



# Análise de Risco Geotécnico em Encostas: Estudo de Caso no Bairro de Passarinho, Recife - PE

Talyta Tuane Lima Melo

Mestranda em Geotecnica, Recife, Brasil, talyta.tmelo@ufpe.br

Silvio Romero de Melo Ferreira

Doutor em Engenharia Civil, Recife, Brasil, silvio.mferreira@ufpe.br

**RESUMO:** A cidade do Recife, capital de Pernambuco, caracteriza-se por sua geografia peculiar, marcada pela presença de extensas áreas planas e regiões elevadas com encostas íngremes, principalmente nas zonas norte e oeste. Essas elevações são compostas majoritariamente por sedimentos da Formação Barreiras, caracterizada por solos argilosos e arenosos pouco consolidados, que conferem alta suscetibilidade à erosão e à instabilidade dos taludes, principalmente quando associados a intervenções humanas inadequadas. A análise de risco geotécnico de encostas urbanas torna-se uma ferramenta essencial para a gestão urbana e a prevenção de desastres naturais. Este trabalho tem como foco a avaliação de risco geotécnico em encostas urbanas do bairro Passarinho da cidade do Recife, com base na aplicação da metodologia proposta por Gusmão Filho et.al (1994) com adaptações. A metodologia aplicada compreende: a delimitação da área de estudo, a elaboração e aplicação da ficha de campo, tratamento dos dados, a avaliação qualitativa do risco de escorregamentos (muito baixo, baixo, médio, alto ou muito alto) e a representação cartográfica do mapa de risco geotécnico. Ademais, esta avaliação foi comparada às análises de estabilidade de encostas realizadas no software SLIDE2 da Rocscience, considerando os seguintes cenários: condição seca e condição chuvosa. Os resultados indicaram que cerca de 73% das encostas apresentam risco alto, 20% risco médio e 7% risco baixo e, os fatores de segurança confirmaram a instabilidade das encostas durante o período chuvoso.

**PALAVRAS-CHAVE:** talude, área de risco, ocupação antrópica, instabilidade.

**ABSTRACT:** The city of Recife, capital of the state of Pernambuco, is characterized by its peculiar geography, marked by the presence of extensive flat areas and elevated regions with steep slopes, especially in the northern and western zones. These elevations are predominantly composed of sediments from the Barreiras Formation, characterized by poorly consolidated clay and sandy soils, which confer high susceptibility to erosion and slope instability, particularly when associated with inadequate anthropogenic interventions. Geotechnical risk analysis of urban slopes thus becomes an essential tool for urban management and natural disaster prevention. This study focuses on the geotechnical risk assessment of urban slopes in the Passarinho neighborhood of Recife, based on the methodology proposed by Gusmão Filho et al. (1994). The methodology applied comprises delimitation of the study area, development and application of a field survey form, data processing, qualitative assessment of landslide risk (very low, low, medium, high, or very high), and the cartographic representation of the geotechnical risk map. In addition, slope stability analyses were conducted using the SLIDE2 software from Rocscience, considering two scenarios: dry and rainy conditions. The results indicated that approximately 73% of the slopes present high risk, 20% medium risk, and 7% low risk, and the safety factors confirmed the instability of the slopes during the rainy season.

**KEYWORDS:** slope, risk area, anthropogenic occupation, instability.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Guidicini e Nieble (1983), os movimentos de massa, além de exercerem papel significativo na modelagem do relevo terrestre, possuem grande relevância econômica e social, sendo, por isso, amplamente estudados em diversos países. Nessa linha de investigação, são conduzidas pesquisas que buscam aprofundar o entendimento dos processos de movimentos de massa em áreas da Região Metropolitana do Recife, por meio das atividades do Grupo de Solos Não Saturados (GNSat) da Universidade Federal de Pernambuco.



Ao longo das últimas décadas, o acelerado processo de urbanização desordenada, aliado à ocupação irregular de áreas de morro, intensificou os problemas relacionados à instabilidade de encostas, especialmente durante o período chuvoso, provocando perdas humanas, danos materiais e deslocamento de famílias. Segundo Araújo et al. (2025), o bairro Passarinho ocupa a quinta posição entre os bairros do Recife-PE com maior número de ocorrências de deslizamentos em encostas, contabilizando mais de 250 registros entre 2013 e 2024. Em 24 de julho de 2019, um deslizamento causou a morte de um casal de idosos e, mais recentemente, no dia 06 de fevereiro de 2025, mãe e filha foram vítimas fatais de um deslizamento. De acordo com Recife (2019), nos cinco dias anteriores ao desastre de 2019 foram registrados 357 mm de chuva, volume equivalente à média de 20 dias para o período. Nas 24 horas anteriores do acidente de 2025, o volume acumulado de precipitação atingiu aproximadamente 200 mm, representando o maior índice pluviométrico já registrado no mês de fevereiro em toda a série histórica da cidade do Recife (Recife, 2025).

Sendo assim, a análise de risco geotécnico de encostas urbanas torna-se uma ferramenta essencial para a gestão urbana e a prevenção de desastres associados à instabilidade de encostas. Este trabalho tem como foco a avaliação de risco geotécnico em encostas urbanas do bairro Passarinho na zona norte da cidade do Recife, com base na aplicação da metodologia de avaliação de risco proposta por Gusmão Filho et.al (1994) com adaptações, contribuindo para o planejamento urbano sustentável e a segurança da população local. Aliado a isto, a comparação com as análises de estabilidade permitiu validar as zonas de risco delimitadas, sobretudo nas áreas em que a instabilidade está fortemente condicionada à influência da umidade.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Estrutura Metodológica

A metodologia desenvolvida neste trabalho apresenta uma abordagem qualitativa e quantitativa, fundamentada no método empírico-analítico e de caráter diagnóstico. O desenvolvimento das atividades descritas nesta metodologia foi realizado com o apoio de equipe técnica do projeto denominado “Morro de Vontade” em 2023 apoiado pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE.

Incialmente, foram definidos os setores (ruas e logradouros) para avaliação do risco e realizadas visitas técnicas de reconhecimento em campo, cuja principal finalidade foi a observação direta das características físicas dos setores selecionados, incluindo a identificação preliminar das feições morfológicas, do estágio de evolução dos processos de instabilidade, da densidade populacional, da infraestrutura e das condições dos elementos expostos. Nesta fase, também foram selecionados dois setores para investigação geotécnica detalhada, em função das condições críticas de instabilidade e a vulnerabilidade dos elementos.

Para avaliação do grau de risco geológico-geotécnico, foi elaborado um questionário sócio geotécnico, em formato impresso e digital, baseado na metodologia proposta por Gusmão Filho et al., em 1994 com adaptações nos aspectos de vulnerabilidade dos elementos expostos, visando à caracterização das condições tanto naturais quanto antrópicas. Em seguida, foram conduzidas entrevistas presenciais com os moradores, com a aplicação do questionário no formato digital, por meio de um aplicativo construído no ambiente QGIS e compatível com o QField (aplicativo Avenza Maps) para uso em dispositivos móveis. A amostragem buscou incluir o maior número possível de residências dos setores, que permitiu levantar dados sociais e estruturais relevantes, mesmo sem entrevistar todos os domicílios existentes.

De posse das informações coletadas em campo e complementação dos dados em escritório, foi montada uma planilha de cálculo para avaliação qualitativa do risco geológico no Excel, a partir da definição de Gusmão Filho et al., em 1994. A partir dos resultados de todos os setores, foi elaborado o mapa de risco geológico a partir da representação cartográfica das zonas de risco muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

No Projeto foram elaboradas a planta e a seção de seis setores, por meio da realização de levantamentos topográficos, investigações de campo e dados pré-existentes. Os parâmetros de resistência adotados foram obtidos a partir da literatura, conforme apresentado em Araújo et al. (2025, no prelo). Dotado destes dados, foram realizadas as avaliações da estabilidade geotécnica, por meio do software SLIDE2 da Rocscience, considerando os seguintes cenários: condição seca e condição chuvosa, que divergem em função da saturação das camadas de cada encosta. A partir disto, estes resultados foram comparados à classificação do grau de risco previamente estabelecida, permitindo verificar a coerência entre os cálculos de estabilidade geotécnica e a análise qualitativa dos atributos de risco.



## 2.2 Metodologia de Análise de Risco

A metodologia de análise de risco proposta por Gusmão Filho et al. (1994) abordagem por índice de análise relativa, sem a utilização de cálculos probabilísticos e contempla os condicionantes comumente relacionados a erosão e escorregamentos em encostas, incluindo aspectos geológicos, topográficos e ambientais, além das características climáticas e das características de ocupação e infraestrutura. Esses elementos principais de risco desdobram-se em diversos fatores secundários, conforme apresentado nas Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3, que permitem a classificação do grau de risco do deslizamento (Tabela 4).

Após a atribuição do grau de risco individual para cada atributo, procede-se ao cálculo do grau de risco de cada fator (topográfico, geológico e ambiental) por meio da média aritmética dos valores obtidos para seus respectivos atributos. Em seguida, determina-se o grau de risco global de cada setor da encosta, utilizando a média aritmética simples ou ponderada dos fatores, conforme Equação 1.

Em função da relevância dos fatores de risco na deflagração dos deslizamentos, para as encostas deste trabalho o grau de risco final foi calculado através da média aritmética e da média ponderada com peso 1 para geologia, 2 para topografia e 3 para o ambiente, com o intuito de avaliar a relevância dos fatores de risco na deflagração dos deslizamentos, privilegiando aqueles diretamente associados à materialização do risco. A geologia recebeu peso 1, uma vez que todos os setores avaliados se encontram sobre a mesma unidade litológica (Formação Barreiras) e não sofre variação significativa nos demais fatores. A topografia foi classificada com peso 2, pois os atributos avaliados exercem influência direta sobre a suscetibilidade das encostas, apesar disso, esses condicionantes, por si só, não são suficientes para deflagrar deslizamentos. Por fim, os fatores ambientais receberam peso 3, dado que constituem os principais elementos deflagradores da instabilidade de encostas urbanizadas e elevam a probabilidade de ocorrência de deslizamentos.

$$\text{GRF}_{\text{ENC}} = \frac{[(P1 \times \text{GRT}) + (P2 \times \text{GRG}) + (P3 \times \text{GRA})]}{(P1 + P2 + P3)} \quad (1)$$

GRF<sub>ENC</sub> = Grau de risco de cada setor (encosta);

GRT = Grau de risco topográfico (média aritmética dos atributos topográficos);

GRG = Grau de risco geológico (média aritmética dos atributos ambientais);

GRA = Grau de risco ambiental (média aritmética dos atributos ambientais);

P1, P2, P3 = São os pesos do fator topográfico, geológico e ambiental, respectivamente.

Tabela 1. Critérios adotados para os Fatores Geológicos.

Fonte: Gusmão Filho et al. (1994).

Pontuação/ Fatores	Muito Baixo (1)	Baixo (2)	Mediano (3)	Alto (4)	Muito Alto (5)
Litologia	Formação Gramame	Formação Cabo	Solo Residual	Formação Beberibe	Formação Barreiras
Estrutura	Homogênea	Mergulho Contrário ao Corte	Bandada Horizontal	Bandada Subvertical	Mergulho no Sentido do corte
Textura	Arenosa	Areno-Argilosa Homogênea	Argilo-Arenosa Homogênea	Topo Arenoso s/ Argila	Topo Argiloso s/ Areia
Evidências de Risco	Sem Evidências	Ravinamento Superficial	Cicatrizes	Ravinamento Profundo	Fendas e Voçorocas

Tabela 2. Critérios adotados para os Fatores Topográficos.

Fonte: Gusmão Filho et al. (1994).

Pontuação/ Fatores	Muito Baixo (1)	Baixo (2)	Mediano (3)	Alto (4)	Muito Alto (5)
Altura (m)	< 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	> 30
Extensão (m)	< 100	100 - 250	250 - 350	350 - 500	> 500
Declividade (%)	< 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	> 50
Perfil	Côncavo	Retilíneo	Côncavo - Convexo	Convexo	Convexo
Morfologia	Convexa	Retilínea	Côncavo - Convexo	Côncava	Cabeceira Drenagem



Tabela 3. Critérios adotados para os Fatores Ambientais.

Fonte: Gusmão Filho *et al.* (1994).

Pontuação/ Fatores	Muito Baixo (1)	Baixo (2)	Mediano (3)	Alto (4)	Muito Alto (5)
Vegetação (%)	100	100 - 70	70 - 30	30 - 0	0
Drenagem	Natural	Parcial	Insuficiente	Tópica	Inexistente
Cortes	Pequeno Porte e Isolados	Dispersos em topos	Dispersos Próximo ao Pé	Patamares Desordenados	Grandes Portes
Densidade Pop. (hab/ha)	< 100	100 - 200	200 - 300	300 - 500	> 500
Tratamento	Suficiente	Parcial	Insuficiente	Tópica	Inexistente

Tabela 4. Classificação do Risco das Encostas.

Fonte: Adaptado de Gusmão Filho *et al.* (1994).

Classificação do Risco	Muito Baixo (MB)	Baixo (BA)	Médio (MD)	Alto (AL)	Muito Alto (MA)
Grau de Risco Final	< 1,75	1,75 - 2,24	2,25 - 2,74	2,75 - 3,24	> 3,24

### 2.3 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo contempla a rua Alto da Telha e as ruas circunvizinhas (especificamente a oeste/esquerda) no bairro Passarinho do município de Recife, capital do estado de Pernambuco. Esta área foi escolhida por apresentar condições geológico-geotécnicas e socioambientais típicas de áreas urbanas sujeitas à instabilidade de encostas. Ademais, Passarinho está inserida em áreas mapeadas por iniciativas governamentais voltadas à redução de riscos, o que favorece a integração de informações e a aplicação de metodologias de avaliação geotécnica.

A geologia do local na qual está inserida a comunidade do Córrego da Telha é composta por consolidados da Formação Barreiras. Esta unidade geológica recobre o embasamento cristalino e as unidades sedimentares cretáceas (Alheiros *et al.*, 1990). A unidade geomorfológica da área de estudo é denominada Tabuleiros da Costa Norte de Pernambuco. Os tabuleiros da Formação Barreiras configuram-se como superfícies aplainadas localizadas entre vertentes íngremes e vales encaixados, com orientação predominante sudoeste-nordeste, em consonância com o padrão de drenagem regional, controlado estruturalmente (Ferreira, 2008).

De acordo com Santos (2016), a vegetação atualmente presente no Recife consiste, em grande parte, em remanescentes da cobertura vegetal original, predominantemente composta por formações de Mata Atlântica e Manguezais. Segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2022), a cobertura vegetal do município é estimada em 52,11%. Pfaltzgraff (2007) comenta que a cobertura vegetal da Região Metropolitana do Recife é majoritariamente composta por canaviais, além de que os remanescentes da Mata Atlântica são escassos, e parte da vegetação nativa sobrevive em estágios de regeneração, como capoeira e capoeirinha. Também há presença de culturas agrícolas de subsistência, como milho, feijão e banana, geralmente em pequenas áreas, além de coqueirais concentrados próximos ao litoral.

Na conjuntura climática a cidade de Recife recebe a classificação As' segundo Köppen-Geiger, ou seja, clima tropical quente e úmido, com estação seca no verão (Santos, 2016). Neste clima, o regime pluviométrico é marcado pela escassez de chuvas no verão e concentração das precipitações durante o período chuvoso, comumente referido como "inverno", embora não corresponda à estação do inverno climático.

Nas encostas da região de Passarinho, no Recife, observa-se um relevo de morfologia madura, caracterizado por vertentes já estabilizadas ao longo do tempo geológico. Em geral, essas encostas não apresentam ocorrência espontânea de escorregamentos, a menos que sejam submetidas a intervenções antrópicas que alterem seu equilíbrio natural. A realização de cortes em encostas para fins habitacionais, a supressão da cobertura vegetal e os impactos decorrentes da ocupação desordenada - como a instalação de fossas sépticas, lançamento de esgoto e acúmulo de resíduos sólidos - contribuem significativamente para o desencadeamento de movimentos de massa.



## 2.4 Questionário Sócio Geotécnico

O questionário sócio geotécnico, apresentado na Figura 1, foi desenvolvido para obtenção dos aspectos geológicos, topográficos e ambientais necessário para aplicação da metodologia Gusmão Filho *et al.* (1994). Além disto o questionário inclui aspectos de vulnerabilidade social, a exemplo das condições de moradia, número de habitantes por residência, acesso a serviços públicos (como saneamento básico, drenagem e coleta de resíduos), percepção de risco pelos moradores e histórico de ocorrências de movimentos de massa.

FICHA DE CAMPO		Data / / Hora:	
Nº de identificação da FC:			
Logradouro:			
Bairro:	Nº:	Referência:	
Nome do morador:			
Coordenadas:	X:		
	Y:		
	Z:		
Método de medida das coordenadas:			
MORADIA			
Idade do imóvel (anos):	<input type="checkbox"/> 1 a 5 <input type="checkbox"/> 5 a 10 <input type="checkbox"/> Mais de 10	Área construída do imóvel (m <sup>2</sup> ):	<input type="checkbox"/> Até 20 <input type="checkbox"/> De 20 a 30 <input type="checkbox"/> De 30 a 40 <input type="checkbox"/> De 40 a 50 <input type="checkbox"/> Maior que 50
Especificação:	Especificar:		
Tipo de Moradia:	<input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Mista	<input type="checkbox"/> Alvenaria <input type="checkbox"/> Taipa	
Nº de pavimentos:		Tipo de ocupação:	<input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Irregular
Quantidade de pessoas na residência:		Construção com aterro:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Espessura (m):
Material do telhado:	<input type="checkbox"/> Telha de fibrocimento <input type="checkbox"/> Telha de cerâmica <input type="checkbox"/> Laje <input type="checkbox"/> Outro	Área disponível para instalação de reservatório (m <sup>2</sup> ):	<input type="checkbox"/> Menor que 1 <input type="checkbox"/> Entre 1 e 2 <input type="checkbox"/> Entre 2 e 3 <input type="checkbox"/> Maior que 3
Ondulação no telhado:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		<input type="checkbox"/> Não possui área disponível <input type="checkbox"/> Não tem interesse
Água do telhado é direcionada:	<input type="checkbox"/> Reservatório <input type="checkbox"/> Drenagem/ Sarje	Direto na rua	
Observações:			
INFILTRAÇÃO			
	<input type="checkbox"/> Parede <input type="checkbox"/> Teto <input type="checkbox"/> Ambos <input type="checkbox"/> Não	No período chuvoso, já entrou água dentro do imóvel?	<input type="checkbox"/> Até 20 cm <input type="checkbox"/> De 20 a 50 cm <input type="checkbox"/> Maior que 50 cm
Trincas/ Rachaduras:			<input type="checkbox"/> Não
TRINCAS/ RACHADURAS			
	<input type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Interna <input type="checkbox"/> Não foi constatado	Trincas inferiores ( ) Sistema elétrico ( ) Sistema hidráulico	
		Distância das trincas: ( ) < 2 m ( ) 2 m < d < 4 m ( ) 4 m < d < 6 m ( ) 6 m < d < 10 m ( ) d > 10 m	
		Extensão das trincas: ( ) < 100 cm ( ) > 100 cm	
		Abertura das trincas: ( ) < 1 cm ( ) 1 a 5 cm	
ÁGUA, ESGOTO E LIXO			
Origem da água para uso da moradia:	<input type="checkbox"/> Extensivo <input type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> Insuficiente <input type="checkbox"/> Tópico <input type="checkbox"/> Inexistente		
Tratamento de água:	<input type="checkbox"/> Até 50 cm <input type="checkbox"/> Até 100 cm <input type="checkbox"/> Acima de 1 m <input type="checkbox"/> Não há a ocorrência		
Alagamento da área (frente, lateral, fundo):	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Sistema de drenagem superficial (construído):	<input type="checkbox"/> Extenso <input type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> Insuficiente <input type="checkbox"/> Tópico <input type="checkbox"/> Inexistente
Armazenamento da água da chuva:	<input type="checkbox"/> Tipo (s): Capacidade (L):	Lançamento de água a céu aberto:	<input type="checkbox"/> Boca de Lobo <input type="checkbox"/> Sarjeta <input type="checkbox"/> Outro
Destino do esgoto:	<input type="checkbox"/> Céu aberto <input type="checkbox"/> Fossa séptica <input type="checkbox"/> Canalizado <input type="checkbox"/> Dimensões:	Vazamento na tubulação:	<input type="checkbox"/> Esgoto <input type="checkbox"/> Água <input type="checkbox"/> Não existente
Tratamento do esgoto:	<input type="checkbox"/> Extensivo <input type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> Insuficiente <input type="checkbox"/> Tópico <input type="checkbox"/> Inexistente	Lançamento de lixo na encosta:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Coleta de lixo:	<input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Irregular		
Movimento já ocorreu:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Cicatrizes:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
MOVIMENTAÇÃO			
SINALS DE MOVIMENTAÇÃO			
	<input type="checkbox"/> Ondulações na superfície <input type="checkbox"/> Embaigamento <input type="checkbox"/> Desalinhasamento: ( ) Ancreias ( ) Cachos ( ) Cales ( ) Vias ( ) Carreiras de drenagem <input type="checkbox"/> Outro:	Estruuras adjacentes de contenção:	<input type="checkbox"/> Executado: ( ) Prefeitura ( ) Moradores <input type="checkbox"/> Insuficiente <input type="checkbox"/> Necesita reparos <input type="checkbox"/> Suficiente <input type="checkbox"/> Não existente Tipo:
Tela argamassada:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		Extensão da tela no topo: (m)
Movimentos esperados/ocorridos:	<input type="checkbox"/> Escorregamento Planar <input type="checkbox"/> Escorregamento Rotacional <input type="checkbox"/> Rastejos	ESTRUTURAS AFETADAS:	<input type="checkbox"/> Ruas/ Vias <input type="checkbox"/> Residências <input type="checkbox"/> Sistemas de drenagem <input type="checkbox"/> Infraestruturas (postes, iluminação, etc)
VEGETAÇÃO			
Vegetação no talude e proximidades:	<input type="checkbox"/> Sem cobertura vegetal <input type="checkbox"/> Vegetação rasteira <input type="checkbox"/> Presença de árvores <input type="checkbox"/> Mata coberta diversa	Bananeiras ou bambus no talude:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Área de cultivo de:			
Vegetação (%):	<input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 70 - 30 <input type="checkbox"/> 30 - 0 <input type="checkbox"/> Ausente		
CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA			
Litologia:	<input type="checkbox"/> Calcário - Fm. Gramame - 1 <input type="checkbox"/> Conglomerado - Fm. Cabo - 2 <input type="checkbox"/> Sedimentos - Fm. Beberibe - 3 <input type="checkbox"/> Barreiras - 5	Presença de material inchoso:	<input type="checkbox"/> Presença de rochas ou matações <input type="checkbox"/> Blocos soltos no talude <input type="checkbox"/> Parede rochosa
Estrutura:	<input type="checkbox"/> Mergado Contrário ao Corte - 2	Tipo:	<input type="checkbox"/> Bandeira Horizontal - 3 <input type="checkbox"/> Bandeira Subvertical - 4 <input type="checkbox"/> Mergado no Sentido do Corte - 5
Textura:	<input type="checkbox"/> Arenosa - 1 <input type="checkbox"/> Arenocangosa Homogênea - 2		<input type="checkbox"/> Argila-arenosa Homogênea - 3 <input type="checkbox"/> Topo Arenoso s/ Argila - 4 <input type="checkbox"/> Argila - 5
Evidências de Risco:	<input type="checkbox"/> Sem evidências - 1 <input type="checkbox"/> Ravinamento Superficial - 2		<input type="checkbox"/> Cicatrizes - 3 <input type="checkbox"/> Ravinamento Profundo - 4 <input type="checkbox"/> Fendas, Vóporas e/ou Barriga - 5
Opcão 1: Encosta Natural		Opcão 2: Talude de Conta	
Opcão 3: Tabule de Altero			
Altura do talude:	<input type="checkbox"/> 1 h < 2 m <input type="checkbox"/> 2 m < h < 4 m <input type="checkbox"/> 4 m < h < 6 m <input type="checkbox"/> 6 m < h < 10 m <input type="checkbox"/> h > 10 m		
Inclinação do talude:			
Distância da moradia:			
Base da encosta (m):	<input type="checkbox"/> d < 2 <input type="checkbox"/> 2 < d < 4 <input type="checkbox"/> 4 < d < 6 <input type="checkbox"/> 6 < d < 10 <input type="checkbox"/> d > 10	Topo da encosta (m):	<input type="checkbox"/> d < 2 <input type="checkbox"/> 2 < d < 4 <input type="checkbox"/> 4 < d < 6 <input type="checkbox"/> 6 < d < 10 <input type="checkbox"/> d > 10
Cortes:	<input type="checkbox"/> Pequeno Ponto e Isolados <input type="checkbox"/> Dispensos Próximos ao Pôe <input type="checkbox"/> Dispensos em Tops <input type="checkbox"/> Patamares Desordenados		
TERRENO			
Ocorrência de água:	<input type="checkbox"/> Crista <input type="checkbox"/> Meio <input type="checkbox"/> Pés <input type="checkbox"/> Não existente	Erosão:	<input type="checkbox"/> Laminar (superficial) <input type="checkbox"/> Sulcos (prof. até 0,5 m) <input type="checkbox"/> Ravinas (prof. maior que 0,5 m) <input type="checkbox"/> Trincas (até 3 m) <input type="checkbox"/> Vóporas (atinge larg. fréatica)
OBSERVAÇÕES:			

Figura 1. Questionário Sócio Geotécnico.

Fonte: Adaptado de Projeto Morro de Vontade - Relatório Final de Atividades (2024).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Análise de Risco Geotécnico

Ao todo, foram diligenciadas 114 residências situadas na comunidade Córrego da Telha, no bairro de Passarinho, abrangendo uma área de aproximadamente 900.000 m<sup>2</sup>. Neste contexto, a metodologia proposta por Gusmão Filho *et al.*, em 1994, com adaptações foi implementada em 15 encostas, conforme exposto na Figura 2 e Tabela 5.

Os resultados evidenciam a suscetibilidade ao escorregamento das encostas analisadas no bairro de Passarinho, refletindo a gravidade do cenário de risco a que essas áreas estão expostas. Com base na média aritmética simples dos fatores avaliados (geológico, topográfico e ambiental), observou-se que 73% das encostas foram classificadas como de risco alto, 20% de risco médio e apenas 7% de risco baixo. Esse panorama já aponta para a predominância de situações críticas em grande parte da área estudada.

Entretanto, ao aplicar uma ponderação diferenciada para os fatores - atribuindo pesos de 1, 2 e 3 para os fatores geológico, topográfico e ambientais, respectivamente - os resultados revelaram uma alteração significativa na distribuição dos níveis de risco. Nessa abordagem ponderada, 67% das encostas passaram a ser classificadas como de risco muito alto, 13% como de risco alto e 20% como de risco médio.

Estes resultados exprimem a influência preponderante dos aspectos ambientais - tais como a ocupação antrópica desordenada, a insuficiência de sistemas de drenagem e a supressão da cobertura vegetal - na materialização dos processos de instabilidade e, consequentemente, na elevação do grau de risco, especialmente em áreas densamente ocupadas e com histórico de deslizamentos.

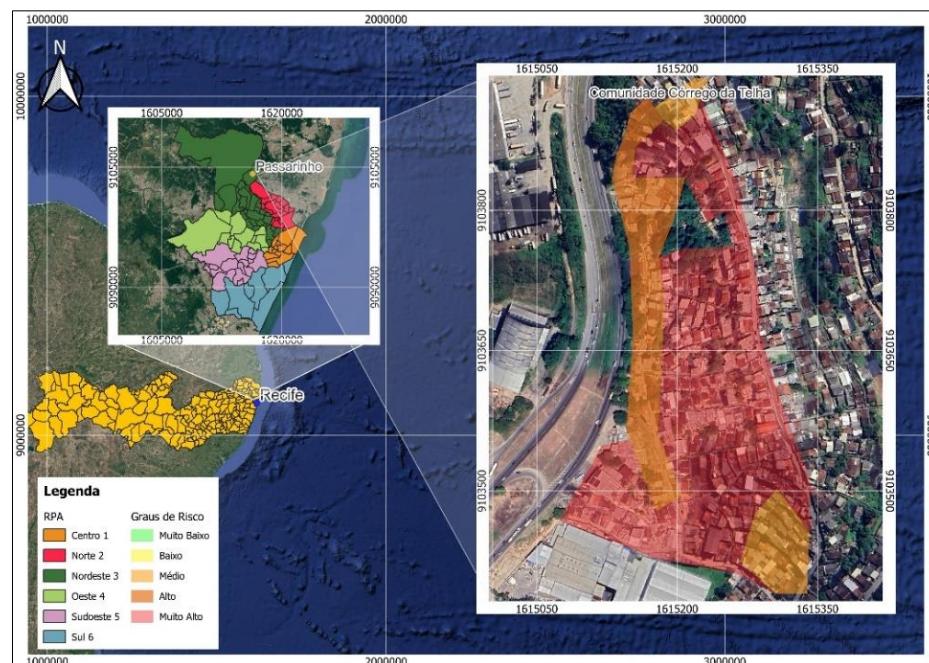


Figura 2. Mapa de Risco Geotécnico da Comunidade Córrego da Telha, bairro Passarinho, Recife - PE.

Fonte: Autores, 2025.

Tabela 5. Grau de Risco das encostas mapeadas na comunidade do Córrego da Telha.  
Fonte: Autores, 2025.

Fatores/ Rua	Geológico	Topográfico	Ambientais	Média Aritmética	Média Ponderada	GR AL	GR MA
Brumal	2,75	3,40	2,80	2,98	3,59	AL	MA
Beta	2,75	3,60	3,00	3,12	3,79	AL	MA
Córrego da Telha 1º	3,00	1,80	1,80	2,20	2,4	BA	MD
Córrego da Telha 2º	3,00	3,30	2,00	2,77	3,12	AL	AL
Córrego da Telha 3º	3,00	2,40	2,00	2,47	2,76	MD	AL
Alto da Telha	3,00	2,50	2,80	2,77	3,28	AL	MA
Ururai	3,00	3,00	2,60	2,87	3,68	AL	MA
Parau	3,00	3,40	2,80	3,07	3,64	AL	MA
Peritiba	3,00	3,40	2,80	3,07	3,64	AL	MA
Maria da Fé	3,00	3,20	2,80	3,00	3,56	AL	MA
Antônio A C Reis 1º	3,00	3,20	3,00	3,07	3,68	AL	MA
Antônio A C Reis 2º	3,00	3,00	3,00	3,00	3,6	AL	MA
Jornalista V. Agra	3,00	2,80	3,00	2,93	3,46	AL	MA
Carlos Vanildo Pires	3,00	1,60	2,20	2,27	2,56	MD	MD
Pedro B. da Costa	3,00	1,60	2,20	2,27	2,56	MD	MD

### 3.2 Análise de Estabilidade

A Norma Brasileira - NBR 11682 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2009) estabelece, entre outros, os critérios e procedimentos para análise e verificação da estabilidade de taludes naturais (encostas) ou artificiais (resultantes de cortes e aterros realizados em encostas). Um dos pontos fundamentais tratados na norma é o fator de segurança mínimo aceitável, o qual orienta projetos e diagnósticos geotécnicos. A partir da consideração de níveis de segurança altos tanto contra danos materiais e ambientais quanto a danos a vidas humanas, tem-se o fator mínimo de segurança definido de 1,5.



2025

Foram realizadas as análises de estabilidade para seis encostas da área estudada, no software SLIDE2 da Rocscience, para os seguintes cenários: condição seca e condição chuvosa. A condição seca corresponde ao período não chuvoso, no qual o perfil do solo permanece predominantemente não saturado. Já a condição chuvosa foi definida a partir da simulação de um evento de infiltração aplicada verticalmente sobre o terreno até promover a saturação gradual das camadas de solo. Na Figura 3 é apresentada a comparação entre os fatores de segurança e os graus de risco definidos a partir da metodologia de Gusmão Filho *et al.* (1994), sem considerar a ponderação dos aspectos geológicos, topográficos e ambientais. Observa-se que, de forma consistente, o fator de segurança em condição chuvosa (FS chuvoso) é sempre inferior ao fator de segurança em condição seca (FS seco), refletindo a influência direta da infiltração de água nas encostas na redução da resistência ao cisalhamento dos materiais. Essa redução está de acordo com a literatura geotécnica, com o histórico de deslizamentos na região e com a NBR 11682 (ABNT, 2009), que destaca a importância de considerar os estados críticos em períodos chuvosos, nos quais os processos de instabilidade são potencializados.

O grau de risco das encostas avaliadas é alto, evidenciando uma situação de instabilidade potencial, independentemente das variações entre os fatores de segurança. Isso sugere que o risco não depende apenas das condições geotécnicas (FS), mas também de fatores de vulnerabilidade social e ocupacional.

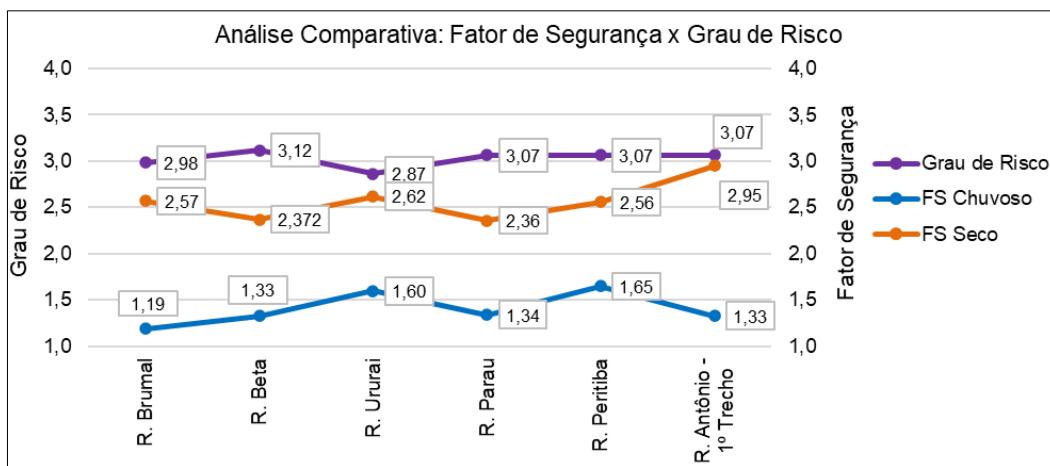


Figura 3. Variação dos graus de risco e dos fatores de segurança nas condições de período seco e chuvoso para algumas ruas da comunidade Córrego da Telha.

Fonte: Adaptado de Projeto Morro de Vontade – Relatório Final de Atividades (2024).

#### 4 CONCLUSÕES

A análise integrada dos aspectos geológicos, topográficos e ambientais na comunidade do Córrego da Telha, localizada no bairro de Passarinho, permitiu caracterizar com clareza a condição de instabilidade geotécnica a que estão expostas as encostas urbanas da área. A aplicação da metodologia adaptada de Gusmão Filho *et al.* (1994), aliada ao uso de ponderações diferenciadas e a simulações computacionais no software SLIDE2, revelou um quadro preocupante: a maioria das encostas apresenta alto ou muito alto grau de risco, com valores de fator de segurança em condição chuvosa frequentemente abaixo do limite mínimo recomendável pela NBR 11682 (ABNT, 2009), que é de 1,5.

A discrepância entre os resultados obtidos pelas médias aritmética e ponderada ressalta a relevância da aplicação de critérios de ponderação na avaliação do risco geotécnico, conferindo maior aderência às condições reais e à complexidade dos processos atuantes. Neste contexto, os fatores ambientais assumem papel preponderante no agravamento das condições de instabilidade, uma vez que traduzem de forma direta os efeitos das intervenções antrópicas e das deficiências de infraestrutura presentes no entorno analisado.

Adicionalmente, constatou-se que o risco geotécnico não está relacionado apenas às características físicas do terreno, mas também à vulnerabilidade social e ocupacional das comunidades residentes, incluindo moradias precárias, falta de planejamento urbano e baixa percepção de risco. Portanto, recomenda-se que os estudos de risco sejam conduzidos com uma abordagem multidisciplinar, integrando engenharia geotécnica, planejamento urbano, assistência social e políticas públicas habitacionais, de modo a orientar intervenções que promovam tanto a estabilidade dos terrenos quanto a proteção das comunidades vulneráveis.



2025

Diante desse panorama, torna-se urgente a implementação de ações preventivas e corretivas, com prioridade para as encostas que apresentaram FS chuvoso inferior a 1,5, visando minimizar os riscos à integridade física das estruturas e, sobretudo, à vida da população local.

Por fim, os resultados deste trabalho evidenciam que a gestão do risco geotécnico urbano deve ser contínua, integrada e sensível à realidade social dos territórios vulneráveis.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Secretaria Executiva de Defesa Civil (SEDEC) da cidade do Recife – PE, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio ao projeto com processo nº 408102/2023-3 e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alheiros, M. M., Menezes, M. F., Ferreira, M. G. (1990) *Carta Geotécnica da Cidade do Recife*. Relatório Final de Atividades. Finep / Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 81 p.
- Araújo, L. F. G., Oliveira, L. F. S., Ferreira, S. R. M. (2025) Banco de Dados: Solos de Encostas da Formação Barreira do Nordeste do Brasil. *IX Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas*, Porto Alegre. No prelo.
- Araújo, L. F. G., Oliveira, L. F. S., Freire, M. A. Q., Amorim, S. F., Guedes, M. A. N., Hawson, E. M. G. H., Vieira, G. C. M., Ferreira, S. R. de M. (2025) Panorama geral das ocorrências associadas a movimentos de massa em encostas na cidade do Recife – PE. *Revista Políticas Públicas & Cidades*, v. 14, n. 2, p. 1-27.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009). NBR 11682. *Estabilidade de taludes*. Rio de Janeiro.
- Ferreira, Rogério Valença. (2008) *Mapeamento geomorfológico e de processos erosivos da bacia hidrográfica do Rio Botafogo - PE, utilizando técnicas de geoprocessamento*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Guidicini, G., Nieble, C. M. (1983) *Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação*. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher.
- Gusmão Filho, J.A., Alheiros, M.M., Gusmão, A.D., Justino da Silva, J.M., Bastos, E.G. (1994) Geotecnia Ambiental Aplicada às Encostas do Recife. *Anais do X COBRAMSEG*, Foz do Iguaçu, Vol. 3, p. 971-97.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Panorama do Censo 2022*. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama>>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- Pfaltzgraff, Pedro Augusto dos Santos. (2007) *Mapa de suscetibilidade a deslizamentos da região metropolitana de Recife*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Recife – Secretaria de Infraestrutura. Prefeitura do Recife. *Balanço//Chuvas 24/07/2019*. Disponível em: <<https://www2.recife.pe.gov.br/node/289479>>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- Recife - Secretaria de Infraestrutura. Prefeitura do Recife. *Recife enfrenta maior chuva de fevereiro na história e segue em Alerta Máximo*. Disponível em: <<https://www2.recife.pe.gov.br/noticias/06/02/2025/recife-enfrenta-maior-chuva-de-fevereiro-na-historia-e-segue-em-alerta-maximo>>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- Santos, R. M. dos. (2016) *Caracterização e evolução hidrogeoquímica das águas subterrâneas do município de Recife-PE*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Universidade Federal de Pernambuco. (2024) *Relatório Final de Atividades: Redução da infiltração em morro do Recife aliado ao uso de água da chuva para abastecimento humano, com base cartográfica com Drone, e sistema de alerta de deslizamentos para mitigação das desigualdades sociais*. Coordenação: Sávia Gavazza. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.