pesquisa foi identificar os principais fatores condicionantes para mapear as áreas suscetíveis a inundações.

Posteriormente, realizou-se o processo de viabilidade, levantamento e obtenção dos dados, cujos resultados encontram-se na Tabela 1.

Os fatores selecionados foram a declividade, o uso e cobertura do solo, a hipsometria e a pedologia.

2.2. Análise de dados (AHP)

O Método Analítico Hierárquico (AHP) foi empregado para comparação entre as variáveis na área de estudo. Este método

Dado	Formato	Fonte	Ano
Unidades Federativas	Vetor	IBGE	2024
Municípios	Vetor	IBGE	2024
Altitude	Shapefile	INPE	2011
Declividade	Shapefile	INPE	2011
Pedologia	Vetor	FORESTGIS	2022
Uso e Cobertura do Solo	Raster	MAPBIOMAS	2020

Tabela 1: Banco de dados utilizados, formatos originais e fontes.

foi desenvolvido pelo professor Thomas Saaty durante um estudo sobre racionamento de energia para indústrias e trata-se de uma importante ferramenta de análise qualitativa e quantitativa que auxilia na tomada de decisão [9]. É baseado em uma estrutura hierárquica na qual é atribuído um peso a cada variável [10]. Sendo assim, os dados de cada variável foram classificados em um intervalo entre 1 a 5, onde 1 foi convenção como a classe menos suscetível a causar inundações e 5 a mais suscetível a causar este fenômeno.

2.3. Classificação de dados

2.3.1. Declividade

Entre os critérios deste estudo encontra-se a declividade, definida como o ângulo de inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal. Sua medida pode variar entre 0 a 90 graus e é expressa em porcentagem. Além de influenciar na velocidade de escoamento da água, a declividade também interfere na capacidade de armazenamento de água sobre o solo, portanto, as áreas de maior inclinação possuem menor capacidade de armazenamento superficial do que as mais planas.

Os dados referentes a este fator estão presentes no Projeto Topodata [11], plataforma que oferece livre acesso a variáveis geomorfométricas locais, derivadas de dados SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) para todo o território nacional.

A classificação desta variável, descrita na Tabela 2, baseia-se na definição da Embrapa [12], que efetua a comparação entre diferentes limites rígidos de classes de declividade para avaliação de terras.

Declividade (%)	Relevo	Classe
0 - 3	Plano	5
3 - 8	Suave-ondulado	4
8 - 20	Ondulado	3
20 - 45	Forte-ondulado	2
45 - 100	Montanhoso	1

Tabela 2: Classificação e ponderação das classes de declividade.

2.3.2. Uso e cobertura do solo

Outro aspecto geomorfológico estudado trata-se do uso e ocupação do solo. O modo como o solo é utilizado altera suas características de permeabilidade, sendo variável preponderante no fenômeno da infiltração da água.

Para obtenção destes dados, foi acessada a plataforma virtual do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (Mapbiomas) [13], coleção 6.0 de 2020, através do Google Earth Engine. Esta iniciativa oferece dados e mapas de cobertura e uso da terra para o Brasil e outros países da América do sul. Esta classificação foi

realizada através da utilização do *software* QGIS empregando a ferramenta "reclassificação por tabela", reduzindo o número de variáveis de uso e cobertura do solo a cinco classes principais (Tabela 3).

Uso e Ocupação do Solo	Classe
Floresta	1
Formação natural	2
Agricultura	3
Infraestrutura urbana	4
Curso d'água	5

Tabela 3: Classificação e ponderação das classes de uso e cobertura do solo.

2.3.3. Pedologia

Os tipos de solos variam de acordo com os dados morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do perfil que os representam e também influenciam na susceptibilidade a inundações, pois afetam diretamente a capacidade de infiltração da água. Em Recife encontram-se três tipos de solo: o latossolo amarelo, o argissolo vermelho-amarelo e o gleissolo tiomórfico. Estes tipos de solo encontram-se classificados na Tabela 4.

Os dados de base foram extraídos do levantamento elaborado pela Forest-GIS, endereço eletrônico com dezenas de camadas úteis para elaboração de mapas e análises, que compilam dados de fontes públicas [14].

As partes do município que não foram classificadas tratam-se de área urbanizadas ou cursos d'água, e não foram levadas em conta nesta etapa do estudo por já estarem representadas através da variável "uso e cobertura do solo".

Pedologia	Classe
Latossolo amarelo	1
Argissolo vermelho-amarelo	4
Gleissolo tiomórfico	4

Tabela 4: Classificação e ponderação das classes de pedologia.

2.3.4. Altitude

Dentre os fatores que exercem influência em inundações também destaca-se a altitude. Em termos gerais, regiões com altitudes elevada possuem menor probabilidade de serem afetadas por inundações. Portanto, as regiões mais baixas da bacia hidrográfica estão mais suscetíveis a este tipo de desastre.

As cotas altimétricas subdividem-se em 5 classes (Figura 5), e foram retiradas a partir do Projeto Topodata [11], sendo utilizada a ferramenta miscelânea do *software* QGIS para junção das camadas norte e sul que abrangem a cidade de Recife.

2.4. Tratamento de dados

Durante o processamento dos dados e aplicação da técnica de inferência espacial empregou-se o *software* QGIS. Para a espacialização dos dados obtidos, foi efetuado o recorte dos mesmos utilizando como camada de máscara o *shapefile* do município de Recife, disponibilizado na página eletrônica do

Altitude (m)	Classe
0 - 25	5
25 - 45	4
45 - 80	3
80 - 100	2
100 - 130	1

Tabela 5: Classificação e ponderação das classes de altitude.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [15]. O Sistema de Referência Geocêntrico utilizado foi o WGS-84, com uma resolução espacial de 30 metros, e todas as camadas foram convertidas para formato *raster*.

2.5. Reclassificação par a par

A reclassificação entre os fatores condicionantes, dois a dois, foi realizada de acordo com a Escala Fundamental de Importância proposta por Saaty, apresentada na Tabela 6.

Intensidade da importância	Importância	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente.
3	Importância pequena de uma sobre a outra.	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma das atividades.
5	Importância grande ou essencial.	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma das atividades.
7	Importância muito grande ou demonstrada.	Uma das atividades é favorecida e sua importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta.	A evidência favorece uma atividade em relação à outra.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários.	Quando se procura uma solução de compromisso entre duas definições.

Tabela 6: Escala fundamental do método AHP. Adaptado de Saaty (1987).

O mapa de áreas suscetíveis a inundações foi gerado através da ferramenta de "calculadora *raster*" no software QGIS, e foi fracionado entre cinco classes, variando conforme sua susceptibilidade, de muito baixa (classe 1) a muito alta (classe 5).

3. RESULTADOS

A Tabela 7 apresenta a matriz de decisão proveniente do AHP, associando cada variável a um peso relativo, conforme a Escala Fundamental.

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
Fator 1	1.00	7.00	2.00	4.00
Fator 2	0.14	1.00	0.17	0.25
Fator 3	0.50	6.00	1.00	4.00
Fator 4	0.25	4.00	0.25	1.00

Tabela 7: Matriz de decisão, sendo: (i) Fator 1 - declividade, (ii) Fator 2 - pedologia, (iii) Fator 3 - altitude e (iv) Fator 4 - uso e cobertura do solo.

O resultado da tomada de decisão representada na forma matricial pode ser visualizado na Tabela 8.

Fator	Prioridade(%)	Classificação
Declividade	48.6	1
Pedologia	5.0	4
Altitude	33.5	2
Uso e cobertura do solo	12.8	3

Tabela 8: Resultado da comparação par a par.

Através da Figura 3, é possível visualizar que a extensão territorial de Recife trata-se majoritariamente de uma superfície plana, com declividade variando entre 0 e 3%. As menores declividades encontram-se na região sudeste.

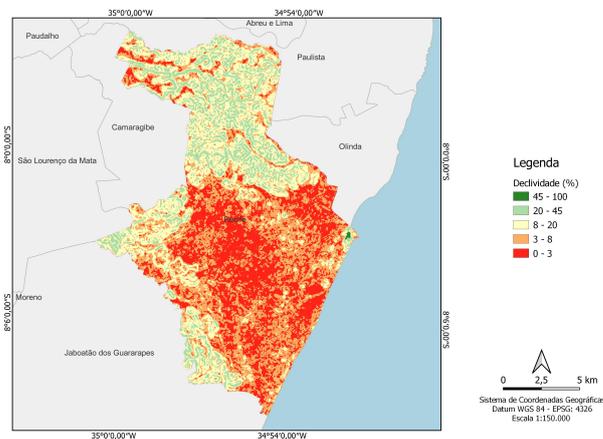


Figura 3: Mapa temático das classes da declividade.

Na Figura 4, nota-se a predominância da infraestrutura urbana, seguida de áreas florestais. A área de maior suscetibilidade a inundações de acordo com o uso e cobertura do solo, encontra-se na região costeira, onde há maior superfície de cursos d'água.

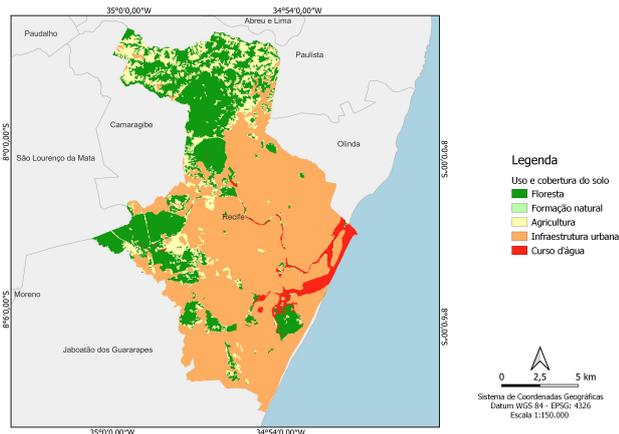


Figura 4: Mapa temático das classes de uso e cobertura do solo.

Conforme apresentado na Figura 5, os latossolos representam a maior porção da área estudada, seguido por argissolos e gleissolos, caracterizados em uma única classe.

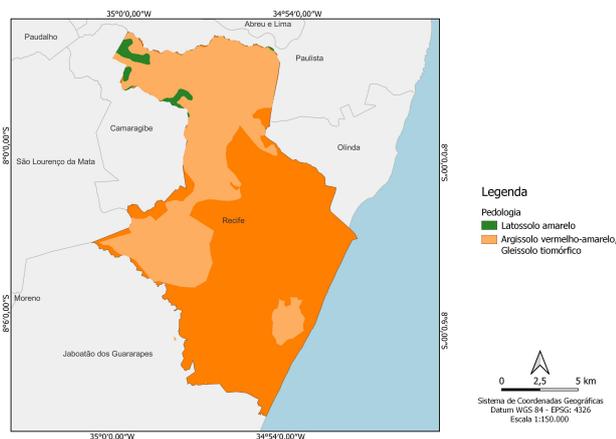


Figura 5: Mapa temático das classes de pedologia.

Pode-se observar através da Figura 6 que Recife possui altitude predominantemente baixa, entre 0 e 25 metros, aumentando conforme se afasta da costa.

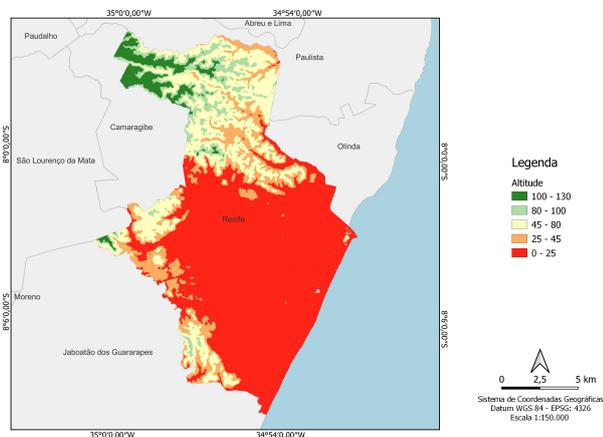


Figura 6: Mapa temático das classes de altitude.

A Figura 7 apresenta o mapa de susceptibilidade a inundações do município, levando em conta todas as variáveis

físicas desta pesquisa.

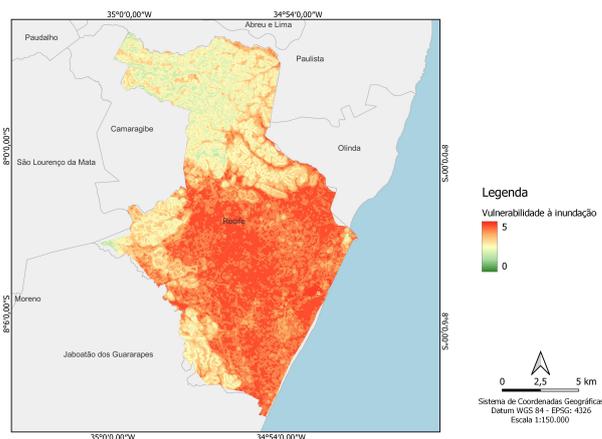


Figura 7: Mapa temático das áreas vulneráveis a inundações de Recife, Pernambuco.

A variação da susceptibilidade em relação à área total (%) do município encontra-se na Tabela 9.

Classes	susceptibilidade	%
1	Muito baixa	0,005
2	Baixa	2,317
3	Média	27,847
4	Alta	19,785
5	Muito alta	50,047

Tabela 9: Percentuais das áreas vulneráveis a inundações, em relação à área total do município.

4. DISCUSSÃO

Conforme demonstrado nas Tabelas 7 e 8, a variável que **apresenta uma influência maior sobre a ocorrência de inundações** trata-se da declividade (48,6 %), seguida da altitude (33,5%), uso e cobertura do solo (12,8%) e pedologia (5%). Esses valores são aceitáveis de acordo com Saaty (1987), pois sua razão de consistência é de aproximadamente 5,6%, portanto, inferior aos 10% exigidos pelo autor.

De acordo com a Figura 7, a região leste do município é identificada como mais vulnerável do que a oeste, isso se deve às características físico-naturais da região. Além disso, é possível observar que a vulnerabilidade a inundações é considerada alta e muito alta na área que vai do centro ao leste (costa) da cidade por tratar-se de uma região mais plana, de baixa altitude, com presença de infraestrutura urbana e cursos d'água. Nas porções norte e oeste da cidade é possível analisar que a vulnerabilidade varia de média a baixa, por ser uma região mais elevada, com declividades mais íngremes e com presença de vegetação. Destaca-se que 69,32% de sua extensão territorial é considerada altamente vulnerável.

Observa-se também que o argissolo e o gleissolo são mais propensos a inundações do que o latossolo. Esta tendência ocorre porque solos argilosos têm como característica a saturação prolongada de água, o que resulta em condições anaeróbias (baixo teor de oxigênio), limitando a infiltração de água e aumentando a vulnerabilidade a inundações.

Os resultados deste estudo convergem com o estudo de Souza (2005), onde a autora afirma que bacias de drenagem em áreas costeiras apresentam uma particularidade geomorfológica importante e propícia para o desenvolvimento de cheias [2]. Portanto, os rios de planície costeira recebem um enorme volume de água proveniente das encostas, o que aumenta sua suscetibilidade a inundações e enchentes.

É necessário salientar que áreas com maior suscetibilidade a ocorrência de inundações estão associadas às cotas altimétricas mais baixas, e que o acúmulo de água no solo é diretamente influenciado pela declividade. Além disso, as regiões planas apresentam escoamento superficial com baixa velocidade e, conseqüentemente, a capacidade de transporte fica limitada à vazão de escoamento, aumentando a probabilidade de ocorrência de inundações.

Ainda, de acordo com Tucci (2007), o desenvolvimento humano altera a cobertura de vegetação e, portanto, afeta diretamente o ciclo hidrológico, reduzindo a infiltração no solo e a evapotranspiração [16]. Este problema vem sendo exacerbado com a expansão urbana ocorrida nas últimas décadas, que levou comunidades de baixa renda a ocupar áreas suscetíveis a processos de dinâmica superficial desencadeadores de risco, como planícies de inundações e encostas de morros [17].

5. CONCLUSÕES

O mapeamento da susceptibilidade à inundações, gerado pelo método AHP, revela que 69,32% de Recife é identificada como altamente vulnerável a inundações. Este estudo destaca a declividade como o principal fator físico influente na ocorrência desses eventos, evidenciando que as áreas mais vulneráveis do município estão concentradas do centro à parte leste, especialmente nas regiões costeiras. Com um relevo plano, urbanização densa e baixa amplitude altimétrica, essas áreas apresentam condições favoráveis para a ocorrência de inundações.

Ressalta-se a importância crucial de um planejamento urbano eficaz para mitigar e reduzir a vulnerabilidade aos acidentes hidrológicos. Além disso, é fundamental conscientizar a população sobre os riscos associados aos fenômenos climáticos, incentivando a adesão aos alertas e avisos, garantindo a disponibilidade de abrigos de emergência e estabelecendo rotas de evacuação eficientes.

É relevante observar que este estudo considera apenas as características físicas da região, deixando de lado os impactos sociais provocados pelos desastres. Portanto, futuras pesquisas devem incorporar variáveis socioeconômicas, visando identificar e priorizar as regiões mais necessitadas de medidas mitigadoras, devido aos maiores impactos causados à população. A integração de abordagens multidisciplinares é essencial para uma gestão eficaz do risco de inundações e para promover a resiliência das comunidades frente a eventos extremos.

6. REFERÊNCIAS

- [1] L. Silva, Y. Barbosa, D. Ferreira, and K. Santo. Um panorama da aplicabilidade do geoprocessamento no planejamento urbano brasileiro:: análise dos últimos 10 anos a partir de publicações em periódicos nacionais. *Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG*, 3:65–84, 12 2021.
- [2] K. Seejata, A. Yodying, T. Wongthadam, N. Mahavik, and S. Tantanee. Assessment of flood hazard areas using analytical hierarchy process over the lower yom basin, sukhothai province. *Procedia Engineering*, 212:340–347, 2018. 7th International Conference on Building Resilience: Using scientific knowledge to inform policy and practice in disaster risk reduction.
- [3] Gupta A. Mann, R. Mapping flood vulnerability using an analytical hierarchy process (AHP) in the Metropolis of Mumbai. *Environ Monit Assess*, 195:1534, 2023.
- [4] J.A. Marengo, E. Alcantara, A.P. Cunha, M. Seluchi, C.A. Nobre, G. Dolif, D. Goncalves, M. Assis Dias, L.A. Cuartas, F. Bender, A.M. Ramos, J.R. Mantovani, R.C. Alvalá, and O.L. Moraes. Flash floods and landslides in the city of Recife, northeast Brazil after heavy rain on May 25–28, 2022: Causes, impacts, and disaster preparedness. *Weather and Climate Extremes*, 39:100545, 2023.
- [5] R.V.S. Guedes and T.L.V. Silva. Análise descritiva da precipitação, temperatura, umidade e tendências climáticas no Recife -PE. *Geografia Física*, 13, 6-9 2020.
- [6] L. Wanderley, R. Nobrega, A. Moreira, R. Anjos, and C. Almeida. As chuvas na cidade do Recife: uma climatologia de extremos. *Revista Brasileira de Climatologia*, 22, 02 2018.
- [7] A. Moreira, R. Nobrega, L. Wanderley, R. Anjos, and C. Zamparoni. Os estudos de clima urbano e o seu desenvolvimento na cidade do Recife - PE: campos de estudo, técnicas de investigação e perspectivas futuras. *Caminhos de Geografia*, 23:230–251, 12 2022.
- [8] A.C.R.A. Júnior and S.S.T. Júnior. Analytic Hierarchy Process (AHP): uma definição do risco à inundações para a Amazônia setentrional. *ACTA Geográfica*, 14:p.209–233, 5-6 2020.
- [9] B.M.C. Jordão and R.S. Pereira. A análise multicritério na tomada de decisão - O Método Analítico Hierárquico de T. L. Saaty. *Instituto Politécnico de Coimbra*, pages p.1–14, 12 2006.
- [10] H. Taherdoost. Decision making using the Analytic Hierarchy Process (AHP); A step by step approach. *International Journal of Economics and Management Systems*, v.2:p.244–246, 01 2017.
- [11] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil, variáveis geomorfométricas locais. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acessado em 02-05-2024.
- [12] Empresa Brasileira de Agricultura e Agropecuária (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. Acessado em 02-05-2024.
- [13] Projeto MapBiomas – Coleção 6.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. Disponível em <<https://brasil.mapbiomas.org/downloads/>>. Acessado em 01-05-2024.
- [14] Forest-GIS. Download GIS (Banco de Dados de Links). Disponível em <<https://forest-gis.com/download-gis-base-dados/>>. Acessado em 03-05-2024.
- [15] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em

<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html>>. Acessado em 01-05-2024.

[16] C.E.M. Tucci. Urban flood management. *WMO – World Meteorologic Organisation*, page 303p., 5 2007.

[17] M.P. Coutinho, L.R. Londe, L.B.L. Santos, and P.J.V. Leal. Instrumentos de planejamento e preparo dos municípios brasileiros à política de proteção e defesa civil. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 3, 9-12 2015.