



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

LETÍCIA GOMES DE FRANÇA COSTA

**ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS COM APLICAÇÃO DA
METODOLOGIA DO PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP) EM
ENCOSTAS DO BAIRRO DE PASSARINHO, RECIFE-PE**

Recife

2025

LETÍCIA GOMES DE FRANÇA COSTA

**ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS COM APLICAÇÃO DA
METODOLOGIA DO PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP) EM
ENCOSTAS DO BAIRRO DE PASSARINHO, RECIFE-PE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Dr. Samuel França Amorim

Coorientador (a): Prof. Dr. Silvio Romero de Melo Ferreira

Recife

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Costa, Letícia Gomes de França.

Análise de suscetibilidade a deslizamentos com aplicação da metodologia do processo de análise hierárquica (AHP) em encostas do bairro de Passarinho, Recife-PE / Letícia Gomes de França Costa. - Recife, 2025.

91 p. : il., tab.

Orientador(a): Samuel França Amorim

Coorientador(a): Silvio Romero de Melo Ferreira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Civil - Bacharelado, 2025.

Inclui referências, apêndices.

1. Suscetibilidade. 2. Movimentos de Massa. 3. Análise Multicritério. 4. AHP. I. Amorim, Samuel França. (Orientação). II. Ferreira, Silvio Romero de Melo. (Coorientação). IV. Título.

620 CDD (22.ed.)

LETÍCIA GOMES DE FRANÇA COSTA

**Análise de Suscetibilidade a Deslizamentos com Aplicação da Metodologia do
Processo de Análise Hierárquica (AHP) em Encostas do Bairro de Passarinho,
Recife-PE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel de Engenharia Civil.

Aprovado em: 05/09/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Samuel França Amorim (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Silvio Romero de Melo Ferreira (Coorientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Analice França Lima Amorim (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Pedro Oliveira (Examinador Externo)
Universidade de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Quando as minhas forças já não eram mais suficientes foi Ele que me estendeu a mão e me levantou. Portanto agradeço, acima de tudo, a Deus, por guiar os meus passos, me conformar em teus braços e me trazer até aqui.

E continuo a agradecer a Ele por ser responsável pela vida daqueles que são o meu suporte e por ter destinado a minha vida aos seus cuidados: minha mãe e meu pai. Obrigada Papi por ter me apoiado em toda minha trajetória, de vida e acadêmica. Pelo esforço de ir e vir todos os dias, por ter me esperado horas até fim das aulas, por sair tarde da noite da faculdade por minha causa, por estar sempre a postos quando precisei. E a mãezinha por ser a minha vida, por me acompanhar de pertinho e ter me apoiado nos meus piores dias, por ter visto meus sorrisos e meus choros e estar aqui para me acolher nos braços. Por ter o maior amor do mundo e ser o meu mundo hoje e sempre. Obrigada Mãezinha e Papi por todo o sacrifício e por tudo que abdicaram em prol da minha felicidade e crescimento, vocês são proprietários de todo o meu amor.

Sou imensamente grata ao professor Silvio Romero, que me acompanhou desde a disciplina de Mecânica dos Solos I e me proporcionou a oportunidade de integrar o Programa de Bolsas de Iniciação Científica financiado pelo CNPq (processo nº 4081/2023-3). Esse programa foi o ponto de partida dos estudos aqui apresentados e também me permitiu conhecer o projeto “Morro de Vontade”, da Facepe, cujos fundamentos foram cruciais para a pesquisa em curso.

Agradeço também ao professor Samuel França Amorim, pela orientação dedicada ao longo do desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso, bem como pelas valiosas contribuições durante o projeto de iniciação científica.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para a construção deste trabalho. Em especial, agradeço à Maria Clara e Everton Santos, que gentilmente dedicaram parte de seu tempo para colaborar com o desenvolvimento desta pesquisa. A generosidade e o apoio de vocês foram essenciais.

Por fim, deixo meu carinho e reconhecimento a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta jornada. Àqueles que me apoiaram nas dificuldades, que escutaram pacientemente minhas inquietações sobre o TCC e sobre a faculdade — todos vocês fazem parte desta caminhada. Muito obrigada, de coração.

RESUMO

O Brasil está no *ranking* dos 10 países com maior área afetada por eventos de movimento de massa segundo dados de 2023 da Academia Brasileira de Ciências e estão incluídos nessa estatística os morros da Região Metropolitana do Recife (RMR). O processo de ocupação da região foi marcado por uma urbanização não planejada, na qual foram realizados cortes e aterros não projetados, além da ausência de sistema de drenagem, fatores primordiais para a instabilidade dos taludes. A chuva desponta como o principal gatilho para os deslizamentos na cidade. O objetivo da pesquisa é aplicar análise feita a partir do método de Processo de Análise Hierárquica (AHP) para avaliar o nível de suscetibilidade de ocorrência de deslizamento, levando em consideração indicadores como declividade, uso e cobertura do solo, nível d'água, material e estrutura geológica e utilizando ferramentas de software para este fim. Para atingir os objetivos da pesquisa, a primeira etapa foi a continuidade da coleta de dados socio-geotécnicos em campo, que foram inseridos nos aplicativos QField e posteriormente no QGIS. Também foram realizados ensaios de caracterização em amostras de solo coletadas previamente, incluindo ensaios de Limite de Liquidez e Plasticidade, além da obtenção da Curva Característica de Sucção. Com base nos dados coletados, foram determinadas as características dos indicadores para as ruas do Alto da Telha, no bairro do Passarinho, resultando na classificação dos graus de suscetibilidade em baixo, médio, alto e muito alto. Os ensaios de liquidez e plasticidade indicaram solos com características arenosas e argilosas, o que era esperado para uma área pertencente à Formação Barreiras, e as curvas características validam essa informação. O processo mostrou que nas encostas, a maior parte das residências obtiveram grau de suscetibilidade baixa, com 51,6%, no entanto, o grau de suscetibilidade muito também também representaram um valor considerável, com 42,2% das residências. Para os taludes de corte e aterro, preponderaram as classificações média e muito alta, com 82,2% para grau de suscetibilidade muito alto para taludes de corte e 63% para taludes de aterro. A aplicação do método AHP por meio do QGIS mostrou-se adequada para a análise de suscetibilidade ao deslizamento. A integração de dados socio-geotécnicos e o uso de ferramentas de geoprocessamento possibilitaram a elaboração de mapas temáticos com boa representatividade. Apesar de limitações como a quantidade de dados disponíveis e a subjetividade inerente ao método AHP, os resultados obtidos demonstraram coerência com a realidade local, indicando que a abordagem metodológica foi eficaz para os objetivos propostos.

Palavras-chave: Suscetibilidade; Movimentos de Massa; Análise Multicritério; AHP.

ABSTRACT

Brazil ranks among the top 10 countries with the largest area affected by mass movement events, according to 2023 data from the Brazilian Academy of Sciences. Included in this statistic are the hills of the Recife Metropolitan Region (RMR). The occupation process of the region was marked by unplanned urbanization, in which unengineered cuts and fills were carried out, in addition to the absence of drainage systems—key factors contributing to slope instability. Rainfall stands out as the main trigger for landslides in the city. This research aims to apply the Analytic Hierarchy Process (AHP) method to evaluate landslide susceptibility, considering key indicators such as slope, land use and land cover, groundwater level, and geological material and structure. The analysis is supported by specialized software tools to ensure systematic assessment and reproducibility of the results. To achieve the research objectives, the first step involved continuing the collection of socio-geotechnical data in the field, which were entered into the QField application and later into QGIS. Characterization tests were also performed on previously collected soil samples, including Liquid Limit and Plasticity tests, in addition to obtaining the soil-water characteristic curves. Based on the data collected, the characteristics of the indicators were determined for the streets of Alto da Telha, in the Passarinho neighborhood, resulting in the classification of susceptibility levels as low, medium, high, and very high. The liquidity and plasticity tests indicated soils with sandy and clayey characteristics, which is expected for an area belonging to the Barreiras Formation, and the soil water retention curves validated this information. The results indicate that, on natural slopes, the majority of residences were classified as having low susceptibility (51.6%). Nevertheless, a significant proportion also fell within the very high susceptibility class, accounting for 42.2% of the residences. In contrast, for cut and fill slopes, the classifications of medium to very high susceptibility predominated, with 82.2% of cut slopes and 63% of fill slopes falling into the very high susceptibility category. The application of the AHP method using QGIS proved suitable for landslide susceptibility analysis. The integration of socio-geotechnical data and the use of geoprocessing tools enabled the development of thematic maps with good representativeness. Despite limitations such as the amount of available data and the subjectivity inherent to the AHP method, the results obtained showed consistency with the local reality, indicating that the methodological approach was effective for the proposed objectives.

Keywords: Susceptibility; Mass Movements; Multicriteria Decision Analysis; AHP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : Gráfico de Curva Temporal dos Desastres Naturais que Ocorrem no Mundo entre 1920 e 2020	14
Figura 2 : Dados de desastres climáticos entre 1970 e 2019	15
Figura 3 : Acidentes e mortes em cada ano	16
Figura 4 : 10 municípios com mais mortes	18
Figura 5 :Evolução da temperatura média global da superfície (GMST) ao longo do período de observações instrumentais	19
Figura 6 : Deslizamento Rotacional	23
Figura 7 : Deslizamento Planar	24
Figura 8 : Fluxos de terra	26
Figura 9 : Diagrama dos processos dos Fatores de Causas Preparatórias e de Causas Acionantes dos Deslizamentos de Encostas	27
Figura 10 : Exemplo do efeito de redistribuição da água da chuva pela copa das árvores	30
Figura 11 : Raízes podem auxiliar estabilidade do terreno	30
Figura 12 - Exemplo do efeito cunha	31
Figura 13 : Mapa geológico da Região Metropolitana do Recife	34
Figura 14 : Componentes do Risco	38
Figura 15 : Hierarquia de três níveis	39
Figura 16 : Localização do Alto da Telha	45
Figura 17 : Locação dos furos de sondagem	45
Figura 18 : a) e b) Ficha de campo utilizadas no levantamento	48
Figura 19 : Aplicação de questionário à população	50
Figura 20 : Presença de estrutura de contenção (muro de arrimo) carente de manutenção.	51
Figura 21 : a) Primeira aba da ficha de campo no software Qgis	52
Figura 22 : Mapa da região estudada com localização das residências.	53
Figura 23 : Execução do Ensaio de Casa Grande	54
Figura 24 : a) Materiais utilizados no ensaio e b) Execução do ensaio	55
Figura 25 : Mapa de declividade da região	57

Figura 26 : Interface do complemento Qgis com a inserção das camadas para encostas	60
Figura 27 : Resumo dos Resultados dos graus de suscetibilidade	67
Figura 28 : Mapa de suscetibilidade para área do estudo	69
Figura 29 : Mapa de suscetibilidade para área do estudo com EasyAHP	72

LISTA DE TABELAS

Tabela1 :Resumo da classificação proposta por Hungr <i>et al.</i> (2014).....	22
Tabela 2 : Causas de movimentos de massa	27
Tabela 3 : Unidades Geológicas e sua relação com a suscetibilidade para deslizamento e erosão na Região Metropolitana do Recife ...	36
Tabela 4 : Fatores Endógenos e Exógenos determinantes para a suscetibilidade a deslizamentos de encostas	37
Tabela 5 : Exemplo de Matriz Paritária: Qual bebida é mais consumida no Estados Unidos?	41
Tabela 6 : Valores de consistência aleatória (CA) em função da ordem da matriz	43
Tabela 7 : Caracterização geotécnica da área em estudo	46
Tabela 8 : Indicadores de Perigo propostos por FARIA (2011)	57
Tabela 9 : Tabela de Comparação Paritária para encosta natural	59
Tabela 10 : Tabela de Comparação Paritária para encosta de corte	59
Tabela 11 : Tabela de Comparação Paritária para encosta de aterro	59
Tabela 12 : Cálculo do peso dos indicadores para encostas naturais	61
Tabela 13 : Cálculo do peso dos indicadores para taludes de corte	61
Tabela 14 : Cálculo do peso dos indicadores para taludes de aterro	62
Tabela 15 : Análise da Consistência para encostas naturais	62
Tabela 16 : Análise da Consistência para taludes de corte	62
Tabela 17 : Análise da Consistência para taludes de aterro	63
Tabela 18 : Indicadores e classes de perigo e seus pesos	63
Tabela 22 : Pesos Obtidos para os indicadores das Encostas Naturais pelo EasyAHP	70
Tabela 23 : Pesos Obtidos para os indicadores dos taludes de corte pelo EasyAHP	70
Tabela 24 : Pesos Obtidos para os indicadores dos taludes de aterro pelo EasyAHP	71
Tabela 25 : Comparação de resultados entre as duas formas de execução da análise	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 : Escala Fundamental de Saaty	40
Quadro 2 : Exemplo de Matriz de comparação paritária	42
Quadro 3 : Exemplo de matriz de comparação normalizada	42
Quadro 4 : Autovetor normalizado	42
Quadro 5 : Valores para classificação do índice de suscetibilidade para encostas naturais	66

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Justificativa e motivação	19
1.2. Objetivos gerais e específicos	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1. Movimentos gravitacionais de massas	21
2.1.1. Classificação dos movimentos de massa	21
2.1.2. Fatores deflagradores de deslizamento de terras	26
2.2. Geologia da Cidade do Recife	32
2.3. Suscetibilidade	36
2.4. Perigo e Risco	37
2.5. Análise de Suscetibilidade	38
2.5.1. Processo de Análise Hierárquica (AHP)	38
3. MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.1. Caracterização da área de estudo	44
3.2. Levantamento em campo	47
3.3. Tratamento de dados	51
3.4. Ensaio de Laboratório	54
3.4.1. Ensaio de Limite de Liquidez	54
3.4.2. Limite de Plasticidade	55
3.4.3. Curva Característica de Sucção	55
3.5. Análise de Suscetibilidade	56
3.5.1. Indicadores considerados na análise e suas classes	56
3.5.2. Matriz Paritária	58
3.5.3. Complemento EasyAHP	60
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
4.1. Pesos dos indicadores	61
4.2. Pesos das classes	63
4.3. Classificação para o Grau de Suscetibilidade	66
5. CONCLUSÃO	73

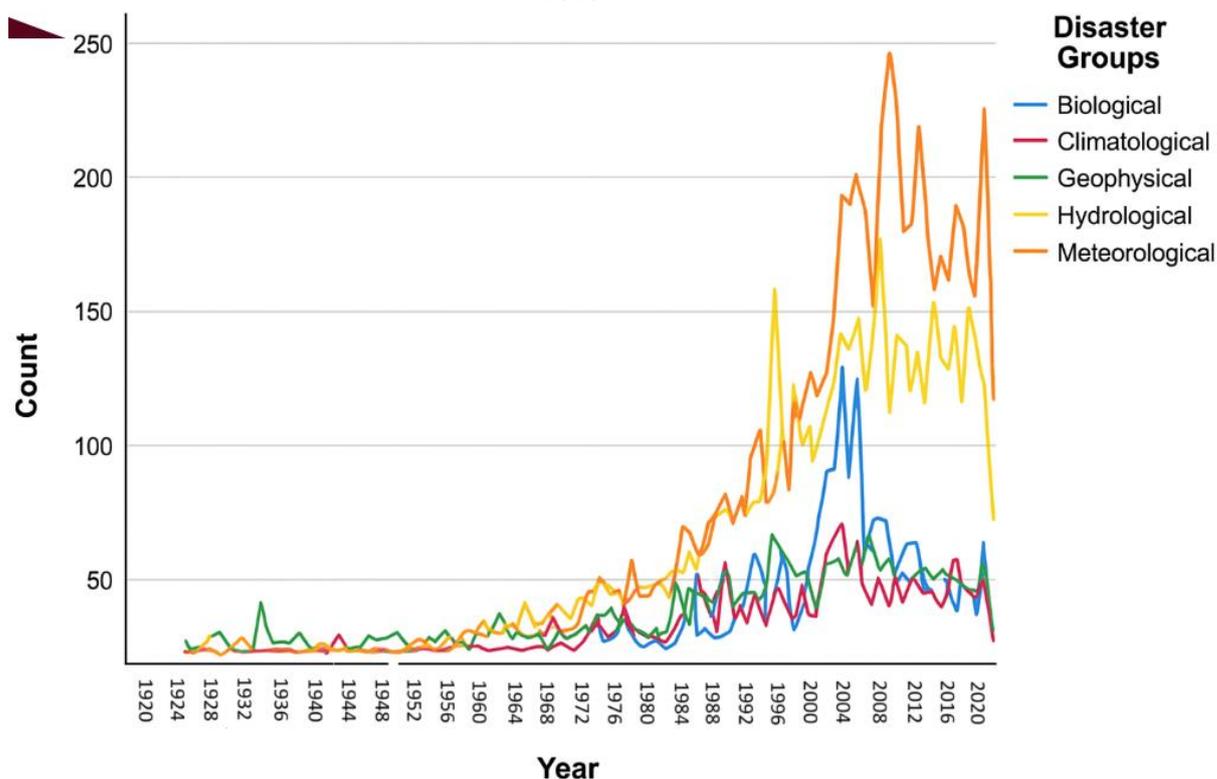
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	74
APÊNDICE A: VALORES DE DECLIVIDADE	78
APÊNDICE B: DADOS DO USO DO SOLO	81
APÊNDICE C: ÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE E CLASSIFICAÇÃO	84
APÊNDICE D: CLASSIFICAÇÃO FINAL	14

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de deslizamento em encostas e taludes vem se tornando um tema de importância significativa, por seu destaque como agente transformador do relevo e da influência que possui nos âmbitos econômico, social e ambiental (SILVA, 2007).

O estudo de YAVAŞ et al. (2022), que tomou como base os dados pertencentes ao Banco de dados de Eventos Emergenciais (EM-DAT) e banco de dados do Centro de Monitoramento de Deslocamento Interno (IDCM), entre os anos de 1920 e 2020 comprovaram um agravamento na ocorrência de desastres naturais de diferentes tipos, como mostrado na Figura 1.

Figura 1: Gráfico de Curva Temporal dos Desastres Naturais que Ocorrem no Mundo entre 1920 e 2020

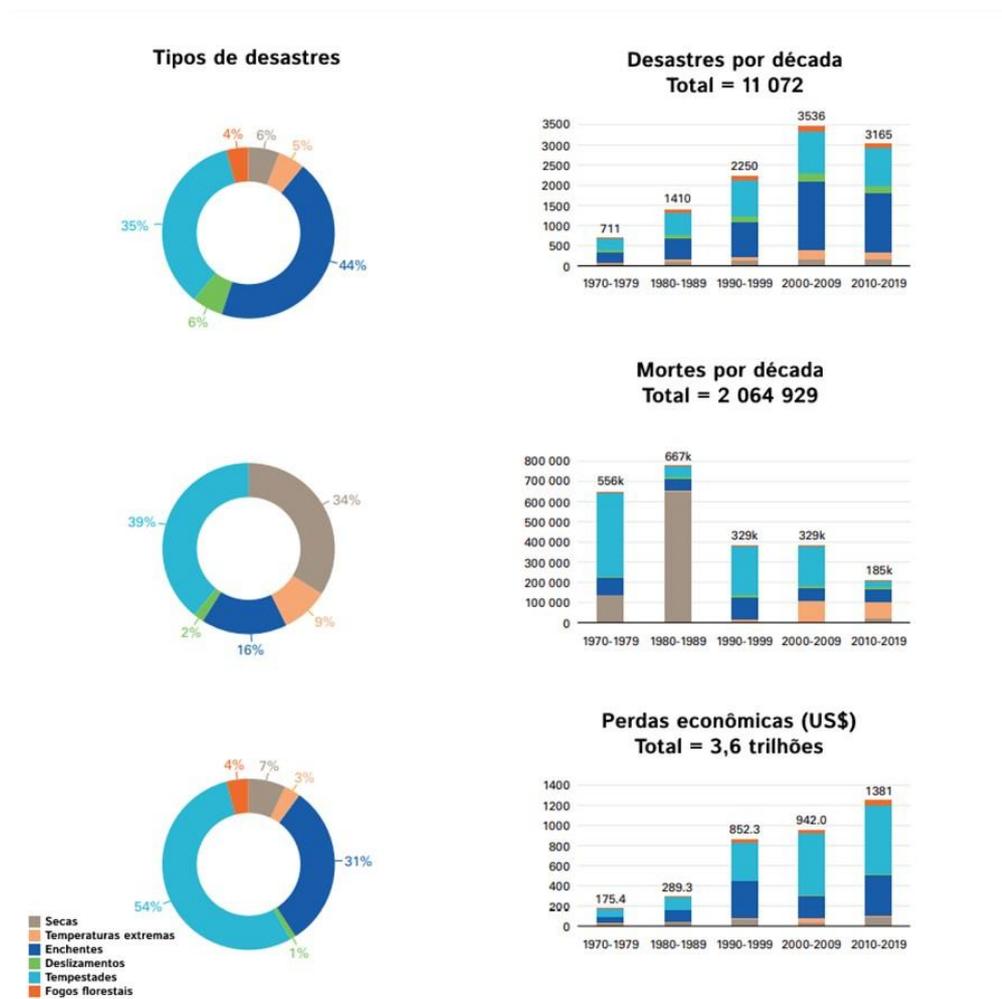


Fonte: YAVAŞ et al. (2022)

Segundo dados da Organização Mundial da Meteorologia - OMM (2021), entre os anos de 1970 a 2019 ocorreram cerca de dez mil desastres climáticos,

causando em torno de 2 milhões de mortes e mais de 3 trilhões de dólares em danos. A Figura 2 mostra que dentre as ocorrências registradas, seis por cento correspondem a deslizamentos, ficando atrás apenas das tempestades e enchentes.

Figura 2: Dados de desastres climáticos entre 1970 e 2019



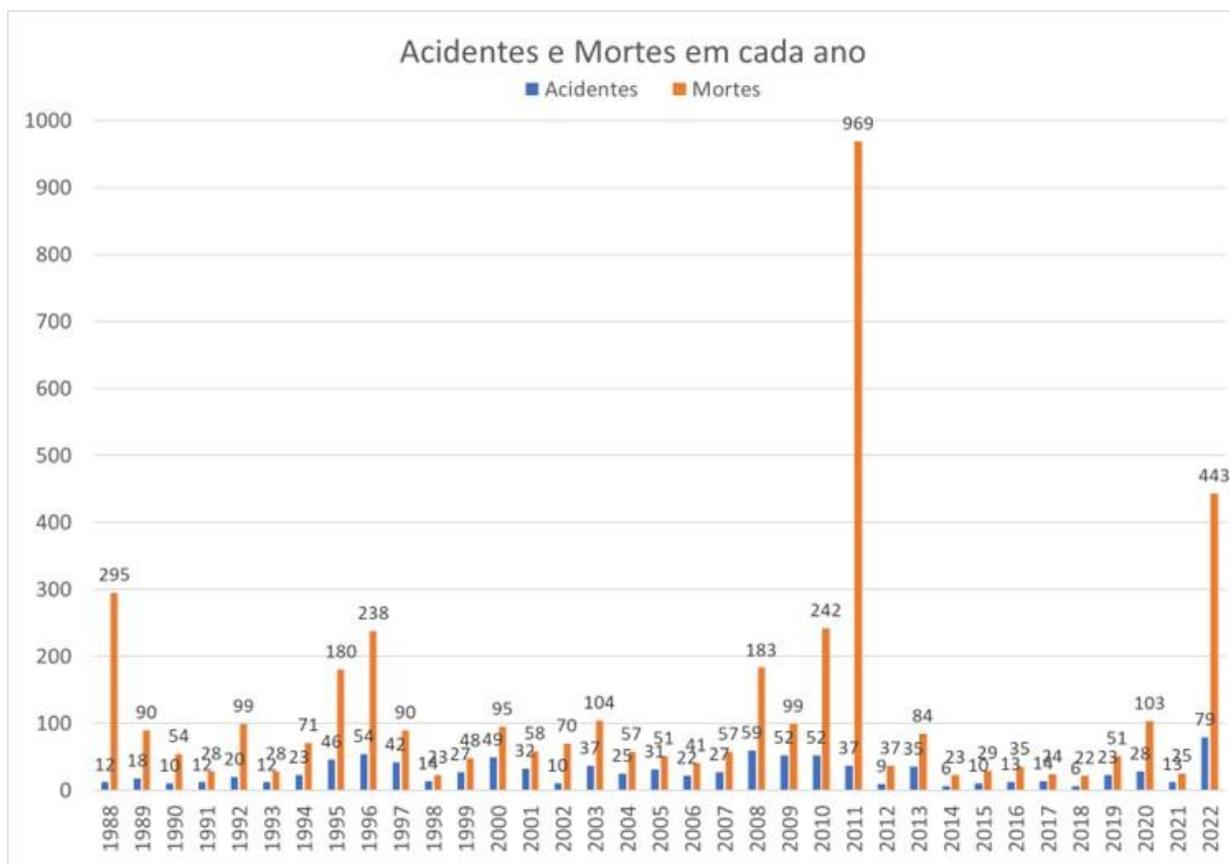
Fonte: Organização Mundial da Meteorologia - OMM (2021)

A fim de catalogar eventos de deslizamentos ocorridos em âmbito nacional, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo iniciou em 1988 um banco de dados, que em junho de 2022 contava com 959 eventos registrados. Segundo as informações coletadas, nesse período de 34 anos, o Brasil somou o número de 4.146 fatalidades ligadas à desastres por movimentos de massa, com média anual de 118 vítimas (MACEDO E SANDRE, 2022).

Oitenta por cento dos eventos de deslizamentos possuem número de vítimas menor do que a média anual, no entanto, observa-se que existem períodos que se sobressaem em relação aos demais, tal como evidenciado na

Figura 3. São eles os anos de 2011, no qual destacam-se os eventos na região Serrana do Rio de Janeiro, que são apontados como o maior desastre de múltiplos movimentos de massa gravitacionais ocorrido no país. Nesses eventos, a forte precipitação pluviométrica causou uma série de deslizamentos e inundações nas cidades de Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo, matando 969 pessoas. Além desse eventos, evidencia-se da mesma forma o ano de 2022, marcado por acidentes de movimento de massa na Região Metropolitana do Recife (MACEDO E SANDRE, 2022).

Figura 3: Acidentes e mortes em cada ano

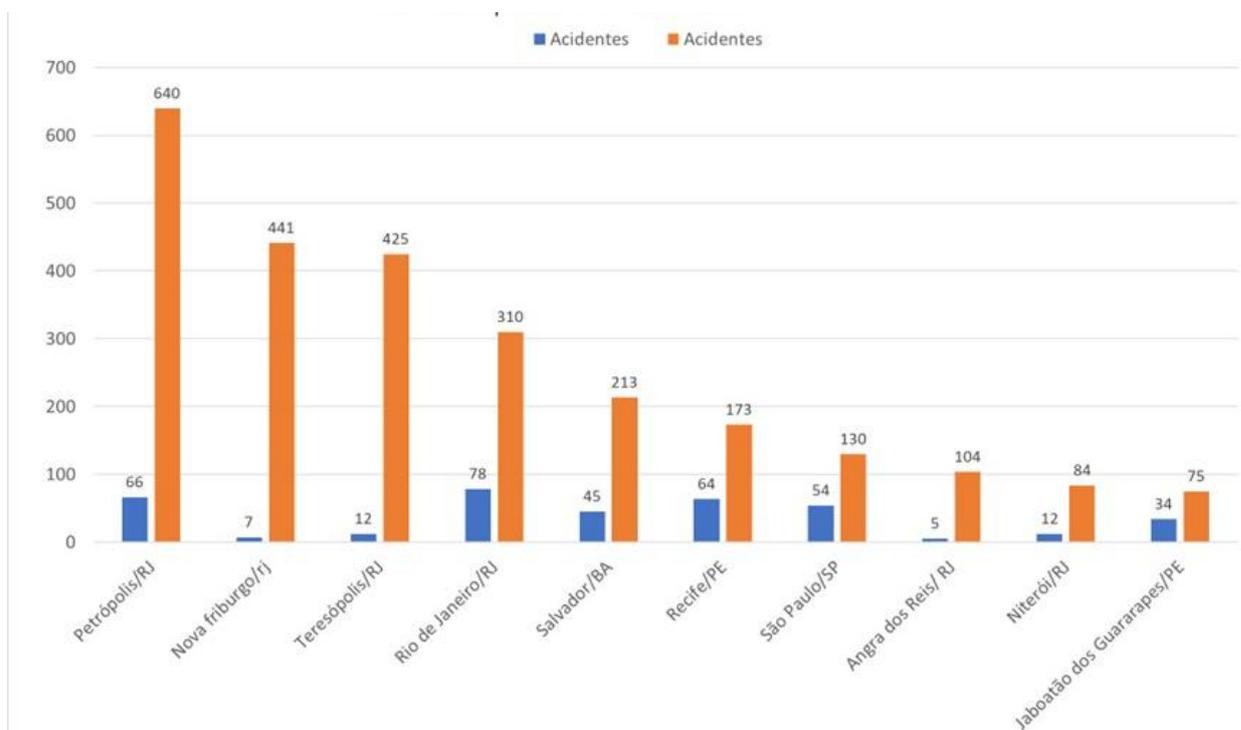


Fonte: Macedo e Sandre, 2022.

A ocupação das encostas da Região Metropolitana do Recife é o resultado de um processo histórico marcado pela desigualdade social, já que as regiões mais propícias à urbanização, foram habitadas pela população de renda mais alta, enquanto os indivíduos de classe social menos favorecida foram para as regiões mais afastadas da área central, constituídas pelas encostas. Em um segundo momento, durante o século XX, a ocorrência de enchentes também suscitou a transferência de moradores expropriados dos mocambos localizados nas áreas de planície, para os morros da cidade. Em razão desses fatos, as encostas do município não receberam os investimentos em conhecimentos técnicos especializados, que são primordiais para a ocupação deste tipo de região, bem como foram prejudicadas pela utilização, por parte dos moradores, de técnicas construtivas impróprias (ALHEIROS et al, 2003).

A conjuntura dessas ações contribuíram para a ocorrência de casos como os de 2022, considerado o maior desastre em número de mortos desde julho de 1970 na Região Metropolitana do Recife, Zona da Mata e Agreste. Entre os dias 25 de maio e 07 de junho daquele ano, fortes chuvas que acometeram cidades da região metropolitana provocaram o deslizamento de barreiras, ocasionando 129 mortes e 9.631 desabrigados, sendo região mais afetada a comunidade de Jardim Monte Verde, em Jaboatão dos Guararapes, com mais de 20 mortes (SECRETARIA EXECUTIVA DE ASSISTÊNCIA SOCIAL, 2023). Na Figura 4, nota-se a presença desse município entre as 10 cidades com mais mortes no período de 1988 e 2022, devido aos eventos citados, com total de cerca de 62 mortes.

Figura 4: 10 municípios com mais mortes



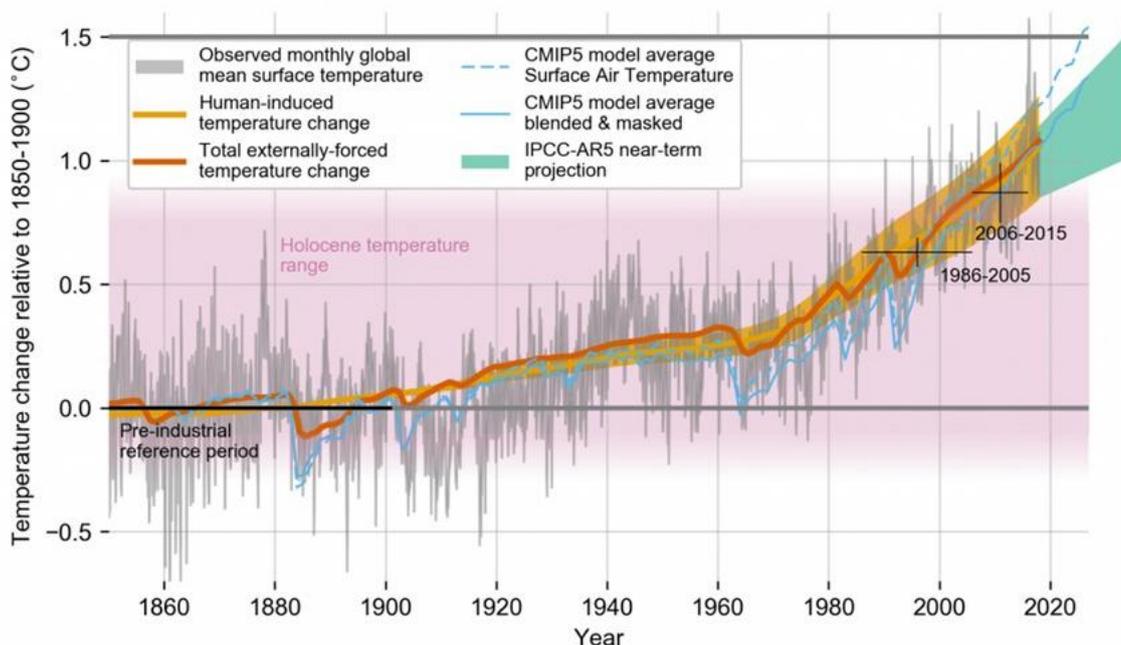
Fonte: Macedo e Sandre, 2022.

De acordo com dados do Inmet (2022), o mês de maio de 2022 registrou um acumulado de chuvas de 786,3 mm no município de Recife, 469,2 mm acima da média, o que demonstra a ligação entre a precipitação e a ocorrência de deslizamentos. Este parâmetro influencia a permeabilidade e capacidade de retenção do solo, que são fundamentais para a definição da estabilidade de taludes (Oliveira, 2019).

Diante disso espera-se que haja um aumento de acidentes envolvendo movimentos de massa, já que as mudanças climáticas tendem a trazer uma maior recorrência de eventos extremos, como exemplificado na Figura 5. Ademais, a crescente tendência de ocupação dos morros corrobora para essa inferência.

Isto posto, observa-se a importância da aplicação de medidas que auxiliem na análise da probabilidade da ocorrência de deslizamentos, como é o caso da análise de suscetibilidade, que utiliza o tratamento de dados qualitativos e quantitativos para identificar a probabilidade de ocorrência de um evento.

Figura 5: Evolução da temperatura média global da superfície (GMST) ao longo do período de observações instrumentais



Fonte: *The Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2018)*

1.1. Justificativa e motivação

O município de Recife é palco eventos de deslizamentos de terra, que provocam graves danos sociais, econômicos e ambientais. O bairro de Passarinho é um dos que se destaca-se devido a quantidade de ocorrências de deslizamentos entre os bairros da RPA 3 (ARAÚJO et al., 2025). Diante disso, a escolha do tema se justifica pela necessidade latente de lançar mão de ações para analisar e compreender os fatores que influenciam a ocorrência desses acidentes, através de fatores geológicos, geotécnicos e topográficos, buscando o desenvolvimento de formas de análise cada vez mais automáticas e eficazes.

1.2. Objetivos gerais e específicos

O presente trabalho tem por objetivo trazer maneiras aprimorar a avaliação de onde podem ocorrer deslizamentos, através da aplicação do Processo de Análise Hierárquica (AHP) para o estudo de suscetibilidade ao movimento de massas em encostas no Alto da Telha, no bairro de Passarinho, no Recife.

Os objetivos específicos inerentes a este estudo são listados a seguir:

- Realizar o levantamento de dados geotécnicos e sociais das encostas da área de estudo, por meio de visitas de campo, entrevistas com moradores e coleta de coordenadas geográficas utilizando o aplicativo QField para posterior sincronização com o ambiente QGIS;
- Avaliar o grau de suscetibilidade utilizando a metodologia AHP (Processo de Análise Hierárquica), por meio de planilhas no *Microsoft Excel*, onde os dados coletados foram organizados e ponderados conforme critérios técnicos;
- Aplicar a metodologia AHP para análise multicritério no QGIS, utilizando o complemento *EasyAHP*, com a definição de critérios como declividade, estrutura geológica, material do solo, nível d'água e uso do solo, além da atribuição de pesos baseada em matrizes de Saaty;
- Utilizar ferramentas de interpolação espacial (IDW) e processos de rasterização de pontos no QGIS para gerar mapas de distribuição dos índices de suscetibilidade com base nas casas representadas como pontos vetoriais;
- Classificar os índices de suscetibilidade em faixas de risco (baixo, médio, alto e muito alto) utilizando métodos estatísticos com base na distribuição dos dados;
- Desenvolver mapas temáticos de suscetibilidade para as duas formas de utilização do método no QGIS;
- Comparar os resultados obtidos entre as duas formas de aplicação do AHP com base na distribuição espacial dos graus de suscetibilidade e na quantidade de moradias impactadas em cada classe de risco;

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Movimentos gravitacionais de massas

Os movimentos de massa são definidos como eventos geológicos resultantes de fluxos ou movimentos gravitacionais de materiais, tais como solos, sedimentos e rochas causados por agentes deflagradores, que geralmente são naturais ou antrópicos. Esses eventos podem apresentar diferentes magnitudes, variando em velocidade, volume, dimensão, tipo de material e área atingida (PFALTZGRAFF, 2007). Este assunto tem sido foco de uma ampla gama de estudos, tanto por seu papel relevante na evolução das formas de relevo, como também as consequências de que pode trazer no âmbito econômico, social e ambiental (GUIDICINI E NIEBLE, 1984).

2.1.1. Classificação dos movimentos de massa

Para análise dos movimentos de massa faz-se necessário conhecer as formas como os mesmos podem ocorrer. Diante disso, ao longo do tempo foram realizadas diferentes classificações para os movimentos de massa, como nos trabalhos de VARNES (1978), CRUDEN E VARNES (1996) e HUNGR *et al.* (2014). Este último, propõe uma revisão da classificação feita por VARNES (1978), de modo a compatibilizar as definições com as atualizações no campo da geotecnia, no que tange aos materiais e fenômenos relacionados aos processos de movimentos de massa e levando também em consideração conceitos trazidos por CRUDEN E VARNES (1996). Um desses pontos é a divisão dos materiais, que na classificação original não correspondia aos conceitos empregados na geologia e geotecnia. Além disso, HUNGR *et al.* (2014) defende adaptações nos termos utilizados em uma classificação, lançando mão de nomenclaturas mais simples e tradicionais, permitindo uma melhor organização e comunicação das informações e a flexibilidade para mudanças dependendo da análise a ser realizada. A classificação de HUNGR *et al.* (2014) compreende 32 tipos de categorizações, que dependem do tipo de movimento, sendo eles quedas, tombamentos, deslizamentos, expansões, escoamentos e deformação de taludes. Em relação ao material, são consideradas

as rochas, argila, lodo, silte, areia, cascalho, pedregulho, detrito, turfa e gelo (HUNGR *et al.*, 2014). O resumo das classificações pode ser observada na Tabela1.

Tabela1:Resumo da classificação proposta por Hungr *et al.* (2014)

TIPO DE MOVIMENTO	ROCHA	SOLO
Queda	1. Queda de rochas/gelo	2. Queda de pedregulho/detrito/silte
Tombamento	3. Tombamento de bloco de rocha	5. Tombamento de cascalho/areia/silte
	4. Tombamento a flexão de rocha	
Escorregamento ou deslizamento	6. Escorregamento rotacional de rocha	11. Escorregamento rotacional de argila/silte
	7. Escorregamento planar de rocha	12. Escorregamento planar de argila/silte
	8. Escorregamento em cunha de rocha	13. Escorregamento de pedregulho/areia/detrito
	9. Escorregamento de rocha	14. Escorregamento composto de argila/silte
10. Escorregamento irregular de rocha		
Espalhamento lateral	15. Espalhamento de talude de rocha	16. Espalhamento de areia/silte
		17. Liquefeito Espalhamento de argila sensitiva
Fluxo	18. Avalanche de rocha/gelo	19. Fluxo seco de areia/silte/detrito
		20. Corrida úmida de areia/silte/detrito
		21. Fluxo úmido de argila sensitiva
		22. Corrida de detritos
		23. Corrida de lodos
		24. Inundação de detritos
		25. Avalanche de detritos
26. Fluxo de terra		
27. Fluxo de turfa		
Deformação de talude	28. Deformação de talude de montanha	30. Deformação de talude de solo
	29. Deformação de talude de rocha	31. Rastejo de solo
		32. Solifluxão

Fonte: HUNGR *et al.* (2014)

Dos tipos de movimentos de massa referidos acima, as características das classes que ocorrem na cidade do Recife são descritas nos tópicos seguintes.

Deslizamento rotacional em argilas e siltes

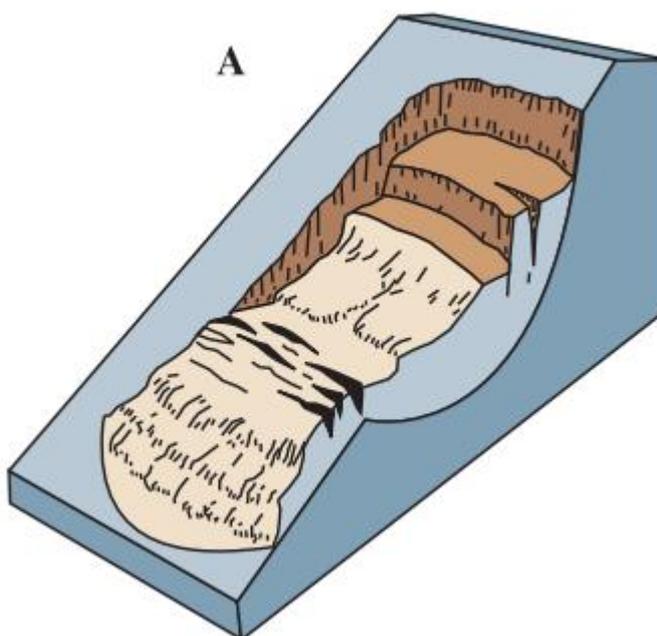
Neste tipo de movimento de massa, representado pela Figura 6, ocorre o deslizamento de solos homogêneos e coesivos em uma superfície de ruptura rotacional com movimento lento, rápido ou até, extremamente rápido quando o solo é sensível ou colapsível. Em teoria, esse movimento possui uma superfície de ruptura em forma cilíndrica ou elipsoidal, no entanto, na prática, a geometria possui um desvio da curvatura constante, e acaba por se aproximar do tipo de deslizamento composto, que será visto adiante (HUNGR *et al.*, 2014).

Normalmente os deslizamentos rotacionais são característicos de situações não drenadas em solos saturados de baixa permeabilidade como as argilas e siltes.

No entanto, excepcionalmente pode ocorrer em solos granulares quando o movimento for causado por liquefação desse solo e nessas situações a ruptura é de curta duração e pode dar início a um fluxo úmido de areia ou detritos (HUNGR *et al.*, 2014)..

Esse tipo de movimento de massa é característico de depósitos maciços homogêneos de argila escavados por erosão fluvial ou obras de terraplenagem, como também em taludes de aterro construídos pelo homem. São identificados por possuir uma escarpa principal proeminente e um patamar inclinado para trás o que forma a cabeça do movimento e no corpo do deslizamento, a deformação é limitada (HUNGR *et al.*, 2014).

Figura 6: Deslizamento Rotacional



Fonte: CRUDEN E VARNES (1996)

Deslizamento planar em argila/silte

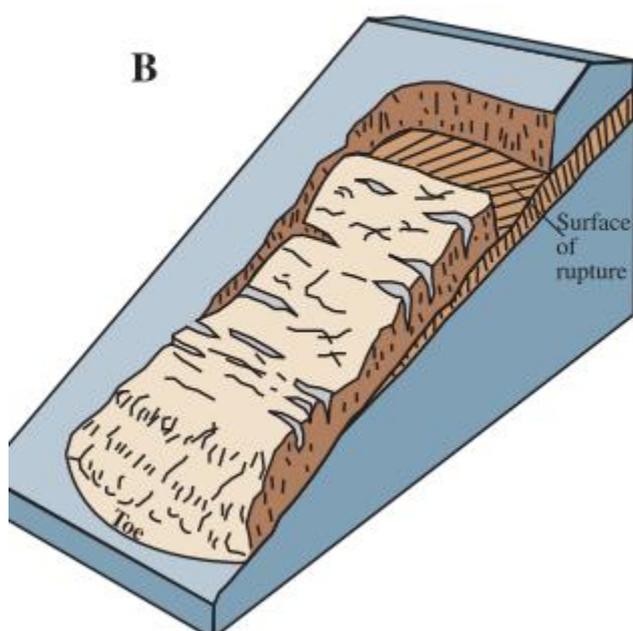
Neste tipo de deslizamento, existe o deslocamento de um bloco de solo coesivo (silte ou argila) ao longo de uma superfície de ruptura plana e inclinada, que

é geralmente formada por um tipo de solo mais frágil, como aqueles que já sofreram processos de cisalhamento ou deformação em algum ponto da sua história e por isso perderam uma parcela da sua resistência (HUNGR *et al.*, 2014)..

Observa-se a existência de fenômenos que estão interligados à ocorrência desse tipo de movimentação. Quando, além da presença de uma camada fraca ou fratura, há uma inclinação da superfície em um ângulo maior que o de atrito, solo com poropressão elevada ou ainda, forças adicionais existe uma probabilidade considerável de ocorrência desse evento (HUNGR *et al.*, 2014)..

Um caso excepcional acontece no caso em que uma argila insensível que está alocada em uma porção de solo composto por argila sensível se desloca rapidamente devido a perda de resistência desta última camada. Este deslizamento foi denominado “deslizamento em lasca” por HUTCHINSON (1961) e, mais recentemente, como “deslizamento progressivo translacional” de acordo com LOCAT *et al.* (2011) e sucede-se de maneira extremamente rápida e perigosa, com a argila se propagando e remoldando-se com o avanço do movimento. A Figura 7 ilustra este tipo de movimento.

Figura 7: Deslizamento Planar



Fonte: CRUDEN E VARNES (1996)

Fluxos de terra

Se caracteriza por um movimento que pode ser mais rápido ou mais lento e se assemelha a um fluxo plástico e argiloso, propiciado por um conjunto de deslizamentos com múltiplas superfícies de cisalhamento discretas e tensões de cisalhamento internas (HUNGR *et al.*, 2014)..

Geralmente ocorre em encostas de baixa declividade, com inclinações inferiores a 12° e ocorre quando o solo, devido ao intemperismo ou erosão, perde parte de sua resistência e, ao mesmo tempo, mantém um estado plástico e assim ele se deforma com facilidade, sem perder a coesão (HUNGR *et al.*, 2014)..

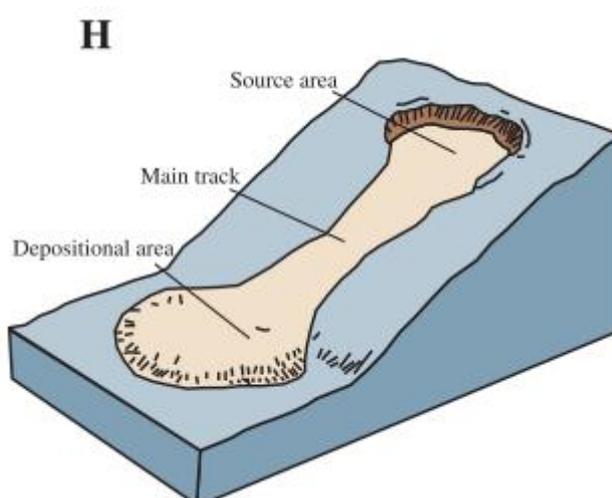
A extensão de uma movimentação de solo dessa categoria pode variar desde alguns metros até cerca de 6 Km (VARNES, 1996 *apud* HUNGR *et al.*, 2014). Os locais propícios à ocorrência de fluxos de terra podem permanecer em estado de dormência por décadas, sem que haja nenhum fluxo e por isso essas regiões, muitas vezes, podem ser ocupadas por residências e outras infraestruturas, que pode causar desastres, até mesmo, com perdas humanas.

Os fluxos de solo funcionam como um agente de transporte entre uma área fonte de deslizamento e um ponto de deposição ou erosão na base da encosta. A área fonte pode ser constituída por um ou mais deslizamentos rotacionais ou compostos, ou ainda por uma face íngreme de rocha fraca, intemperizada e erodida. À medida que o material se amolece, mas sem saturação excessiva, ele tende a se mover lentamente pela encosta, por meio de deformações internas e de deslizamentos ao longo de múltiplas superfícies discretas de cisalhamento, conferindo ao fluxo uma morfologia marcada por saliências e semelhante a um escoamento (HUNGR *et al.*, 2014)..

O movimento do solo nessa camada pode se manter lento e contínuo, mas também apresentar acelerações súbitas, denominadas “surges”, que ocorrem, geralmente, quando há um aumento temporário da poropressão. Durante esses episódios, a massa de solo ganha mais velocidade, podendo sobrepor ou comprimir o material situado a jusante, provocando um aumento adicional da poropressão

devido ao carregamento não drenado (HUTCHINSON; BHANDARI, 1971 *apud* HUNGR *et al.*). O fluxo do solo se propaga ao longo da encosta e apenas cessa quando atinge um corpo d'água ou zona erosiva. O conceito de fluxo de terra está representado na Figura 8 e vale salientar que a identificação e o monitoramento de áreas com fluxos de solo são fundamentais para a avaliação de risco, especialmente no que se refere à previsão de reativações súbitas, que podem provocar movimentos locais com velocidades que variam de lentas a rápidas (HUNGR *et al.*, 2014).

Figura 8: Fluxos de terra



Fonte: CRUDEN E VARNES (1996)

2.1.2. Fatores deflagradores de deslizamento de terras

Os movimentos de massa ocorrem quando uma série de eventos provocam solicitações maiores que a resistência ao cisalhamento dos materiais, levando a ruptura de uma massa de solo ou rocha (BANDEIRA, 2003).

As causas dos movimentos de massa possuem diferentes origens e segundo CRUDEN E VARNES (1996), podem ser divididas entre causas Geológicas, morfológicas e antrópicas, que são detalhadas na Tabela 2.

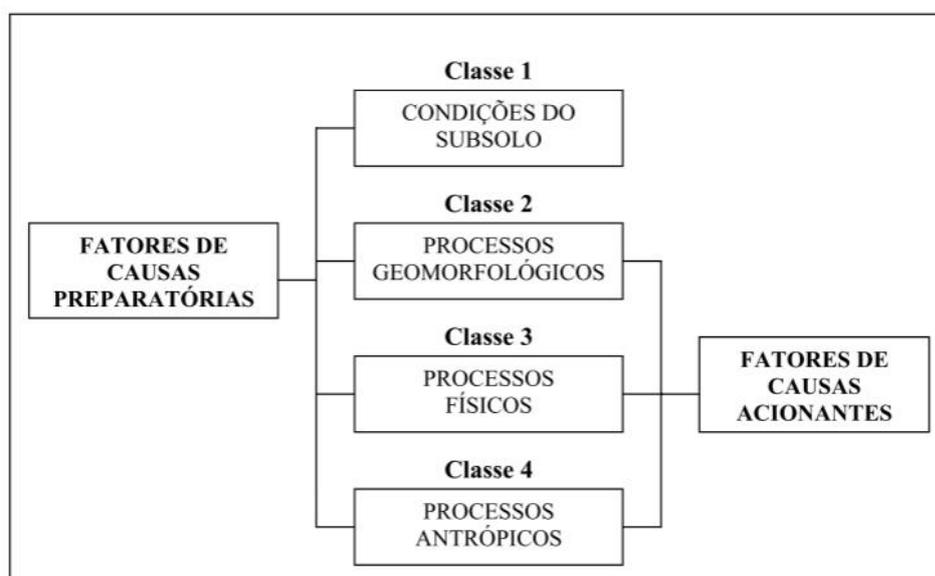
Tabela 2: Causas de movimentos de massa

CAUSAS DE MOVIMENTOS DE MASSA	
GEOLÓGICAS	Materiais fracos ou sensíveis
	Materiais intemperizados
	Materiais cisalhados, fraturados ou fissurados
	Descontinuidades orientadas desfavoravelmente (falhas, xistosidade, contatos)
	Contraste na permeabilidade e/ou rigidez dos materiais
MORFOLÓGICAS	Soerguimento tectônico ou vulcânico
	Rebote glacial
	Erosão fluvial, por ondas ou glacial da base ou margens da encosta
	Erosão subterrânea (solução, tubulações)
	Deposição sobrecarregando a encosta
	Remoção da vegetação (fogo, seca)
	Degelo
	Intemperismo por congelamento-degelo
	Intemperismo por expansão e contração
	Escavação da encosta ou base
ANTRÓPICAS	Sobrecarga na encosta ou topo
	Rebaixamento de reservatórios (drawdown)
	Desmatamento
	Irrigação
	Mineração
	Vibração artificial
	Vazamentos de água de instalações

Fonte: CRUDEN E VARNES (1996)

Dentre as causas apontadas acima, a Figura 9 mostra os processos relacionados aos fatores que expõem uma encosta a um estado suscetível à ocorrência de um movimento de massa, chamado de estado de estabilidade marginal, que são as causas preparatórias. Também estão presentes os fatores de causas acionantes, que são aqueles que modificam características do talude, tirando-o do estado de estabilidade marginal e tornando-o ativamente instável (BANDEIRA,2003).

Figura 9: Diagrama dos processos dos Fatores de Causas Preparatórias e de Causas Acionantes dos Deslizamentos de Encostas



Fonte: ALHEIROS (2003)

Nos eventos de movimento de massa ocorridos na Região Metropolitana do Recife, destacam-se fatores deflagradores relacionados, especialmente, à precipitação, vegetação e ações antrópicas, como detalhado a seguir.

Chuva

De acordo com BANDEIRA (2003), a precipitação pluviométrica se mostra como elemento primordial nos eventos de movimento de massa, sendo fator mais importante quando se trata da instabilização de encostas no Brasil. A chuva atua na elevação do lençol freático, provocando a diminuição da pressão efetiva e provocando forças de percolação. Também preenche as fissuras presentes em solos rochosos, podendo levar até a ruptura de fendas, devido a presença de pressão hidrostática e por fim, pode levar ao aumento da quantidade de água nos poros de solos não saturados, diminuindo a coesão aparente e, conseqüentemente, a resistência. Em eventos de precipitação pluviométrica, a água que se infiltra no solo aumenta o peso próprio e a poropressão e reduz a resistência da massa de solo.

Deve-se salientar também que solos mais secos levam mais tempo para atingir uma frente de saturação que seja capaz de favorecer um evento de deslizamento de terra, pois necessitam de mais água para que isso aconteça. No entanto, quando a região apresenta um regime de chuvas mais contínua, a probabilidade do solo chegar a um nível de umidade mais próximo da saturação é maior e, dessa maneira, os episódios de movimentos de massa são mais frequentes (BANDEIRA, 2003).

Cobertura Vegetal

A vegetação possui papel de destaque nos casos de deslizamento de massas e pode atuar de duas maneiras principais, sendo elas as ações favoráveis e desfavoráveis ao movimento, segundo GRAY e LEISER (1982, apud BANDEIRA, 2003).

Os efeitos favoráveis estão relacionados a capacidade que a copa das árvores possui de impedir parte do impacto direto da água da chuva na superfície do terreno, o que acarreta na diminuição da absorção de água pelo solo (Figura 10). Ademais, a vegetação retira água do solo no processo de evapotranspiração, contribuindo para a estabilidade GRAY e LEISER (1982, apud BANDEIRA, 2003).

As suas raízes também podem atuar como agente auxiliador para estabilidade do terreno, já que têm a capacidade de aumentar a resistência do solo ao cisalhamento ao receber parte da tensão cisalhante existente no solo e também escorando as camadas mais superficiais do solo, quando suas raízes são profundas o suficiente para alcançar horizontes mais resistentes GRAY e LEISER (1982, apud BANDEIRA, 2003).

Os morros da RMR, por exemplo, tinham como agentes auxiliares para sua estabilização, as espécies da primitiva Mata Atlântica, das quais restam apenas algumas gramíneas, árvores frutíferas ou, até mesmo, nenhuma cobertura vegetal, fazendo com que os morros do Recife se apresentem como áreas de risco (GUSMÃO FILHO, 1998).

Por outro lado, a cobertura vegetal pode agir como uma alavanca, transferindo a força cisalhante para o solo quando estão sob a ação da força resultante do vento. Além do mais, também merece destaque o efeito de cunha, quando as raízes das árvores penetram em fendas, fissuras e canais que estão presentes nas rochas e à medida que aumentam de volume, empurram as laterais dessas aberturas e da sobrecarga causada pelo peso das árvores atuando sobre o solo GRAY e LEISER (1982 apud BANDEIRA, 2003).

BROWN e SHEU (1975, apud BANDEIRA, 2003) explica a atuação dos efeitos favoráveis e desfavoráveis. Segundo os autores, após a retirada da vegetação, há um acréscimo na estabilidade do talude, pois nesse momento, cessa a ação dos efeitos desfavoráveis. Todavia, ao longo do tempo, os efeitos favoráveis começam a limitar sua ação, pois ocorre a decomposição das raízes e não se tem mais a redistribuição da água da chuva.

Figura 10: Exemplo do efeito de redistribuição da água da chuva pela copa das árvores



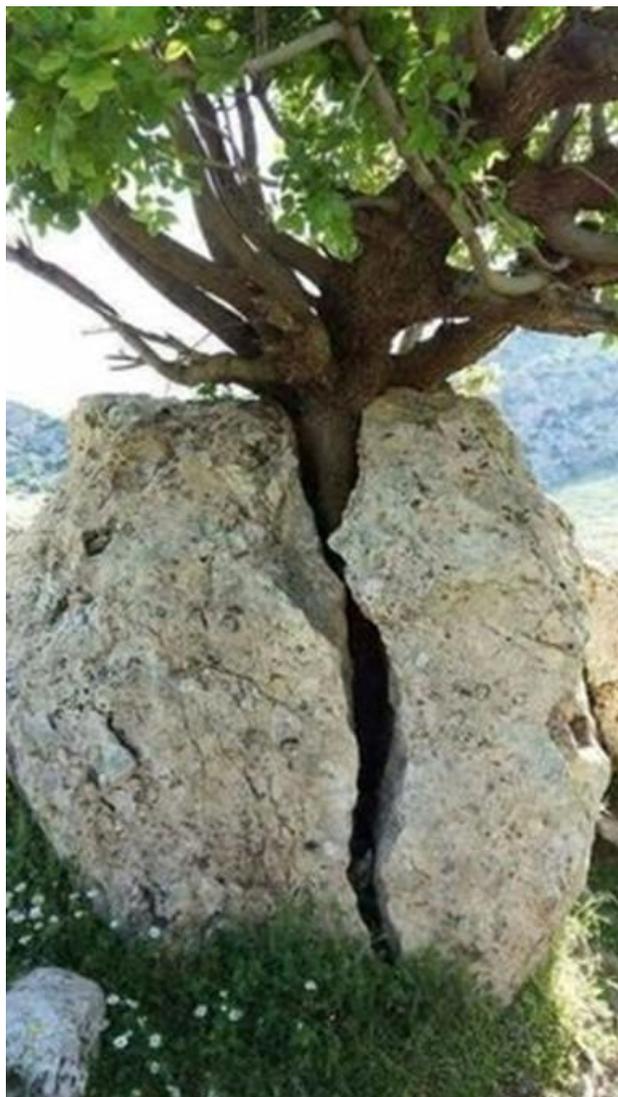
Fonte: Ciclovivo (2014)

Figura 11: Raízes podem auxiliar estabilidade do terreno



Fonte: Instituto Tamanduá

Figura 12 - Exemplo do efeito cunha



Fonte: Autor desconhecido

Fatores Antrópicos

As ações antrópicas são intervenções realizadas pelos seres humanos no ambiente, geralmente relacionadas às necessidades que se originam pelas condições ambientais, políticas e socioeconômicas e culturais as quais são expostos (BANDEIRA, 2003).

A ausência da interferência governamental de maneira efetiva acarreta um processo de ocupação desordenado, deixando de levar em conta critérios técnicos de planejamento. Dessa forma, o processo de implantação de moradias e infraestrutura inerente ao processo de urbanização nas áreas de morro, trouxe impactos ambientais graves, responsáveis por perdas humanas e materiais. Observa-se que as principais ações antrópicas que afetam a geodinâmica das

encostas são o desmatamento; implantação de construções em áreas sujeitas a evolução natural das encostas; cortes e aterros executados de maneira irregular; abertura de vias de acesso sem planejamento prévio; despejo de detritos nos taludes e encostas; despejo de águas servidas e esgoto na superfície do terreno; e implantação de drenagem que prejudica a estabilidade das encostas (MENDONÇA E GUERRA, 1997).

Dentre as ações citadas anteriormente, a execução indevida de cortes e aterros com o fito de construir moradias se mostra como o principal problema da ocupação antrópica nas encostas. Essas ações acarretam mudanças nas características das tensões que atuam no maciço, provocando o aparecimento de trincas de tração no topo, no caso de cortes, que podem ser preenchidas pela água da chuva e ocasionar colapso do talude. Outra questão que merece ênfase, é que essas interferências antrópicas levam a modificações na geometria das encostas, da drenagem e, principalmente, da cobertura vegetal, tornando mais fácil a saturação do maciço e gerando instabilização (LIMA, 2002).

Na Região Metropolitana do Recife, a ação antrópica está diretamente relacionada ao risco de deslizamento nas encostas, onde a frequência dos eventos de deslizamentos vão além dos fatores geológicos e topográficos, ficando a cargo, especialmente, às práticas inerentes ao processo de ocupação (BANDEIRA, 2003).

2.2. Geologia da Cidade do Recife

A geologia da cidade do Recife é resultado de variados processos geodinâmicos que levaram ao desenvolvimento de diferentes formações que hoje modelam o município.

Primeiramente, destaca-se o Embasamento Cristalino que se estende pela região Oeste da Região Metropolitana do Recife, cujas rochas possuem composição granítica (granitos, migmatitos, gnaisses e micaxistos). Os argilominerais que são formados nos solos das rochas, tem influência importante nos eventos de deslizamento, todavia, o relevo maduro e a preservação da cobertura vegetal conseguiram manter a estabilidade natural das suas encostas (ALHEIROS et al., 2003).

O falhamento do Embasamento Cristalino deu origem a bacia de sedimentação presente na RMR, que começa pela Formação Cabo, passando pela

Formação Beberibe, Formação Gramame, Formação Barreiras e as planícies (GUSMÃO FILHO, 1998).

A Formação Barreiras predomina nas encostas pertencentes ao Alto da Telha, no bairro de Passarinho. Esta unidade geológica teve sua origem durante a regressão marinha, ocorrido entre o fim do período terciário e início do quaternário, que se seguiu ao processo de transgressão anterior, concomitantemente ao basculamento da costa do continente, o que favoreceu a deposição de sedimentos em toda faixa continental, como pode ser visto na Figura 13. Esses sedimentos são formados, predominantemente por misturas de argilas com horizontes de pedregulhos e também areias (GUSMÃO FILHO, 1998).

Segundo ALHEIROS (2003), essas areias são ricas em feldspatos, que ao serem expostos ao processo de argilização sob o clima quente e úmido, contribuem para instabilização das encostas. Houveram três ambientes de deposição para Formação Barreiras: Leques Aluviais, cujos sedimentos acumulados foram trazidos por rios, na forma de leques; Fluviais, quando os sedimentos são transportados por rios e fluvio-lagunares, que são resultado da influência de rios e lagoas.

Figura 13: Mapa geológico da Região Metropolitana do Recife



Fonte: ALHEIROS (1998)

O Grupo Barreiras, se apresenta como tabuleiros elevados com cerca de 50 m de altitude e se diferenciando em duas formações. Na zona sul da RMR predomina a Formação Gurarapes, cujos sedimentos são mais arenosos e mais propícios à erosão e na zona norte, destaca-se o Solo Riacho Morno, caracterizado por sedimentos de textura mais argilosa e que cobre e/ou intercala os sedimentos da Formação Guararapes. Essa característica de presença de ambos os tipos de sedimentos, provoca uma suscetibilidade menor à erosão e maior frequência de eventos de deslizamentos. Existem também outras unidades que compõe os morros da RMR, como o Cristalino e a Formação Cabo, que podem ser encontrados em locais isolados no leste da região da zona oeste e também a Formação Beberibe e Gramame ao norte, que não são expressivos (GUSMÃO FILHO, 1998).

Segundo ALHEIROS *et al.* (2003) “É na Formação Barreiras em que se observa a maior incidência de casos de deslizamentos e erosões na RMR, particularmente em Recife, Camaragibe, Olinda e Jaboatão dos Guararapes, pelo fato dessas áreas terem sido adensadas através de ocupações espontâneas ou informais”. A Tabela 3 mostra a suscetibilidade para deslizamento das unidades geológicas presentes na Região Metropolitana do Recife.

Tabela 3: Unidades Geológicas e sua relação com a suscetibilidade para deslizamento e erosão na Região Metropolitana do Recife

UNIDADES GEOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS VISUAIS E TEXTURAIS DOS SEDIMENTOS E SOLOS RESIDUAIS	SUSCETIBILIDADE PARA	
		DESLIZAMENTO	EROSÃO
Formação Barreiras	Camadas coloridas com argilas e areais intercaladas	Alta	Baixa
	Camadas arenosas de cor creme	Baixa	Alta
Formação Gramame e Maria Farinha	Solos argilosos de cor creme a cinza (<i>vertissoles</i>)	Alta	Baixa
Formação Beberibe	Camadas arenosas homogêneas de cor creme	Baixa	Alta
Formação Cabo	Camadas com grandes blocos e seixos	Média	Média
	Camadas arenosas esverdeadas intercaladas a camadas argilosas de cores marrom e verde	Média	Baixa
Formação Ipojuca	Solos castanhos escuros (<i>terra roxa estruturada</i>)	Alta	Baixa
	Solos argilo-arenosos de cores claras	Média	Média
Embasamento Cristalino	Solos areno-argilosos a vermelhados (<i>podzólicos</i>)	Média	Média
	solos argilosos castanhos (<i>podzólicos</i>)	Média	Baixa

Fonte: ALHEIROS et al. (2003)

2.3. Suscetibilidade

Segundo ALHEIROS et al. (2003), a suscetibilidade está relacionada à fragilidade que um local apresenta em relação a processo geológicos que podem ocorrer, sendo portanto, uma característica inerente ao meio.

PFALTZGRAFF (2007), cita dois tipos de suscetibilidade ao deslizamento: natural e induzida. A primeira leva em consideração características geológicas, pedológicas, geomorfológicas e climáticas de determinado local, tendo como exemplos, dados de declividade, altura e extensão das encostas, bem como a pluviosidade e a cobertura vegetal da área em estudo.

Já a segunda está relacionada aos fatores antrópicos e às atividades socioeconômicas estabelecidas ou previstas para um local, podendo ser tomado como fonte de dados para este tipo de estudo o mapa de uso e ocupação do solo, como utilizado por TOMINAGA (1998 *apud* PFALTZGRAFF, 2007).

As propriedades citadas anteriormente e outras que influenciam significativamente a suscetibilidade do meio podem ser classificadas em dois tipos: Fatores Endógenos e Fatores Exógenos e podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4: Fatores Endógenos e Exógenos determinantes para a suscetibilidade a deslizamentos de encostas

FATORES ENDÓGENOS	ATRIBUTOS
Geológicos	Litologias e estruturas
Geomorfológicos	Declividade, Extensão das encostas, Altura das encostas, Perfil das encostas, Morfologia das encostas e Drenagem
Tipo de solo	Granulometria, Mineralogia e Unidade Pedológica
FATORES EXÓGENOS	ATRIBUTOS
Vegetação	Tipo de vegetação e área vegetada

Fonte: PFALTZGRAFF (2007)

O resultado do estudo dos conceitos destacados acima são apresentados em cartas de suscetibilidade, que trazem as informações da probabilidade que um evento, ou mais de um venha a ocorrer e são expressas em classes de possibilidades (BITAR, 1992 *apud* PFALTZGRAFF, 2007).

2.4. Perigo e Risco

Os termos Perigo e Risco são dois conceitos estritamente ligados às análises de deslizamento de encostas e é comum que ambas as palavras sejam utilizadas como sinônimos (KOBAYAMA et al., 2006),

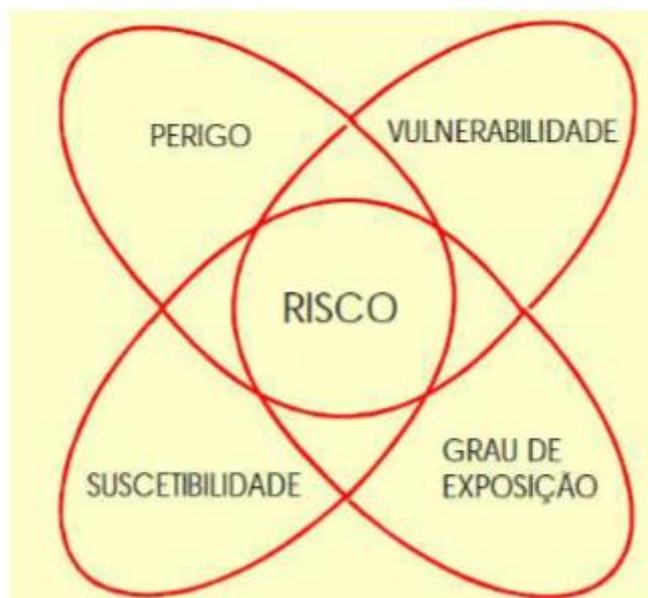
O Perigo pode ser designado como a probabilidade de que um evento com grande potencial de causar danos (em pessoas, bens e/ou no meio ambiente) ocorra, em local e tempo determinados, estando associado a um fenômeno de origem natural ou provocado pelo homem (VARNES, 1984) e (ZUQUETTE, 1993).

O Risco, por sua vez, é conceituado por VARNES (1984 *apud* SILVA, 2015) como “o número de vítimas perdidas, pessoas feridas, danos a propriedades, interrupção de atividade econômica, devido a um evento adverso, em uma área e em um período de referência”. Também pode ser dito como a probabilidade de que um dano acometa uma comunidade ou parte dela, como explicado por AUGUSTO FILHO (1990 *apud* SILVA, 2015).

Assim como acontece com a magnitude do Perigo, o estudo de risco leva em conta alguns fatores. Para ALHEIROS (1999, *apud* SILVA, 2015), tais elementos podem ser a suscetibilidade da área, o tipo de evento danoso que será analisado, a

ameaça potencial, grau de exposição e vulnerabilidade existente na região. Dessa forma, o conceito de Risco pode ser resumido na Figura 14.

Figura 14: Componentes do Risco



Fonte: ALHEIROS (1999 adaptado de HAYS, 1991)

Os conceitos apresentados anteriormente ainda geram desacordos entre os pesquisadores, conseqüentemente, também se torna mais complexa a consolidação de metodologias para cada um dos estudos (KOBAYAMA et al, 2006). A seguir, será apresentado um dos métodos que podem ser usados para análise semiquantitativa da suscetibilidade ao deslizamento de encostas.

2.5. Análise de Suscetibilidade

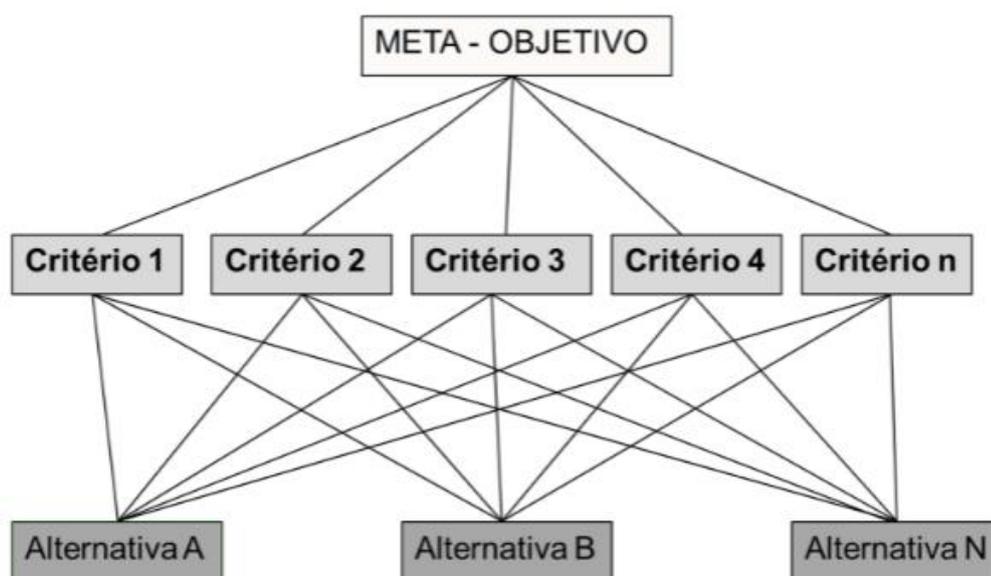
2.5.1. Processo de Análise Hierárquica (AHP)

De acordo com VARGAS (1990), o Processo de Análise Hierárquica é uma forma de análise capaz de lidar com critérios quantificáveis ou intangíveis, tendo como princípio o fato de que a experiência e conhecimento das pessoas têm peso considerável na tomada de decisões, sendo tão importante quando os dados que estão sendo utilizados. O método possui duas fases de execução: a estruturação e avaliação da análise.

A primeira fase consiste na construção da hierarquia dos fatores a serem estudados, fase fundamental na qual é importante decidir quais os detalhes

relevantes para representar o problema, de forma completa, mas também permitindo flexibilidade para possíveis alterações. Para o desenvolvimento da hierarquia, é imprescindível considerar o ambiente no qual o problema está inserido, as questões, atributos e participantes que provavelmente contribuem para a solução do estudo (SAATY e VARGAS, 2012). Nessa estágio da aplicação do método, são definidos as metas, critérios e alternativas que formam uma estrutura hierárquica que apresenta as relações entre os mesmos, como uma árvore invertida (Figura 15), cuja direção começa na decisão das metas, descendo para os critérios, subcritérios e alternativas, em níveis sucessíveis (SAATY, 1990 apud FARIA, 2011).

Figura 15: Hierarquia de três níveis



Fonte: FARIA (2011, modificado de SAATY, 1990)

Na segunda etapa do método AHP, realiza-se a comparação par a par dos critérios ou alternativas analisados. Isso significa que cada elemento de um mesmo nível hierárquico é comparado diretamente com os demais, por meio da atribuição de um valor que representa o grau de importância relativa entre eles. Para essa atribuição, por parte de um especialista, utiliza-se a Escala Fundamental de Saaty, que varia de 1 a 9, onde o valor 1 indica que os dois elementos possuem igual importância para o objetivo do estudo e o valor 9 indica que um elemento é extremamente mais importante que o outro. Valores intermediários (2, 4, 6 e 8) são usados para representar diferenças sutis de importância (SAATY, 2012).

O resultado dessas comparações forma uma matriz paritária, nela, quando o julgamento atribuído pelo especialista é colocado na posição à esquerda da diagonal principal da matriz (acima ou abaixo do número 1), registra-se o valor direto atribuído na comparação. Na posição simétrica oposta, insere-se o valor recíproco (o inverso do valor atribuído), garantindo a coerência matemática da matriz. Essa reciprocidade segue a relação expressa na Equação 1, de modo que, se o elemento i é três vezes mais importante que o elemento j , então o elemento j terá importância equivalente a $1/3$ do elemento i (FARIA, 2011).

$$A_{n \times n} = \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{vmatrix} \quad (1)$$

Quadro 1: Escala Fundamental de Saaty

INTENSIDADE DE IMPORTÂNCIA	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	Importância igual	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade sobre
5	Importância forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade sobre
7	Muito forte ou importância demonstrada	Uma atividade é fortemente favorecida sobre outra; sua dominância é evidente na prática
9	Importância extrema	A evidência a favor de uma atividade sobre a outra é do mais alto grau possível de afirmação
2,4,6 e 8	Valores importantes intermediários	Representa uma condição intermediária entre duas das definições
Recíprocos dos valores acima		Se a atividade i recebe um dos valores acima quando comparada à atividade j , então j recebe o valor recíproco quando comparada a i
Racionais	Razões derivadas da escala	Caso se forçasse a consistência usando n valores numéricos para

Fonte: Modificado de SAATY e VARGAS (2012)

Tabela 5: Exemplo de Matriz Paritária: Qual bebida é mais consumida no Estados Unidos?

	A	B	C	D	E	F	G	ESTIMADO	ATUAL
A: Café	1	9	5	2	1	1	1/2	0,177	0,18
B: Vinho	1/9	1	1/3	1/9	1/9	1/9	1/9	0,019	0,01
C: Chá	1/5	3	1	1/3	1/4	1/3	1/9	0,042	0,04
D: Cerveja	1/2	9	3	1	1/2	1	1/3	0,116	0,12
E: Refrigerantes	1	9	4	2	1	2	1/2	0,190	0,18
F: Leite	1	9	3	1	1/2	1	1/3	0,129	0,14
G: Água	2	9	9	3	2	3	1	0,327	0,33

Fonte: SAATY e VARGAS, 2012

De acordo com FARIA (2011), a matriz de julgamento deve atender a algumas características, são elas:

- Os valores utilizados na matriz de paridade devem ser todos positivos;
- A matriz deve possuir a propriedade da identidade dos elementos, dessa forma, os elementos da diagonal principal devem ter valor 1 ($a_{ii}=1$);
- Os valores posicionados acima da diagonal principal da matriz devem ser iguais ao inverso dos elementos correspondentes, que estão abaixo da matriz principal, ou seja ($a_{ij}=1/a_{ji}$), esta propriedade é denominada de reciprocidade;
- Consistência ou Coerência: Diz respeito ao conceito de transitividade, dessa forma, se um critério A é preferível em relação a B e B preferível em relação a C, por consequência, A também é preferível a C. Lógicas diferentes dessas são consideradas incoerentes e não respeitam a transitividade.

Para verificação da consistência dos elementos, são seguidos alguns processos. O primeiro deles é o cálculo do autovetor, onde cada elemento da matriz é dividido pela soma total da coluna. Em seguida é feita a soma das linhas da matriz normalizada, formando uma coluna e se soma os valores dessa coluna. Por fim, para chegar à coluna do autovetor, divide-se cada elemento da coluna de soma pelo total dos valores da coluna. Os passos descritos acima podem ser acompanhados nos Quadro 2 aQuadro 4 (SAATY, 1990 apud FARIA, 2011).

Quadro 2: Exemplo de Matriz de comparação paritária

CRITÉRIOS	DECLIVIDADE	USO E COBERTURA	NÍVEL D'AGUA
DECLIVIDADE	1	1/3	5
USO E COBERTURA	3	1	7
NÍVEL D'AGUA	1/5	1/7	1
SOMA	21/5	31/21	13

Fonte: TEKNOMO, 2006 apud FARIA, 2011

Quadro 3: Exemplo de matriz de comparação normalizada

CRITÉRIOS	DECLIVIDADE	USO E COBERTURA	NÍVEL D'AGUA
DECLIVIDADE	5/21	7/31	5/13
USO E COBERTURA	15/21	21/31	7/13
NÍVEL D'AGUA	1/21	3/31	1/13
SOMA	1	1	1

Fonte: TEKNOMO, 2006 apud FARIA, 2011

Quadro 4: Autovetor normalizado

CRITÉRIOS	DECLIVIDADE	USO E COBERTURA	NÍVEL D'AGUA	SOMA DAS LINHAS	AUTOVETOR (%)
DECLIVIDADE	5/21	7/31	5/13	0,8485	28,28
USO E COBERTURA	15/21	21/31	7/13	1,9302	64,34
NÍVEL D'AGUA	1/21	3/31	1/13	0,2213	7,38
SOMA DAS COLUNAS	1	1	1	3	100

Fonte: TEKNOMO, 2006 apud FARIA, 2011

Os valores que formam a coluna do autovetor calculado são os pesos relativos de cada fator analisado em cada linha da tabela, designando a ordem de prioridade de cada critério (TEKNOMO, 2006 apud FARIA, 2011).

A etapa seguinte diz respeito à conferência da coerência dos julgamentos e, segundo FARIA (2011), é feita através da “análise de sensibilidade”, na qual é realizado o cálculo do autovalor. O primeiro passo é o cálculo do “autovalor máximo” ($\lambda_{\text{máx}}$), e esse valor deve ser o mais próximo possível do número de linhas ou colunas da matriz de comparação (n). A equação 2 é utilizada para o cálculo do autovalor, onde T é o autovetor normalizado e w é a soma das colunas da matriz de comparações.

$$\lambda_{\text{máx}} = T \cdot w \quad (2)$$

Com o resultado do $\lambda_{\text{máx}}$, é calculado o índice de consistência (IC), que representa o desvio entre o autovalor calculado e o valor teórico n . É dado pela expressão $(\lambda_{\text{máx}} - n)$, medida em relação ao número de graus de liberdade $(n-1)$, como mostrado na equação 3.

$$IC = (\lambda_{\text{máx}} - n)/(n - 1) \quad (3)$$

O próximo passo é a obtenção da Razão de Consistência (RC), feita através da comparação entre o IC e o Índice de Consistência Aleatória - CA (Ou Índice Randômico - IR), concluindo se o grau de consistência é satisfatório ou não. O CA pode ser definido como o valor que seria obtido caso fosse considerada uma matriz paritária de ordem n sem julgamentos lógicos, sendo preenchida por valores aleatórios. Os valores de CA podem ser consultados na Tabela 6.

Tabela 6: Valores de consistência aleatória (CA) em função da ordem da matriz

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice Randômico	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45

Fonte: SAATY (2012)

A Razão de Consistência é calculada pela equação 4, para que a matriz paritária estudada é consistente se o valor de RC obtido for menor ou igual a 0,1 (10%).

$$RC = IC/CA \quad (4)$$

Levando em conta os conceitos e métodos explanados até foram realizadas a aplicação dos mesmos no estudo da suscetibilidade ao deslizamento das encostas e taludes da área de estudo, através dos processos detalhados no tópico seguinte.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia tem o intuito de realizar a análise de suscetibilidade ao deslizamentos de encostas localizadas no bairro de Passarinho, Recife-PE. Na presente pesquisa foram estudadas 12 ruas da localidade, totalizando 105 residências e uma área de cerca de 0,09 km².

Para o alcance do objetivo do trabalho, inicialmente, foi feito o levantamento em campo, por meio da aplicação de questionários à comunidade, registros fotográficos e observação da área, obtendo informações sociais, geotécnicas e outras características da região que podem influenciar nos eventos de movimentos de massa. Também fez parte do processo, a realização de ensaios geotécnicos para obtenção da classificação do tipo de solo e, por fim, o tratamento dos dados e aplicação da metodologia AHP através dos programas *excel* da *microsoft* e do QGIS.

O Local já vinha sendo estudada pelo projeto “Morro de Vontade”, financiado pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE - processo APQ-1543-3.07/22), e também pelo projeto “Comportamento de solos saturados e não saturados e seus efeitos no meio ambiente - influência da variação de umidade: análise de risco de deslizamento de encostas” (CNPq - nº 4081/2023-3). Portanto parte dos dados já haviam sido levantados em visitas anteriores ao início da presente pesquisa, assim como já havia ocorrido a coleta das amostras de solo utilizadas nos ensaios de laboratório.

3.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo da presente pesquisa localiza-se no bairro de Passarinho (

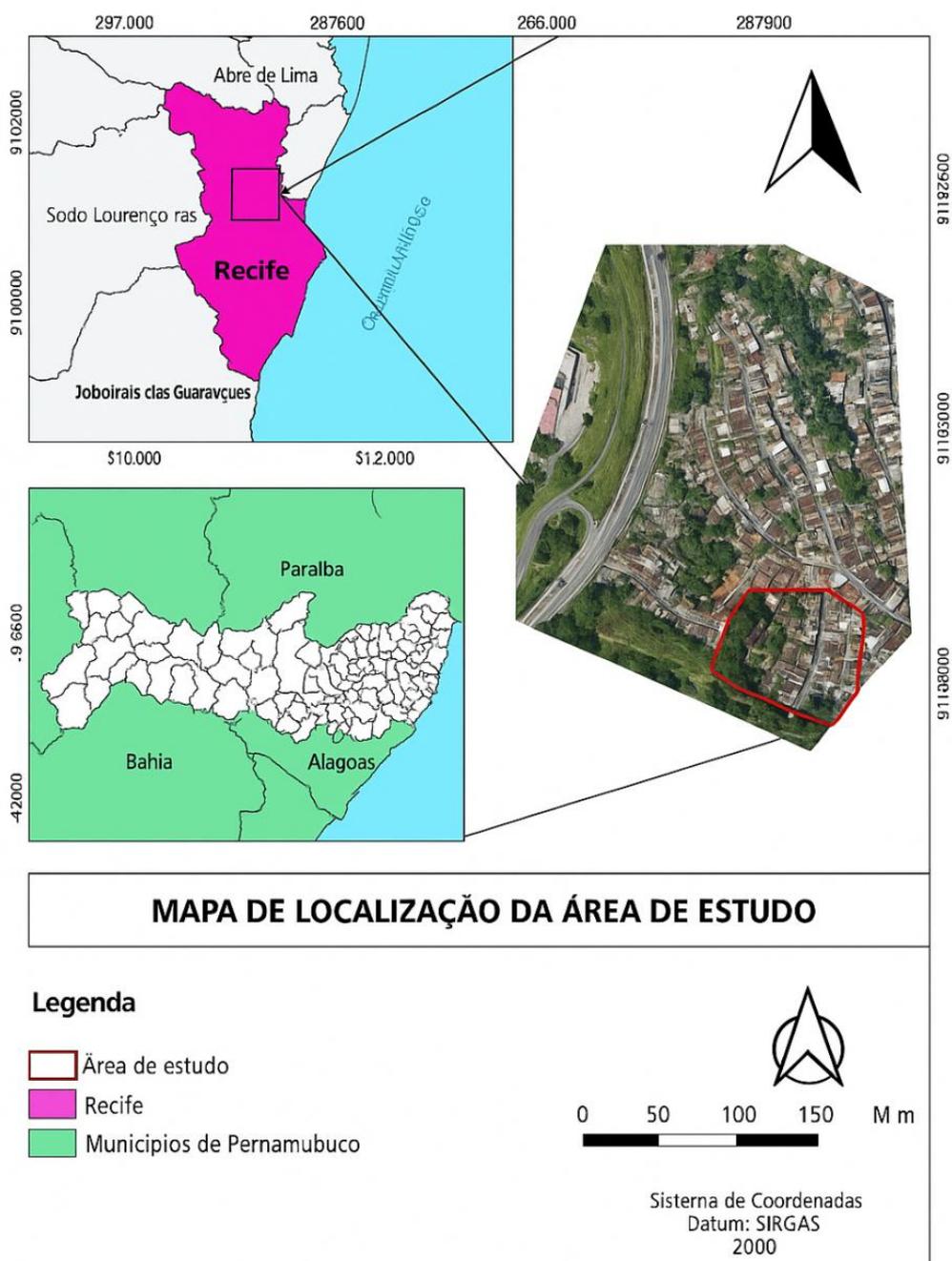
Figura 16), incluído na Região Político Administrativa (RPA) 3, com área territorial de cerca de 406 ha e cerca de 20.305 habitantes, segundo informações da Prefeitura do Recife (PREFEITURA DO RECIFE, 2025).

Na região, são encontradas em sua maioria casas e pequenos sobrados, com ruas estreitas, destacando-se a deficiência de elementos de drenagem (FRANÇA E BASTOS, 2024). Em visitas realizadas no local, foi possível verificar o comprometimento de grande parte da infraestrutura da região, com destaque para a carência de manutenção das eventuais estruturas de contenção presentes.

De acordo com estudos realizados pelo projeto de pesquisa da FACEPE “Morro de Vontade” através de ensaios de sondagem distribuídos de acordo com a Figura 17 o solo da região é formado, predominantemente, por areais argilosas, areias siltosas, argilas de alta e baixa compressibilidade. Ademais, nos ensaios SPT não foi possível observar nível de água (NA), no entanto, esse resultado pode mudar dependendo do período de tempo considerando, especialmente na ocorrência de

eventos chuvosos. Nesses casos, pode haver a ocorrência de NA em maior ou menor profundidade (SANTOS, 2024).

Figura 16: Localização do Alto da Telha



Fonte: A Autora (2025)

Figura 17: Localização dos furos de sondagem



Fonte: Projeto “Morro de Vontade” (2023)

Tabela 7: Caracterização geotécnica da área em estudo

Localização	Amostra	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Classificação SÚCS	Densidade real dos Grãos (g/m ³)
A1	Poço (1,20 m)	44	24	20	CL	2,674
	SPT (0,65-1,00 m)	42	22	20	CL	2,692
	SPT (1,45-2,00 m)	38	19	19	SC	2,677
	SPT (2,45-3,00 m)	38	20	18	SC	2,660
	SPT (3,45-3,60 m)	39	19	20	SC	2,646
A2	Poço (1,20 m)	49	24	25	CL	2,677
	SPT (0,45-1,00 m)	55	25	30	CH	2,674
	SPT (1,00-1,45 m)	49	24	25	CL	2,674
	SPT (1,45-2,00 m)	42	20	22	SC	2,653
A3	SPT (0,45-1,00 m)	35	18	17	SC	2,653
	SPT (1,00-2,00 m)	37	19	18	SC	2,649
	SPT (2,65-3,00 m)	48	30	18	CH-CL	2,660
B1	Poço (1,20 m)	32	18	16	SC	2,670
	SPT (0,00-1,00 m)	39	20	19	SC	2,660
	SPT (1,00-2,00 m)	56	27	29	CH	2,732
	SPT (2,00-3,00 m)	62	27	35	CH	2,729
B2	Poço (1,20 m)	48	21	27	CL	2,685
	SPT (0,45-1,00 m)	64	32	32	CH	2,747
	SPT (2,55-3,00 m)	46	22	24	CL	2,688
B3	SPT (1,45-1,75 m)	68	31	37	CH	2,751
	SPT (2,20-2,75 m)	27	13	14	SC	2,663
	SPT (3,20-3,75 m)	47	27	20	SC-SM	2,681

Fonte: Projeto “Morro de Vontade” (2023)

3.2. Levantamento em campo

Nesta etapa foi realizada a continuação da coleta de dados relacionados às residências das ruas presentes do Alto da Telha, importante destacar que esta fase foi realizada durante os projetos “morro de vontade” e pela pesquisa financiada pelo CNPq. As ruas visitadas foram Alto dUruraí, Paraú, Peritiba, Córrego da Telha, Maria da Fé, Antônio Antão de Carvalho Reis, Carlos Vanildo, Pedro Borba e Jornalista Waldete Agra, visitadas juntamente com outros pesquisadores. O levantamento consistiu no questionamento aos moradores de características sócio-geotécnicas relevantes para diferentes análises relacionadas à ocorrência de movimentos de massa nas encostas, como pode ser ilustrado na ficha de campo utilizada, mostrada na Figura 18 e na Figura 19.

Figura 18: a) e b) Ficha de campo utilizadas no levantamento

FICHA DE CAMPO			
N° de identificação da FC: _____		Data: ____/____/____ Hora: _____	
Logradouro: _____			
Bairro: _____		N°: _____	Referência: _____
Nome do morador: _____		Tel/Cel: _____	
Coordenadas:	X: _____	Datum: _____	
	Y: _____		
	Z: _____	Tempo: () Seco () Umido () Chuvoso	
Método de medida das coordenadas: _____			
MORADIA			
Idade do imóvel (anos)	<input type="checkbox"/> 1 a 5	Área construída do imóvel (m ²)	<input type="checkbox"/> Até 20 <input type="checkbox"/> De 20 a 30
	<input type="checkbox"/> 5 a 10		<input type="checkbox"/> De 30 a 40 <input type="checkbox"/> De 40 a 50
	<input type="checkbox"/> Mais de 10		<input type="checkbox"/> Maior que 50
	Especificar: _____		Especificar: _____
Tipo de Moradia	<input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Alvenaria	Tipo de ocupação:	<input type="checkbox"/> Regular
	<input type="checkbox"/> Mista <input type="checkbox"/> Taipa		<input type="checkbox"/> Irregular
N° de pavimentos: _____		Construção com aterro	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Quantidade de pessoas na residência: _____			Espessura (m): _____
Material do telhado	<input type="checkbox"/> Telha de fibrocimento	Área disponível para instalação do reservatório (m ²)	<input type="checkbox"/> Menor que 1
	<input type="checkbox"/> Telha de cerâmica		<input type="checkbox"/> Entre 1 e 2
	<input type="checkbox"/> Laje		<input type="checkbox"/> Maior que 2
	Outro: _____		<input type="checkbox"/> Não possui área disponível
Goteira no telhado	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		<input type="checkbox"/> Não tem interesse
Água do telhado e direcionada: <input type="checkbox"/> Reservatório <input type="checkbox"/> Drenagem/ Sarjeta <input type="checkbox"/> Direto na rua <input type="checkbox"/> Encosta <input type="checkbox"/> Terreno natural			
Observação: _____			
Infiltração	<input type="checkbox"/> Parede	No período chuvoso, já entrou água dentro do imóvel?	<input type="checkbox"/> até 20 cm <input type="checkbox"/> 20 a 50 cm
	<input type="checkbox"/> Teto		<input type="checkbox"/> 50 a 100 cm <input type="checkbox"/> maior que 50 cm
	<input type="checkbox"/> Ambos		<input type="checkbox"/> Não
	<input type="checkbox"/> Não		
Trincas/ Rachaduras:	<input type="checkbox"/> Externa () Terreno () Contato com a fundação () Infraestrutura - casa (parede, muro)		
	<input type="checkbox"/> Interna () Parede () Piso () Teto		
	<input type="checkbox"/> Não foi constatado		
	Trincas interferem: () Sistema elétrico () Sistema hidráulico		
	Orientação da trinca: _____		
	Distância das trincas: () d < 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: _____			
Tratamento de água: () Extensivo () Parcial () Insuficiente () Tópico () Inexistente			
Alagamento da área (frente, lateral, fundo):	<input type="checkbox"/> até 50 cm	Sistema de drenagem superficial: (construído)	<input type="checkbox"/> Extensiva
	<input type="checkbox"/> 50 a 100 cm		<input type="checkbox"/> Parcial
<input type="checkbox"/> Acima de 1 m	<input type="checkbox"/> Insuficiente		
<input type="checkbox"/> Não há ocorrência	<input type="checkbox"/> Tópica		
	<input type="checkbox"/> Inexistente		
Armazenamento da água da chuva	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		Tipo: () Boca de Lobo () Sarjeta
	Tipo (s): _____		Outro: _____
	Capacidade (L): _____		
Destino do esgoto:	<input type="checkbox"/> Céu aberto	Lançamento de água a céu aberto: () Sim () Não	
	<input type="checkbox"/> Fossa séptica	Vazamento na tubulação:	<input type="checkbox"/> Esgoto
<input type="checkbox"/> Canalizado	<input type="checkbox"/> Água		
Dimensões: _____	<input type="checkbox"/> Não existente		
Tratamento de esgoto: () Extensivo () Parcial () Insuficiente () Tópico () Inexistente			
Coleta de lixo	<input type="checkbox"/> Regular	Lançamento de lixo na encosta: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
	<input type="checkbox"/> Irregular		

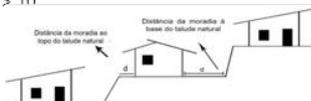
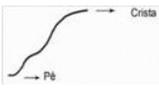
MOVIMENTAÇÃO			
Movimento já ocorreu:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Cicratizes	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Sinais de Movimentação	<input type="checkbox"/> Ondulações na superfície	Estruturas adjacentes de contenção:	Executado: () Prefeitura () Moradores
	<input type="checkbox"/> Embarrigamento		<input type="checkbox"/> Insuficiente
	<input type="checkbox"/> Desalinhamento:		<input type="checkbox"/> Necessita reparos
	() Árvores () Cerca/Muros () Meio-fio () Vias () Canaletas de drenagem Outro: _____		<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	Estruturas Afetadas:	
	<input type="checkbox"/> Escorregamento Rotacional	<input type="checkbox"/> Ruas/Vias <input type="checkbox"/> Residências	
	<input type="checkbox"/> Rastejos	<input type="checkbox"/> Canaletas de drenagem	
VEGETAÇÃO			
Vegetação no talude e proximidades:	<input type="checkbox"/> Sem cobertura vegetal	Bananeiras ou bambus no talude: () Sim () Não	
	<input type="checkbox"/> Vegetação rasteira	Área de cultivo de: _____	
	<input type="checkbox"/> Presença de árvores		
	<input type="checkbox"/> Mata coberta diversa		
Vegetação (%):	() 100 () 100 - 70 () 70 - 30 () 30 - 0 () Ausente		
CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA			
Presença de material rochoso: () Sim () Não		Tipos:	<input type="checkbox"/> Presença de rochas ou matações
			<input type="checkbox"/> Blocos soltos no talude
			<input type="checkbox"/> Paredão rochoso
Litologia:	() Calcário - Fm. Gramame -1 () Solo Residual - Embas. Cristalino -3 (x) Sedimentos - Fm. Barreiras - 5 () Conglomerado - Fm. Cabo -2 () Sedimentos - Fm. Beberibe - 4		
Estrutura:	() Homogênea - 1 () Bandada Horizontal - 3 () Mergulho no Sentido do Corte - 5 () Mergulho Contrário ao Corte - 2 () Bandada Subvertical - 4		
Textura:	() Arenosa - 1 () Argilo-arenosa Homogênea - 3 () Topo Argiloso s/ Areia - 5 () Areno-argilosa Homogênea - 2 () Topo Arenoso s/ Argila - 4		
Evidências de Risco:	() Sem evidências - 1 () Cicratizes - 3 () Fendas, Voçorocas e/ou Barriga - 5 () Ravinamento Superficial - 2 () Ravinamento Profundo - 4		
() Opção 1: Encosta Natural () Opção 2: Talude de Corte () Opção 3: Talude de Aterro			
Altura do talude:	() h < 2 m () 2 m < h < 4 m () 4 m < h < 6 m () 6 m < h < 10 m () h > 10 m		
Inclinação do talude:			
Distância da moradia a:	Base da encosta (m): () d < 2 () 2 < d < 4 () 4 < d < 6 () 6 < d < 10 () d > 10 Topo da encosta (m): () d < 2 () 2 < d < 4 () 4 < d < 6 () 6 < d < 10 () d > 10		
Cortes:	() Pequeno Porte e Isolados () Dispersos Próximos ao Pé () Grande Porte () Dispersos em Topos () Patamares Desordenados		
TERRENO			
Ocorrência de água:	<input type="checkbox"/> Crista	Erosão:	<input type="checkbox"/> Lam inar (superficial)
	<input type="checkbox"/> Meio		<input type="checkbox"/> Sulcos (prof. até 0,5 m)
<input type="checkbox"/> Pé	<input type="checkbox"/> Não existente		<input type="checkbox"/> Ravinas (prof. maior que 0,5 m)
			<input type="checkbox"/> Trincas (atinge até 3 m)
		<input type="checkbox"/> Voçorocas (atinge lençol freático)	
OBSERVAÇÕES:			

Figura 19: Aplicação de questionário à população



Fonte: A autora (2024)

Observando as fichas destacadas nas figuras anteriores, nota-se que além da abordagem direta aos moradores, também foram levantadas informações visuais da área estudada, como presença de sistemas de drenagem e esgotamento sanitário; possíveis vazamentos em tubulações, afetando a encosta; lançamento de resíduos na encosta; presença de trincas e fissuras nas edificações; existência de sinais que pudessem indicar possível movimentações ocorridas, como desalinhamentos, ondulações, embarrigamentos e cicatrizes; existência de estruturas de contenção e seu estado de conservação; dados das formas de vegetação presentes ou sua ausência e características inerentes a encosta, tais como declividade e altura. Merece destaque fato de que a maior parte das encostas não possui solução para auxiliar na estabilidade das mesmas, e as existentes são carentes de manutenção, diminuindo sua eficácia. Um exemplo é visto na Figura 20, na qual um muro de contenção se encontra tomado por vegetação, indicando a possível presença de

infiltrações. Notou-se, também, a obstrução do sistema de drenagem da maioria das estruturas de contenção.

Figura 20: Presença de estrutura de contenção (muro de arrimo) carente de manutenção.



Fonte: A autora (2024)

3.3. Tratamento de dados

Antes do início da pesquisa, os dados levantados em campo, através das fichas apresentadas anteriormente, estavam sendo inseridos em arquivo previamente desenvolvido, através do auxílio do aplicativo Qfield e do software Qgis (versão 3.28.11). Na pesquisa, foi dada continuidade a essa atividade, possibilitando

a conjunção das informações de cada residência visitada com o posicionamento geoespacial das mesmas no mapa da região. Para a inserção das informações, foi necessário preencher o formulário presente no aplicativo, como mostrado na Figura 21, para cada casa visitada, representadas no mapa pelos polígonos de cor vermelha. Ao finalizar o cadastro, a residência inserida foi marcada com um ponto amarelo, resultando na apresentação exibida na Figura 22.

Figura 21: a) Primeira aba da ficha de campo no software Qgis

Cadastro - Atributos da feição

Ações

Identificação Moradia 1 Moradia 2 Água, Esgoto e Lixo Movimentação Vegetação

Nº de identificação NULL

Data NULL

Logradouro NULL

Bairro NULL

Nº NULL

Complemento NULL

Nome do morador NULL

Celular NULL

Tempo (NULL)

OK Cancelar

Fonte: Projeto "Morro de Vontade" (2023)

Figura 22: Mapa da região estudada com localização das residências.



Fonte: A autora (2024)

Através do recurso da tabela de atributos do QGis, foi possível extrair as informações implementadas no programa, em formato XML, permitindo sua utilização na análise de suscetibilidade.

3.4. Ensaio de Laboratório

A investigação das características geotécnicas das amostras de solo coletadas pelos integrantes do projeto “Morro de Vontade”, antes do início da presente pesquisa, foram feitas a partir de ensaios de laboratório, realizados no Laboratório de Solos e Instrumentação (LSI) da Universidade Federal de Pernambuco.

3.4.1. Ensaio de Limite de Liquidez

Antes do início da execução do ensaio propriamente dito, a amostra de solo coletada previamente em visitas do projeto “Morro de Vontade” já haviam sido secas ao ar, até a umidade hidrocópica. Foram divididas em duas metades. Uma delas foi utilizada no presente ensaio, seguindo os procedimentos para execução do ensaio de Casa Grande, descritos na NBR 6457 (Solos-Preparação de amostras para ensaios de compactação, caracterização e determinação do teor de umidade) e NBR 6459 (Determinação do Limite de Liquidez).

Figura 23: Execução do Ensaio de Casa Grande



3.4.2. Limite de Plasticidade

Para o Limite de Plasticidade foi usada a segunda metade da amostra preparada no ensaio de limite de liquidez, levando em consideração a metodologia da NBR 7180 (Determinação do limite de plasticidade).

Figura 24: a) Materiais utilizados no ensaio e b) Execução do ensaio



Fonte: A autora (2024)

3.4.3. Curva Característica de Sucção

A montagem das amostras e execução dos ensaios já haviam sido feitas previamente pelo técnico do laboratório, quando foram colocadas amostras de solos de 4 furos realizados no local na pesquisa, são eles poços A1, A2, B1 e B2. Para cada um desses furos, foram utilizadas duas cápsulas para cada concentração de cloreto de sódio (NaCl) e Ácido sulfúrico (H_2SO_4) e as mesmas foram colocadas em dessecadores. A etapa de leitura foi a atividade executada nesta pesquisa, na qual foram monitoradas as variações do peso bruto úmido das amostras, por um período de 4 semanas. As leituras no período de 17/10/2023 a 14/11/2023 já haviam sido feitas anteriormente, para esta pesquisa foram feitas as leituras dos dias 21/11/2023 e 28/11/2023,.

As informações obtidas foram colocadas em tabelas, para que fossem calculados o Peso úmido (P úmido), Peso seco (P seco), Peso da água e umidade. As fórmulas utilizadas estão descritas abaixo:

$$P_{úmido} = P_{bruto} - w/100 \quad (5)$$

Onde w é a umidade inicial, obtida em análises anteriores a essa pesquisa.

$$P_{seco} = P_{úmido}/(1 + w) \quad (6)$$

$$P_{da\ água} = P_{úmido} - P_{seco} \quad (7)$$

$$Umidade = P_{úmido} - P_{seco} \quad (8)$$

3.5. Análise de Suscetibilidade

A análise de suscetibilidade foi realizada através da aplicação das etapas apresentadas no referencial teórico para o Processo de Análise Hierárquica (AHP) a partir da utilização dos programas excel e Qgis 3.28.11, de forma manual, como também houve a utilização de aplicativo destinado para execução do método, o EasyAHP, utilizado no Qgis versão 2.8.9.

3.5.1. Indicadores considerados na análise e suas classes

A escolha dos fatores para a análise de suscetibilidade do presente estudo, tomaram como base o trabalho de FARIA (2011), que aplicou a metodologia AHP na análise de perigo de deslizamento de encostas naturais e taludes de corte e aterro em áreas urbanas precárias no estado de São Paulo. Foram realizadas adaptações para os dados disponíveis na presente pesquisa. A Tabela 8 indica os indicadores e classes usados no trabalho de FARIA (2011) e, a seguir, são apresentadas as considerações utilizadas na presente análise.

Tabela 8: Indicadores de Perigo propostos por FARIA (2011)

ENCOSTA/TALUDE	PROCESSOS	INDICADORES DE PERIGO
NATURAL	Escorregamentos rasos em solos	<ul style="list-style-type: none"> • amplitude; • declividade; • uso/cobertura; • nível d'água; • água superficial; • material; • estrutura geológica; • feições de instabilidade
CORTE	Escorregamentos em solo/rocha	
BLOCO ROCHOSO	Rolamento/Desplacamento	<ul style="list-style-type: none"> • amplitude; • declividade; • uso/cobertura; • nível d'água; • água superficial; • material; • estrutura geológica; • contato; • plano basal; • forma geométrica; • área de contato; • feições de instabilidade
ATERRO	Escorregamento	<ul style="list-style-type: none"> • amplitude; • declividade; • uso/cobertura; • nível d'água; • água superficial; • material; • feições de instabilidade

Fonte: Faria (2011)

Declividade

Os dados de declividade da área de estudo foram obtidos a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizado pelo Pernambuco Tridimensional (PE3D). Essa camada raster foi trabalhada no Qgis para a presente área de estudo e a partir dela foram calculadas as declividades para o recorte desejado, gerando o mapa de declividades da .

Figura 25. Além disso, o valor da declividade foi associado a cada ponto da camada vetorial que contém os dados das residências mostrado no Apêndice A.

Figura 25: Mapa de declividade da região



Fonte: A autora (2024)

Uso/Cobertura

Durante as visitas em campo foram anotadas, para cada residência, a situação da cobertura do solo da mesma, observando a presença de árvores, arbustos, cultivos ou a ausência de vegetação. Essas informações foram inseridas no Qgis e, da mesma forma que no tópico anterior, foi extraído em planilha excel (Apêndice B).

Nível d'água

Esse indicador foi obtido através dos resultados de ensaios realizados antes do início da presente pesquisa, com os quais foi possível verificar a não observação nível d'água na área de estudo, no período de tempo considerado.

Características geológicas

Para a análise de suscetibilidade serão empregados os indicadores “Material” e “Estrutura geológica”, ambos coletados através das fichas de campo já apresentadas neste trabalho. No indicador “Material”, realizou-se uma adaptação em relação ao método de Faria (2011), no qual a classe “depósito natural” foi substituída por “Formação Barreiras” para melhor adequação a presente área de estudo. Na análise observou-se que em ambos os casos, as características se repetiram, sendo “Formação Barreiras” o Material dos solo da região com uma Estrutura Geológica “Desfavorável à Estabilidade”. Vale ressaltar que as encostas do tipo aterro não levam em consideração o indicador “Estrutura Geológica”, uma vez que houve uma modificação na estrutura original do solo, devido a inserção do aterro.

3.5.2. Matriz Paritária

Os pesos dos indicadores empregados na análise foram calculados seguindo a metodologia no Processo de Análise Hierárquica, somando-se elementos da pesquisa realizada por FARIA (2011), com as adaptações para as considerações do deste trabalho. O primeiro passo foi a obtenção da matriz de comparação paritária (Tabela 9 a Tabela 11) para a qual foram levados em conta as mesmas considerações de FARIA (2011) para a atribuição dos valores de comparação paritária relacionados a Escala Fundamental de Saaty.

A partir dessa comparação entre cada elemento analisado foi possível desenvolver as demais fases no processo, chegando ao valor dos pesos e da análise de integridade dos julgamentos analisados, por meio da razão de consistência.

Tabela 9: Tabela de Comparação Paritária para encosta natural

NATURAL					
	DECLIVIDADE	USO	ÁGUA	MATERIAL	ESTRUTURA
DECLIVIDADE	1,00	3,00	3,00	5,00	7,00
USO	0,33	1,00	2,00	5,00	5,00
ÁGUA	0,33	0,50	1,00	3,00	8,00
MATERIAL	0,20	0,20	0,33	1,00	3,00
ESTRUTURA	0,14	0,20	0,13	0,33	1,00
SOMA	2,01	4,90	6,46	14,33	24,00

Fonte: Adaptado de FARIA (2011)

Tabela 10: Tabela de Comparação Paritária para encosta de corte

CORTE					
	DECLIVIDADE	USO	ÁGUA	MATERIAL	ESTRUTURA
DECLIVIDADE	1,00	3,00	1,00	3,00	2,00
USO	0,33	1,00	0,50	1,00	2,00
ÁGUA	1,00	2,00	1,00	2,00	2,00
MATERIAL	0,33	1,00	0,50	1,00	3,00
ESTRUTURA	0,50	0,50	0,50	0,33	1,00
SOMA	3,17	7,50	3,50	7,33	10,00

Fonte: Adaptado de FARIA (2011)

Tabela 11: Tabela de Comparação Paritária para encosta de aterro

ATERRO				
	DECLIVIDADE	USO	ÁGUA	MATERIAL
DECLIVIDADE	1	1	0,5	0,33
USO	1	1	0,5	0,33
ÁGUA	2	2	1	2
MATERIAL	3	3,00	0,5	1
SOMA	7,00	7,00	2,50	3,67

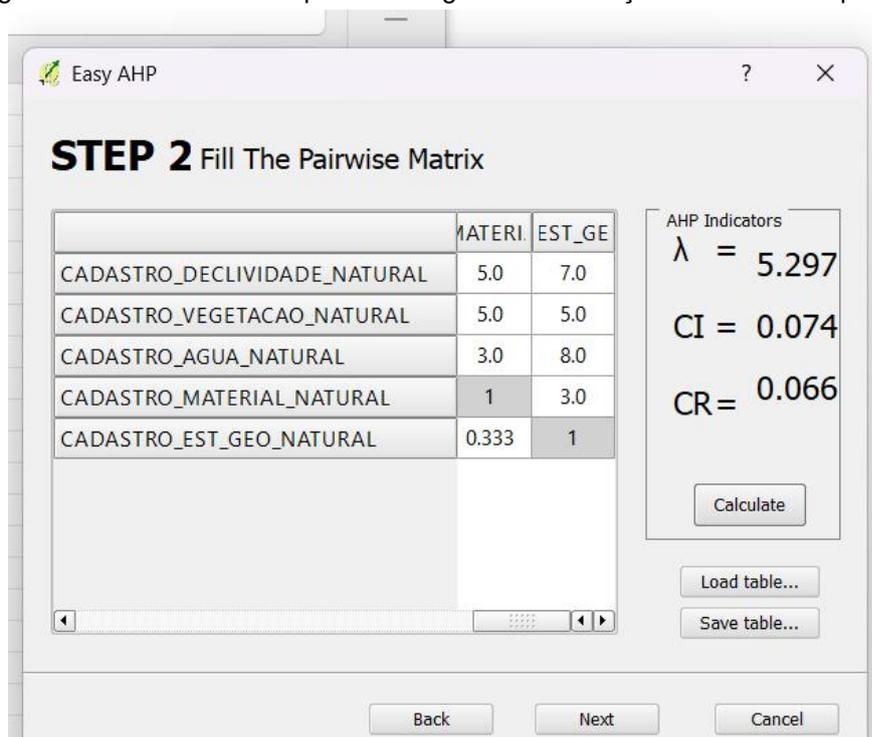
Fonte: Adaptado de FARIA (2011)

3.5.3. Complemento EasyAHP

O EasyAHP é um complemento que pode ser instalado no Qgis e permite a realização de estudos com Processo de Análise Hierárquica e Combinação Linear Ponderada. Nele, são inseridas as camadas relacionadas aos fatores envolvidos na análise de suscetibilidade e o complemento determina o seu peso de acordo com a metodologia descrita no presente trabalho.

No caso da corrente pesquisa, foram desenvolvidas camadas raster para cada fator estudado (Declividade, uso do solo, nível d'água, material e estrutura geológica), a partir das camadas vetoriais que guardam as informações das residências e essas camadas foram inseridas no complemento, como mostrado na Figura 26. Como dado de entrada também é requisitada a matriz de comparação paritária, como definidas nas Tabela 9 Tabela 11 e automaticamente são calculados os pesos para cada fator, bem como os índices e razões de consistência. Os dados de saída do complemento são fornecidos por meio de camadas raster que carregam as informações do índice de suscetibilidade das edificações trabalhadas, para cada tipo de encosta/talude (Encosta Natural, Talude de Corte e Talude de Aterro), como também tabela com o resultado dos pesos calculados.

Figura 26: Interface do complemento Qgis com a inserção das camadas para encostas



Fonte: A autora (2025)

Os mapas de suscetibilidade gerados no programa Qgis foram desenvolvidos a partir da ferramenta de interpolação IDW (Ponderação Inversa a Distância), que consiste em uma técnica utilizada para estimar valores em pontos que não fazem parte da amostra estudada, a partir dos pontos já conhecidos. Este método parte do princípio de que a influência de um ponto conhecido sobre o valor estimado diminui à medida que a distância entre eles aumenta. Para a aplicação desta ferramenta foi utilizado como dado de entrada a camada vetorial dos dados das residências já com os valores de Grau de Suscetibilidade e os parâmetros de execução, como o tamanho da célula raster de saída.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Pesos dos indicadores

Com as comparações paritárias realizadas anteriormente e a soma de cada coluna, foram desenvolvidas as tabelas normalizadas, permitindo, por fim, a obtenção dos autovetores (w), cujos valores são os pesos de cada indicador aplicado. Os resultados são mostrados nas tabelas Tabela 12 a Tabela 14.

Tabela 12: Cálculo do peso dos indicadores para encostas naturais

NATURAL					SOMA	AUTOVETOR (w)
0,50	0,61	0,46	0,35	0,29	2,21	0,443
0,17	0,20	0,31	0,35	0,21	1,24	0,247
0,17	0,10	0,15	0,21	0,33	0,97	0,193
0,10	0,04	0,05	0,07	0,13	0,39	0,077
0,07	0,04	0,02	0,02	0,04	0,20	0,039
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,000

Fonte: A autora (2025)

Tabela 13: Cálculo do peso dos indicadores para taludes de corte

CORTE					SOMA	AUTOVETOR (w)
0,32	0,40	0,29	0,41	0,20	1,61	0,322
0,11	0,13	0,14	0,14	0,20	0,72	0,144
0,32	0,27	0,29	0,27	0,20	1,34	0,268
0,11	0,13	0,14	0,14	0,30	0,82	0,164
0,16	0,07	0,14	0,05	0,10	0,51	0,103
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,000

Fonte: A autora (2025)

Tabela 14: Cálculo do peso dos indicadores para taludes de aterro

ATERRO				SOMA	SOMA	AUTOVETOR (w)
0,14	0,14	0,20	0,09	0,49	0,58	0,144
0,14	0,14	0,20	0,09	0,49	0,58	0,144
0,29	0,29	0,40	0,55	0,97	1,52	0,379
0,43	0,43	0,20	0,27	1,06	1,33	0,332
1	1	1	1,00	4,00	4,00	1,000

Fonte: A autora (2025)

Com o fito de verificar a confiabilidade das escolhas feitas até o momento, foi feita a “análise de sensibilidade”, mostrando que os autovalores máximos ($\lambda_{Máx}$) encontrados foram próximos no número de linhas/colunas (n) e as Razões de Consistência encontradas foram menores que 0,1, ou seja, os resultados obtidos são consistentes (Tabela 15 aTabela 17).

Tabela 15: Análise da Consistência para encostas naturais

n	PRODUTO VETORIAL (D*W)	λ	$\lambda_{Máx}$	IC	IR (tabelado)	RC
5	2,426	5,476	5,302	0,075	1,120	0,067
	1,364	5,515				
	1,010	5,233				
	0,397	5,139				
	0,202	5,146				

Fonte: A autora (2025)

Tabela 16: Análise da Consistência para taludes de corte

n	PRODUTO VETORIAL (D*W)	λ	$\lambda_{Máximo}$	IC	IR (tabelado)	RC
5	1,717	5,33	5,236	0,059	1,120	0,053
	0,754	5,25				
	1,410	5,26				
	0,856	5,24				
	0,524	5,11				

Fonte: A autora (2025)

Tabela 17: Análise da Consistência para taludes de aterro

n	PRODUTO VETORIAL (D*W)	λ	Máximo	IC	IR (tabelado)	RC
4	0,589	4,08	4,154	0,051	0,900	0,057
	0,589	4,08				
	1,621	4,27				
	1,387	4,17				

Fonte: A autora (2025)

4.2. Pesos das classes

As classes empregadas seguiram o trabalho de FARIA (2011) com a adaptação das classes relacionadas ao “Material” e “Estrutura Geológica”, conforme citado anteriormente. A Tabela 18 traz as informações referentes aos pesos das classes utilizados pela autora em seus trabalhos e as tabelas 19 a 21 apresentam os dados a serem aplicados na análise corrente, já considerando as adaptações necessárias.

Tabela 18: Indicadores e classes de perigo e seus pesos

Encosta/Talude	Natural			Corte			Bloco Rochoso			Aterro		
Processo	Escorregamento raso						Escorregamento solo/rocha					
Indicadores de Perigo	Pesos (%)	Classes	Pesos (%)	Classes	Pesos (%)	Classes	Pesos (%)	Classes	Pesos (%)	Classes	Pesos (%)	
Amplitude	9,93	(A1) ≤ 10 m (A2) $10 < A \leq 20$ m (A3) > 20 m	6,69 22,00 71,32	10,37	(A1) ≤ 2 m (A2) $2 < A \leq 5$ m (A3) $5 < A \leq 10$ m (A4) > 10 m	5,69 12,19 26,33 55,79	2,97	(A1) ≤ 10 m (A2) $10 < A \leq 20$ m (A3) > 20 m	6,69 22,00 71,32	9,51	(A1) ≤ 2 m (A2) $2 < A \leq 5$ m (A3) $5 < A \leq 10$ m (A4) > 10 m	5,69 12,19 26,33 55,79
Declividade	33,52	(D1) $\leq 17^\circ$ (D2) $17^\circ < D \leq 30^\circ$ (D3) $> 30^\circ$	6,69 22,00 71,32	23,53	(D1) $\leq 17^\circ$ (D2) $17^\circ < D \leq 30^\circ$ (D3) $30^\circ < D \leq 60^\circ$ (D4) $D > 60^\circ$	4,35 12,37 27,09 56,19	10,18	(D1) $\leq 17^\circ$ (D2) $17^\circ < D \leq 30^\circ$ (D3) $30^\circ < D \leq 60^\circ$ (D4) $D > 60^\circ$	4,35 12,37 27,09 56,19	12,07	(D1) $\leq 17^\circ$ (D2) $17^\circ < D \leq 30^\circ$ (D3) $> 30^\circ$	6,69 22,00 71,32
Uso/Cobertura	20,01	(U1) Arbórea (U2) Arbustiva (U3) Campo/Cultura (U4) Cobertura Urbana (U5) Solo Exposto	3,72 6,70 14,22 21,16 54,20	10,86	(U1) Arbórea (U2) Arbustiva (U3) Campo/Cultura (U4) Cobertura Urbana (U5) Solo Exposto	3,72 6,70 14,22 21,16 54,20	3,02	(U1) Arbórea (U2) Arbustiva (U3) Campo/Cultura (U4) Cobertura Urbana (U5) Solo Exposto	3,72 6,70 14,22 21,16 54,20	9,29	(U1) Arbórea (U2) Arbustiva (U3) Campo/Cultura (U4) Cobertura Urbana (U5) Solo Exposto	3,72 6,70 14,22 21,16 54,20
N.A.	17,90	(NA1) Não observado (NA2) Surgência	10,00 90,00	20,57	(NA1) Não observado (NA2) Surgência	10,00 90,00	4,81	(NA1) Não observado (NA2) Surgência	10,00 90,00	22,32	(NA1) Não observado (NA2) Surgência	10,00 90,00
Água superficial	10,77	(AS1) Concentração baixa (AS2) Concentração média (AS3) Concentração alta (AS4) Linha de drenagem	4,48 9,85 24,09 61,57	12,00	(AS1) Concentração baixa (AS2) Concentração média (AS3) Concentração alta (AS4) Linha de drenagem	4,48 9,85 24,09 61,57	12,68	(AS1) Concentração baixa (AS2) Concentração média (AS3) Concentração alta (AS4) Linha de drenagem	4,48 9,85 24,09 61,57	18,69	(AS1) Concentração baixa (AS2) Concentração média (AS3) Concentração alta (AS4) Linha de drenagem	4,48 9,85 24,09 61,57
Material	5,21	(M1) Solo Residual (M2) Depósito Natural	12,50 87,50	13,59	(M1) - Solo Residual (M2) - Depósito Natural (M3) - Rocha Alterada (M4) - Rocha Sã	21,04 48,13 21,04 9,79	5,10	(M1) Solo residual (M2) Depósito natural (M3) Rocha alterada (M4) Rocha sã	5,55 54,46 22,92 17,08	28,12	(M1) - Solo (M2) - Lixo/Entulho (M3) - Mistro (solo, lixo e entulho)	11,50 40,55 47,96
Estrutura geológica	2,66	(NO) Não observada (E1) Favorável à estabilidade (E2) Desfavorável à estabilidade	7,14 18,04 74,82	9,07	(NO) Não observada (E1) Favorável à estabilidade (E2) Desfavorável à estabilidade	7,14 18,04 74,82	24,01	(NO) Não observada (E1) 1 família de fraturas (E2) 2 ou mais famílias de fraturas	6,69 22,00 71,32	-	-	-
Contato	-	-	-	-	-	-	10,03	(C1) Rocha/Rocha liso (C2) Rocha/Rocha preenchido (C3) Rocha/Solo	6,41 28,95 64,63	-	-	-
Plano basal	-	-	-	-	-	-	7,02	(B1) $0 < P \leq 15^\circ$ (B2) $15^\circ < P \leq 35^\circ$ (B3) $> 35^\circ$	6,69 22,00 71,32	-	-	-
Forma geométrica	-	-	-	-	-	-	11,53	(F1) Lasca (F2) Laje (F3) Arredondada ou Cúbica	6,69 22,00 71,32	-	-	-
Área de contato	-	-	-	-	-	-	8,63	(AC1) Área maior (AC2) Área menor	10,00 90,00	-	-	-

Fonte: FARIA (2013)

Tabela 19: Classes dos indicadores e seu peso para encostas naturais

ENCOSTA/TALUDE	NATURAL		
PROCESSO	ESCORREGAMENTO SOLO/ROCHA		
INDICADOR DE SUSCETIBILIDADE	Pesos (%)	Classes	Pesos (%)
DECLIVIDADE	0,443	(D1) $\leq 17^\circ$	0,067
		(D2) $< 17^\circ D \leq 30^\circ$	0,220
		(D3) $30^\circ < D \leq 60^\circ$	0,713
USO/COBERTURA	0,247	(U1) Arbórea	0,037
		(U2) Arbustiva	0,067
		(U3) Campo/Cultura	0,142
		(U4) Cobertura Urbana	0,212
		(U5) Solo exposto	0,542
N.A.	0,193	(NA1) Não observado	0,100
		(NA2) Surgência	0,900
MATERIAL	0,077	(M1) Solo Residual	0,125
		(M2) Sedimentos - Form. Barreiras	0,875
ESTRUTURA GEOLÓGICA	0,039	(NO) Não observado	0,071
		(E1) Favorável à estabilidade	0,180
		(E2) Desfavorável à estabilidade	0,748

Fonte: Modificado de FARIA (2013)

Tabela 20: Classes dos indicadores e seu peso para taludes de corte

ENCOSTA/TALUDE	CORTE		
PROCESSO	ESCORREGAMENTO SOLO/ROCHA		
INDICADOR DE SUSCETIBILIDADE	Pesos (%)	Classes	Pesos (%)
DECLIVIDADE	0,322	(D1) $\leq 17^\circ$	0,044
		(D2) $< 17^\circ D \leq 30^\circ$	0,124
		(D3) $30^\circ < D \leq 60^\circ$	0,271
		(D4) $> 60^\circ$	0,562
USO/COBERTURA	0,144	(U1) Arbórea	0,037
		(U2) Arbustiva	0,067
		(U3) Campo/Cultura	0,142
		(U4) Cobertura Urbana	0,212
		(U5) Solo exposto	0,542
N.A.	0,268	(NA1) Não observado	0,100
		(NA2) Surgência	0,900
MATERIAL	0,164	(M1) Solo Residual	0,210
		(M2) Sedimentos - Form. Barreiras	0,481
		(M3) Rocha Alterada	0,210
		(M4) Rocha Sã	0,098
ESTRUTURA GEOLÓGICA	0,103	(NO) Não observado	0,071
		(E1) Favorável à estabilidade	0,180
		(E2) Desfavorável à estabilidade	0,748

Fonte: Modificado de FARIA (2013)

Tabela 21: Classes dos indicadores e seu peso para taludes de aterro

ENCOSTA/TALUDE	ATERRO		
PROCESSO	ESCORREGAMENTO		
INDICADOR DE SUSCETIBILIDADE	Pesos (%)	Classes	Pesos (%)
DECLIVIDADE	0,144	(D1) $\leq 17^\circ$	0,067
		(D2) $< 17^\circ D \leq 30^\circ$	0,220
		(D3) $> 30^\circ$	0,713
USO/COBERTURA	0,144	(U1) Arbórea	0,037
		(U2) Arbustiva	0,067
		(U3) Campo/Cultura	0,142
		(U4) Cobertura Urbana	0,212
		(U5) Solo exposto	0,542
N.A.	0,379	(NA1) Não observado	0,100
		(NA2) Surgência	0,900
MATERIAL	0,332	(M1) Solo Residual	0,115
		(M2) Sedimentos - Form. Barreiras	0,406
		(M3) Rocha Alterada	0,480
ESTRUTURA GEOLÓGICA		-	-

Fonte: Modificado de FARIA (2013)

4.3. Classificação para o Grau de Suscetibilidade

Com os valores dos pesos de cada classe de indicadores, foi possível passar para a etapa de cálculo dos índices de suscetibilidade por meio da equação 9 e utilizou-se o intervalo entre os maior e o menor valor como critério de fatiamento dos dados para classificação do grau de suscetibilidade em “Baixa”, “Média” e “Alta”, diferente da metodologia de FARIA (2011), que considera a média aritmética dos valores obtidos dos índices, somando ou diminuindo da metade do desvio padrão. Na classificação usada na presente pesquisa, foram verificados o valor mínimo e máximo de suscetibilidade que um ponto pode obter de acordo com a tabela de pesos para cada um dos tipos de encosta e talude. A diferença entre esses valores foi dividida por três para chegar ao fatiamento entre os graus de suscetibilidade. Esse método extingue a influência que a média e o desvio padrão sofrem por causa de valores extremos.

$$IP = \sum_{i=1}^n \frac{p_i \cdot x_i}{100} \quad (9)$$

Quadro 5: Valores para classificação do índice de suscetibilidade para encostas naturais

ÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE	GRAU DE PERIGO
IS < 0,20	Baixo
0,20 ≤ IS ≤ 0,50	Médio
IS > 0,50	Alto
Presença de feições de instabilidade	Muito Alto

Fonte: A autora (2025)

Os resultados obtidos foram inseridos no Qgis por meio da tabela de atributos da camada vetorial que guarda as informações de cada residência, possibilitando o desenvolvimento de mapas de suscetibilidade para melhor visualização espacial da análise.

A aplicação do Processo de Análise Hierárquica, com avaliação dos fatores de declividade, uso do solo, nível d'água, material e estrutura geológica resultaram no índice de suscetibilidade de cada edificação estudada, de acordo com o apêndice C. Para a classificação final, foram consideradas as feições de instabilidade como

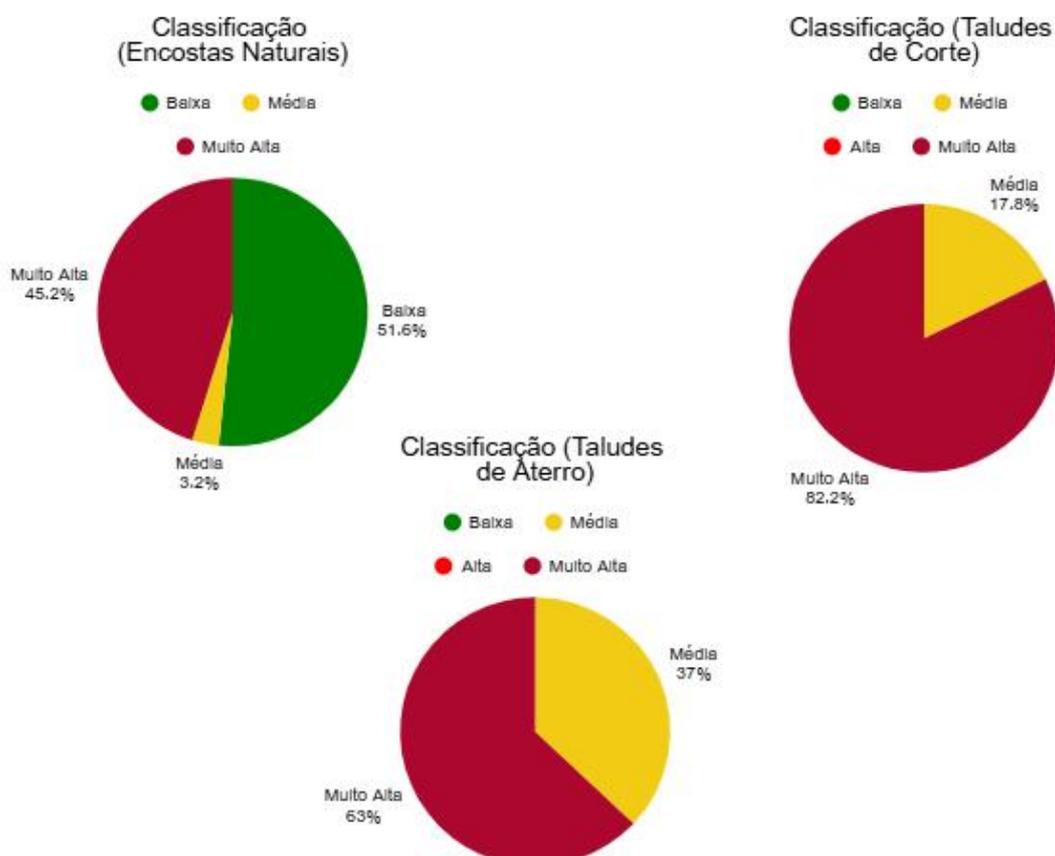
observado nas tabelas do apêndice D, levando em conta infiltrações, trincas, movimentações e cicatrizes, levantadas durante as visitas de campo.

Para as encostas naturais, destaca-se a maior incidência de grau de risco baixo e muito alto, com 51,61% das edificações inseridas dentro da primeira classificação e 45,16% na segunda. As demais localizações, que correspondem a 3,23% das residências, ficaram dentro do grau de suscetibilidade médio.

Os taludes de corte mostraram-se como o tipo de talude que requer maior atenção, pois 80,43% dos resultados estão dentro da classificação de grau de suscetibilidade muito alta e 17,39% se classificaram dentro do grau de suscetibilidade média, não havendo residências nas demais classificações.

A classificação de suscetibilidade Muito alta e média se sobressaíram nos taludes de aterro, com a primeira predominando com 58,62% dos dados e a média chegando a 34,48%. Os gráficos da Figura 27 abaixo resumem o que os resultados obtidos acima.

Figura 27: Resumo dos Resultados dos graus de suscetibilidade

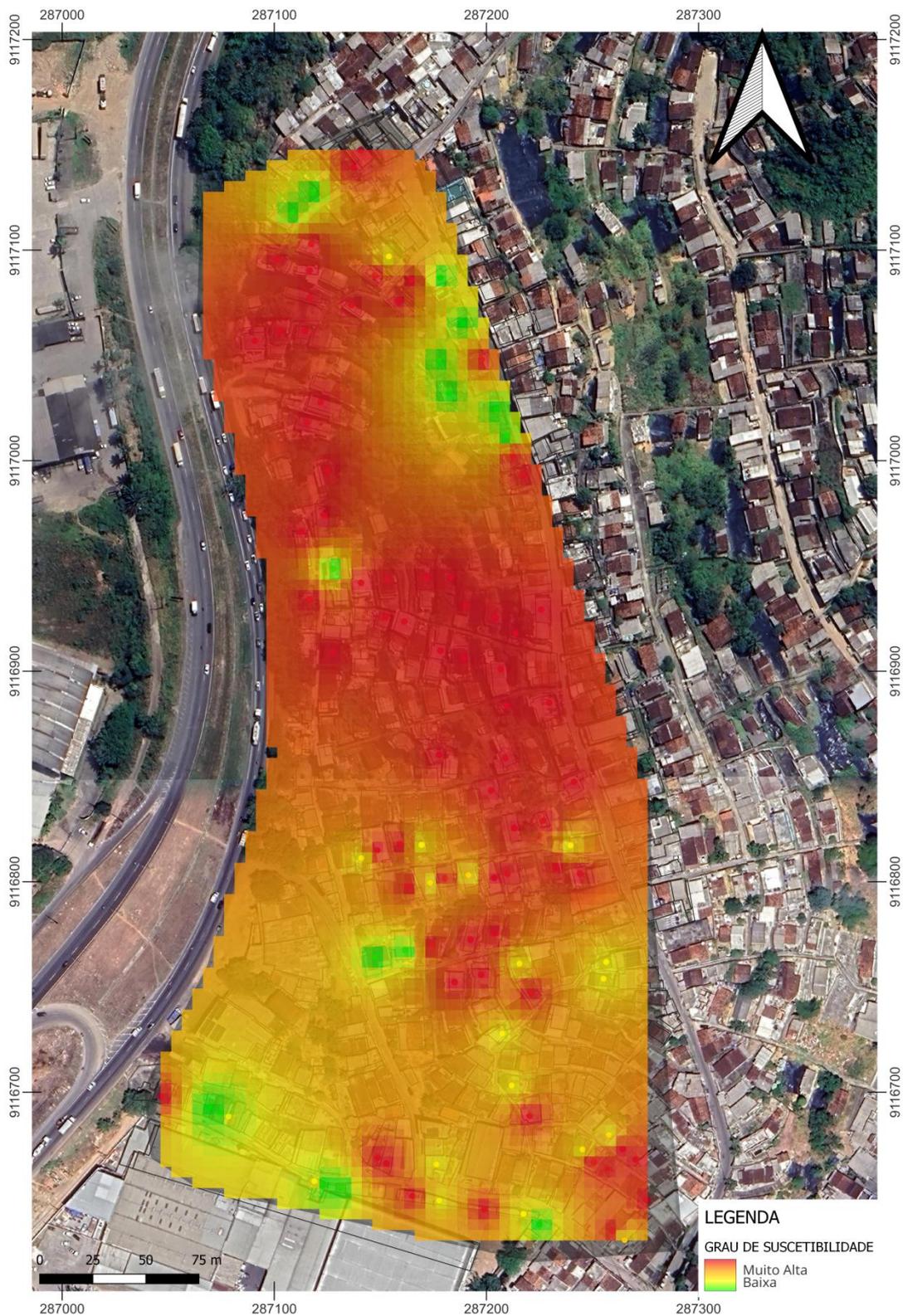


Fonte: A autora (2025)

Os índices explicados acima podem ser visualizados espacialmente através do mapa da figura 28.

Os pontos classificados com grau de suscetibilidade médio e muito alto representam áreas com maior probabilidade de ocorrência de processos de instabilização, exigindo atenção prioritária no planejamento urbano e na gestão de riscos. Nessas localidades, intervenções antrópicas, como cortes, aterros e supressão da vegetação, podem acelerar o desencadeamento de movimentos de massa, especialmente sob condições de precipitação intensa. Assim, esses pontos devem ser considerados como zonas de atenção em políticas públicas voltadas à prevenção de desastres, demandando medidas como restrição à ocupação, obras de estabilização, melhoria dos sistemas de drenagem e recuperação da cobertura vegetal. A identificação dessas áreas também pode subsidiar ações emergenciais e orientar campanhas de conscientização da população residente, sendo instrumento para construção da percepção de risco e contribuindo para a redução da vulnerabilidade e do risco associado.

Figura 28: Mapa de suscetibilidade para área do estudo



Fonte: A autora (2025)

Comparando os resultados dos cálculos realizados com os resultados obtidos com o complemento EasyAHP, obteve-se que, primeiramente, o processo de análise tornou-se consideravelmente mais ágil e os pesos dos indicadores foram basicamente iguais, como observado nas Tabelas 22 a 24.

Tabela 22: Pesos Obtidos para os indicadores das Encostas Naturais pelo EasyAHP

INDICADOR DE SUSCETIBILIDADE	Pesos (%)
DECLIVIDADE	0,443
USO/COBERTURA	0,247
N.A.	0,193
MATERIAL	0,078
ESTRUTURA GEOLÓGICA	0,039

Fonte: A autora (2025)

Tabela 23: Pesos Obtidos para os indicadores dos taludes de corte pelo EasyAHP

INDICADOR DE SUSCETIBILIDADE	Pesos (%)
DECLIVIDADE	0,322
USO/COBERTURA	0,143
N.A.	0,268
MATERIAL	0,163
ESTRUTURA GEOLÓGICA	0,103

Fonte: A autora (2025)

Tabela 24: Pesos Obtidos para os indicadores dos taludes de aterro pelo EasyAHP

INDICADOR DE SUSCETIBILIDADE	Pesos (%)
DECLIVIDADE	0,144
USO/COBERTURA	0,144
N.A.	0,379
MATERIAL	0,334
ESTRUTURA GEOLÓGICA	

Fonte: A autora (2025)

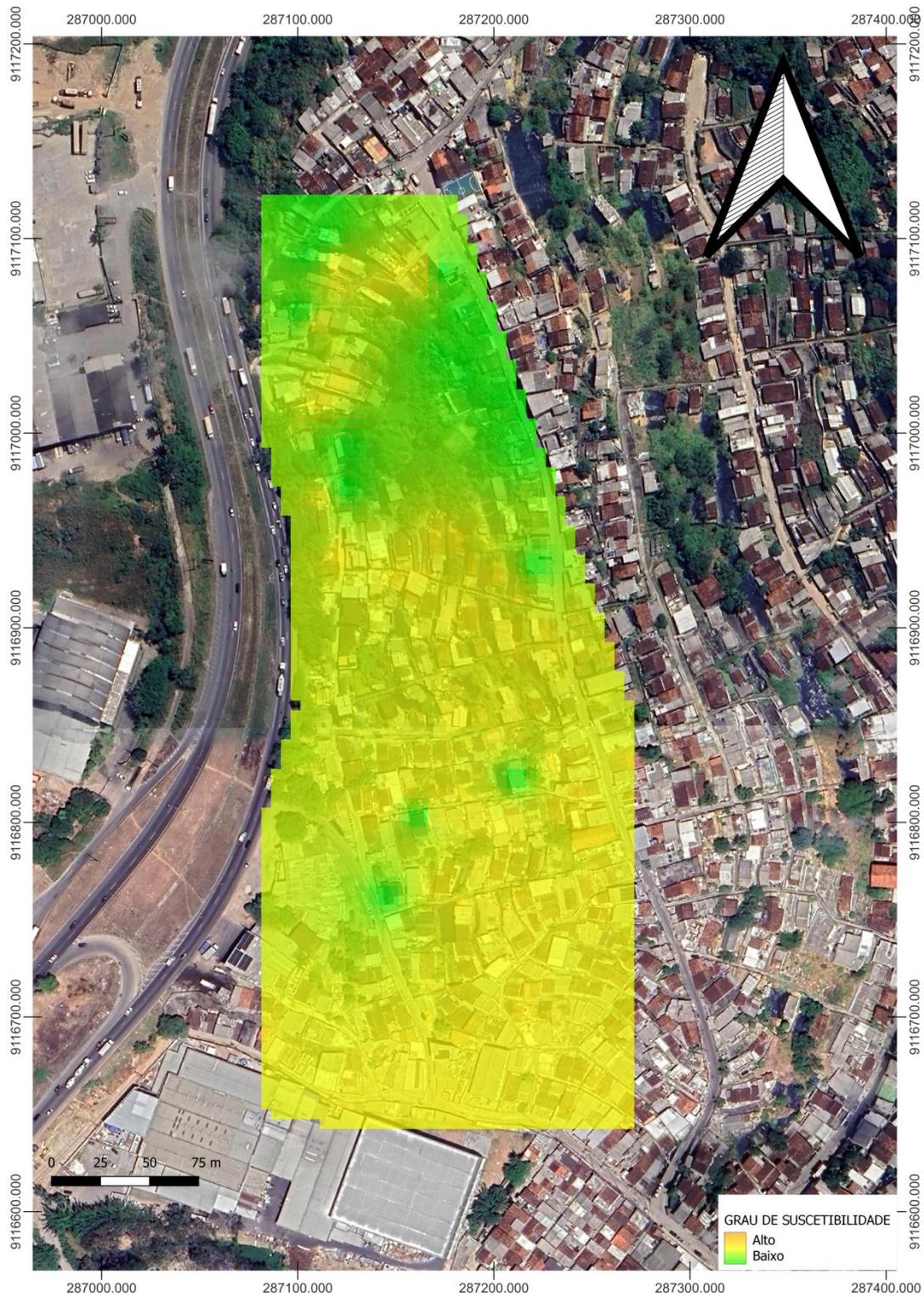
Observando os valores máximos e mínimos resultantes das camadas raster de índice de suscetibilidade que o complemento calculou, observou-se que os valores alcançados também foram semelhantes com a metodologia executada manualmente através do excel, como se era esperado. Um resumo é apresentado na Tabela 25 e o mapa de suscetibilidade elaborado de acordo com os resultados das camadas do EasyAHP é apresentado na Figura 29. Ressalta-se que o complemento não utiliza o conceito de feições de instabilidade nos seus cálculos, dessa forma, o grau de suscetibilidade para esta forma de análise foi limitado para os índices Baixo, Médio e Alto.

Tabela 25: Comparação de resultados entre as duas formas de execução da análise

IS	NATURAL		CORTE		ATERRO	
	Manual	EasyAHP	Manual	EasyAHP	Manual	EasyAHP
MÍNIMO	0,125	0,125	0,202	0,202	0,188	0,188
MÁXIMO	0,236	0,236	0,275	0,285	0,306	0,305

Fonte: A autora (2025)

Figura 29: Mapa de suscetibilidade para área do estudo com EasyAHP



A autora (2025)

5. CONCLUSÃO

A presente pesquisa permitiu identificar, analisar e classificar o grau de suscetibilidade a movimentos de massa na área do Alto da Telha, no bairro de Passarinho, Recife-PE, a partir da integração de indicadores físicos e antrópicos utilizando o Processo de Análise Hierárquica (AHP). Por meio da aplicação do modelo AHP e da espacialização dos dados no ambiente do QGIS, foi possível construir mapas temáticos representativos e uma análise integrada que refletiu a realidade da área de estudo.

Os resultados evidenciaram que diferentes trechos da encosta apresentam distintos graus de suscetibilidade, com variações significativas entre encostas naturais, de corte e de aterro. A abordagem adotada se mostrou eficaz ao permitir que variáveis como declividade, uso e ocupação do solo, estrutura geológica, material do solo e nível do lençol freático fossem consideradas de forma ponderada, contribuindo para uma avaliação mais abrangente e técnica.

Em relação às duas formas de aplicação, foi possível concluir que ambas possuem vantagens e desvantagens. A aplicação em planilha de *Excel* possui a vantagem de ser mais flexível, permitindo a utilização do conceito de feições de instabilidade, no entanto, as frequentes manipulações podem favorecer a ocorrência de erros.

No caso do complemento, o mesmo possui a prerrogativa de que é possibilidade uma análise mais rápida e a automatização do processo diminui a incidência de erros. No entanto, sua utilização é dificultada pela limitação de funcionamento em versões mais antigas de Qgis.

A metodologia aplicada demonstrou ser uma ferramenta útil para o planejamento urbano e para a prevenção de desastres, oferecendo subsídios importantes para a tomada de decisão por parte de gestores públicos e órgãos competentes. Reforça-se, assim, a necessidade de ações preventivas e de políticas públicas voltadas à gestão de riscos em áreas vulneráveis como o Alto da Telha, de modo a reduzir a exposição da população a eventos potencialmente catastróficos.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Diante da análise feita na presente pesquisa, surgem abordagens que podem ser tomadas em trabalhos futuros em prol do enriquecimento do estudo apresentado e continuação do estudo da área. Dentre elas, pode-se destacar:

- Complementação do levantamento em campo realizado, de modo a enriquecer as informações da área de estudo e adicionar dados que não foram coletados;
- Realizar o estudo de suscetibilidade utilizando outras metodologias disponíveis na literatura e comparando com os resultados aqui apresentados;
- Desenvolver metodologia mais atualizada para a aplicação do Processo de Análise Hierárquica no software Qgis, de forma mais automática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. **Mesa-redonda: Crise climática e desastres como consequência do El Niño 2023-2024**: impactos observados e esperados no Brasil, realizado em 16 nov. 2023, Rio de Janeiro. Evento promovido pela Academia Brasileira de Ciências (ABC), Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), em parceria com o MMA, MCTI e INCT MC2. Rio de Janeiro: ABC, 2023. (Mesa-redonda).
- ALHEIROS, M. M. et al. **Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife**. Recife: Fundação de Desenvolvimento Municipal, 2003.
- AMORIM, A. R. DE. **Aproveitamento de água de chuva como instrumento de melhoria do abastecimento de água e de diminuição de riscos de deslizamento de terra em morro do Recife-PE**. 2023. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.
- ARAÚJO, L. F. G. DE et al. 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. e1764, 2 maio 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6457 informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.
- _____. ABNT NBR 6459 informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- _____. ABNT NBR 7180 informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- BANDEIRA, A. P. N. **MAPA DE RISCO DE EROÇÃO E ESCORREGAMENTO DAS ENCOSTAS COM OCUPAÇÕES DESORDENADAS NO MUNICÍPIO DE CAMARAGIBE-PE**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.
- COROMINAS, J. et al. **Revisiting landslide risk terms: IAEG commission C-37 working group on landslide risk nomenclature**. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 1 dez. 2023.
- COUTINHO, R. Q. et al. Mapeamento de áreas de risco de deslizamento na comunidade Lagoa Encantada, Recife-PE. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, v. 16, n. 10, p. 23106–23124, 26 out. 2023.
- CRED – CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS. **EM-DAT: The International Disaster Database**. Atualizado continuamente. Bruxelas: Université Catholique de Louvain. Disponível em: <https://www.emdat.be/>. Acesso em: 14 de mai. 2025.

CRUDEN, D. M.; VARNES, D. J. **Landslide Types and Processes**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/209802944>>. Acesso em: 15 maio. 2025.

FARIA, D. G. M. **MAPEAMENTO DE PERIGO DE ESCORREGAMENTOS EM ÁREAS URBANAS PRECÁRIAS BRASILEIRAS COM A INCORPORAÇÃO DO PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP)**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

FRANÇA, A. G. DOS S.; BASTOS, T. DE A. C. **LEVANTAMENTO DE ALTERNATIVAS NÃO CONVENCIONAIS PARA COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO NO MORRO CÔRREGO DA TELHA EM RECIFE-PE**. 2024. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

GIRIO MARCHIORI FARIA, D. et al. **APLICAÇÃO DO PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP) NO MAPEAMENTO DE RISCO ASSOCIADO A ESCORREGAMENTOS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS – SP**. **Revista Brasileira de Cartografia**, p. 1721–1735, 16 abr. 2016.

GUIGICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidades de taludes naturais e de escavação**. 2ª edição ed. São Paulo: Editora Blucher, 1984.

HUNGR, O.; LEROUEIL, S.; PICARELLI, L. GUSMÃO FILHO, J.A. (1998). “Fundações do Conhecimento Geológico à Prática de Engenharia”. Ed. Universitária da UFPE, Recife – PE.

The Varnes classification of landslide types, an update. **Landslides** Berlin Springer Verlag, , 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Luciano-Picarelli/publication/263340148_The_Varnes_classification_of_landslide_types_an_update/links/5637735208ae75884115437e/The-Varnes-classification-of-landslide-types-an-update.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2025

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais : conceitos básicos**. 1. ed. [s.l.] Organic Trading, 2006.

LIMA, A. F. **COMPORTAMENTO GEOMECÂNICO E ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE UMA ENCOSTA DA FORMAÇÃO BARREIRAS NA ÁREA URBANA DA CIDADE DO RECIFE**. Recife: [s.n.].

MACEDO, E.; SANDRE, L. **MORTES POR DESLIZAMENTOS NO BRASIL: 1988 A 2022**. p. 110–117, 2022.

MENDONÇA. M. B., e GUERRA, A. J. T. (1997), A Problemática dos Processos Geodinâmicos frente a Ocupação de Encostas. Pan-American Symposium On Landslides. II PSI/COBRAE. ABMS-ABGE-ISSMGE. Anais: Rio de Janeiro, Vol.2. pp.935-940.

MONTEIRO DE CARVALHO, C.; RIEDEL, P. S. **Técnicas de Geoprocessamento aplicadas ao estudo da suscetibilidade a escorregamentos translacionais nos entornos dos polidutos de Cubatão-SP**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...Goiânia**: 2005. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/228618627>>

OLIVEIRA, E. S. DE. **MAPEAMENTO DE RISCO E PERIGO DE MOVIMENTOS DE MASSA EM COMUNIDADES DE MORROS DO RECIFE-PE ESTUDO DE CASO.** 2019. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2019.

PFALTZGRAFF, P. A. dos S. **MAPA DE SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

PREFEITURA DO RECIFE. Passarinho. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/servico/passarinho>. Acesso em: 13 de jul. 2025.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **The Analytic Hierarchy Process.** 2. ed. [s.l.] Springer, 2012.

SANTOS, G. F. S. **Análise de risco e contribuição a análise de vulnerabilidade ao deslizamento de encosta na região norte da cidade do Recife.** 2024. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

SECRETARIA EXECUTIVA DE ASSISTÊNCIA SOCIAL. Boletim Informativo nº 003/2023. n. 28/09/2023, p. 1–14, 28 set. 2023.

SILVA, M. T. DE M. G. **AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA VULNERABILIDADE FÍSICA ASSOCIADA A PROCESSOS DE DESLIZAMENTOS DE ENCOSTAS.** 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

VAN WESTEN, C. J.; CASTELLANOS, E.; KURIAKOSE, S. L. Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview. **Engineering Geology**, v. 102, n. 3–4, 2008.

VARNES, D. J. Slope movements, types and processes. **Landslides Analysis and control, Special report 176.**, 1978.

APÊNDICE A: VALORES DE DECLIVIDADE

Encosta Natural

LOCAL	TIPO_TALUDE	DECLIVIDADE
Alto da Telha - 1003	Encosta Natural	3,864509106
Alto da Telha - 1004	Encosta Natural	8,689878464
Alto da Telha - 1007	Encosta Natural	19,59127998
Alto da Telha - 1053	Encosta Natural	4,35751009
Alto da Telha - 1058	Encosta Natural	9,112739563
Alto da Telha - 1061	Encosta Natural	6,210732937
Alto da Telha - 1064B	Encosta Natural	21,80953979
Alto da Telha - 1277	Encosta Natural	9,165976524
Alto da Telha - 1365	Encosta Natural	5,998657227
Alto da Telha - 1369	Encosta Natural	8,601215363
Alto da Telha - 1373	Encosta Natural	6,770173073
Alto da Telha - 309	Encosta Natural	2,05873251
Alto da Telha - 67	Encosta Natural	12,92287731
Alto da Telha - 810, 812, 813	Encosta Natural	10,94172478
Alto da Telha - S/N Casa Azul	Encosta Natural	3,860691547
Brumal - 151	Encosta Natural	10,15562153
Córrego 202 A	Encosta Natural	4,156356335
Córrego da Telha - 116	Encosta Natural	18,86362267
Córrego da Telha - 120	Encosta Natural	1,153692245
Córrego da Telha - 202	Encosta Natural	3,539480209
Jornalista Waldete Agra - 65A	Encosta Natural	13,73767185
Jornalista Waldete Agra - 72	Encosta Natural	13,92136955
Jornalista Waldete Agra - 85	Encosta Natural	21,77436066
Jornalista Waldete Agra - 85	Encosta Natural	14,33388996
Jornalista Waldete Agra - 91	Encosta Natural	14,52321148
Jornalista Waldete Agra - S/N	Encosta Natural	7,283782959
Jornalista Waldete Agra-30	Encosta Natural	17,79436302
Maria da Fé - 54	Encosta Natural	2,969733953
Parau - 323	Encosta Natural	9,012667656
Rua Brumal - 21	Encosta Natural	15,29534626
Rua Córrego da telha - 15	Encosta Natural	8,364547729

Talude de corte

LOCAL	TIPO_TALUDE	DECLIVIDADE
Brumal - S/N	Talude de Corte	30,78307724
Rua Brumal - 158	Talude de Corte	1,624000192
Rua Brumal 12	Talude de Corte	20,8345108
Rua Brumal 176	Talude de Corte	26,60325241
Rua Brumal 156	Talude de Corte	16,73708344
Brumal 11	Talude de Corte	19,66075325
Brumal - 43	Talude de Corte	24,31737137
Brumal - 123	Talude de Corte	20,14134789
Brumal - 88	Talude de Corte	7,943869114
Brumal - 54A	Talude de Corte	18,60652924
Beta - 39	Talude de Corte	17,79587555
Beta - 166	Talude de Corte	26,73687935
Beta - 165	Talude de Corte	28,68336678
Beta - 2553	Talude de Corte	13,80622005
Beta - 2556	Talude de Corte	18,07838821
Beta - 211	Talude de Corte	8,910376549
Beta - 42	Talude de Corte	16,1372242
Beta - 02	Talude de Corte	19,71535873
Córrego da Telha - 200A	Talude de Corte	20,47282028
Córrego da Telha - 25	Talude de Corte	14,19226646
Córrego da Telha	Talude de Corte	13,54359055
Córrego da Telha	Talude de Corte	19,48726463
Ururai - 365	Talude de Corte	1,97748208
Ururai - 90	Talude de Corte	25,72195244
Parau - 135	Talude de Corte	24,98291397
Parau - 102	Talude de Corte	23,93391037
Parau - 52B	Talude de Corte	6,401121616
Rua Peritiba - 139	Talude de Corte	13,44333076
Rua Peritiba - 128	Talude de Corte	18,22010994
Rua Peritiba -86 C	Talude de Corte	26,52308273
Rua Peritiba - 96	Talude de Corte	19,44010544
Rua Peritiba 17A/B/C	Talude de Corte	12,44795895
Rua Peritiba - 15	Talude de Corte	1,482953191
Maria da Fé -10	Talude de Corte	24,29100227
Maria da Fé - 49	Talude de Corte	28,96114349
Maria da Fé -58	Talude de Corte	3,39247942
Maria da Fé -77	Talude de Corte	28,81216431
Rua Maria da Fé - 45	Talude de Corte	25,15820313
Maria da Fé -13	Talude de Corte	28,49695206
Rua Antônio A. C. Reis-07	Talude de Corte	24,50085831
Rua Antônio A. C. Reis - 51	Talude de Corte	20,97384644
Rua Antônio A. C. Reis - 22	Talude de Corte	19,61544418
Jornalista Waldete Agra - 210	Talude de Corte	1,294238448
Jornalista Waldete Agra - 86	Talude de Corte	11,96516323
Jornalista Waldete Agra - 78	Talude de Corte	14,44112587

Talude de aterro

LOCAL	TIPO_TALUDE	DECLIVIDADE
Beta - 212	Talude de Aterro	13,65497494
Beta - 2554	Talude de Aterro	23,13474846
Jornalista Waldete Agra - 33	Talude de Aterro	6,319679737
Jornalista Waldete Agra - 56	Talude de Aterro	14,40269661
Jornalista Waldete Agra - 63	Talude de Aterro	13,59227562
Jornalista Waldete Agra - 76B	Talude de Aterro	4,060064316
Jornalista Waldete Agra - 80	Talude de Aterro	2,089533091
Jornalista Waldete Agra - 94	Talude de Aterro	4,174271584
Jornalista Waldete Agra-213	Talude de Aterro	1,256243467
Rua Antônio A. C. Reis - 202	Talude de Aterro	22,53643799
Rua Antônio A. C. Reis - 30B	Talude de Aterro	22,62839317
Rua Antônio A. C. Reis-08	Talude de Aterro	23,40023613
Rua Brumal 447	Talude de Aterro	10,48339272
Rua Carlos Vanildo - 10	Talude de Aterro	27,51851463
Rua Carlos Vanildo - 12	Talude de Aterro	28,28517723
Rua Carlos Vanildo-08	Talude de Aterro	27,51851463
Rua Pedro Borba-05	Talude de Aterro	4,748337746
Rua Pedro Borba-222	Talude de Aterro	13,7126112
Rua Pedro Borba-252	Talude de Aterro	7,442773342
Rua Pedro Borba-254	Talude de Aterro	1,344427347
Rua Peritiba	Talude de Aterro	39,83911896
Rua Peritiba - 135	Talude de Aterro	19,33847427
Rua Peritiba - 150	Talude de Aterro	16,49595833
Rua Peritiba - 21	Talude de Aterro	23,76714706
Rua Peritiba - 36	Talude de Aterro	20,46920967
Rua Peritiba - 48	Talude de Aterro	12,19190598
Rua Peritiba - 98	Talude de Aterro	19,9364872
Rua Peritiba 30	Talude de Aterro	11,32359695
Rua Peritiba-29	Talude de Aterro	25,7491169

APÊNDICE B: DADOS DO USO DO SOLO

Encosta Natural

LOCAL	USO	TIPO_TALUDE
Alto da Telha - 1003	Presença de árvores	Encosta Natural
Alto da Telha - 1004	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Alto da Telha - 1007	Presença de árvores	Encosta Natural
Alto da Telha - 1053	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Alto da Telha - 1058	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Alto da Telha - 1061	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Alto da Telha - 1064B	Presença de árvores	Encosta Natural
Alto da Telha - 1277	Presença de árvores	Encosta Natural
Alto da Telha - 1365	Presença de árvores	Encosta Natural
Alto da Telha - 1369	Presença de árvores	Encosta Natural
Alto da Telha - 1373	Presença de árvores	Encosta Natural
Alto da Telha - 309	Presença de árvores	Encosta Natural
Alto da Telha - 67	Vegetação rasteira	Encosta Natural
Alto da Telha - 810, 812, 813	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Alto da Telha - S/N Casa Azul	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Brumal - 151	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Córrego 202 A	Presença de árvores	Encosta Natural
Córrego da Telha - 116	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Córrego da Telha - 120	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Córrego da Telha - 202	Presença de árvores	Encosta Natural
Jornalista Waldete Agra - 65A	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Jornalista Waldete Agra - 72	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Jornalista Waldete Agra - 85	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Jornalista Waldete Agra - 85	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Jornalista Waldete Agra - 91	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Jornalista Waldete Agra - S/N	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Jornalista Waldete Agra-30	Sem cobertura vegetal	Encosta Natural
Maria da Fé - 54	Presença de árvores	Encosta Natural
Parau - 323	Presença de árvores	Encosta Natural
Rua Brumal - 21	Presença de árvores	Encosta Natural
Rua Córrego da telha - 15	Presença de árvores	Encosta Natural

Talude de Corte

LOCAL	USO	TIPO_TALUDE
Beta - 02	Vegetação rasteira	Talude Corte
Beta - 165	Presença de árvores	Talude Corte
Beta - 166	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Beta - 211	Vegetação rasteira	Talude Corte
Beta - 2553	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Beta - 2556	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Beta - 39	Vegetação rasteira	Talude Corte
Beta - 42	Vegetação rasteira	Talude Corte
Brumal - 123	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Brumal - 43	Presença de árvores	Talude Corte
Brumal - 54A	Presença de árvores	Talude Corte
Brumal - 88	Presença de árvores	Talude Corte
Brumal - S/N	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Brumal 11	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Córrego da Telha	Presença de árvores	Talude Corte
Córrego da Telha	Presença de árvores	Talude Corte
Córrego da Telha - 200A	Presença de árvores	Talude Corte
Córrego da Telha - 25	Vegetação rasteira	Talude Corte
Jornalista Waldete Agra - 210	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Jornalista Waldete Agra - 78	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Jornalista Waldete Agra - 86	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Maria da Fé - 49	Presença de árvores	Talude Corte
Maria da Fé -10	Presença de árvores	Talude Corte
Maria da Fé -13	Presença de árvores	Talude Corte
Maria da Fé -58	Presença de árvores	Talude Corte
Maria da Fé -77	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Parau - 102	Presença de árvores	Talude Corte
Parau - 135	Vegetação rasteira	Talude Corte
Parau - 52B	Presença de árvores	Talude Corte
Rua Antônio A. C. Reis - 22	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Rua Antônio A. C. Reis - 51	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Rua Antônio A. C. Reis-07	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Rua Brumal - 158	Presença de árvores	Talude Corte
Rua Brumal 12	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Rua Brumal 156	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Rua Brumal 176	Presença de árvores	Talude Corte
Rua Maria da Fé - 45	Presença de árvores	Talude Corte
Rua Peritiba - 128	Presença de árvores	Talude Corte
Rua Peritiba - 139	Vegetação rasteira	Talude Corte
Rua Peritiba - 15	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Rua Peritiba - 96	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Rua Peritiba 17A/B/C	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Rua Peritiba -86 C	Presença de árvores	Talude Corte
Ururai - 365	Sem cobertura vegetal	Talude Corte
Ururai - 90	Presença de árvores	Talude Corte

Talude de Aterro

LOCAL	USO	TIPO_TALUDE
Rua Brumal 447	Presença de árvores	Talude de Aterro
Beta - 2554	Presença de árvores	Talude de Aterro
Beta - 212	Presença de árvores	Talude de Aterro
Rua Peritiba	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Rua Peritiba - 135	Presença de árvores	Talude de Aterro
Rua Peritiba - 150	Vegetação rasteira	Talude de Aterro
Rua Peritiba - 98	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Rua Peritiba - 48	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Rua Peritiba - 21	Presença de árvores	Talude de Aterro
Rua Peritiba - 36	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Rua Peritiba-29	Presença de árvores	Talude de Aterro
Rua Peritiba 30	Vegetação rasteira	Talude de Aterro
Rua Antônio A. C. Reis - 202	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Rua Antônio A. C. Reis - 30B	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Rua Antônio A. C. Reis-08	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Rua Carlos Vanildo - 10	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Rua Carlos Vanildo - 12	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Rua Carlos Vanildo-08	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Rua Pedro Borba-222	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Rua Pedro Borba-252	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Rua Pedro Borba-05	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Rua Pedro Borba-254	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Jornalista Waldete Agra - 33	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Jornalista Waldete Agra - 94	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Jornalista Waldete Agra - 76B	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Jornalista Waldete Agra - 80	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Jornalista Waldete Agra-213	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Jornalista Waldete Agra - 63	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro
Jornalista Waldete Agra - 56	Sem cobertura vegetal	Talude de Aterro

APÊNDICE C: ÍNDICE DE SUSCETIBILIDADE E CLASSIFICAÇÃO

Encosta Natural

LOCAL	TIPO_TALUDE	IS_CALCULADO
Alto da Telha - 1007	Encosta Natural	0,1925
Jornalista Waldete Agra - 85	Encosta Natural	0,2358
Alto da Telha - 1004	Encosta Natural	0,168
Alto da Telha - 1058	Encosta Natural	0,168
Alto da Telha - 1061	Encosta Natural	0,168
Alto da Telha - 1369	Encosta Natural	0,1247
Alto da Telha - 1373	Encosta Natural	0,1247
Alto da Telha - 309	Encosta Natural	0,1247
Alto da Telha - 810, 812, 813	Encosta Natural	0,168
Córrego da Telha - 120	Encosta Natural	0,168
Jornalista Waldete Agra - 65A	Encosta Natural	0,168
Jornalista Waldete Agra - 72	Encosta Natural	0,168
Jornalista Waldete Agra - 85	Encosta Natural	0,168
Jornalista Waldete Agra - 91	Encosta Natural	0,168
Jornalista Waldete Agra - S/N	Encosta Natural	0,168
Maria da Fé - 54	Encosta Natural	0,1247
Rua Córrego da telha - 15	Encosta Natural	0,1247
Alto da Telha - 1003	Encosta Natural	0,1247
Alto da Telha - 1053	Encosta Natural	0,168
Alto da Telha - 1064B	Encosta Natural	0,1925
Alto da Telha - 1277	Encosta Natural	0,1247
Alto da Telha - 1365	Encosta Natural	0,1247
Alto da Telha - 67	Encosta Natural	0,1321
Alto da Telha - S/N Casa Azul	Encosta Natural	0,168
Brumal - 151	Encosta Natural	0,168
Córrego 202 A	Encosta Natural	0,1247
Córrego da Telha - 116	Encosta Natural	0,2358
Córrego da Telha - 202	Encosta Natural	0,1247
Jornalista Waldete Agra-30	Encosta Natural	0,2358
Parau - 323	Encosta Natural	0,1247
Rua Brumal - 21	Encosta Natural	0,1247

Talude de Corte

LOCAL	TIPO_TALUDE	IS_CALCULADO
Rua Antônio A. C. Reis - 51	Talude de Corte	0,2526
Jornalista Waldete Agra - 210	Talude de Corte	0,20601
Rua Peritiba - 15	Talude de Corte	0,2017
Rua Peritiba - 96	Talude de Corte	0,2017
Beta - 2553	Talude de Corte	0,22747
Jornalista Waldete Agra - 78	Talude de Corte	0,22683
Jornalista Waldete Agra - 86	Talude de Corte	0,22683
Maria da Fé -77	Talude de Corte	0,22747
Beta - 02	Talude de Corte	0,2526
Beta - 165	Talude de Corte	0,22747
Beta - 166	Talude de Corte	0,22747
Beta - 211	Talude de Corte	0,22683
Beta - 2556	Talude de Corte	0,22683
Beta - 39	Talude de Corte	0,22747
Beta - 42	Talude de Corte	0,22683
Brumal - 123	Talude de Corte	0,20601
Brumal - 43	Talude de Corte	0,2526
Brumal - 54A	Talude de Corte	0,2017
Brumal - 88	Talude de Corte	0,22683
Brumal - S/N	Talude de Corte	0,27482
Brumal 11	Talude de Corte	0,23178
Córrego da Telha	Talude de Corte	0,20601
Córrego da Telha	Talude de Corte	0,22747
Córrego da Telha - 200A	Talude de Corte	0,2526
Córrego da Telha - 25	Talude de Corte	0,22683
Maria da Fé - 49	Talude de Corte	0,22747
Maria da Fé -10	Talude de Corte	0,22747
Maria da Fé -13	Talude de Corte	0,22747
Maria da Fé -58	Talude de Corte	0,20601
Parau - 102	Talude de Corte	0,23178
Parau - 135	Talude de Corte	0,2526
Parau - 52B	Talude de Corte	0,22683
Rua Antônio A. C. Reis - 22	Talude de Corte	0,22747
Rua Antônio A. C. Reis-07	Talude de Corte	0,2526
Rua Brumal - 158	Talude de Corte	0,22747
Rua Brumal 12	Talude de Corte	0,22747
Rua Brumal 156	Talude de Corte	0,2526
Rua Brumal 176	Talude de Corte	0,22747
Rua Maria da Fé - 45	Talude de Corte	0,23178
Rua Peritiba - 128	Talude de Corte	0,2526
Rua Peritiba - 139	Talude de Corte	0,22747
Rua Peritiba 17A/B/C	Talude de Corte	0,2526
Rua Peritiba -86 C	Talude de Corte	0,2017
Ururai - 365	Talude de Corte	0,2526
Ururai - 90	Talude de Corte	0,22683

Talude de Aterro

LOCAL	TIPO_TALUDE	IS_CALCULADO
Rua Peritiba	Talude de Aterro	0,30625
Jornalista Waldete Agra - 33	Talude de Aterro	0,21312
Jornalista Waldete Agra - 56	Talude de Aterro	0,21312
Rua Antônio A. C. Reis - 202	Talude de Aterro	0,23518
Rua Antônio A. C. Reis - 30B	Talude de Aterro	0,23518
Rua Antônio A. C. Reis-08	Talude de Aterro	0,23518
Rua Carlos Vanildo - 12	Talude de Aterro	0,23518
Rua Pedro Borba-252	Talude de Aterro	0,21312
Rua Peritiba - 21	Talude de Aterro	0,20995
Rua Peritiba - 36	Talude de Aterro	0,23518
Beta - 212	Talude de Aterro	0,18789
Beta - 2554	Talude de Aterro	0,20995
Jornalista Waldete Agra - 63	Talude de Aterro	0,21312
Jornalista Waldete Agra - 76B	Talude de Aterro	0,21312
Jornalista Waldete Agra - 80	Talude de Aterro	0,21312
Jornalista Waldete Agra - 94	Talude de Aterro	0,21312
Jornalista Waldete Agra-213	Talude de Aterro	0,21312
Rua Brumal 447	Talude de Aterro	0,1879
Rua Carlos Vanildo - 10	Talude de Aterro	0,23518
Rua Carlos Vanildo-08	Talude de Aterro	0,23518
Rua Pedro Borba-05	Talude de Aterro	0,21312
Rua Pedro Borba-222	Talude de Aterro	0,21312
Rua Pedro Borba-254	Talude de Aterro	0,21312
Rua Peritiba - 135	Talude de Aterro	0,20995
Rua Peritiba - 150	Talude de Aterro	0,19222
Rua Peritiba - 48	Talude de Aterro	0,21312
Rua Peritiba - 98	Talude de Aterro	0,23518
Rua Peritiba 30	Talude de Aterro	0,19222
Rua Peritiba-29	Talude de Aterro	0,20995

APÊNDICE D: CLASSIFICAÇÃO FINAL

Encosta Natural

LOCAL	TIPO_TALUDE	IS_CALCULADO	INFILTRAÇÃO	TRINCA_EXTERNA	TRINCA_INT	MOV	CICATRIZES	DESAL.	CLASSIFICAÇÃO
Alto da Telha - 1003	Encosta Natural	0,1247	Parede	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	{"Parede"}	Não	Não		Muito alta
Alto da Telha - 1004	Encosta Natural	0,168					Não		Baixa
Alto da Telha - 1007	Encosta Natural	0,1925	Teto			Não	Não		Baixa
Alto da Telha - 1053	Encosta Natural	0,168	Parede				Não		Muito alta
Alto da Telha - 1058	Encosta Natural	0,168	Não			Não	Não		Baixa
Alto da Telha - 1061	Encosta Natural	0,168	Não						Baixa
Alto da Telha - 1064B	Encosta Natural	0,1925	Parede	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	{"Parede"}	Sim	Não	Outro	Muito alta
Alto da Telha - 1277	Encosta Natural	0,1247	Parede			Sim	Sim		Muito alta
Alto da Telha - 1365	Encosta Natural	0,1247	Não		{"Parede"}				Muito alta
Alto da Telha - 1369	Encosta Natural	0,1247	Não			Não			Baixa
Alto da Telha - 1373	Encosta Natural	0,1247	Não						Baixa
Alto da Telha - 309	Encosta Natural	0,1247	Não						Baixa
Alto da Telha - 67	Encosta Natural	0,1321	Não	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	{"Parede"}				Muito alta
Alto da Telha - 810, 812, 813	Encosta Natural	0,168	Não			Não			Baixa
Alto da Telha - S/N Casa Azul	Encosta Natural	0,168	Parede		{"Parede"}	Sim			Muito alta
Brumal - 151	Encosta Natural	0,168	Teto	{"Contato com a fundação"}	{"Parede"}	Sim			Muito alta
Córrego 202 A	Encosta Natural	0,1247	Parede	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	{"Parede"}				Muito alta
Córrego da Telha - 116	Encosta Natural	0,2358	Ambos	{"Contato com a fundação","Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	{"Parede"}	Sim			Muito alta
Córrego da Telha - 120	Encosta Natural	0,168	Não			Não	Não		Baixa
Córrego da Telha - 202	Encosta Natural	0,1247	Parede						Muito alta
Jornalista Waldete Agra - 65A	Encosta Natural	0,168	Não			Não	Não		Baixa
Jornalista Waldete Agra - 72	Encosta Natural	0,168	Não			Não	Não		Baixa
Jornalista Waldete Agra - 85	Encosta Natural	0,2358	Não			Não	Não		Baixa
Jornalista Waldete Agra - 85	Encosta Natural	0,168	Não						Média
Jornalista Waldete Agra - 91	Encosta Natural	0,168	Não			Não	Não		Baixa
Jornalista Waldete Agra - S/N	Encosta Natural	0,168	Não			Não	Não		Baixa
Jornalista Waldete Agra-30	Encosta Natural	0,2358	Não			Sim	Não	Outro	Muito alta
Maria da Fé - 54	Encosta Natural	0,1247	Não			Não			Baixa
Parau - 323	Encosta Natural	0,1247	Parede	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	{"Parede", "Piso"}				Muito alta
Rua Brumal - 21	Encosta Natural	0,1247	Não	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	{"Parede"}	Não	Não		Muito alta
Rua Córrego da telha - 15	Encosta Natural	0,1247	Não			Não	Não		Baixa

Talude de Corte

LOCAL	TIPO_TALUDE	IS_CALCULADO	INFILTRAÇÃO	TRINCA_EXTERNA	TRINCA_INT	MOVIMENTO	CICATRIZES	MOVIMENTO	DESALINHAMENTO	CLASSIFICAÇÃO
Beta - 02	Talude de Corte	0,2526	Parede			Sim	Sim			Muito alta
Beta - 165	Talude de Corte	0,22747	Parede		("Parede", "Piso")	Sim				Muito alta
Beta - 166	Talude de Corte	0,22747	Não		("Parede")	Sim		Desalinhamento	Árvores	Muito alta
Beta - 211	Talude de Corte	0,22683	Parede	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	{"Parede", "Piso"}	Não				Muito alta
Beta - 2553	Talude de Corte	0,22747	Não			Não	Não			Média
Beta - 2556	Talude de Corte	0,22683	Não			Sim				Muito alta
Beta - 39	Talude de Corte	0,22747	Parede			Não				Muito alta
Beta - 42	Talude de Corte	0,22683	Ambos			Sim	Sim	Embarrigamento	Cerca/Muros	Muito alta
Brumal - 123	Talude de Corte	0,20601	Não			Sim	Sim			Muito alta
Brumal - 43	Talude de Corte	0,2526	Não			Sim				Muito alta
Brumal - 54A	Talude de Corte	0,2017	Não			Sim	Não			Muito alta
Brumal - 88	Talude de Corte	0,22683	Parede		("Parede")	Sim				Muito alta
Brumal - S/N	Talude de Corte	0,27482	Parede							Muito alta
Brumal 11	Talude de Corte	0,23178	Parede			Não				Muito alta
Córrego da Telha	Talude de Corte	0,20601	Não	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)", "Terreno"}	{"Parede", "Piso", "Te"}	Sim	Não	Desalinhamento	Árvores	Muito alta
Córrego da Telha	Talude de Corte	0,22747	Parede	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	("Parede")	Sim	Sim			Muito alta
Córrego da Telha - 200A	Talude de Corte	0,2526	Não			Sim				Muito alta
Córrego da Telha - 25	Talude de Corte	0,22683	Não	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}		Sim	Sim	Embarrigamento	Cerca/Muros	Muito alta
Jornalista Waldete Agra - 210	Talude de Corte	0,20601	Não			Não	Não			Média
Jornalista Waldete Agra - 78	Talude de Corte	0,22683	Não			Não	Não			Média
Jornalista Waldete Agra - 86	Talude de Corte	0,22683	Não			Não	Não			Média
Maria da Fé - 49	Talude de Corte	0,22747	Não			Sim	Não	Ondulações na superfície		Muito alta
Maria da Fé - 10	Talude de Corte	0,22747	Não			Não	Não		Outro	Muito alta
Maria da Fé - 13	Talude de Corte	0,22747	Não			Sim	Não			Muito alta
Maria da Fé - 58	Talude de Corte	0,20601	Não			Sim	Não			Muito alta
Maria da Fé - 77	Talude de Corte	0,22747	Não			Não	Não			Média
Parau - 102	Talude de Corte	0,23178	Parede			Sim				Muito alta
Parau - 135	Talude de Corte	0,2526	Não			Sim		Desalinhamento	Árvores	Muito alta
Parau - 52B	Talude de Corte	0,22683	Parede		("Parede")	Sim	Sim			Muito alta
Rua Antônio A. C. Reis - 22	Talude de Corte	0,22747	Teto			Não	Não			Muito alta
Rua Antônio A. C. Reis - 51	Talude de Corte	0,2526	Não			Não	Não			Média
Rua Antônio A. C. Reis-07	Talude de Corte	0,2526	Parede			Não	Não			Muito alta
Rua Brumal - 158	Talude de Corte	0,22747	Não			Sim	Sim	Ondulações na superfície	Árvores	Muito alta
Rua Brumal 12	Talude de Corte	0,22747	Parede	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}		Não				Muito alta
Rua Brumal 156	Talude de Corte	0,2526	Parede			Sim	Não			Muito alta
Rua Brumal 176	Talude de Corte	0,22747	Parede	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)", "Terreno"}		Sim				Muito alta
Rua Maria da Fé - 45	Talude de Corte	0,23178	Não			Sim	Não			Muito alta
Rua Peritiba - 128	Talude de Corte	0,2526	Não			Sim	Não	Desalinhamento	Canaletas de drenagem	Muito alta
Rua Peritiba - 139	Talude de Corte	0,22747	Não			Sim	Sim	Desalinhamento	Cerca/Muros	Muito alta
Rua Peritiba - 15	Talude de Corte	0,2017				Não	Não			Média
Rua Peritiba - 96	Talude de Corte	0,2017	Não			Não	Não			Média
Rua Peritiba 17A/B/C	Talude de Corte	0,2526	Parede			Sim	Não			Muito alta
Rua Peritiba -86 C	Talude de Corte	0,2017	Parede	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	("Parede")	Sim	Não			Muito alta
Ururai - 365	Talude de Corte	0,2526	Parede			Não	Não			Muito alta
Ururai - 90	Talude de Corte	0,22683	Parede			Sim	Sim			Muito alta

Talude de Aterro

LOCAL	TIPO_TALUDE	IS_CALCULADO	INFILTRAÇÃO	TRINCA_EXTERNA	TRINCA_INT	MOV	CICATRIZES	MOVIMENTO	DESALINHAMENTO	CLASSIFICAÇÃO
Beta - 212	Talude de Aterro	0,18789	Não		{"Parede"}	Sim				Muito alta
Beta - 2554	Talude de Aterro	0,20995	Não			Sim				Muito alta
Jornalista Waldete Agra - 33	Talude de Aterro	0,21312	Não			Não	Não			Média
Jornalista Waldete Agra - 56	Talude de Aterro	0,21312	Não			Não	Não			Média
Jornalista Waldete Agra - 63	Talude de Aterro	0,21312	Parede			Não	Não			Muito alta
Jornalista Waldete Agra - 76B	Talude de Aterro	0,21312	Ambos		{"Parede","Piso","Teto"}	Não	Não			Muito alta
Jornalista Waldete Agra - 80	Talude de Aterro	0,21312	Ambos	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	{"Parede","Piso","Teto"}	Sim	Não			Muito alta
Jornalista Waldete Agra - 94	Talude de Aterro	0,21312	Parede		{"Parede"}	Não	Não			Muito alta
Jornalista Waldete Agra-213	Talude de Aterro	0,21312	Ambos			Não	Não			Muito alta
Rua Antônio A. C. Reis - 202	Talude de Aterro	0,23518	Não			Não	Não			Média
Rua Antônio A. C. Reis - 30B	Talude de Aterro	0,23518	Não			Não	Não			Média
Rua Antônio A. C. Reis-08	Talude de Aterro	0,23518	Não			Não	Não			Média
Rua Brumal 447	Talude de Aterro	0,1879	Parede			Sim	Sim	Ondulações na superfície		Muito alta
Rua Carlos Vanildo - 10	Talude de Aterro	0,23518	Parede	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	{"Parede","Piso"}	Não	Não	Desalinhamento		Muito alta
Rua Carlos Vanildo - 12	Talude de Aterro	0,23518	Não			Não	Não			Média
Rua Carlos Vanildo-08	Talude de Aterro	0,23518	Não	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	{"Parede"}	Não	Não	Desalinhamento		Muito alta
Rua Pedro Borba-05	Talude de Aterro	0,21312	Teto			Não	Não			Muito alta
Rua Pedro Borba-222	Talude de Aterro	0,21312	Não	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	{"Parede","Piso"}	Não	Não			Muito alta
Rua Pedro Borba-252	Talude de Aterro	0,21312	Não			Não	Não			Média
Rua Pedro Borba-254	Talude de Aterro	0,21312	Parede			Não	Não			Muito alta
Rua Peritiba	Talude de Aterro	0,30625				Não	Não			Média
Rua Peritiba - 135	Talude de Aterro	0,20995				Sim	Sim	Desalinhamento	Árvores	Muito alta
Rua Peritiba - 150	Talude de Aterro	0,19222	Não	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	{"Parede"}	Sim	Sim	Ondulações na superfície		Muito alta
Rua Peritiba - 21	Talude de Aterro	0,20995	Não			Sim	Sim	Ondulações na superfície		Média
Rua Peritiba - 36	Talude de Aterro	0,23518	Parede		{"Parede"}	Não	Não			Média
Rua Peritiba - 48	Talude de Aterro	0,21312	Parede	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}	{"Parede"}	Não	Não			Muito alta
Rua Peritiba - 98	Talude de Aterro	0,23518	Parede	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}		Sim	Sim	Embarrigamento		Muito alta
Rua Peritiba 30	Talude de Aterro	0,19222	Não	{"Infraestrutura - casa (parede, muro)"}		Sim	Sim			Muito alta
Rua Peritiba-29	Talude de Aterro	0,20995	Parede			Sim	Sim	Ondulações na superfície		Muito alta

