



REVISTA
Casa da

ISSN 2316-8056

GEOGRAFIA
de Sobral

MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE CAMARAGIBE, PERNAMBUCO

Mapping of areas susceptible to mass movements in the municipality of Camaragibe,
Pernambuco

Mapeo de zonas susceptibles a movimientos de masa en el municipio de Camaragibe,
Pernambuco

 <https://doi.org/10.35701/rcgs.v27.1070>

Dalton Messias Batista da Silva¹

Simone Rosa da Silva²

Kalinny Patrícia Vaz Lafayette³

Histórico do Artigo:

Recebido em 16 de novembro de 2024

Aceito em 02 de abril de 2025

Publicado em 04 de maio de 2025

RESUMO

A crescente urbanização do Recife levou a população a ocupar as regiões periféricas, levando a uma demanda habitacional nas cidades circunvizinhas, a expansão não planejada, agravada pela inadequabilidade das edificações construídas sem apoio técnico, configurando assim os elementos do risco, ameaça, vulnerabilidade e exposição. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo a mapear as áreas de suscetibilidade ao movimento gravitacional de massa no município de Camaragibe, Região Metropolitana do Recife, Pernambuco, por meio de um dos Métodos de Tomada de Decisão por Múltiplos Critérios (MCDM), o Processo Analítico Hierárquico (AHP), em conjunto com Sistema de Informações Geográficas (SIG). Para tal, foram selecionados cinco fatores condicionantes à ocorrência ao movimento de massa que foram manipulados no software QGIS, reclassificados e submetidos a álgebra de mapas. Assim, foi elaborado o mapa de suscetibilidade a movimento de massa para a região estudada, em que foi identificada que as regiões mais favoráveis a esses processos são as que apresentam elevadas declividades e altitudes, curvaturas verticais côncavas, solos argilosos. A utilização desse método provou ser uma opção praticável em termos de eficácia e

¹ Mestrando do Programa de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco da Escola Politécnica de Pernambuco (Poli/UPE). Email: dmbs1@poli.br

 <https://orcid.org/0009-0008-7501-5916>

² Doutora em Engenharia Civil, Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC) da Escola Politécnica de Pernambuco (Poli/UPE). Email: simonerosa@poli.br

 <https://orcid.org/0000-0001-7138-7546>

³ Doutora em Engenharia Civil, Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC) da Escola Politécnica de Pernambuco (Poli/UPE). Email: klafayette@poli.br

 <https://orcid.org/0000-0002-7954-2317>



utilidade, emergindo como uma possibilidade para que líderes e especialistas do ramo possam fazer escolhas mais precisas.

Palavras-Chave: Movimentos Gravitacionais de Massa. Sistema de Informações Geográficas (SIG). Processo Analítico Hierárquico (AHP).

ABSTRACT

The growing urbanization of Recife has led the population to occupy peripheral regions, leading to a housing demand in neighboring cities, leading to an unplanned expansion, aggravated by the inadequacy of buildings constructed in the presence of technical support, thus configuring all the elements of risk, threat, vulnerability and exposure. Thus, the present study aims to map the areas of susceptibility to gravitational mass movement in the municipality of Camaragibe, Metropolitan Region of Recife, Pernambuco, through one of the Multiple Criteria Decision Making (MCDM) Methods, the Analytical Hierarchical Process (AHP), in conjunction with Geographic Information System (GIS). For this purpose, six factors conditioning the occurrence of gravitational mass movements were selected and manipulated in the QGIS software, reclassified and subjected to map algebra. Thus, a map of susceptibility to gravitational mass movements was prepared for the region studied, in which it was identified that the regions most susceptible to these processes are those with high slopes and altitudes, concave vertical curvatures, clayey soils and proximity to water bodies. The use of this method proved to be a feasible option in terms of effectiveness and usefulness, emerging as a possibility for leaders and experts in the field to make more accurate choices.

Palavras-Chave: Gravitational Mass Movements. Geographic Information System (GIS). Analytical Hierarchical Process (AHP).

RÉSUMÉ

La creciente urbanización de Recife llevó a la población a ocupar regiones periféricas, generando una demanda de vivienda en las ciudades circundantes, provocando una expansión no planificada, agravada por la insuficiencia de los edificios construidos con la presencia de apoyo técnico, configurando así todos los elementos de riesgo, amenaza, vulnerabilidad y exposición. Así, el presente estudio tiene como objetivo mapear las áreas de susceptibilidad al movimiento gravitacional de masas en el municipio de Camaragibe, Región Metropolitana de Recife, Pernambuco, a través de uno de los Métodos de Toma de Decisión con Criterios Múltiples (MCDM), el Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), en conjunto con el Sistema de Información Geográfica (SIG). Para ello, se seleccionaron y manipularon en el software QGIS seis factores que condicionan la ocurrencia de movimientos de masas gravitacionales, se reclasificaron y se sometieron a álgebra cartográfica. Así, se generó un mapa de susceptibilidad a movimientos de masas gravitacionales para la región estudiada, en el cual se identificó que las regiones más desarrolladas para estos procesos son aquellas con altas pendientes y altitudes, curvaturas verticales cóncavas, suelos arcillosos y proximidad a cuerpos de agua. El uso de este método demostró ser una opción viable en términos de efectividad y utilidad, surgiendo como una posibilidad para que los líderes y expertos en el campo tomen decisiones más precisas.

Palabras clave: Movimientos gravitacionales de masas. Sistema de Información Geográfica (SIG). Proceso Analítico Jerárquico (AHP).

INTRODUÇÃO

A urbanização é um dos indicadores de maior responsabilidade pela aceleração e desencadeamento de escorregamentos, acentuado nas cidades em que o planejamento urbano não recebe atenção adequada, conforme afirmaram Pereira e Listo (2024). O exponencial aumento da população e conseqüente urbanização das grandes cidades, impulsiona a expansão para áreas inadequadas, aumentando a exposição ao risco de desastres naturais (Amaral e Gutjahr, 2011).

Tal crescimento desordenado, particularmente em países menos avançados, é causa geradora de diversas problemáticas socioambientais, tais como infraestrutura básica deficitária, unidades habitacionais em locais de risco e mudança nos sistemas naturais, sendo as regiões menos atrativas ocupadas predominantemente por indivíduos de baixa renda. (Coutinho e Bandeira, 2012). Sendo fundamental a implementação de medidas mitigadoras em áreas de alta densidade populacional (Rizzo, Santos e Silva, 2024). Mesmo que os movimentos de massa ocorram naturalmente ou sejam influenciados pela intervenção humana as mudanças induzidas pela ação antrópica são um fator que intensifica e tem vastos efeitos espaciais nos sistemas ambientais, sendo esse um dos principais elementos provocadores da instabilidade das encostas (Girão e Corrêa, 2004).

O movimento gravitacional de massa é um dos principais desastres naturais, representam uma ameaça significativa e causa danos consideráveis à vida, à propriedade e ao ecossistema. Estatísticas revelam que 55.997 vidas foram perdidas, entre janeiro de 2004 a dezembro de 2016, em 4.862 sinistros de deslizamento de terra não relacionados a terremotos, em diversas regiões do globo. (He et al., 2019; Kormann Robaina, 2019). Os processos erosivos podem ser mantidos em equilíbrio, onde a estabilidade morfogenética é dominante, quando há o estabelecimento de normas e critérios que atendam o correto destino final de esgoto e direcionamento da pluvial, evitando demandas de problemas ambientais no desenvolvimento social e econômico da população, evitando assim a propensão a processos erosivos. (Silva et al., 2023).

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) possibilita identificar a morfometria, os materiais superficiais e a cobertura da terra; estabelecer correlações espaciais; realizar cruzamentos e análises hierárquicas; e gerar mapas que auxiliaram na compreensão do escoamento superficial na área urbana da cidade, bem como dos fatores de risco associados. (Parente, 2024)

O Processo de Hierarquia Analítica (AHP), proposto inicialmente por Saaty (1987), é uma teoria de medição usada para derivar escalas de proporção de comparações pareadas. Sendo amplamente aplicada na tomada de decisão multicritério, por ter como característica uma estrutura não linear, considerando múltiplos fatores simultaneamente e permitindo dependência, resultando em síntese ou conclusão através de compensações numéricas. Já Franco, (2021) afirma que o AHP combinado em softwares GIS apresenta um caráter semiquantitativo ao mapeamento de setores de risco, possibilitando alcançar conclusões mais precisas e detalhadas.

Pernambuco, em especial a Região Metropolitana do Recife - RMR, experimentou por anos os elevados índices de perdas de vidas e danos econômicos e ambientais provocados pelos deslizamentos de encostas. (Souza, 2014). Segundo Gusmão Filho (1997), na Região Metropolitana do

Recife (RMR), tem sido observado que os deslizamentos em solos, em sua maioria são rasos e a superfície de ruptura é translacional, paralela ao talude. Nesta Região a chuva e a forma de ocupação das encostas são os principais fatores que contribuem para as ocorrências dos movimentos de massa e dos processos erosivos, sendo a erosão hídrica pluvial e os escorregamentos planares os principais processos de desestabilização de encostas.

O município de Camaragibe se destaca pelos frequentes registros de escorregamentos. Os problemas causados pelos escorregamentos são agravados pela forma inadequada da ocupação de suas encostas, onde a maioria dos imóveis apresenta baixo padrão construtivo. Acrescenta-se a isso a ausência de infraestrutura e intervenções inadequadas, como cortes e aterros, por parte da população (Santos e Listo, 2019).

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

O município de Camaragibe pertence à RMR e apresenta uma extensão territorial de 51,321 km² e uma população de 147.771 habitantes, representando uma densidade demográfica de 2.879,35 hab/km² (IBGE, 2022). Sendo amplamente definido por regiões com planejamento urbano deficiente, devido ao excesso de residências construídas de maneira informal com infraestrutura precária situados em áreas de vulnerabilidade.

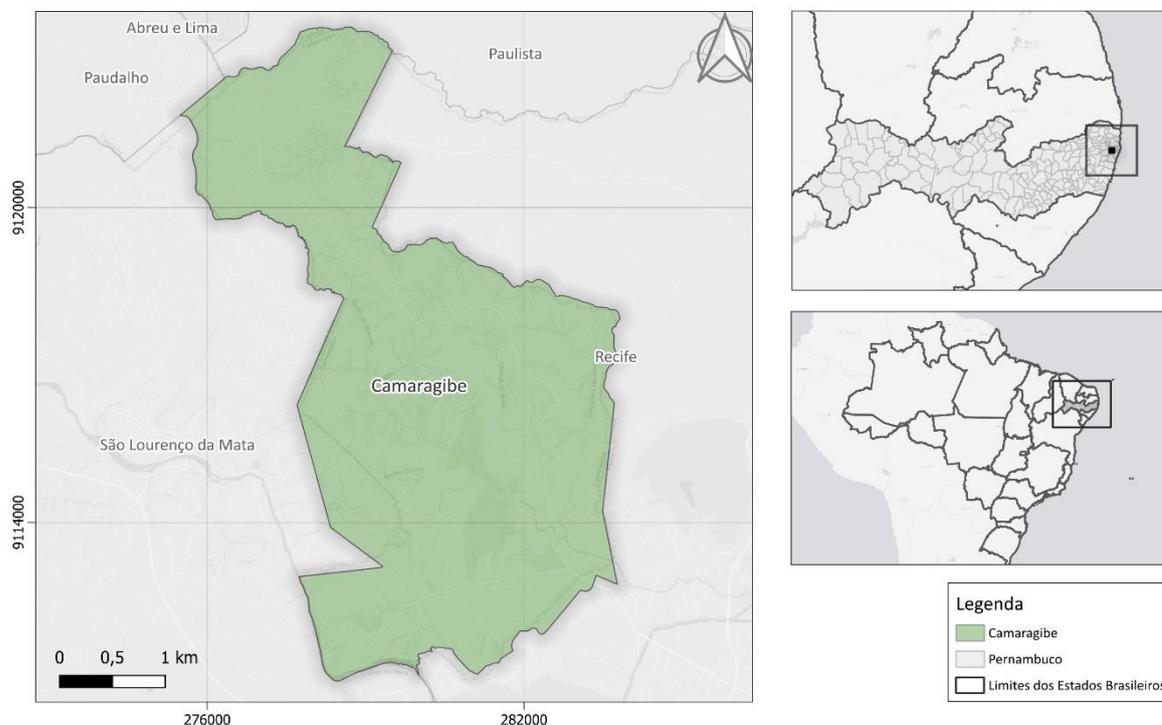
Segundo Bandeira (2003), em termos geomorfológicos, o município de Camaragibe apresenta três componentes bem definidos: Planície, Morros e Tabuleiros, que mostram uma planície fluviomarinha circundada por morros cristalinos e tabuleiros de rocha sedimentares. Sendo ainda o município composto por aproximadamente 86% de áreas montanhosas e 14% de planícies (onde parte delas pode ser classificada como morros devido ao padrão de vales profundamente encaixados no relevo). A urbanização concentra-se em loteamentos populares carentes de infraestrutura adequada, (Mantovani, 2016).

Nas áreas de morros predominam os latossolos. Esta classe de solo se distribui sobre as unidades cristalinas e sobre o topo dos tabuleiros da Formação Barreiras, enquanto que os argissolos ocupam, principalmente, as áreas mais elevadas que recobrem as unidades geológicas cristalinas e o terço médio dos sedimentos da Formação Barreiras (Bandeira, Coutinho e Alheiros, 2009).

A Figura 1 apresenta a localização do município de Camaragibe, em Pernambuco, Brasil. No mapa principal, podemos ver Camaragibe em destaque, com suas fronteiras bem definidas, mostrando como se conecta com cidades vizinhas como Recife e São Lourenço da Mata. Essa

visualização nos ajuda a entender melhor a posição geográfica e a importância estratégica do município na região.

Figura 1: Mapa de localização do município de Camaragibe-PE.

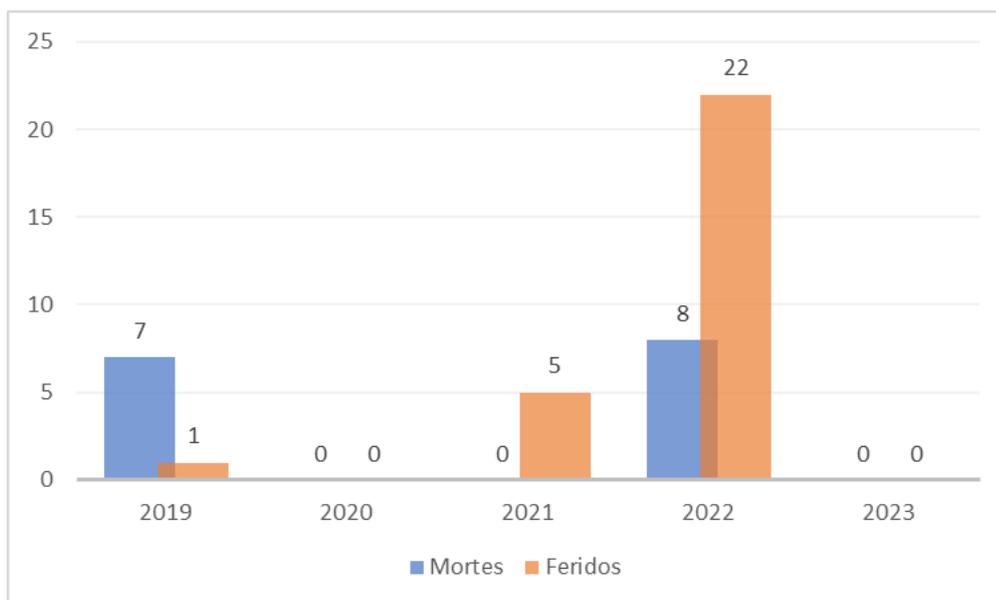


Fonte: Elaborado pelos autores a partir do IBGE.

O Serviço Geológico do Brasil (SGB), realizou a carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa no ano de 2014, na ocasião, apresentou 5.936 km² de áreas de alta suscetibilidade, representando 11,573% do município nessa condição (SGB, 2014). Entre os setores avaliados pelo órgão, ocorreu um evento adverso que ocasionou de forma fatal sete pessoas durante chuvas intensas em 14 de junho de 2019. Devido à insuficiência de investimentos na gestão de riscos municipais, outro desastre ocorreu em 2022, resultando em vítimas e desabrigados. (Pereira e Listo, 2024).

De acordo com o Atlas Digital de Desastres no Brasil, entre 2019 e 2023, o município experimentou um total de 15 fatalidades e 28 feridos devido a eventos catastróficos. Esse período foi escolhido para análise devido à implementação relativamente recente do Sistema Integrado de Informações de Desastres - S2ID, iniciada pela Portaria N° 215, de 4 de abril de 2017, com o objetivo de facilitar a transferência de recursos federais para Estados e Municípios afetados por desastres, o que favoreceu e ampliou os registros de desastres e danos humanos pelos municípios acometidos. As vítimas foram impactadas por desastres relacionados ao movimento gravitacional de massa, como evidenciado na Figura 2.

Figura 2: Número de mortos e feridos decorrentes de desastres em Camaragibe-PE.

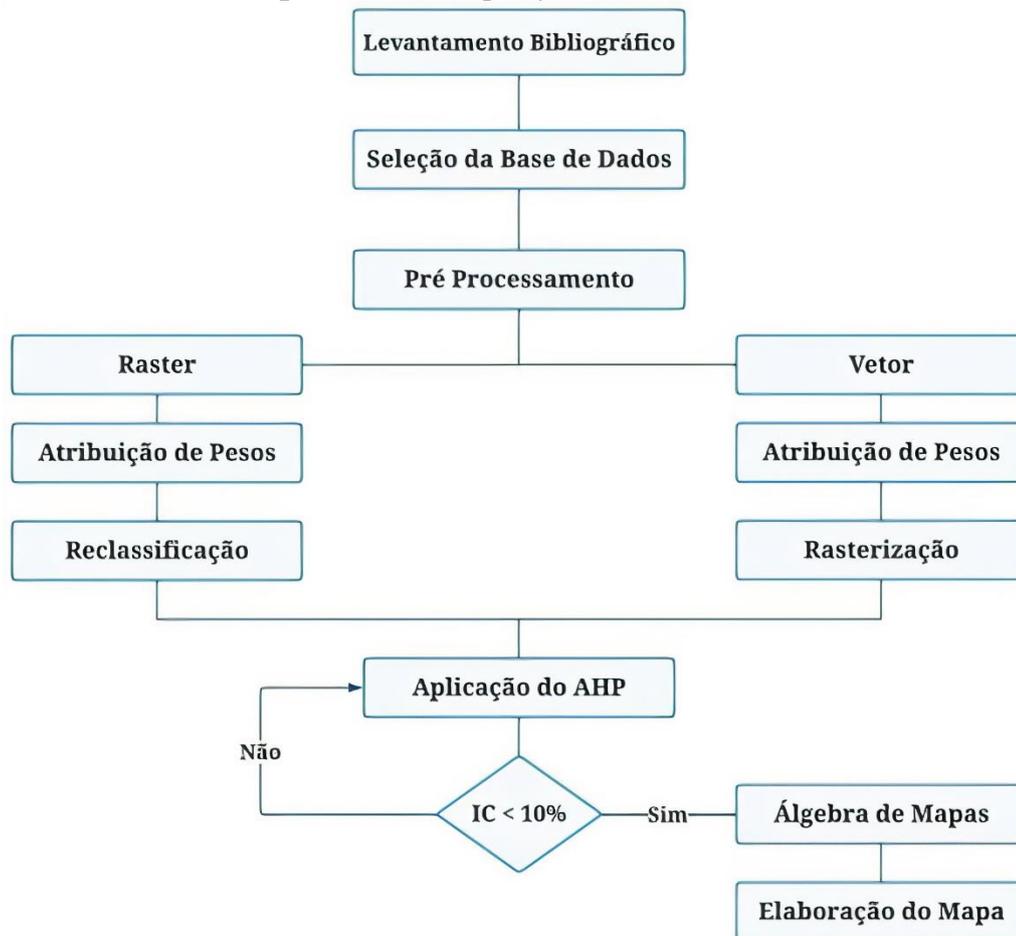


Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil (Brasil, 2023)

METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste estudo é apresentada na Figura 3, sendo utilizado fatores que propiciem tais processos para a produção do mapa de suscetibilidade. Para tal, o método AHP foi utilizado com a aplicação de notas a partir do processo de reclassificação, de acordo com o nível de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa, para finalizar, utilizou-se a álgebra de mapas, gerando o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa para o município de Camaragibe.

Figura 3: Metodologia aplicada neste estudo.



Fonte: Pessoa Neto *et al.*, 2024.

A álgebra de mapas é uma técnica utilizada para combinar diferentes camadas de informação geoespacial para gerar um mapa de suscetibilidade. Este processo envolve operações matemáticas aplicadas a dados geoespaciais representados em mapas raster, onde cada célula contém valores que representam características específicas do terreno (Araújo, 2014).

A realização da álgebra de mapas consiste em três etapas, sendo a reclassificação onde cada fator condicionante é reclassificado em categorias, isso é feito atribuindo valores numéricos a cada categoria com base em sua influência relativa na estabilidade do solo. A normalização onde os valores reclassificados de diferentes fatores condicionantes são normalizados para garantir que estejam na mesma escala de medição, permitindo a comparação direta entre eles. E a combinação de camadas, que utilizando a álgebra de mapas, as camadas reclassificadas e normalizadas são combinadas. A operação mais comum é a soma ponderada, onde cada fator condicionante recebe um peso baseado em sua importância relativa.

O mapeamento da suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa em Camaragibe foi conduzido mediante a identificação dos fatores que impactam esse fenômeno, englobando declividade, altitude, padrões de uso do solo, tipos de solo e características das encostas. Os dados espaciais foram obtidos de fontes online de órgãos oficiais, posteriormente coletados e categorizados para aplicação do AHP, com valores inteiros compreendidos entre 1 e 10, sendo o valor 1 de menor suscetibilidade ao movimento gravitacional de massa e 10, o mais suscetível conforme descrito na Tabela 1.

O mapeamento da susceptibilidade a movimentos de massa em Camaragibe foi conduzido mediante a identificação dos fatores que impactam esse fenômeno, englobando declividade, altitude, padrões de uso do solo, tipos de solo e características das encostas. Os dados espaciais foram obtidos de fontes online de órgãos oficiais, posteriormente coletados e categorizados para aplicação do AHP, com valores inteiros compreendidos entre 1 e 10, sendo o valor 1 de menor suscetibilidade ao movimento gravitacional de massa e 10, o mais suscetível conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1: Fonte de obtenção dos dados espaciais e reclassificação dos critérios dos fatores.

Fator	Fonte dos Dados	Classes / Distância	Notas
Declividade (%)	PE3D	0 - 3	1
		03-08	2
		08-20	3
		20 - 45	7
		>45	9
Uso e Ocupação do Solo	MapBiomias	Floresta	1
		Agropecuária	9
		Área Urbana	10
Pedologia	EMBRAPA	Latossolo	3
		Argissolo	7
		Área Urbana	10
Hipsometria (m)	PE3D	0 - 17	1
		17 - 34	2
		34 - 51	3
		51 - 68	5
		68 - 85	6
		85 - 102	7
		102 - 119	8
Formato das Vertentes	TOPODATA	Convexo	3
		Plano	6
		Côncavo	9

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Com exceção da distância entre corpos d'água, e apesar da ampla gama de fatores considerados, é relevante observar que alguns outros também foram examinados em estudos semelhantes, mas não demonstraram uma recorrência significativa, como os índices de precipitação, a densidade de drenagem, a proximidade de rodovias, o fluxo acumulado de água e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). (Pessoa Neto et al., 2024).

Todas as informações espaciais empregadas neste estudo foram processadas no software de código aberto QGIS, no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), e em coordenadas UTM (Fuso 25 S).

Aplicação da metodologia AHP

Criado por Thomas L. Saaty no final dos anos 1970, o AHP é reconhecido como uma ferramenta eficaz para a tomada de decisão multicritério (MCDM). Neste estudo, a metodologia utilizada para mapear as áreas vulneráveis a movimentos de massa no município de Camaragibe foi o Processo de Hierarquia Analítica (AHP).

A metodologia do AHP foi aplicada para avaliar e mapear as áreas suscetíveis a movimentos de massa no município de Camaragibe. Este método envolveu a consideração de múltiplos fatores críticos, os quais foram submetidos a comparações par-a-par. Em cada comparação, valores foram atribuídos com base na importância relativa de um fator em relação aos demais. Conforme Tabela 02, essas comparações foram sistematizadas em uma matriz de comparação, permitindo a derivação de pesos relativos que quantificam a influência de cada fator no processo decisório.

Tabela 2: Matriz de comparação pareada.

Fator	Fator 1	Fator 2	...	Fator p	...	Fator n
Fator 1	1	a12	...	a1p	...	a1n
Fator 2	1 / a12	1	...	a2p	...	a2n
...
Fator p	1 / a1p	1 / a2p	...	1	...	apn
...
Fator n	1 / a1n	1 / a2n	...	1 / apn	...	1

Legenda

- a12: Importância do Fator 1 em relação ao Fator 2;
- 1/a12: Importância do Fator 2 em relação ao Fator 1, que é o recíproco de a12;
- a1p: Importância do Fator 1 em relação ao Fator p;
- 1/a1p: Importância do Fator p em relação ao Fator 1.

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Para avaliar a eficácia do método utilizado no presente trabalho, o mapa de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa no município de Camaragibe foi validado por meio da comparação com os demais estudos que tem como localização da área de estudos o município de Camaragibe.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos últimos anos, o município de Camaragibe tem sido amplamente estudado devido à sua suscetibilidade e ao risco de movimentos gravitacionais de massa. Diversos estudos têm sido conduzidos para entender melhor as características geológicas e geotécnicas da região, que a tornam propensa a esses fenômenos. Pesquisadores têm focado em identificar as áreas mais vulneráveis, analisar os fatores de risco, e desenvolver mapas de risco detalhados. Esses estudos abrangem desde análises de solo e inclinação do terreno até o impacto do uso do solo e das práticas de urbanização, conforme pode ser visto no Tabela 03, a continuidade desses estudos é vital para adaptar as estratégias de gestão de riscos às mudanças ambientais e demográficas que Camaragibe enfrenta.

Tabela 3: Resumos de pesquisas que possuem Camaragibe como localização de estudo.

Autor(res)	Ano	Pesquisa que possuem Camaragibe-PE como área de estudo
Bandeira	2003	Mapa de risco de erosão e escorregamento das encostas com ocupações desordenadas.
Silva	2007	Estudo geológico-geotécnico de uma encosta com problemas de instabilidade.
Magalhães	2013	Estudo de estabilidade da Encosta Alto do Padre Cícero
Souza	2014	Estudos geotécnicos e de estabilidade de taludes da encosta do Alto Padre Cícero.
Mantovani	2016	Mapeamento de risco a movimentos de massa e inundação em áreas urbanas.
Santos e Listo	2019	Análise preliminar a partir do modelo SHALSTAB em escorregamentos translacionais rasos.
Santos <i>et al.</i>	2019	Mapa de ocorrências de escorregamentos translacionais rasos.
Pereira e Listo	2023	Análise da vulnerabilidade a escorregamentos como subsídio à gestão de riscos.
Pereira e Listo	2024	Proposta Metodológica de Índice Ponderado de Vulnerabilidade (IPV): avaliação do bairro dos Estados

Fonte: Elaborado pelos autores.

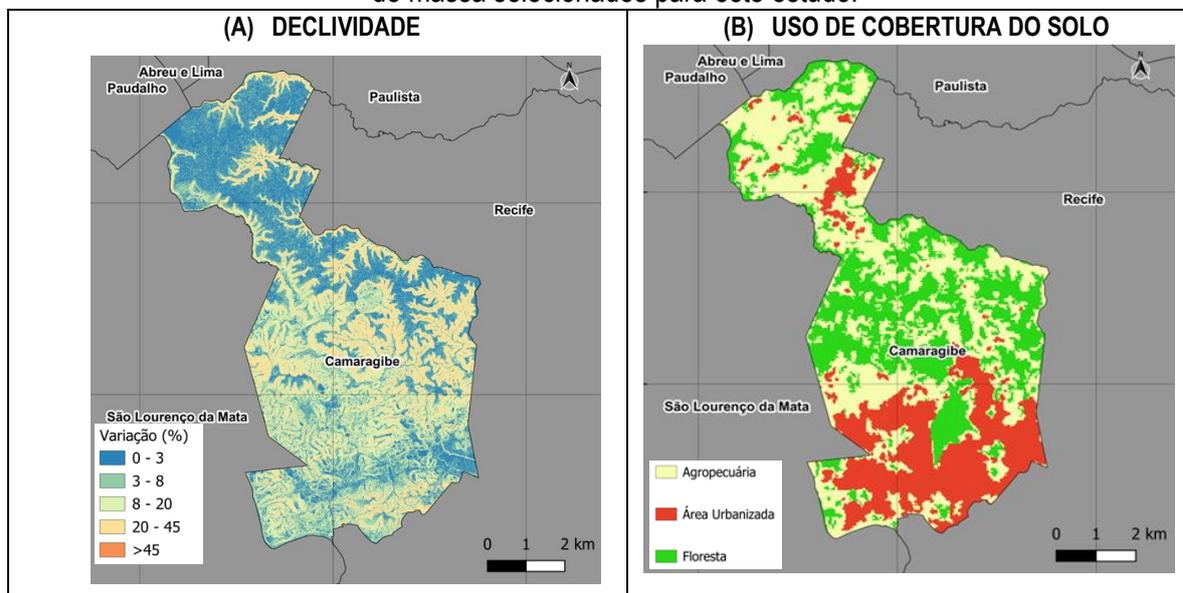
Utilizando o SIG, foram criados mapas que ilustram o comportamento do município de Camaragibe em relação aos fatores que influenciam a suscetibilidade ao movimento gravitacional de

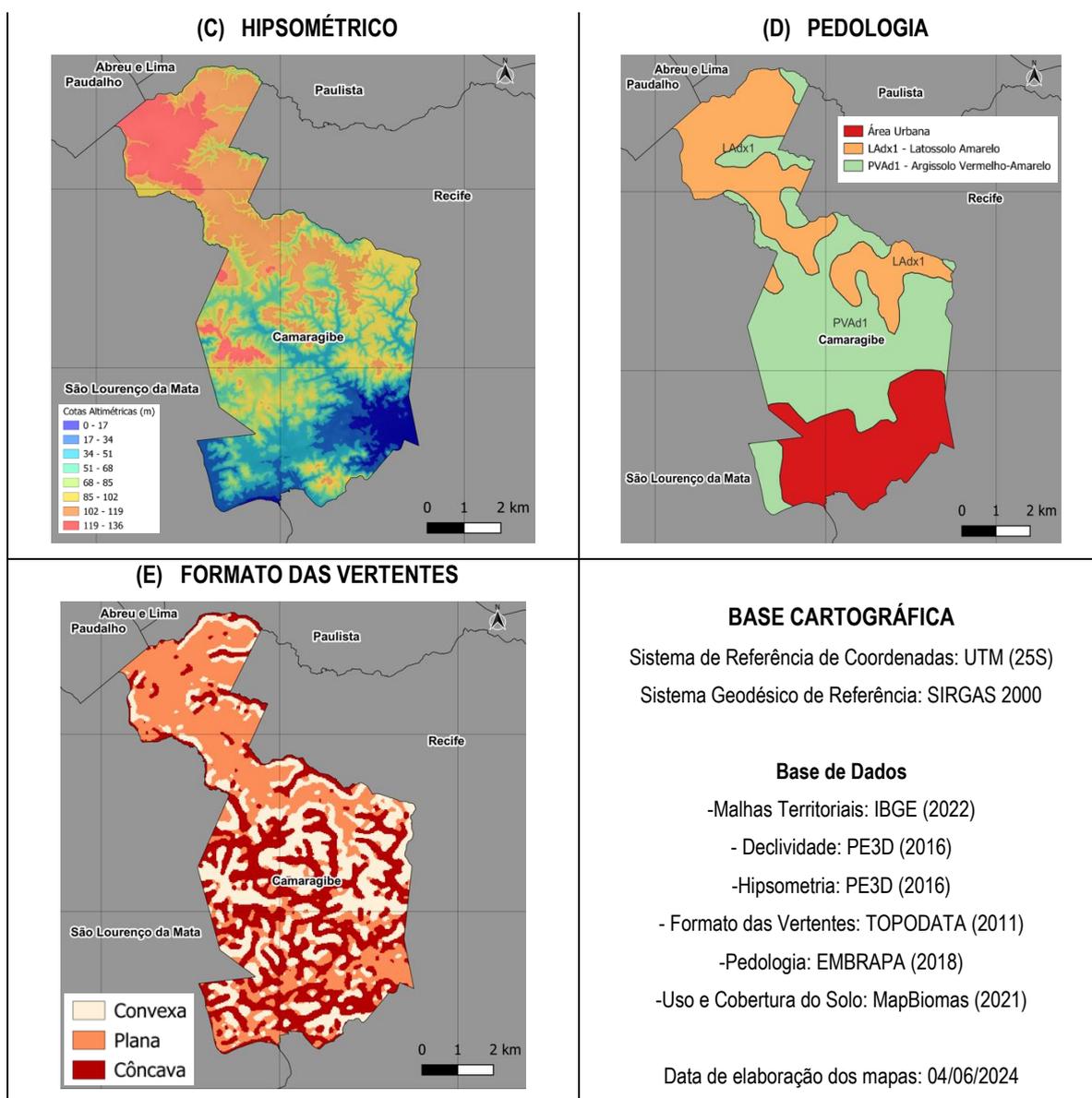
massa selecionados para este estudo (Figura 4). Os fatores analisados incluem: declividade (A), uso e cobertura do solo (B), hipsometria (C), pedologia (D), formato das vertentes (E).

Na análise do mapa de declividade de Camaragibe, é importante destacar que um ângulo maior formado entre o plano horizontal e a encosta, menos estável é considerado o terreno, podendo contribuir de forma significativa no movimento de massa, o mapa (A) revela uma diversidade topográfica significativa, as regiões norte, leste e algumas áreas centrais do município apresentam declividades acentuadas, indicando terrenos mais íngremes. Em contrapartida, as áreas central e sul exibem menor declividade relativa em comparação com outras regiões do município. Contudo, é importante destacar que, mesmo nessas áreas predominantemente menos inclinadas, existem pequenas seções com alta declividade.

No que se refere ao uso e cobertura do solo em Camaragibe, observa-se que a maior incidência de áreas urbanizadas está concentrada no sul e em partes centrais do município, regiões que estão mais próximas a Recife, capital do estado, ao norte há uma concentração reduzida de área urbanizada. Adicionalmente, ao norte do município, onde se encontra a predominância das áreas de agropecuária e floresta, encontra-se a Área de Proteção Ambiental (APA) Aldeia dos Camarás, uma importante zona de conservação ambiental do bioma Mata Atlântica.

Figura 4: Representação dos fatores que influenciam na suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa selecionados para este estudo.





Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

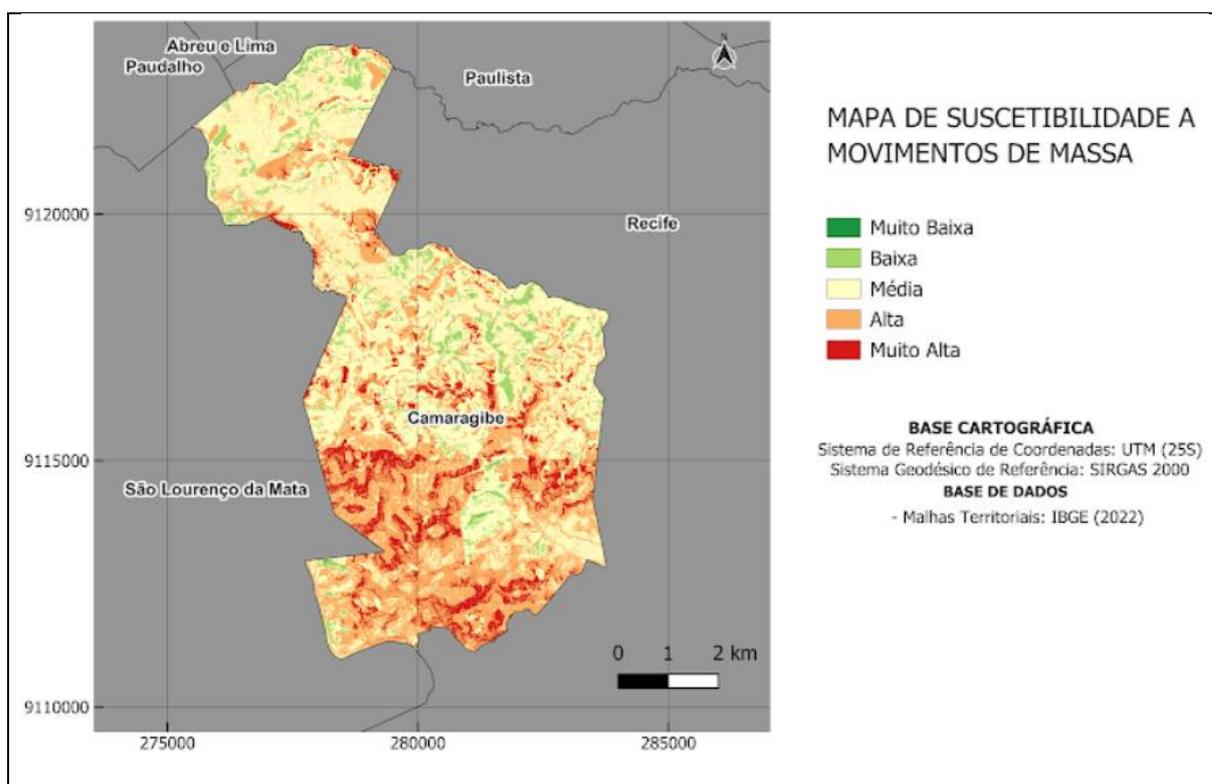
Acerca da pedologia, o latossolo amarelo e o argissolo vermelho-amarelo são solos predominantes em regiões tropicais e subtropicais do Brasil, cada um com características distintas, o argissolo vermelho-amarelo é encontrado predominantemente no centro, estendendo-se para o sul até a divisa com o município de São Lourenço da Mata. Já o latossolo amarelo aparece em maior proporção nas regiões norte e leste de Camaragibe, Conforme Aslan et al. (2022) os solos argilosos apresentam uma maior propensão a contribuir para movimentos gravitacionais de massa. Isso se deve à sua alta capacidade de absorção de água, que resulta no aumento do peso da camada de solo e, conseqüentemente, nas chances de ocorrerem rupturas em taludes.

No que diz respeito ao formato das vertentes, a curvatura vertical caracterizada como plana abrange uma grande parte da região norte, sugerindo uma topografia relativamente uniforme e estável nesta área. Esta característica pode influenciar de forma significativa a drenagem e o escoamento superficial das águas pluviais, contribuindo para uma menor incidência de processos erosivos.

Por outro lado, as curvaturas côncavas e convexas estão predominantemente distribuídas nas regiões sul e central da extensão territorial. As curvaturas côncavas, geralmente encontradas em áreas de vale ou depressão, tendem a acumular água e sedimentos, o que pode levar ao aumento da umidade do solo e potencializar deslizamentos e erosões. Já as curvaturas convexas, típicas de cristas e topos de colinas, estão associadas a maior escoamento superficial, o que pode reduzir a infiltração da água e, em algumas situações, contribuir para a instabilidade do solo.

A Figura 5 mostra o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa, gerado pela reclassificação dos fatores condicionantes utilizando a álgebra de mapas.

Figura 5: Mapa de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa no município de Camaragibe.



Fonte: Elaborado pelos autores em 06/06/2024.

No resultado da análise é possível identificar uma maior concentração das incidências de áreas suscetíveis ao movimento de massa concentradas principalmente na região sul, sudeste e centro oeste, do município, regiões que apresentam a maior ocupação urbana. As regiões ao norte da extensão territorial apresentam em sua maior parte, uma suscetibilidade de baixa a média, áreas que em sua maioria são ocupações destinadas a agropecuárias e reserva ambiental.

A Tabela 4 apresenta a distribuição das áreas de suscetibilidade no município de Camaragibe. As áreas foram categorizadas em cinco níveis de suscetibilidade: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta. A maior parte do território, correspondente a 39,83% da área total (21,937 km²), apresenta uma suscetibilidade Média. Em seguida, 31,79% (17,513 km²) do município está classificado como de Alta suscetibilidade. As áreas com suscetibilidade Baixa e Muito Alta abrangem 13,78% (7,592 km²) e 13,70% (7,547 km²), respectivamente. A menor porção, com 0,90% (0,494 km²), corresponde às áreas de Muito Baixa suscetibilidade.

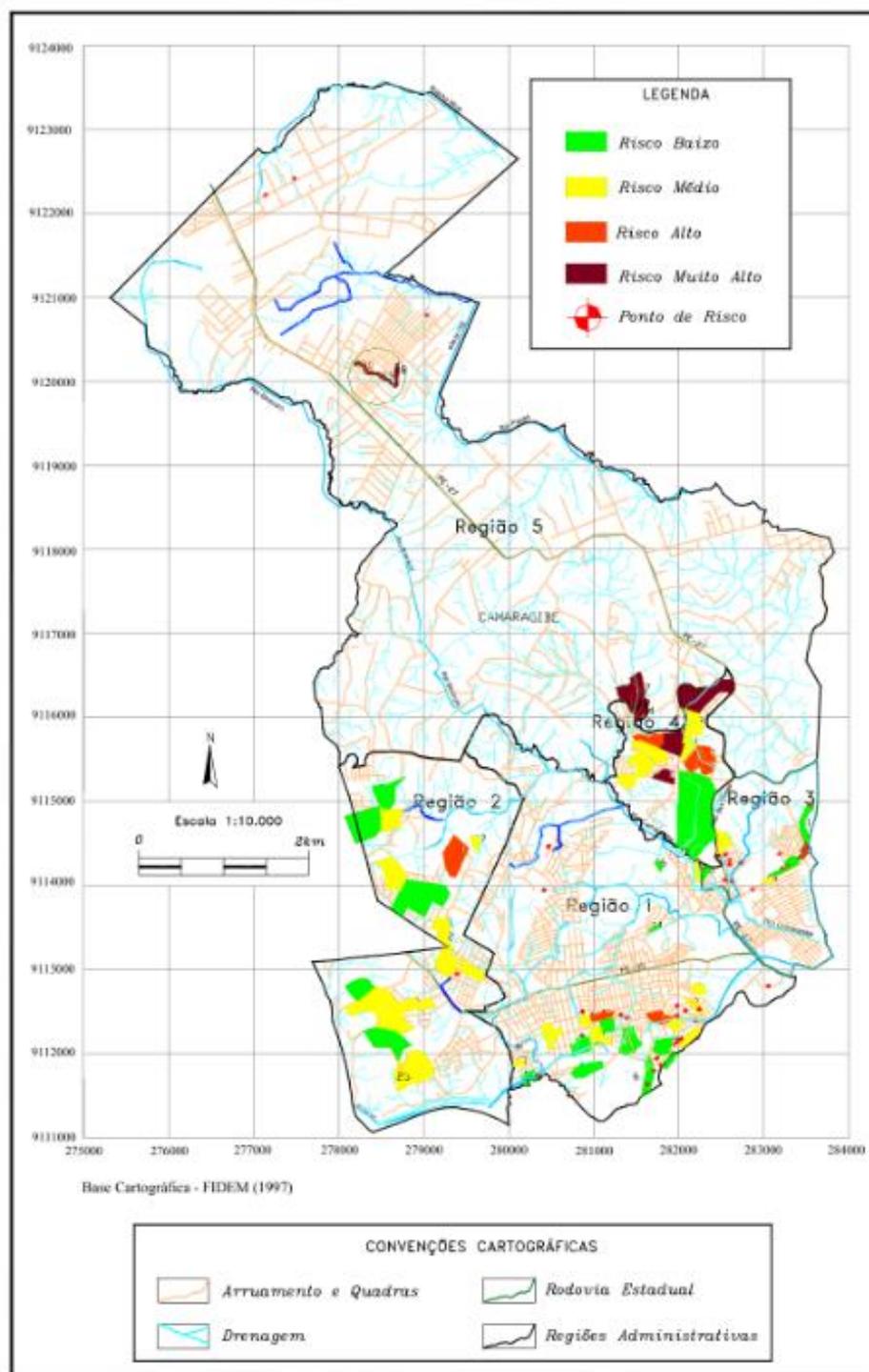
Tabela 4: Distribuição das áreas de suscetibilidade.

Suscetibilidade	Área (Km ²)	Taxa Percentual
Muito Baixa	0,49362625	0,90%
Baixa	7,59197725	13,78%
Média	21,937473	39,83%
Alta	17,512703	31,79%
Muito Alta	7,547227	13,70%
Total	55,0830065	100%

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

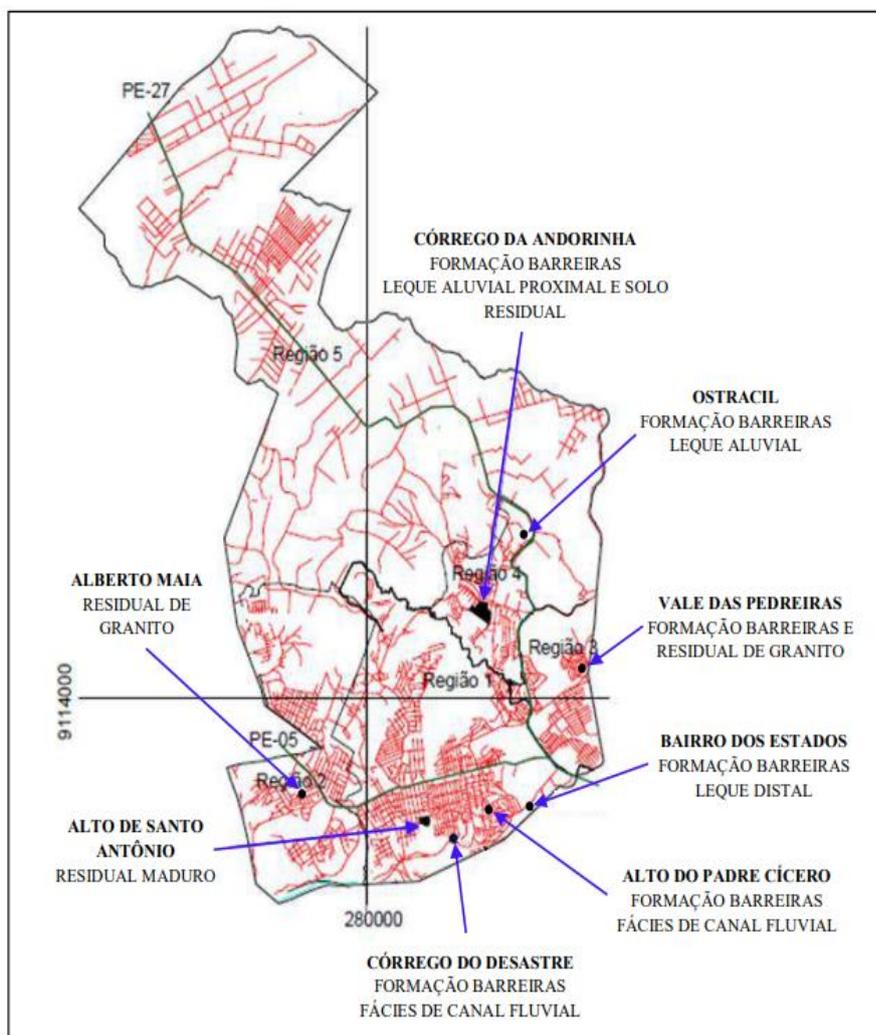
A análise bibliográfica apresentada na Tabela 3 permitiu identificar, conforme mostrado na Figura 6, o estudo realizado por Mantovani (2016), adaptado de Bandeira (2003). Este estudo identifica as áreas de Camaragibe localizadas dentro das zonas de alta e muito alta suscetibilidade no mapa. Além disso, a Figura 7, com base em Bandeira (2003), destaca as regiões que apresentam alta e muito alta suscetibilidade, permitindo observar a evolução dessas áreas no mapa atual.

Figura 6: Mapa de Risco de Erosão e Escorregamento.



Fonte: Mantovani 2016 adaptado de Bandeira 2003.

Figura 7: Localização das áreas de risco.



Fonte: Bandeira 2003.

A eficiência do estudo pode ser constatada pelo fato de que as áreas do Alto do Padre Cícero, onde foram realizados os estudos por Magalhães (2013) e Souza (2014), estão categorizadas como de alta e muito alta suscetibilidade. Isso indica que o estudo das áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa é um importante instrumento para a identificação e mapeamento dessas áreas. Além de ser de baixo custo, esse estudo pode ser utilizado para a prevenção e gestão de riscos em nível municipal.

A utilização de forma integrada das ferramentas GIS e AHP, com base na coleta de dados públicos atualizados, oferece uma plataforma importante na análise e visualização das informações espaciais das áreas suscetíveis a deslizamentos dentro do território municipal. Essa abordagem possibilita capacitar gestores públicos a identificar rapidamente os pontos críticos e a tomar decisões de

forma eficiente e econômica. Além disso, possibilita o planejamento e a priorização de ações, sejam elas estruturantes, como obras de contenção, ou não estruturantes, como campanhas de conscientização e evacuação preventiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa, realizada utilizando indicadores de declividade (A), uso e cobertura do solo (B), hipsometria (C), pedologia (D) e formato das vertentes (E), apresentou resultados satisfatórios. Apresentando os graus de vulnerabilidade nas classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, com a indicação das áreas respectivas em mapa, bem como o percentual em comparação ao total da área do município de Camaragibe.

Esses resultados, obtidos por meio de métodos combinados de geoprocessamento – GIS e análise hierárquica de processos - AHP, demonstraram uma boa representação das diferentes condições encontradas nas áreas de estudo. A partir desses resultados, foi possível identificar as áreas predominantemente mais suscetíveis devido a uma combinação de fatores correlacionados, como alta declividade, elevada altitude, curvatura das vertentes, solos argilosos e maior ocupação urbana, expondo assim a população a riscos significativos.

Mesmo a metodologia demonstrando ser eficiente da identificação e classificação da suscetibilidade ao movimento gravitacional de massa, caso seja necessário aumentar o nível de precisão do mapa final, é recomendado o acréscimo de na utilização de fatores não abordados nesse estudo, tais como: hidrografia, litologia, índices de precipitação, distância entre rodovias, NDVI, densidade de drenagem, fluxo acumulado de água, entre outros.

A ineficiência no planejamento territorial tem se mostrado um fator crucial que contribuiu para a formação de áreas com maior suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa em Camaragibe. É essencial implementar abordagens sistemáticas de ações estruturais o mais rápido possível, como a construção de sistemas de drenagem adequados e a estabilização de encostas por meio de obras de contenção e reforço, para reduzir o risco ao qual os moradores estão expostos. Além disso, são necessárias ações não-estruturais, como políticas públicas eficientes para o uso e ocupação do solo.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, R.; GUTJAHR, M.R. **Desastres Naturais**. In: **Caderno de Educação Ambiental**. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Geológico. São Paulo, 2011.
- BANDEIRA, A. P.; COUTINHO, R. Q.; ALHEIROS, M. M. Importância da caracterização geológico-geotécnica e da chuva para gerenciamento de áreas de riscos. In: **V Conferência brasileira de estabilidade de encostas-COBRAE**. 2009.
- BANDEIRA, Ana Patrícia Nunes. **Mapa de risco de erosão e escorregamento das encostas com ocupações desordenadas no Município de Camaragibe-PE**. Recife, 2003. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil, 2003.
- BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. **Atlas Digital de Desastres no Brasil**. Brasília: MIDR, 2023.
- COUTINHO, R. Q.; BANDEIRA, A. P. N. Processos de instabilização de encostas e avaliação do grau de Risco: estudo de caso nas cidades de Recife e Camaragibe. et al. **Desastres naturais: suscetibilidade e risco, mitigação e prevenção, gestão e ações emergenciais**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2012.
- CPRM, Serviço Geológico Brasileiro, 2019. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Camaragibe - PE**. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/15020>. Acesso em 24 mai. 2024.
- DIAS, José Eduardo; GOMES, Olga Venimar de Oliveira; GOES, Maria Hilde de Barros. Áreas de riscos de erosão do solo: uma aplicação por geoprocessamento. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2001.
- FRANCO, L. S. **Análises hierárquica e de regressão linear aplicadas aos mapeamentos de suscetibilidade e de risco aos movimentos de massa (Bairro Cidade Nova, Aracaju – SE, Brasil)**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Análises de Bacias) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2021.
- GIRÃO, O.; CORRÊA, A.C. de B. A contribuição da geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas. **Revista de Geografia**, v. 21, n. 2, p.36-58, jul./dez, 2004.
- GUSMÃO FILHO, J.A. Chuvas e Deslizamentos na Encostas Ocupadas. In: **Workshop: A Meteorologia e os Recursos Hídricos Aplicados a Defesa Civil**, Recife-PE, 1997.
- HE, Handong et al. A landslide susceptibility assessment method based on GIS technology and an AHP-weighted information content method: A case study of southern Anhui, China. **ISPRS international journal of geo-information**, v. 8, n. 6, p. 266, 2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**: Camaragibe. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/camaragibe.html>. Acesso em 24 mai. 2024.
- IBGE. **Censo 2022**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília, 2022.
- MAGALHÃES, J. S. L. A. **Estudo de estabilidade da Encosta Alto do Padre Cícero no Município de Camaragibe - PE**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2013.
- MANTOVANI, Bárbara. **Mapeamento de risco a movimentos de massa e inundação em áreas urbanas do município de Camaragibe**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2016.
- PARENTE, Dênis Cardoso. **Uso do geoprocessamento no planejamento urbano: identificação de áreas críticas de alagamento na área urbana de Palmas–TO**. 2024. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas – Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em Desenvolvimento Regional, 2024.

PEREIRA, T. M.; LISTO, F. L. R. Análise da vulnerabilidade a escorregamentos no município de Camaragibe-PE como subsídio à gestão de riscos. **Revista GEOPUC** v 15. 2023.

PEREIRA, T. M.; LISTO, F. L. R. Proposta Metodológica de Índice Ponderado de Vulnerabilidade (IPV): avaliação do bairro dos Estados (Camaragibe – Pernambuco). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v.5, n. 1, 2024.

PESSOA NETO, Amaury Gouveia et al. Mapeamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa na bacia hidrográfica do rio Tejió, em Pernambuco. **Revista Geotemas**, v. 14, p. e02404-e02404, 2024.

SAATY, Roseanna W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. **Mathematical modelling**, v. 9, n. 3-5, p. 161-176, 1987.

SANTOS, Edwilson Medeiros; LISTO, Fabrizio de Luiz Rosito. Escorregamentos translacionais rasos no município de Camaragibe, região metropolitana do Recife: Uma análise preliminar a partir do modelo SHALSTAB. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 2, p. 131-145, 2019.

SANTOS, E. M.; PEREIRA, T. de M.; LISTO, F. de L. R. Mapa de ocorrências de escorregamentos translacionais rasos no município de Camaragibe (PE). In: **XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Aplicada**, 2019.

SILVA, Marília Mary da. **Estudo geológico-geotécnico de uma encosta com problemas de instabilidade no Município de Camaragibe - PE**. 2007. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2007.

SILVA, Patrícia Ferreira et al. Caracterização física e suscetibilidade aos processos erosivos do município de Ilhéus-Bahia: Physical characterization and susceptibility to erosive processes in the municipality of Ilhéus-Bahia. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 9, n. 1, p. 105-129, 2023.

SOUZA, Anna Paula Leopoldo de. **Estudos geotécnicos e de estabilidade de taludes da encosta do alto o padre Cícero no município de Camaragibe-Pe**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2014.