

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Matheus Miotto Rizzon**

**RISCO GEOTÉCNICO DE ENCOSTAS OCUPADAS:  
AVALIAÇÃO E INDICAÇÃO DE SOLUÇÕES PARA  
MITIGAR PROBLEMAS NA VILA GRACILIANO RAMOS EM  
PORTO ALEGRE**

Porto Alegre

julho 2012

**MATHEUS MIOTTO RIZZON**

**RISCO GEOTÉCNICO DE ENCOSTAS OCUPADAS:  
AVALIAÇÃO E INDICAÇÃO DE SOLUÇÕES PARA  
MITIGAR PROBLEMAS NA VILA GRACILIANO RAMOS EM  
PORTO ALEGRE**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Luiz Antônio Bressani**

Porto Alegre  
julho 2012

**MATHEUS MIOTTO RIZZON**

**RISCO GEOTÉCNICO DE ENCOSTAS OCUPADAS:  
AVALIAÇÃO E INDICAÇÃO DE SOLUÇÕES PARA  
MITIGAR PROBLEMAS NA VILA GRACILIANO RAMOS EM  
PORTO ALEGRE**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2012

Prof. Luiz Antônio Bressani  
PhD pelo Imperial College de Londres  
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Alexandra Passuello**  
DSc. pela Università Politecnica delle Marche, Itália

**Fábio Bertuol**  
MSc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Vania Silva Krigger**  
Eng<sup>a</sup>. Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais, Ivan e Clarice, e ao meu irmão, Bruno, pelo apoio e carinho durante toda minha vida.

Agradeço à professora Carin pelo empenho, esforço e paciência (!) para que o presente trabalho pudesse ser concluído com sucesso.

Ao professor Luiz Antônio Bressani, pelo conhecimento, sabedoria e apoio prestado durante todo o decorrer do trabalho e, por que não, da graduação.

Agradeço em especial aos colegas mais próximos, por fazer da engenharia uma experiência única!

À engenheira Vania Krigger e à geóloga Juliana Dubois pela ajuda e contribuição fundamental para o desenvolvimento do trabalho.

Por fim, à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por proporcionar um aprendizado incrível.

*Life isn't about waiting for the storm to pass, it's about  
learning to dance in the rain.*

## RESUMO

Este trabalho aborda as condições geotécnicas em que se encontra a vila Graciliano Ramos, situada no bairro cascata, município de Porto Alegre, estado do Rio Grande do Sul. O local constitui uma ocupação irregular, situada em uma encosta, onde estão instaladas moradias de população de baixa renda. Esses fatores constituem um cenário de preocupação acerca da segurança da comunidade. A pesquisa bibliográfica aponta diversos motivos e razões que levam esse cenário a essa situação preocupante, como a falta de infraestrutura básica nas casas, ocupação desordenada, execução de obras sem controle nem fiscalização, ou seja, um ambiente propício a fatalidades. Para avaliar o risco em que se encontra a encosta, foram adotados os critérios de avaliação desenvolvidos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) juntamente com o Ministério das Cidades, que levam em conta diversos fatores a serem observados no levantamento. Esse sistema já vem sendo adotado por diversos municípios no País, assim sendo, é um meio fácil e eficiente de disseminar as informações obtidas. A encosta foi inicialmente dividida em duas grandes áreas, A e B, que eram bastante distintas em termos de infraestrutura. A área B, mais ao topo da encosta, é a área mais precária e mais vulnerável. A área A, na parte mais baixa, tratava-se de uma região que já sofreu intervenções de caráter urbanístico (pavimentação de acessos, construção de muros de contenção, drenagem, etc.) por parte do governo municipal. Na área B foram encontrados diversos agravantes, com inclinações de taludes excessivas, falta de drenagem pluvial e cloacal, paredões rochosos, que levaram a classificá-la como Risco Alto (R3). A área A foi dividida em três setores (1, 2 e 3) de acordo com a similaridade de perigos e vulnerabilidades. Os setores 1 e 2 foram enquadrados como Risco Médio (R2) devido aos taludes inclinados e falta de drenagem. O setor 3 foi caracterizado como Risco Baixo (R1) devido aos taludes inclinados próximos aos acessos. O setor em pior estado observado é o 3, onde haviam erosões, muros mal executados, além de taludes com inclinações perigosas, ainda assim, enquadrando-se como Risco Médio (R2). Dadas às condições de perigo e vulnerabilidades existentes, sugestões foram propostas para cada área. As sugestões possuem características apropriadas ao tipo de comunidade existente na área, ou seja, soluções com custo baixo e com características adequadas para esse modelo de ocupação.

Palavras-chave: Avaliação de Risco. Ocupação Irregular. Encostas.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de etapas da pesquisa .....	15
Figura 2 – (a) talude natural e (b) talude de corte e aterro .....	16
Figura 3 – Queda rochosa .....	19
Figura 4 – Tombamento .....	20
Figura 5 – Escorregamento rotacional .....	22
Figura 6 – Escorregamento translacional .....	23
Figura 7 – Escorregamento em cunha .....	25
Figura 8 – Corrida de detritos .....	25
Figura 9 – Rastejo .....	26
Figura 10 – Moradia muito próxima a talude de corte .....	35
Figura 11 – Despejo de lixo em encostas .....	36
Figura 12 – Mapa hipsométrico de Porto Alegre .....	48
Figura 13 – Mapa geológico de Porto Alegre .....	49
Figura 14 – Unidades geotécnicas de Porto Alegre .....	50
Figura 15 – Localização da Vila Graciliano Ramos no mapa geológico de Porto Alegre (círculo branco) .....	53
Figura 16 – Localização da Vila com identificação das diferentes áreas .....	54
Figura 17 – Setores de estudo da área A .....	61
Figura 18 – (a) casas muito próximas a taludes verticais e (b) material constituinte do corte .....	62
Figura 19 – Córrego próximo à habitação .....	63
Figura 20 – Trinca em muro existente .....	64
Figura 21 – Erosão devido a rompimento de tubulação .....	65
Figura 22 – Taludes excessivamente inclinados junto ao acesso .....	66
Figura 23 – Sistema de drenagem pluvial e cloacal .....	67
Figura 24 – (a) taludes inclinados com tubulação rompida e (b) bananeira no setor 3 ..	68
Figura 25 – (a) cortes realizados de maneira irresponsável e (b) acessos erodidos e lixo lançado .....	69
Figura 26 – (a) muro em fase de execução, (b) muro com fundação exposta e (c) muro com inclinação negativa .....	70
Figura 27 – Taludes inclinados com alturas de 3,00m .....	71
Figura 28 – Acessos com largura insuficiente .....	72
Figura 29 – Drenagem rompida .....	73
Figura 30 – Região com escassez de vegetação .....	74



## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Níveis de risco de cada região .....	80
---	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....	13
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	13
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	13
<b>2.2.1 Objetivo Principal</b> .....	13
<b>2.2.2 Objetivos Secundários</b> .....	13
2.3 PREMISSE .....	14
2.4 DELIMITAÇÃO .....	14
2.5 LIMITAÇÃO .....	14
2.6 DELINEAMENTO .....	14
<b>3 MOVIMENTOS DE MASSA</b> .....	16
3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE MOVIMENTOS DE MASSA .....	17
<b>3.1.1 Quedas de blocos</b> .....	18
3.1.1.1 Quedas Rochosas .....	18
3.1.1.2 Tombamento .....	19
<b>3.1.2 Escorregamentos</b> .....	20
3.1.2.1 Deslizamentos Rotacionais .....	21
3.1.2.2 Deslizamentos Translacionais .....	22
3.1.2.3 Deslizamentos em Cunha .....	24
<b>3.1.3 Corridas</b> .....	25
<b>3.1.4 Rastejos</b> .....	26
3.2 CONDICIONANTES DOS MOVIMENTOS DE MASSA .....	27
3.3 INDICATIVOS E MEDIDAS PREVENTIVAS .....	29
<b>4 OCUPAÇÃO ESPONTÂNEA</b> .....	31
4.1 INFRAESTRUTURA .....	31
4.2 ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS .....	32
4.3 AÇÕES ANTRÓPICAS .....	34
<b>5 MAPEAMENTO DE RISCO</b> .....	38
5.1 CONCEITOS .....	38
5.2 GERENCIAMENTO DO RISCO .....	39
5.3 MAPAS DE RISCO .....	43
5.4 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE RISCO .....	44
<b>6 GEOLOGIA LOCAL</b> .....	47

<b>7 AVALIAÇÃO DE RISCO</b> .....	52
7.1 APRESENTAÇÃO DO LOCAL .....	52
7.2 METODOLOGIA EMPREGADA .....	54
<b>7.2.1 Setorização do mapeamento</b> .....	55
<b>7.2.2 Identificação do Perigo</b> .....	56
7.2.2.1 Declividade e geometria do terreno .....	56
7.2.2.2 Materiais envolvidos .....	57
7.2.2.3 Blocos rochosos .....	57
7.2.2.4 Indícios de instabilidade .....	57
7.2.2.5 Presença de água .....	57
7.2.2.6 Vegetação .....	58
<b>7.2.3 Identificação da vulnerabilidade</b> .....	58
7.2.3.1 Posição relativa das moradias .....	58
7.2.3.2 Densidade da ocupação .....	58
7.2.3.3 Tipologia das construções .....	59
7.2.3.4 Consolidação da urbanização .....	59
7.3 AVALIAÇÃO DAS ÁREAS .....	60
<b>7.3.1 Estudo da área A</b> .....	60
7.3.1.1 Setor 1 .....	62
7.3.1.2 Setor 2 .....	64
7.3.1.3 Setor 3 .....	67
<b>7.3.2 Estudo da área B</b> .....	70
<b>8 INTERVENÇÕES SUGERIDAS</b> .....	76
8.1 SUGESTÕES PARA A ÁREA A .....	76
8.2 SUGESTÕES PARA A ÁREA B .....	77
<b>9 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	79
REFERÊNCIAS .....	81
APÊNDICE A .....	83



## 1 INTRODUÇÃO

O cenário da ocupação territorial hoje em dia é alarmante, do ponto de vista da segurança e forma com que vem sendo ocupadas as áreas ainda livres. Nas cidades de maior porte, as áreas mais fáceis e seguras de se viver já foram praticamente todas tomadas. Sendo essas áreas finitas e, em contra partida, a população continua a crescer, gera-se um problema de alocação desses novos indivíduos. Não tendo recursos para custear a construção de habitações seguras em locais perigosos, esses indivíduos acabam não tendo outra opção e instalam-se em locais perigosos, sob um teto em condições precárias.

Esse aumento de habitações em áreas mais inseguras se dá principalmente em encostas ocupadas de maneira irregular. Carvalho et al. (2007, p. 15) ressaltam:

Atualmente, o aumento do número de pessoas vivendo em áreas de risco de deslizamentos, enchentes e inundações têm sido uma das características negativas do processo de urbanização e crescimento das cidades brasileiras, o que se verifica, principalmente, nas regiões metropolitanas.

O grande problema nessa crescente e perigosa urbanização é que ela resulta em catástrofes. Milhares de famílias perdem todos os anos suas moradias, familiares, amigos, ou seja, para muitos, o resultado de uma vida toda é destruída em poucos segundos. Visto isto, dá-se por necessária a intensificação da realização de um mapeamento de risco dessas regiões. A função deste mapeamento é a identificação e a qualificação do risco que ali está instalado, para que as autoridades competentes tomem as medidas necessárias, sejam elas de remoção, de priorização de emergências, sejam de intervenção estrutural ou não-estrutural, com a função de minimizar o risco ao qual aquelas famílias estão expostas.

Para tal, o primeiro passo, para a análise dessas áreas, é realizar uma avaliação geotécnica, para se entender a real situação das encostas nas quais se encontram tais moradias irregulares. Esta avaliação aponta quais áreas estão mais sujeitas a movimentos de massa.

Um mapeamento de risco torna-se fundamental no atual contexto urbano, portanto, a análise geotécnica é fundamental para o início dessa atividade no município de Porto Alegre, cidade

que carece desse tipo de iniciativa. Para suprir essa necessidade, será desenvolvida, na Vila Graciliano Ramos em Porto Alegre, uma avaliação do risco geotécnico da área.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: conhecendo-se o nível do risco geotécnico em que se encontra a encosta, quais são as indicações de soluções para que se garanta um nível adequado de segurança contra movimentos de massa?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo Principal**

O objetivo principal do trabalho é a indicação de soluções adequadas para a região, tendo como base o conhecimento do risco em que esta se encontra.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) criação de ficha de campo para a realização da avaliação do risco geotécnico;
- b) determinação do risco geotécnico da encosta.

## 2.3 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que a avaliação dos perigos geotécnicos é fundamental para a realização de um mapeamento de risco em encostas e, esse mapeamento, para a indicação de medidas que mitiguem o perigo instalado, garantindo a segurança daqueles que ali vivem.

## 2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao estudo da vila Graciliano Ramos, no município de Porto Alegre/RS.

## 2.5 LIMITAÇÕES

O trabalho tem como limitações:

- a) a realização somente de uma avaliação qualitativa dos perigos geotécnicos da região estudada;
- b) não serão realizados ensaios de laboratório com o material da região;
- c) indicação das soluções não contemplará o projeto destas.

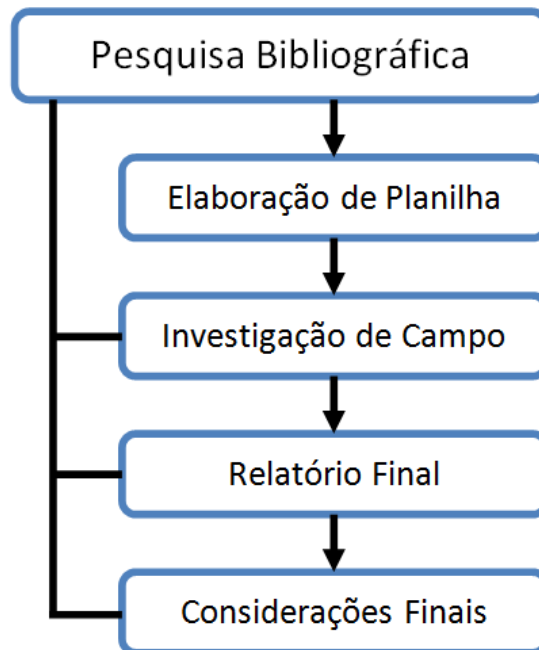
## 2.6 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) criação de planilha para levantamento geotécnico e das condições de moradia, com base nos critérios adotados pelo Ministério das Cidades;
- c) investigação de campo para coleta de informações;
- d) análise e elaboração de relatório final;
- e) considerações finais.



Figura 1 – Diagrama de etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A etapa referente à pesquisa bibliográfica será desenvolvida durante todo o decorrer do trabalho, a fim de buscar conhecimento e embasar as demais etapas. Com apoio nos conceitos estudados na primeira etapa, será desenvolvida uma planilha contendo os principais pontos a serem observados durante a próxima fase.

Na etapa de investigação de campo, serão realizadas visitas no local de estudo, com o intuito de observar e coletar dados e documentar os fatos pertinentes à pesquisa, para posterior análise. Já a quarta etapa consiste na elaboração de um relatório dos perigos encontrados no local, bem como dos eventos, que podem vir a causar uma situação danosa, organizados por tipo, magnitude e origem, a fim de facilitar a compreensão do problema. Ainda nesta fase, será realizada a adaptação do que foi relatado para o sistema adotado pelo Ministério das Cidades com o propósito utilizar critérios padrão, facilitando a disseminação da informação.

Por fim, será realizada uma análise final dos resultados obtidos com a pesquisa. Serão propostas soluções que mitiguem o risco instalado na encosta. Estas soluções têm como caráter a tentativa de redução do número de famílias reassentadas para implantação destas intervenções.

### 3 MOVIMENTOS DE MASSA

Para a compreensão dos movimentos de massa, é necessário conhecimento sobre a mecânica da estabilidade de taludes. Para tal, serão apresentados conceitos básicos sobre o tema a fim de esclarecer os principais mecanismos envolvidos.

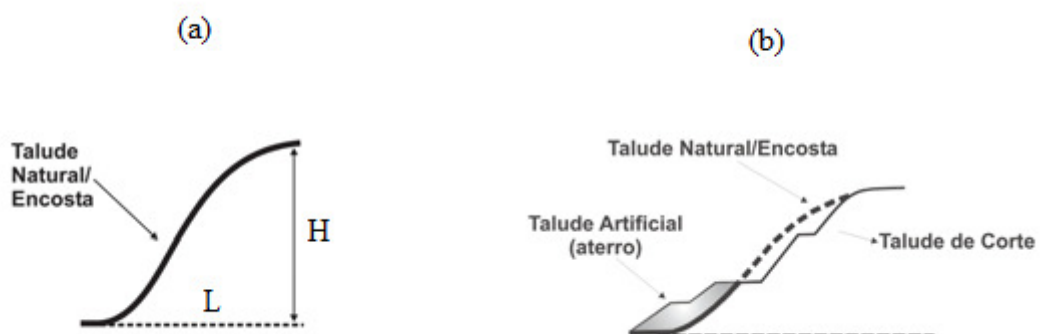
Tominaga (2009, p. 27) define movimento de massa como:

[...] o movimento do solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente sob a ação direta da gravidade. A contribuição de outro meio, como água ou gelo se dá pela redução da resistência dos materiais de vertente e/ou pela indução do comportamento plástico e fluido dos solos.

Os movimentos ocorrem em superfícies inclinadas, conhecidas como encostas, ou ainda, taludes naturais. As definições de taludes propostas por Carvalho et al. (2007, p. 29-30) são as seguintes e estão representadas na figura 2:

- a) talude natural: são definidos como encostas de maciços terrosos, rochosos ou mistos, de solo e/ou rocha, de superfície não horizontal, originados por agentes naturais;
- b) talude de corte: é definido como um talude, resultante de algum processo de escavação executado pelo homem;
- c) talude de aterro: refere-se aos taludes originados pelo aporte de materiais, tais como, solo, rocha e rejeitos industriais ou de mineração.

Figura 2 – (a) talude natural e (b) talude de corte e aterro



(fonte: adaptado de CARVALHO et al., 2007, p. 29-30)

Um dado importante sobre a geometria da encosta é a sua inclinação. Carvalho et al. (2007, p. 30) definem inclinação como “[...] o ângulo médio da encosta com o eixo horizontal medido, geralmente, a partir de sua base.”. Pode ser calculada com a seguinte fórmula, usando as variáveis apresentadas na figura 2:

$$\text{Inclinação} = \arctan (H/L) \quad (\text{fórmula 1})$$

Outra informação importante sobre a geometria do talude é a declividade. Carvalho et al. (2007, p. 30) definem declividade como “[...] o ângulo de inclinação em uma relação percentual entre o desnível vertical (H) e o comprimento na horizontal (L) da encosta.”. Pode ser calculada, também considerando a figura 2, com a seguinte fórmula:

$$\text{Declividade} = (H/L) \times 100 \quad (\text{fórmula 2})$$

Com a finalidade de complementar o conhecimento, serão apresentadas ainda as classificações, os condicionantes e os indicativos e medidas preventivas relacionadas aos movimentos de massa. Dessa forma, será possível obter um melhor entendimento sobre o assunto em estudo.

### 3.1 CLASSIFICAÇÕES DOS TIPOS DE MOVIMENTOS DE MASSA

Diversos movimentos de massa podem ocorrer segundo sua natureza, características e mecanismos. As classificações de diferentes tipos de deslizamentos são associadas a mecanismos específicos de falhas em taludes e às propriedades e características desses tipos de falhas geológicas (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008).

Existem diversas maneiras de classificar os diferentes movimentos de massa. Para este trabalho, será adotada a classificação proposta por Augusto Filho (1992). Nela, os movimentos são divididos em quatro grandes grupos:

- a) quedas;
- b) escorregamentos;
- c) rastejos;
- d) corridas.

### 3.1.1 Quedas de blocos

As quedas de blocos se dividem em dois grupos de eventos: as rochosas e os tombamentos. A seguir serão apresentadas as características de cada fenômeno.

#### 3.1.1.1 Quedas Rochosas

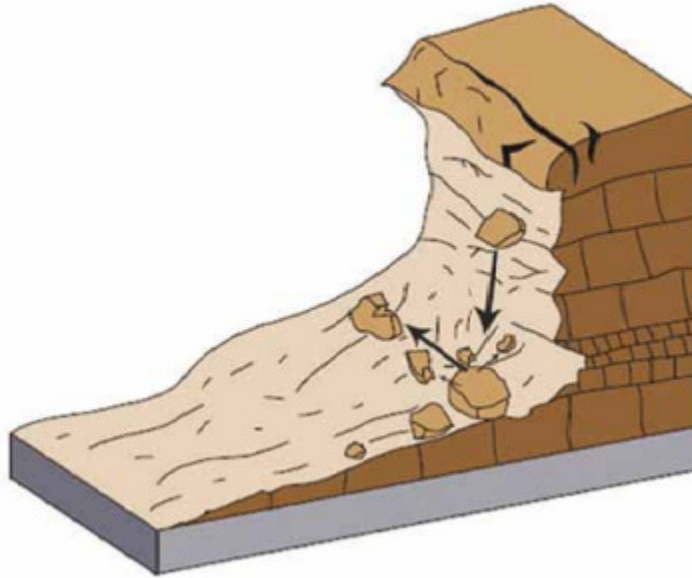
Highland e Bobrowsky (2008, p. 8) definem quedas rochosas, ilustradas na figura 3, como:

[...] movimentos repentinos para baixo, de rocha ou terra, ou ambas, que se desprendem de taludes íngremes ou de penhascos. O material que desce, geralmente bate nas paredes inferiores do talude num ângulo menor que o ângulo da queda, causando saltos. A massa em queda pode quebrar no impacto, pode iniciar um rolamento em taludes mais íngremes e pode continuar até a cota mais baixa do terreno.

Carvalho et al. (2007, p. 37) destacam as principais causas e condicionantes das quedas rochosas:

A ocorrência deste processo está condicionado à presença de afloramentos rochosos em encostas íngremes, abruptas ou taludes de escavação, tais como, cortes em rocha, frentes de lavra, etc., sendo potencializados pelas amplitudes térmicas, por meio da dilatação e contração da rocha. As causas básicas deste processo são a presença de descontinuidades no maciço rochoso, que propiciam isolamento de blocos unitários de rocha; a subpressão por meio do acúmulo de água, descontinuidades ou penetração de raízes. Pode ser acelerado pelas ações antrópicas, como, por exemplo, vibrações provenientes de detonações de pedreiras próximas. Ressalta-se que as frentes rochosas de pedreiras abandonadas podem resultar em áreas de instabilidade decorrentes da presença de blocos instáveis remanescentes do processo de exploração.

Figura 3 – Queda rochosa



(fonte: HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008, p. 10)

### 3.1.1.2 Tombamentos

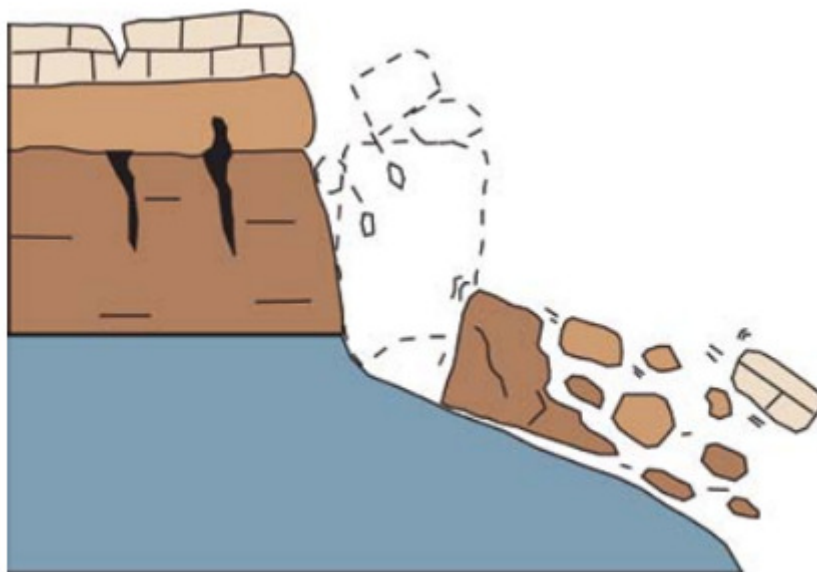
Highland e Bobrowsky (2008, p. 11) identificam tombamentos, ilustrados na figura 4, como:

[...] uma rotação frontal de uma massa de solo ou rocha para fora do talude, em torno de um ponto, ou eixo, abaixo do centro de gravidade da massa deslocada. Tombamentos são, às vezes, causados pela gravidade exercida sobre o peso do material na parte superior da massa deslocada. Tombamento podem conter rochas, detritos (material mais graúdo) ou terra (material de fina granulação). Também podem ser complexos e compostos. Às vezes, o envergamento se deve a água ou gelo nas fissuras da massa.

Carvalho et al. (2007, p. 38) destacam as principais características do tombamento:

[...] acontece em encostas/taludes íngremes de rocha, com discontinuidades (fraturas, diáclases) verticais. Em geral, são movimentos mais lentos que as quedas e ocorrem principalmente em taludes de corte, onde a mudança da geometria acaba desconfinando estas discontinuidades, propiciando o tombamento das paredes do talude.

Figura 4 – Tombamento



(fonte: HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008, p. 12)

### 3.1.2 Escorregamentos

Os escorregamentos propriamente ditos são os eventos mais comuns no Brasil. Um escorregamento é um movimento de uma massa de solo ou rocha, em declive, que ocorre sobre superfícies em ruptura ou sobre zonas relativamente finas com intensa deformação por cisalhamento (HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008). Carvalho et al. (2007, p. 35) ressaltam que “A geometria destes movimentos varia em função da existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza nos materiais movimentados, que condicionem a formação das superfícies de ruptura.”.

O mecanismo de ruptura ocorre, segundo Guidicini e Nieble (1983, p. 28), “[...] quando a relação entre a resistência ao cisalhamento do material e a tensão de cisalhamento na superfície potencial de movimentação decresce até atingir uma unidade, no momento do escorregamento.”. Guidicini e Nieble (1983, p. 29) comentam sobre as velocidades envolvidas neste tipo de movimento:

A velocidade do movimento depende da inclinação da superfície de escorregamento, da causa inicial de movimentação e da natureza do terreno. Variam de quase zero a alguns metros por segundo. Os movimentos mais bruscos ocorrem em terrenos relativamente homogêneos, que combinam coesão com atrito interno elevado. Nestes terrenos a superfície de escorregamento é mais inclinada.

Guidicini e Nieble (1983), Carvalho et al. (2007) e Highland e Bobrowsky (2008) evidenciam que um dos principais agentes deflagradores dos escorregamentos é a infiltração de água no maciço, geralmente causada pela ação de chuvas. Além de fatores naturais ajudarem a deflagrar os escorregamentos, a ação antrópica, principalmente em encostas de ocupação irregular, intensifica muito a ocorrência de rupturas, como evidenciado por Carvalho et al. (2007, p. 36):

Os deslizamentos induzidos, ou causados pela ação antrópica, são aqueles cuja deflagração é causada pela execução de cortes e aterros inadequados, pela concentração de águas pluviais e servidas, pela retirada da vegetação, etc. Muitas vezes, estes deslizamentos induzidos mobilizam materiais produzidos pela própria ocupação, envolvendo massas de solo de dimensões variadas, lixo e entulho.

De acordo com a geometria da encosta e materiais envolvidos, os escorregamentos podem ser divididos em três tipos, segundo Carvalho et al. (2007) e Tominaga (2009):

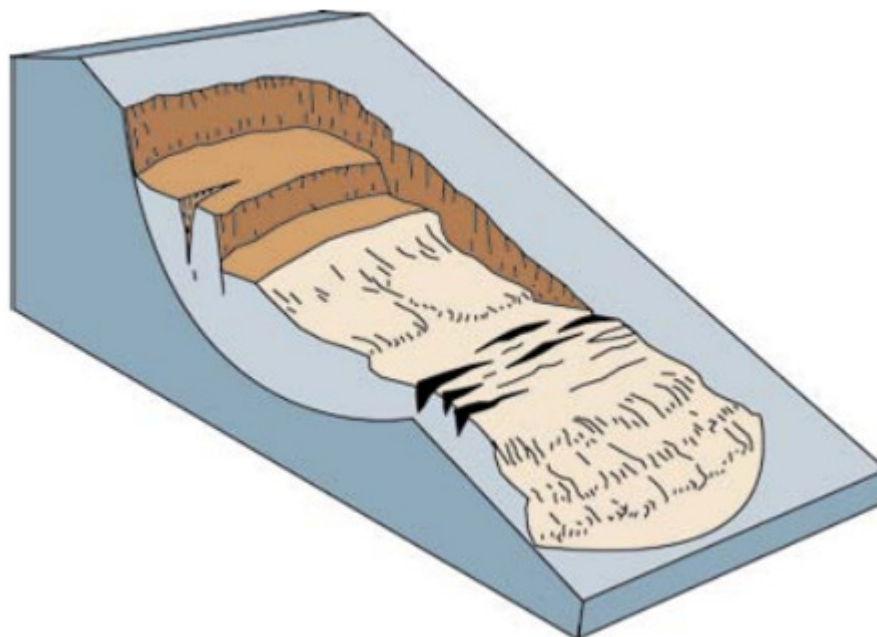
- a) rotacionais;
- b) translacionais;
- c) em cunha.

#### 3.1.2.1 Deslizamentos Rotacionais

Highland e Bobrowsky (2008, p. 13) definem escorregamentos rotacionais, ilustrados na figura 5, como:

[...] um tipo de deslizamento em que a superfície da ruptura é curvada no sentido superior (em forma de colher) e o movimento da queda de barreira é mais ou menos rotatório em torno de um eixo paralelo ao contorno do talude. A massa deslocada pode, sob certas circunstâncias, mover-se de maneira relativamente coerente, ao longo da superfície de ruptura e com pouca deformação interna. O topo do material deslocado pode mover-se quase que verticalmente para baixo e a parte superior desse material pode inclinar-se para trás em direção ao talude.

Figura 5 – Escorregamento rotacional



(fonte: HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008, p. 14)

Tominaga (2009, p. 29) observa que “A ocorrência destes movimentos está associada geralmente à existência de solos espessos e homogêneos, como os decorrentes da alteração de rochas argilosas.”. Highland e Bobrowsky (2008) e Carvalho et al. (2007) destacam que nos escorregamentos rotacionais é comum a ocorrência de várias rupturas paralelas e sucessivas no mesmo escorregamento. Também comentam o poder destrutivo desse evento, que pode tornar-se catastrófico, conforme a sua velocidade, ainda, evidenciam os mecanismos deflagradores deste, que além do efeito das chuvas, a erosão do pé do talude – seja por ações antrópicas, seja por causas naturais – são os principais causadores desses tipos de movimentos.

### 3.1.2.2 Deslizamentos Translacionais

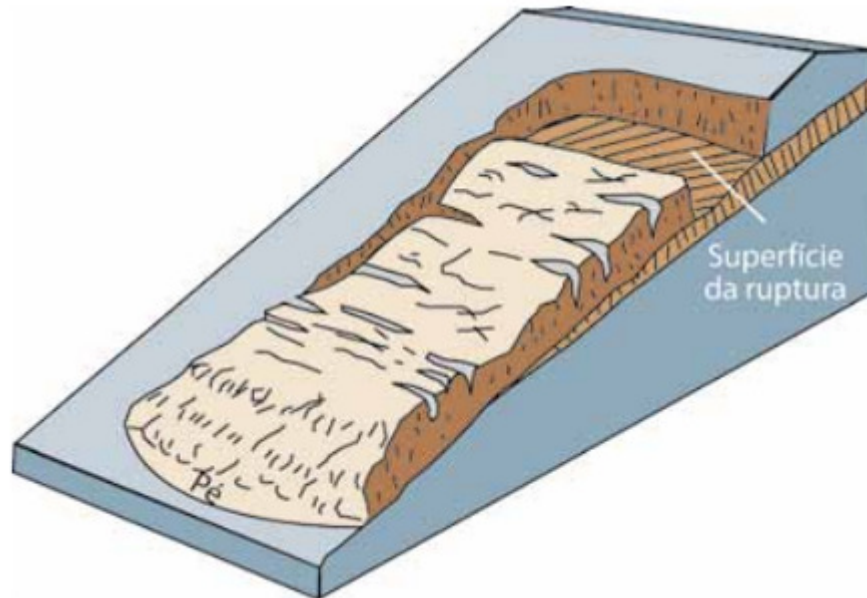
Highland e Bobrowsky (2008, p. 16) indicam sobre escorregamentos translacionais, ilustrados na figura 6:

A massa de um escorregamento translacional move-se para fora, ou para baixo e para fora, ao longo de uma superfície relativamente plana, com pequeno movimento rotacional ou inclinação para trás. Esse tipo de deslizamento pode progredir por distâncias consideráveis, se a superfície da ruptura estiver suficientemente inclinada, ao contrário dos escorregamentos rotacionais, que tendem a restaurar o equilíbrio do deslizamento. O material no escorregamento pode variar de solo solto e não adensado até grandes placas de rochas, ou ambos. Escorregamentos translacionais



comumente ocorrem ao longo de discontinuidades geológicas tais como falhas, junções, superfícies, estratificações, ou o ponto de contato entre rocha e solo.

Figura 6 – Escorregamento translacional



(fonte: HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008, p. 17)

Carvalho et al. (2007) e Tominaga (2009) evidenciam a alta frequência deste tipo de movimento das encostas brasileiras devido as altas declividades e heterogeneidade de solos e rochas, formando discontinuidades mecânicas e hidrológicas, ou seja, por exemplo, planos de fraqueza como foliação, xistosidade, fraturas, falhas.

Tominaga (2009) subdivide os escorregamentos translacionais em três grupos, ou seja, de:

- a) rocha;
- b) solo;
- c) rocha e solo.

De acordo com a classificação de Tominaga (2009, p. 30), nos escorregamentos de rocha “[...] a movimentação se dá em planos de fraqueza que correspondem às superfícies associadas à estrutura geológica, tais como, estratificação, xistosidade, gnaissificação, acamamento, falhas, juntas de alívio de tensões e outras.”.

Os escorregamentos de solo, segundo Tominaga (2009, p. 30) são:

[...] movimentos ao longo de uma superfície plana condicionada a alguma feição estrutural do substrato. Ocorrem dentro do manto de alteração, com forma tabular e espessuras que dependem da natureza das rochas, do clima e do relevo. Em geral, o movimento é de curta duração, de velocidade elevada e grande poder de destruição. Os escorregamentos translacionais associados com maior quantidade de água podem passar a corridas, ou podem se converter em rastejo, após a acumulação do material movimentado no pé da vertente.

Os escorregamentos translacionais de rocha e solo envolvem os dois materiais, evento comumente encontrado em tálus e solos coluvionares. Tominaga (2009, p. 30) afirma:

Nos escorregamentos translacionais de solo e rocha, a massa transportada pelo movimento apresenta um volume de rocha significativo. O que melhor representa tais movimentos é a que envolve massas de tálus/colúvio. Os depósitos de tálus/colúvio que, em geral, encontram-se nos sopés das escarpas, são constituídos por blocos rochosos e fragmentos de tamanhos variados envolvidos em matriz terrosa, provenientes do mesmo processo de acumulação.

Tominaga (2009) e Highland e Bobrowsky (2008) apontam que os principais mecanismos deflagradores deste tipo de escorregamento são as chuvas intensas, que acabam por criar uma superfície de ruptura junto a interface rocha-solo.

### 3.1.2.3 Deslizamentos em cunha

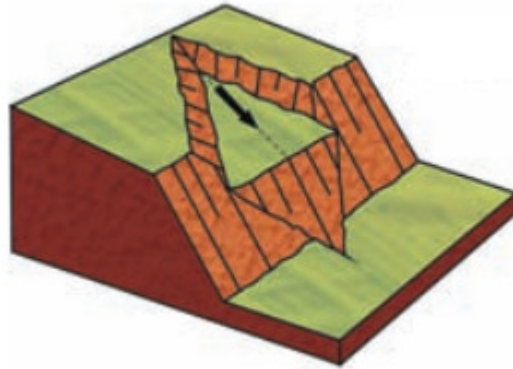
Carvalho et al. (2007, p. 36) comentam sobre deslizamentos em cunha, ilustrado na figura 7 como:

Os deslizamentos em cunha estão associados a saprolitos e maciços rochosos, onde a existência de dois planos de fraqueza desfavoráveis à estabilidade condicionam o deslocamento ao longo do eixo de intersecção destes planos. Estes processos são mais comuns em taludes de corte ou encostas que sofreram algum processo natural de desconfinamento, como erosão ou deslizamentos pretéritos.

Tominaga (2009, p. 31) ainda ressalta:

Os escorregamentos em cunha têm ocorrência mais restrita às regiões que apresentam um relevo fortemente controlado por estruturas geológicas. São associados aos maciços rochosos pouco ou muito alterados, nos quais a existência de duas estruturas planares, desfavoráveis à estabilidade, condiciona o deslocamento de um prisma ao longo do eixo de intersecção destes planos.

Figura 7 – Escorregamento em cunha

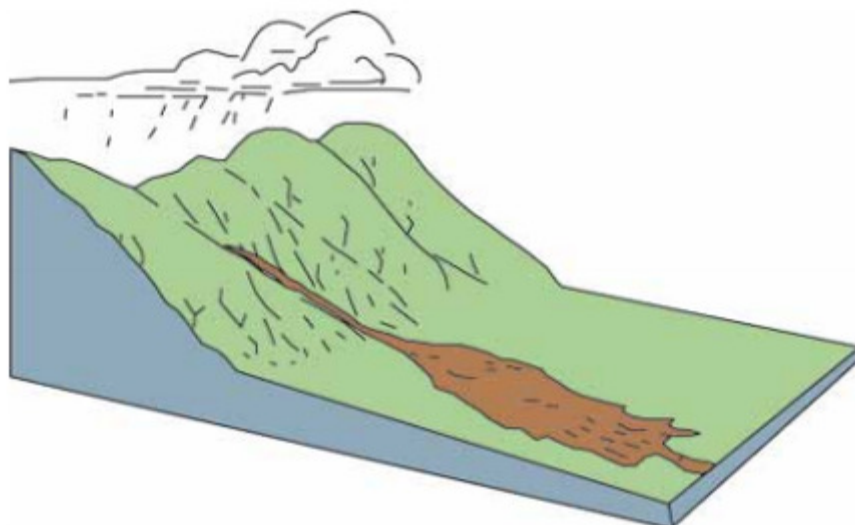


(fonte: TOMINAGA, 2009, p. 32)

### 3.1.3 Corridas

Highland e Bobrowsky (2008) e Tominaga (2009) definem as corridas, ilustradas na figura 8, como uma forma rápida de movimento de massa, em que solo solto e rochas, e por vezes, material orgânico, se misturam à água e formam lama que escoam por talude abaixo. Estes movimentos são gerados a partir de grande aporte de materiais como solo, rocha e árvores que, ao atingirem as drenagens, formam uma massa de elevada densidade e viscosidade.

Figura 8 – Corrida de detritos



(fonte: HIGHLAND; BOBROWSKY, 2008, p. 24)

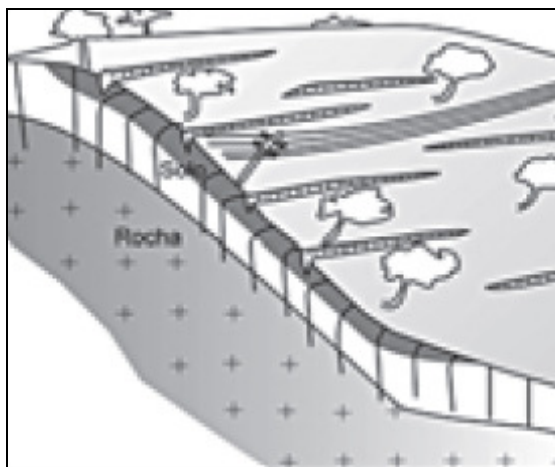
Highland e Bobrowsky (2008, p. 22) comentam que as corridas de detritos podem ser originadas de outros escorregamentos: “Ocasionalmente, quando um escorregamento rotacional ou translacional ganha velocidade, e a massa interna perde a coesão ou ganha água, esse fenômeno pode mudar para um fluxo de detritos.”.

### 3.1.4 Rastejos

Carvalho et al. (2007, p. 33) definem rastejos, ilustrados na figura 9, como:

[...] movimentos lentos, que envolvem grandes massas de materiais, cujo deslocamento resultante ao longo do tempo é mínimo (mm a cm/ano). Esse processo atua sobre os horizontes superficiais do solo, bem como, nos horizontes de transição solo/rocha e até mesmo em rocha, em profundidades maiores. Também é incluído neste grupo o rastejo em solos de alteração (originados no próprio local) ou em corpos de tálus (tipo de solo proveniente de outros locais, transportado para a situação atual por grandes movimentos gravitacionais de massa, apresentando uma disposição caótica de solos e blocos de rocha, geralmente, em condições de baixa declividade).

Figura 9 – Rastejo



(fonte: CARVALHO et al., 2007, p. 34)

Os rastejos em geral ocorrem em terrenos planos, com velocidades lentas e moderadas. Não há a ocorrência de uma superfície de ruptura bem definida, mesmo que em geral ocorra a mobilização de grandes volumes de material (HIGHLAND e BOBROWSKY, 2008; CARVALHO et al., 2007).

Carvalho et al. (2007, p. 33-34) apontam as principais causas e evidências dos rastejos:

[...] as evidências da ocorrência deste tipo de movimento são trincas observadas em toda a extensão do terreno natural, que evoluem vagarosamente, e árvores ou qualquer outro marco fixo, que apresentam inclinações variadas.

Sua principal causa antrópica é a execução de cortes em sua extremidade média inferior, o que interfere na sua precária instabilidade.

Tominaga (2009, p. 34) também ressalta as principais causas dos rastejos: “A causa da movimentação nos rastejos é a ação da gravidade, associada também aos efeitos das variações de temperatura e umidade. O processo de expansão e contração da massa de material, devido à variação térmica, provoca o movimento, vertente abaixo.”.

### 3.2 CONDICIONANTES DOS MOVIMENTOS DE MASSA

Os fatores condicionantes dos escorregamentos correspondem principalmente aos elementos do meio físico e, secundariamente, do meio biótico, os quais contribuem para o desencadeamento do processo (TOMINAGA, 2009). Esses fatores são naturais, ou seja, já fazem parte da dinâmica natural dos processos, e são chamados por Guidicini e Nieble (1983), de **agentes predisponentes**. Também há a ação do homem nesse processo, que pode vir a contribuir para a intensificação dos movimentos ou para a redução destes, conforme Tominaga (2009) e Highland e Bobrowsky (2008).

Pode-se classificar em dois grupos os condicionantes, em agentes:

- a) predisponentes;
- b) efetivos.

Os agentes predisponentes podem ser classificados, segundo Carvalho et al. (2007, p. 40), como:

[...] o conjunto das características intrínsecas do meio físico natural, podendo ser diferenciados em complexo geológico-geomorfológico (comportamento das rochas, perfil e espessura do solo em função da maior ou menor resistência da rocha ao intemperismo) e complexo hidrológico-climático (relacionado ao intemperismo físico-químico e químico). A gravidade e a vegetação natural também podem estar inclusos nesta categoria.

Ou seja, esses agentes são um conjunto de condições naturais que a região possui, sendo estas características intrínsecas, não de responsabilidade humana (TOMINAGA, 2009). Carvalho et

al. (2007, p. 41) classificam os agentes efetivos como: “[...] elementos diretamente responsáveis pelo desencadeamento dos movimentos de massa [...]”, sendo divididos em preparatórios e imediatos.

Alguns exemplos de agentes efetivos preparatórios, segundo Carvalho et. al (2007, p. 41), são:

- a) pluviosidade;
- b) erosão pela água e vento;
- c) variação de temperatura e umidade;
- d) oscilação de nível d’água;
- e) ação humana e de animais (inclusive desflorestamento).

Os autores também destacam os agentes imediatos:

- a) chuva intensa;
- b) vibrações;
- c) ondas;
- d) ventos;
- e) ação humana.

No cenário brasileiro, pode-se dizer que os principais agentes efetivos são as chuvas intensas e a ação antrópica sobre as encostas. A pluviosidade é sem dúvida um importante fator condicionante dos escorregamentos. Na região tropical úmida brasileira, a associação dos escorregamentos à estação das chuvas, notadamente às chuvas intensas, já é de conhecimento generalizado (TOMINAGA, 2009).

O agente antrópico é considerado de fundamental importância para a instabilização de encostas, como ressaltado por Tominaga (2009, p. 35):

A ação do homem é vista por diversos autores como importante agente modificador da dinâmica natural do relevo e, por conseguinte, da estabilidade das vertentes. A ocupação desordenada das vertentes nas regiões serranas brasileiras tem provocado inúmeros acidentes.

### 3.3 INDICATIVOS E MEDIDAS PREVENTIVAS

Quando há a ocorrência de movimentação de encostas habitadas, existem indicativos visuais que podem ser observados para serem tomadas providências. Highland e Bobrowsky (2008, p. 56) apontam como os mais comuns:

- a) nascentes, infiltrações e solo úmido ou saturado, em áreas previamente secas na base de taludes;
- b) rachaduras – na neve, no gelo, no solo, em rochas ou no cume dos taludes;
- c) calçadas ou lajes que se distanciam do solo próximo a declives; solo que se afasta de fundações;
- d) cercas que se encontram fora de prumo ou se apresentam de forma distinta, quando já foram em linha reta;
- e) protuberâncias incomuns ou mudanças de altitude no chão, calçamentos, passeios, ou calçadas;
- f) postes, árvores, cercas e muros inclinados;
- g) inclinação ou rachaduras excessivas no piso de concreto e fundações;
- h) danos em tubulações de água ou em outras estruturas subterrâneas;
- i) rápido aumento ou diminuição dos níveis de cursos de água, eventualmente acompanhado de aumento de turbidez (teor de turvação da água pelo solo);
- j) emperramento de portas e janelas e espaços abertos visíveis, indicando que paredes e molduras estão mudando e se deformando;
- k) rangidos, estalos ou ruídos em casas, edifícios ou bosques (por exemplo, raízes rachando ou quebrando);
- l) afundamento ou inclinação para baixo/queda de estradas ou caminhos.

Tendo em vista os danos potenciais que os movimentos de massa podem causar à população, são necessárias medidas preventivas, com intuito de agir antes que o problema aconteça. Basicamente há dois grupos de ações que podem ser realizadas, ou seja, medidas:

- a) estruturais;
- b) não estruturais.

Vedovello e Macedo<sup>1</sup> (2007 apud TOMINAGA, 2009, p. 37-38, grifo do autor) define-as como:

---

<sup>1</sup> VEDOVELLO, R.; MACEDO, E. S. Deslizamento de Encostas. In: SANTOS, R. F. (Org.) **Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, 2007.

As **medidas estruturais** envolvem obras de engenharia, em geral de alto custo, tais como obras de contenção de taludes, implantação de sistemas de drenagem, reurbanização de áreas.

Quanto às medidas **não estruturais**, estas se referem às ações de políticas públicas voltadas ao planejamento do uso do solo e ao gerenciamento, como o zoneamento geoambiental, planos preventivos de defesa civil, educação ambiental.

Kobiyama et al. (2006) recomenda algumas medidas a serem tomadas para minimizar os riscos nas encostas:

- a) evitar construir em encostas muito íngremes e próximo a cursos d'água em vales muito profundos
- b) não realizar cortes em encostas sem licença da Prefeitura, pois poderá contribuir ainda mais para intensificar o efeito da declividade;
- c) entrar em contato com órgãos municipais, estaduais e federais, buscando informações sobre ocorrências deste fenômeno na região. Os técnicos locais são as pessoas mais capazes para avaliar o perigo potencial;
- d) exigir junto às prefeituras estudos sobre a região, além de planos de controle e monitoramento das áreas de risco;
- e) discutir e promover junto à comunidade e associações, ações preventivas para aumentar a segurança em relação aos escorregamentos;
- f) nunca desmatar as encostas dos morros, principalmente em locais onde já existam casas e outras construções;
- g) não acumular sujeira e lixo em lugares inclinados porque eles entopem a saída de água, aumentam o peso e desestabilizam os terrenos;
- h) conversar com os moradores acerca dos escorregamentos e tentar elaborar algumas medidas preventivas;
- i) checar a estrutura da casa, muros e terreno, verificando se não existem rachaduras e fissuras que possam estar comprometendo a casa ou propriedade. Chamar um técnico para fazer uma avaliação urgente;
- j) estar atento aos boletins meteorológicos e as notícias de rádio e TV da região. Lembrar-se: as chuvas intensas podem facilmente desencadear os escorregamentos.



## 4 OCUPAÇÃO ESPONTÂNEA

O cenário da ocupação urbana hoje traz a tona um problema grave, isto é, a contínua expansão urbana a locais de difícil ocupação em termos de segurança das habitações. Esses locais, que deveriam receber investimentos para se tornarem seguros, vêm sendo ocupados de maneira desordenada pela população de baixa renda. Dessa maneira configurando um cenário catastrófico, alia regiões não propícias a moradias irregulares à população de baixa renda, ocupando-as de maneira não racional. Essa ideia é reforçada por Oliveira e Mélo (2005, p. 544) ao afirmarem que “Essa expansão urbana, agravada pelo estado de pobreza da população, proporcionou grandes ocupações irregulares em área impróprias, sujeitas a inundações, locais poluídos, com solos de baixa capacidade de carga e áreas de encostas.”. Carvalho et al. (2007, p. 9) complementam:

O processo de urbanização brasileiro, caracterizado pela apropriação pelo mercado imobiliário das melhores áreas das cidades e pela ausência, quase que completa, de áreas urbanizadas destinadas à moradia popular, levou a população mais pobre a buscar resolver seu problema de moradia ocupando áreas vazias desprezadas pelo mercado. Neste processo, áreas ambientalmente frágeis, como margens de rios, mangues e encostas íngremes desocupadas, foram ocupadas de forma precária.

Em relação a esse tipo de ocupação, serão apresentados tópicos abordando conceitos sobre a infraestrutura, os aspectos sócioeconômicos e ações antrópicas. Esses assuntos são relevantes para a compreensão dos problemas enfrentados nas encostas ocupadas de maneira irregular.

### 4.1 INFRAESTRUTURA

Um dos grandes problemas da ocupação espontânea em áreas de encostas é em relação à infraestrutura que as habitações e a comunidade apresentam. Essa infraestrutura precária é de fundamental importância para o agravamento do risco em que as populações se encontram. A falta ou deficiência desta está diretamente relacionada aos desastres que ocorrem nas regiões que foram ocupadas de maneira desordenada. Carvalho et al. (2007, p. 3) reforçam essa ideia:

Em regiões marcadas por períodos chuvosos mais severos, tais ocupações, caracterizadas por baixo padrão construtivo e pela ausência de infra-estrutura urbana, tornam-se extremamente vulneráveis a eventos como os deslizamentos de

encostas e inundações que, por sua vez, implicam acidentes envolvendo danos materiais e perdas humanas.

Tominaga (2009, p. 37) complementa esse fato em:

Os escorregamentos e demais movimentos de massa são processos que dependem de vários fatores ambientais que atuam naturalmente na evolução das formas de relevo de morros e serras.

Entretanto, nos últimos anos, o expressivo aumento do número de acidentes associados a escorregamentos nas encostas urbanas tem como principal causa a ocupação desordenada de áreas com alta suscetibilidade a escorregamentos [...]

O fato é que as regiões ocupadas de maneira espontânea já são naturalmente áreas não convidativas à ocupação, no entanto a população ocupa a região por falta de opções e recursos, agravando os perigos existentes. Carvalho et al. (2007, p. 9) indicam que:

A precariedade da ocupação (representada por aterros instáveis, taludes de corte em encostas íngremes, palafitas, ausência de redes de abastecimento de água e coleta de esgoto), aumenta a vulnerabilidade das áreas já naturalmente frágeis, fazendo com que surjam setores de alto risco que, por ocasião dos períodos chuvosos mais intensos, têm sido palco de graves acidentes.

Oliveira e Mélo (2005) apontam que a falta de infraestrutura básica das áreas ocupadas de forma espontânea tem origem direta nas condições sócioeconômicas destas. Tendo em vista essa precariedade de infraestrutura das comunidades, Carvalho et al. (2007) indicam a necessidade de políticas de desenvolvimento que englobem a realização de uma urbanização destas áreas, para vir a reduzir o risco da região.

## 4.2 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

O contexto urbano, do ponto de vista social, é bastante precário, visto a falta de políticas de habitação, principalmente para as populações de baixa renda. Carvalho et al. (2007, p. 3) confirmam essa visão:

Uma pesquisa realizada pela Fundação João Pinheiro em 2005 apontou um déficit habitacional de 7.902.699 no Brasil. Isso reflete o atual quadro de exclusão social quanto ao direito de moradia, tendo como pano de fundo o processo desordenado histórico de urbanização no País.

A ausência ou má aplicação de uma política de habitação e de desenvolvimento urbano levou boa parte da população a ocupar áreas ambientalmente frágeis, especialmente em margens de rios e encostas.

Para uma eficiência das políticas voltadas às populações de baixa renda vivendo em áreas de risco, é necessária a inclusão destas nas decisões voltadas, justamente, a elas. Oliveira e Mélo (2005, p. 545) indicam que é “[...] fundamental a participação comunitária das decisões de políticas de desenvolvimento.”.

Essa inserção das comunidades nos processos de decisão não só tem como função ouvir a população atingida pelas decisões, como também entender as características sócio-econômicas da comunidade, ressaltado por Oliveira e Mélo (2005, p. 544) em:

[...] é imprescindível que os profissionais envolvidos tenham perfeito conhecimento da situação em que enfrentam e que para a máxima otimização dos recursos, os projetos devem englobar não somente obras de infra-estrutura e contenções, mas todo um trabalho sócio-educativo das áreas para que os moradores perpetuem o sucesso das intervenções

Esse conhecimento do quadro social das comunidades é importante para a longevidade e a auto-sustentabilidade das intervenções. Além disso, a participação da comunidade em projetos de caráter educativo também é recomendada, pois estes possuem como objetivos principais a instrução das corretas utilizações e de manutenções dos benefícios ali implantados, bem como o cumprimento de determinadas responsabilidades por parte da comunidade, apontam Oliveira e Mélo (2005). Os mesmos autores afirmam ainda que a comunidade também deve tomar parte das decisões técnicas de maneira a realizar projetos mais coerentes com o cenário em que essa população se encontra. Oliveira e Mélo (2005, p. 545) ainda destacam as consequências negativas da não inclusão das comunidades nos processos de decisão:

[...] a experiência demonstra que a exclusão das comunidades beneficiadas dos processos de decisão e implantação dos serviços e empreendimentos a eles destinados gera projetos inadequados e total descompromisso por parte dos beneficiários em relação às melhorias implantadas.

No entanto, muitas vezes, pressões produtivas e financeiras levam a projetos que não se adequam a realidade social das comunidades. Muitas vezes, a realização de certas obras nesse tipo de cenário acarretam problemas pós-execução, por exemplo, a opção por muros em gabião acaba por ser uma má idéia visto que em certos casos os moradores acabam por retirar pedras de dentro da estrutura, afirmam Oliveira e Mélo (2005, p. 545). Os autores também ressaltam o conflito entre o orçamento e o cenário onde a obra se encontra, pois: “[...] por um lado o desejo de obras menos onerosas, por outro a insegurança e indefinições nos projetos conduzem a intervenções, do ponto de vista de contenções, mais custosas.”.

### 4.3 AÇÕES ANTRÓPICAS

As ações realizadas pelas populações sobre as encostas onde habitam são as principais causas de instabilizações. Ideia essa, reforçada por Tominaga (2009, p. 35):

A ação do homem é vista por diversos autores como importante agente modificador da dinâmica natural do relevo e, por conseguinte, da estabilidade das vertentes. A ocupação desordenada das vertentes nas regiões serranas brasileiras tem provocado inúmeros acidentes.

Highland e Bobrowsky (2008, p. 45) apontam a ação humana como um dos deflagradores das instabilizações uma vez que a “Perturbação ou alteração dos padrões de drenagem, desestabilização das encostas e remoção da vegetação são fatores comuns, induzidos pelo homem, que podem dar início a deslizamentos de terra.”. As ações antrópicas são de maior ocorrência em regiões ocupadas por populações de baixa renda, que as realizam sem controle, como ressalta Carvalho et al. (2007, p. 31): “[...] a ocorrência de deslizamentos resulta da ocupação inadequada, sendo, portanto, mais comum em zonas com ocupações precárias de baixa renda.”.

Mendonça e Guerra<sup>2</sup> (1997 apud MENDONÇA et al., 1998) apontam como as principais ações antrópicas que vem a causar deslizamentos em encostas as seguintes:

- a) desmatamento, capina ou queimada;
- b) implantação de moradias em área sujeita a evolução natural da encosta;
- c) execução de cortes e aterro a meia encosta para implantação de moradias e acessos;
- d) abertura aleatória de vias de acessos;
- e) despejo de detritos (lixo, entulho, matérias de escavações e refugos) sobre a superfície da encosta;
- f) obstrução de cursos d'água naturais;
- g) despejo de águas pluviais e esgotos diretamente sobre o terreno e de forma concentrada e pontual;
- h) execução de redes de água, esgoto e drenagem de forma deficiente, provocando vazamentos;
- i) execução de fossas absorventes (sumidouros);
- j) plantação de vegetação não recomendadas, tais como bananeiras.

---

<sup>2</sup> MENDONÇA, M. B.; GUERRA, J. A. T. A problemática dos processos geodinâmicos frente a ocupação de encostas. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 2., 1997, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABMS; ABGE; ISSMGE, 1997. p. 935-940.

Os desmatamentos que ocorrem em áreas de ocupação espontânea, que têm muitas vezes função de limpar e deixar mais segura a área contra animais (ratos, mosquitos, moscas, etc.), preocupam no ponto em que a remoção uma vegetação superficial acaba por retirar as raízes que ali estavam, que promoviam uma proteção contra processos erosivos. Essa retirada também aumenta o nível de infiltração de água no solo, reduzindo sua resistência, apontam Oliveira e Mélo (2005). Estes autores também indicam que as moradias que se encontram em locais que estejam sofrendo processos naturais de conformação natural devem ser removidas.

Oliveira e Mélo (2005, p. 548) relatam, conforme mostrado na figura 10, que “[...] é comum a execução de cortes nos taludes para a implantação de casa, sendo também comum encostar a parede de alvenaria de blocos cerâmicos, ou seja, sem função estrutural de contenção, neste corte.”. Os problemas mais comuns apresentados, no que diz respeito à execução de cortes e aterros a meia encosta, são a falta de critérios técnicos na execução de aterros, pois acabam por serem criadas superfícies favoráveis de ruptura. Os autores ainda destacam:

Os aterros executados sem o devido controle técnico, apresentam-se muitas vezes fofo, pouco compactos ou inconsistentes, com elevação da porosidade que, pela condição de não saturação, o executor tem a sensação de uma boa resistência que é perdida com a eliminação da sucção (saturação).

Figura 10 – Moradia muito próxima à talude de corte



(fonte: TOMINAGA, 2009, p. 37)

A abertura aleatória de vias de acesso é um dos principais problemas das áreas de ocupação irregular, conforme Oliveira e Mélo (2005, p. 548): “[...] quando da implantação por moradores, normalmente não é executado qualquer tipo de sistema de drenagem, que com o

aumento do escoamento superficial, aumenta o arraste de partículas de solos (processos erosivos)”. Para tal, os autores recomendam a participação da comunidade no momento da realização dos projetos, para que no futuro não seja necessária a abertura de novas vias. Ainda lembram que as vias servem com limitadores para a construção de novas residências.

O principal problema apontado por Oliveira e Mélo (2005, p. 549), em relação ao despejo de detritos (lixo, entulho, matérias de escavações e refugos), situação ilustrada na figura 11, sobre a superfície da encosta é o fato de “[...] implicar em obstrução dos sistemas de drenagem [...]”. Outro problema de caráter mecânico apresentado pelos autores é que: “[...] o despejo de materiais de forma não controlada estabelece superfícies de ruptura favoráveis, principalmente por se tratar de materiais não consolidados ou compactados [...]”. Também salientam a necessidade da criação de um sistema de coleta de resíduos sólidos, juntamente com a participação da comunidade na questão sanitária.

Figura 11 – Despejo de lixo em encostas



(fonte: A PREFEITURA..., 2011)

Os principais problemas relativos a obstrução de cursos naturais d’água, observados por Oliveira e Mélo (2005, p. 550) são: “[...] relacionados a saturação de solos, resultado de alagamentos.”. Indicam que devem ser regularizados os cursos naturais e, caso necessário, retiradas as moradias que venham a obstruir esses cursos.

Oliveira e Mélo (2005, p. 550) apontam que o despejo de águas pluviais e esgotos diretamente sobre o terreno de forma concentrada e pontual: “[...] favorecem uma maior infiltração localizada e conseqüentemente a saturação do solo da região, podendo provocar a instabilização do talude.”. Fato esse agravado pela quase inexistência de redes de esgoto e drenagem em regiões de ocupação espontânea. Quando há redes de esgoto, água e drenagem mal executadas, os autores indicam a realização de correções e revisões. Entretanto, a execução de fossas absorventes (sumidouros) não é recomendada para unidades implantadas em encostas, visto a grande contribuição à saturação do solo naquela região.

Nas encostas ocupadas de maneira espontânea, é comum a identificação de vegetação. No entanto, muitas são bananeiras. Esse tipo de vegetação tem como principal problema a captação de águas pluviais e despejo concentrado no solo, através de sua raiz. Oliveira e Melo (2005, p. 550) concordam que se deve evitar esse tipo de plantação, removendo-as e alertando a população local sobre seus males à encosta.

## 5 MAPEAMENTO DE RISCO

Áreas de risco precisam ser identificadas e classificadas para uma melhor política de ocupação das áreas hoje. Tominaga (2009, p. 149) evidencia que “[...] ocorrências podem ser evitadas se houver planejamento adequado no uso e ocupação do solo. Há outras, porém que não são evitáveis, mas os danos que causam podem ser impedidos ou minimizados, se forem adotadas medidas de prevenção.”. Para tal, é necessário conhecer os problemas e para isso um mapeamento de risco é fundamental. A realização deste envolve o entendimento de conceitos básicos, gerenciamento do risco, mapas e a determinação do grau de risco. Esses tópicos serão abordados a seguir.

### 5.1 CONCEITOS BÁSICOS

Os conceitos, ou terminologias, envolvidos em mapeamento de risco ainda estão sendo inseridos aos poucos, e muitos são polêmicos entre pesquisadores da área. No presente trabalho, serão explicitados os termos utilizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas e a terminologia de maior concordância entre os pesquisadores internacionais, definida pelo Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes. Carvalho et al. (2007, p. 25-26) apresentam a seguir os termos do IPT:

- a) evento: fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo, sem causar danos econômicos e/ou sociais;
- b) perigo (*hazard*): condição ou fenômeno com potencial para causar consequência desagradável;
- c) vulnerabilidade: grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo;
- d) suscetibilidade: indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência;
- e) risco: relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco;
- f) área de risco: área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas



estão sujeitas a danos a integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).

Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes (2008, p. 6) define os termos a seguir:

a) susceptibilidade de deslizamento: uma análise quantitativa ou qualitativa da classificação, volume (ou área) e distribuição espacial de deslizamentos que existem ou podem ocorrer em uma área. A susceptibilidade também pode incluir uma descrição da velocidade e intensidade do deslizamento existente ou em potencial. Embora seja esperado que deslizamentos ocorrerão com mais frequência em áreas mais suscetíveis, na análise de susceptibilidade o período de tempo não é levado em conta. A susceptibilidade de deslizamento inclui deslizamentos cuja origem é em sua própria área ou fora de sua área, mas pode se mover para ou regressar à área de origem.

b) perigo: Uma condição com o potencial de causar uma consequência indesejável. A descrição de um perigo de deslizamento deve incluir o local, volume (ou área), classificação e velocidade dos deslizamentos em potencial e materiais destes resultantes, e a probabilidade de sua ocorrência dentro de um período de tempo determinado.

c) elementos em risco: a população, prédios e construções, atividades econômicas, serviços públicos, outros tipos de infraestrutura e valores do meio ambiente na área que é potencialmente afetada pelo perigo do deslizamento.

d) vulnerabilidade: o grau de perda para um dado elemento ou grupo de elementos dentro da área afetada pelo deslizamento. É expressa numa escala de zero (sem perda) até um (perda total). Para propriedades, a perda será o valor do dano relativo ao valor da propriedade; para pessoas, será a probabilidade de uma vida em particular (elemento em risco) ser perdida, dado que a pessoa seja afetada pelo deslizamento.

e) risco: uma medida da probabilidade e severidade de um efeito adverso à saúde, propriedade ou meio ambiente. O risco é frequentemente estimado pelo produto da probabilidade de um fenômeno de uma dada magnitude multiplicado por suas consequências. No entanto, uma interpretação mais geral de risco envolve uma comparação da probabilidade e consequências numa forma que não calcule o produto. Para análise quantitativa de risco o uso da intensidade do deslizamento é recomendado.

## 5.2 GERENCIAMENTO DO RISCO

Segundo Carvalho et al. (2007, p. 18), o gerenciamento de risco trabalha com dois fundamentos básicos: a previsão e a prevenção. A previsão consiste na “[...] identificação das áreas de risco e indica os locais onde poderão ocorrer acidentes (definição espacial = **onde**),

estabelecendo as condições e as circunstâncias para a ocorrência dos processos (definição temporal = **quando**).”, e a prevenção tem como objetivo “[...] a possibilidade de adotar medidas preventivas, visando impedir a ocorrência dos processos ou a redução das magnitudes, minimizando os impactos e agindo diretamente sobre edificações e/ou a própria população.”.

Perante os riscos, pode-se tomar ações baseadas em três enfoques distintos (CARVALHO et al., 2007):

- a) reduzir o risco;
- b) evitar a formação de áreas de risco;
- c) conviver com os problemas.

A intenção de reduzir os riscos consiste em agir sobre os processos e consequências envolvidas. Carvalho et al. (2007, p. 16) afirmam que “[...] tem como objetivo, eliminar ou reduzir o risco agindo sobre o próprio processo – por meio da implantação de medidas estruturais, ou sobre a consequência – removendo os moradores das áreas de risco.”.

Evitar a formação de áreas de risco tem como enfoque o controle do uso do solo, pois há uma pressão de ocupação por parte da população a áreas não habitadas. Carvalho et al. (2007, p. 16) reforçam a afirmação que tal ação visa:

[...] evitar a formação e o crescimento de áreas de risco aplicando um controle efetivo da forma de uso e ocupação do solo, por meio de fiscalização e de diretrizes técnicas que possibilitem a ocupação adequada e segura de áreas suscetíveis a riscos geológicos e hidrológicos.

A convivência com os problemas tem como foco os planos preventivos da Defesa Civil. Carvalho et al. (2007, p. 16) indicam a:

[...] convivência com os riscos geológicos presentes por meio da elaboração e operação de planos preventivos de Defesa Civil, envolvendo um conjunto de ações coordenadas que buscam reduzir a possibilidade de ocorrência de perda de vidas humanas, visando um convívio com as situações de risco dentro de níveis razoáveis de segurança.

Para se desenvolver um trabalho de gestão de áreas de risco, parte-se de cinco perguntas básicas relativas à situação em que se encontram tais áreas. Carvalho et al. (2007, p. 17) apresentam tais perguntas:

- a) o que e como ocorre?
- b) onde ocorrem os problemas?
- c) quando ocorrem os problemas?
- d) o que fazer?
- e) quem irá fazer?

Ou seja, as duas primeiras perguntas têm como função a identificação e mapeamento dos processos envolvidos, isto é, a definição de como e onde o problema ocorre e quais são seus condicionantes. Após essa identificação, através de correlações e monitoramento procura-se estimar quando ocorrerá o processo. Definidas essas variáveis, deve-se identificar as medidas, sejam elas estruturais ou não estruturais, a se realizar na área, e quem irá executá-las, afirmam Carvalho et al. (2007).

Frente a esses questionamentos, a Agência de Coordenação das Nações Unidas para o Socorro em Desastres (UNDRO) elaborou um modelo de abordagem para o enfrentamento de acidentes naturais (CARVALHO et al., 2007). A abordagem possui como base, duas atividades: a prevenção e a preparação. Carvalho et al. (2007, p. 18-19) as definem:

As atividades de prevenção estão relacionadas a estudos de natureza técnico-científica, na definição da magnitude de um desastre e no estabelecimento das medidas que possibilitem a proteção da população e de seus bens materiais. Tais atividades compreendem os estudos da fenomenologia dos processos, da análise de risco e a formulação de métodos, técnicas e ações de prevenção de desastres.

As atividades de preparação têm caráter logístico, auxiliando no enfrentamento de situações de emergência ligadas, principalmente, aos trabalhos de defesa civil. Nesta fase são indicadas quais populações devem ser evacuadas e/ou protegidas quando localizadas em áreas de muito alto risco ou logo após a ocorrência do processo.

Seguindo este modelo proposto pela UNDRO, existe uma sequência de ações de prevenção e preparação, segundo Carvalho et al. (2007):

- a) identificação dos riscos;
- b) análise dos riscos;
- c) medidas de prevenção;
- d) planejamento para situações de emergência;
- e) informações públicas e treinamento.

Segundo Carvalho et al. (2007), a identificação dos riscos consiste no reconhecimento de perigos que venham a afetar a área. As ameaças devem ser compreendidas no âmbito de agentes deflagradores e condicionantes e as áreas de risco devem ser mapeadas de forma espacial.

A análise dos riscos, segundo Carvalho et al. (2007, p. 20), é gerada a partir dos dados obtidos na etapa anterior e consiste: “[...] reconhecer mais detalhadamente o cenário presente num determinado espaço físico, de acordo com os diferentes tipos de processos previamente reconhecidos.”. Essa análise envolve:

- a) zoneamento ou setorização das áreas;
- b) quantificação relativa e/ou absoluta do risco;
- c) cadastramento de risco;
- d) carta de risco;
- e) hierarquização de risco;
- f) avaliação de possíveis cenários de acidentes.

Carvalho et al. (2007, p. 21) explicam a etapa de medidas de prevenção:

A partir dos dados obtidos nos estudos de análise de risco são realizadas atividades para o gerenciamento das áreas de risco, o que compreende a definição, formulação e execução de medidas estruturais e não estruturais mais adequadas ou factíveis de serem executadas a curto, médio e longo prazos, no sentido de reduzir o risco de acidentes. Os produtos obtidos nos estudos de análise de risco permitem a formulação de um plano de prevenção de acidentes. Este plano deve priorizar a aplicação de medidas de prevenção nas áreas que apresentam os cenários de risco mais críticos, considerando as avaliações de custo/benefício para as medidas passíveis de serem implantadas.

Importante ressaltar que desastres naturais acontecem mesmo quando são tomadas todas as medidas preventivas. Para tal, deve-se ter em mente um plano para situações de emergência.

Carvalho et al. (2007, p. 21) reforçam essa ideia em:

Para poder enfrentar condições potencialmente adversas, há que se planejar ações logísticas para o atendimento das emergências. O planejamento para situações de emergência trata, principalmente, da determinação de como uma dada população em uma área de risco deve ser preventivamente evacuada ou protegida quando o risco é muito alto.

Essa etapa consiste de trabalhos a serem realizados, conforme explicitam Carvalho et al. (2007):

- a) determinação da fenomenologia preliminar, causas, evolução, área de impacto;
- b) delimitação da área de risco para remoção da população;
- c) abrigo da população;
- d) orientação do resgate;
- e) obras emergenciais;
- f) sistema de monitoramento da área;
- g) recomendações para o retorno da população.

Por fim, toda essa informação gerada deve ser disseminada entre a população para o processo de fato ser efetivo. Carvalho et al. (2007, p. 22) explicam a etapa de informações públicas e treinamento:

A existência de um sistema educativo eficaz, que gere e difunda uma cultura de prevenção, é o melhor instrumento para reduzir os desastres. Esse sistema deve abranger todos os níveis de ensino, com a inclusão de conhecimentos e experiências locais e soluções pragmáticas, com o intuito de serem colocadas em prática pela própria população.

### 5.3 MAPAS DE RISCO

Existem diversos métodos de se realizar um mapeamento de risco. O modelo mais difundido hoje no Brasil é o desenvolvido e utilizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), que foi adotado também pelo Ministério das Cidades. Vale apontar outra metodologia bastante difundida internacionalmente pelo Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes (JTC1). No presente trabalho, conforme mencionado anteriormente, foi adotado o método do IPT visto que é o utilizado atualmente no Brasil. Carvalho et al. (2007) explicam o método utilizado, que consiste em realizar três tipos de mapas de:

- a) inventário;
- b) suscetibilidade;
- c) risco.

A partir da obtenção de informações pertinentes ao local, com o uso de fotos e imagens, tem-se o mapa de inventário. Este tem como função a identificação da distribuição espacial dos eventos e a caracterização das atividades que estão ocorrendo, classificando-as segundo tipo, forma e o estado (CARVALHO et al., 2007).

A realização do mapa de suscetibilidade, que expressa o potencial de ocorrência de eventos desastrosos, só é possível se o mapa de inventário já tiver sido realizado. Carvalho et al. (2007, p. 42) explicam a importância deste mapa “[...] é muito importante para a elaboração de medidas de prevenção e planejamento do uso e ocupação, pois indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em áreas de risco, expressando a suscetibilidade segundo classes de probabilidade de ocorrência.”.

A elaboração do mapa de risco é baseada nos dois mapas anteriores. Carvalho et al. (2007, p. 43) explicam as características do mapa:

[...] preponderará a avaliação de dano potencial a ocupação, expresso segundo diferentes graus de risco, resultantes da conjunção da probabilidade de ocorrência de processos geológicos naturais ou induzidos, e das consequências sociais e econômicas decorrentes.

#### 5.4 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE RISCO

A determinação do grau de risco utilizada pelo Ministério das Cidades (metodologia do IPT), apresentada por Carvalho et al. (2007), é constituída de quatro níveis de probabilidade de ocorrência. Para a determinação do nível em que se encontra a encosta, é necessária a realização de sete etapas. São elas:

- a) dados gerais sobre a moradia;
- b) caracterização do local;
- c) água;
- d) vegetação no talude e proximidades;
- e) sinais de movimentações;
- f) tipos de processos de instabilização esperados ou ocorridos;
- g) determinação do grau de risco.

O primeiro passo é referente ao levantamento das moradias do local. Tem como função a obtenção dos dados referentes às condições de acesso, ao endereço, ao material utilizado na sua construção, afirmam Carvalho et al. (2007).

A caracterização do local tem como objetivo a descrição das condições dos materiais envolvidos (talude de corte, talude de aterro, presença de lixo, inclinações, etc.). Carvalho et

al. (2007, p. 53) complementam afirmando que “Os tipos de talude e de materiais presentes dão pistas sobre a tipologia dos processos esperados e dos materiais que podem ser mobilizados.”. Os autores ainda destacam que “A distância da moradia ao topo ou base de taludes e aterros também é crucial para a determinação do grau (nível) de risco a que a moradia está sujeita.”.

Ainda, de acordo com esses autores, já é de amplo conhecimento que a água é fator de extrema importância para os processos de instabilizações. Assim, nessa etapa, é necessária a identificação dos cursos d’água existentes, a verificação do lançamento de água em superfície, bem como a existência de sistemas de drenagem, enfim, determinar as condições em que se encontra a água de um modo geral na encosta. Além disso, deve-se identificar a vegetação que se encontram na encosta, visto que é sabido que algumas espécies contribuem para a sua instabilidade.

Carvalho et al. (2007, p. 58) afirmam que as feições de movimento são o parâmetro mais importante na identificação de movimentos e, conseqüentemente, na identificação do risco. Os autores apontam como os principais indicativos de movimentação as “[...] juntas de alívio, fendas de tração, fraturas de alívio, trincas, e os degraus de abatimento [...]” e ainda “[...] a inclinação de estruturas rígidas como árvores, postes e muros e o ‘embarrigamento’ de muros e paredes.”. Esses autores ainda ressaltam que para a etapa de identificação dos processos de instabilização, espera-se que com todas as informações obtidas até o momento sejam suficientes para a estimativa acurada do processo envolvido.

Com todos os dados obtidos, é possível fazer a determinação do grau de risco em que se encontra a encosta. Para tal, existe um *ranking* que explicita os graus de risco, conforme apresenta Carvalho et al. (2007):

a) risco baixo (R1),

- os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa ou nenhuma potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos;
- não se observa(m) sinal/feição/evidência(s) de instabilidade. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens;
- mantidas as condições existentes não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período compreendido por uma estação chuvosa normal;

## b) risco médio (R2),

- os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos;
- observa-se a presença de algum(s) sinal/feição/ evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Processo de instabilização em estágio inicial de desenvolvimento;
- mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa;

## c) risco alto (R3),

- os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos;
- observa-se a presença de significativo(s) sinal/ feição/ evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Processo de instabilização em pleno desenvolvimento, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo;
- mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa;

## d) risco muito alto (R4),

- os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos;
- os sinais/feições/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de deslizamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação à margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Processo de estabilização em avançado estágio de desenvolvimento. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento;
- mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.



## 6 GEOLOGIA LOCAL

O município de Porto Alegre encontra-se, aproximadamente, na latitude 30° Sul e longitude 51° Oeste, com área igual a 476,3 km<sup>2</sup>. Está localizado numa região que apresenta duas grandes estruturas morfoestruturais. Dias et al. ([2009], p. 9), ou seja, “O Escudo Uruguaio Sulriograndense, que tem como unidade morfoescultural o Planalto Uruguaio Sulriograndense e, a Bacia Sedimentar de Pelotas, representada pela morfoescultura denominada Planície e/ou Terras Baixas Costeiras.”.

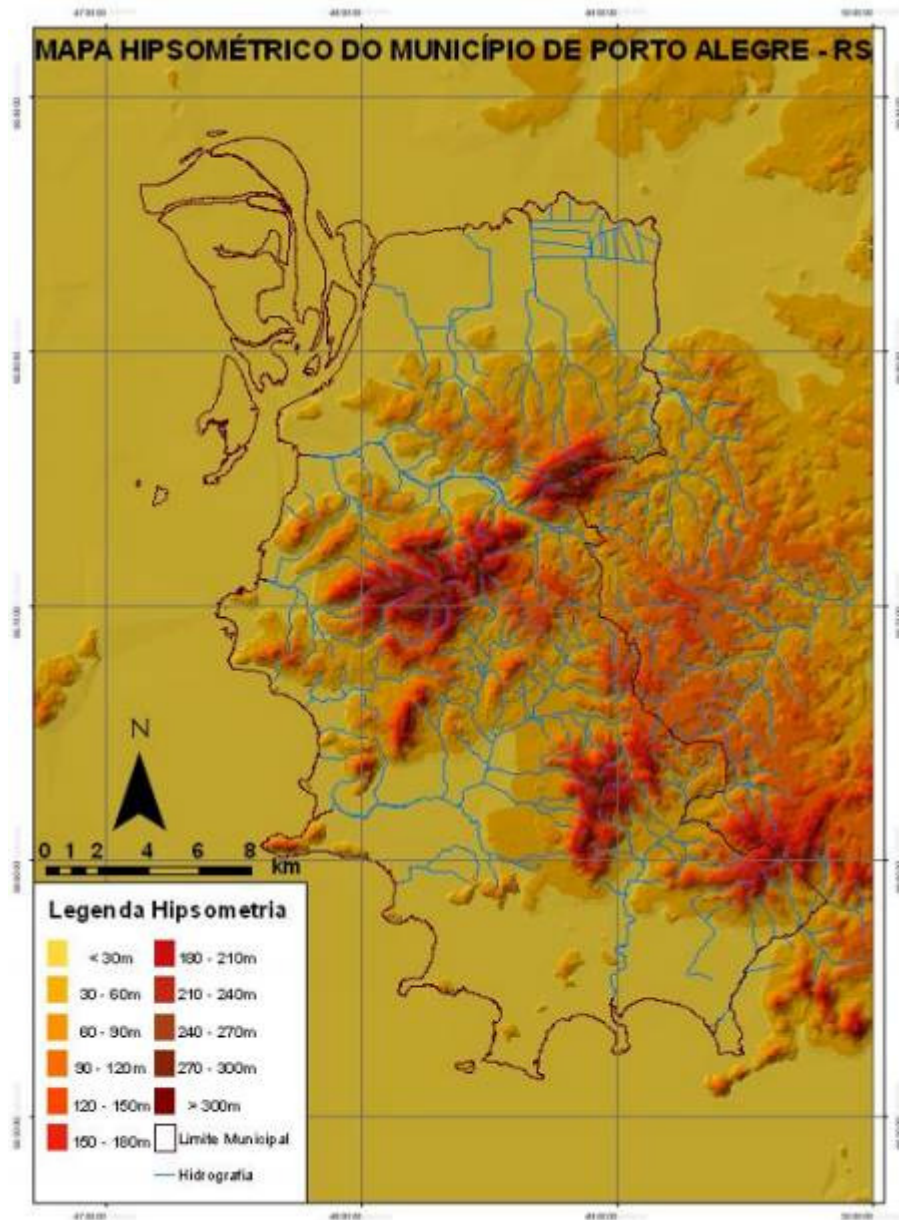
Primeiramente, as formas de relevo, no âmbito de altitudes, serão descritas por um mapa hipsométrico. As altitudes ficam entre 0 e 311 metros. O centro e o sudeste da Cidade apresentam as maiores altitudes e, as menores, se encontram na região banhada pelos rios Jacuí e Guaíba. O mapa hipsométrico pode ser visto na figura 12. As unidades geológicas do município estão apresentadas na figura 13.

As encostas de ocupação irregular no Município se encontram, principalmente, nas formações de origem granítica. As descrições desses materiais, segundo Nacci et al. (2004, p. 17), são apresentadas a seguir:

- a) Granito Santana: é um corpo granítico de forma alongada, lembrando uma ampulheta de direção nordeste. É controlado tectonicamente por falhas. Constitui-se essencialmente de feldspatos róseos e esbranquiçados e quartzo. É um granito alcalino e sub-alcalino albilizado;
- b) Granito Independência: unidade litológica de forma aproximadamente trapezoidal dividida em duas áreas de ocorrência. A maior ocupa o centro urbano da cidade de Porto Alegre. A outra, da parte baixa ao alto do bairro Petrópolis. As relações de contato com os migmatitos heterogêneos são transicionais e interdigitadas. A cor varia de rósea clara e cinza-azulada. É constituído por quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio, muscovita e biotita;
- c) Granito Ponta Grossa: ocorre a oeste do município, em faixa de forma sinuosa. Suas relações de contato com os migmatitos variam desde contornos nítidos até interdigitados e difusos, com passagens gradacionais. Possui granulação média a grosseira, de tonalidade predominantemente róseo-avermelhada. Constitui-se de microclinio, quartzo, oligoclásio, biotita, apatita, zirconita, esfeno, alanita, muscovita, fluorita e molibdenita. É um granito sub-alcalino e monzonítico, fortemente quartzítico. São comuns enclaves de composição quartzo-dóritica, de variados tamanhos;
- d) Granito Cantagalo: ocorre a sudoestes do município. A ocorrência apresenta forma irregular. Petrograficamente é semelhante ao granito Ponta Grossa. É de

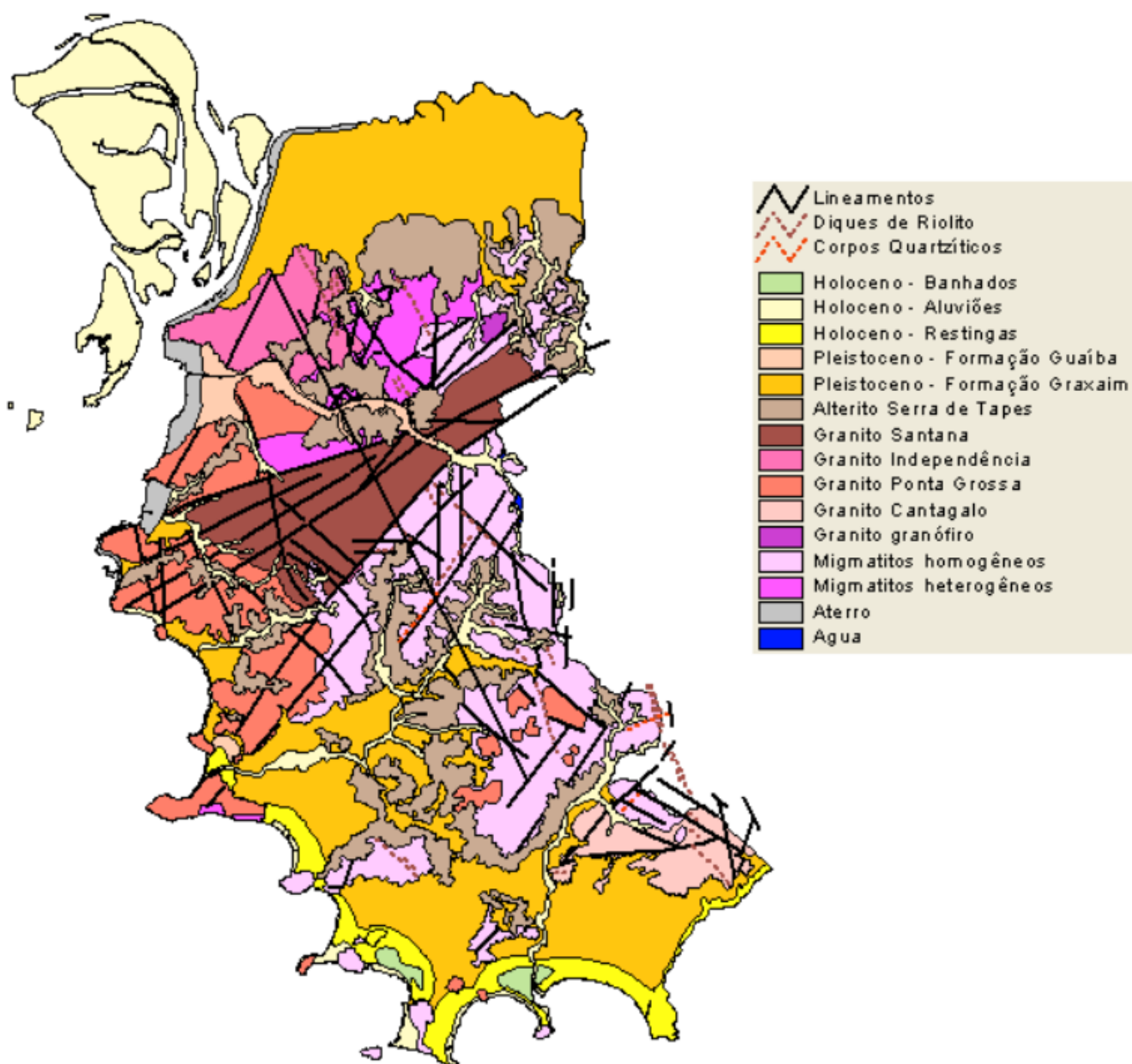
granulação mais grosseira do que aquele e os feldspatos alcalinos apresentam, as vezes, com fenocristais disseminados os quais, as vezes, zonados.

Figura 12 – Mapa hipsométrico de Porto Alegre



(fonte: DIAS et. al, [2009], p. 7)

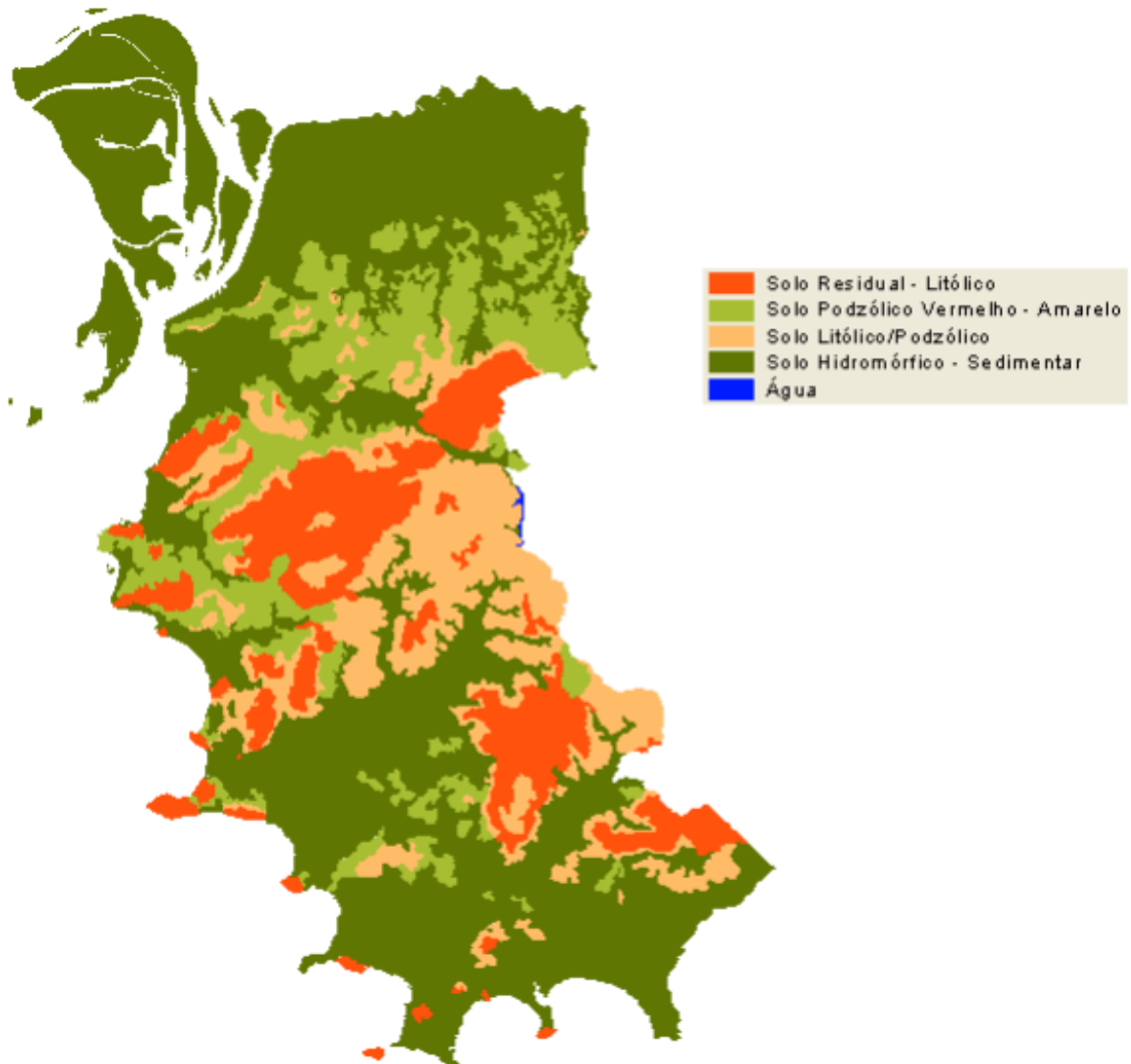
Figura 13 – Mapa geológico de Porto Alegre



(fonte: NACCI et al., 2004, p. 16)

Sob o enfoque geotécnico do Município, Nacci et al. (2004, p. 18) ressaltam que “Para os solos de Porto Alegre, pouco desenvolvidos pedologicamente, a geologia adquire maior relevância na identificação das unidades geotécnicas.”. Isso se deve aos solos locais apresentarem horizontes A e B pouco espessos e horizonte C mais espesso, horizonte esse que mantém mais as características da rocha mãe. O mapa geotécnico da cidade pode ser visto na figura 14.

Figura 14 – Unidades geotécnicas de Porto Alegre



(fonte: NACCI et al., 2004, p. 19)

As unidades geotécnicas da Cidade, segundo Nacci et al. (2004, p. 19-20), são :

- a) Solo Residual – Litólico: esta unidade é conformada por solos resultantes de intemperização de rochas graníticas e migmatitos, que permanecem no local onde foram originariamente intemperizados (definição de solos residuais). Estes solos são predominantemente arenosos, bem drenados e pouco desenvolvidos pedogeneticamente. O horizonte C saprolítico, de preponderante importância a engenharia geotécnica, apresenta-se com espessuras pequenas a médias; excepcionalmente pode atingir maiores espessuras, especialmente em solos originados de migmatitos e especificamente na formação ‘granito independência’. A ocorrência de matações é comum a este material. A ocorrência destes solos se verifica em zonas de declividades elevadas, com relevo fortemente ondulado e montanhoso;
- b) Solos Podzólicos Vermelho – Amarelo: são solos desenvolvidos de granitos, migmatitos e presentes sob a forma de paleossolo ferratizado de alterito da

Serra de Tapes. Tem como característica principal a presença de um horizonte B de espessura significativa, com textura argilo-arenosa, de coloração avermelhada e boa drenagem. O horizonte C tem características equivalente ao dos solos litólicos. Ocorrem em áreas com relevo suave, pouco ondulado, conformando pequenas coxilhas e elevações de pequena declividade em torno dos morros (solos coluvionares);

- c) Solos Litólicos – Podzólicos: unidade na qual a topografia e os dados geotécnicos disponíveis apontam a ocorrência de duas formações em forma alternadas, tendo sido por esta razão agregadas em uma única unidade derivada, onde podem ocorrer solos litólicos ou podzólicos dependendo de condições localizadas da topografia;
- d) Solos Hidromórficos: ocorrem em áreas de cotas baixas, com relevo plano, nível d'água superficial e más condições de drenagem. A estratigrafia é composta de material de textura variada, de argilas e areias, que podem ocorrer em forma combinada ou intercalada, com coloração escura, cinza ou cinza-esverdeado;

## 7 AVALIAÇÃO DE RISCO

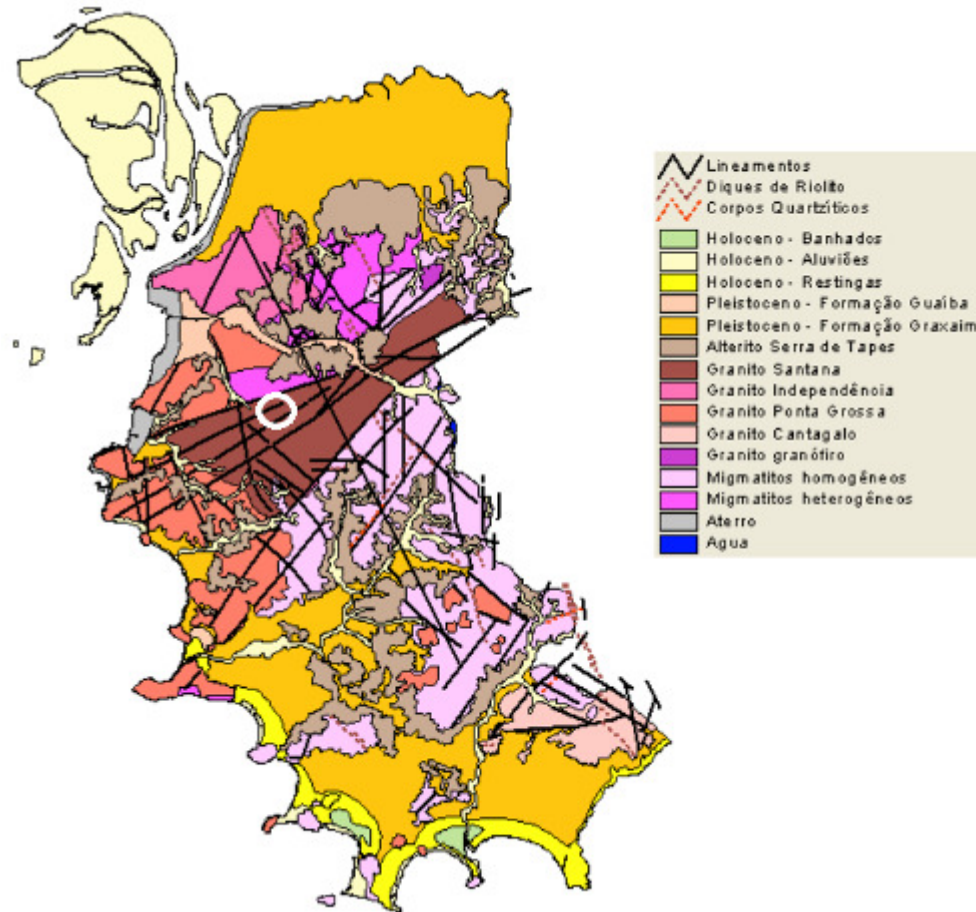
Neste capítulo será explicitada a realização da avaliação de risco da Vila Graciliano Ramos, iniciando com a apresentação do local, composta por uma breve descrição do histórico de ocupação do mesmo e características ali presentes. Também é apresentado o método de avaliação das áreas, isto é, as ferramentas utilizadas e os itens a serem observados. A indicação do grau de risco das áreas, bem como as principais características que as levam a receber tal grau de risco, são apresentadas na sequência. Por fim, são propostas algumas sugestões de soluções para reduzir o risco das regiões estudadas.

### 7.1 APRESENTAÇÃO DO LOCAL

O local de estudo trata-se da vila Graciliano Ramos, localizada no município de Porto Alegre – RS, na Avenida Professor Oscar Pereira, nas proximidades do nº 3810, bairro Cascata. Situa-se nas coordenadas geográficas 30° 5' 8'' Sul e 51° 11' 32'' Oeste (equivalente a 481476.52 m E e 6671718.76 m S, em unidades UTM), com uma área de aproximadamente 26.000m<sup>2</sup>.

A vila encontra-se na formação Granito Santana, de acordo com a figura 15. A matriz constituinte do solo da comunidade não é desfavorável à segurança das encostas, contudo as intervenções dos moradores acabam por gerar situações de perigo. Soma-se a isso que a encosta está situada em uma região de ocorrência de uma falha geológica.

Figura 15 – Localização da Vila Graciliano Ramos no mapa geológico de Porto Alegre (círculo branco)



(fonte: adaptado de NACCI et al., 2004)

A ocupação da área pode ser dividida em duas grandes partes. Uma onde já foi estabelecida a comunidade/ocupação (área A – figura 16), ou seja, essa região dificilmente sofrerá alterações provocadas pelos moradores, visto que esse setor sofreu um processo de urbanização por parte do Departamento Municipal de Habitação (DEMHAB). Nessa área, foram realizadas obras de drenagem, contenções, calçamento, visando a segurança, melhoria na qualidade de vida e estabilização da ocupação daqueles que ali vivem. A outra, trata-se de uma área onde não foi realizado nenhum tipo de obra de urbanização (área B na figura 16). Esse quadro criou na região um contexto onde continuam as intervenções inadequadas por parte dos moradores, agravando a situação das residências que vivem nessa parte da vila. A região A não foi estudada em sua totalidade visto o curto período de tempo para a realização do trabalho e a grande extensão desta área.



Figura 16 – Localização da Vila com identificação das diferentes áreas



(fonte: adaptado de GOOGLE MAPS, 2012)

## 7.2 METODOLOGIA EMPREGADA

A área em estudo, como já exposto anteriormente, não possui geomorfologia predisposta à ocorrência de desastres naturais, no entanto, a presença humana acaba por intervir na estrutura da encosta, gerando situações de perigo. Portanto, o enfoque da avaliação de risco será o efeito antrópico sobre esta.

Os eventos a serem observados resumem-se a processos naturais e induzidos de movimentos de massa ou rocha, com potencial de atingir a população que vive em distintos setores da vila. Assim sendo, a mecânica de ruptura, ou de ocorrência, desses eventos está associada diretamente às intervenções humanas que levam a deflagrar estes desastres.



### 7.2.1 Setorização do mapeamento

A análise adotada para o trabalho foi a setorização, ou compartimentação, das áreas de risco. Esse sistema foi escolhido devido ao seu amplo uso e difusão no Brasil. Neste tipo de avaliação, os diferentes setores são definidos segundo a maior ou menor suscetibilidade de ocorrência de eventos de instabilização e também segundo sua vulnerabilidade perante esses eventos.

A definição da suscetibilidade de ocorrência de eventos é estabelecida de acordo com observação da área e caracterizada pelos indicadores do processo em questão. Os indicadores mais comuns são a geometria da encosta, efeitos antrópicos e as feições de movimentações. A vulnerabilidade é determinada seguindo a configuração em que a comunidade está instalada no local, isto é, distância relativa entre as casas e os taludes, condições de construção das moradias e densidade de ocupação.

A densidade de ocupação que uma encosta apresenta é de fundamental importância para o entendimento da avaliação de risco. Isso ocorre porque regiões com maior densidade ocupacional possuem maior potencial de perdas sociais, isto é, maior probabilidade de ocorrência de óbitos. Este cenário leva o nome de risco social (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2007).

Para a avaliação do risco, foi usado o seguinte pressuposto (fórmula 3), baseado em termos apresentados anteriormente:

$$\text{Risco} = \text{Perigo} \times \text{Vulnerabilidade} \quad (\text{fórmula 3})$$

O perigo relaciona qualquer situação, condição ou fenômeno que possa causar consequências desagradáveis, sejam momentâneas ou de grande destruição da área. Esses cenários podem ter como causa deflagradora tanto fenômenos naturais como a ação humana. A vulnerabilidade relaciona as consequências dos fenômenos que podem vir a ocorrer com o local com a situação humana deste, ou seja, qual o risco social que essa região está sujeita. Por fim, serão avaliados os fatores que possam vir a gerar perigo e as condições que se encontra a população

frente a esses. A seguir estão apresentados os fatores que foram observados para realizar a análise de risco.

## **7.2.2 Identificação do perigo**

O perigo a ser analisado nas áreas de ocupação irregular, normalmente, é associado a três grandes grupos de características:

- a) geometria do terreno;
- b) características geotécnicas;
- c) presença de água de forma desfavorável.

Tendo como base estes três grupos de fatores, parte-se para um detalhamento destes, ou seja, pontos específicos que devem ser observados para a análise do perigo. A seguir estão apresentados os itens observados.

### **7.2.2.1 Declividade e geometria do terreno**

Tendo o conceito de inclinação em mente, anteriormente mencionado, parte-se para a verificação deste em campo. Foram considerados como fatores de perigo os taludes que apresentaram inclinações acima de 30 graus. Este dado teve como embasamento os valores apresentados pelo Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes (2008, p. 12, tradução nossa), onde indicam que o deslizamento de encostas naturais possa ocorrer de forma rápida para inclinações entre 20° e 35°. Este valor tem como função estabelecer um valor de referência para a análise de campo, entretanto, é feita uma análise mais aprofundada caso o talude apresente características mais alarmantes. Taludes com alturas superiores a 3 metros também foram considerados fatores de perigo. Nesta observação, ainda, foram analisadas ocorrências de intervenções por parte da comunidade, isto é, cortes e aterros realizados sem controle técnico. Sistemáticas intervenções de corte e aterro, por si só, já seriam fator gerador de perigo, no entanto, neste estudo, adotou-se o critério de altura mencionado.

#### 7.2.2.2 Materiais envolvidos

Em muitas encostas ocupadas de maneira irregular, um dos grandes condicionantes das instabilizações são as características geotécnicas do material onde as comunidades se encontram. Foram considerados fatores de perigo para a região materiais transportados, aterros lançados (lixo, entulho), solos coluvionares e tálus.

#### 7.2.2.3 Blocos rochosos

A presença de blocos rochosos é um problema visto o seu grande potencial destrutivo (grande massa). Grandes paredões rochosos com presença de blocos são alarmantes no que diz respeito à queda de blocos. Já blocos soltos no terreno indicam que ocorreu queda rochosa em algum momento e ainda que esse bloco pode vir a se mover dada certas circunstâncias (grandes chuvas, movimentos de massas, etc.) trazendo grande impacto para a comunidade. Para avaliar o perigo foi observada a presença de blocos instáveis no redor das moradias.

#### 7.2.2.4 Indícios de instabilidade

Em geral as instabilidades ocorridas em encostas são precedidas de feições, movimentos que indicam que o processo está ocorrendo, ou seja, a ruptura não se dá de maneira frágil. É necessária a observação de qualquer indício de movimentação para a uma correta análise do perigo. Para tal, foram observadas trincas, rachaduras, degraus de abatimento no terreno, muros, postes e estruturas inclinadas ou embarrigadas.

#### 7.2.2.5 Presença de água

É sabido que a água é fator crucial para grande parte das instabilizações que ocorrem em encostas. Seu acúmulo, ou mesmo, escoamento sem controle nas encostas pode vir a criar cenários críticos de instabilidades. Assim, para a avaliação do perigo relativo à presença d'água, foram analisadas as questões acerca da área ser alagável/inundável, a existência de sistemas controlados de drenagem e se havia lançamento ou surgimento de água em taludes.

#### 7.2.2.6 Vegetação

As vegetações que existem nas encostas têm papel importante na garantia de sua segurança. Isso se deve à capacidade de proteção contra a erosão que a vegetação confere ao terreno. No entanto, como já mencionado, algumas vegetações têm características que acabam por prejudicar a estabilidade (por exemplo, bananeiras). Portanto, a avaliação da vegetação presente na encosta é item importante para a verificação do perigo que a comunidade se encontra.

### 7.2.3 Identificação da vulnerabilidade

A vulnerabilidade de uma dada região é caracterizada de acordo com alguns fatores relativos à danos, ou seja, aspectos intrinsecamente relacionados à forma como se deu a ocupação. Esta está relacionada à posição das moradias em relação à encosta e ao nível da densidade de residências, ou seja, às características que indicam um cenário onde um evento de instabilidade pode vir a causar danos sociais. A seguir estão apresentados os itens observados nesta análise.

#### 7.2.3.1 Posição relativa das moradias

A posição das moradias é um dado crucial quando se realiza a análise da vulnerabilidade de dada área. Isso se dá, uma vez que, em certos casos, parte da encosta encontra-se sob forte perigo de instabilização. Contudo, caso se deflagre o evento, poucas ou nenhuma moradia é afetada. Assim sendo, foi avaliada a posição (distância) das moradias em relação aos taludes, onde, quanto menor a distância, maior o risco.

#### 7.2.3.2 Densidade da ocupação

A densidade da ocupação se refere à quantidade de pessoas morando na região de estudo. Esse dado implica diretamente na magnitude do risco social associado àquela área, ou seja, quanto maior a densidade ocupacional, maiores as chances de um evento trazer maior número de óbitos, caracterizando um maior risco.

### 7.2.3.3 Tipologia das construções

O padrão construtivo (alvenaria, madeira, misto, etc.) é um dos conceitos básicos para a diferenciação dos setores analisados. Os diferentes materiais usados nas construções agregam diferentes características às moradias. Em moradias feitas predominantemente com o uso de madeira, está associado um menor peso, uma maior flexibilidade para se adaptar à geometria do terreno, isto é, este tipo de construção acaba por intervir menos na geometria natural. Já moradias feitas em alvenaria possuem, no geral, uma maior resistência para eventuais quedas/movimentos, porém trazem um maior peso e acabam por alterar mais as condições naturais (geram maiores cortes e aterros). Assim sendo, definiu-se que as moradias em madeira apresentam maior vulnerabilidade.

### 7.2.3.4 Consolidação da urbanização

Áreas com ocupação espontânea normalmente apresentam um nível de urbanização bastante deficitário. Isso se deve à maneira desordenada que se deu a ocupação da região, ou seja, as famílias foram se assentando onde havia espaço suficiente, sem se preocupar com a qualidade desta ocupação. Estas regiões possuem intervenções por partes dos moradores a fim de aumentar o bem-estar da comunidade, no entanto, muitas vezes, estas acabam por reduzir a segurança da região (problemas de drenagem superficiais, execução de estruturas de contenção mal feitas, etc.). Entretanto, considera-se que quanto maior o nível da urbanização presente, menores são as áreas naturais expostas (menores áreas de erosão), maior é a impermeabilização do terreno (isto acarreta, geralmente, na existência de um sistema de drenagem subterrâneo) e ainda, esse nível maior de urbanização acarreta menores densidades de ocupação, visto que essa urbanização traz um maior equilíbrio na distribuição da área. Assim sendo, foi dado como menor a vulnerabilidade da região quanto maior o nível de consolidação da urbanização.

Dessa forma, com a observação destes fatores mencionados, é possível a realização da determinação do grau de risco que os setores da encosta se encontram. O risco é determinado através de quatro categorias já mencionadas (p. 44-45). Para realizar essas observações em campo, foi elaborada uma planilha, em que constam todos os itens mencionados acima, para auxiliar as investigações. A mesma pode ser apreciada no apêndice A.

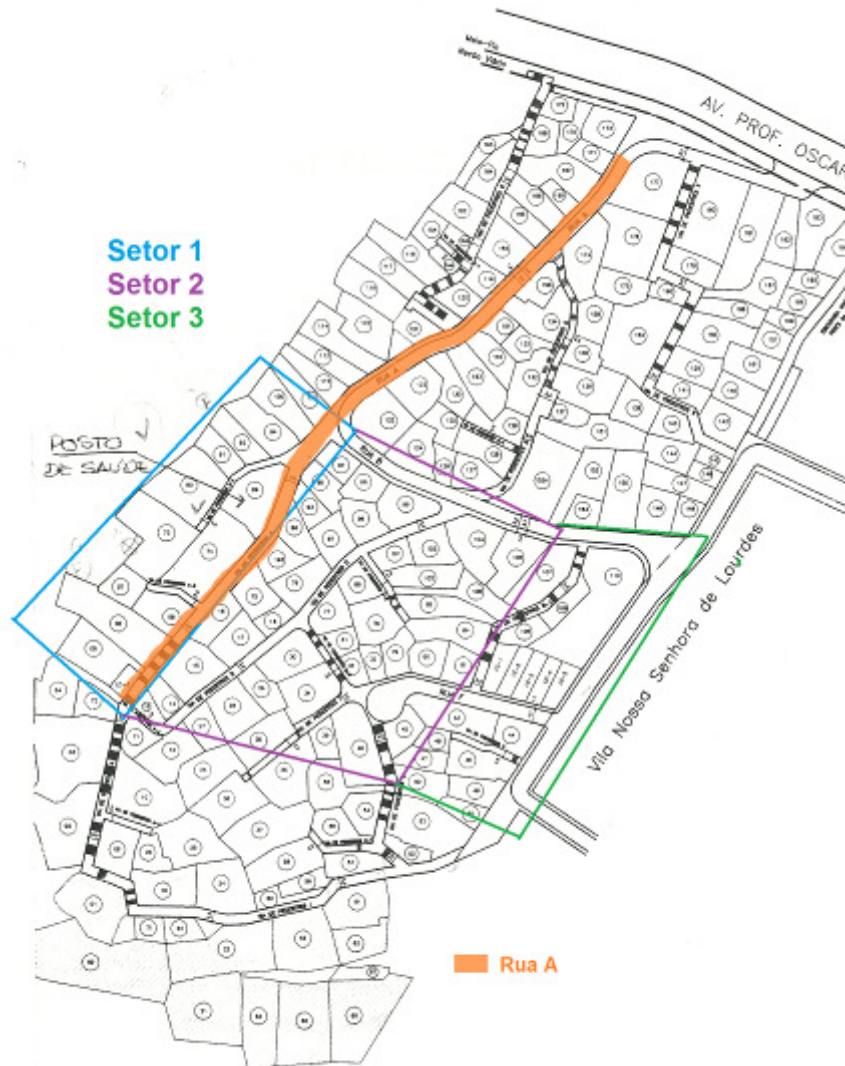
## 7.3 AVALIAÇÃO DAS ÁREAS

De posse da planilha criada com os critérios citados anteriormente, partiu-se para a investigação de campo propriamente dita. Como já mencionado, a região possui dois setores bastante diferentes no que diz respeito à urbanização. Assim sendo, a seguir são apresentadas as características pertinentes de cada região observadas à avaliação de risco.

### 7.3.1 Estudo da área A

A região estudada, área A, trata-se de uma ocupação espontânea que sofreu intervenções públicas. Logo, a região apresenta características mais favoráveis à segurança. Todavia, por se tratar de uma comunidade que foi ocupada de maneira irregular, ainda apresenta alguns focos de risco. Para facilitar a compreensão dos problemas encontrados, setorizou-se a região em três áreas (1, 2 e 3, apresentadas na figura 17). Foi realizada desta maneira visto a similaridade de características entre estes (perigos e vulnerabilidades). Vale lembrar que a área mais próxima à Avenida Oscar Pereira está situada em uma cota mais baixa que a área oposta a essa.

Figura 17 – Setores de estudo da área A



(fonte: adaptado de documento cedido pelo DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE HABITAÇÃO)

As principais intervenções executadas na área correspondem ao calçamento dos acessos, com execução de drenagem pluvial, execução de muros de contenção nos alinhamentos dos acessos e instalação de sistema de drenagem cloacal nessas vias. Estas obras realizadas possuem grande importância para a área, visto que mitiga grande parte dos riscos associados às instabilizações. No entanto, nota-se que essas intervenções não avançaram além dos acessos, ou seja, os fundos das moradias apresentam risco devido a taludes excessivamente inclinados, falta de drenagem, etc.

### 7.3.1.1 Setor 1

O setor 1 localiza-se mais à direita da Vila Graciliano Ramos, usando como referencial a entrada da comunidade (Avenida Oscar Pereira). O grande perigo identificado foi que algumas casas da região apresentam taludes excessivamente inclinados, próximos a 90 graus, com altura na ordem dos quatro metros. O material destes cortes é um solo residual de granito, com parte rochosa (próxima ao pé), com alguma vegetação superficial, não apresentando nenhuma drenagem. Estes casos estão ilustrados na figura 18, nas quais se pode observar uma moradia praticamente encostada ao corte. Esta situação se agrava mais por haver outra moradia na crista deste talude.

Figura 18 –(a) casas muito próximas a taludes verticais e  
(b) material constituinte do corte



(fonte: foto do autor)

Esses casos ocorrem com frequência no setor 1, onde as casas também estão alocadas em uma APP (área de proteção permanente), visto que estão a menos de 30 metros do córrego que passa a direita da Vila Graciliano Ramos. Na figura 19, está apresentado o córrego que se situa próximo à casa da foto 18 (p. 60).



Figura 19 – Córrego próximo à habitação



(fonte: foto do autor)

Existem alguns muros de contenção instalados neste setor. No entanto, observou-se a existência de uma trinca em um destes muros (figura 20). Esta trinca é uma feição de instabilidade da estrutura. Ainda, de acordo com relatos obtidos em campo e com a SMAM, muitos destes muros não são executados de acordo com a boa prática de Engenharia, ou seja, é comum a construção sem a existência de um sistema drenante.

Em relação às vegetações existentes, não foi encontrado cenário que causasse preocupação frente ao risco de instabilidade. As habitações que existem no local são em grande maioria de alvenaria e em boas condições. Neste setor, o sistema de drenagem cloacal não existe, ou seja, o despejo é feito diretamente no córrego adjacente ao setor.

Figura 20 – Trinca em muro existente



(fonte: foto do autor)

#### 7.3.1.2 Setor 2

O setor 2 está localizado mais ao centro da comunidade. O quadro que gera maiores perigos à região continua sendo os taludes extremamente inclinados, com habitações instaladas em suas cristas. Boa parte das casas com frente para os acessos pavimentados é dotada de muros de contenção, ou seja, estas estão sob risco significativamente menor. No entanto, o fundo das habitações não possui muros/estruturas que mitiguem o risco devido à existência de taludes com inclinações excessivas.

As casas localizadas à esquerda da quadra estão em boas condições, isto é, não foram detectados fatores que gerem perigo. Foi apenas observado um foco de erosão no topo de uma estrutura de contenção (figura 21), devido ao rompimento de uma tubulação de esgoto, mas o quadro não apresenta maiores perigos.



Figura 21 – Erosão devido ao rompimento de tubulação



(fonte: foto do autor)

A parte mais central deste setor apresenta alguns quadros de inclinações preocupantes. Isso se deve a inclinações próximas a 90 graus. Estes taludes se encontram junto ao acesso pavimentado pela prefeitura (figura 22), ou seja, caso ocorra a ruptura, será danificado o acesso, juntamente com a drenagem pluvial existente.

Figura 22 – Taludes excessivamente inclinados junto ao acesso



(fonte: foto do autor)

Esta área mais central da comunidade apresenta um bom sistema de drenagem pluvial e cloacal (figura 23), ou seja, estes fatores reduzem de forma significante os efeitos negativos da água. Por ser uma área que sofreu intervenções de caráter urbanístico, a superfície desta região é devidamente impermeabilizada, isto é, a erosão causada pelas águas de chuva é nula.

Figura 23 – Sistema de drenagem pluvial e cloacal



(fonte: foto do autor)

### 7.3.1.3 Setor 3

O setor 3 é a parte mais à esquerda da Vila Graciliano Ramos. Esta região se assemelha mais com o setor 1 em termos de perigos e vulnerabilidades. São também encontrados taludes excessivamente inclinados sem estrutura alguma de contenção ainda com o agravante de existir sistemas de canalizações rompidos no local, conforme figura 24. Nesta área, ainda foram localizadas espécies de vegetação desfavoráveis à segurança, como bananeiras.



Figura 24 – (a) taludes inclinados com tubulação rompida e (b) bananeiras no setor 3



(fonte: foto do autor)

Os acessos internos do setor estão em situação bastante precárias. Não existe nenhum tipo de cobertura superficial, sendo esses vulneráveis a ação erosiva das chuvas. Ainda, há a ocorrência de cortes feitos sem segurança alguma e os acessos sofrem com a negligência dos moradores que despejam lixo na via (figura 25). Os acessos internos possuem largura insuficiente para o fluxo de qualquer veículo automotor.

Figura 25 – (a) cortes realizados de maneira irresponsável e (b) acessos erodidos e com lixo lançado



(fonte: foto do autor)

Conforme apontado anteriormente, a execução de muros de maneira irregular é prática corrente na região. Foram encontrados três casos nos quais era clara a falta de cuidados na execução. Em um deles, o muro estava em fase de construção e não foi observado sistema algum de drenagem e o material de preenchimento da parte posterior do muro era aterro lançado com calça. No segundo, a viga de fundação do muro estava exposta, apoiada sobre a crista de um pequeno talude. Por fim, foi observado um muro com inclinação negativa. Estes casos estão expostos na figura 26.

Figura 26 – (a) muro em fase de execução, (b) muro com fundação exposta e (c) muro com inclinação negativa



(fonte: foto do autor)

### 7.3.2 Estudo da área B

A área B, situada na parte mais alta da comunidade, é um local de ocupações mais precárias e sem intervenção pública. Dadas apenas essas características, a área já se encontra sob risco mais alto que o resto da ocupação. No entanto, outros aspectos agravam ainda mais essa condição. A avaliação desta área não foi dividida em setores, visto que os perigos e vulnerabilidades são muito similares em sua totalidade.



Inicialmente são apresentadas as condições que geram perigo à área. Aquelas selecionadas à geometria são bastante desfavoráveis a segurança, devido aos cortes com inclinações próximas a 90° e com alturas próximas a três metros (figura 27).

Figura 27 – Taludes inclinados com alturas de 3,00m



(fonte: foto do autor)

Outro fator geométrico que caracteriza perigo à região é o fato que os acessos às moradias são muito estreitos. Isso acaba por gerar uma sequência de taludes íngremes muito próximos (figura 28), ou seja, qualquer instabilização de algum destes taludes acarretaria um efeito cascata, isso é, a massa rompida desceria a encosta, sem um patamar de retenção dessa massa. Na imagem, ainda pode-se observar que o muro possui um inclinação negativa.

Figura 28 – Acessos com largura insuficiente



(fonte: foto do autor)

A condição geotécnica, isto é, os materiais envolvidos na área. Não é fator de perigo maior, o material encontrado é um solo residual (de granito) com matriz arenosa, pouco argiloso, de cor vermelha escura à marrom. Entretanto, há, em algumas regiões, aterros que podem gerar condição perigosa no caso de mais intervenções (por parte dos moradores) e chuvas mais intensas. Assim sendo, as condições de solos envolvidos não foi caracterizada como risco alto.

Há a ocorrência de blocos rochosos na região devido à característica geológica, ou seja, solos residuais graníticos têm por características a existência de matacões imersos na massa de solo. A região apresenta alguns blocos imersos em solos. Esses blocos não apresentam condição desfavorável à segurança, uma vez que se encontram estáveis. Ainda existe um corte em material rochoso (área habitada). Esse paredão é constituído de rocha bastante fraturada e com a ocorrência de blocos instáveis, ou seja, uma condição de perigo iminente.

Durante a observação da região, procuraram-se indícios, feições que mostrassem algum processo de instabilização em ocorrência. No geral, a região não apresentou esses indícios, indicando que não estão ocorrendo processos de instabilização. A observação dessas feições se deu de maneira difícil devido à dificuldade de acesso e, em alguns pontos, a procura era prejudicada devido a vegetação fechada.

As moradias da região de estudo apresentavam um sistema de drenagem. No entanto, algumas regiões tinham esse sistema rompido, ou seja, lançando água diretamente no solo. Esse lançamento decorrente das rupturas nas canalizações pode vir a gerar uma condição localizada de saturação do maciço, acarretando uma queda na sua resistência operacional e erosões, ou seja, esse quadro caracteriza um perigo de ruptura de parte da encosta. Essa situação pode ser vista na figura 29

Figura 29 – Drenagem rompida



(fonte: foto do autor)

A vegetação da área se caracteriza por apresentar, no geral, uma boa ocupação do solo. Essa característica agrega à região uma capacidade de diminuir o efeito da erosão causada pelas



chuvas. A região mais à noroeste apresenta uma escassez de vegetação rasteira, não apresentando os benefícios supracitados. Essa característica está exposta na figura 30

Figura 30 – Região com escassez de vegetação



(fonte: foto do autor)

Conclui-se a apresentação das características que trazem perigo a região. Assim sendo, será feita a caracterização no que diz respeito às características de vulnerabilidade que a comunidade se encontra.

A região apresenta uma ocupação da área bastante desfavorável à estabilidade. Num primeiro momento, observa-se que os acessos e vias da região possuem largura bastante reduzida, na ordem de 1,0 a 1,5 metros. Essa característica traz o problema do efeito cascata, citado anteriormente. As moradias da população se encontram a distâncias muito pequenas dos pés e cristas dos taludes. Essa configuração de moradias e acessos, juntamente com a geometria dos cortes, configura um quadro alarmante. Isso fica claro no caso de uma ruptura, onde provavelmente uma grande área será afetada pela sequência de casas que serão atingidas.

As construções da região são, predominantemente, de alvenaria. Casas de alvenaria, como já citado, possuem uma resistência maior a impactos e pequenos escorregamentos e também um peso (massa) maior devido aos materiais envolvidos em sua construção. No entanto, para essa região, acaba sendo um agravante da situação, dada a posição onde essas casas se encontram (muito próximas à crista), pois as casas geram uma sobrecarga bastante desfavorável à estabilidade dos taludes.

Nesta região, praticamente, não há nenhuma ação de urbanização envolvida. Ou seja, a região configura-se da maneira como os moradores a fizeram. Esse quadro traz muitos problemas à comunidade, pois a ocupação não é delimitada de maneira controlada, sendo assim, a população constrói onde lhe convém, não criando um ambiente favorável a intervenções (futuras) por parte do governo. A questão dos acessos também é preocupante, pois vias de tamanho reduzido impedem o acesso de veículos (caminhão de lixo, ambulância, etc.) que poderiam dar um suporte maior a comunidade.

## 8 INTERVENÇÕES SUGERIDAS

Áreas ocupadas de maneira irregular tendem a apresentar diversos problemas, entre eles, de instabilidade, drenagem e acessos. Nessas áreas, habita uma população de baixa renda, que não possui recursos próprios para realizar benfeitorias na região de modo a diminuir esses problemas. Assim sendo, grande parte do esforço de melhorias vem por parte do governo, isto é, as intervenções realizadas nestas áreas devem ser financiadas com dinheiro público.

Dado esse quadro, tem-se em mente que as melhorias implantadas nas regiões devem ter duas características. A primeira diz respeito à melhoria da região com obras que se adequem ao local, ou seja, obras que sejam de fácil implantação e de boa longevidade. O segundo aspecto está relacionado ao custo destas obras, que não deve ser elevado, visto a fonte de financiamento e o local de implantação.

As intervenções realizadas nestas regiões devem ter cunho técnico, com a finalidade de resolver problemas, por exemplo, de instabilidade ou drenagem. No entanto, devem ainda apresentar um foco social, isto é, as intervenções devem ter como objetivo melhorar as condições daqueles que ali vivem, não apenas mitigando o risco.

As regiões estudadas possuem problemas de intensidade e natureza diferentes, acarretando em soluções diferentes para cada área. As soluções indicadas estão apresentadas a seguir.

### 8.1 SUGESTÕES PARA A REGIÃO A

A região A possui problemas particulares a serem resolvidos. Inicialmente, não se levanta a opção de reassentamento das famílias devido ao investimento já realizado nesta área. Assim sendo, as opções de intervenções tem como função dar continuidade às obras anteriormente realizadas.

Começando pelo setor 1, primeiramente observa-se que há uma faixa que não pode haver construções (margens do córrego), e, por isso, nesta área não há outra opção a não ser o reassentamento das famílias que vivem nesta faixa. Essa faixa deverá ser marcada com exatidão pelos órgãos competentes. Caso alguma residência possa permanecer neste setor,

deverão ser realizadas intervenções para garantir a segurança de taludes excessivamente inclinados (retaludamentos, muros, etc.) e drenagem adequada (pluvial e cloacal).

O setor 2 sofre com o problema de taludes excessivamente inclinados junto ao acesso pavimentado. O grande impasse desta área é que existem casas construídas junto à crista destes taludes, ou seja, para se implantar obras como muros de concreto é necessária a invasão ou do terreno das casas (consequentemente modificação do terreno e realocação destas) ou da via de acesso (ver figura 22). Esse cenário se repete no fundo de algumas residências, onde o espaço para intervenção é muito limitado.

O setor onde mais ocorrem fatores de perigo é o 3. Inicialmente devem ser realizadas obras de pavimentação, a fim de controlar a erosão ali instalada. Essa pavimentação deve ser acompanhada de um prévio alargamento para possibilitar o acesso de veículos. Ainda, muros irregulares devem ser regularizados, visto que, quando executados de maneira errônea, trazem uma falsa sensação de segurança. Essa falsa impressão é importante pois a população pode ver o muro como um item de segurança para a área, e quando este vir ao colapso, possivelmente trará consigo vítimas fatais.

## 8.2 SUGESTÕES PARA A REGIÃO B

A região B encontra-se na parte mais alta da encosta ocupada. Como já visto, trata-se da área que está sob maior risco e também é a região mais precária (em termos de residências) da encosta. Fundamentalmente, o mais indicado pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Porto Alegre (SMAM) seria a remoção de todas as famílias que vivem nesta área, levando-as para reassentamento. No entanto, não se dá por necessária a remoção de todas as famílias vivendo nessa região, a área é passível de melhorias que permitam a continuidade de parte destas pessoas ali.

Inicialmente, deve-se realizar o reassentamento das famílias instaladas mais acima da encosta, visto que as condições de acesso e inclinações são mais desfavoráveis nesse ponto. A remoção dessas casas tem como objetivo possibilitar o aumento das vias de acesso desta parte mais alta, visando um melhor fluxo de pessoas e serviços. Os acessos realizados para trânsito de

peessoas à região devem possuir escadas para o mais fácil acesso e para disciplinar o escoamento da água na região.

As moradias que se encontram localizadas próximas a taludes com inclinações bastante elevadas devem ser realocadas de modo a realizar o retaludamento da área. Obras de muros de concreto também são um opção, no entanto, visto o seu custo elevado comparado ao retaludamento, a sugestão indicada é a modificação da geometria do talude. Esse retaludamento deve vir, necessariamente, acompanhado de uma cobertura vegetal, a fim de reduzir a erosão causada pelas águas de chuva.

O lançamento de água proveniente de esgotos domésticos é um agravante à erosão da encosta. Portanto, a drenagem doméstica das habitações deve ser refeita, de modo a garantir seu perfeito funcionamento. Nos acessos onde não há estruturas do tipo escada, devem ser executadas canaletas/sarjetas de modo a direcionar o fluxo de água. Essa estrutura já existe na região A (figura 23).

Há uma região onde há um paredão rochoso (com blocos instáveis). Neste caso, indica-se a desocupação da área, visto o alto custo para implantação de um sistema de mitigação do risco.



## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Vila Graciliano Ramos está instalada em uma região inclinada, onde se encontra a formação Granito Santana, ou seja, são encontrados nesta região solos residuais graníticos. A região não é desfavorável à segurança no ponto de vista geológico, no entanto as intervenções por parte da comunidade que vive ali acabam por trazer quadros preocupantes.

Vale lembrar que não foi feita uma investigação da região em sua totalidade, isto é, algumas áreas não puderam ser investigadas por causa da impossibilidade de acesso. Destacam-se como os principais entraves a existência de moradias onde não foi possível a entrada no terreno e áreas muito fechadas e íngremes. A seguir, é feita a conclusão dos níveis de risco em que se encontram as distintas regiões e setores. Esta análise foi feita com base nas descrições de níveis de risco estipulados anteriormente no trabalho. A determinação do risco foi realizada de maneira qualitativa, ou seja, não existem cálculos determinísticos e sim uma avaliação subjetiva com base nas características observadas em campo.

As regiões estudadas possuem características diferentes. A região B, mais precária e perigosa, situa-se mais ao topo da Vila. Foram encontrados diversos focos de perigo iminente. Dados os problemas anteriormente citados, e de acordo com os critérios do Ministério das Cidades, a região encontra-se sob Risco Alto (R3), devido ao grau de precariedade (ou ainda inexistência) das instalações, taludes inclinados e erosões localizadas.

Observando a região A, esta foi dividida em 3 setores para facilitar a compreensão do problema. O setor 1, mais à direita da Vila, é categorizado como Risco Médio (R2), devido à falta de sistemas de drenagem e perigo potencial dos taludes verticais. O setor 2, mais ao centro, com início de processo de urbanização, é indicado como Risco Baixo (R1) visto a urbanização já instalada, com os corretos sistemas de drenagem, no entanto os taludes apresentam algum risco à comunidade. O setor 3 está no estado mais proupanante dos setores constituintes da região A e é classificado como Risco Médio (R2) visto o nível de erosões, cortes irresponsáveis, muros mal executados e presença de vegetação desfavorável. O quadro 1 sintetiza os níveis de risco de cada região.

Vale lembrar que, o nível de risco associado a cada região se dá em caráter mais geral da área. Não necessariamente todas as casas apresentam o mesmo nível de risco, mas a característica do todo se enquadra no grau de risco indicado. Além disso, não foi realizada uma avaliação mais global, isto é, deve-se também avaliar o grau de risco em que área A se encontra caso se dê uma ruptura da região B.

Quadro 1 – Níveis de risco de cada região

Área estudada		Risco	
A	Setor 1	R2	Médio
	Setor 2	R1	Baixo
	Setor 3	R2	Médio
B		R3	Alto

(fonte: elaborado pelo autor)

Ainda, deve-se prever um plano de urbanização para toda a encosta. A urbanização contempla além de obras de infraestrutura, um plano de ocupação, delimitando-se terrenos e áreas não ocupáveis. As obras de infraestrutura propostas devem ser de custo baixo, devido ao tipo de ocupação, para serem intervenções que se justifiquem (custo-benefício).

Por se tratar de uma área de ocupação espontânea, algumas ações devem ser tomadas para garantir a longevidade das intervenções. A criação de áreas de uso comum (praças, por exemplo) é indicada visto que, após a construção desta estrutura, dificilmente será degrada para a construção de uma moradia. É dada como fundamental a participação da comunidade neste processo de urbanização, já que essa participação tem alto grau de importância para a sustentabilidade das obras. Deve-se prever um plano de acompanhamento desta comunidade após as intervenções, com o intuito de conscientizar e esclarecer a população acerca das medidas tomadas e como ela deve proceder para as intervenções serem realmente eficazes.

## REFERÊNCIAS

- A PREFEITURA de São Paulo disponibilizou no seu site dados do mapeamento das áreas de risco identificadas pelo IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 24 fev. 2011. Disponível em: <<http://www.ipt.br/noticia/305.htm>>. Acesso em: 15 nov. 2011.
- AUGUSTO FILHO, O. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1., 1992, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABMS; ABGE; Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro; Secretaria Municipal de Obras; Fundação GEO-Rio, 1992. p. 721-733
- CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. (Org.). **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007.
- DIAS, T. S.; FUJIMOTO, N. S. V. M.; SOARES, A. Q. **Compartimentos de relevo do município de Porto Alegre**. [2009]. Disponível em: <[http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/downloads/dados/Geomorfologia\\_Porto\\_Alegre/Dias\\_et\\_al\\_2009\\_Compartimentos\\_relevo\\_Porto\\_Alegre\\_RS.pdf](http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/downloads/dados/Geomorfologia_Porto_Alegre/Dias_et_al_2009_Compartimentos_relevo_Porto_Alegre_RS.pdf)>. Acesso em: 14 dez. 2011.
- GOOGLE MAPS. R. Graciliano Ramos - Cascata, Porto Alegre – RS, 2012.
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 1983.
- HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. **O Manual do Deslizamento: um guia para a compreensão de deslizamentos**. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 2008.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Relatório Técnico nº 97765-205**. São Paulo. 2007
- JOINT TECHNICAL COMMITTEE ON LANDSLIDES AND ENGINEERED SLOPES. **Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning**. U.S., 2008.
- MENDONÇA, M. B.; POMPEI, M.; SARAMAGO, R. P. A preservação de encostas por meio da urbanização de favelas no município do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 11., 1998, Brasília. **Anais...** São Paulo: ABMS, 1998.
- NACCI, D.; MACHADO, N. A. F.; HASENACK, H. Geologia: mapeamento geológico/avaliação geotécnica. In: FUNDAÇÃO DE APOIO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Diagnóstico ambiental do município de Porto Alegre: relatório 6**. Porto Alegre, 2004, p. 16-21.

OLIVEIRA, D. A. F.; MÉLO, T. C. Considerações de projetos de estabilização de encostas em áreas de ocupação espontânea: uma visão conjunta de engenharia e social. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 4., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador: Escola Politécnica [da] Universidade Federal da Bahia, 2005. p. 543-552.

TOMINAGA, L. K. Escorregamentos. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009, p. 25-38.

## **APÊNDICE A – *Checklist* para avaliação em campo**

<b>Local:</b> _____	<b>Data:</b> _____
<b>Área:</b> _____	
<b><u>OCUPAÇÃO</u></b>	
<b>Moradias:</b> <input type="checkbox"/> Alvenaria	<b>Acesso à moradia:</b> <input type="checkbox"/> Bom
<input type="checkbox"/> Madeira	<input type="checkbox"/> Ruim
<input type="checkbox"/> Misto	<input type="checkbox"/> Risco
<b>Condições:</b> <input type="checkbox"/> Bom	Obs: _____
<input type="checkbox"/> Risco estrutural	
<b><u>TERRENO</u></b>	
<b>Declividade da encosta:</b> <input type="checkbox"/> alta	<b>Taludes:</b> <input type="checkbox"/> solo
<input type="checkbox"/> média	<input type="checkbox"/> rocha
<input type="checkbox"/> baixa	_____ Altura (m)
Obs: _____	_____ Distância da moradia (m)
	_____ Inclinação
	Obs: _____
<b>Características do solo:</b> <input type="checkbox"/> Aterro lançado	<b>Materiais presentes predominantes:</b> <input type="checkbox"/> Arenoso
<input type="checkbox"/> Aterro compactado	<input type="checkbox"/> Argiloso
Obs: _____	<input type="checkbox"/> Rochoso
<b>Presença de Rochas/Blocos:</b> <input type="checkbox"/> Instáveis/soltos	<b>Vegetação:</b> <input type="checkbox"/> Mata densa
<input type="checkbox"/> Estáveis	<input type="checkbox"/> Vegetação rasteira
<input type="checkbox"/> Não há	<input type="checkbox"/> Não há
Obs: _____	Obs: _____
<b><u>ÁGUA</u></b>	
<input type="checkbox"/> Área inundável	<input type="checkbox"/> Lançamento direto
<input type="checkbox"/> Área alagável	<input type="checkbox"/> Presença de água superficial
<b>Drenagem:</b> <input type="checkbox"/> Bom	<b>Agravantes:</b>
<input type="checkbox"/> Deficiente	
<input type="checkbox"/> Inexistente	
Obs: _____	
<b><u>MOVIMENTOS</u></b>	
<b>Índicios</b>	
<input type="checkbox"/> Cicratizes no terreno	
<input type="checkbox"/> Cicratizes na moradia	
<input type="checkbox"/> Vegetação inclinada	
<input type="checkbox"/> Embarrigamentos	
<input type="checkbox"/> Sulcos/Degraus	
Obs: _____	
<b><u>GRAU DE RISCO</u></b>	
<input type="checkbox"/> R1 - Baixo	Obs: _____
<input type="checkbox"/> R2 - Médio	
<input type="checkbox"/> R3 - Alto	
<input type="checkbox"/> R4 - Muito Alto	