



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

**ANÁLISE DE RISCO E CONTRIBUIÇÃO A ANÁLISE DE  
VULNERABILIDADE AO DESLIZAMENTO DE ENCOSTAS  
NA REGIÃO NORTE DA CIDADE DO RECIFE**

RECIFE  
2024

GABRIELE FERREIRA SOUZA SANTOS

**ANÁLISE DE RISCO E CONTRIBUIÇÃO A ANÁLISE DE VULNERABILIDADE AO  
DESLIZAMENTO DE ENCOSTAS NA REGIÃO NORTE DA CIDADE DO RECIFE**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Engenharia Civil /  
Geotecnia

**Orientador:** Prof. Dr. Silvio Romero de Melo  
Ferreira

RECIFE  
2024

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

Santos, Gabriele Ferreira Souza .

Análise de risco e contribuição a análise de vulnerabilidade ao  
deslizamentode encostas na região norte da cidade do Recife / Gabriele  
Ferreira Souza Santos. - Recife, 2024.

96 : il., tab.

Orientador(a): Silvio Romero de Melo Ferreira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade  
Federal dePernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências,  
Engenharia Civil - Bacharelado, 2024.

9,0.

Inclui referências, apêndices, anexos.

1. Deslizamentos. 2. Risco. 3. Vulnerabilidade. 4. Geologia. 5.  
Encostas. 6. Movimento de massas. I. Ferreira, Silvio Romero de Melo.  
(Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

GABRIELE FERREIRA SOUZA SANTOS

**ANÁLISE DE RISCO E CONTRIBUIÇÃO A ANÁLISE DE VULNERABILIDADE AO  
DESLIZAMENTO DE ENCOSTAS NA REGIÃO NORTE DA CIDADE DO RECIFE**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 16/04/2024.

**BANCA EXAMINADORA**

---

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

---

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

---

Prof. Dr. Joaquim Teodoro Romão de Oliveira (Examinador Externo)  
Universidade Católica de Pernambuco

Olho pra o céu, e tenho motivos de sobra para agradecer a Deus por tudo que Ele tem feito! Não foi uma batalha fácil a ser vencida, mas quando Deus tem um plano em nossas vidas Ele cumpre independente da situação! Sim, essa vitória é minha, que apesar de tudo, nunca desisti dos meus sonhos, "SEMPRE AVANTE". Aos meus pais e familiares por ser a base fundamental, a todos que torceram por mim nessa caminhada. Aos meus professores e mestres, desde os anos iniciais até a vida acadêmica, bem como a todos os amigos e colegas que contribuíram e somaram para esta conquista.

## AGRADECIMENTOS

Não poderia deixar de agradecer primeiramente a Deus que é sempre meu guia nos caminhos os quais percorro, por ter me dado forças nesta caminhada, em todo o tempo que dediquei à esta formação e em todos os momentos que abdiquei para que isso se tornasse realidade.

Restam-me, no entanto, muitos nomes a agradecer, sem ordem em particular:

Agradeço a minha mãe, Rosileide Ferreira, à qual devo-lhe o gosto pelo estudo e agradeço por todos os incentivos, particularmente em me ensinar a Matemática Básica. Agradeço também, pela dedicação na minha formação como pessoa, conselhos, lições e incentivos. Principalmente por sempre acreditar no meu potencial, fazendo com que a força crescesse dentro de mim em todos os momentos mais difíceis. Seu amor e dedicação são tesouros inestimáveis que fizeram tudo ao seu alcance para que eu pudesse estudar e me tornar engenheira civil.

Agradeço ao meu pai, Ivan Francisco, pelas suas lições, seu sacrifício e seus esforços para me proporcionar as melhores oportunidades que nunca serão esquecidas. Cada conquista que alcancei é, em grande parte, resultado do seu incentivo e orientação.

Agradeço aos meus irmãos Renata e Ivan Gabriel, por suportarem junto a mim todos os meus momentos de estresses, desejando-me sempre palavras de força nos momentos que mais precisei, bem como pelas lições de persistência, as quais nunca me deixaram desistir nos momentos que fraquejei.

Agradeço a minha sobrinha Valentina, do fundo do meu coração por todos os momentos de alegria que compartilhamos juntas. Sua risada contagiosa e sua inocência foram um bálsamo para minha alma nos dias mais difíceis de estudo e dedicação. Cada conquista que alcancei nesta jornada acadêmica tem um pouco do seu sorriso e do seu amor.

Aos meus avós, tios, primos e demais familiares, agradeço por todo o carinho, torcida e palavras de encorajamento ao longo dessa jornada. O apoio deles foram fundamentais para que eu chegasse até aqui, e cada gesto de amor e incentivo não passou despercebido.

Agradeço aos meus amigos, em especial àqueles do colégio EREM-Galvão, que mesmo noutros cursos sempre se fizeram presentes. Em particular a Myrelle e a Emanuelle, por todas as seções de “terapia” que tivemos e aos ensinamentos trocados acerca de diversos assuntos durante todo o processo, a forma como vocês acreditam em mim e no meu potencial me revigoraram em cada dificuldade.

Bem como a todos os amigos que de alguma forma contribuíram estando do meu lado,

meus parceiros da vida e amigos que a graduação me presenteou: Mayra Angelina, Gabriela Farias, Cássio Galvão, Edgar Bosak, Thaís Albuquerque, Lucas Ferraz, Bruno Sampaio, e aos outros que possivelmente não estão aqui, mas que sabem da importância que representam.

Agradeço ao Dr. Ricardo Dalla Nora e Elvio Dalla Nora, que me recebeu de braços abertos na Dalla Nora Engenharia, sua empresa, onde pude aprender lições para a vida inteira antes mesmo do título de engenheira. Obrigada pela compreensão e flexibilidade de horários disponibilizados.

Minha profunda gratidão ao meu orientador Silvio Romero. Ele que me acompanhou desde a disciplina de Mecânica dos Solos 1A e já neste momento me despertou a paixão pela Geotecnia. Obrigada pela dedicação como professor, pelo compromisso com a ciência e pelo exemplo de pessoa e profissional.

Agradeço a Defesa Civil do Recife pelo valioso apoio e colaboração fornecidos durante a pesquisa, agradeço profundamente pelo fornecimento dos dados que foram fundamentais para a realização deste estudo. A integridade e a qualidade dessas informações contribuíram significativamente para a precisão e a relevância de nossas conclusões.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão pela oportunidade de fazer parte do projeto "Morro de Vontade". É com grande apreço que reconheço o trabalho árduo e dedicado por todos, que indiretamente tornaram possível a realização de nossos objetivos e contribuíram significativamente para a pesquisa.

Além disso, quero expressar minha gratidão à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro e suporte contínuo, que foram essenciais para o desenvolvimento e realização do projeto "Morro de Vontade".

Por fim, aos que por ventura tiveram participação nesta conquista e que não foram listados aqui, meu muito obrigado!

## RESUMO

A cidade do Recife, localizada no estado de Pernambuco, enfrenta desafios nas regiões de morro, que constituem uma 67,43% de sua geografia urbana. Essas áreas, caracterizadas por topografia acidentada e encostas íngremes, enfrentam um desafio constante e perigoso durante os períodos de inverno, em virtude da sua topografia acidentada, geologia e geomorfologia características da região. Durante chuvas intensas, a saturação do solo torna as região mais suscetíveis a deslizamentos, representando uma ameaça iminente à segurança e ao bem-estar das comunidades residentes em áreas de risco. A vulnerabilidade das região é agravada por diversos fatores, como ocupação desordenada, falta de infraestrutura, desmatamento e pressão demográfica. A crescente densidade populacional aliada à falta de espaço nas áreas urbanas impulsiona as comunidades a ocupar os morros de maneira espontânea e sem um planejamento adequado.

Este estudo aborda a problemática dos deslizamentos de terra recorrentes na cidade do Recife, com foco no mapeamento de risco e vulnerabilidade nas encostas do Alto da Telha. Utilizando uma metodologia desenvolvida por Gusmão Filho et al. (1994) e uma análise estatística dos dados coletados por meio de questionários sócio-geotécnicos em 114 residências localizadas no Alto da Telha, no bairro de Passarinho, abrangendo uma área de aproximadamente 900.000 m<sup>2</sup>. A análise do risco e a suscetibilidade ao deslizamento em encostas demanda um entendimento profundo dos processos geológicos e das condições climáticas que influenciam essas transformações. A ocupação inadequada, os padrões urbanísticos adotados e a falta de intervenções estruturais para o manejo das encostas podem desencadear acidentes, tornando essa questão de extrema importância e requerendo uma atenção especial.

Os resultados revelaram que 73,3% das encostas apresentam alto risco, enquanto 20% têm risco médio e 6,7% risco baixo. A análise da vulnerabilidade destacou a importância dos indicadores socioeconômicos, hidrológicos, relacionados à vegetação, presença de lixo, direcionamento e o escoamento da água de chuva, na avaliação dos riscos de deslizamentos de terra. A integração do grau de risco e desses indicadores na análise de vulnerabilidade permite uma compreensão abrangente das ameaças associadas aos deslizamentos nas encostas analisadas.

**Palavras-Chave:** Deslizamentos, Risco, Vulnerabilidade, Geologia, Encostas, Movimento de massas

## ABSTRACT

The city of Recife, located in the state of Pernambuco, faces challenges in its hilly regions, which constitute 67.43% of its urban geography. These areas, characterized by rugged topography and steep slopes, face constant and dangerous challenges during the winter season due to their rugged topography, geology, and geomorphology characteristic of the region. During heavy rains, soil saturation makes these regions more susceptible to landslides, posing an imminent threat to the safety and well-being of communities residing in high-risk areas. The vulnerability of these regions is exacerbated by various factors such as unregulated occupation, lack of infrastructure, deforestation, and demographic pressure. The increasing population density combined with the lack of space in urban areas drives communities to occupy the hills spontaneously and without proper planning.

This study addresses the issue of recurring landslides in the city of Recife, focusing on risk and vulnerability mapping on the slopes of Alto da Telha. It utilizes a methodology developed by Gusmão Filho et al. (1994) and a statistical analysis of data collected through socio-geotechnical questionnaires in 114 residences located in Alto da Telha, in the Passarinho neighborhood, covering an area of approximately 900,000 m<sup>2</sup>. The analysis of risk and susceptibility to landslides on slopes requires a deep understanding of geological processes and the climatic conditions that influence these transformations. Inadequate occupation, the urban planning patterns adopted, and the lack of structural interventions for slope management can trigger accidents, making this issue extremely important and requiring special attention.

The results revealed that 73.3% of the slopes are at high risk, 20% are at medium risk, and 6.7% are at low risk. The vulnerability analysis highlighted the importance of socioeconomic, hydrological, vegetation-related indicators, the presence of garbage, and the direction and flow of rainwater in assessing landslide risks. The integration of the degree of risk and these indicators in the vulnerability analysis allows for a comprehensive understanding of the threats associated with landslides on the analyzed slopes.

**Keywords:** Landslides, Risk, Vulnerability, Geology, Slopes, Mass movement

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Localização da área, bairro Passarinho, Recife-PE .....	18
Figura 2 - Localização da área de estudo, região da Rua Alto da Telha, Recife - PE .....	19
Figura 3- Geologia da cidade do Recife-PE .....	21
Figura 4- Mapas das Unidades Geológicas do Recife .....	22
Figura 5 - Localização dos furos de Sondagem .....	23
Figura 6- Resultado da sondagem no furo A1 .....	24
Figura 7- Resultado da Sondagem no furo A2 .....	25
Figura 8- Resultado da Sondagem no furo A3 .....	26
Figura 9- Resultado da Sondagem no furo B1 .....	27
Figura 10- Resultado da Sondagem no furo B2 .....	28
Figura 11- Resultado da Sondagem no furo B3 .....	29
Figura 12- Estágio dos movimentos de massas .....	32
Figura 13- Forma de Escorregamento planar .....	34
Figura 14- Número de vítimas por escorregamentos na RMR e no município do Recife .....	36
Figura 15- Ciclo Hidrológico da água .....	39
Figura 16- Modelo de Ficha de Campo, página 01 .....	46
Figura 17- Modelo da Ficha de Campo, Página 02 .....	47
Figura 18 - Faixas de classificação da vulnerabilidade social .....	50
Figura 19 - Delimitação do Polígono de Thiessen: Representação Espacial da Distribuição Pluviométrica na Área de Estudo .....	53
Figura 20- Distância entre a estação pluviométrica e área de estudo .....	54
Figura 21- Região de estudo com a indicação das residências consultadas - Bairro Passarinho .....	60
Figura 22 - Classificação do grau de risco no Alto da Telha, Recife-PE .....	61
Figura 23- Renda média domiciliar dos bairros do Recife .....	62
Figura 24- Índices de Vulnerabilidade Social Fonte: Autor (2024) .....	63
Figura 25- Cobertura Vegetal nas Encostas do Alto da Telha .....	69
Figura 26- Cobertura Vegetal nas Encostas do Alto da Telha .....	70
Figura 27- Cobertura Vegetal nas Encostas do Alto da Telha .....	71
Figura 28- Direcionamento de Água para Encosta e Medidas de Mitigação .....	75

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Mortes por deslizamentos nos dez principais estados entre 1988 e junho de 2022.....	15
Gráfico 2- Análise Pluviométrica no Alto da Brasileira .....	65
Gráfico 3- Análise da Cobertura Vegetal no Alto da Telha.....	68
Gráfico 4 - Análise da porcentagem de lixo com descarte inadequado nas encostas .....	73
Gráfico 5 - Análise da porcentagem de lixo com descarte inadequado nas encostas .....	74

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Caracterização geotécnica da área em estudo .....	30
Tabela 2- Principais fatores de causa de movimentos de massa em encostas da Formação Barreiras – RMR .....	33
Tabela 3- Critérios adotados nos Fatores Geológicos.....	41
Tabela 4- Critérios adotados nos Fatores Topográficos.....	41
Tabela 5- Critérios adotados nos Fatores Ambientais .....	42
Tabela 6- Classificação do Risco das Encostas .....	42
Tabela 7- Grau de Risco das Encostas do Alto da Telha .....	58

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1	Justificativa e motivação	15
1.2	Objetivos gerais e específicos	16
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>17</b>
2.1	Localização da área de estudo	17
2.2	Geologia da cidade do Recife	20
2.3	Caracterização geotécnica da região em estudo	23
2.4	Fatores condicionantes que influenciam no movimento de massas	31
2.5	Histórico de deslizamentos das encostas do Recife	35
2.6	Perigo e Risco	37
2.7	Análise de Risco	37
2.8	Correlação dos índices pluviométricos e deslizamentos	38
2.9	Metodologia para cálculo do Grau de Risco segundo Gusmão Filho	40
2.10	Análise de Vulnerabilidade	43
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>45</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCURSSÕES</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>76</b>
<b>6</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>78</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>80</b>
	<b>ANEXO A – DADOS OBTIDOS ATRAVÉS DAS VISITAS EM CAMPO PARA A ANÁLISE DA VEGETAÇÃO</b>	<b>84</b>
	<b>ANEXO B – SOLICITAÇÃO DA DEFESA CIVIL MEDIANTE AO ACONTECIMENTO DE ALGUMA OCORRÊNCIA DE DESLIZAMENTO...</b>	<b>89</b>
	<b>ANEXO C – DADOS PLUVIOMÉTRICOS NO ALTO DA BRASILEIRA</b>	<b>91</b>
	<b>ANEXO D – DADOS OBTIDOS ATRAVÉS DAS VISITAS EM CAMPO PARA A ANÁLISE A RESPEITO DA COLETA DE LIXO, PRESENÇA DE RESÍDUOS NA ENCOSTA E DIRECIONAMENTO DO ESCOAMENTO DO TELHADO</b>	<b>94</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco e localizada na região Nordeste do Brasil, apresenta uma área de aproximadamente 217 km<sup>2</sup>, com uma população segundo o IBGE estimada em 1.488.920 habitantes. A cidade apresenta uma diversidade econômica significativa, com atuação em diversos setores. Entretanto, a mesma possui uma grande disparidade econômica, conforme evidenciado no Atlas Municipal do ano de 2005, nota-se que a diferença de apenas alguns quilômetros entre Boa Viagem e Ilha Joana Bezerra é tão significativa em termos de desenvolvimento humano quanto aquela que separa a Noruega, líder mundial do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), de países da África subsaariana, como o Gabão.

De acordo com informações obtidas através da Prefeitura do Recife, a sua composição territorial tem 67,43% de morros; 23,26% de planícies; 9,31% de aquáticas; e 5,58% de Zonas Especiais de Preservação Ambiental (Zepa).

A Região Metropolitana do Recife enfrenta um desafio persistente e perigoso durante os períodos de inverno ao longo dos anos com os deslizamentos de terra, devido a topografia acidental, geologia e geomorfologia que contribuem significativamente para a ocorrência recorrente da movimentação de massa, uma vez que durante os períodos de chuvas intensas, a saturação do solo torna as encostas mais suscetíveis a deslizamentos. Uma ameaça iminente para a segurança e o bem-estar das comunidades residentes em áreas de riscos geotécnicos. A vulnerabilidade dessas localidades é agravada pela geografia e condições climáticas da região, criando uma situação de alerta constante para seus moradores, que já sofrem com a pressão demográfica e conseqüentemente a falta de espaços disponíveis nas zonas urbanas fazendo com que eles ocupem as regiões de morros de forma espontânea e sem planejamento adequado.

A análise do risco ao deslizamento em encostas exige um entendimento dos processos que influenciam o desencadeamento deste evento desastroso. Esta identificação é baseada desde o entendimento das composições dos materiais geológicos, rochas, sedimentos e solos, bem como a compreensão da resposta desses materiais à ação dos agentes geológicos, sendo estes exógenos ou endógenos em diversas condições climáticas. Ao método qualitativo delineado por Gusmão Filho et al. (1994), que trata-se de uma metodologia que leva em consideração uma gama de fatores para a determinação do grau de risco das encostas, sendo estes o fator topográfico, o fator geológico e o fator ambiental, os quais serão explorados em detalhes adiante. Por outro lado, também deve-se levar em consideração a ocupação

inadequada e os padrões urbanísticos adotados, além da falta de intervenções estruturais para o manejo das encostas.

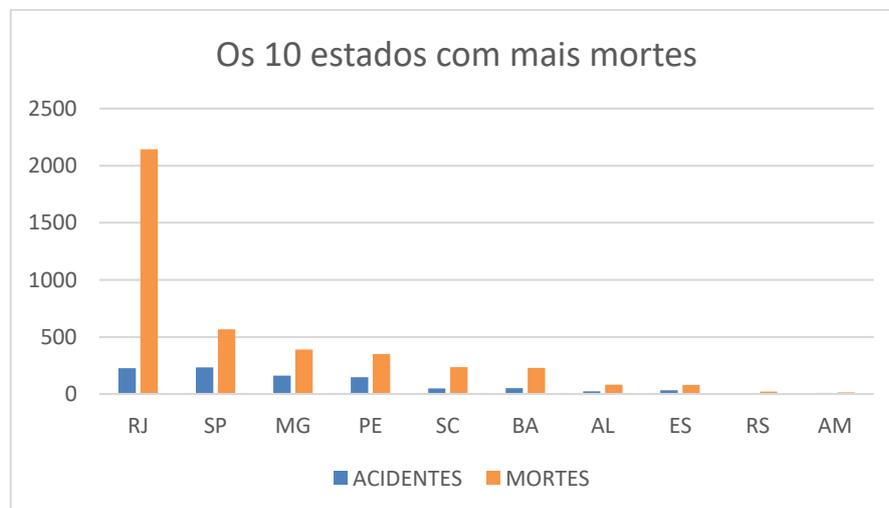
Ao considerar os fatores abordados por Gusmão Filho et al. (1994), como topografia, geologia e ambiente, algumas encostas apresentam riscos mais elevados do que outras. Decorrente também da ocupação inadequada, incluindo cortes e aterros indevidos, bem como a deposição de resíduos e águas servidas diretamente na encosta, que contribuem significativamente para o aumento do risco. Muitas residências estão localizadas em áreas de alto risco, com inclinações de taludes significativas e apresentando trincas em paredes e tetos, sendo estes fortes indicadores de movimentação na área.

Em resumo, a cidade do Recife enfrenta desafios significativos relacionados aos deslizamentos de terra, devido à sua topografia e ocupação desordenada das encostas. A análise detalhada dos riscos geotécnicos é fundamental para mitigar os impactos negativos e garantir a segurança e o bem-estar das comunidades locais.

### 1.1 Justificativa e motivação

A escolha de abordar a análise de risco e deslizamento na cidade do Recife é fundamentada em diversos fatores que convergem para a relevância e urgência deste tema, uma vez que o Recife é conhecido pelo seu histórico de deslizamentos com áreas recorrentemente afetadas. Macedo & Sandre (2022), realizou um levantamento correlacionando a quantidade de acidentes por deslizamento e o número de mortes no Brasil, constatando-se que Pernambuco ocupa a posição de 4º lugar com 147 acidentes e um total de 350 mortes, conforme evidenciado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Mortes por deslizamentos nos dez principais estados entre 1988 e junho de 2022.



Fonte: Macedo & Sandre (2022)

A ocupação antrópica dessas zonas de perigo é um fator determinante para a análise da vulnerabilidade, juntamente com a repercussão de como o planejamento urbano venha a influenciar neste cenário. Desta maneira, entender os efeitos sociais e econômicos dos deslizamentos é de extrema importância, pois isso engloba prejuízos materiais, os custos vinculados à recuperação pós-evento e a perda de vidas.

A compreensão da geologia e topografia é crucial para identificar áreas de risco, dada a topografia acidentada da Região Metropolitana, a análise geotécnica se torna um ponto de partida essencial para a identificação e mitigação de potenciais deslizamentos, tornando-se viável a sugestão de iniciativas que buscam minimizar os riscos com uma abordagem holística e abrangente para entender, prevenir e mitigar os deslizamentos na cidade do Recife, contribuindo com a salvaguarda de vidas, promovendo assim a segurança e o bem-estar das comunidades locais.

## **1.2 Objetivos gerais e específicos**

O objetivo geral no Trabalho Final de Curso é identificar em grande escala os riscos associados aos deslizamentos na região norte da cidade do Recife, sendo este desafio complexo e recorrente na área. Como tratativa tem-se a elaboração de um mapeamento de riscos a escorregamento das encostas, dada a ocupação desordenada no Alto da Telha, Passarinho, Recife-PE para assim auxiliar os órgãos governamentais na identificação de possíveis pontos de incidentes e também buscar maneiras de diminuir a suscetibilidade a desastres nessa região de risco, evitando novas tragédias na cidade pernambucana.

Dentre os objetivos específicos a serem atingidos nesta pesquisa, destacam-se:

- a) Identificar as formações geológicas das áreas de riscos, fácies da Formação Barreira e solo residual, aprofundando o conhecimento das características geológico-geotécnicas dos materiais presente nas encostas;
- b) Analisar os índices pluviométricos no local da área em estudo;
- c) Analisar o risco social na cidade do Recife;
- d) Realizar uma análise abrangente para avaliar o grau de risco de deslizamento, pela metodologia de Gusmão Filho et al, 1994;
- e) Promover um mapeamento de risco das encostas da região, com a aquisição de informações por meio de questionários sócio-geotécnicos para caracterizar as condições naturais e antrópicas;
- f) Contribuir para a realização de uma análise de vulnerabilidade.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Localização da área de estudo**

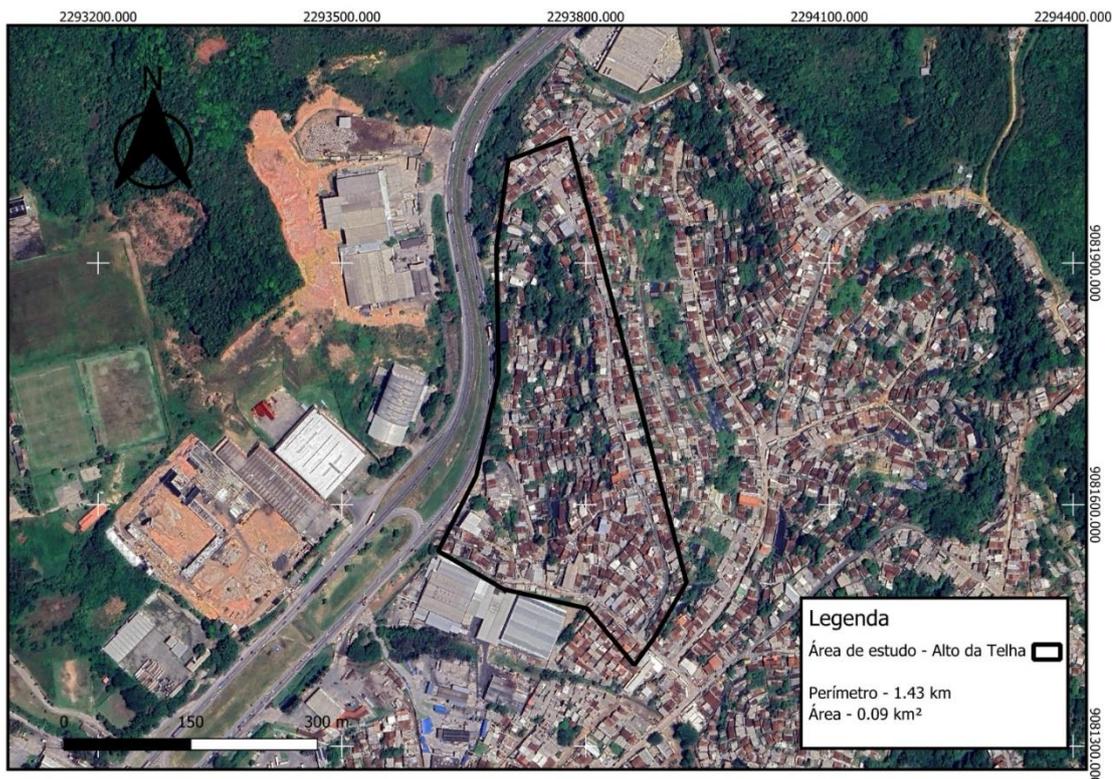
A área de estudo deste trabalho compreende a microrregião do Passarinho, situada na cidade do Recife, com ênfase na Rua Alto da Telha e as suas ruas circunvizinhas, uma vez que esta região se destaca pela sua densidade populacional e diversidade socioeconômica, enfrentando questões como infraestrutura limitada, acesso restrito a serviços essenciais e uma vulnerabilidade considerável a desastres naturais, especialmente deslizamentos de terra, devido à topografia íngreme.



O bairro do Passarinho é circundado por diversos bairros adjacentes, como Alto Santa Terezinha, Dois Unidos, Guabiraba, Córrego de Jenipapo, Brejo de Beberibe, Arruda, Água Fria e Dois Irmãos. A região possui como o principal eixo viário a BR-101, sendo um trecho importante da rodovia, pois conecta o Recife e outras cidades do Nordeste e do Brasil, ressalta-se que as ruas deste bairro que possuirão ênfase neste estudo, encontram-se às margens da BR.

Com uma área abrangente de aproximadamente 900.000 m<sup>2</sup>, conforme evidenciado na Figura 2, a região da Rua Alto da Telha e seus arredores apresentam características geográficas e geológicas que merecem atenção especial. Essa área, densamente povoada, é marcada por uma topografia acidentada, com encostas íngremes e solos propensos a instabilidades, aumentando significativamente o risco de deslizamentos.

Figura 2 - Localização da área de estudo, região da Rua Alto da Telha, Recife - PE



Fonte: Autor (2024)

## 2.2 Geologia da cidade do Recife

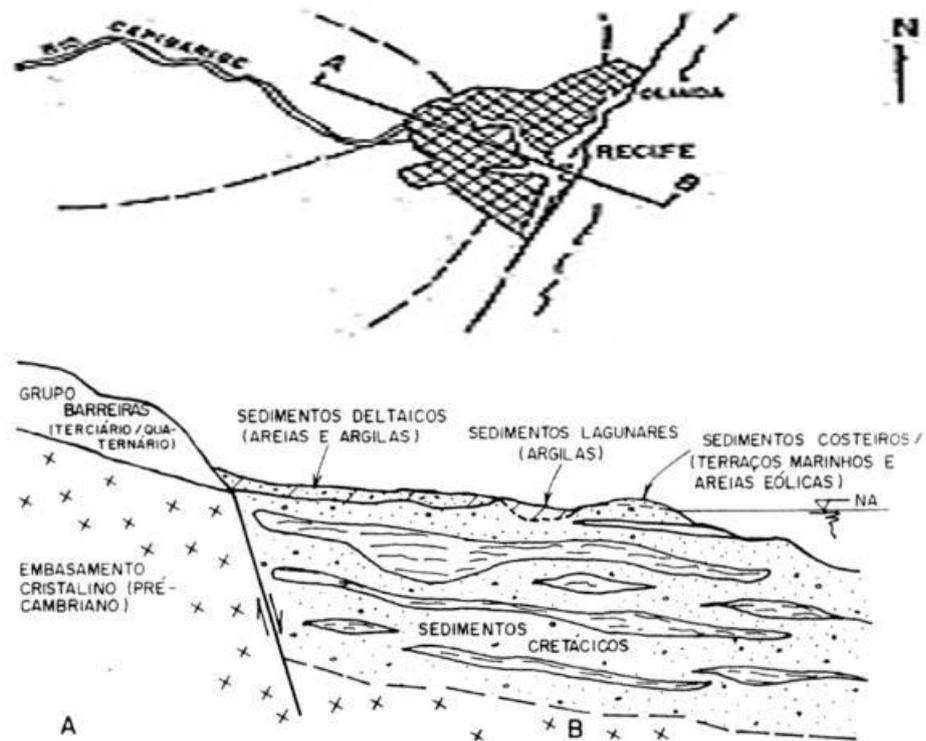
O Recife apresenta um cenário marcado pela notável dicotomia entre áreas de morro e planícies. Do ponto de vista geológico, a região exibe uma planície sedimentar costeira circundada por morros formados pela estrutura da Formação Barreiras ao norte e pelo embasamento cristalino ao sul. Conforme os estudos abrangentes e práticos conduzidos por Gusmão Filho (1998) acerca das características geológicas e geotécnicas da Região Metropolitana do Recife, um registro sequencial de processos geológicos emerge, convergindo na formação da Barreira. Inicialmente, desdobrou-se um fenômeno de falhamento no embasamento Cristalino, induzindo à formação de uma área menos elevada a leste. Subsequentemente, sedimentações oriundas da bacia Cretácia foram meticulosamente depositadas. Quanto ao interior do continente, este era subjacente a processos erosivos, enquanto que a faixa litorânea, de maneira correspondente, foi cenário para a sedimentação da Formação Barreiras. Desta forma, esses acontecimentos coadunam para a formação da Planície do Recife.

Durante o declínio do período Terciário e o início do Quaternário, a localidade do Recife foi marcada por sucessivas transgressões e regressões marinhas, cujo protagonismo foi inegável na formação dos depósitos presentes na planície da cidade. As transgressões marinhas materializaram-se em episódios em que o nível do oceano ascendeu, avançando sobre os domínios costeiros e sedimentando o material que consigo carreava. Subsequentemente, as regressões marinhas delinearam-se pelo recuo das águas, expondo parcelas que outrora encontravam-se submersas.

Estes ciclos cíclicos de avanço e recuo marinho desencadearam a acumulação de uma eclética gama de materiais sedimentares, abrangendo desde as areias até as argilas e seixos, os quais amalgamam a presente planície recifense. Esse aglomerado de sedimentos reflete, de forma fidedigna, o processo dinâmico que se desdobrou ao longo de milênios.

Além disso, processos como a ação das correntes e o transporte de sedimentos fluviais também contribuiriam para a configuração da paisagem como pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3- Geologia da cidade do Recife-PE

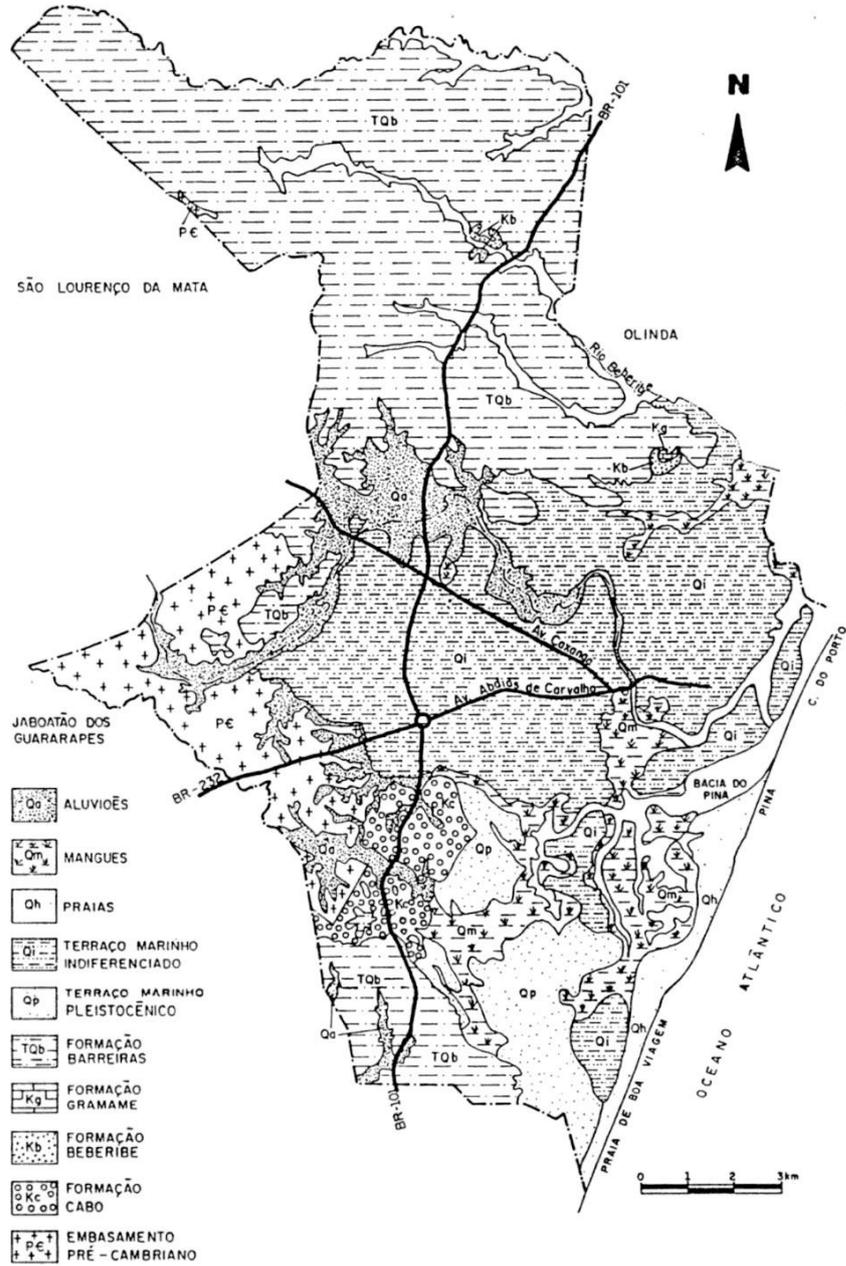


Fonte: Gusmão Filho (1998)

Quanto aos morros da cidade do Recife, estes são formados por uma mistura de sedimentos de diferentes granulometrias, compreendendo uma combinação de materiais como sedimentos, argilas, areias e seixos sub-horizontais, estando levemente direcionados para o mar na forma de tabuleiros elevados com cerca de 50m. “A disposição destas unidades geológicas se deu sob a forma de leques aluviais e de depósitos fluviais de canais entrelaçados, apresentando as fácies flúvio-lagunar e planície aluvial.”, Figura 4 (Alheiros et al.. 1988)

Gusmão Filho em 1998, ao analisar os relevos em Recife, notou uma dualidade litológica que caracteriza os morros da cidade, estando associada à Formação Barreira. Especificamente nos morros da zona norte, observa-se a presença marcante de texturas argilosas provenientes do solo do Riacho Morno, que se entrelaçam com os sedimentos arenosos pertencentes à Formação Guararapes. Tal amalgamação de detritos resultou em um substrato menos propenso aos agentes erosivos, haja vista a contribuição substancial da capacidade coesiva intrínseca às argilas neste contexto.

Figura 4- Mapas das Unidades Geológicas do Recife



Fonte: Alheiros et al.. (1990)

### 2.3 Caracterização geotécnica da região em estudo

Através do projeto de pesquisa da FACEPE intitulado “Morro de Vontade”, realizou-se uma investigação geotécnica dos solos dos taludes do Alto da Telha, situado em Recife, PE. Inicialmente, o primeiro passo envolveu a definição dos objetivos do levantamento, em seguida, houve a coleta de dados preliminares, como mapas e relatórios antigos, e a identificação das áreas que necessitavam um maior detalhamento. Por conseguinte teve-se o reconhecimento de campo, sendo possível observar as características visíveis do terreno, como tipos de solo, vegetação e áreas de erosão. Após esse reconhecimento, realizou-se a perfuração de seis sondagens para a condução do Ensaio de Penetração SPT (Standard Penetration Test), conforme ilustrado na Figura 5, além da coleta de amostras de solo, tanto deformadas quanto indeformadas.

Os ensaios foram meticulosamente planejados e executados em duas encostas, designadas como região A (correspondente à rua Córrego da Telha) e região B (correspondente à rua Brumal). Essas áreas foram investigadas em diferentes pontos, incluindo o topo (1), meia encosta (2) e sopé (3), resultando em um total de seis pontos de sondagem (A1, A2, A3 e B1, B2 e B3), sendo possível observar os resultados das sondagens dos seis furos anteriormente citados, nas Figura 6 à Figura 11.

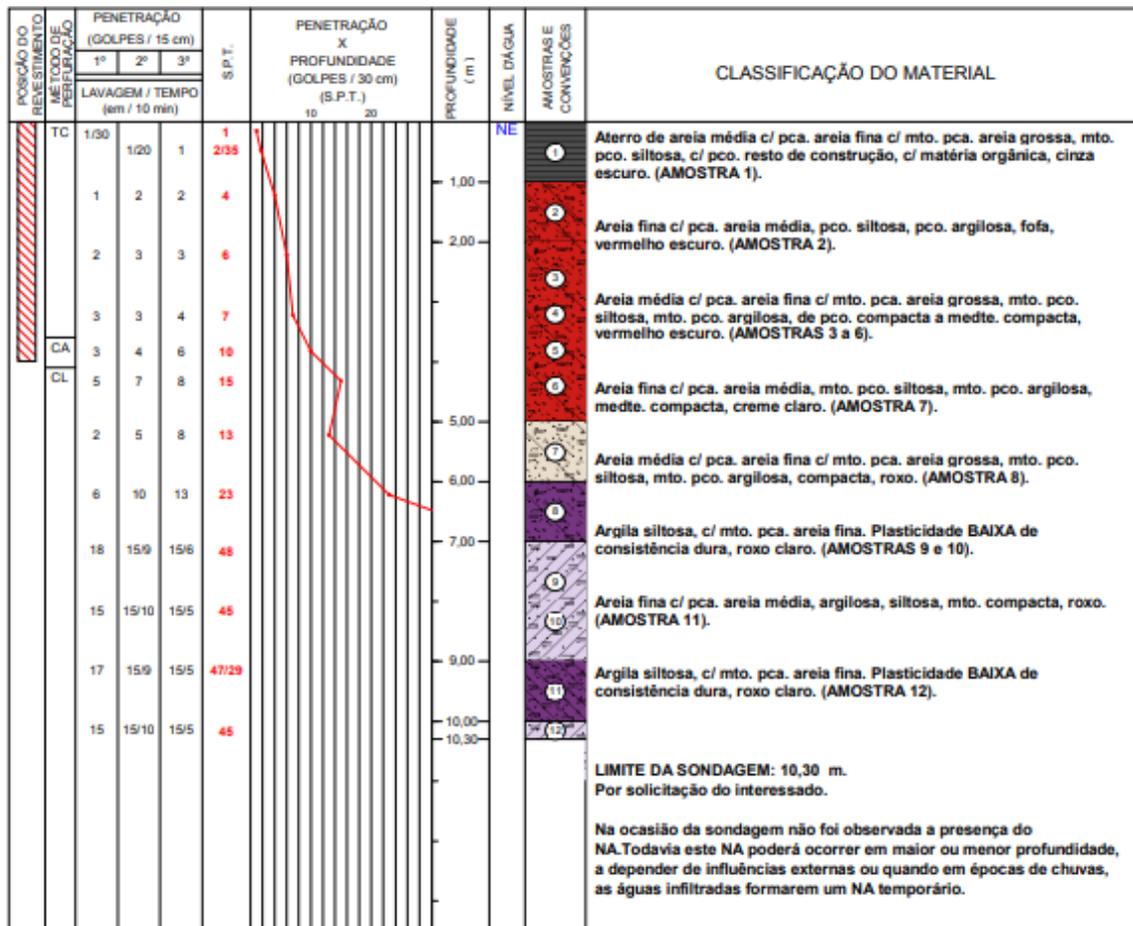
Essa abordagem sistemática e abrangente permitiu uma compreensão mais aprofundada das características geotécnicas dos solos nessas áreas específicas do Alto da Telha, visando o melhor entendimento dos riscos associados a deslizamentos de encostas.

Figura 5 - Localização dos furos de Sondagem



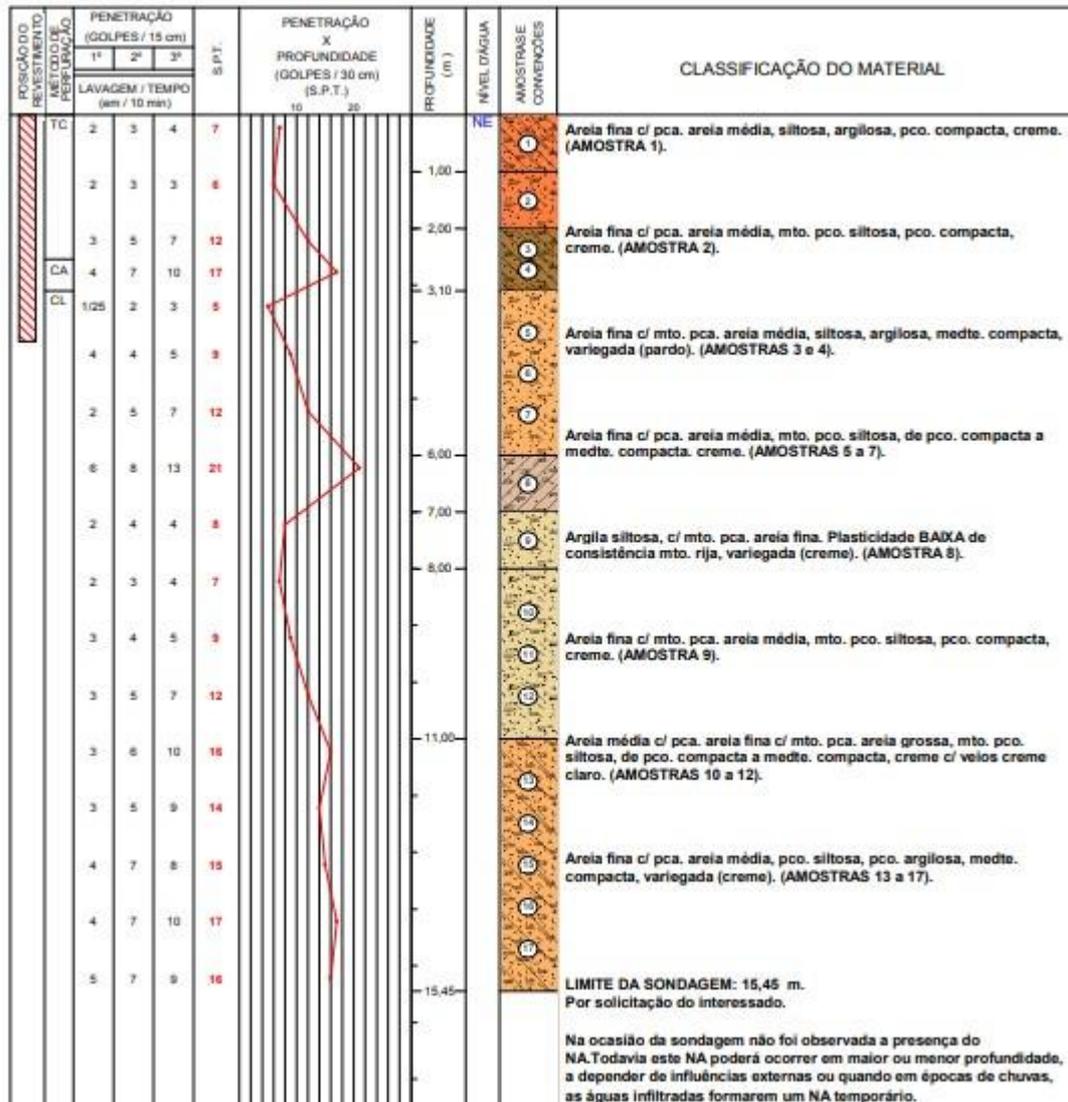
Fonte: Projeto “Morro de Vontade”(2023)

Figura 6- Resultado da sondagem no furo A1



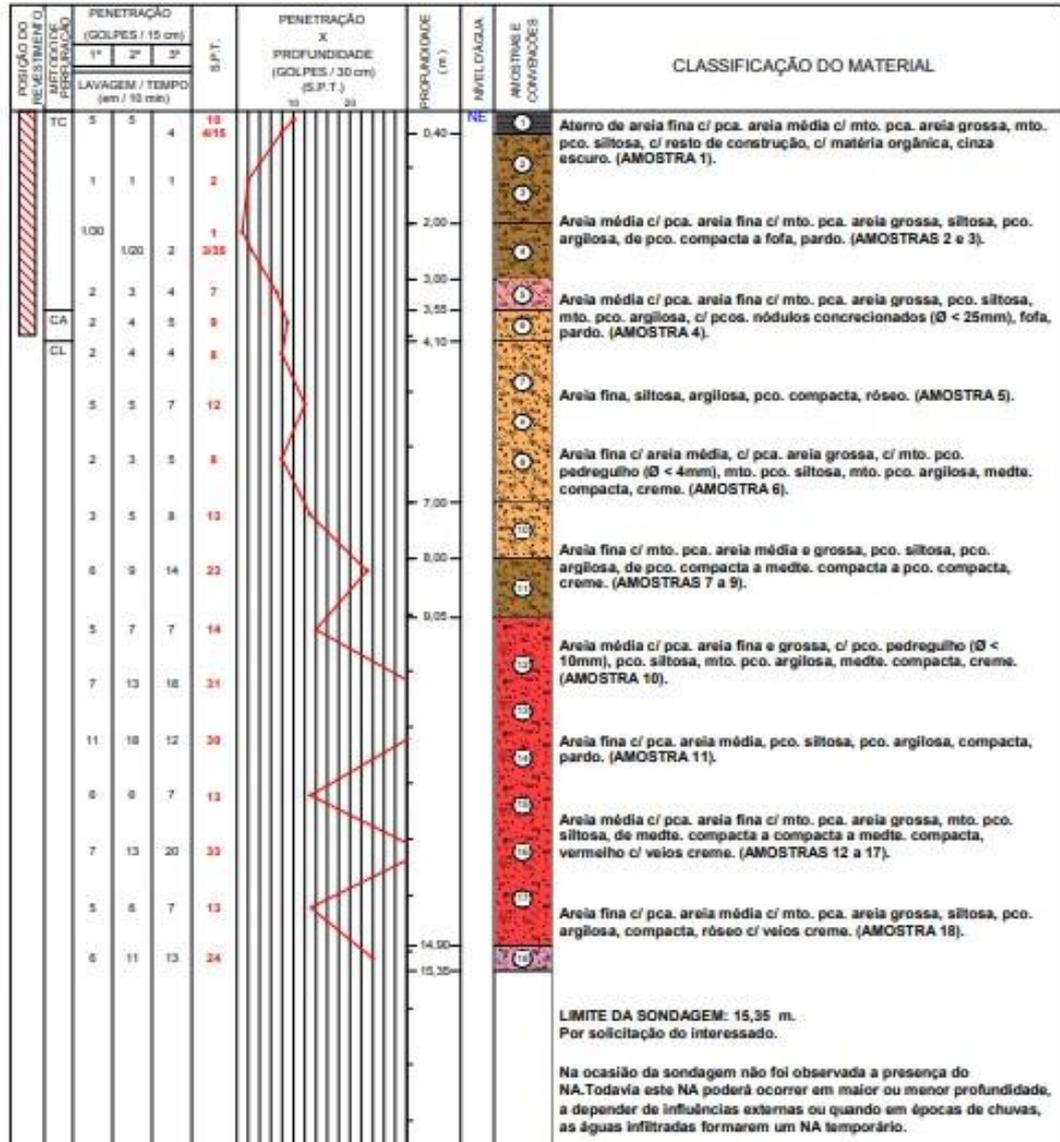
Fonte: ENSOLO (2023)

Figura 7- Resultado da Sondagem no furo A2



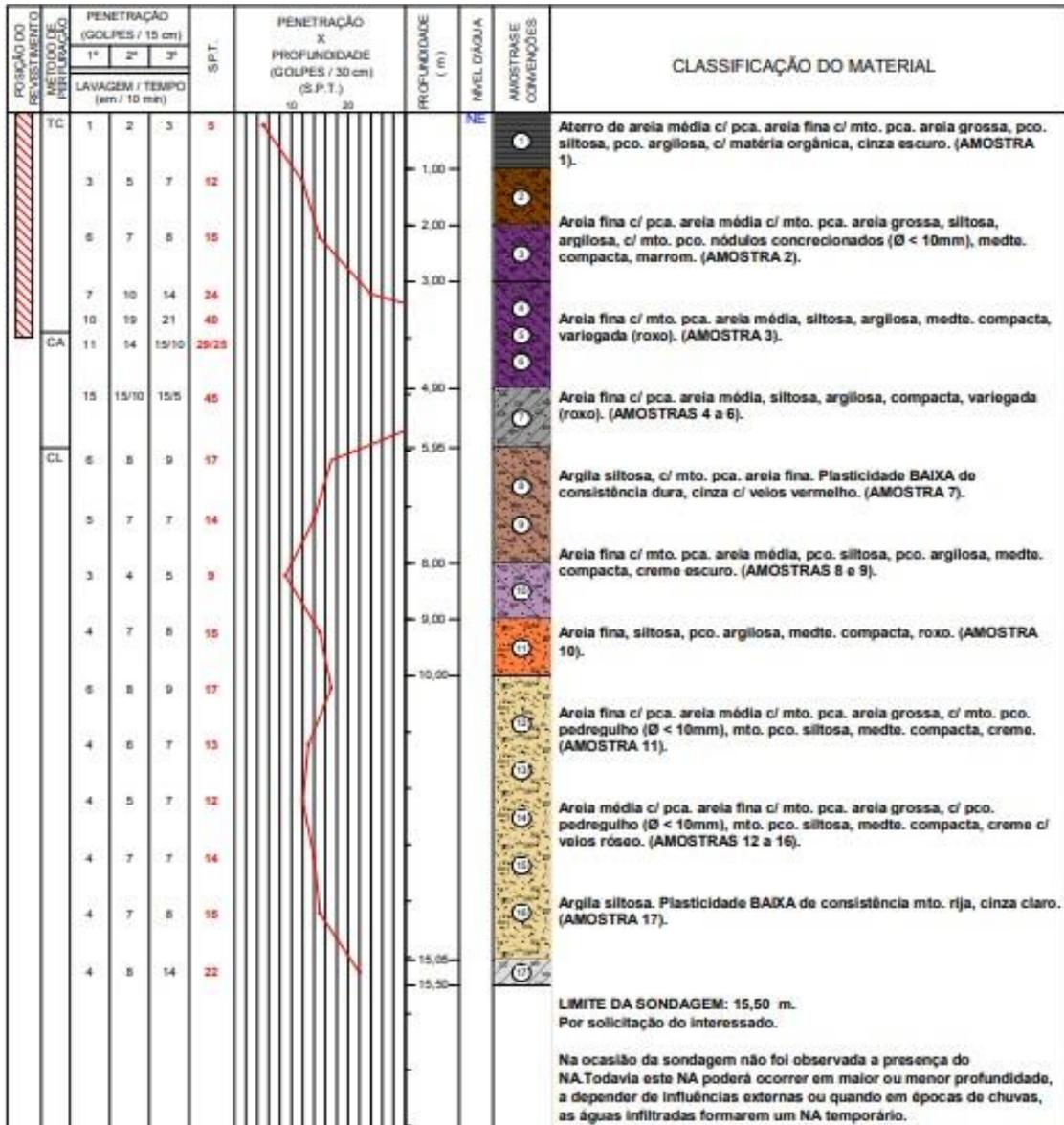
Fonte: ENSOLO(2023)

Figura 8- Resultado da Sondagem no furo A3



Fonte: ENSOLO(2023)

Figura 9- Resultado da Sondagem no furo B1



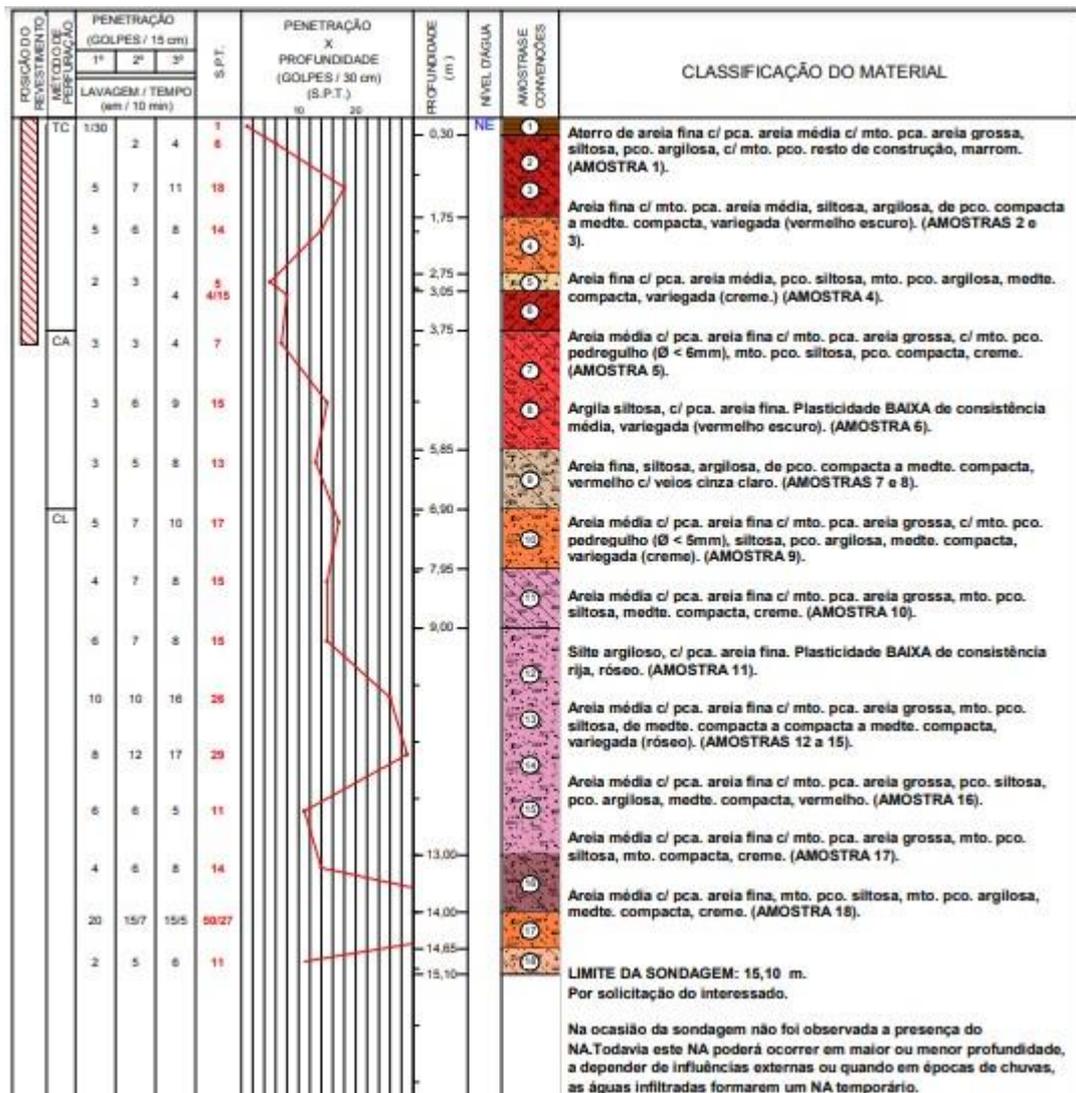
Fonte: ENSOLO (2023)

Figura 10- Resultado da Sondagem no furo B2

POSIÇÃO DO REVESTIMENTO	MÉTODO DE PERFORAÇÃO	PENETRAÇÃO (GOLPES / 15 cm)				S.P.T.	PENETRAÇÃO X PROFUNDIDADE (GOLPES / 30 cm) (S.P.T.)	PROFUNDIDADE (m)	NÍVEL D'ÁGUA	AMOSTRAS E CONDIÇÕES	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
		1ª	2ª	3ª							
		LAVAGEM / TEMPO (cm / 10 min)									
	TC	5	6	7	13				1	Areia fina c/ pca. areia média c/ mto. pca. areia grossa, pco. siltosa, pco. argilosa, medte. compacta, creme. (AMOSTRA 1).	
		5	7	11	18			1,00	2	Argila siltosa, c/ mto. pca. areia fina. Plasticidade BAIXA de consistência rija, vermelho. (AMOSTRA 2).	
		4	5	7	12			2,00	3	Areia fina c/ mto. pca. areia média, siltosa, argilosa, de medte. compacta a compacta a medte. compacta, vermelho c/ velos creme. (AMOSTRAS 3 a 5).	
	CA	5	8	12	20			2,50	4		
		4	4	6	10			3,00	5		
		CL	4	4	6	10			4,20	6	Areia média c/ pca. areia fina, mto. pco. siltosa, de medte. compacta a compacta, creme. (Amostra 7 c/ mto. pco. pedregulho (Ø < 10mm).) (AMOSTRAS 6 a 9).
			2	4	7	11			4,50	7	Areia média c/ pca. areia fina c/ mto. pca. areia grossa, mto. pco. siltosa, medte. compacta, creme c/ velos cinza claro. (AMOSTRA 10).
			5	6	7	13			5,00	8	
			5	7	7	14			5,50	9	
			5	8	11	18			6,25	10	Areia fina c/ pca. areia média c/ mto. pca. areia grossa, pco. siltosa, mto. pco. argilosa, medte. compacta, creme c/ velos vermelho. (AMOSTRA 11).
			4	6	7	10	7/15		6,50	11	Areia fina, siltosa, argilosa, medte. compacta, vermelho c/ velos cinza claro. (AMOSTRA 12).
			3	5	7	12			7,00	12	
			5	7	10	17			9,25	13	Areia fina c/ pca. areia média c/ mto. pca. areia grossa, c/ pco. pedregulho (Ø < 5mm), mto. pco. siltosa, mto. pco. argilosa, medte. compacta, róseo. (AMOSTRA 13).
			4	7	8	15			10,25	14	Areia fina c/ mto. pca. areia média, pco. siltosa, pco. argilosa, medte. compacta, róseo c/ velos creme. (AMOSTRAS 14 e 15).
			3	5	7	12			11,20	15	
			5	9	13	22			13,20	16	Silte argiloso, c/ pca. areia fina, c/ pca. matéria orgânica. Plasticidade BAIXA de consistência mto. rija, cinza a cinza escuro. (AMOSTRA 16).
			8	8	9	17			14,20	17	Areia média c/ pca. areia fina c/ mto. pca. areia grossa, c/ mto. pco. pedregulho (Ø < 10mm), mto. pco. siltosa, de medte. compacta a compacta, pardo. (AMOSTRAS 17 e 18).
			8	10	13	23			15,45	18	

Fonte: ENSOLO (2023)

Figura 11- Resultado da Sondagem no furo B3



Fonte: ENSOLO (2023)

De acordo com a classificação SUCS (Sistema Unificado de Classificação de Solos), as amostras de solo analisadas abrangeram uma variação entre SC, SM, CH e CL, representando areias argilosas, areias siltosas, argilas de alta compressibilidade e argilas de baixa compressibilidade, respectivamente. Essas constatações validam os resultados obtidos nos perfis geotécnicos, reforçando a confiabilidade dos dados. Ademais, por meio do NSP foi possível constatar a ausência do nível de água (NA) durante o período da sondagem, realizado em Março/2023. Todavia, o nível de água pode variar em profundidade, dependendo do período de chuva ou estiagem, sendo influenciado por fatores externos. Durante períodos de chuva, a água infiltrada no solo pode formar um NA temporário, que pode se mover de baixo para cima conforme a água acumulada nas camadas inferiores começa a saturar o solo. Alternativamente, em alguns casos, ocorre uma frente de umedecimento e saturação de cima

para baixo, onde a água da superfície infiltra-se gradualmente nas camadas mais profundas, elevando o NA.

Para a densidade real dos grãos, temos que esta variou entre 2,646 g/m<sup>3</sup> (areia argilosa) e 2,751 g/m<sup>3</sup> (argila de alta compressibilidade). Ademais, na Tabela 1 é possível observar a classificação da SUCS, os resultados do ensaio de limite de liquidez e plasticidade, bem como a densidade real dos grãos de cada furo de sondagem, oferecendo uma visão detalhada e completa das propriedades geotécnicas dos solos em cada ponto de estudo.

Tabela 1 - Caracterização geotécnica da área em estudo

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

Fonte: Projeto “Morro de Vontade” (2023)

## 2.4 Fatores condicionantes que influenciam no movimento de massas

O movimento gravitacional de massa, sob a perspectiva geotécnica, representa uma manifestação ímpar da interação dinâmica entre o substrato terrestre e as forças gravitacionais. Tal fenômeno, como apontado por Varnes (1978), pode assumir distintas configurações, incluindo deslocamentos laterais, quedas abruptas e fluxos contínuos. Esta complexa dinâmica é suscitada por uma combinação de fatores atrelado a presença de agentes exógenos ou endógenos, como a topografia do relevo, as características litológicas do solo, além de variáveis hidrogeológicas e climáticas.

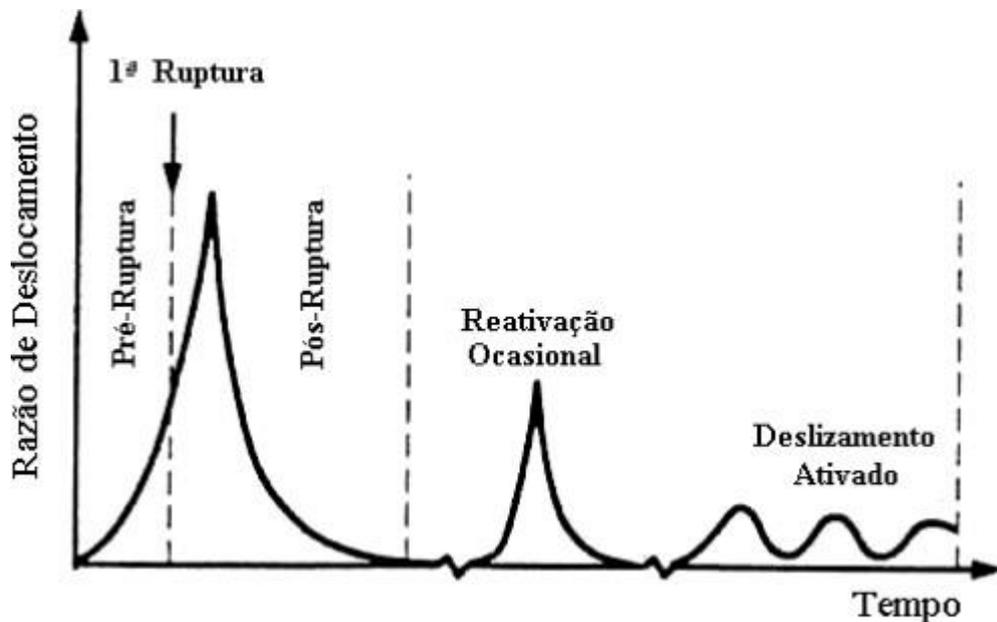
A inclinação do terreno, segundo Terzaghi (1950), desempenha um papel preponderante na suscitação desses movimentos, atuando como condicionante de potenciais instabilidades. Em terrenos íngremes, a sobrecarga gravitacional pode superar a resistência interna do solo, acarretando na diminuição no fator de segurança (F.S.) de uma dada massa de solo, sedimentos ou rochas, pertencente a um talude natural ou artificial, desencadeando um movimento gravitacional.

O movimento de massa, seja ele lento ou veloz, pode ser influenciado pelas particularidades da encosta. Embora causas naturais possam desencadeá-lo, é importante ressaltar que a maioria dos casos está ligada à interferência de atividades humanas.

De acordo com Leroueil et. al. (1996), “esses movimentos de massas podem ser analisados quanto a sua evolução, essa evolução é dividida em 4 estágio, conforme exposto na Figura 12, sendo eles:

- **Estágio de pré-ruptura:** Esse estágio inclui todos os processos de deformação que podem ocasionar a ruptura.
- **Estágio de ruptura:** Nessa fase é possível observar a formação de uma superfície contínua de cisalhamento na massa de solo, sendo considerado o estágio mais significativo na história do movimento de massa.
- **Estágio de pós-ruptura:** É observado um aumento da razão de deslocamento e uma diminuição gradual na velocidade. Durante esse estágio é possível observar a participação da massa de solo ou rocha, desde a ruptura até o término da movimentação.
- **Estágio de reativação:** Nessa ocasião a massa de solo desliza ao longo de uma superfície preferencial de ruptura pré-existente. ”

Figura 12- Estágio dos movimentos de massas



Fonte: Leroueil et. al. (1996)

O aumento da incidência de desastres naturais em escala global é um fenômeno complexo, influenciado por diversos fatores interligados. Entre os principais determinantes, destacam-se: o crescimento demográfico desenfreado, especialmente em áreas urbanas, resulta em uma maior concentração de pessoas em locais vulneráveis; a segregação socioespacial, evidenciada pelo aumento de favelas, levando à ocupação de áreas de risco, expondo comunidades economicamente vulneráveis a um maior risco de desastres; as alterações nos padrões climáticos têm um impacto direto no aumento da frequência e intensidade de desastres naturais; a ausência de infraestrutura resiliente e planejamento urbano inadequado torna as áreas urbanas mais suscetíveis a desastres. Falhas em sistemas de drenagem, falta de refúgios seguros e construções precárias são exemplos disso; a falta de conscientização e educação sobre medidas preventivas e planos de emergência contribui para a vulnerabilidade das residências diante dos desastres naturais.

Os deslocamentos de solo associados à Formação Barreiras na Região Metropolitana do Recife (RMR) estão, em sua essência, ligados à ocupação humana desordenada, tal ocupação amplia consideravelmente a probabilidade de eventos erosivos e deslizamentos de terra. Os principais impulsionadores dos movimentos de massa na Formação Barreiras, particularmente em encostas da RMR, podem ser categorizados em fatores de origem antrópica e fatores naturais.

Tabela 2- Principais fatores de causa de movimentos de massa em encostas da Formação Barreiras –RMR

Antrópicos	Cortes na encosta
	Aumento de carga no topo
	Vazamento de tubulações
	Infiltração de águas servidas
	Retirada da vegetação superficial
	Colocação de grandes árvores
Naturais	Geologia da área (heterogeneidade, contraste de permeabilidade / resistência, contato de diferentes depósitos, etc.)
	Infiltração devido às chuvas

Fonte: Coutinho e Severo (2009)

A classificação dos movimentos de massa delineada por Varnes (1978) é amplamente adotada em escala global, devido à sua consideração dos materiais envolvidos (rochas, solos e detritos), e o tipo de movimentação executado (quedas, tombamentos, escorregamento, espalhamentos, corridas/escoamentos) (Cruden e Varnes, 1996).

Segundo Bandeira (2010), na RMR “os principais tipos de processo de instabilização de encostas, que frequentemente ocorrem nas áreas de riscos, são: a erosão hídrica pluvial e o escorregamento planar”, como representado na Figura 13.

Quanto à erosão hídrica pluvial, esta representa um fenômeno que desencadeia a remoção progressiva de partículas do substrato terrestre, pautado na ação das águas pluviais sobre o solo. Segundo Lepsch (2002), a erosão hídrica é a remoção e transporte dos horizontes superiores do solo pela água da chuva. Começa com o splash das gotas da chuva sobre a superfície desprotegida ou recém-revolvida e continua com a formação de enxurradas que criam ravinas e voçorocas de várias dimensões. Esse processo ocorre em quase toda a superfície terrestre, mas é mais intenso em áreas tropicais, onde os índices pluviométricos são elevados e muitas vezes concentrados em determinadas épocas do ano. A topografia do terreno e a cobertura vegetal são fatores que influenciam a erosão hídrica: quanto mais íngreme a declividade, maior a velocidade de arraste dos sedimentos, e quanto menor a cobertura vegetal, mais desprotegido fica o solo, tornando-o mais suscetível à erosão.

Sob a ótica de Renard et al. (1997), a presença de cobertura vegetal se figura como um fator crucial na mitigação desse processo erosivo, promovendo a interceptação das gotas de chuva e a conseqüente redução do impacto direto sobre o solo. Não obstante, a ausência de uma cobertura vegetal eficaz propicia a erosão, culminando na formação de sulcos e ravinas.

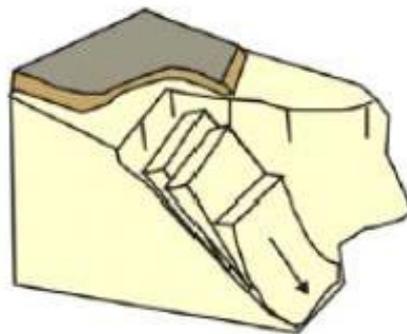
Aspectos climáticos, como a pluviosidade e a intensidade das chuvas, corroboram para a manifestação exacerbada da erosão hídrica pluvial, sendo que eventos pluviométricos mais

intensos podem significativamente aumentar o processo, principalmente em solos desprovidos de proteção vegetal e com menor coesão.

Os escorregamentos por sua vez, são fenômenos geodinâmico de notória importância na engenharia geotécnica, caracteriza-se pela movimentação de massa de solo ou rocha em encostas, taludes ou superfícies inclinadas, podendo ser classificado em diferentes tipos, destacando-se o escorregamento planar o qual se caracteriza por ocorrer ao longo de uma superfície de ruptura definida, muitas vezes coincidindo com camadas geológicas ou estratos de menor coesão, paralela ao talude.

Segundo Varnes (1978), o escorregamento planar é influenciado por fatores como a inclinação do terreno, a coesão do material envolvido e a pressão intersticial da água. A presença de camadas com características geotécnicas contrastantes é um elemento preponderante para a ocorrência deste tipo de escorregamento.

Figura 13- Forma de Escorregamento planar



Fonte: IPT

## 2.5 Histórico de deslizamentos das encostas do Recife

O histórico de deslizamentos na cidade do Recife é uma preocupação que atravessa décadas. Esta metrópole, situada em uma região com relevo acidentado e propenso a fortes chuvas, enfrenta desafios significativos relacionados à estabilidade de encostas e morros.

Ao longo dos anos, a cidade experimentou eventos de deslizamento, especialmente durante os períodos chuvosos, deixando comunidades vulneráveis em estado de alerta. A ocupação desordenada de áreas de risco geotécnico, muitas vezes sem a devida consideração das condições do terreno, tem contribuído para a recorrência desses incidentes.

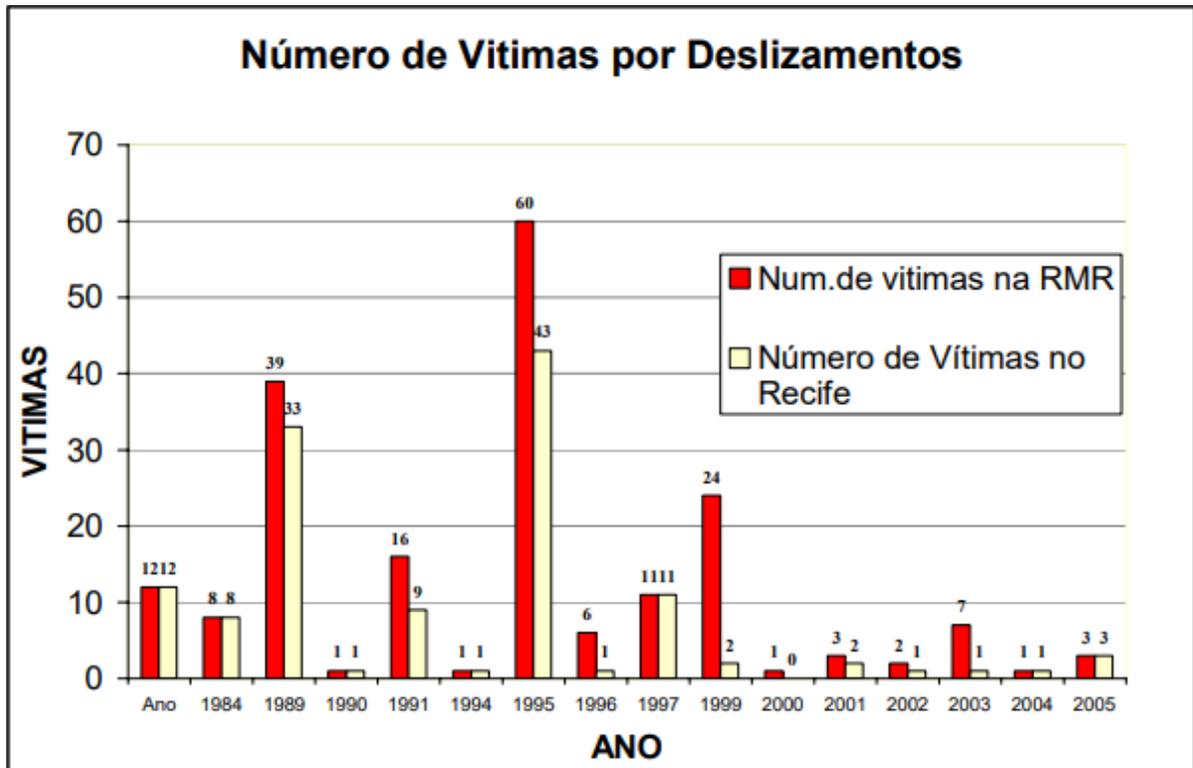
A problemática dos deslizamentos na Região Metropolitana do Recife (RMR) acabou ganhando contornos mais sérios a partir da década de 1980. Nesse período, a zona norte da cidade de Recife foi especialmente afetada, registrando dezenas de escorregamentos. Entre 1993 e 1996, foram alarmantes 757 ocorrências, resultando em uma média de aproximadamente 50 óbitos anuais (Gusmão, 1997).

A alta densidade populacional nas encostas, em alguns casos ultrapassando 400 habitantes por hectare, como observado na cidade do Recife, torna essas áreas particularmente propensas a deslizamentos. A falta de ordenamento urbano apropriado e a ocupação desordenada das encostas exacerbam ainda mais essa vulnerabilidade.

Além disso, fatores como a topografia acentuada, a presença de solos com baixa capacidade de suporte e a saturação do solo devido às chuvas, combinados com o impacto das atividades humanas, têm desempenhado um papel crucial nesses deslizamentos. O desmatamento, a impermeabilização do solo e a falta de infraestrutura de drenagem também contribuem para a vulnerabilidade das áreas propensas a deslizamentos.

Na Região Metropolitana do Recife, os fatores decorrentes da ocupação inadequada das encostas exercem papel determinante na ocorrência dos deslizamentos. Esses fatores são agravados pelas características naturais da região, como a composição geológica do solo, a inclinação das encostas e a topografia. Ademais, práticas como o acúmulo de resíduos sólidos, escavações inadequadas nos taludes e a ausência de um sistema de drenagem planejado destacam-se como as principais causas contribuintes para o surgimento de processos erosivos e movimentos de massa.

Figura 14- Número de vítimas por escorregamentos na RMR e no município do Recife



Fonte: Alheiros (2004) e notícias de jornais.

O número de recorrência de deslizamentos apresentado na Figura 14 evidencia uma preocupante realidade na zona norte do Recife. Tal frequência indica uma série de eventos que não podem ser ignorados, demandando uma análise profunda e urgente sobre as causas e impactos desses deslizamentos.

Diante desse cenário, é necessário a implementação de medidas imediatas e coordenadas. Isso envolve a adoção de políticas de ordenamento territorial, a promoção de práticas de ocupação responsável e a execução de intervenções geotécnicas, sendo uma maneira de se certificar a respeito da segurança das comunidades e a preservação do patrimônio histórico nessas áreas de risco. Programas de monitoramento e intervenções geotécnicas têm sido implementados ao longo dos anos para mitigar os riscos associados a deslizamentos. Isso inclui a instalação de sistemas de drenagem, contenções de encostas e a realocação de comunidades de áreas de alto risco.

## 2.6 Perigo e Risco

Os conceitos de perigo e risco estão intrinsecamente ligados às condições e processos naturais que podem levar a eventos adversos, onde buscam avaliar e gerir situações potencialmente prejudiciais ou danosas. Segundo Kobiyama et al. (2006), “os termos perigo e risco são frequente e erroneamente utilizados como sinônimos”.

O perigo refere-se à presença ou a possibilidade de ocorrência de fenômenos geológicos potencialmente prejudiciais, como deslizamentos de terra. Esses eventos representam uma ameaça à segurança e à integridade de pessoas, estruturas e comunidades. Por outro lado, o risco é a probabilidade de que um evento perigoso ocorra e venha a causar danos reais. Ele é determinado pela interação entre o perigo e a vulnerabilidade, ou seja, leva-se em conta a probabilidade de ocorrência do evento perigoso e a magnitude dos possíveis impactos. Nesse sentido, o risco é uma medida que reflete a exposição de um determinado elemento ou comunidade ao perigo. (UNDP, 2004)

Em resumo, enquanto o perigo se refere à própria condição potencialmente prejudicial, o risco está relacionado à probabilidade de ocorrência. Ao buscar compreender e gerenciar o risco geológico, é crucial analisar tanto o perigo, ou seja, a natureza e a intensidade dos eventos potencialmente prejudiciais, quanto a vulnerabilidade das áreas e das populações expostas a esses fenômenos. Uma vez que, as avaliações detalhadas dos tipos de perigos em uma determinada região são essenciais para a implementação de medidas de segurança e para a proteção das comunidades contra eventos geodinâmicos adversos.

## 2.7 Análise de Risco

A análise de risco é uma ferramenta essencial no campo da geotecnia e na gestão de áreas suscetíveis a desastres naturais, como deslizamentos de terra. Ela se refere ao processo de avaliar e quantificar a probabilidade de ocorrência de eventos adversos e os possíveis impactos resultantes de caráter social, econômico e ambiental.

Em virtude da complexa geologia da RMR, com a presença de solos de granulometria variada e formações rochosas distintas, como a Formação Barreiras, torna-se imperativo realizar uma avaliação detalhada da suscetibilidade dos solos a eventos geotécnicos adversos. Conforme salientado por Gusmão Filho (1998), compreender as propriedades e comportamento dos materiais geológicos constituintes das encostas é o alicerce para uma análise de risco precisa.

No contexto dos deslizamentos na RMR, a análise de risco envolve a consideração de

vários fatores. Estes podem incluir as características geotécnicas do solo, a topografia do terreno, o histórico de deslizamentos na área, as condições climáticas e pluviométricas, bem como a presença de atividades antrópicas que possam influenciar a estabilidade do terreno.

A ocupação inadequada das áreas de risco, caracterizada por intervenções urbanísticas sem planejamento, pode desencadear processos erosivos e movimentos de massa, como apontado por Marcelino et al. (2006). Outro ponto crítico é a drenagem, visto que a ausência de sistemas de drenagem eficazes pode levar à saturação do solo, agravando desta maneira os riscos. Neste contexto, as intervenções estruturadoras se tornaram de suma importância, conforme destacado por Marcelino (2006), ao abordar a importância de medidas de controle e tratamento das encostas.

De acordo com Alheiros (1998), a gestão de riscos compreende seis estágios fundamentais: análise de riscos, avaliação das alternativas (incluindo ações como realocação, entre outras), seleção da solução técnica e elaboração do projeto, diálogo com a comunidade sobre a solução proposta, execução da opção escolhida e, por fim, monitoramento da área após a implementação da solução selecionada.

Em resumo, a análise de risco desempenha um papel crucial na prevenção e gestão de deslizamentos de terra, contribuindo para a segurança das populações e a preservação do patrimônio urbano e ambiental. Ela se baseia em uma abordagem multidisciplinar que integra conhecimentos geotécnicos, climatológicos, topográficos e socioeconômicos para fornecer uma avaliação abrangente e embasada nos riscos associados ao deslizamento de terras.

## **2.8 Correlação dos índices pluviométricos e deslizamentos**

De acordo com o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), o índice pluviométrico representa a quantidade de chuva por metro quadrado em uma área específica e durante um período determinado. Esse índice é expresso em milímetros e é utilizado para medir a precipitação pluviométrica em uma determinada região, sua mensuração, dispõe-se de instrumentos especializados denominados pluviômetros.

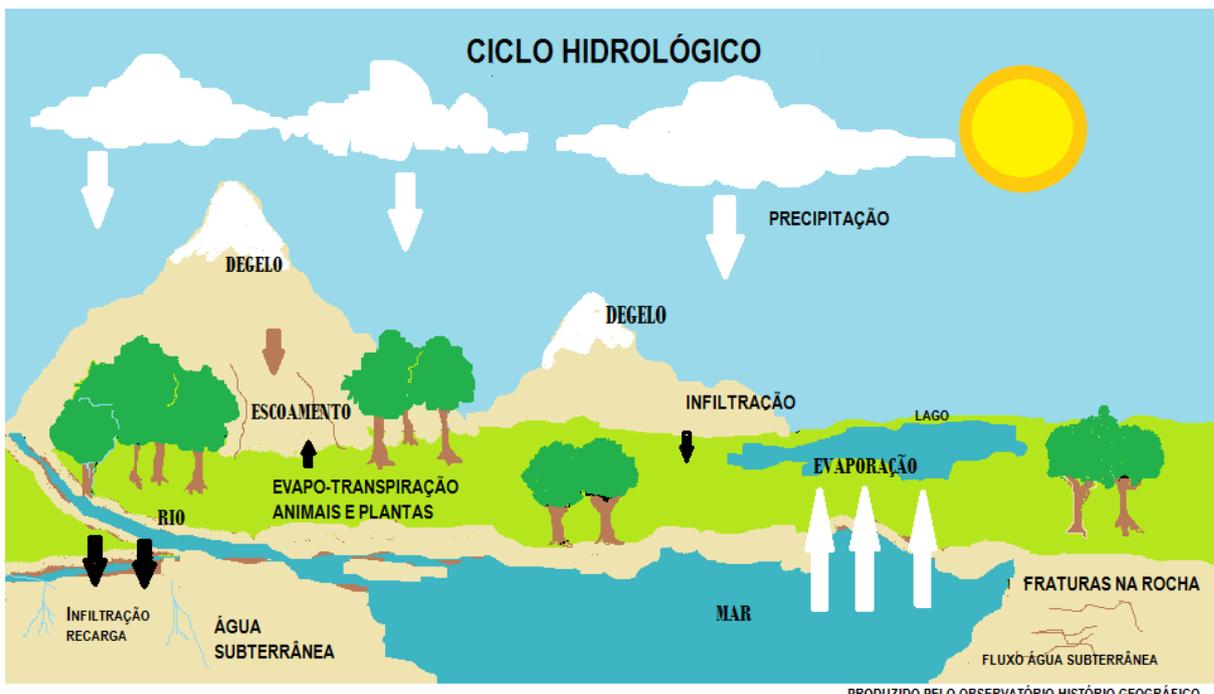
Este parâmetro climatológico assume uma relevância ímpar ao propiciar a compreensão e análise dos padrões pluviométricos em uma região. Tal compreensão é essencial, uma vez que exerce uma influência direta sobre o Balanço Hídrico do local, impactando significativamente na disponibilidade hídrica, bem como no comportamento hidráulico de rios e riachos, e até mesmo no desencadeamento de processos erosivos e

movimentos de massa em encostas.

A correlação entre a pluviometria e os deslizamentos de terra pode ser entendida por meio do funcionamento do ciclo hidrológico. Pruski et al. (1997) define que ao ocorrer a precipitação, a água resultante da mesma inicialmente infiltra-se no solo. Conforme a saturação do solo se aproxima, a água adentra o segundo estágio, caracterizado pelo escoamento superficial.

Neste contexto, em eventos de chuvas intensas e prolongadas, o solo alcançará sua saturação tornando-se mais suscetível a movimentos de massa. Uma vez que, a presença da água reduz a coesão entre as partículas do solo, aumentando a poro pressão e, conseqüentemente, diminuindo a tensão efetiva. Este cenário pode culminar na instabilidade do solo em encostas inclinadas.

Figura 15- Ciclo Hidrológico da água



Fonte: Observatório Histórico Geográfico (2016)

O conceito de tensão total e efetiva é fundamental para compreensão da mecânica dos solos e geotecnia, muito bem deduzida por Terzaghi. Ele afirma que, a relação entre tensão total e efetiva é expressa pela seguinte fórmula:

$$\sigma' = \sigma - u$$

Onde:

$\sigma'$  – Tensão efetiva,

$\sigma$  – Tensão total,

$u$  – Pressão intersticial da água.

Esta diferença entre as tensões total e efetiva é particularmente importante em solos saturados, onde a água nos vazios do solo exerce uma pressão que afeta a estabilidade e a resistência do solo.

Além disso, em áreas onde há presença de falhas geológicas ou superfícies de fraqueza, a água pode penetrar, atuando como um agente de lubrificação. Isso facilita os movimentos ao longo dessas superfícies, desencadeando deslizamentos de terra.

Por tanto, o monitoramento da pluviometria é indispensável na previsão e prevenção de deslizamentos de terra. A implementação de alertas precoces e estratégias de gestão de riscos baseadas em dados pluviométricos é crucial para resguardar regiões vulneráveis a esse tipo de fenômeno geodinâmico. O foco primordial ao monitorar as precipitações é a tentativa de antecipar a ocorrência de escorregamentos, visto que é um serviço de baixo custo e econômico, controlar o parâmetro chuva quando comparado com a realização de medições do nível de água e a saturação do solo nas encostas.

## **2.9 Metodologia para cálculo do Grau de Risco segundo Gusmão Filho**

A metodologia para análise de risco apresentada por Gusmão Filho et al., 1994 considerou os condicionantes naturais tipicamente associados à erosão e deslizamentos de encostas, tais como geologia, topografia, uso do solo e clima. Essas quatro categorias de risco desdobram-se em vários outros fatores secundários.

Para a geologia, foram levados em conta aspectos como estrutura litológica, textura e evidências de risco geológico. Na topografia, considerou-se a altitude da encosta, declividade, extensão, perfil e morfologia em planta. Em relação ao ambiente, foram avaliados fatores como vegetação, drenagem, tipos de cortes, densidade populacional e tratamento atual. O fator clima, devido à uniformidade na área estudada, foi considerado como um elemento a ser analisado em condições de inverno rigoroso, através do histórico de chuvas realizados pela a Apac.

Após a definição dos fatores de risco, critérios e suas respectivas notas foram estabelecidos para determinar o grau de risco, levando em conta a realidade física e os componentes antropogênicos, conforme apresentado na Tabela 3.

Todos os fatores de risco foram tratados com igual ponderação no cálculo dos graus de risco geológico, topográfico e ambiental, dada a significância similar de cada um no resultado final. O tratamento ambiental atual nas áreas foi considerado como um fator redutor de risco, e essa redução foi calculada de forma proporcional à nota atribuída ao tratamento.

Após a determinação do grau de risco para cada categoria, o grau de risco final foi calculado com base no conhecimento contextual. As encostas morfologicamente maduras são geralmente isentas de escorregamentos espontâneos, exceto quando há interferência humana. Nesse caso, os condicionantes ambientais com maior influência, em ordem de relevância, foram apontados para a média ponderada. Com base nas considerações encontradas em Recife, as encostas foram classificadas de acordo com as Tabela 3 a Tabela 6

Tabela 3- Critérios adotados nos Fatores Geológicos

FATORES	MUITO BAIXO (1)	BAIXO (2)	MEDIANO (3)	ALTO (4)	MUITO ALTO (5)
Litologia	Formação Gramame	Formação Cabo	Solo Residual	Formação Beberibe	Formação Barreiras
Estrutura	Homogênea	Mergulho Contrário ao Corte	Bandada Horizontal	Bandada Subvertical	Mergulho no Sentido do corte
Textura	Arenosa	Areno-Argilosa Homogênea	Argilo-Arenosa Homogênea	Topo Arenoso s/ Argila	Topo Argiloso s/ Areia
Evidências de Riscos	Sem Evidências	Ravinam. Superf.	Cicatrizes	Ravinam. Profundo	Fendas e Voçorocas

Fonte: Gusmão Filho et al.. (1994)

Tabela 4- Critérios adotados nos Fatores Topográficos

FATORES	MUITO BAIXO (1)	BAIXO (2)	MEDIANO (3)	ALTO (4)	MUITO ALTO (5)
Altura	<5	5-10	10-20	20-30	>30
Extensão(m)	<100	100-250	250-350	350-500	>500
Declividade(%)	<20	20-30	30-40	40-50	>50
Perfil	Côncavo	Retilíneo	Cônc-Conv.	Convexo	Convexo
Morfologia	Convexa	Retilínea	Conv.-Cônc	Côncava	Cabeceira Drenagem

Fonte: Gusmão Filho et al.. (1994)

Tabela 5- Critérios adotados nos Fatores Ambientais

FATORES	MUITO BAIXO (1)	BAIXO (2)	MEDIANO (3)	ALTO (4)	MUITO ALTO (5)
Vegetação (%)	100	100 - 70	70 - 30	30 - 0	0
Drenagem	Natural	Parcial	Insuficiente	Tópica	Inexistente
Cortes	Pequeno Porte e Isolados	Dispersos em topos	Dispersos Próximo ao Pé	Patamares Desordenados	Grandes Portes
Dens. Pop. (hab/ha)	<100	100 - 200	200 - 300	300 - 500	>500
Tratamento	Suficiente	Parcial	Insuficiente	Tópica	Inexistente

Fonte: Gusmão Filho et al.. (1994)

Tabela 6- Classificação do Risco das Encostas

Grau de Risco Final	Classificação do Risco
<1,75	MUITO BAIXO (MB)
1,75-2,24	BAIXO (BA)
2,25-2,74	MEDIANO (MD)
2,75-3,24	ALTO (AL)
>3,24	MUITO ALTO (MA)

Fonte: Gusmão Filho et al.. (1994)

## 2.10 Análise de Vulnerabilidade

Conforme Alcántara-Ayala (2002), a incidência de catástrofes naturais não se restringe unicamente à vulnerabilidade desses fenômenos, mas decorre também de características geoambientais. Em geral, as nações em desenvolvimento são desproporcionalmente mais afetadas devido à precária infraestrutura, culminando em repercussões mais graves, sobretudo em termos de perdas humanas, quando comparadas às nações desenvolvidas, decorrente dos aspectos econômico-social-político-cultural.

Há uma variedade de conceitos e definições para o termo "vulnerabilidade", conforme a perspectiva das diferentes áreas do conhecimento. De maneira geral, vulnerabilidade é a "qualidade de ser vulnerável", ou seja, refere-se ao ponto fraco de um determinado assunto ou questão; o aspecto pelo qual alguém pode ser atacado, ferido ou prejudicado, tanto fisicamente quanto moralmente. Portanto, vulnerabilidade implica risco, fragilidade ou possibilidade de dano.

Segundo Moser (1998), a noção de vulnerabilidade geralmente é definida como uma situação em que estão presentes três elementos (ou componentes): exposição ao risco; incapacidade de reação; e dificuldade de adaptação diante da materialização do risco.

Em termos simples, vulnerabilidade está associada à exposição a contingências e tensões, assim como às dificuldades de lidar com elas. Nesse sentido, pode ser uma condição que afeta indivíduos e grupos diante de eventos de diversas naturezas: ambientais, econômicas, fisiológicas, psicológicas, legais e sociais.

Esse estado de vulnerabilidade relacionada a encostas é caracterizado pela exposição a potenciais eventos de deslizamento de terra, os quais são precipitados por uma série de gatilhos, tais como a saturação do solo devido a eventos pluviométricos intensos, alterações geodinâmicas induzidas por atividades antrópicas e processos naturais devido à própria morfologia do talude.

Ademais, fatores como a declividade da encosta, cobertura vegetal, e padrões de uso do solo, influenciam significativamente a vulnerabilidade dessas áreas a movimentos gravitacionais de massa, tornando-as potencialmente expostas a eventos de deslizamento de variadas magnitudes e consequências.

De acordo com Silva (2016), a vulnerabilidade envolve uma variedade de processos e condições que surgem de diferentes fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais. A vulnerabilidade física se refere à capacidade das estruturas de suportar impactos e desastres. A ambiental está relacionada à sensibilidade do meio ambiente às mudanças e aos eventos

adversos. A econômica envolve a capacidade financeira das comunidades e indivíduos de responder e se recuperar de crises. Por fim, a vulnerabilidade social diz respeito à capacidade das pessoas e grupos de enfrentar adversidades com base em suas condições sociais, como educação, saúde e acesso a recursos.

Por fim, a vulnerabilidade socioambiental combina aspectos sociais e ambientais, evidenciando como a degradação ambiental e as fragilidades sociais se inter-relacionam. No caso dos deslizamentos de encostas, a degradação ambiental, como o desmatamento e a urbanização desordenada, agrava as condições de risco para populações socialmente vulneráveis. Essas comunidades, muitas vezes marginalizadas e com poucos recursos, estão mais expostas aos perigos e têm menos capacidade de se adaptar ou se recuperar dos desastres.

Portanto, ao abordar a vulnerabilidade de encostas, é crucial considerar os fatores econômicos. Pois, eles afetam diretamente a capacidade das comunidades de responder e se recuperar dos desastres. Dotado de várias facetas, sendo capaz de afetar tanto as condições sociais quanto os padrões de desenvolvimento econômico, influenciando na exposição da comunidade ao deslizamento. Comunidades com estruturas socioeconômicas frágeis, como baixos níveis de renda, empregos precários, infraestrutura deficiente e práticas inadequadas de uso do solo e urbanização desordenada, estão mais expostas a desastres naturais. Isso ocorre porque essas comunidades frequentemente vivem em áreas de maior risco devido aos custos mais baixos e têm menos recursos para investir em medidas de prevenção e recuperação.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho busca de maneira objetiva conduzir um mapeamento de risco e vulnerabilidade nas encostas da região em estudo, fundamentada na aplicação da metodologia de Gusmão Filho et al. 1994 e uma análise estatística dos dados, onde consistiu-se em inicialmente, a obtenção de dados por meio de questionários sócio-geotécnicos, visando à caracterização das condições tanto naturais quanto antrópicas.

Ao todo, foram diligenciadas 114 residências situadas no Alto da Telha, no bairro de Passarinho, abrangendo uma área de aproximadamente 900.000 m<sup>2</sup>. Neste contexto, a metodologia proposta por Gusmão Filho et al., em 1994, foi implementada em 15 encostas. A coleta de dados transcorreu por intermédio de visitas, interlocuções com os moradores locais e registros fotográficos, estrategicamente georreferenciados no aplicativo Avenza Maps, por intermédio da equipe do “Projeto Morro de Vontade”, sendo este um Projeto de Pesquisa da Facepe. Segue abaixo Figura 16 e Figura 17, com o modelo da ficha de campo que foi aplicada para realização do questionário no Alto da Telha.

Figura 16- Modelo de Ficha de Campo, página 01

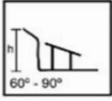
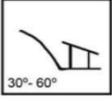
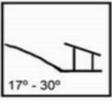
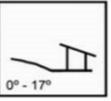
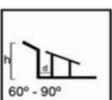
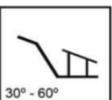
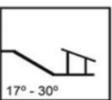
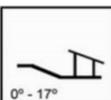
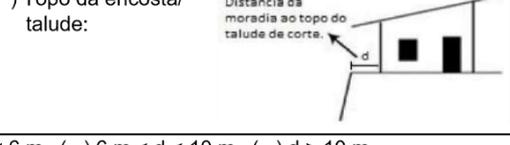
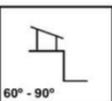
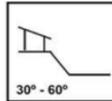
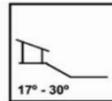
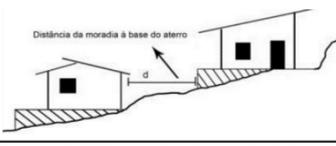
CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA		
Presença de material rochoso: ( ) Sim ( ) Não	Tipos:	<input type="checkbox"/> Presença de rochas ou matações <input type="checkbox"/> Blocos soltos no talude <input type="checkbox"/> Paredão rochoso
Litologia :	<input type="checkbox"/> Calcário - Fm. Gramame -1 <input type="checkbox"/> Solo Residual - Embas. Cristalino -3 <input checked="" type="checkbox"/> Sedimentos - Fm. Barreiras - 5 <input type="checkbox"/> Conglomerado - Fm. Cabo -2 <input type="checkbox"/> Sedimentos - Fm. Beberibe - 4	
Estrutura:	<input type="checkbox"/> Homogênea - 1 <input type="checkbox"/> Bandada Horizontal - 3 <input type="checkbox"/> Mergulho no Sentido do Corte - 5 <input type="checkbox"/> Mergulho Contrário ao Corte - 2 <input type="checkbox"/> Bandada Subvertical - 4	
Textura:	<input type="checkbox"/> Arenosa - 1 <input type="checkbox"/> Argilo-arenosa Homogênea - 3 <input type="checkbox"/> Topo Argiloso s/ Areia - 5 <input type="checkbox"/> Areno-argilosa Homogênea - 2 <input type="checkbox"/> Topo Arenoso s/ Argila - 4	
Evidências de Risco:	<input type="checkbox"/> Sem evidências - 1 <input type="checkbox"/> Cicatrizes - 3 <input type="checkbox"/> Fendas, Voçorocas e/ou Barriga - 5 <input type="checkbox"/> Ravinamento Superficial - 2 <input type="checkbox"/> Ravinamento Profundo - 4	
<b>( ) Opção 1: Encosta Natural</b>		
Altura do talude: ( ) $h < 2\text{ m}$ ( ) $2\text{ m} < h < 4\text{ m}$ ( ) $4\text{ m} < h < 6\text{ m}$ ( ) $6\text{ m} < h < 10\text{ m}$ ( ) $h > 10\text{ m}$		
Inclinação do talude:		
 ( )  ( )  ( )  ( )		
Distância da moradia:		
<input type="checkbox"/> Base da encosta/ talude:  <input type="checkbox"/> Topo da encosta/ talude: 		
Distância: ( ) $d < 2\text{ m}$ ( ) $2\text{ m} < d < 4\text{ m}$ ( ) $4\text{ m} < d < 6\text{ m}$ ( ) $6\text{ m} < d < 10\text{ m}$ ( ) $d > 10\text{ m}$		
<b>( ) Opção 2: Encosta Alterada (talude de corte)</b>		
Altura do talude: ( ) $h < 2\text{ m}$ ( ) $2\text{ m} < h < 4\text{ m}$ ( ) $4\text{ m} < h < 6\text{ m}$ ( ) $6\text{ m} < h < 10\text{ m}$ ( ) $h > 10\text{ m}$		
Inclinação do talude:		
 ( )  ( )  ( )  ( )		
Distância da moradia:		
<input type="checkbox"/> Base da encosta/ talude:  <input type="checkbox"/> Topo da encosta/ talude: 		
Distância: ( ) $d < 2\text{ m}$ ( ) $2\text{ m} < d < 4\text{ m}$ ( ) $4\text{ m} < d < 6\text{ m}$ ( ) $6\text{ m} < d < 10\text{ m}$ ( ) $d > 10\text{ m}$		
Cortes		
<input type="checkbox"/> Pequeno Porte e Isolados <input type="checkbox"/> Dispersos Próximos ao Pé <input type="checkbox"/> Grande Porte <input type="checkbox"/> Dispersos em Topos <input type="checkbox"/> Patamares Desordenados		
<b>( ) Opção 3: Encosta Alterada (aterro)</b>		
Altura do talude: ( ) $h < 2\text{ m}$ ( ) $2\text{ m} < h < 4\text{ m}$ ( ) $4\text{ m} < h < 6\text{ m}$ ( ) $6\text{ m} < h < 10\text{ m}$ ( ) $h > 10\text{ m}$		
Inclinação do talude:		
 ( )  ( )  ( )  ( )		
Distância da moradia:		
<input type="checkbox"/> Base do aterro:  <input type="checkbox"/> Topo do aterro: 		
Distância: ( ) $d < 2\text{ m}$ ( ) $2\text{ m} < d < 4\text{ m}$ ( ) $4\text{ m} < d < 6\text{ m}$ ( ) $6\text{ m} < d < 10\text{ m}$ ( ) $d > 10\text{ m}$		

Figura 17- Modelo da Ficha de Campo, Página 02

MORADIA			
Idade do imóvel (anos)	<input type="checkbox"/> 1 a 5	Área construída do imóvel (m <sup>2</sup> )	<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
Nº 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 <sup>2</sup> )	<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 é 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		

Fonte: Projeto “Morro de Vontade” (2023)

O questionário utilizado neste estudo é uma versão aprimorada da metodologia desenvolvida por Gusmão Filho et al. em 1994. Essa adaptação, considerou as mudanças e avanços ocorridos durante estes 30 anos, permitindo uma aplicação mais precisa e relevante no contexto atual.

A metodologia de Gusmão Filho et al. de 1994 foi utilizada como fonte principal de informação devido à sua robustez e abrangência. Primeiramente, a metodologia foi construída sobre uma base teórica sólida, que continua válida. As premissas fundamentais sobre risco e análise de impacto permanecem pertinentes, mesmo diante das transformações tecnológicas e sociais que ocorreram ao longo dos anos.

Além disso, a validação empírica contínua da metodologia de Gusmão Filho et al. ao longo dos anos também reforça sua eficácia e confiabilidade. Diversos estudos e contextos utilizaram e confirmaram a utilidade da metodologia, garantindo que os dados coletados sejam relevantes e precisos. Essa validação contínua reforça a confiança na metodologia como uma ferramenta sólida para a análise de riscos.

A inovação introduzida por este trabalho foi a incorporação da vulnerabilidade socioambiental na metodologia original de Gusmão Filho et al. de 1994. Esta adaptação permitiu uma análise mais abrangente e integrada, considerando não apenas os aspectos

físicos e econômicos, mas também as interações entre fatores sociais e ambientais. Ao incluir a vulnerabilidade socioambiental, o estudo oferece uma visão mais holística e atualizada dos riscos, refletindo melhor as complexidades e interdependências das condições contemporâneas. Isso assegura que, embora a estrutura original seja mantida, o conteúdo é atualizado para abordar as necessidades e contextos atuais.

A persistência de problemas fundamentais, como desastres naturais e vulnerabilidades socioeconômicas, também contribui para a relevância contínua da metodologia. Esses problemas continuam sendo preocupações centrais, destacando a importância de uma ferramenta robusta e adaptável para sua análise.

Portanto, ao aprimorar o questionário original de 1994, foi possível manter a integridade e a profundidade da metodologia inicial, ao mesmo tempo em que se atualizou e adaptou para melhor refletir as condições e necessidades contemporâneas. Isso demonstra a durabilidade e a relevância contínua da abordagem de Gusmão Filho et al., tornando-a uma ferramenta valiosa para estudos atuais e futuros.

Posteriormente, mediante o discernimento e aprofundamento nos fatores de risco inerentes à região, de acordo com os dados levantados, aplicaram-se os pesos ponderados estabelecidos por Gusmão Filho et al. 1994 a cada variável analisada. Essa abordagem permitiu determinar o grau de risco geológico, ambiental e topográfico, bem como classificar o risco associado a cada encosta. Diferentemente do método que se vale de uma média ponderada do grau de risco, empregou-se uma média aritmética, visando a simplicidade no cálculo e a igualdade de importância atribuída a todas as variáveis, evitando assim a subjetividade na atribuição de pesos.

A identificação da vulnerabilidade em encostas é um processo complexo, desta maneira adotou-se os indicadores listados a seguir, para avaliar o comportamento da influência destes ao movimento de massa. Indicadores socioeconômicos, hidrológicos, relacionados à cobertura vegetal, presença de lixo, direcionamento e o escoamento da água de chuva proveniente dos telhados das residências, fornecem informações valiosas sobre a vulnerabilidade dessas áreas.

A renda e a desigualdade socioeconômica, de fato, configuram-se como marcadores fundamentais da resiliência comunitária ante os embates desencadeados pelos deslizamentos de terra. Comunidades de baixos recursos financeiros frequentemente se veem limitadas em seus investimentos em infraestrutura resiliente, em sistemas de alerta antecipado e em mecanismos de seguro. Além disso, a disparidade socioeconômica pode propiciar uma distribuição assimétrica tanto dos riscos quanto dos recursos governamentais disponíveis para

enfrentá-los. Aqueles que não possuem recursos suficientes são forçados a conviver com o risco, os acidentes e a miséria, tornando-se mais vulneráveis aos impactos negativos de tais desastres. Portanto, é crucial compreender como a renda e a desigualdade afetam a capacidade de uma comunidade enfrentar e se recuperar de eventos adversos.

Quanto ao indicador socioeconômico, realizou-se um levantamento de dados através do IBGE, possuindo assim estimativas da renda domiciliar média e outras medidas de distribuição de renda na cidade do Recife, sendo possível constatar se a região em estudo, no caso o bairro Passarinho, encontra-se abaixo da média na cidade do Recife e a nível nacional em termos de renda domiciliar. O processo de levantamento de dados deste indicador foi realizado comparando a renda média dos domicílios na área em estudo com a renda média municipal e com a renda média do país. Se os dados indicarem que a renda domiciliar média no bairro do Passarinho é inferior à média nacional, isso pode sugerir que a região enfrenta desafios socioeconômicos significativos, contribuindo com o aumento da vulnerabilidade na região.

Para o desenvolvimento do estudo, adotou-se também o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) como um indicador fundamental no aspecto socioeconômico. Esta ferramenta utiliza dados extraídos do Atlas do Desenvolvimento Humano (ADH) no Brasil, buscando fornecer uma compreensão abrangente das diferentes formas de exclusão e da vulnerabilidade social em todo o território nacional. Essa abordagem vai além da concepção tradicional de pobreza, que se limita à escassez de recursos monetários, conforme afirmado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

Os três subíndices que compõem o IVS - Infraestrutura Urbana, Capital Humano e Renda e Trabalho - refletem a complexidade das condições de vida das populações, abrangendo múltiplos aspectos socioeconômicos. O subíndice de Infraestrutura Urbana busca avaliar as condições de acesso a serviços essenciais, como saneamento básico e mobilidade urbana, reconhecendo o impacto significativo desses aspectos no bem-estar e na qualidade de vida dos residentes locais.

Por sua vez, o subíndice de Capital Humano examina as perspectivas futuras das pessoas, considerando sua saúde e acesso à educação. E, por fim, o subíndice de Renda e Trabalho engloba indicadores que vão além da simples insuficiência de renda, considerando também aspectos relacionados à insegurança financeira das famílias, como desemprego, emprego informal, dependência econômica de idosos e a presença de trabalho infantil.

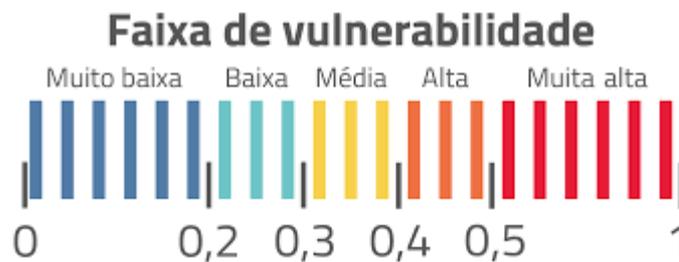
O IVS resulta da média aritmética desses subíndices, atribuindo igual peso a cada um no cálculo final. Portanto, quanto maior o IVS de uma determinada região, maior é sua vulnerabilidade social e, conseqüentemente, mais precárias são as condições de vida de sua população.

Cada indicador foi normalizado numa escala que varia entre 0 e 1. Nesta escala, 0 corresponde à situação ideal ou desejável, enquanto 1 corresponde à pior situação possível. A condição de absoluta ausência de vulnerabilidade equivale a 0% de casos indesejados.

O valor máximo de cada indicador, ou seja, a situação de máxima vulnerabilidade, foi estabelecido a partir da média encontrada para os subíndices municipais e cada um deles, com este valor sendo limitado em 1. Assim, foi considerada como situação ideal (ausência de vulnerabilidade social) a não ocorrência de casos em cada uma das dimensões. O valor máximo correspondeu, sempre, à pior situação encontrada a partir da padronização referida.

Todos os indicadores listados apresentam relação direta com situações de vulnerabilidade social: quanto maior o indicador, maior a vulnerabilidade social. A escala de classificação da vulnerabilidade social pode ser observada na Figura 18

Figura 18 - Faixas de classificação da vulnerabilidade social



Fonte: IPEA(2015)

A Hidrologia e a Precipitação, por sua vez, surgem como elementos catalisadores na engrenagem da vulnerabilidade das encostas aos deslizamentos de terra. Padrões pluviométricos intensos e prolongados são aptos a saturar o solo, potencializando, de forma expressiva, os riscos de escorregamentos. Adicionalmente, uma drenagem ineficiente, acaba acarretando em uma pressão hidrostática exacerbada no subsolo, fomentando assim a instabilidade.

A obtenção de dados de vulnerabilidade relacionados à hidrologia foi obtido através da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e da Defesa Civil do Recife, onde apresentaram papéis cruciais no levantamento realizado. A APAC é responsável por operar

uma extensa rede de estações meteorológicas e hidrológicas em todo o estado, que fornecem dados em tempo real sobre as condições climáticas e hidrológicas. Além disso, a agência realiza previsões meteorológicas e emite alertas de eventos extremos, como chuvas intensas e enchentes, que podem aumentar o risco de deslizamentos de terra em áreas de encosta.

Por sua vez, a Defesa Civil atua na coordenação e implementação de medidas de prevenção, preparação e resposta a desastres naturais em Pernambuco. Com base nos dados fornecidos pela APAC e em outras fontes de informação, a Defesa Civil realiza avaliações de risco e vulnerabilidade em áreas propensas a deslizamentos de terra, identificando comunidades em situação de maior perigo e coordenando ações para reduzir esses riscos.

A integração dos dados hidrológicos obtidos pela APAC com as atividades da Defesa Civil é essencial para uma abordagem eficaz na gestão de riscos de desastres em Pernambuco. Ao entender as condições hidrológicas locais e sua relação com os deslizamentos de terra, é possível implementar medidas de prevenção, alerta precoce e resposta rápida que ajudam a proteger as comunidades vulneráveis frente aos eventos naturais adversos.

A obtenção dos dados relacionados à vulnerabilidade hidrológica por meio da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) foi através dos Boletins Pluviométricos mensais que são fundamentais para entender e monitorar as condições hidrológicas locais e regionais. Esses dados são coletados continuamente e registrados pelos equipamentos das estações pluviométricas, sendo elas equipadas com instrumentos específicos para medir a quantidade de chuva que cai em uma determinada área durante um período de tempo específico. As informações coletadas incluem a quantidade de chuva em milímetros e o horário em que ocorreu. Com base nessas informações, a APAC é capaz de compilar e analisar os dados de chuva ao longo do tempo para criar um histórico detalhado das precipitações

Além disso, é importante ressaltar que, independentemente da intensidade, chuvas leves mas contínuas podem ser tão ou até mais perigosas que chuvas fortes, dependendo da estratificação da formação de barreiras. Isso está relacionado à coesão das camadas superiores ou sua granularidade, juntamente com outros fatores, o que pode influenciar significativamente o potencial de risco para desastres naturais. Portanto, é essencial estar atento não apenas à quantidade, mas também à persistência e às características específicas das chuvas ao avaliar os perigos potenciais.

Ao compilar e analisar esses dados ao longo do tempo, a APAC é capaz de criar um histórico de chuvas que fornece informações valiosas sobre os padrões climáticos,

sazonalidade e variabilidade das chuvas em diferentes regiões de Pernambuco. Esse histórico é essencial para entender as tendências climáticas de longo prazo, avaliar os riscos de eventos extremos e desenvolver estratégias de gestão de riscos para lidar com os impactos das chuvas na região.

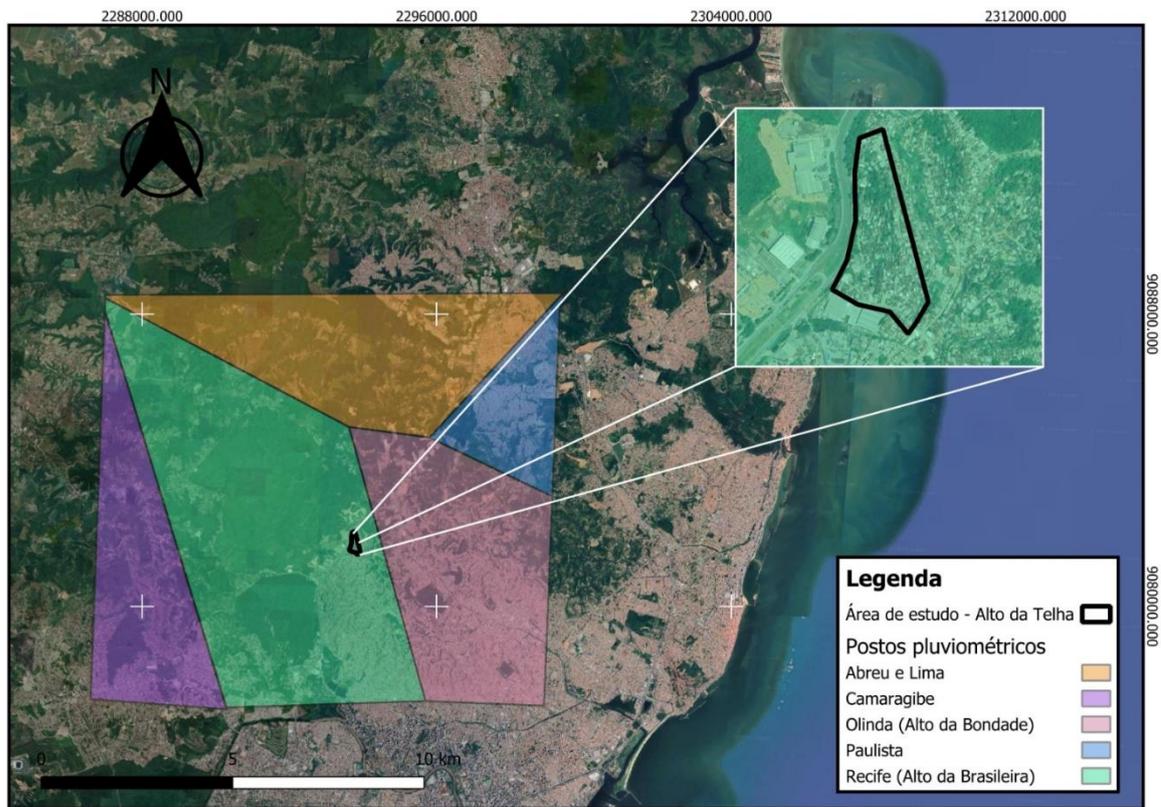
No caso em estudo, o levantamento destes índices pluviométricos aconteceu através do histórico de chuvas por meio da rede de estações pluviométricas da Apac, a escolha do posto de levantamento de dados pluviométricos buscou garantir a representatividade e a precisão das informações coletadas.

A escolha do posto pluviométrico é fundamental para garantir a qualidade e representatividade dos dados coletados, especialmente quando se pretende realizar análises detalhadas sobre o regime de precipitação em uma determinada área. Nesse contexto, a técnica do polígono de Thiessen é uma abordagem comumente utilizada para selecionar a estação pluviométrica mais adequada, portanto a seleção deste posto, se deve a o mesmo apresentar uma maior contribuição para a área de estudo.

A análise dos postos pluviométricos e de suas áreas de influência, conforme evidenciado na Figura 19, constatou que o posto pluviométrico localizado no Alto da Brasileira manifesta-se como o mais congruente em representar adequadamente nossa área de estudo, segundo o polígono de Thiessen, visando identificar a estação pluviométrica que melhor se aproxima das características e peculiaridades da região em foco. Nesse contexto, a distância entre a estação e as áreas de estudo desempenha um papel crucial, exercendo influência direta sobre a representatividade dos dados coletados e a capacidade de generalização para todo o território analisado.

Essa abordagem técnica se baseia na subdivisão da área de estudo em regiões poligonais, onde cada estação pluviométrica é associada a uma região específica, e a estação mais próxima de cada região é selecionada como sua representante. Dessa forma, busca-se assegurar uma distribuição espacial equitativa das estações e uma cobertura mais abrangente e representativa do território em análise. Essa metodologia é essencial para uma análise precisa e confiável dos padrões de precipitação na área de estudo, visando eleger a estação pluviométrica que melhor se aproximasse e representasse a área de interesse.

Figura 19 - Delimitação do Polígono de Thiessen: Representação Espacial da Distribuição Pluviométrica na Área de Estudo



Fonte: Autor (2024)

Conforme já mencionado, a estação pluviométrica escolhida foi a Recife (Alto da Brasileira), cujo código do posto é o 265. Esta estação está localizada no bairro Brejo da Guabiraba, um dos bairros circunvizinhos da área em estudo. A distância entre o local onde a estação pluviométrica está situada e a Rua Alto da Telha é inferior a 2 km, como pode ser observado na Figura 20. Essa proximidade geográfica reforça a adequação da estação escolhida para capturar as características do regime de precipitação na área de estudo, contribuindo para a confiabilidade e relevância dos dados coletados para as análises posteriores.

Figura 20- Distância entre a estação pluviométrica e área de estudo



Fonte: Autor (2024)

Para obter os dados utilizados neste estudo, foi realizado um levantamento junto à Defesa Civil do Recife, realizou-se o contato com a Defesa Civil municipal para solicitar acesso aos dados relevantes para a pesquisa em questão. Isso incluiu o envio de solicitações formais e o estabelecimento de comunicação direta com os responsáveis pelos registros e informações na instituição.

Em seguida identificou-se os tipos específicos de dados necessários para o estudo, levando em consideração os objetivos da pesquisa e as áreas de interesse relacionadas ao deslizamento de terra em encostas naturais que estavam sendo investigadas. Após a aprovação e autorização da Defesa Civil, foi concedido acesso aos registros e documentação pertinentes.

Portanto, os dados coletados nesta etapa foram gerados a partir das fontes disponibilizadas pela Defesa Civil e organizados conforme os chamados realizados, monitoramento e solução aplicada. Isso envolveu a compilação de informações em planilhas que posteriormente foram apropriados para análise, verificando assim a consistência dos registros.

Por meio desse processo de levantamento junto à Defesa Civil, foram obtidos os dados

essenciais para a realização deste estudo. Esses elementos solicitados incluíram o quantitativo de ocorrências reportadas e solicitações recebidas pelo órgão, juntamente com as intervenções adotadas em resposta a cada requisição realizada pela comunidade. Além disso, foi solicitado o número de residências que receberam intervenções de lonas como medida de proteção contra deslizamentos de terra, dentro de um intervalo de tempo, onde este varia do ano de 2000 ao ano de 2023.

O uso de lonas plásticas em encostas é, de fato, um indicador claro de vulnerabilidade socioambiental. Essa prática é frequentemente adotada por comunidades que carecem de recursos financeiros e acesso a soluções de engenharia mais permanentes e eficazes. A dependência de lonas reflete a precariedade econômica, onde os moradores não têm condições de financiar obras de contenção adequadas, como muros de arrimo, sistemas de drenagem e revegetação, que são essenciais para a estabilização duradoura de encostas. Além disso, a utilização de lonas aponta para a falta de suporte governamental e políticas públicas eficientes voltadas para a gestão de riscos e a prevenção de desastres em áreas vulneráveis.

Tecnicamente, as lonas plásticas são utilizadas como uma medida paliativa durante o período de chuvas para reduzir a infiltração de água no solo, um dos principais fatores que contribuem para deslizamentos. Ao cobrir a encosta, a lona atua como uma barreira impermeável, desviando o fluxo de água e prevenindo a saturação do solo. Essa solução temporária é implementada em situações emergenciais para evitar que o excesso de água aumente a instabilidade da encosta e desencadeie deslizamentos. No entanto, apesar de sua eficácia imediata, o uso de lonas não substitui a necessidade de intervenções estruturais permanentes, destacando ainda mais a vulnerabilidade das áreas onde são empregadas.

Entretanto, em alguns casos a colocação de lonas em encostas ocorre por insistência da população ou como uma medida para tranquilizá-la, independentemente de uma avaliação técnica adequada do risco. Muitas vezes, essas lonas são instaladas sem uma clara distinção entre a prevenção de um risco iminente e a resposta a uma ruptura já ocorrida, o que pode levar a uma falsa sensação de segurança e não resolve o problema estrutural subjacente da encosta.

Ademais, o que diz respeito ao indicador relacionado à presença de vegetação e a cobertura do solo desempenhando papéis relevantes na estabilidade das encostas, sendo um forte indicador para a prevenção quanto para o desencadeamento de deslizamentos de terra. Por um lado, a vegetação atua como um importante agente de estabilização, visto que quando

as raízes penetram no solo, elas criam um entrelaçamento radicular que atua como uma rede de reforço, aumentando a coesão e melhorando sua resistência ao cisalhamento. Esse entrelaçamento impede que partículas do solo se desloquem facilmente, o que ajuda a prevenir deslizamentos e erosões, especialmente em áreas inclinadas e suscetíveis a instabilidades. Além de ajudar na absorção da água da chuva, o que diminui a pressão hidrostática e contribui para a sustentação da encosta.

No entanto, a vegetação também apresenta aspectos negativos. O peso de árvores de grande porte pode sobrecarregar o solo, aumentando o risco de deslizamentos, especialmente naqueles já saturados. Além disso, o movimento do vento ao incidir sobre os troncos das árvores pode gerar momentos de força que desestabilizam o solo ao redor das raízes. Outro problema é o efeito cunha causado pelo crescimento das raízes, que podem penetrar em fendas e fraturas no solo ou em rochas, ampliando-as e contribuindo para a instabilidade estrutural da encosta.

Assim, neste presente trabalho ao realizar as visitas em campo com o levantamento do questionário das Figura 16 e Figura 17, também foram feitos registros fotográficos das encostas visando essencialmente considerar não apenas a presença da vegetação ali existente, mas também o tipo e a densidade das espécies presentes. Pois, desta maneira é possível avaliar a vulnerabilidade que cada moradia está sujeita a esse tipo de evento.

Na perspectiva metodológica, a análise da coleta de resíduos sólidos em uma determinada região emerge também como um indicador de vulnerabilidade socioambiental. A presença ou ausência de um eficiente serviço de coleta de lixo não é apenas um reflexo das infraestruturas municipais, mas também uma expressão tangível das disparidades socioeconômicas e do acesso desigual aos serviços básicos.

Ademais, a disposição imprópria de detritos nas encostas acentua ainda mais essa vulnerabilidade. O descarte inadequado de resíduos sólidos nas vertentes íngremes intensifica os perigos inerentes à topografia, criando um ambiente propício para deslizamentos catastróficos. O acúmulo de lixo desordenado obstrui a drenagem natural, compromete a estabilidade do solo e potencializa os efeitos de eventos climáticos extremos.

Dessa forma, ao investigar a coleta de lixo deve-se levar em consideração um intrincado tecido de relações sociais, econômicas e ambientais. Esta análise não revela apenas as fragilidades estruturais e sociais de uma comunidade, mas também aponta para a necessidade premente de políticas públicas integradas e ações de gestão ambiental.

A investigação acerca da orientação dos telhados e do fluxo das águas pluviais que emanam das residências emerge como um indicador de notável relevância no contexto da vulnerabilidade socioambiental. A disposição dos telhados dos lares dita o trajeto a ser percorrido pela água das chuvas, podendo esta se acumular em pontos específicos das encostas. Caso essa água não seja devidamente canalizada e afastada das encostas, ela pode infiltrar-se no solo, incrementando o peso e a saturação do terreno. Tal condição pode culminar no agravamento do risco de instabilidade do solo, conseqüentemente, aumentando a propensão a deslizamentos.

Adicionalmente, a quantidade de água proveniente das habitações também assume um papel fundamental. Residências dotadas de sistemas de captação de águas pluviais ou com áreas amplas de telhado em relação à extensão do lote podem gerar um volume substancial de água da chuva. Caso essa água não seja gerenciada de forma adequada, ela pode contribuir para a saturação do solo, incrementando o risco de movimentos de massa nas encostas.

Deste modo, a análise da orientação dos telhados e do percurso das águas pluviais provenientes das residências, torna-se possível identificar áreas mais suscetíveis a desafios de estabilidade nas encostas. Com isto, a integração metódica desses indicadores na análise de vulnerabilidade socioambiental em casas construídas nas encostas possibilita uma compreensão das ameaças associadas aos deslizamentos de terra e suas conseqüências, munindo, assim, as comunidades vulneráveis de estratégias de mitigação e adaptação robustas e eficientes.

#### 4 RESULTADOS E DISCURSÕES

A partir da proposta sugerida por Gusmão Filho et al, 1994, foram avaliados os fatores topográfico, geológico e ambiental. Através dos formulários aplicados, sendo gerado dessa maneira a Tabela 7 abaixo com valor do risco da rua Alto da telha e suas circunvizinhas. Essa avaliação foi baseada em dados obtidos por meio de questionários aplicados no Bairro do Passarinho, Zona Norte do Recife, e complementada com informações da Defesa Civil local, mapas, fotos aéreas e análises de campo.

Tabela 7- Grau de Risco das Encostas do Alto da Telha

Encosta	Endereço	Fator Geológico	Fator Topográfico	Fator Ambiental	Análise de Risco	
					Risco	Classificação
1	Rua Brumal	2,75	3,4	2,8	2,98	Alto
2	Rua Beta	2,75	3,6	3	3,12	Alto
3	Córrego da Telha 1º Trecho	3	1,8	1,8	2,2	Baixo
4	Córrego da Telha 2º Trecho	3	3,3	2	2,77	Alto
5	Córrego da Telha 3º Trecho	3	2,4	2	2,47	Médio
6	Alto da Telha	3	2,5	2,8	2,77	Alto
7	Rua Ururai	3	3	2,6	2,87	Alto
8	Rua Parau	3	3,4	2,8	3,07	Alto
9	Rua Peritiba	3	3,4	2,8	3,07	Alto
10	Rua Maria da Fé	3	3,2	2,8	3	Alto
11	Rua Antônio Antão de Carvalho Reis 1º Trecho	3	3,2	3	3,07	Alto
12	Rua Antônio Antão de Carvalho Reis 2º Trecho	3	3	3	3	Alto
13	Rua Jornalista Valdete Agra	3	2,8	3	2,93	Alto
14	Rua Carlos Venido Pires	3	1,6	2,2	2,27	Médio
15	Rua Pedro Barbosa da Costa	3	1,6	2,2	2,27	Médio

Fonte: Autor (2024)

Para o fator topográfico, nota-se que as Encostas 14 e 15 exibem um grau de risco muito baixo, enquanto a Encosta 3 demonstra um risco baixo. Já as Encostas 5 e 6 apresentam um risco topográfico de nível médio, e as demais encostas variam entre graus de risco alto e muito alto. Este nível de risco está diretamente relacionado à altura, declividade e perfil da encosta, seguido pela contribuição dos atributos extensão e morfologia.

No que se refere ao fator geológico, a Encosta 1 (Rua Brumal) e a Encosta 2 (Rua Beta) evidenciam um grau de risco alto. Entretanto, as demais encostas obtiveram graus de risco classificados como muito alto. O risco elevado é resultado da litologia presente na Formação Barreiras, sendo o principal contribuinte para o nível de risco alcançado, seguido pelos atributos de evidências de movimento, textura e estrutura.

Quanto ao fator ambiental, observou-se que as Encostas 3, 4, 5, 14 e 15 apresentam um grau de risco baixo. A Encosta 7, por sua vez, indicou um risco médio, enquanto nas demais encostas os graus de risco foram considerados altos.

Os graus de risco para os fatores topográfico, geológico e ambiental das encostas encontram-se na Tabela 7, assim como o grau de risco final. As encostas variam entre baixo, médio e alto, representando 6,7%, 20% e 73,3% da área estudada, respectivamente.

O levantamento dos indicadores da vulnerabilidade revelou resultados representativos que destacam a complexidade desse processo, os indicadores socioeconômicos, hidrológicos, relacionados à cobertura vegetal e à presença de lixo, o levantamento das informações e sua análise foram essenciais na avaliação da vulnerabilidade em cada moradia, conforme evidenciado na Figura 21- Região de estudo com a indicação das residências consultadas - Bairro Passarinho., ao todo foram consultado 114 residências.

Figura 21- Região de estudo com a indicação das residências consultadas - Bairro Passarinho.

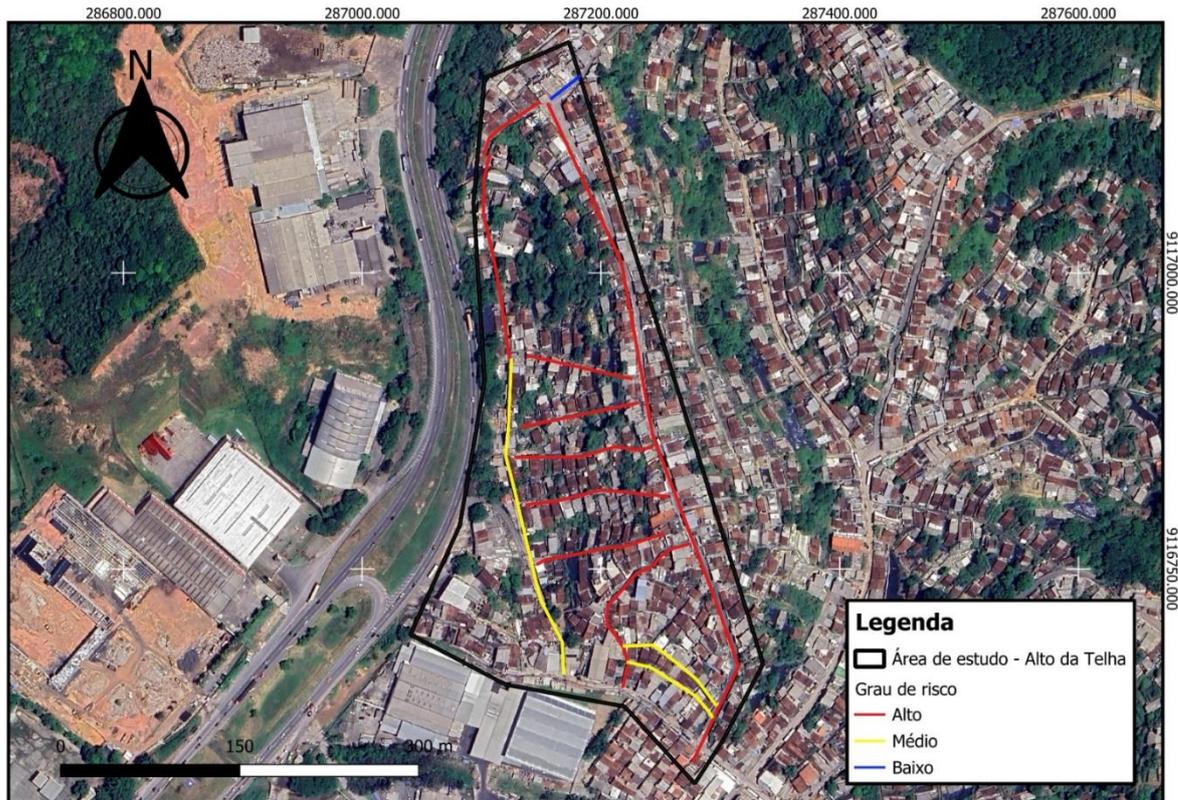


Fonte: Autor (2024)

Ao sobrepor um mapa da região estudada com os levantamentos realizados e a classificação de risco obtida, é possível observar de maneira clara e objetiva as áreas de maior vulnerabilidade e potencial risco, permitindo uma visualização integrada e detalhada, facilitando a análise e a compreensão das dinâmicas espaciais envolvidas.

Na Figura 22, essa sobreposição está representada de forma detalhada. O mapa base ilustra a região de estudo, onde foram adicionadas a classificação de risco obtida, representada por diferentes cores as zonas com diferentes níveis de risco, desde áreas de baixo risco até áreas de alto risco. Essa visualização permite identificar rapidamente as áreas que demandam maior atenção e intervenção.

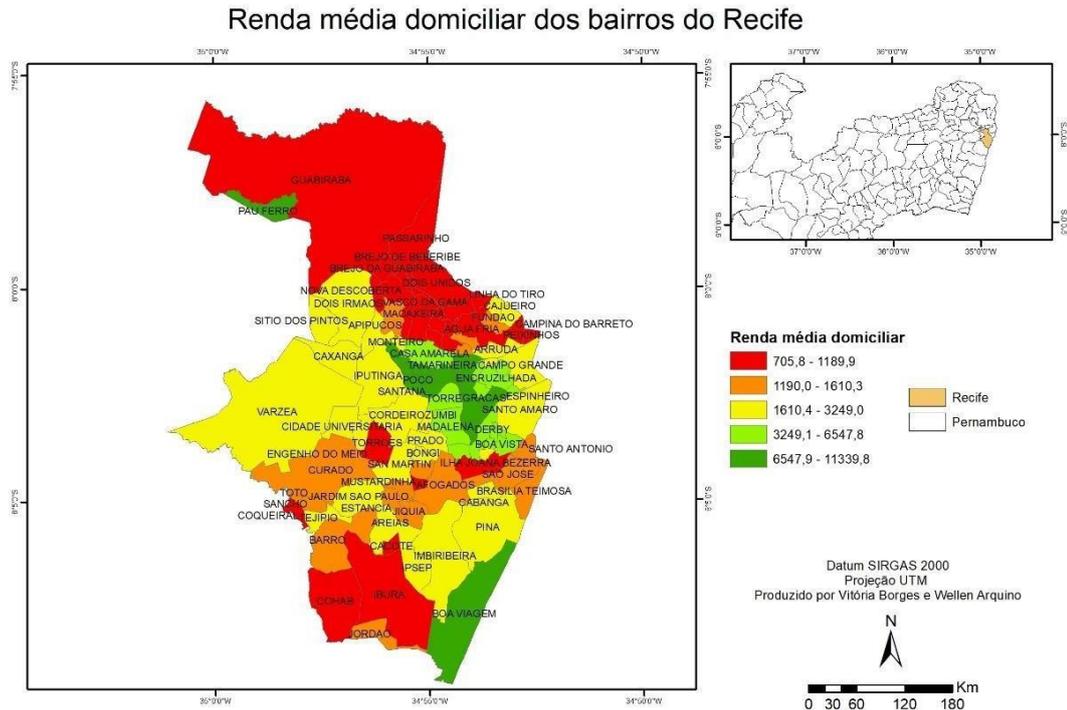
Figura 22 - Classificação do grau de risco no Alto da Telha, Recife-PE



Fonte: Autor (2024)

Os resultados destacaram a importância da renda e da desigualdade socioeconômica como fatores determinantes na resiliência das comunidades frente aos desafios dos deslizamentos de terra. No aspecto socioeconômico, a análise de dados conduzida pelo IBGE revelou que o bairro Passarinho, objeto deste estudo, possui uma renda domiciliar média de R\$ 908,76. Em contraste, em 2019, o rendimento nominal domiciliar per capita no estado de Pernambuco foi de R\$ 970,00 enquanto a média nacional foi de R\$ 1.439,00, evidenciando que a renda na região de Passarinho é significativamente inferior às médias regional e nacional. Além disso, conforme demonstrado pelo estudo de Arquino & Santos (2019), foi constatado na Figura 23, que a distribuição da renda domiciliar na região em análise é inferior à dos bairros circunvizinhos, corroborando as informações anteriormente afirmadas.

Figura 23- Renda média domiciliar dos bairros do Recife



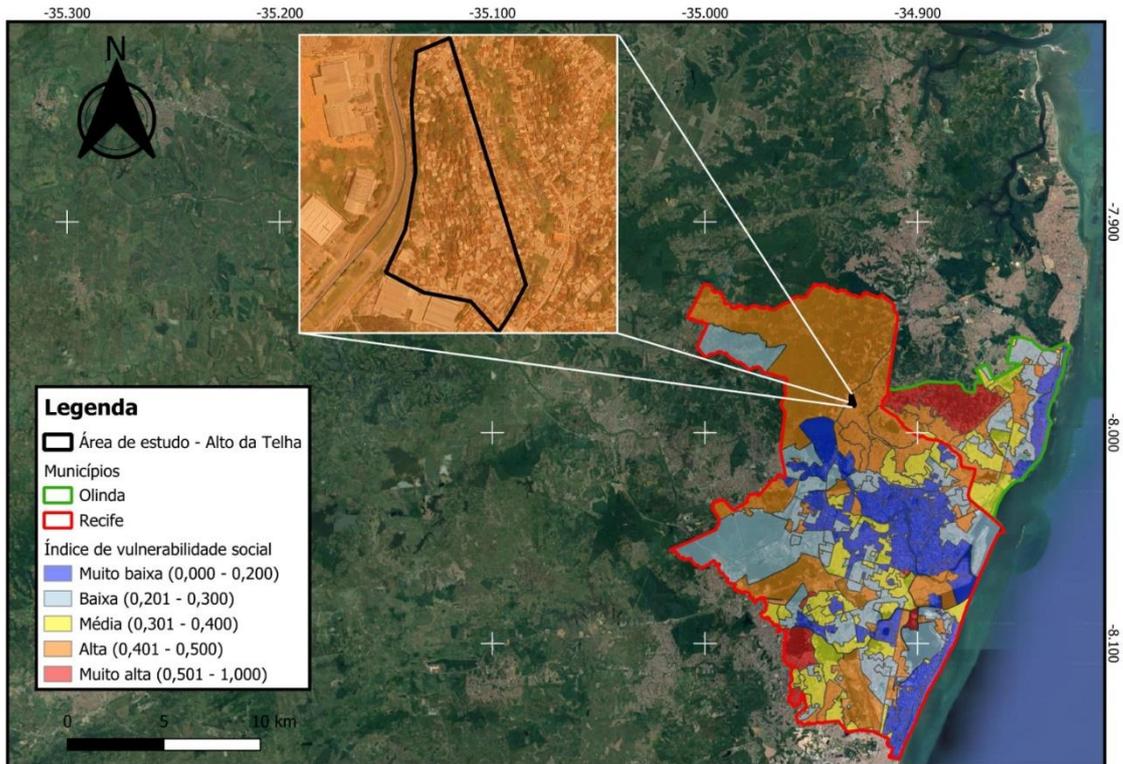
Fonte: Arquino & Santos (2019)

Na análise dos resultados, o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) revelou uma realidade preocupante na área de estudo, apresentando um índice significativo de 0,497. Esse valor reflete uma alta vulnerabilidade social nessa área de estudo, indicando que os habitantes enfrentam diversos desafios socioeconômicos que impactam negativamente em sua qualidade de vida e bem-estar.

Além disso, é importante destacar que as áreas circunvizinhas também exibem indicadores similares ou até mais graves de vulnerabilidade social. Observou-se também que muitas dessas áreas vizinhas apresentam um IVS ainda mais elevado, indicando uma situação de vulnerabilidade ainda mais grave, classificada como "muito alta". Isso sugere que a região como um todo está enfrentando desafios significativos em termos de exclusão social, falta de acesso a recursos e oportunidades, e condições precárias de vida.

Essas constatações podem ser visualizadas através da Figura 24, onde este apresenta um mapeamento detalhado do IVS das cidades de Recife e Olinda, com um foco específico na nossa área de estudo. Através dessa representação cartográfica, é possível identificar claramente as áreas desde muito baixa a muito alta vulnerabilidade social, fornecendo uma compreensão visual da distribuição da vulnerabilidade na região.

Figura 24- Índices de Vulnerabilidade Social



Fonte: Autor (2024)

A pesquisa destacou uma maior relevância perante a análise dos indicadores relacionados com a hidrologia e precipitação na vulnerabilidade da área de estudo correlacionado com o risco das encostas aos deslizamentos de terra. Observou-se que padrões pluviométricos intensos e prolongados atuam como catalisadores significativos dos riscos de escorregamentos, especialmente quando associados a sistemas de drenagem ineficientes. Esses padrões aumentam a pressão hidrostática no subsolo, contribuindo para a instabilidade das encostas.

Na região metropolitana do Recife, os períodos chuvosos e secos seguem um padrão característico do clima tropical úmido. Geralmente, o período chuvoso estende-se de abril a julho, coincidindo com os meses mais quentes do ano, quando a umidade e a temperatura são mais elevadas. Durante esse período, são comuns chuvas intensas e frequentes. Por outro lado, o período seco ocorre entre os meses de setembro e fevereiro, quando há uma diminuição significativa na quantidade e na frequência das chuvas. Esse período é marcado por dias ensolarados e temperaturas elevadas, com umidade relativa do ar mais baixa em comparação com os meses chuvosos.

No entanto, é importante destacar que as variações climáticas podem ocorrer ao longo do ano, e eventos climáticos extremos, como períodos de seca prolongada ou chuvas intensas

fora do período esperado, não são incomuns na região. Essas variações causam impactos significativos na hidrologia local, na vegetação e no risco de deslizamentos.

Os períodos chuvosos e não chuvosos têm uma relação direta com o movimento de massas nas encostas e a ocorrência de solicitações à Defesa Civil. Durante os períodos chuvosos, especialmente quando há chuvas intensas e prolongadas, o solo nas encostas tende a ficar saturado de água, aumentando significativamente o risco de deslizamentos de terra e outros movimentos de massa. A umidade excessiva pode comprometer a estabilidade do solo, tornando-o mais propenso a escorregamentos e deslizamentos. Nesses momentos, ocorrem as solicitações de assistência à Defesa Civil, especialmente em áreas de alta vulnerabilidade, como encostas íngremes ou regiões historicamente propensas a deslizamentos.

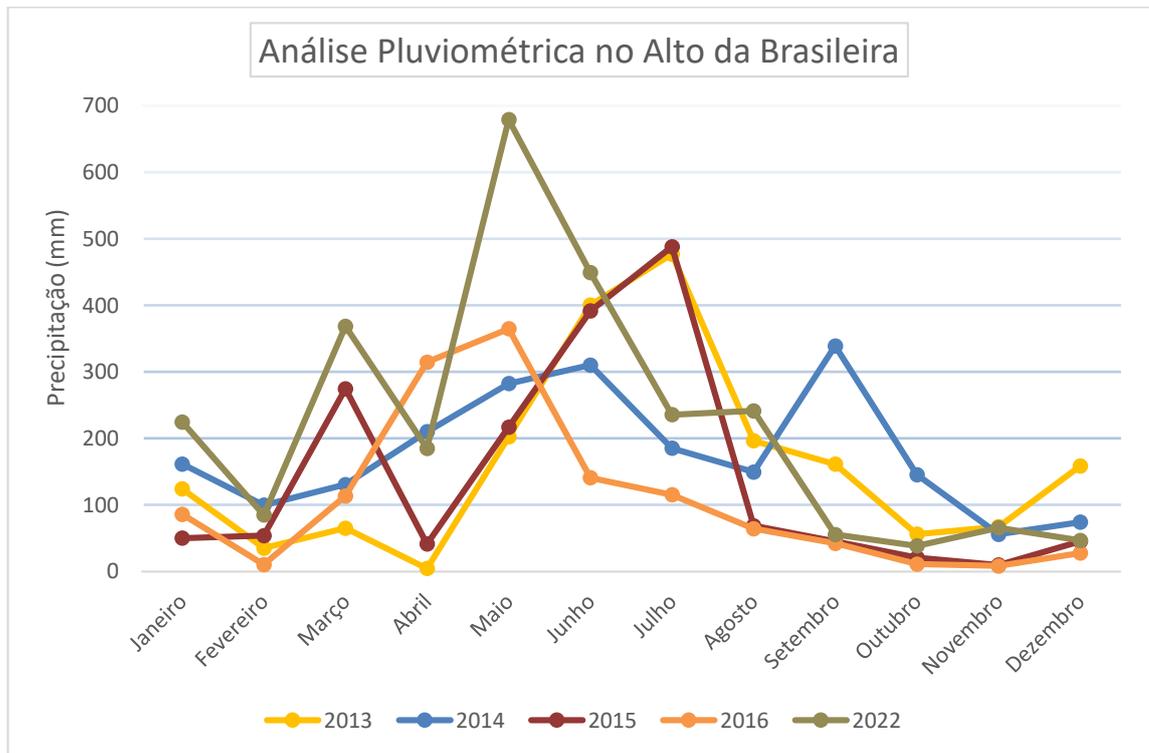
Os resultados demonstram uma correlação significativa entre os altos valores pluviométricos e o quantitativo de solicitações da Defesa Civil do Recife. **O Erro! Fonte de referência não encontrada.**, referente ao dados pluviométricos da região do Alto da Brasileira, cuja proximidade geográfica fortalece a adequação da estação escolhida para captura dos regime de precipitação na área de estudo, validando assim a confiabilidade e relevância dos dados coletados, revelam padrões de precipitação ao longo dos anos em que ocorreram as solicitações, permitindo uma comparação direta entre os eventos climáticos e as atividades da Defesa Civil. Essa análise possibilita identificar períodos de chuvas intensas que coincidem com um aumento nas solicitações, sugerindo uma relação entre as condições climáticas adversas e a ocorrência de eventos relacionados a deslizamentos de terra ou outros desastres naturais. Essa comparação fornece informações valiosas para a compreensão dos fatores que influenciam a vulnerabilidade da região e pode orientar estratégias de gestão de riscos e intervenções da Defesa Civil para mitigar os impactos desses eventos.

Por outro lado, nos períodos não chuvosos, embora o risco de deslizamentos possa ser menor devido à menor umidade do solo, ainda há a necessidade de monitoramento e prevenção. Durante esses períodos, a Defesa Civil pode realizar ações de conscientização e preparação da comunidade, promovendo medidas preventivas, como a manutenção de sistemas de drenagem e ações para fortalecer a estabilidade das encostas.

Portanto, a relação entre os períodos chuvosos e não chuvosos, o movimento de massas nas encostas e as solicitações à Defesa Civil é crucial para entender e lidar com os riscos de deslizamentos de terra e outros desastres naturais, exigindo uma abordagem integrada de monitoramento, prevenção e resposta a eventos climáticos extremos. Abaixo está disposto o gráfico pluviométricos composto pelos anos de 2013,2014,2015, 2016 e 2022, sendo este o anos de maiores atuações da Defesa Civil na região de estudo. Além disso, ao analisar os

dados, identificou-se uma lacuna no banco de informações referentes aos anos de 2017 a 2021, uma vez que não foi registrada a atuação da Defesa Civil na região durante esses cinco anos, o que é quase impossível de ter ocorrido.

Gráfico 2- Análise Pluviométrica no Alto da Brasileira



Fonte: Autor (2024)

Desta maneira foi possível observar um padrão consistente de altos índices pluviométricos nos meses de maio, junho e julho na região. Esses meses são caracterizados por uma concentração significativa de precipitação, indicando um período de chuvas intensas na área, além da constatação desta informação através do Gráfico 2.

Os dados coletados sobre as solicitações à Defesa Civil reforçam a hipótese de que os períodos de chuvas intensas, especialmente nos meses de maio, junho e julho, na cidade do Recife, estão diretamente associados ao aumento das demandas por intervenções desse órgão. Essa constatação ressalta a estreita relação entre os eventos climáticos extremos e a incidência de deslizamentos de terra na região.

Os apêndices, apresentam essas informações de forma visual, evidencia claramente a correspondência entre os picos de solicitações à Defesa Civil e os períodos de precipitação intensa. Isso salienta a importância de considerar os dados pluviométricos na formulação de estratégias preventivas e de resposta a desastres, permitindo uma gestão de riscos mais eficiente e a proteção das comunidades em situação de vulnerabilidade.

Essa análise reforça a necessidade de um acompanhamento contínuo das condições climáticas e hidrológicas, especialmente durante os meses chuvosos, para antecipar e responder de maneira adequada aos riscos de deslizamentos de terra. A compreensão desses padrões sazonais de chuva e sua correlação com as solicitações à Defesa Civil fornecem informações valiosas para o planejamento urbano e a gestão de riscos de desastres na região metropolitana do Recife.

Além disso, essa análise possibilita a identificação de áreas mais suscetíveis e a alocação de recursos e esforços para medidas específicas de prevenção e mitigação. Isso inclui a implementação de sistemas de alerta precoce, o fortalecimento da infraestrutura de drenagem e a estabilização de encostas, além de iniciativas de conscientização e capacitação das comunidades locais para lidar com deslizamentos de terra.

Ao compreender melhor a relação entre os padrões de chuva, os eventos de deslizamentos de terra e as ações da Defesa Civil, é possível desenvolver estratégias mais eficazes para reduzir os riscos e proteger as vidas e os bens das populações afetadas. Essa abordagem integrada e baseada em dados contribui para aumentar a resiliência das comunidades diante dos desafios impostos pelos eventos climáticos extremos e seus impactos no ambiente urbano.

Além disso, a presença de lonas em encostas foi identificada como um indicador claro de vulnerabilidade. Essa medida emergencial sugere áreas propensas a deslizamentos de terra, indicando uma situação de alto risco que requer a implementação de ações abrangentes de mitigação e prevenção de desastres. A hidrologia e a precipitação na vulnerabilidade das encostas aos deslizamentos de terra. Foi observado que padrões pluviométricos intensos e prolongados atuam como catalisadores significativos dos riscos de escorregamentos, especialmente quando associados a sistemas de drenagem ineficientes. Esses padrões aumentam a pressão hidrostática no subsolo, contribuindo para a instabilidade das encostas.

Além disso, a presença de lonas em encostas foi identificada como um indicador claro de vulnerabilidade. Essa medida emergencial sugere áreas propensas a deslizamentos de terra, indicando uma situação de alto risco que requer a implementação de ações abrangentes de mitigação e prevenção de desastres.

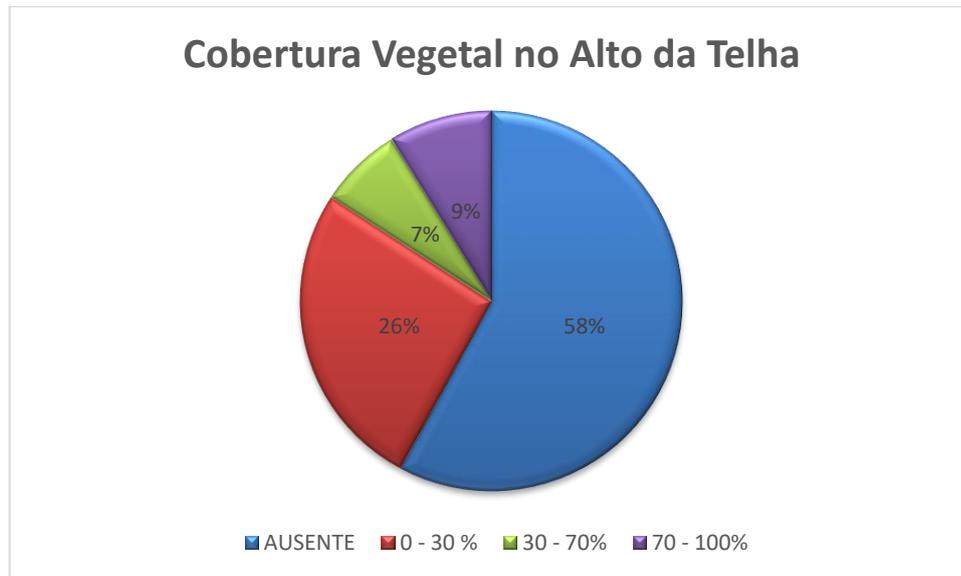
Os resultados obtidos neste estudo revelam a importância da interação entre a vegetação e a estabilidade das encostas, oferecendo uma visão abrangente e detalhada das complexidades envolvidas. Enquanto a vegetação desempenha um papel essencial na proteção e no fortalecimento do solo contra os deslizamentos de terra, evidenciando que a presença de árvores de grande porte, em determinadas circunstâncias, pode paradoxalmente intensificar o

risco desses eventos catastróficos.

Durante as visitas em campo e a coleta de dados por meio dos questionários, observou-se que um quarto das residências em nossa área de estudo ostentava vegetações robustas, predominantemente compostas por árvores frutíferas, como mangueiras, abacateiros e bananeiras. Essas espécies, conhecidas por seus sistemas radiculares profundos, em um primeiro momento podem parecer benéficas, contribuindo para a estabilidade e a conservação do solo. No entanto, a análise revelou que essas árvores, ao atingirem a maturidade, podem comprometer o solo em encostas íngremes, seus sistemas radiculares podem eventualmente enfraquecer a estrutura do solo em encostas íngremes, o que aumenta as solicitações e reduz a resistência do maciço, aumentando o risco de deslizamentos.

Além disso, os dados revelaram uma variedade de cenários quanto à cobertura vegetal em nossa região de estudo. Cerca de metade das residências analisadas apresentaram ausência total de vegetação, o que pode indicar uma exposição ainda maior ao risco de deslizamentos. Por outro lado, uma parcela significativa das residências exibiu uma cobertura vegetal moderada a densa, refletindo uma possível estabilização do solo proporcionada por essa vegetação, esta análise é facilmente observada no Gráfico 3.

Gráfico 3- Análise da Cobertura Vegetal no Alto da Telha



Fonte: Autor (2024)

Ao examinarmos atentamente as imagens a seguir, torna-se evidente a marcante discrepância na densidade da vegetação que cobre as curvas das encostas, juntamente com a presença de árvores de grande porte. O entrelaçamento dessas paisagens revela variações, onde a vegetação, em sua diversidade e irregularidade, se espalha de maneira desigual ao longo das encostas. Algumas áreas exibem uma profusão exuberante de folhagens, enquanto outras aparecem quase desprovidas de vegetação.

Na Figura 25, observa-se um talude de corte com vegetações de variados portes, com a presença de uma estrutura de contenção em degradação, evidenciada pelo surgimento de plantas em áreas inadequadas. Ademais, na região do talude natural, há algumas árvores de médio porte com suas raízes expostas, resultado da ruptura e desprendimento do solo que anteriormente as protegia. Por fim, nota-se o cultivo de árvores de grande porte, com abundante folhagem e frutíferas, como bananeiras. Já na Figura 26, é possível visualizar uma cobertura vegetal mais rasteira, presente em toda a encosta. No topo, destaca-se a presença de uma bananeira e uma residência, enquanto no sopé há também uma moradia a menos de 1 metro do talude. Finalmente, na Figura 27, nota-se uma região da encosta com a presença de vegetação rasteira, entretando evidenciamos também uma densidade da vegetação de grande porte.

Figura 25- Cobertura Vegetal nas Encostas do Alto da Telha



Fonte: Autor (2024)

Figura 26- Cobertura Vegetal nas Encostas do Alto da Telha



Fonte: Autor (2024)

Figura 27- Cobertura Vegetal nas Encostas do Alto da Telha



Fonte: Autor (2024)

A análise da coleta de lixo e da disposição indevida dos resíduos sólidos nas encostas revela uma realidade complexa e preocupante na área estudada. Apesar de um atendimento aparentemente satisfatório, com 96% da área recebendo coleta de lixo regular diária, observou-se que a população local ainda realiza descartes inadequados de seus resíduos em locais impróprios, especificamente nas encostas.

Essa constatação evidencia uma desconexão entre a disponibilidade do serviço de coleta e a conscientização e responsabilidade ambiental da comunidade. Mesmo diante de uma infraestrutura estabelecida para o manejo adequado dos resíduos sólidos, parte significativa da população opta por desconsiderar as diretrizes e normas ambientais, contribuindo para a perpetuação de problemas socioambientais.

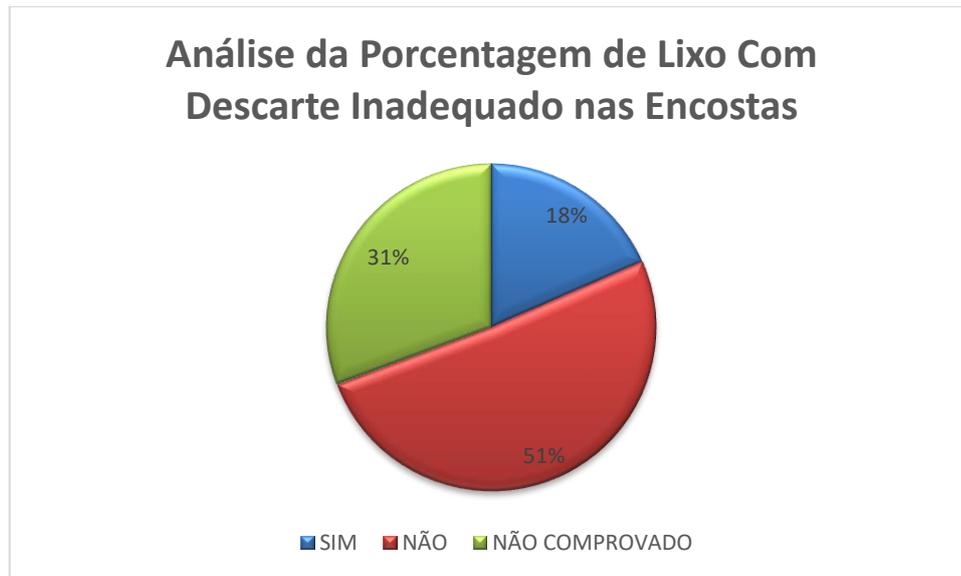
É alarmante constatar que, dentre as 15 encostas estudadas, 18% delas apresentaram lixos dispostos sobre as mesmas, conforme apresentado no Gráfico 4. Essa prática irresponsável representa não apenas um desrespeito ao meio ambiente, mas também um grave risco à segurança e bem-estar da comunidade local. O acúmulo de lixo nas encostas pode comprometer a estabilidade do solo, aumentando o potencial de deslizamentos.

Primeiramente, o acúmulo de lixo obstrui a drenagem natural das encostas, impedindo o escoamento adequado da água da chuva. Isso pode resultar em um aumento da quantidade de água retida nas encostas, o que, por sua vez, aumenta o risco de saturação do solo e desencadeia eventos adversos.

Além disso, o lixo acumulado contribui para a degradação da vegetação natural das encostas. Muitas vezes, o lixo contém materiais que demoram anos para se decompor, como plásticos e metais, que podem liberar substâncias tóxicas no solo e na água, comprometendo ainda mais a saúde dos ecossistemas locais.

Diante desses resultados, torna-se evidente a necessidade de uma abordagem integrada que vá além da simples disponibilidade de serviços de coleta. É essencial promover a educação ambiental e sensibilizar a população sobre a importância da destinação adequada dos resíduos sólidos, bem como implementar medidas de fiscalização e conscientização para coibir práticas de descarte irregular.

Gráfico 4 - Análise da porcentagem de lixo com descarte inadequado nas encostas

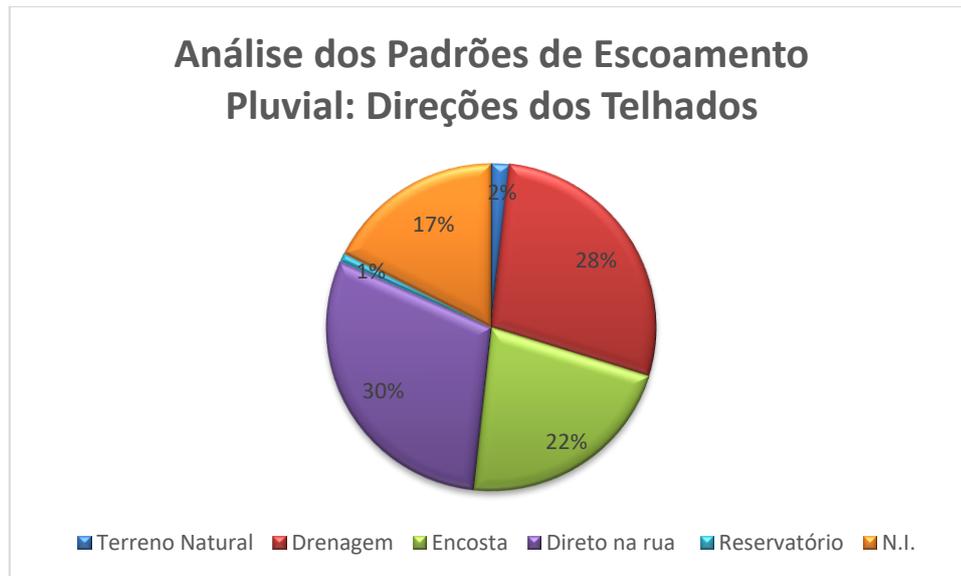


Após uma minuciosa investigação sobre a direção de escoamento das águas pluviais provenientes dos telhados das residências, através do levantamento de dados pelo questionário evidenciado nas figuras Figura 16 e Figura 17, emergiram resultados reveladores que delineiam cinco distintas modalidades de fluxo. Notavelmente, constatou-se que o direcionamento dessas águas abrange uma ampla gama de trajetórias, abrangendo desde o fluxo direcionado diretamente para o solo natural até o escoamento direcionado para a encosta adjacente, o sistema de drenagem e sarjeta, a rua circundante e, por fim, o encaminhamento para reservatórios próprios.

Essa variabilidade de direcionamentos não apenas evidencia a complexidade das práticas de gestão de águas pluviais, mas também se revela como um indicador perspicaz na análise da vulnerabilidade das áreas urbanas. Os diferentes caminhos tomados pelas águas pluviais refletem não apenas as escolhas individuais dos residentes, mas também uma leve eficácia das infraestruturas de drenagem e a suscetibilidade das encostas à erosão e deslizamentos.

Os dados apresentados no Gráfico 5 revelam que 2% das águas pluviais são direcionadas para o solo natural, enquanto 28% escoam pelo sistema de drenagem. Alarmantemente, constatou-se que 22% dessas águas são destinadas diretamente para as encostas adjacentes, representando um ponto crítico de preocupação. Além disso, 30% seguem diretamente para as ruas e escadarias, enquanto apenas 1% é encaminhado para reservatórios próprios.

Gráfico 5 - Análise da porcentagem de lixo com descarte inadequado nas encostas



A Figura 28, elucidada com clareza a configuração do telhado, apontando uma das direções de escoamento das águas pluviais diretamente em direção à encosta adjacente, o que denota um potencial risco iminente de deslizamento. A água em excesso enfraquece a coesão do solo, levando à erosão e ao desmoronamento das camadas superficiais. Nesta residência que foi tomada com exemplos, apresentada na Figura 28, nota-se a falta de um sistema de coleta de águas pluviais, agravando ainda mais esse problema, pois não há um mecanismo eficiente para redirecionar a água da chuva para áreas seguras. A instalação de calhas, tubos de descida e sistemas de drenagem subterrânea são essenciais para captar e conduzir a água pluvial longe da encosta, reduzindo a pressão hidrostática e prevenindo a formação de fluxos de água que podem desestabilizar o solo.

Uma medida mitigatória de caráter temporário adotada foi a implementação de lona plástica. Essa ação imediata não apenas atesta a premência em lidar com tal ameaça, mas também sugere a adoção de intervenções proativas para mitigar os danos potenciais.

Além disso, é digno de nota que a região protegida pela lona pode ter experimentado alguns indícios de movimentação prévia. Essa suposição é suscitada pela necessidade de intervenção mitigatória, sugerindo que a área já pode ter sido suscetível a eventos de movimentação de massa anteriormente. Essa constatação reforça a importância da vigilância contínua e da implementação de medidas preventivas para salvaguardar a comunidade contra futuros episódios de instabilidade geotécnica.

Figura 28- Direcionamento de Água para Encosta e Medidas de Mitigação



Fonte: Autor (2024)

Por fim, com base nos dados obtidos, foi constatado que 90% das moradias mapeadas foram construídas com alvenaria. No entanto, o uso desse material de qualidade não assegura a ausência de riscos de deslizamento. Em relação à localização das moradias, verificou-se que 47% delas estão posicionadas sobre taludes de corte, 13% sobre encostas naturais e 10% sobre taludes de aterro. A inclinação do talude também é um fator crucial, visto que aproximadamente 57% das moradias estão situadas em áreas onde os taludes variam de 60° a 90° de declividade. Em relação às condições estruturais, cerca de 63% das moradias apresentaram trincas em paredes e tetos, menos de 5% dos casos, retratam algumas trincas externas apontada em direção às fundações.

Os resultados obtidos a partir desta análise multifacetada revelam uma série de informações que são cruciais para entender e abordar os riscos associados às encostas urbanas. A avaliação dos fatores topográficos, geológicos e ambientais oferece uma compreensão abrangente da distribuição e magnitude dos riscos em diferentes áreas. Essa segmentação das encostas em categorias de baixo, médio e alto risco permite uma alocação mais precisa de recursos e esforços de mitigação, identificando áreas prioritárias para intervenções preventivas e de resposta a desastres.

## **5 CONCLUSÃO**

Os resultados desta pesquisa oferecem uma visão detalhada dos fatores que afetam o grau de risco das encostas e a vulnerabilidade aos deslizamentos de terra no Bairro do Passarinho, na região do Alto da Telha, na Zona Norte do Recife. A análise abordou aspectos topográficos, geológicos e ambientais, utilizando dados de questionários, informações da Defesa Civil, mapas, fotos aéreas e análises de campo.

Os dados levantados revelaram uma variedade de situações de risco, influenciadas pela altura, declividade e características geológicas das encostas. Além disso, aspectos socioeconômicos, como renda e desigualdade, mostraram-se determinantes na capacidade de enfrentamento das comunidades diante dos desastres naturais.

A correlação entre períodos de chuvas intensas e deslizamentos de terra ressaltou a importância de uma abordagem integrada para a gestão de riscos, enfatizando a necessidade de medidas preventivas e de mitigação que considerem tanto os aspectos naturais quanto os socioeconômicos.

A presença de vegetação de grande porte, embora inicialmente apresente uma parcela benéfica com a diminuição da infiltração, os aspectos negativos se sobrepõem sendo

identificada como um fator de risco em certas circunstâncias, assim como a distribuição desordenada das moradias e práticas inadequadas de descarte de resíduos.

Os resultados encontrados ressaltam a importância de adotar estratégias amplas e interdisciplinares para proteger as comunidades vulneráveis e fortalecer sua resiliência diante dos desafios apresentados pelos eventos climáticos extremos e pela instabilidade das encostas. Nesse sentido, a integração de dados desempenha um papel crucial na gestão de riscos de desastres, possibilitando a implementação de medidas preventivas, como alerta precoce e resposta rápida para salvaguardar as comunidades em áreas de risco.

É essencial reconhecer que a conscientização da comunidade e a preparação para enfrentar eventos extremos também são aspectos fundamentais, especialmente durante os períodos não chuvosos. Em resumo, a pesquisa destaca a importância de uma abordagem holística na gestão de riscos de desastres naturais, abarcando tanto os períodos chuvosos quanto os de estiagem. A integração de medidas preventivas, ações de preparação e resposta a desastres é essencial para fortalecer a resiliência das comunidades diante dos desafios impostos pelos eventos climáticos adversos.

A análise realizada nas 15 encostas da região estudada, de acordo com a metodologia proposta por Gusmão, revelou resultados significativos. Cerca de 73% apresentaram um risco classificado como alto, enquanto apenas 3 encostas foram identificadas com um risco médio, e uma encosta foi considerada de baixo risco.

Esses números ressaltam a prevalência de áreas com alto potencial para movimentos de massa na região em estudo. Isso evidencia a importância crucial da vulnerabilidade em que as encostas se encontram, sendo um fator determinante para a ocorrência ou não dos eventos catastróficos.

A vulnerabilidade das encostas está diretamente ligada a uma série de fatores, entre os quais se destaca a quantidade de água infiltrada na encosta, influenciada pela direção em que a água da chuva dos telhados das residências escoar. Além disso, a presença e a densidade da vegetação também desempenham um papel crucial na estabilidade do solo e na propensão das encostas a deslizamentos e outros movimentos de massa.

A maneira como a água da chuva é direcionada, seja por calhas ou outros meios, pode afetar significativamente a quantidade de água que se infiltra no solo da encosta. Se essa água não for adequadamente drenada ou absorvida pelo solo, pode aumentar a pressão hidrostática, tornando a encosta mais suscetível a deslizamentos.

Em suma, a análise de risco de deslizamentos em encostas é um processo essencial para a segurança de comunidades e edificações situadas em áreas inclinadas. O grau de risco pode

ser classificado em três categorias: alto, médio e baixo, baseando-se em uma série de fatores que influenciam a probabilidade de ocorrência de deslizamentos. O risco é algo geral, englobando toda a área da encosta e suas características, como a inclinação do terreno, a saturação do solo, a presença de fissuras, a cobertura vegetal e o histórico de deslizamentos.

Além da avaliação do risco, é fundamental realizar uma análise de vulnerabilidade para entender quão vulnerável uma determinada casa ou estrutura está a ser afetada por esse risco. A vulnerabilidade é algo pontual, referente a situações específicas de cada edificação ou comunidade dentro da área de risco geral. Ela é determinada por fatores como proximidade à encosta, qualidade da construção, presença de medidas de mitigação e densidade populacional.

Casas mais próximas à base de uma encosta de alto risco são mais vulneráveis. Estruturas bem construídas e reforçadas são menos suscetíveis a danos, enquanto a presença de muros de contenção e drenagem adequada pode reduzir a vulnerabilidade. Áreas com alta densidade populacional têm mais vítimas potenciais em caso de deslizamento. Portanto, a classificação do grau de risco e a análise de vulnerabilidade são essenciais para a implementação de estratégias de prevenção e mitigação de desastres, garantindo a segurança e proteção das comunidades situadas em áreas de encosta.

Mediante esta perspectiva, pesquisa é proporcionada um entendimento detalhado dos riscos e vulnerabilidades associados a encostas sujeitas a deslizamentos. Com base nisso, é possível desenvolver e implementar estratégias de mitigação que aumentem a segurança e a proteção das comunidades, minimizando o impacto de possíveis desastres naturais.

## **6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Após a conclusão deste estudo abrangente sobre o risco e a vulnerabilidade de encostas a deslizamentos de terra, algumas sugestões para trabalhos futuros emergem como áreas promissoras de pesquisa e desenvolvimento. As seguintes sugestões podem orientar investigações adicionais e contribuir para o avanço do conhecimento nesta área:

- Análise da influência das mudanças climáticas na vulnerabilidade de encostas a deslizamentos de terra.
- Investigação sobre a viabilidade de técnicas de engenharia geotécnica para estabilização das encostas.
- Estudo da relação entre o uso e ocupação do solo e a suscetibilidade a deslizamentos em encostas.

- Desenvolvimento de sistemas de alerta precoce para riscos iminente de deslizamentos de terra em áreas urbanas.
- Investigação sobre o papel da vegetação na prevenção de deslizamentos de terra e na estabilização de encostas.
- Análise da efetividade de políticas públicas de gestão de riscos de desastres em áreas vulneráveis a deslizamentos de terra.
- Estudo da relação entre a urbanização rápida e o aumento da vulnerabilidade a deslizamentos de terra em áreas de encostas.
- Desenvolvimento de modelos de previsão de deslizamentos de terra utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

## 7 REFERÊNCIAS

ALCÁNTARA-AYALA, I. (2002). “**Geomorphology, Natural Hazards, Vulnerability and Prevention of Natural Disasters in Developing Countries**”. *Geomorphology*, v. 47, n. 2-4, p. 107-124, 2002.

**Agência Pernambucana de Águas e Clima – Histórico de Chuvas**. Disponível em <<https://www.apac.pe.gov.br/>> . Acesso em 02 de outubro de 2023.

ALHEIROS, M. M. et al. (1988). “**Sistemas Depositionais na Formação Barreiras no Nordeste Oriental**”. *Anais XXXV Congresso Brasileiro de Geologia*, Vol. 2, p.753-760.

ALHEIROS, M. M., MENEZES, M. F. e FERREIRA, M. G. (1990). “**Carta Geotécnica da Cidade do Recife**”. Relatório Final de Atividades. Finep / UFPE, Recife, 1990, 81 p.

ALHEIROS, M. M. (1998), “**Riscos de Escorregamentos na Região Metropolitana do Recife**”. Tese de Doutorado em Geologia Sedimentar. Universidade Federal da Bahia. Salvador – BA, 129p.

ALHEIROS, M. M., (2004), “**Risco Geológico**”. Notas de Aula – Universidade Federal de Pernambuco. Recife-PE.

ARQUINO, W.O., SANTOS, V.C.B. (2019). “**Análise Espacial da Distribuição de Renda e dos Índices de Alfabetização dos Bairros do Recife-PE**”. *Revista Semana Pedagógica (Periodicos) –Universidade Federal de Pernambuco*, 2019.

BANDEIRA, A.P.N. (2010). “**Parâmetros Técnico para Gerenciamento de Área de Riscos de Escorregamentos de Encostas na Região Metropolitana do Recife**”. Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife,2010.

**Caracterização do Território do Bairro do Passarinho, Recife**. Disponível em <<https://www2.recife.pe.gov.br/servico/passarinho>>. Acesso em 29 de setembro de 2023.

**Caracterização do Território do Recife**. Disponível em <<https://www2.recife.pe.gov.br/pagina/caracterizacao-do-territorio>>. Acesso em 29 de setembro de 2023.

**Cidade do Recife**. Disponível em <<https://www2.recife.pe.gov.br/servico/cidade-1>>. Acesso em 29 de setembro de 2023.

**Cidade do Recife, IBGE**. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>>. Acesso em 29 de setembro de 2023.

COUTINHO, R.Q.; SEVERO, R.N.F. (2009). “**Conferência: Investigação Geotécnica Para Projeto de Estabilidade de Encostas**”, 2009.

CRUDEN, D. M. & VARNES, D. J. (1996). “**Landslide Types and Processes**”. LANDSLIDES – Investigation and Mitigation. Transportation Research Board – National Research Council. USA. Vol. 1, pp. 36 – 75.

GUSMÃO FILHO, J.A., ALHEIROS, M.M., GUSMÃO, A.D., JUSTINO DA SILVA, J.M., BASTOS, E.G. (1994). “**Geotecnia Ambiental Aplicada às Encostas do Recife**”. Anais do X COBRAMSEG, Foz do Iguaçu, Vol. 3, p. 971-978.

GUSMÃO FILHO, J. A.; ALHEIROS, M. M. (1997). “**Estudo das encostas ocupadas do Recife**”. In: Pan Am Symposium Of Landslides, COBRAE, 2nd., 1997, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: IAEG/ABMS, 1997. p.919.

GUSMÃO FILHO, J.A. (1998). “**Fundações do Conhecimento Geológico à Prática de Engenharia**”. Ed. Universitária da UFPE, Recife – PE.

**Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) – IVS Mapas**. Disponível em < <http://ivs.ipea.gov.br/index.php/pt/mapa>> . Acesso em 06 de abril de 2024.

KOBIYAMA, M. et al. (2006). “**Prevenção de Desastres Naturais: conceitos básicos**”. Curitiba: Organic Trading, 2006.

**IDH-M dentro do Recife vai da África à Noruega**, Disponível em < <http://www.recife.pe.gov.br/pr/secplanejamento/pnud2005/7.%20IDH-M%20DENTRO%20DO%20RECIFE%20VAI%20DA%20C3%81FRICA%20C3%80%20NORUEGA.pdf>>. Acessado em 14 de maio de 2024.

LEPSCH, I. F. (2002). “**Formação e conservação dos solos**” – São Paulo: Oficina de textos, 2002,178p.

LEROUEIL, S; VAUNAT, J.; PICARELLI, L.; LOCAT, J.; FAURE, R.; LEE, H. (1996). “**A geotechnical characterization of slope movements**”. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF LANDSLIDES, 7, Trondheim, 1996, Balkema, Rotterdam, v.1.

LIMA, A.F. (2002). “**Comportamento Geomecânico e Análise de Estabilidade de uma Encosta da Formação Barreiras na Área Urbana da Cidade do Recife**”. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife,2002.

MACEDO, E. S.; SANDRE, L. H.(2022). “**Mortes por deslizamentos no Brasil: 1988 a 2022**”. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, v.12, n.1, p.110-117,

2022.

MARCELINO, E. V., NUNES, L. H., KOBİYAMA, M. (2006). “**Banco de Dados de Desastres Naturais: Análise de Dados Globais e Regionais**”. Caminhos de Geografia, Vol.6, Nº 19, pp. 130 - 149.

MELO, C.R. (2021). “**Utilização de Informações Espaciais de Alta Resolução para Análise de Suscetibilidade de Deslizamento sob Situação de Precipitações Intensas**”. Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife,2021.

MOSER, C. (1998). “**The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies**”. World Development, New York, v.26, n.1, 1998.

PFALTZGRAFF, P.A.S. (2007). “**Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos da Região Metropolitana do Recife**”. Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife,2007.

BRANDÃO, V.S.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D. (2003). “**Infiltração da água no solo**”. 2ed. Editora da Universidade Federal de Viçosa, p. 16-17, 2003.

RENARD, K., FOSTER, G., WEESIES, G., MCCOOL, D., and YODER, D. (1997). “**Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**”. Agricultural Handbook Nº. 703.

SILVA, C. C. (2016). “**Uma Proposta de Atualização do Plano Diretor de Encostas de Salvador (PDE): Por Uma Cidade Mais Resiliente aos Desastres Socioambientais**”. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016.

SOUZA, P.M.C.O. (2019). “**Mapeamento de Risco a Escorregamento de Encostas na Cidade de Escada-PE**”. Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco. Recife,2019.

TERZAGHI, K. (1950). “**Mecanismos de Escorregamentos de Terra**”. Trad. De Ernesto Pichler. São Paulo: Gremio Politécnico.

THIESSEN, A. H. (1911). “**Precipitation averages for large areas. Monthly Weather Review**”. V. 39, n.7, p. 1082-1089, 1911.

UNDP – United Nations Development Programme (2004). “**Reducing disaster risk: a challenge for development**”. New York, USA: UNDP, 2004. 129 p.

VARNES, D.J. (1978). “**Slope Movement Types and Processes**”. In: Landslides

Analysis and Control. Washington: National Academy of Sciences.

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

**ANEXO A – DADOS OBTIDOS ATRAVÉS DAS VISITAS EM CAMPO PARA A ANÁLISE DA VEGETAÇÃO**

Logradouro	Bairro	Numero	Vegetação Talude	Veg Grande Porte	Cultivo	Veg_Lote
Rua Brumal	Passarinho	447	Presença de árvores	Sim	Cana de açúcar, mamão, jaca, maracujá	70 - 30
Rua Brumal	Passarinho	s/n	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Brumal	Passarinho	158	Presença de árvores			70 - 30
Rua Brumal	Passarinho	12	Presença de árvores	Não	goiaba	30 - 0
Rua Brumal	Passarinho	176	Presença de árvores	Não	manga, abacate	70 - 30
Rua Brumal	Passarinho	156	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Brumal	Passarinho	21				Ausente
Rua Brumal	Passarinho	11				Ausente
Rua Brumal	Passarinho	43	Presença de árvores	Sim	HORTELÃ, abacate, jerimum, limão, pitanga, cereja, acerola	100 - 70
Rua Brumal	Passarinho	123	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Brumal	Passarinho	121	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Brumal	Passarinho	88	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Brumal	Passarinho	54				Ausente
Rua Brumal	Passarinho	151		Não		Ausente
Rua Brumal	Passarinho	54A	Presença de árvores	Não	acerola, mamão	70 - 30
Rua Beta	Passarinho	2554	Presença de árvores	Não	acerola	30 - 0
Rua Beta	Passarinho	166	Presença de árvores	Não	manga	30 - 0
Rua Beta	Passarinho	165	Sem cobertura vegetal			Ausente
Rua Beta	Passarinho	2553	Vegetação rasteira	Não		30 - 0
Rua Beta	Passarinho	2556	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Beta	Passarinho	211	Sem cobertura vegetal			Ausente
Rua Beta	Passarinho	212	Presença de árvores	Sim	bananeiras	30-0
Rua Beta	Passarinho	42	Vegetação rasteira	Não	goiaba	30 - 0
Rua Beta	Passarinho	02	Vegetação rasteira	Não		Ausente
Rua Beta	Passarinho	39	Vegetação rasteira	Não	pimentaa	30 - 0
Rua Alto da Telha	Passarinho	309	Presença de árvores	Sim	Dois pés de manga, coqueiro, bananeira, acerola, mamão	30 - 0
Rua Alto da Telha	Passarinho	1373	Presença de árvores	Sim	Coqueiro, mangueira, bananeira e capim	30 - 0
Rua Alto da Telha	Passarinho	1003	Presença de árvores	Sim	Bananeira, acerola, mangueira, pitanga	30 - 0
Rua Alto da Telha	Passarinho	1007	Presença de árvores			30 - 0

Rua Alto da Telha	Passarinho	1365	Presença de árvores		Goiaba e outros	30 - 0
Rua Alto da Telha	Passarinho	1369	Presença de árvores	Sim	mamão, banana, acerola	30 - 0
Rua Alto da Telha	Passarinho	810, 812, 813				Ausente
Rua Alto da Telha	Passarinho	1277	Presença de árvores			30 - 0
Rua Alto da Telha	Passarinho	1004				Ausente
Rua Alto da Telha	Passarinho	1053	Sem cobertura vegetal			Ausente
Rua Alto da Telha	Passarinho	1058				Ausente
Rua Alto da Telha	Passarinho	s/n				Ausente
Rua Alto da Telha	Passarinho	1061				Ausente
Rua Alto da Telha	Passarinho	1060				Ausente
Rua Alto da Telha	Passarinho	1057				Ausente
Rua Alto da Telha	Passarinho	1064 B	Presença de árvores		manga	30 - 0
Rua Alto da Telha	Passarinho	67	Vegetação rasteira	Não		30 - 0
Rua da União	Passarinho	s/n				
Rua da União	Passarinho	107	Sem			
cobertura vegetal	Rua da União	Passarinho	559			
Rua Córrego da Telha	Passarinho	s/n				Ausente
Rua Córrego da Telha	Passarinho	101	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Córrego da Telha	Passarinho	52				Ausente
Rua Córrego da Telha	Passarinho	200A	Presença de árvores	Não		30 - 0
Rua Córrego da Telha	Passarinho	25	Presença de árvores	Não		100 - 70
Rua Córrego da Telha	Passarinho	01	Presença de árvores	Sim	bananeiras	100 - 70
Rua Córrego da Telha	Passarinho	03	Vegetação rasteira	Não		30 - 0
Rua Córrego da Telha	Passarinho	202				Ausente
Rua Córrego da Telha	Passarinho	202 A	Presença de árvores	Sim	bananeiras	70 - 30
Rua Córrego da Telha	Passarinho	116	Sem cobertura vegetal			Ausente
Rua Córrego da Telha	Alto da Telha	15	Presença de árvores	Não	Carambola, pitanga	70 - 30
Rua Córrego da Telha	Passarinho	120	Sem cobertura vegetal			Ausente

Rua Ururai	Passarinho	365	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Ururai	Passarinho	90	Presença de árvores			30 - 0
Rua Ururai	Passarinho	122	Sem cobertura vegetal			Ausente
Rua Ururai	Passarinho	14	Vegetação rasteira			30 - 0
Rua Parau	Passarinho	323	Presença de árvores	Sim	goiaba, mamão, cana, banana	70 - 30
Rua Parau	Passarinho	135	Presença de árvores	Não	Abacate	100 - 70
Rua Parau	Passarinho	102	Vegetação rasteira			30 - 0
Rua Parau	Passarinho	52B	Presença de árvores	Sim		100 - 70
Rua Parau	Passarinho	52				Ausente
Rua Peritiba	Passarinho	74B	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Peritiba	Passarinho	139	Presença de árvores	Não		100 - 70
Rua Peritiba	Passarinho	129	Vegetação rasteira	Não		30 - 0
Rua Peritiba	Passarinho	135	Presença de árvores	Não		100 - 70
Rua Peritiba	Passarinho	150	Vegetação rasteira	Não		100 - 70
Rua Peritiba	Passarinho	98	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Peritiba	Passarinho	86 C	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Peritiba	Passarinho	96	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Peritiba	Passarinho	48	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente

Rua Peritiba	Passarinho	21	Presença de árvores	Não		100 - 70
Rua Peritiba	Passarinho	36	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Peritiba	Passarinho	29	Presença de árvores	Não		100 - 70
Rua Peritiba	Passarinho	30	Vegetação rasteira	Não		30 - 0
Rua Peritiba	Passarinho	17A/B/C	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Peritiba	Passarinho	54				Ausente
Rua Peritiba	Passarinho	15	Presença de árvores	Não	O pai plantou	30 - 0
Rua Peritiba	Passarinho	SN				Ausente
Rua Peritiba	Passarinho	359				Ausente
Rua Peritiba	Passarinho	74A				Ausente
Rua Peritiba	Passarinho	137				Ausente
Rua Peritiba	Passarinho	128				Ausente
Rua Peritiba	Passarinho	99				Ausente
Rua Peritiba	Passarinho	25				Ausente
Rua Maria da Fé	Passarinho	10	Presença de árvores	Não	Mamão, tomate, amora	30 - 0
Rua Maria da Fé	Passarinho	49	Presença de árvores	Sim	Bananeira	30 - 0
Rua Maria da Fé	Passarinho	58	Presença de árvores		Acerola, pitanga, mamão, manga	70 - 30
Rua Maria da Fé	Passarinho	54	Presença de árvores	Não	Mamão	30 - 0
Rua Maria da Fé	Passarinho	77	Presença de árvores	Não	Pinha, mamão	30 - 0
Rua Maria da Fé	Passarinho	45	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Maria da Fé	Passarinho	13	Presença de árvores	Não	Acerola	30 - 0
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	202	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	30B	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	78	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	07	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	165	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	76	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	51	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	144				Ausente
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	22	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	160	Sem cobertura vegetal	Sim	Acerola	30 - 0
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	08	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Carlos Vanildo	Passarinho	10	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Carlos Vanildo	Passarinho	12	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente
Rua Carlos Vanildo	Passarinho	08				Ausente
Rua Pedro Borba	Passarinho	222	Sem cobertura vegetal	Não		Ausente

Rua Pedro Borba	Passarinho	252	Sem cobertura vegetal	Não	Ausente
Rua Pedro Borba	Passarinho	05	Sem cobertura vegetal	Não	Ausente
Rua Pedro Borba	Passarinho	254			

**ANEXO B – SOLICITAÇÃO DA DEFESA CIVIL MEDIANTE AO ACONTECIMENTO DE ALGUMA OCORRÊNCIA DE DESLIZAMENTO**

ANO	MÊS	OCORRÊNCIA REGISTRADA	TIPO DE SOLICITAÇÃO	ENDEREÇO	BAIRRO	ENCAMINHAMENTO ORGÃO / SETOR
2013	Julho	Deslizamentos de Barreiras	Monitoramento	RUA BRUMAL, 05	Passarinho	Encaminhar à equipe operacional para colocação de lona plástica.
2013	Julho	Deslizamentos de Barreiras	Monitoramento	RUA BRUMAL, 54	Passarinho	Encaminhar à equipe operacional para colocação de lona plástica.
2014	Junho	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Cgo. Telha, 210-A	Passarinho	Encaminhar à equipe operacional para colocação de lona plástica.
2014	Julho	Deslizamentos de Barreiras	Monitoramento	Rua Ururai, 115	Passarinho	Remoção de Entulhos
2014	Julho	Deslizamentos de Barreiras	Monitoramento	Rua Cgo. Telha, 2010	Passarinho	Encaminhar à equipe operacional para colocação de lona plástica.
2014	Julho	Deslizamentos de Barreiras	Monitoramento	Rua Alto da Telha, 1004	Passarinho	Encaminhamento de Corte de Árvores
2015	Julho	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Parau, 52-A	Passarinho	
2015	Julho	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Cgo. Da Telha, 03	Passarinho	Encaminhar para Colocação de Lonas
2015	Julho	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Cgo. Da Telha, 03-A	Passarinho	Encaminhar para Colocação de Lonas
2015	Julho	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Cgo. da Telha, 600	Passarinho	Encaminhar para Colocação de Lonas
2016	Abril	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Paraú, 52-A	Passarinho	Encaminhar para Colocação de Lonas
2016	Maio	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Cgo. da Telha, 16	Passarinho	Encaminhar para Colocação de Lonas
2016	Junho	Deslizamentos de Barreiras	Monitoramento	Rua Cgo. da Telha, 16	Passarinho	Encaminhar para Colocação de Lonas
2016	Junho	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Cgo. da Telha, 81	Passarinho	Encaminhar para Colocação de Lonas
2022	Março	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Alto da Telha, 2556 B	Passarinho	Atendimento Social
2022	Março	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Alto da Telha, 67	Passarinho	Atendimento Social
2022	Março	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Alto da Telha, 211 A	Passarinho	Atendimento Social
2022	Março	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Brumal, 12	Passarinho	Atendimento Social
2022	Maio	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Paraú, 52 A	Passarinho	Atendimento Social
2022	Maio	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Paraú, 52 B	Passarinho	Atendimento Social
2022	Maio	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Paraú, 52 C	Passarinho	Atendimento Social
2022	Maio	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Ururai, 14 A	Passarinho	Atendimento Social
2022	Junho	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	RUA CÓRREGO DA TELHA, 202	Passarinho	Atendimento Social
2022	Junho	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	RUA CÓRREGO DA TELHA, SN	Passarinho	Atendimento Social
2022	Junho	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Paraú, 52 A	Passarinho	Atendimento Social
2022	Junho	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Paraú, 52 B	Passarinho	Atendimento Social

ANO	MÊS	OCORRÊNCIA REGISTRADA	TIPO DE SOLICITAÇÃO	ENDEREÇO	BAIRRO	ENCAMINHAMENTO ORGÃO / SETOR
2022	Junho	Deslizamentos de Barreiras	Vistoria	Rua Paraú, 52 C	Passarinho	Atendimento Social

**ANEXO C – DADOS PLUVIOMÉTRICOS NO ALTO DA BRASILEIRA**

<b>Posto</b>	<b>Ano</b>	<b>Janeiro</b>	<b>Fevereiro</b>	<b>Março</b>	<b>Abril</b>	<b>Mai</b>	<b>Junho</b>	<b>Julho</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>	<b>Dezembro</b>
Recife (Alto da Brasileira)	1997	-	-	-	-	276,4	114,9	43,2	24,3	-	-	-	15
Recife (Alto da Brasileira)	1998	-	-	40,9	20,6	121,9	14,9	103,5	155,6	14,4	27,8	-	-
Recife (Alto da Brasileira)	1999	31,8	22,8	147	24,1	144	64,2	157,4	62,7	20,2	49,9	2,6	36,5
Recife (Alto da Brasileira)	2000	37,6	27	31	5	-	0,5	-	34,1	270,5	40	64,6	191,4
Recife (Alto da Brasileira)	2001	53,7	16,2	162,4	279,8	43,3	360,6	346,6	185,3	121,6	125	9,4	8,3
Recife (Alto da Brasileira)	2002	202,3	191,7	368,9	125,1	233,4	481,9	282,7	132,9	31	49,4	67,6	17,7
Recife (Alto da Brasileira)	2003	35,1	113,4	245	125,6	208,9	446,1	236,2	154,7	115,1	77,9	14,3	25,5
Recife (Alto da Brasileira)	2004	302,4	165,5	145,7	242,3	333,5	581,1	447,7	148,2	84	37,8	14,5	16,3
Recife (Alto da Brasileira)	2005	6,6	66,3	50,9	114,5	509,7	621,8	112	305,7	17,4	39,3	6,5	143,3

<b>Posto</b>	<b>Ano</b>	<b>Janeiro</b>	<b>Fevereiro</b>	<b>Março</b>	<b>Abril</b>	<b>Mai</b>	<b>Junho</b>	<b>Julho</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>	<b>Dezembro</b>
Recife (Alto da Brasileira)	2006	10,8	15,2	164	259,6	289,7	393,9	232,1	114,4	90,6	8,6	57,8	108,5
Recife (Alto da Brasileira)	2007	66,9	146,8	112	339,1	214,2	344	237	238,9	137,9	28,2	22,8	27,8
Recife (Alto da Brasileira)	2008	73,5	32	373,9	163,3	341	435,5	297,1	304,3	62,2	38,5	15,8	21,4
Recife (Alto da Brasileira)	2009	93,7	308,7	140,9	285,6	299	267,5	362,7	190,9	57,3	3,7	27,8	55,6
Recife (Alto da Brasileira)	2010	149,6	36,4	109,4	183,7	122,5	482	139,4	132,6	76,9	41,6	16	66,1
Recife (Alto da Brasileira)	2011	132,4	5,6	-	149,2	444,9	243,1	462,7	188,6	31,7	24,4	93,6	16,8
Recife (Alto da Brasileira)	2012	216,3	110,5	87,9	57,9	103,1	349,1	311,7	157	9	39,4	10,4	29,4
Recife (Alto da Brasileira)	2013	124	35,1	65	4,5	202,5	400,5	476,9	196,4	161,3	56	67,3	158,4
Recife (Alto da Brasileira)	2014	161,5	99,7	130,6	210,1	282,4	310,2	185,2	149,5	339,1	145,5	55,8	74,1
Recife (Alto da Brasileira)	2015	50	53,8	274,6	41,2	217	391,7	488,2	68,7	45	20,7	9,8	45,2

<b>Posto</b>	<b>Ano</b>	<b>Janeiro</b>	<b>Fevereiro</b>	<b>Março</b>	<b>Abril</b>	<b>Mai</b>	<b>Junho</b>	<b>Julho</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>	<b>Dezembro</b>
Recife (Alto da Brasileira)	2016	85,9	10,3	113,5	314,6	364,8	140,8	115,3	64,3	42,3	11,2	8,3	27,6
Recife (Alto da Brasileira)	2017	12,9	25	121,3	222	252,4	339,6	357,4	100,2	63,3	54,3	10,2	31,8
Recife (Alto da Brasileira)	2018	112,9	126,1	154,7	483,7	132,4	114,7	97,3	62	38,1	5,1	46,5	33,6
Recife (Alto da Brasileira)	2019	75,9	41,9	107	214,3	197,1	405,4	484,5	149,3	85,7	58,6	4,7	19,7
Recife (Alto da Brasileira)	2020	31,8	70,1	118,6	251,8	99,4	277,4	213,2	56,2	36,5	24,4	31,9	23
Recife (Alto da Brasileira)	2021	57,5	97	234,1	324,7	429,3	185,8	223	203	45,4	20,3	28,8	117,9
Recife (Alto da Brasileira)	2022	224,7	84,8	368,7	185,1	679,1	449,2	235,7	241,5	55,4	38,5	65,6	46,6
Recife (Alto da Brasileira)	2023	76,1	223,6	286,8	218,2	212,7	374,7	185,3	117,4	68,3	18,7	33,2	148,7

**ANEXO D – DADOS OBTIDOS ATRAVÉS DAS VISITAS EM CAMPO PARA A ANÁLISE A RESPEITO DA COLETA DE LIXO, PRESENÇA DE RESÍDUOS NA ENCOSTA E DIRECIONAMENTO DO ESCOAMENTO DO TELHADO**

Logradouro	Bairro	Numero	lixo_coleta	lixo_enconsta	telhado_direção
Rua Brumal	Passarinho	447	Regular	Sim	Terreno natural
Rua Brumal	Passarinho	s/n	Regular	Sim	Drenagem/ Sarjeta
Rua Brumal	Passarinho	158	Regular	Sim	Drenagem/ Sarjeta
Rua Brumal	Passarinho	12	Regular	Sim	Drenagem/ Sarjeta
Rua Brumal	Passarinho	176	Irregular	Sim	Encosta
Rua Brumal	Passarinho	156	Regular		Drenagem/ Sarjeta
Rua Brumal	Passarinho	21	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Brumal	Passarinho	11	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Brumal	Passarinho	43	Regular		Drenagem/ Sarjeta
Rua Brumal	Passarinho	123	Regular	Não	Encosta
Rua Brumal	Passarinho	121	Regular	Sim	Drenagem/ Sarjeta
Rua Brumal	Passarinho	88	Regular		Encosta
Rua Brumal	Passarinho	54	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Brumal	Passarinho	151	Regular		
Rua Brumal	Passarinho	54A	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Beta	Passarinho	2554	Regular	Sim	Drenagem/ Sarjeta
Rua Beta	Passarinho	166	Regular	Não	Direto na rua
Rua Beta	Passarinho	165	Regular	Não	Direto na rua
Rua Beta	Passarinho	2553	Regular		Direto na rua
Rua Beta	Passarinho	2556	Regular		Encosta
Rua Beta	Passarinho	211	Regular		Direto na rua
Rua Beta	Passarinho	212	Regular		Encosta
Rua Beta	Passarinho	42	Regular		Encosta
Rua Beta	Passarinho	02	Regular	Sim	Encosta
Rua Beta	Passarinho	39	Regular		Drenagem/ Sarjeta
Rua Alto da Telha	Passarinho	309	Regular		Direto na rua
Rua Alto da Telha	Passarinho	1373	Regular		Encosta
Rua Alto da Telha	Passarinho	1003	Regular	Não	Direto na rua
Rua Alto da Telha	Passarinho	1007	Regular	Não	Direto na rua
Rua Alto da Telha	Passarinho	1365	Regular		Direto na rua
Rua Alto da Telha	Passarinho	1369	Irregular		Encosta
Rua Alto da Telha	Passarinho	810, 812, 813	Regular	Não	
Rua Alto da Telha	Passarinho	1277	Regular		Direto na rua
Rua Alto da Telha	Passarinho	1004	Irregular	Sim	Drenagem/ Sarjeta
Rua Alto da Telha	Passarinho	1053	Irregular	Sim	Encosta
Rua Alto da Telha	Passarinho	1058	Irregular		Encosta
Rua Alto da Telha	Passarinho	s/n	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Alto da Telha	Passarinho	1061	Regular	Sim	Direto na rua
Rua Alto da Telha	Passarinho	1060	Regular	Não	Direto na rua
Rua Alto da Telha	Passarinho	1057	Regular	Não	Encosta
Rua Alto da Telha	Passarinho	1064 B	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Alto da Telha	Passarinho	67	Regular		Direto na rua
Rua da União	Passarinho	s/n	Regular		Direto na rua
Rua da União	Passarinho	107	Regular		Drenagem/ Sarjeta
Rua da União	Passarinho	559	Regular		Reservatório
Rua Córrego da Telha	Passarinho	s/n	Regular		Drenagem/ Sarjeta
Rua Córrego da Telha	Passarinho	101	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Córrego da Telha	Passarinho	52	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Córrego da Telha	Passarinho	200A	Regular	Não	Direto na rua

Logradouro	Bairro	Numero	lixo_coleta	lixo_enconsta	telhado_direção
Rua Córrego da Telha	Passarinho	25	Regular	Não	Encosta
Rua Córrego da Telha	Passarinho	01	Regular	Sim	Encosta
Rua Córrego da Telha	Passarinho	03	Regular		Drenagem/ Sarjeta
Rua Córrego da Telha	Passarinho	202	Regular		Direto na rua
Rua Córrego da Telha	Passarinho	202 A	Regular		Direto na rua
Rua Córrego da Telha	Passarinho	116	Regular	Não	Encosta
Rua Córrego da Telha	Alto da Telha	15	Regular	Não	Encosta
Rua Córrego da Telha	Passarinho	120	Regular	Não	Encosta
Rua Ururai	Passarinho	365	Regular	Não	Encosta
Rua Ururai	Passarinho	90	Regular	Sim	Encosta
Rua Ururai	Passarinho	122	Regular	Não	
Rua Ururai	Passarinho	14	Regular	Sim	Drenagem/ Sarjeta
Rua Parau	Passarinho	323	Regular	Sim	Drenagem/ Sarjeta
Rua Parau	Passarinho	135	Regular		
Rua Parau	Passarinho	102	Regular	Não	Direto na rua
Rua Parau	Passarinho	52B	Regular	Não	Encosta
Rua Parau	Passarinho	52	Regular	Sim	Direto na rua
Rua Peritiba	Passarinho	74B	Regular	Sim	
Rua Peritiba	Passarinho	139	Regular	Não	Direto na rua
Rua Peritiba	Passarinho	129	Regular	Não	Direto na rua
Rua Peritiba	Passarinho	135	Regular	Não	Direto na rua
Rua Peritiba	Passarinho	150	Regular	Não	Direto na rua
Rua Peritiba	Passarinho	98	Regular	Não	Direto na rua
Rua Peritiba	Passarinho	86 C	Regular	Não	
Rua Peritiba	Passarinho	96	Regular	Não	Direto na rua
Rua Peritiba	Passarinho	48	Regular	Não	Direto na rua
Rua Peritiba	Passarinho	21	Regular	Não	Encosta
Rua Peritiba	Passarinho	36	Regular	Não	Direto na rua
Rua Peritiba	Passarinho	29	Regular		
Rua Peritiba	Passarinho	30	Regular	Não	Direto na rua
Rua Peritiba	Passarinho	17A/B/C	Regular		
Rua Peritiba	Passarinho	54	Regular	Não	
Rua Peritiba	Passarinho	15	Regular		
Rua Peritiba	Passarinho	SN	Regular		
Rua Peritiba	Passarinho	359	Regular		
Rua Peritiba	Passarinho	74A	Regular		
Rua Peritiba	Passarinho	137	Regular		
Rua Peritiba	Passarinho	128	Regular		
Rua Peritiba	Passarinho	99	Regular		
Rua Peritiba	Passarinho	25	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Maria da Fé	Passarinho	10	Regular	Não	Encosta
Rua Maria da Fé	Passarinho	49	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Maria da Fé	Passarinho	58	Regular	Não	Terreno natural
Rua Maria da Fé	Passarinho	54	Regular		Direto na rua
Rua Maria da Fé	Passarinho	77	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Maria da Fé	Passarinho	45	Regular	Não	Encosta
Rua Maria da Fé	Passarinho	13	Regular	Não	Encosta
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	202	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	30B	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	78	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	07	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	165	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	76	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	51	Regular	Não	Drenagem/ Sarjeta

Logradouro	Bairro	Numero	lixo_coleta	lixo_enconsta	telhado_direção
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	144	Regular	Não	
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	22	Regular	Não	Direto na rua
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	160	Regular	Não	Direto na rua
Rua Antônio A. C. Reis	Passarinho	08	Regular	Não	
Rua Carlos Vanildo	Passarinho	10	Regular	Sim	Encosta
Rua Carlos Vanildo	Passarinho	12	Regular	Não	Direto na rua
Rua Carlos Vanildo	Passarinho	08	Regular	Não	
Rua Pedro Borba	Passarinho	222	Regular	Não	Direto na rua
Rua Pedro Borba	Passarinho	252	Regular	Sim	
Rua Pedro Borba	Passarinho	05	Regular	Sim	Direto na rua
Rua Pedro Borba	Passarinho	254	Regular	Sim	Direto na rua