

**USO DO MÉTODO SEMIQUANTITATIVO DE ANÁLISE DE PERIGO
FUNDAMENTADO NO PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA PARA
DESLIZAMENTO DE UMA ENCOSTA LOCALIZADA NO BAIRRO DE
CASA AMARELA, RECIFE-PE**

**USE OF A SEMI-QUANTITATIVE HAZARD ASSESSMENT METHOD
BASED ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS FOR A
LANDSLIDE ON A HILLSLOPE LOCATED IN THE CASA AMARELA
NEIGHBORHOOD, RECIFE-PE**

**USO DEL MÉTODO SEMICUANTITATIVO DE ANÁLISIS DE PELIGRO
BASADO EN EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO PARA UN
DESLIZAMIENTO EN UNA LADERA UBICADA EN EL BARRIO DE
CASA AMARELA, RECIFE-PE**

Edwagner Silva de Oliveira

Mestre em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, E-mail: edwagner.silva@ufpe.br

 <https://orcid.org/0009-0001-7636-7074>

Silvio Romero de Melo Ferreira

Doutor em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, E-mail: silvio.mferreira@ufpe.br

 <https://orcid.org/0000-0002-5760-1494>

RESUMO: O crescimento urbano acelerado e frequentemente desordenado no Brasil tem favorecido a ocupação de áreas de risco, especialmente encostas urbanas. Este artigo tem por objetivo avaliar o grau de perigo de escorregamentos de terra em uma encosta localizada no bairro de Casa Amarela, no município do Recife-PE. Para isso, foram utilizados Sistemas de Informações Geográficas (SIG), aliados ao método de análise de perigo fundamentado no Processo de Análise Hierárquica (AHP). Foram considerados sete indicadores de perigo: amplitude da encosta, declividade, uso e cobertura do solo, nível d'água, águas superficiais, material geológico e estrutura geológica. Os dados utilizados foram obtidos a partir de bases cartográficas, modelo digital de terreno (MDT), informações geológicas e pedológicas, além de levantamentos de campo. A área foi subdividida em quatro setores, nos quais foram atribuídos pesos aos indicadores e às suas respectivas classes, possibilitando o cálculo do Índice de Perigo (IP). Os resultados indicaram que os setores 01 e 02 apresentam baixo grau de perigo, enquanto o setor 04 foi classificado como de alto perigo e o setor 03 como de muito alto perigo, este último em função da presença de feições de instabilidade observadas em campo. Ao todo, 44 edificações encontram-se inseridas em áreas classificadas como de alto e muito alto perigo. Conclui-se que a integração entre SIG e AHP mostrou-se eficiente na análise, constituindo uma ferramenta relevante para o planejamento urbano e a gestão de riscos em áreas suscetíveis a movimentos de massa.

Palavras-chave: Escorregamentos de terra; Perigo; AHP; SIG; Encostas urbanas.

ABSTRACT: Rapid and often unplanned urban growth in Brazil has encouraged the occupation of risk-prone areas, particularly urban hillsides. This study aims to evaluate the landslide hazard level of a hillside located in the Casa Amarela neighborhood, Recife, Pernambuco State, Brazil. To achieve this, Geographic Information Systems (GIS) were integrated with a hazard assessment method based on the Analytic Hierarchy Process (AHP). Seven hazard indicators were considered: hillside relief, slope gradient, land use and land cover, groundwater level, surface water, geological material, and geological structure. The analysis was based on cartographic data, a Digital Terrain Model (DTM), geological and pedological information, and field survey observations. The study area was divided into four sectors, to which weights were assigned for each hazard indicator and their respective classes, allowing the calculation of the Hazard Index (HI). The results indicated that Sectors 01 and 02 exhibit a low hazard level, whereas Sector 04 was classified as high hazard and Sector 03 as very high hazard due to the presence of instability features identified during field surveys. In total, 44 buildings are located within areas classified as high and very high hazard. The results demonstrate that the integration of GIS and AHP is an effective approach for hazard assessment, providing an important tool to support urban planning and risk management in areas susceptible to landslides.

Keywords: Landslides; Hazard; AHP; GIS; Urban slopes.

RESUMEN: El crecimiento urbano acelerado y, con frecuencia, desordenado en Brasil ha favorecido la ocupación de áreas de riesgo, especialmente en laderas urbanas. Este artículo tiene como objetivo evaluar el grado de peligro por deslizamientos de tierra en una ladera ubicada en el barrio de Casa Amarela, en el municipio de Recife, estado de Pernambuco (Brasil). Para ello, se utilizaron Sistemas de Información Geográfica (SIG), combinados con un método de análisis de peligro basado en el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP). Se consideraron siete indicadores de peligro: amplitud de la ladera, pendiente, uso y cobertura del suelo, nivel freático, aguas superficiales, material geológico y estructura geológica. Los datos utilizados se obtuvieron a partir de bases cartográficas, un Modelo Digital del Terreno (MDT), información geológica y pedológica, además de levantamientos de campo. El área de estudio se subdividió en cuatro sectores, a los cuales se asignaron pesos a los indicadores y a sus respectivas clases, permitiendo el cálculo del Índice de Peligro (IP). Los resultados indicaron que los sectores 01 y 02 presentan un bajo grado de peligro, mientras que el sector 04 fue clasificado como de alto peligro y el sector 03 como de muy alto peligro, este último debido a la presencia de evidencias de inestabilidad observadas durante el trabajo de campo. En total, 44 edificaciones se encuentran ubicadas en áreas clasificadas como de alto y muy alto peligro. Se concluye que la integración de los SIG y el AHP resultó eficiente para el análisis, constituyendo una herramienta relevante para la planificación urbana y la gestión del riesgo en áreas susceptibles a movimientos en masa.

Palabras clave: Deslizamientos de tierra; Peligro; AHP; SIG; Laderas urbanas.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento urbano no Brasil tem ocorrido de forma acelerada e, muitas vezes, pouco planejada. Essa condição, associada ao déficit habitacional e às desigualdades socioeconômicas, tem favorecido a ocupação de áreas naturalmente suscetíveis à ocorrência de movimentos gravitacionais de massas, como encostas com declividades elevadas, solos poucos coesos e terrenos instáveis. Essas áreas são, em geral, caracterizadas pelo baixo valor econômico e, por esse motivo, tornam-se alternativas para a instalação de moradias por parcelas da população mais pobre (BANDEIRA, 2010; MANTOVANI, 2016; BRITO, WEBER, SILVA FILHO, 2017; XAVIER *et al.*, 2019).

A expansão urbana desordenada tem contribuído para a degradação do meio ambiente, além de favorecer o uso desordenado dos recursos ambientais, especialmente do solo e das águas (ROCHA *et al.*, 2018; SEIFOLLAHI-AGHMIUNI *et al.*, 2022). De forma complementar, esse processo desencadeia impactos de natureza social, econômica, cultural e ambiental, incluindo alterações na dinâmica populacional, nos padrões de vida e nas condições climáticas, afetando diretamente as populações (SANTOS; RUFINO; BARROS FILHO, 2017).

Segundo Costa Junior e Cabral (2019), bem como Sant Ana *et al.* (2020), as ocupações desordenadas em encostas favorecem a remoção da vegetação, a alteração da morfologia natural, além da impermeabilização do solo e do aumento da sobre carga nos taludes, contribuindo para a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, especialmente quando associados a períodos de chuvas intensas.

Os movimentos gravitacionais de massa constituem um desafio para a engenharia geotécnica, pois afetam encostas naturais e taludes modificados por ações humanas, gerando impactos sociais, ambientais e econômicos relevantes (SILVEIRA, VETTORAZZI E VALENTE, 2014; MORAIS, 2020). Segundo Amaral e Reis (2017) e He *et al.* (2019), esses movimentos configuram processos erosivos nos quais a ação da gravidade constitui o principal agente deflagrador, resultando no deslocamento conjunto de massas de solo e/ou rocha. Dentre os diferentes tipos de movimentos gravitacionais de massa existentes, os escorregamentos de terra (ou deslizamentos de terra) destacam-se por sua elevada frequência e potencial destrutivo em áreas urbanas (BISPO *et al.*, 2020).

Diante desse cenário, torna-se fundamental o emprego de ferramentas capazes de analisar e compreender a distribuição espacial desses fenômenos, especialmente em áreas urbanas onde a ocupação ocorre de forma intensa e, muitas vezes, desordenada. Nesse contexto, a aplicação de técnicas de geoprocessamento, especialmente por meio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), destaca-se como uma ferramenta essencial nos estudos relacionados ao uso e à ocupação do solo urbano, sobretudo em análises voltadas aos riscos ambientais (ROCHA *et al.*, 2018). O SIG possibilita o desenvolvimento de metodologias capazes de integrar e analisar dados provenientes de múltiplas fontes, que muitas vezes apresentam elevada complexidade. Conforme Sampaio e Robaina (2019), essa tecnologia viabiliza o armazenamento, o processamento e a análise dessas informações, resultando na elaboração de mapas temáticos que contribuem para a compreensão da dinâmica espacial.

Adicionalmente, a flexibilidade dos SIG amplia sua relevância na gestão de riscos, contribuindo para a identificação e a delimitação de áreas com potencial ocorrência de movimentos de massa. Dessa forma, essa ferramenta assume papel estratégico na produção de informações que auxiliam o planejamento urbano e a tomada de decisão em áreas suscetíveis, reforçando sua importância em estudos geotécnicos e ambientais (AMAYA *et al.*, 2021; LIMA; AVANZI; SILVA, 2021).

Apesar da ampla aplicabilidade dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) em estudos voltados à análise de risco, torna-se pertinente o aprimoramento desses estudos por meio da incorporação de técnicas quantitativas que reduzam a subjetividade inerente a essas análises.

Nesse contexto, destaca-se a utilização dos Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão (MMAD), que permite maior rigor na análise de problemas de decisão complexos que abrangem uma grande quantidade de dados ou critérios (FARIA; AUGUSTO FILHO, 2013; ABDELKARIM *et al.*, 2020).

Diversos trabalhos evidenciam essa aplicação, tais como: Faria (2011); Pinto, Passos e Caneparo (2015); Rocha e Schuler (2016); Amaral e Reis (2017); Effgen e Marchioro (2017); Meirelles, Dourado e Costa (2018); Sampaio e Robaina (2019); Sant Ana (2021); Franco (2021); Pessoa Neto *et al.* (2023) e Pessoa Neto *et al.* (2024).

Diante da intensificação dos movimentos gravitacionais de massa e de seus impactos adversos sobre as populações expostas, especialmente no caso dos escorregamentos de terra, torna-se fundamental a aplicação de metodologias que possibilitem identificar, avaliar e classificar o grau de perigo nessas áreas, a fim de subsidiar a gestão de riscos e minimizar a ocorrência de danos significativos (COSTA JÚNIOR; CABRAL, 2019). Nesse contexto, destaca-se o método semiquantitativo proposto por Faria (2011), fundamentado no Processo de Análise Hierárquica (*Analytic Hierarchy Process* – AHP), o qual tem se mostrado eficiente para esse tipo de análise. De acordo com Mantovani (2016), esse método apresenta como principais vantagens a simplicidade operacional, o baixo custo e a boa aplicabilidade, especialmente em áreas urbanas densamente ocupadas.

No contexto da aplicação dessas metodologias em áreas de morros do Recife-PE, tais áreas são reconhecidas como suscetíveis à ocorrência de escorregamentos de terra, em função de suas elevadas declividades e amplitudes topográficas, além de serem constituídas, em grande parte, por solos residuais e materiais sedimentares associados à Formação Barreiras (ALHEIROS, 1988). Esses materiais apresentam elevada suscetibilidade a processos erosivos e tendem a sofrer redução significativa da resistência quando saturados, condição que favorece a deflagração de escorregamentos (PFALTZGRAFF, 2007). Somam-se a esses fatores naturais as características do processo de ocupação urbana do município do Recife-PE, historicamente marcado pela expansão desordenada e pela ausência de planejamento territorial adequado.

Diante desse cenário de elevada suscetibilidade natural associada à ocupação urbana desordenada, o presente estudo teve como objetivo avaliar o grau de perigo de escorregamentos de terra em uma encosta localizada entre a rua Malmequer e a rua Primeiro de Janeiro, no bairro de Casa Amarela. Essa área foi selecionada em função da presença de sinais recentes de deslizamentos, bem como da ocupação urbana densa e desordenada, com muitas residências próximas à encosta e em condições vulneráveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo localiza-se nas proximidades da Rua Malmequer e da Rua Primeiro de Janeiro, no bairro de Casa Amarela, município do Recife-PE, conforme apresentado na figura 1. A encosta possui área aproximada de 15.268,16 m², na qual foram catalogadas 83 edificações, distribuídas principalmente no topo e no pé. Ressalta-se que esse quantitativo corresponde às edificações identificadas durante o levantamento de campo, não representando necessariamente o número de unidades habitacionais.

Segundo o Censo Demográfico do IBGE (2022), o setor censitário onde se insere a área apresenta densidade demográfica de aproximadamente 789,0 hab/km², evidenciando elevado adensamento urbano. A ocupação caracteriza-se pela predominância de residências de baixo padrão construtivo, muitas delas executadas sem planejamento técnico adequado, frequentemente em áreas próximas à encosta (figura 2).

Geologicamente, a área está inserida nos sedimentos da Formação Barreiras, constituídos

predominantemente por solos areno-argilosos. O relevo é ondulado a fortemente ondulado, com declividades elevadas, características que favorecem o escoamento superficial, os processos erosivos e reduzem a estabilidade dos taludes, principalmente durante períodos de precipitação intensa.

A cobertura da encosta é composta por vegetação arbórea de grande porte, arbustos e vegetação rasteira, intercalados por áreas ocupadas por edificações. Embora a vegetação contribua para a proteção superficial do terreno, a intensa ocupação antrópica modifica as condições naturais da encosta.

Durante a vistoria de campo, verificou-se a presença de lonas plásticas instaladas em diferentes trechos da encosta (figura 2), utilizadas como medida emergencial para reduzir a infiltração de água no solo durante o período chuvoso. A adoção dessa solução provisória evidencia a existência de setores com histórico ou potencial de instabilidade.

A combinação entre elevada densidade de ocupação, declividades acentuadas, solos areno-argilosos da Formação Barreiras e ocupação sem infraestrutura adequada de drenagem e contenção configura um cenário favorável à ocorrência de processos de instabilidade, justificando a realização do presente estudo.

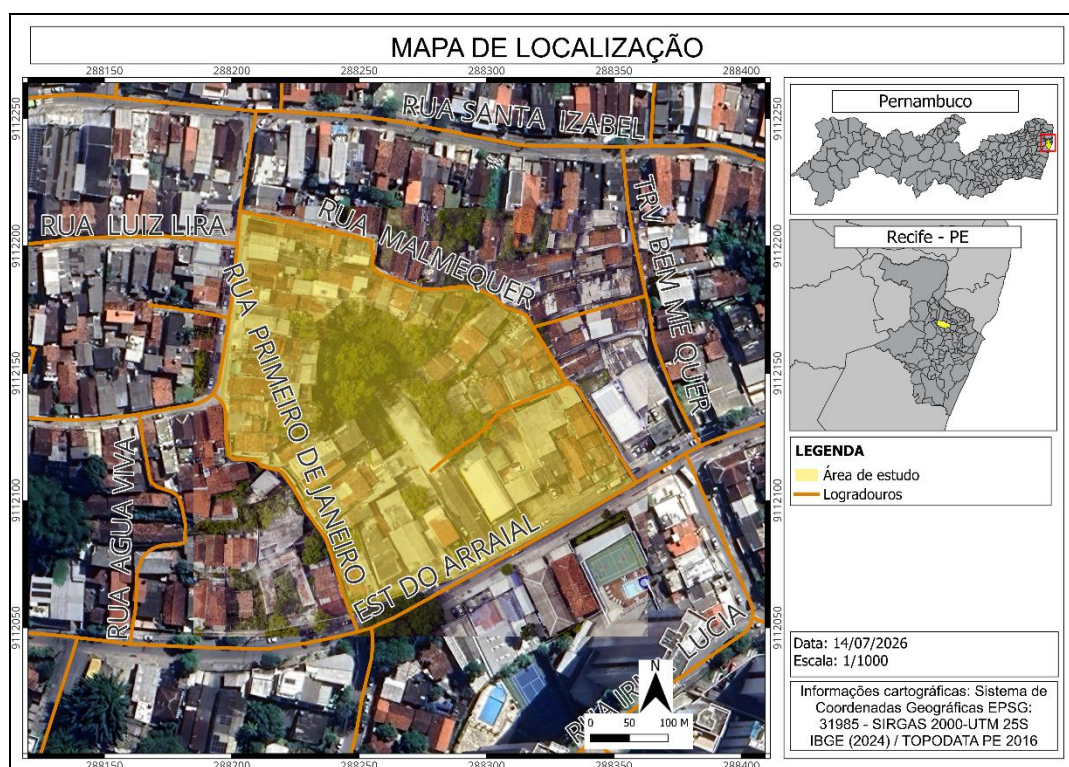


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Elaborada pelos autores (2026)



Figura 2 – Registros fotográficos da condição atual da encosta. Fonte: Elaborada pelos autores (2026)

2.2 Análise de perigo

Na avaliação do perigo de deslizamentos, foi adotado o método semiquantitativo proposto por Faria (2011), fundamentado na metodologia do Processo de Análise Hierárquica (AHP). De acordo com essa abordagem, a análise do perigo de escorregamentos em encostas baseia-se em sete indicadores principais, representativos das condições físicas e ambientais que influenciam a instabilidade. Os indicadores considerados são: amplitude da encosta, relacionada à altura do talude e à energia potencial disponível para o movimento; declividade, que influencia diretamente as forças atuantes no talude; uso e cobertura do solo, associado ao grau de proteção superficial e à interferência antrópica; nível d'água, que reflete a presença de água no subsolo e sua influência na redução da resistência do solo; águas superficiais, relacionadas ao escoamento e à concentração de fluxos hídricos na encosta; material, que considera as características geotécnicas dos solos e rochas; e, por fim, a estrutura geológica, que avalia a disposição e orientação das descontinuidades em relação à estabilidade da encosta.

Os respectivos pesos dos indicadores, bem como as classes e os pesos atribuídos a cada uma delas, estão apresentados na tabela 1, que constitui a base para a determinação do grau de perigo.

Tabela 1 – Pesos dos indicadores de perigo e de suas respectivas classes corte.

PROCESSO		ESCORREGAMENTO SOLO/ROCHA	
Indicador de perigo	Pesos (%)	Classes	Pesos (%)
Amplitude	10,37	(A1) ≤ 2 m	5,69
		(A2) $2 < A \leq 5$ m	12,19
		(A3) $5 < A \leq 10$ m	26,33
		(A4) > 10 m	55,79
Declividade	23,53	(D1) $\leq 17^\circ$	4,35
		(D2) $< 17^\circ D \leq 30^\circ$	12,37
		(D3) $30^\circ < D \leq 60^\circ$	27,09
		(D4) $> 60^\circ$	56,19
Uso/cobertura	10,86	(U1) Arbórea	3,72
		(U2) Arbustiva	6,70
		(U3) Campo/Cultura	14,22
		(U4) Cobertura Urbana	21,16
N.A.	20,57	(U5) Solo exposto	54,20
		(NA1) Não observado	10,00
		(NA2) Surgência	90,00
		(AS1) Concentração baixa	4,48
Águas superficiais	12,00	(AS2) Concentração média	9,85
		(AS3) Concentração alta	24,09
		(AS4) Linha de drenagem	61,57
Material	13,59	(M1) Solo Residual	21,04
		(M2) Depósito Natural	48,13
		(M3) Rocha Alterada	21,04
		(M4) Rocha Sã	9,79
Estrutura geológica	9,07	(NO) Não observado	7,14
		(E1) Favorável à estabilidade	18,04
		(E2) Desfavorável à estabilidade	74,82

Fonte: Faria (2011)

Para a realização da análise, o método estabelece que a área de estudo seja previamente dividida em setores que apresentem características semelhantes, considerando aspectos morfológicos, geológicos e de ocupação do solo. Em seguida, procede-se à avaliação dos indicadores de perigo, com a determinação dos pesos das respectivas classes para cada setor. Posteriormente, realiza-se o cálculo da média ponderada entre os valores obtidos, conforme

apresentado na equação 1. Ressalta-se que esse procedimento deve ser aplicado a todos os setores analisados.

$$IP = \sum_{i=1}^n p_i x_i / 100 \quad (1)$$

onde:

p = peso do condicionante do processo (indicador de perigo);

x = peso da classe do respectivo indicador de perigo.

Os valores do Índice de Perigo (IP) calculados são utilizados como critérios na análise de perigo de escorregamentos, conforme apresentado na tabela 2. Nesse contexto, $\bar{X}$ representa a média dos índices de perigo dos setores analisados, enquanto Δ corresponde ao desvio padrão dos índices obtidos para cada setor.

Tabela 2 – Critérios aplicados na análise de perigo de escorregamento.

Índice de Perigo (IP)	Grau de perigo
$IP < \bar{X} - \Delta/2$	Baixo
$\bar{X} - \Delta/2 \leq IP \leq \bar{X} + \Delta/2$	Médio
$IP > \bar{X} + \Delta/2$	Alto
Feições de Instabilidade	Muito alto

Fonte: Faria (2011)

Assim, conforme a tabela 2 quando o valor do IP é inferior a $\bar{X} - \Delta/2$, o grau de perigo é classificado como baixo. Para valores compreendidos entre $\bar{X} - \Delta/2$ e $\bar{X} + \Delta/2$, o grau de perigo é considerado médio. Já quando o IP é superior a $\bar{X} + \Delta/2$, o grau de perigo é classificado como alto. Nesse contexto, $\bar{X}$ representa a média dos índices de perigo dos setores analisados, enquanto Δ corresponde ao desvio padrão. Além disso, a presença de feições de instabilidade implica na classificação do grau de perigo como muito alto, independentemente do valor obtido para o índice (FARIA, 2011).

2.3 Procedimentos de análise dos dados

A análise integrou dados provenientes de diferentes instituições, além de informações obtidas em levantamentos de campo. Dentre os dados utilizados, destaca-se o modelo digital de terreno (MDT), obtido por meio do projeto Pernambuco Tridimensional (PE3D), iniciativa do governo de Pernambuco voltada à produção de dados geoespaciais de alta resolução. Neste estudo, o MDT foi empregado na caracterização do relevo e no suporte às análises de perigo.

As bases cartográficas, os dados socioespaciais e as informações de densidade demográfica foram obtidas junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A base geológica foi fornecida pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), enquanto os dados pedológicos foram obtidos junto à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), por meio do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).

Todo o processamento e a integração das informações foram realizados no software QGIS 3.40.4, adotando-se o sistema de referência SIRGAS 2000 / UTM zona 25S (EPSG: 31985). Por fim, os levantamentos de campo realizados possibilitaram o registro fotográfico, bem como a observação dos taludes, a verificação das condições de drenagem superficial, a análise das edificações e da cobertura vegetal, além da identificação de feições de instabilidade.

Para o fator topográfico, foram elaborados o mapa topográfico, com curvas de nível de 1,0 m, e o mapa de declividade, ambos gerados a partir do modelo digital de terreno (MDT),

possibilitando a análise das faixas altimétricas e da declividade da encosta. Também foram avaliadas características como a extensão, o perfil e a morfologia da encosta.

O fator geológico foi definido com base na integração entre dados cartográficos e observações de campo, considerando a litologia predominante, a estrutura geológica e as características dos materiais. Durante os levantamentos de campo, também foram registradas evidências de instabilidade, como sulcos erosivos, cicatrizes de escorregamentos e deformações superficiais, como fendas e barrigas.

Por sua vez, o fator ambiental considerou aspectos relacionados à ocupação e às condições superficiais da área, incluindo cobertura vegetal, sistema de drenagem, presença de cortes nas encostas, densidade demográfica e intervenções estruturais, como obras de contenção.

2.4 Elaboração do mapa de perigo

Para a elaboração do mapa de perigo, foi utilizado um arquivo vetorial no formato *shapefile*, contendo a delimitação da área de estudo. Inicialmente, esse arquivo foi subdividido em quatro setores homogêneos, definidos com base em características morfológicas, geológicas e de ocupação do solo semelhantes, de modo a representar áreas com comportamento geotécnico comparável.

Em seguida, por meio do *software* QGIS 3.40.4, foram inseridas na tabela de atributos do arquivo vetorial as informações necessárias à aplicação do método de avaliação do perigo. Para cada setor, foram atribuídos os pesos correspondentes aos indicadores de perigo e às respectivas classes de avaliação. A partir desses atributos, foram realizados os cálculos previstos na metodologia, permitindo a obtenção do Índice de Perigo e a classificação de cada setor da área de estudo.

Os critérios adotados para a classificação do perigo são apresentados na tabela 3. Com base nos índices obtidos, foi elaborado um mapa temático representando espacialmente os diferentes graus de perigo identificados na área de estudo. O mapa foi produzido no ambiente SIG do QGIS 3.40.4, utilizando como base cartográfica a delimitação da área de estudo, a subdivisão dos setores e o levantamento das edificações. A representação cartográfica foi elaborada no sistema de referência SIRGAS 2000 / UTM, zona 25S (EPSG: 31985) e apresentada na escala de 1:600. Por fim, a classificação obtida foi confrontada com as observações realizadas durante os levantamentos de campo, permitindo verificar a compatibilidade entre os resultados do método e as condições geotécnicas observadas na encosta.

Tabela 3 - Critérios adotados para a classificação de perigo para a área de estudo

Índice de Perigo (IP)	Índice de Perigo (IP)	Grau de perigo
$IP < \bar{X} - \Delta/2$	$IP < 20,93\%$	Baixo
$\bar{X} - \Delta/2 \leq IP \leq \bar{X} + \Delta/2$	$20,93\% \leq IP \leq 28,14\%$	Médio
$IP > \bar{X} + \Delta/2$	$IP > 28,14\%$	Alto
Feições de Instabilidade	Feições de Instabilidade	Muito alto

Fonte: Elaborada pelos autores (2026)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados obtidos com a aplicação do método de análise de perigo na área de estudo. A análise fundamentou-se na integração dos fatores topográficos, geológicos e ambientais, complementada pelas observações realizadas durante os levantamentos de campo, permitindo avaliar a influência desses condicionantes na distribuição espacial do perigo a escorregamentos de terra.

Os fatores topográficos exerceram influência significativa na classificação do perigo, uma vez que a área apresenta um desnível topográfico superior a 26 m entre a porção inferior e a superior da encosta, além de declividades que ultrapassam 100% em alguns trechos. Esses parâmetros enquadram-se nas classes de maior peso estabelecidas pelo método, indicando condições geomorfológicas favoráveis ao desenvolvimento de processos de instabilidade.

A figura 3 apresenta a morfologia da encosta por meio das curvas de nível. Observa-se que as maiores cotas se concentram na porção superior da encosta, correspondente ao setor 04, enquanto as menores ocorrem na porção inferior, onde se localiza o setor 01. Na região central da encosta, especialmente no setor 03, verifica-se maior adensamento das curvas de nível, evidenciando trechos com maiores declividades. Em contrapartida, no setor 01 e em parte do setor 04, as curvas apresentam maior espaçamento, caracterizando relevo mais suave.

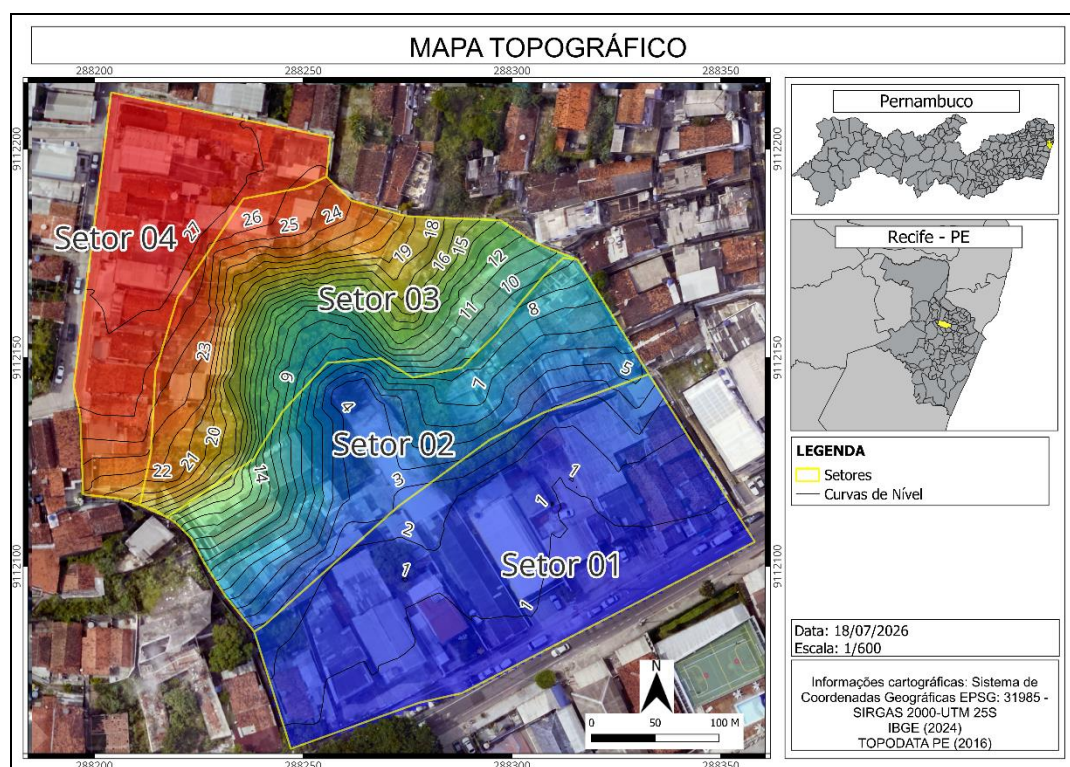


Figura 3 – Mapa topográfico. Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

O mapa de declividade, apresentado na figura 4, evidencia a distribuição espacial das classes de inclinação ao longo da encosta. As declividades inferiores a 20% predominam na porção inferior da área, principalmente no setor 01, indicando superfícies com menor inclinação. O setor 02 apresenta predominância de declividades entre 20% e 40%, enquanto o setor 03 concentra as maiores inclinações, com predomínio de declividades superiores a 40% e ocorrência de trechos acima de 50%, correspondendo às áreas mais íngremes da encosta. No setor 04 predominam declividades inferiores a 20%, embora sejam observadas áreas pontuais com inclinações mais elevadas próximas ao limite com o setor 03.

A distribuição das classes de declividade demonstra que os maiores gradientes topográficos se concentram na região central da encosta, onde também são observadas as maiores diferenças de cota em um curto espaço horizontal. Essas características favorecem o aumento das tensões atuantes no talude, do escoamento superficial e da suscetibilidade à erosão, constituindo importantes condicionantes para a ocorrência de escorregamentos de terra. Consequentemente, os setores que concentram as maiores declividades receberam maior peso na avaliação do perigo, conforme os critérios adotados pelo método.

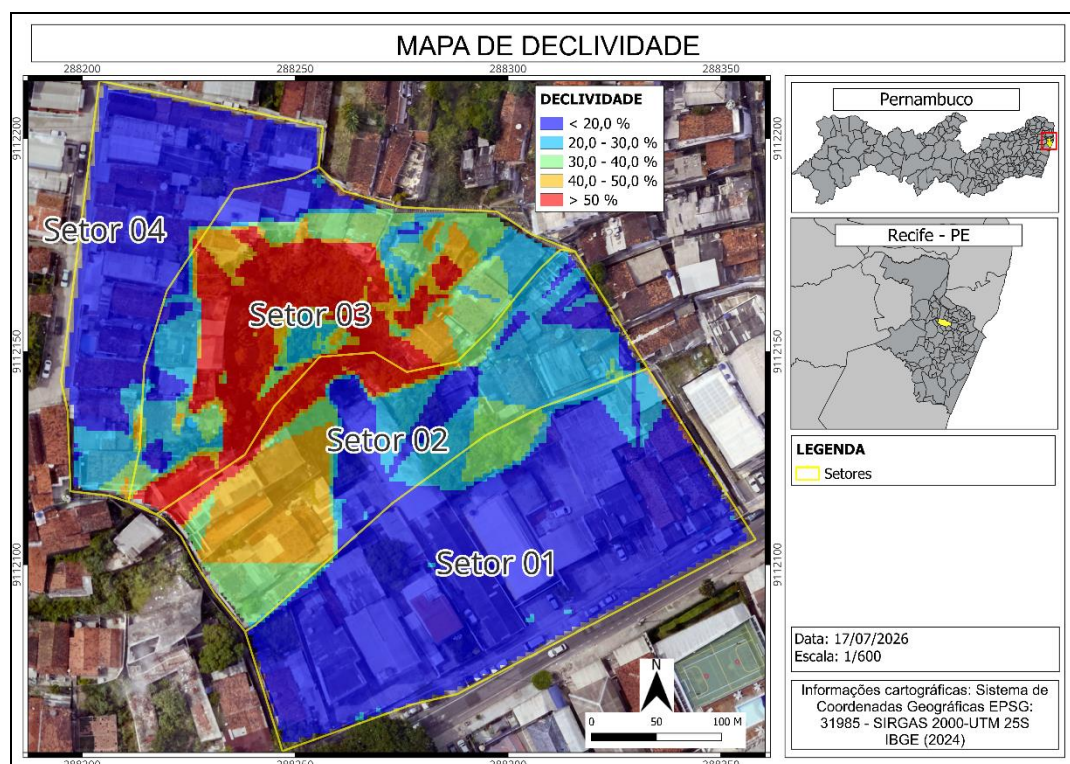


Figura 4 – Mapa de declividade. Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

No aspecto geológico, a encosta é composta por solos sedimentares da Formação Barreiras, caracterizados por textura areno-argilosa. Esses materiais apresentam elevada suscetibilidade a processos erosivos e a escorregamentos de terra. A presença desse tipo de solo foi confirmada durante as observações de campo, nas quais foram identificados pontos de erosão no talude e fissuras em algumas residências localizadas no topo da encosta constituindo indícios claros de instabilidade do talude.

O fator ambiental também apresenta grande relevância na análise. Observa-se uma cobertura vegetal abundante, composta por árvores de grande porte, arbustos e bananeiras. Estas últimas contribuem para o aumento da retenção de água no solo, podendo favorecer processos de instabilidade. Além disso, foram identificadas deficiências no sistema de drenagem, evidenciadas pelo descarte de águas servidas diretamente sobre o talude (figura 5). Outro aspecto observado foi a presença de cortes e aterros realizados sem critérios técnicos na encosta.



Figura 5 – Registros fotográficos de descarte de água servida sobre a encosta. Fonte: Elaborada pelos autores (2026)

Em diversos pontos também é observado o uso de lonas plásticas (figura 6), utilizadas pelo poder público municipal como medida emergencial de proteção do solo. Embora

[doi 10.5281/zenodo.22921371](https://doi.org/10.5281/zenodo.22921371)

representem uma tentativa de minimizar os efeitos da infiltração de água, essas estruturas também indicam a existência de condições de instabilidade na área.



Figura 6 – Registros fotográficos de alguns pontos da encosta, evidenciando a presença de lonas plásticas. Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Na área não são identificadas obras de contenções ou tratamentos estruturais capazes de garantir maior estabilidade à encosta como um todo. Observa-se apenas a presença de algumas estruturas de contenções em pontos isolados (figura 7), com o objetivo de aumentar a segurança local. No entanto, essas intervenções são insuficientes para promover a estabilização da encosta.



Figura 7 – Registros fotográficos de duas obras de contenções existentes na encosta. Fonte: Elaborado pelos autores

A classificação final do perigo indicou graus variando entre baixo e muito alto, evidenciando diferenças nas condições geomorfológicas, físicas e de ocupação ao longo da encosta, conforme a tabela 4 e a figura 8.

Tabela 4 – Grau de perigo final para a área de estudo localizada no bairro de Casa Amarela

	Setor 01	Setor 02	Setor 03	Setor 04
Índice de perigo (IP)	10,00	13,60	37,10	34,10
Feições de Instabilidade	Não	Não	Sim	Não
Grau de Perigo	Baixo	Baixo	Muito alto	Alto

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Os setores 1 e 2 foram classificados com grau de perigo baixo, indicando condições relativamente mais favoráveis de estabilidade. Em conjunto, esses setores abrangem 39 edificações, correspondendo a 46,98% do total.

Em contrapartida, o setor 3 apresentou grau de perigo inicialmente classificado como alto, sendo posteriormente reclassificado como muito alto em função das observações realizadas durante os levantamentos de campo. Foram identificadas evidências de instabilidade, como

doi:10.5281/zenodo.22921371

processos erosivos, deslizamentos recentes e rachaduras em edificações, conforme ilustrado na figura 9. Esse setor concentra 18 edificações, o que representa 21,68% do total.

Por sua vez, o setor 4 foi classificado com grau de perigo alto, abrangendo 26 edificações (31,34% do total). Essa classificação está relacionada à combinação das características topográficas e das intervenções antrópicas observadas na encosta, especialmente à elevada ocupação da área, que contribui para o aumento do grau de perigo à ocorrência de processos de instabilidade.

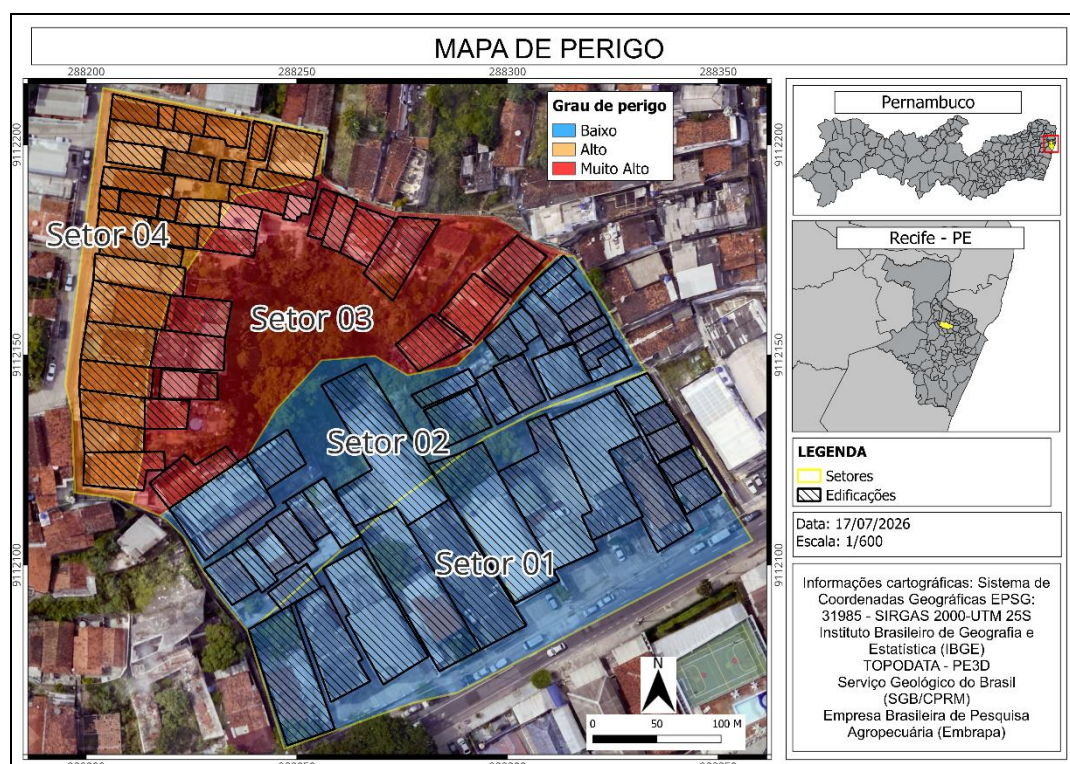


Figura 8 - Mapa de perigo. Fonte: Elaborado pelos autores (2026)



Figura 9 – Registros fotográficos da presença de fissuras e rachaduras nas edificações como sinais de escorregamentos recentes. Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo avaliou o grau de perigo a ocorrência de escorregamentos de terra em uma encosta localizada entre a rua Malmequer e a rua Primeiro de Janeiro, no bairro de Casa Amarela, Recife-PE, a partir da aplicação do método proposto por Faria (2011) aliado ao uso de

Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Os resultados evidenciaram que a encosta apresenta condições naturais favoráveis ao desenvolvimento de escorregamentos, especialmente em função das elevadas declividades e da significativa amplitude altimétrica observada. Do ponto de vista geológico, a predominância de sedimentos da Formação Barreiras, caracterizados por textura areno-argilosa, apresenta elevada suscetibilidade à erosão e à perda de resistência quando saturados.

Adicionalmente, os fatores ambientais e antrópicos exerceram papel determinante na intensificação do perigo, sobretudo em função da ocupação desordenada da encosta, da ausência ou deficiência de sistemas de drenagem adequados, da realização de cortes e aterros sem critérios técnicos e do lançamento de águas servidas diretamente no talude. A presença de feições de instabilidade, como fissuras em edificações, erosões superficiais e deslizamentos recentes, reforça a condição crítica observada em campo.

A classificação final indicou que, embora parte da área apresente condições relativamente estáveis, com setores classificados como de baixo perigo, uma parcela significativa da encosta encontra-se sob condições desfavoráveis, com destaque para os setores classificados como de alto e muito alto perigo. Nesses locais, concentram-se 44 edificações, correspondendo a 53,01% do total.

Destaca-se a importância da adoção de medidas de monitoramento contínuo, intervenções de engenharia e ações de planejamento urbano que visem à redução do risco, especialmente nas áreas mais críticas. O estudo também reforça o potencial do uso integrado de SIG e métodos multicritério como ferramenta de apoio à gestão territorial e à tomada de decisão, contribuindo para a prevenção de desastres e para a promoção de maior segurança às populações residentes em áreas de encosta.

Recomenda-se que estudos mais aprofundados sejam realizados na área, como a realização de sondagens e ensaios laboratoriais destinados à caracterização física e mecânica das camadas de solos. A obtenção desses dados permitirá a realização de análises de estabilidade do talude, contribuindo para uma avaliação mais precisa e para o planejamento de intervenções mais adequadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio ao projeto com processo nº 408102/2023-3.

REFERÊNCIAS

ABDELKARIM, A.; AL-ALOLA, S. S.; ALOGAYELL, H. M.; MOHAMED, S. A.; ALKADI, I. I.; ISMAIL, I. Y.. *Integration of GIS-Based Multicriteria Decision Analysis and Analytic Hierarchy Process to Assess Flood Hazard on the Al-Shamal Train Pathway in Al-Qurayyat Region, Kingdom of Saudi Arabia*. **Water**, v. 12, n. 6, p. 1702, 2020. DOI: 10.3390/w12061702

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Catálogo de metadados**. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br>. Acesso em: 05 mar. 2026.

Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). **Meteorologia: monitoramento pluviométrico**. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>. Acesso em: 05 mar. 2026.

ALHEIROS, M. M. A Formação Barreiras em Pernambuco: aspectos sedimentológicos e estratigráficos. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 35., 1988, Belém. Sociedade Brasileira de Geologia, 1988. p. 1067-1079.

AMARAL, C. M.; REIS, C. H. Suscetibilidade a escorregamentos e inundações: Hierarquização dos graus de riscos na área urbana de Viçosa - MG. **Revista da Anpege**, v. 13, n. 21, p. 199-219, 2017. DOI:

10.5418/ra2017.1321.0008

AMAYA, A.; NTOUMBE, M.; DIGUIM, A. K.; KAH, E. *Cartographie de la susceptibilité aux inondations par la méthode de l'analyse multicritère hiérarchique (AHP) combinée au Système d'Information Géographique (SIG): Cas du Département du Diamaré (Extrême-nord, Cameroun).* **International Journal of Innovation and Applied Studies**, v. 33, n. 3, p. 491-501, 2021. Disponível em: <http://www.ijias.issr-journals.org/abstract.php?article=IJIAS-21-144-14>. Acesso em: 04 mar. 2026.

BANDEIRA, A. P. N. **Mapa de risco de erosão e escoamento das encostas com ocupações desordenadas no município de Camaragibe-PE.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG, Recife – PE, 2003.

BANDEIRA, Ana Patrícia Nunes. **Parâmetros técnicos para gerenciamento de áreas de risco de escorregamentos de encostas na Região Metropolitana do Recife.** 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Recife, 2010.

BEZERRA, L. T. V. **Mapeamento de risco/perigo de movimentos de massa e avaliação da estabilidade das encostas na comunidade São José de Jacó, Natal/RN.** 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2019.

BISPO, C. O.; LISTO, F. L. R.; FALCÃO, N. A. M.; SILVA, D. G. Previsão de escorregamentos no município de Maceió (AL) a partir do modelo AHP. **Geography Department University Of Sao Paulo**, v. 39, p. 88-101, 2020. DOI: 10.11606/rdg.v39i0.161388

BRITO, M. M.; WEBER, E. J.; SILVA FILHO, L. C. P.. Multi-Criteria Analysis applied to landslide susceptibility mapping. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 4, p. 719-735, 2017. DOI: 10.20502/rbg.v18i4.1117

COSTA JUNIOR, H.; CABRAL, S. C. Tecnologias no mapeamento de áreas de risco de deslizamento em Teófilo Otoni. **Research, Society And Development**, v. 8, n. 12, p. e018121353, 2019. DOI: 10.33448/rsd-v8i12.1353

EFFGEN, J. F.; MARCHIORO, E. Mapeamento de áreas suscetíveis a movimentos de massa no município de Vila Velha-ES, com o uso de Análise de Processos Hierarquizados (AHP). **Geociências**, v. 36, n. 4, p. 731-742, 2018. DOI: 10.5016/geociencias.v36i4.12066

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos (SiBCS).** Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>. Acesso em 05 mar. 2026.

FARIA, D. G. M.; AUGUSTO FILHO, O. Aplicação do processo de análise hierárquica (AHP) no mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 23-44, 2013. DOI: 10.5935/0100-929X.20130002

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).** 2021. Dissertação (Mestrado em Geociências e Análises de Bacias) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2021.

HE, H.; HU, D.; SUN, Q.; ZHU, L.; LIU, Y. 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. DOI: 10.3390/ijgi8060266

Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística (IBGE). **Downloads de Geociências.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 04 mar. 2026.

LIMA, V. H. R.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N. Áreas de risco de erosões do tipo movimento de massa do solo em Lagoa Dourada, Minas Gerais – Brasil. **Brazilian Journal Of Development**, v. 7, n. 1, p. 3603 3620, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n1-244

MANTOVANI, B. **Mapeamento de risco a movimentos de massa e inundação em áreas urbanas do município de Camaragibe.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco- UFPE. Recife – PE, 2016.

MEIRELLES, E. O.; DOURADO, F.; COSTA, V. C. Análise Multicritério para mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa na bacia do rio Paquequer- RJ. **Geo Uerj**, n. 33, p. e26037, 2018. DOI:

10.12957/geouerj.2018.26037.

MORAIS, A. D. **Propriedades geotécnicas de sedimentos da Formação Barreiras e análise de estabilidade de falésias considerando a condição não saturada: estudo de caso em Barra de Tabatinga/RN**. 2020. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Natal, 2020.

Pernambuco Tridimensional. **Programa Pernambuco Tridimensional – PE3D: mapeamento aerofotogramétrico do território**. Disponível em: <https://pe3d.pe.gov.br/mapa.php>. Acesso em: 06 mar. 2026.

PESSOA NETO, A. G.; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, F. G. A.; FERREIRA, V. D. Método de Análise Hierárquica (AHP) para determinar a suscetibilidade a movimentos de massa no bairro da Macaxeira (Recife-PE, Brasil). **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 17, n. 1, p. 5-22, 2023. Disponível em: <https://revista.ufr.br/rga/article/view/7742>. Acesso em 20 mar. 2026.

PESSOA NETO, Amaury Gouveia; SILVA, Simone Rosa da; LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz; BARBOSA, Ioná Maria Beltrão Rameh. MAPEAMENTO DAS ÁREAS SUSCETÍVEIS A MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE JABOATÃO DOS GUARARAPES, PERNAMBUCO. **Revista Baru - Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, Goiânia, Brasil, v. 9, n. 1, p. 23 páginas, 2024. DOI: 10.18224/baru.v9i1.13315.

PFALTZGRAFF, P. A. d. S. **Mapa de Risco a Deslizamentos na Região Metropolitana do Recife**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Recife – PE, 2007.

PINTO, R. C.; PASSOS, E.; CANEPARO, S. C. Mapeamento de suscetibilidade aos movimentos de massa com uso da Avaliação Multicritério pelo método da Média Ponderada Ordenada. **Caderno de Geografia**, v. 25, n. 43, p. 116-146, 2015. DOI: 10.5752/p.2318-2962.2015v25n43p116.

Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM). Downloads. Disponível em: <https://geosgb.sgb.gov.br/geosgb/downloads.html>. Acesso em 04 mar. 2026.

ROCHA, W. S.; PASQUALETTO, A.; DOS SANTOS, Gi. M.; MENDES, T. A.; DOS SANTOS, H. L. Erosão Urbana: Microbacia do Córrego Olho D'água, Município de Goiânia, Goiás. **Revista Baru - Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, Goiânia, Brasil, v. 4, n. 1, p. 64–76, 2018. DOI: 10.18224/baru.v4i1.6202.

ROCHA, A. P.; SCHULER, C. A. B. Avaliação espaço temporal da suscetibilidade a movimentos de massa utilizando ortofotocartas e modelagem espacial multicritério na dinâmica de áreas de risco nas Microrregiões do Jordão e Ibura, Recife - PE. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 9, p. 1747-1770, 2016. DOI: 10.14393/rbcv68n9-44441

SAMPAIO, F. M. A. S.; ROBAINA, L. E. S. Suscetibilidade a movimentos de massa na bacia hidrográfica do rio Taquari/Antas. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 33, p. 85-105, 2019. Disponível em: <https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/4321>. Acesso em: 20 mar. 2026.

SANT ANA, W. O. S. **Análise comparativa e integração de métodos para mapeamento de áreas suscetíveis a escorregamentos**. 2021. 243 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2021

SEIFOLLAHI-AGHMIUNI, S.; KALANTARI, Z.; EGIDI, G., GABUROV, L., SALVATI, L. *Urbanisation-driven land degradation and socioeconomic challenges in peri-urban areas: Insights from Southern Europe*. **Ambio**, v. 51, n. 6, 1446-1458, 2022. DOI: 10.1007/s13280-022-01701-7

SILVEIRA, H. L. F.; VETTORAZZI, C. A.; VALENTE, R. A. Avaliação multicriterial no mapeamento da suscetibilidade de deslizamentos de terra. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 973-982, 2014. DOI: 10.1590/s0100-67622014000600002

XAVIER, J. P. S.; LISTO, F. L. R.; BISPO, C. O.; SANTANA, J. K. R. Metodologias de identificação de risco a escorregamentos de terra associadas ao Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), aplicados ao município do Recife. **Revista Ciência & Trópico**, v. 43, n. 1, p. 73-86, 2019. DOI: 10.33148/CeTropico-v.43,n.1(2019) 1833.