



**UFMG**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**CURSO DE MESTRADO EM GEOTECNIA E TRANSPORTES**

**“PROPOSTA DE REANÁLISE DO RISCO GEOLÓGICO-  
GEOTÉCNICO DE ESCORREGAMENTOS EM  
BELO HORIZONTE - MINAS GERAIS”**

**LUCIANE DE CASTRO CAMPOS**

**Belo Horizonte, 07 de Abril de 2011**

Luciane de Castro Campos

**“PROPOSTA DE REANÁLISE DO RISCO GEOLÓGICO-  
GEOTÉCNICO DE ESCORREGAMENTOS EM  
BELO HORIZONTE - MINAS GERAIS”**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geotecnia e Transportes

Área de concentração: Geotecnia

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup> Maria Giovana Parizzi

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG

2011

C198p Campos, Luciane de Castro  
Proposta de reanálise do risco geológico-geotécnico de escorregamentos em Belo Horizonte – Minas Gerais [monografia] / Luciane de Castro Campos. - 2011. 139 f., enc.: il.

Orientadora: Maria Giovana Parizzi.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Bibliografia: f. 135-139.

1. Deslizamento – Belo Horizonte (MG) - Avaliação de riscos – Teses. 2. Taludes (Mecânica do solo) – Belo Horizonte (MG) – Teses. I. Parizzi, Maria Giovana. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia.

CDU: 624.13 (043)

Ficha elaborada pelo Processamento Técnico da EEUFMG



FOLHA DE APROVAÇÃO

"Proposta de reanálise do risco geológico - geotécnico de escorregamentos em Belo Horizonte - Minas Gerais"

**Luciane de Castro Campos**

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora constituída pelos Senhores:

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Giovana Parizzi

Prof<sup>º</sup> Dr. Lúcio Flávio de Souza Villar

Prof<sup>º</sup> Dr. Leandro Eugênio Cerri

Prof<sup>ª</sup> Msc Cláudia de Sanctis Viana

Aprovada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes

Prof. Gustavo Ferreira Simões  
Coordenador

Versão Final aprovada por

Prof<sup>ª</sup>. Maria Giovana Parizzi  
Orientadora

Belo Horizonte, 07 de abril de 2011.

Aos meus pais e minhas irmãs, pelo apoio  
Aos moradores das Vilas de Belo Horizonte

## AGRADECIMENTOS

- À Professora Maria Giovana Parizzi, pela orientação, incentivo, dedicação e compreensão em toda etapa desta pesquisa.
- À geóloga Cláudia de Sanctis Viana, pela participação na orientação e incentivo.
- À DMR – Diretoria de Manutenção e Risco pela liberação das informações de vistorias e sobre o programa de risco de Belo Horizonte e pelo apoio para a realização da pesquisa.
- A todos os funcionários da URBEL que contribuíram para a realização desta dissertação.
- Aos geólogos Saulo Goudinho, Ruzimar Tavares e Paulo César pelas contribuições.
- Ao engenheiro Luíz Delgado pelas bases conceituais passadas e pela paciência.
- À minha irmã Marcella de Castro Campos pela ajuda na formatação do texto.
- À colega Luciana Nara, pelas excelentes contribuições ao longo do texto.
- Ao colega Paulo Teixeira de Andrade Júnior pela contribuição na arte gráfica.
- Aos professores e colegas deste curso pelo convívio nestes anos, em especial a Luciene Oliveira Menezes e Thiago Borges Gomes Moreira.

Meus sinceros agradecimentos

## SUMÁRIO

LISTA DE SÍMBOLOS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE QUADROS.....	ix
LISTA DE GRÁFICOS.....	x
LISTA DE UNIDADES.....	xi
LISTA DE SIGLAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
ZUSAMMENFASSUNG.....	xv
1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Objetivos.....	17
1.2 Justificativa.....	17
2 METODOLOGIA.....	19
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
3.1 Característica da área de estudo.....	22
3.1.1 Geologia de Belo Horizonte.....	25
3.1.1.1 Domínio do Complexo Belo Horizonte.....	29
3.1.1.2 Sequência Metassedimentar.....	30
3.1.1.3 Rochas intrusivas de idades não determinada.....	33
3.1.1.4 Formações superficiais.....	33
3.1.2 Geomorfologia de Belo Horizonte.....	34
3.1.3 Clima de Belo Horizonte.....	36
3.1.4 Hidrografia de Belo Horizonte.....	38
3.2 Desastres naturais.....	38
3.3 Movimentos gravitacionais de massa.....	44
3.3.1 Classificação dos movimentos gravitacionais de massa.....	45
3.3.2 Movimentos gravitacionais de massa no município de Belo Horizonte.....	51
3.3.2.1 Processos associados ao Complexo Belo Horizonte.....	51
3.3.2.2.Processos associados à sequência das rochas metassedimentares.....	52

3.3.2.3 Processos associados aos maciços artificiais.....	55
3.3.3 Condicionantes e causas dos movimentos gravitacionais de massa.....	56
3.3.4 Indicativos de movimentação nas encostas.....	63
3.4 Conceitos básicos do risco.....	64
3.4.1 Percepção do risco nas comunidades.....	73
3.4.2 Classificação do risco geológico, conforme diretriz do Ministério das Cidades.....	76
4 RESULTADOS.....	78
4.1 Análise das ferramentas de trabalho.....	78
4.1.1 Programa Estrutural em Áreas de Risco – PEAR.....	78
4.1.2 Vistoriadores do Programa Estrutural em Áreas de Risco.....	85
4.1.3 Descrição da ficha de vistoria atualmente utilizada pelo PEAR.....	86
4.2 Levantamento de dados.....	102
4.3 Informações sobre as vistorias da URBEL.....	106
4.4 Proposição de metodologia para classificação do risco geológico em Belo Horizonte....	102
5 CONCLUSÃO.....	133
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135



## LISTA DE SIMBOLOS

CAG	Com agente potencializador do risco
CI	Com indicativos de processos geodinâmicos
D	Danos
E	Este
N	Norte
P	Perigo
R	Risco
S	Sul
SAG	Sem agente potencializador do risco
SI	Sem indicativos de processos geodinâmicos
V1	Baixa vulnerabilidade a acidentes
V2	Alta vulnerabilidade a acidentes
W	West

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1	Organograma mostrando as etapas da metodologia da pesquisa.....	19
FIGURA 3.2	Distribuição do número de assentamentos irregulares por regional em Belo Horizonte.....	23
FIGURA 3.3	Distribuição geográfica das Vilas e Favelas de Belo Horizonte.....	24
FIGURA 3.4	Mapa geológico do município de Belo Horizonte.....	28
FIGURA 3.5	Vista geral da Depressão Belo Horizonte, observa-se ao fundo a Serra do Curral.....	34
FIGURA 3.6	Vista geral da Serra do Curral, observa-se a declividade acentuada em direção à serra.....	35
FIGURA 3.7	Esquema representando processo de rastejo.....	47
FIGURA 3.8	Esquema representando o escorregamento planar.....	48
FIGURA 3.9	Esquema representando o escorregamento circular.....	48
FIGURA 3.10	Esquema representando o escorregamento em cunha.....	49
FIGURA 3.11	Esquema representando a queda de blocos.....	49
FIGURA 3.12	Esquema representando o rolamento de blocos.....	50
FIGURA 3.13	Esquema representando a corrida de massa.....	51
FIGURA 3.14	Esquema representando o lançamento e concentração de águas pluviais e lançamento de águas servidas.....	59
FIGURA 3.15	Esquema representando vazamento em redes de abastecimento de água.....	60
FIGURA 3.16	Esquema representando a fossa sanitária.....	61
FIGURA 3.17	Esquema representando a declividade e altura excessiva de cortes.....	61
FIGURA 3.18	Esquema representando a execução inadequada de aterros.....	62
FIGURA 3.19	Esquema representando o lançamento de lixo/entulho.....	63

FIGURA 3.20	Esquema representando a remoção da cobertura vegetal.....	63
FIGURA 3.21	Classificação de riscos, com destaque para os riscos de natureza geológica.....	65
FIGURA 4.22	Modelo da ficha de vistoria PEAR – Dados do morador.....	86
FIGURA 4.23	Modelo da ficha de vistoria PEAR – Caracterização do local.....	87
FIGURA 4.24	Representação do talude natural.....	88
FIGURA 4.25	Representação do talude de corte/aterro.....	88
FIGURA 4.26	Foto representando o talude de córrego.....	89
FIGURA 4.27	Representação das inclinações dos taludes.....	90
FIGURA 4.28	Relação altura/afastamento da encosta a montante da edificação.....	91
FIGURA 4.29	Relação altura/afastamento da encosta a jusante da edificação.....	91
FIGURA 4.30	Modelo da ficha de vistoria PEAR – Características visuais da edificação.....	92
FIGURA 4.31	Modelo da ficha de vistoria PEAR – Predisposição a processos geodinâmicos.....	92
FIGURA 4.32	Modelo da ficha de vistoria PEAR – Agentes potencializadores.....	93
FIGURA 4.33	Modelo da ficha de vistoria PEAR – Indicativo dos processos.....	94
FIGURA 4.34	Modelo da ficha de vistoria PEAR – Indicação do grau de risco.....	95
FIGURA 4.35	Modelo da ficha de vistoria PEAR – Ocorrência atual.....	95
FIGURA 4.36	Modelo da ficha de vistoria PEAR – Pareceres e orientações.....	96
FIGURA 4.37	Modelo da ficha de vistoria PEAR – Obras propostas.....	99
FIGURA 4.38	Modelo da ficha de vistoria PEAR – Considerações finais.....	102
FIGURA 4.39	Modelo proposto da ficha de vistoria considerando a nova classificação de risco.....	132

## LISTA DE TABELA

TABELA 3.1	Média histórica da chuva por mês.....	37
TABELA 4.2	Tratamento dos dados das vistorias realizadas pela URBEL PEAR de 2008-2010.....	103
TABELA 4.3	Vistorias classificadas como risco alto e muito alto com parecer de remoção.....	112
TABELA 4.4	Cruzamento dos agentes de risco e relação altura/afastamento.....	114
TABELA 4.5	Cruzamento do resultado da TAB. (4.4) com os indicativos dos processos.....	115
TABELA 4.6	Cruzamento do resultado da TAB. (4.5) com a vulnerabilidade da edificação.....	116
TABELA 4.7	Análise do risco geológico simplificado, criado para a cidade de Belo Horizonte.....	129

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1	Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.....	27
QUADRO 3.2	Classificação dos desastres naturais quanto à tipologia.....	40
QUADRO 3.3	Classificação dos movimentos de massa.....	45
QUADRO 3.4	Características dos principais grandes grupos de processos de escorregamento.....	46
QUADRO 3.5	Fatores deflagradores dos movimentos de massa.....	57
QUADRO 3.6	Critérios para definição do grau de probabilidade de ocorrência de processos destrutivos do tipo de escorregamentos em encostas ocupadas e desbarrancamentos (solapamentos) margens de córregos (versão utilizada na região sudeste).....	77

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 3.1	Comparação entre os períodos chuvosos 2005/2006 a 2009/2010: a linha vermelha representa a média histórica de chuva para Belo Horizonte.....	37
GRÁFICO 3.2	Distribuição anual do número de mortes por escorregamento no Brasil no período de 1988 a 2008.....	43
GRÁFICO 4.3	Vistorias realizadas conforme dados fornecidos pela URBEL, 2009.....	85
GRÁFICO 4.4	Vistorias realizadas pelos vistoriadores da URBEL no período de 2 anos.....	107
GRÁFICO 4.5	Vistorias classificadas como risco alto e muito alto com e sem indicativos dos processos.....	108
GRÁFICO 4.6	Vistorias classificadas como risco alto e muito alto com e sem indicativos considerando os dois níveis de risco em separado.....	108
GRÁFICO 4.7	Indicativos de movimentação encontrados nas fichas de vistorias, totalizando 2778 registros.....	109
GRÁFICO 4.8	Vistorias considerando apenas um talude de cada vez, evidenciando que a maioria não tem indicativo de movimentação para a classificação do risco alto e muito alto.....	110
GRÁFICO 4.9	Vistorias de risco alto e muito alto considerando os agentes potencializadores do risco.....	111
GRÁFICO 4.10	Agentes potencializadores, independente das vistorias.....	111

## LISTA DE UNIDADES

Mm	Milímetros
cm/ano	Centímetros por ano
m/h	Metros por hora
m/s	Metros por segundo
M	Metros
$^{\circ}\text{C}$	Graus centrígrados
km <sup>2</sup>	kilômetros quadrados

## LISTA DE SIGLAS

ABGE	Associação Brasileira de Geologia de Engenharia
BNH	Banco Nacional da Habitação
COMDEC	Coordenadoria Municipal de Defesa Civil
CREAR	Centro de Referência em Áreas de Risco
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EM-DAT	Emergency Disasters Data Base
IAEG	International Association of Engineering Geology
IDNDR	International Decade for Natural Disaster Reduction
IG	Instituto Geológico
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológica – São Paulo
ISDR	International Strategy for Disaster Reduction
LUOS	Lei de Uso e Ocupação do Solo
NUDEC	Núcleo de Defesa Civil
ONU	Organização das Nações Unidas
PBH	Prefeitura Municipal de Belo Horizonte
PEAR	Programa Estrutural em Áreas de Risco
PLAMBEL	Superintendência de Planejamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte
QF	Quadrilátero Ferrífero
SIMDEC	Sistema Municipal de Defesa Civil
SISVAR	Sistema de Vistorias de Áreas de Risco
SISGEAR	Sistema de Gestão de Áreas de Risco
URBEL	Companhia Urbanizadora e de Habitação de Belo Horizonte
USGS	United States Geological Survey
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social



## RESUMO

Com base nas características relevantes da cidade de Belo Horizonte (*eg* clima, relevo, geologia, geomorfologia) e na avaliação das fichas de vistoria atualmente utilizada pelos técnicos do Programa Estrutural em Áreas de Risco – PEAR foi realizada nesta pesquisa uma análise pormenorizada do método de classificação atual dos riscos geológico-geotécnico alto e muito alto. Chegou-se à conclusão que a mesma pode não ser suficientemente confiável, visto que é realizada de maneira bastante subjetiva, sem parâmetros definidos, sendo, então, dependente da experiência do vistoriador. Por isso, nesta pesquisa foi criada uma nova metodologia para a classificação de risco geológico-geotécnico para a cidade de Belo Horizonte através de análise de parâmetros predefinidos, que são: agentes potencializadores do risco, relação altura do talude/afastamento deste à edificação, indicativo de movimentação e vulnerabilidade da edificação. Além dos parâmetros, foram identificados fatores atenuantes e agravantes que representam a realidade da cidade de Belo Horizonte. Através do cruzamento dos parâmetros, foram definidos os níveis de risco geológico-geotécnico e, para facilitar a utilização dos mesmos, foram atribuídos pesos aos parâmetros. A nova metodologia proposta contribuirá para o PEAR no sentido de oferecer mais padronização aos dados, visto que os mesmos não serão tão subjetivos.

**Palavras Chaves:** risco geológico, vistoria, níveis de risco, gestão de risco.

## ABSTRACT

Based on the relevant characteristics of the city of Belo Horizonte (*eg* climate, relief, geology, geomorphology) and on the evaluation of the inspection's sheet currently employed by the Programa Estrutural em Áreas de Risco – PEAR, we conduct a detailed analysis of the current method of classification of the high and very high geological-geotechnic risk in this study. One can conclude that this rating could be inadequate or not totally reliable, as it is subjectively conducted, without well-defined parameters, being then dependent on the inspector's experience. Thereby a new geological-geotechnic risk classification methodology was created for this city through analysis of the following pre-defined parameters: potential factors of risk, relation slope height/separation from the slope to the edification, indicative of movement and vulnerability of the edification. Beyond these parameters, attenuating and worsening factors were identified, which represent the reality of the city of Belo Horizonte. Crossing those parameters, the risk levels were defined, and in order to make their use easier, values were assigned to each parameter. The new suggested methodology will contribute to the PEAR, as it offers more standardization to the data, as they will not be so subjective anymore.

**Key words:** geological risk, inspection, risk levels, risk management.

## ZUSAMMENFASSUNG

Basierend auf den wichtigen Merkmalen von der Stadt Belo Horizonte (zB. Wetter, Relief, Geologie, Geomorphologie), und auf der Bewertung der Kontrolleformulare, die heutzutage bei dem „Programa Estrutural de Área de Risco“ (PEAR) benutzt werden, wurde eine Analyse von der Klassifikationsmethode des hohen und sehr hohen geologische-geotechnische Risikos in dieser Arbeit geführt. Man kann abwickeln, dass diese Methode nicht genügend vertraubar sein kann, weil sie sehr subjektiv gemacht wird, ohne definierte Parameter; das ist dann von der Erfahrung des Kontrolleurs abhängig. Deswegen wurde in dieser Arbeit eine neue Methodologie für die geologische-geotechnische Risikoeinordnung der Stadt Belo Horizonte erstellt. Diese Einordnung läuft durch die Analyse von vorher festgelegten Parametern, die sind: potenziell Risiko Agenten; Zusammenhang zwischen der Höhe des Bremsbergs und der Entfernung dieses Bremsbergs bis zu dem Aufbau; Hinweisend der Bewegungen und Vulnerabilität des Aufbaus. Zusätzlich zu diesen Parametern wurden mildernde und verschlechternde Faktoren identifiziert, die die Realität der Stadt Belo Horizonte repräsentieren. Durch die Kreuzung dieser Parameter wurden die Risikoniveaus definiert, und Gewichte wurden zu jedem Parameter gegeben, damit die Nutzung der Risikoniveaus einfacher werden würde. Die neue empfohlene Methodologie wird am PEAR mitwirken, weil sie den Daten mehr Standardisierung dient, als diese Daten nicht mehr so subjektiv sein werden.

**Schlüsselwörter:** geologisches Risiko, Kontrolle, Risikoniveau, Risikoverwaltung.

## 1 INTRODUÇÃO

Uma importante parcela da população das grandes cidades brasileiras vive em vilas e favelas situadas em encostas íngremes e margens de córregos, submetidas às variadas formas de risco geológico-geotécnico. Na cidade de Belo Horizonte, a situação não é diferente. A ocupação irregular das encostas e baixadas e as características morfogeológicas do município contribuem para gerar situações de risco em todo o período de chuvas, compreendido entre os meses de outubro a março.

Nas áreas de ocupação desordenada, os processos mais frequentes são os escorregamentos, que podem ser potencializados por agentes como cortes no terreno, desmatamento, aterros mal executados, tubulações rompidas, lançamento de esgoto nas encostas e deposição do lixo e entulho. Secundariamente, ocorrem erosões, solapamentos, queda de blocos de rocha e inundações.

Até 1993, o município de Belo Horizonte não contava com nenhuma política de tratamento das áreas de risco geológico-geotécnico em vilas e favelas: agia-se somente com o socorro às vítimas no período chuvoso. A partir desta data, através de um primeiro diagnóstico realizado na cidade pela Companhia Urbanizadora e de Habitação de Belo Horizonte - URBEL, constatando 14.349 moradias em situação de risco geológico-geotécnico alto e muito alto, foi criado o Programa Estrutural em Áreas de Risco – PEAR, que é um programa de atendimento contínuo baseado na realização de vistorias individualizadas, ações preventivas durante o ano e de monitoramento no período chuvoso. O programa tem como premissa a convivência com o risco, onde o morador é co-responsável pelo monitoramento e a remoção da família em risco geológico-geotécnico ocorre apenas em casos extremos.

Após dezessete anos de atuação do PEAR, esta pesquisa tem como diretriz avaliar a eficiência do método atual de classificação do risco geológico-geotécnico utilizado pelos vistoriadores da URBEL, dando ênfase ao processo de escorregamento.

## **1.1 Objetivos**

O objetivo principal desta pesquisa é avaliar a eficiência do método atual de classificação pontual do risco de escorregamento nas vilas e favelas do município de Belo Horizonte, levando em consideração as fichas de vistorias utilizadas através do Programa Estrutural em Áreas de Risco.

Objetivos específicos:

- Analisar as fichas de vistorias realizadas pelas equipes do PEAR-URBEL, nos últimos dois anos;
- Reconhecer quais os critérios foram utilizados pelos vistoriadores para a classificação do risco alto e muito alto de escorregamento;
- Avaliar se a classificação do risco geológico-geotécnico alto e muito alto adotada foi correta, levando em consideração o período avaliado;
- Propor uma nova metodologia para se chegar a uma classificação do risco, caso a atual classificação não esteja adequada com a realidade do município de Belo Horizonte;
- Sugerir alterações na ficha de vistoria técnica para o Programa Estrutural em Áreas de Risco para adequar à nova classificação, se necessário for.

## **1.2 Justificativa**

Levando-se em consideração que a classificação do risco geológico-geotécnico na cidade de Belo Horizonte é feita de maneira subjetiva, pois depende muito da experiência do vistoriador e da interpretação da concentração dos níveis de risco atualmente utilizadas, torna-se necessário uma revisão da classificação do risco geológico-geotécnico, tentando definir uma metodologia que diminua a interpretação individual da equipe técnica.

Atualmente, a avaliação do risco geológico-geotécnico é feita através do preenchimento de uma ficha de vistoria, onde constam as informações necessárias para que o vistoriador classifique o risco e emita um parecer para a família exposta à situação de instabilidade geológica-geotécnica, o que não elimina um certo grau de subjetividade na avaliação do técnico.

A definição de um padrão para análise do risco e preenchimento da ficha de vistoria contribuirá com o PEAR, no sentido de melhorar a confiabilidade dos dados e facilitar o tratamento dos mesmos, fatores importantes no gerenciamento do programa de gestão do risco geológico-geotécnico na cidade de Belo Horizonte.

## 2 METODOLOGIA

O objetivo deste capítulo é apresentar a metodologia utilizada para a realização desta pesquisa. Conforme a FIG. 2.1 a metodologia foi dividida em três itens, a saber: revisão bibliográfica, análise das ferramentas de trabalho e levantamento de dados existentes.

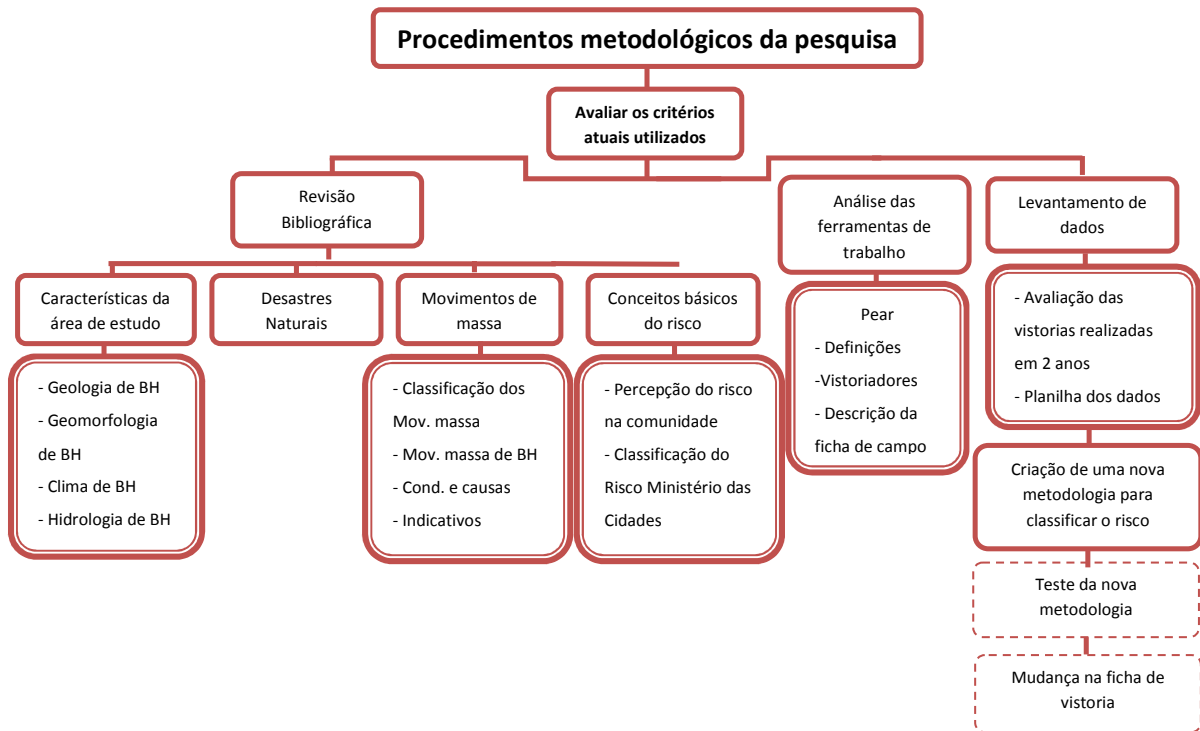


FIGURA 2.1 – Organograma mostrando as etapas da metodologia da pesquisa

Em relação à revisão bibliográfica, pesquisou-se na literatura os seguintes aspectos:

-Caracterização do Município de Belo Horizonte, incluindo dados gerais sobre o município, geologia, geomorfologia, clima e hidrologia;

-Definição dos desastres naturais, sua classificação, diretrizes para a prevenção e mitigação além dos desastres mais comuns que ocorrem no Brasil e em Minas Gerais;

-Classificação dos movimentos de massa de um modo geral e também com ênfase aos que ocorrem com maior frequência na cidade de Belo Horizonte. Neste item também foi pesquisado sobre a influência dos agentes potencializadores do risco geológico-geotécnico e dos indicativos de movimentação, fatores importantes na análise do risco;

-Conceitos básicos do risco, incluindo a percepção do risco pelas comunidades e a definição de classificação do risco geológico adotada pelo Ministério das Cidades.

Na etapa de análise das ferramentas de trabalho foi revisto o histórico de criação e evolução do PEAR, as definições adotadas pela URBEL com relação à gestão do risco e uma descrição da evolução do quadro de vistoriadores do PEAR, ressaltando a importância da capacitação da equipe para melhoria na qualidade das vistorias. Também é feita descrição detalhada da atual ficha de vistoria adotada.

Em relação à etapa de levantamento dos dados, foram definidos alguns passos mostrados abaixo, para melhor desenvolvimento desta pesquisa.

-Análise das vistorias realizadas nos últimos dois anos. A definição deste período foi devida à facilidade de obtenção dos dados, pois o sistema de vistoria passou por várias versões que hoje dificultam a obtenção dos dados com rapidez e segurança que esta avaliação necessita (alterações de sistemas e dados técnicos). Ainda em relação a estes dados, somente serão analisadas as vistorias realizadas pelas equipes da URBEL, visto a facilidade de solicitação de autorização para utilização dos dados, pois nos casos das regionais seria necessário solicitar a cada secretaria (nove), a utilização dos mesmos.

-Criação de uma planilha para introduzir os principais critérios utilizados na descrição do risco alto e muito alto registrados nas fichas, cujo processo predominante foram os escorregamentos: Os dados de análise das fichas de vistoria foram tratadas na planilha cujo modelo encontra-se na TAB. 4.2, item 4.2 e arquivo completo em CD anexo.

-Tratamento dos dados das fichas de vistorias; apresentados em gráficos, onde foram analisados os principais parâmetros, tais como ocorrência ou não de indicativos e quais ocorreram com mais frequência, presença ou não de agentes potencializadores do risco e quais ocorrem com mais frequência, relação altura do talude e afastamento da edificação como fator importante na classificação do risco dentre outras análises. O conteúdo dos gráficos foi definido com base na classificação do risco que vem sendo adotada pela URBEL.



-Criação de uma nova metodologia para classificação do risco geológico-geotécnico para a cidade de Belo Horizonte a partir de uma análise minuciosa dos critérios reproduzidos, onde através da utilização de uma matriz foi possível obter os níveis de risco com várias possibilidades em cada nível. A matriz utilizada foi inspirada na classificação do risco de inundação utilizada pelo Ministério das Cidades e foi adaptada para a realidade de Belo Horizonte, onde através da análise das vistorias, foram definidos os principais condicionantes que levaram o técnico a classificar o risco geológico-geotécnico.

Assim, a metodologia utilizada foi à definição dos parâmetros importantes para a classificação do risco na cidade de Belo Horizonte, através da análise das fichas de vistorias realizadas pelas equipes do PEAR, ao longo de dois anos, com posterior cruzamento destes parâmetros, em forma de matriz, chegando a graus de risco onde em cada nível tem de cinco a sete possibilidades de classificação do risco geológico-geotécnico, permitindo uma flexibilidade na análise.

-Teste da nova metodologia através da utilização de uma planilha com a pontuação dos parâmetros e utilização da atual ficha de vistoria utilizada pelo PEAR, que será descrita no item 4.4. Para esta etapa da pesquisa, os vistoriadores foram capacitados para identificar os parâmetros em campo e chegar na pontuação necessária para classificar o risco geológico-geotécnico.

-Proposta de mudança da ficha de vistoria, onde foram sugeridas alterações para adequar a nova metodologia de classificação do risco. O modelo de ficha sugerida nesta pesquisa seguiu o mesmo formato da ficha utilizada pela equipe, onde as alterações sugeridas tem como objetivo facilitar o preenchimento e obter de maneira mais prática o nível de risco geológico-geotécnico.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentada a revisão bibliográfica desenvolvida nesta pesquisa para embasar a análise dos dados e os resultados encontrados.

#### 3.1 Características da área de estudo

Chamada de Cidade de Minas em seus primeiros cinco anos, Belo Horizonte foi inaugurada em 12 de dezembro de 1897, sendo projetada para abrigar 200 mil habitantes ao completar 100 anos. Possui hoje uma população de 2.412.937 habitantes, distribuídos nas nove regiões administrativas (Barreiro, Centro-Sul, Leste, Nordeste, Noroeste, Norte, Oeste, Pampulha e Venda Nova), totalizando 331Km<sup>2</sup> (URBEL,2009). É limitada ao sul pelos municípios de Nova Lima, Brumadinho e Ibirité; ao norte pelos municípios de Ribeirão das Neves, Vespasiano e Santa Luzia; a oeste, pelo de Contagem e a leste pelo de Sabará.

O município possui 208 vilas, favelas, conjuntos habitacionais antigos e outros assentamentos irregulares (FIG.3.2 e 3.3), distribuídos em uma área de 16,75 Km<sup>2</sup>, com população em torno de 471.344 habitantes. Este número representa 19,53% da população total do município (URBEL, 2009). Entende-se por vilas e favelas espaços ocupados de forma desordenada por população de baixa renda.

Belo Horizonte foi criada para ser o centro administrativo de Minas Gerais, entretanto, seus planejadores não previram um número suficiente de moradias para abrigar as pessoas que vinham trabalhar na construção da cidade. Portanto, antes da inauguração, já havia favelas em Belo Horizonte (PLAMBEL, 1984, *apud* Viana, 2000).

Os traços estruturais do espaço urbano de Belo Horizonte e os conflitos a eles relacionados, já delineados desde o início de sua ocupação, foram se acentuando e ampliando com o crescimento urbano e a metropolização, que se mostra como uma das fases do processo de exclusão social.

No início da década de 50, intensificou-se o crescimento urbano por expansão de periferias que, muitas vezes, extrapolavam os limites municipais. Nesta década, Belo Horizonte atraiu fortes fluxos migratórios e apresentou uma taxa de crescimento demográfico bem superior à observada nas décadas anteriores (PLAMBEL, 1984, *apud* Viana, 2000). Foi o período dos “loteamentos clandestinos” em locais distintos de Belo Horizonte, como por exemplo: ao norte, Venda Nova e Aarão Reis; a oeste, Betânia e Barreiro.

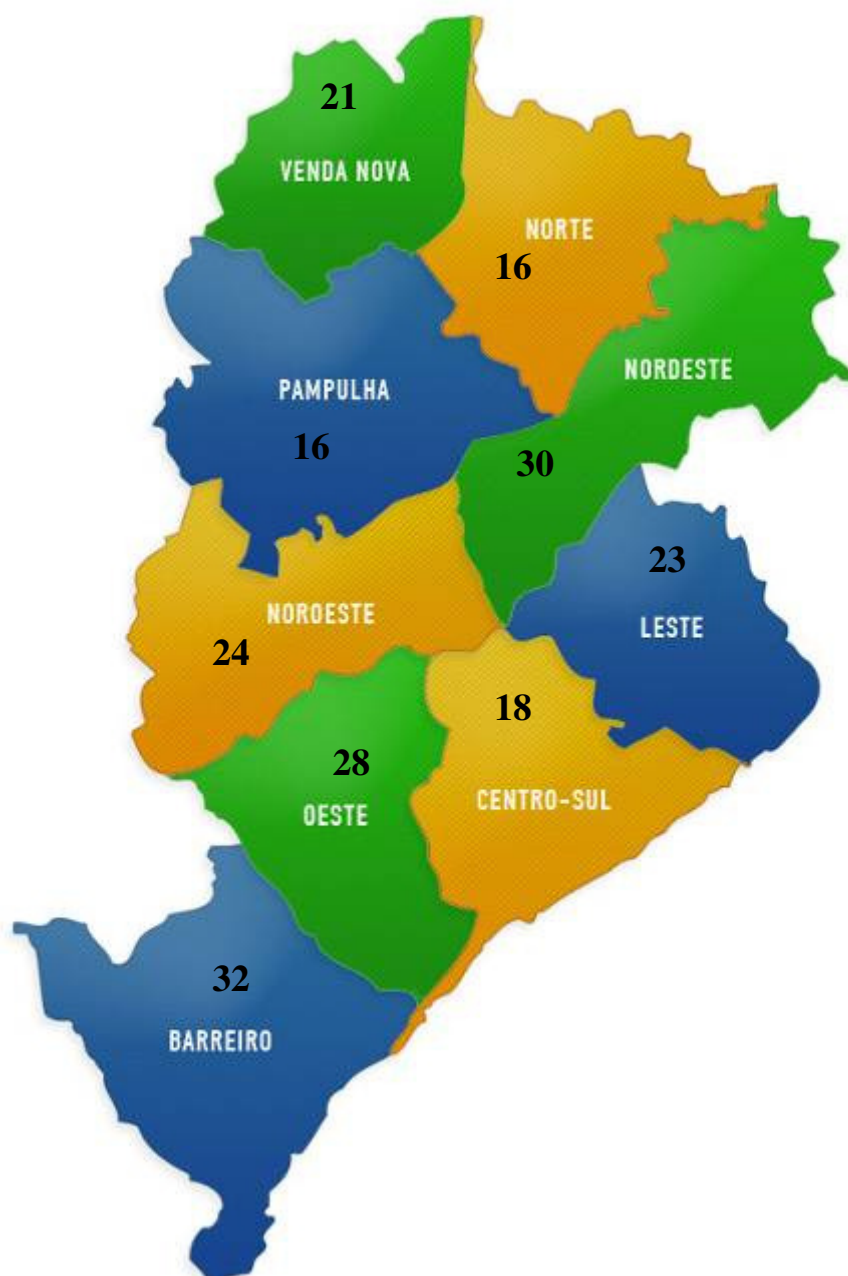


FIGURA 3.2 - Distribuição do número de assentamentos irregulares por regional em Belo Horizonte (Fonte: URBEL, 2009).

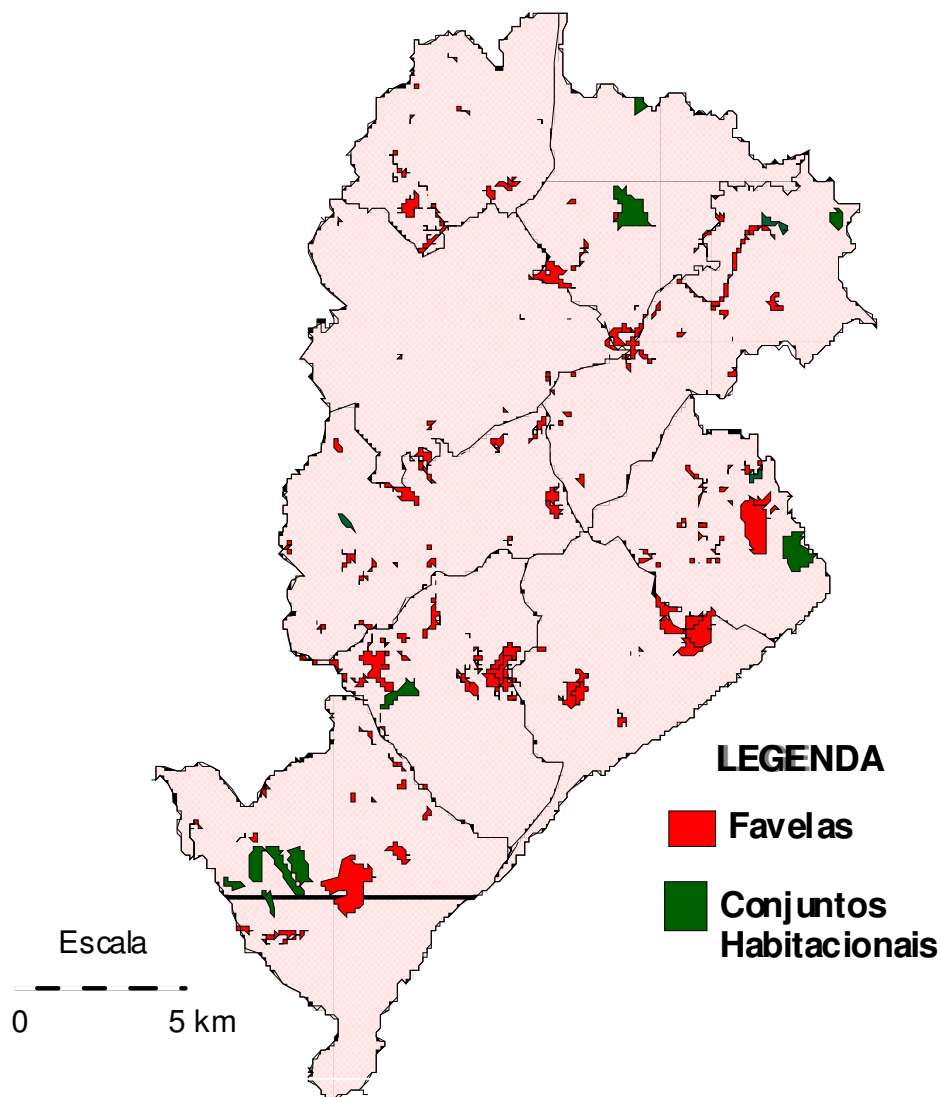


FIGURA 3.3 - Distribuição geográfica das Vilas e Favelas de Belo Horizonte  
(Fonte: Modificado de Viana, 2000).

A década de 70 foi marcada pelo lançamento de muitos loteamentos com infraestrutura que avançaram inclusive sobre áreas caracterizadas como periferia urbana. Ocorreu ainda uma grande oferta de apartamentos com financiamento do Banco Nacional da Habitação – BNH, para as classes médias, então em expansão. Essa oferta se expandiu até 1976, quando começou a diminuir devido à proibição do duplo financiamento. Salienta-se ainda neste período a ausência do estado na oferta de habitação de interesse social e uma agressiva política de desfavelamento em Belo Horizonte, onde os loteamentos irregulares perderam espaço. No dia 29 de Novembro de 1976, foi criada a Lei de Uso e Ocupação do Solo – LUOS (Lei 2662), a qual regia a distribuição espacial das funções urbanas na cidade.

O padrão de ocupação em diversas áreas da cidade se deu de maneira diferenciada na década de 80. Nas regiões Centro-Oeste-Noroeste as áreas eram mais consolidadas, com altas taxas de ocupação dos lotes que ainda vinham sendo adensados por verticalização. Na região norte, havia um estoque de lotes vazios, à espera de melhoria de infraestrutura. No entanto, o adensamento ocorria nas proximidades dos investimentos públicos e privados, o que ocorria também na região sudoeste. O crescimento urbano nas periferias ocorreu muitas vezes através da ocupação de áreas em precárias condições, sendo invadidas inclusive partes de loteamentos ainda vazios vendidos na década de 50, como os bairros Leblon e Copacabana.

Entre 1984 e 1990, numa reação anti BNH, foram criados programas habitacionais altamente subsidiados, nos quais as prefeituras construíram as unidades com recursos do Governo Federal e as distribuíram às famílias. A Prefeitura de Belo Horizonte implantou segundo o mesmo modelo, com deficiência nos projetos, alguns conjuntos muito precários e em situações irregulares. Vários desses conjuntos sofreram invasão de suas áreas públicas (verdes e institucionais), bem como no entorno, criando-se enormes bolsões de pobreza.

No ano de 1996, foi aprovado o Plano Diretor de Belo Horizonte (iniciado em 1993), e a nova lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (Lei N<sup>o</sup> 7166/96). Esses documentos, além de reorganizar e instrumentalizar as novas tendências de gestão e planejamento urbano, vislumbraram aspectos de avaliação anteriormente desprezados como a infraestrutura do meio físico (geologia, características geotécnicas e questões relacionadas ao risco geológico) como também emitiram propostas de preservação e controle dos recursos ambientais.

### 3.1.1 Geologia de Belo Horizonte

Com o objetivo de orientar os trabalhos para a criação do Plano Diretor da cidade, Silva *et al* (1995) realizaram o mapeamento geológico de Belo Horizonte, que será resumido neste ítem, de maneira a descrever as principais características geológicas do município.

Regionalmente, o município encontra-se inserido na grande unidade geológica conhecida como Cráton do São Francisco (Almeida, 1977) ou província geotectônica São Francisco

(Brandalise, 1991). Apesar de haver divergência quanto ao conceito e delimitação desta unidade, o termo se refere ao extenso núcleo crustal, denominado Quadrilátero Ferrífero.

O Quadrilátero Ferrífero apresenta geologia complexa, devido a mais de uma fase de deformação e metamorfismo, que atuaram sobre as rochas originais, sedimentares e magmáticas, mascarando suas características primárias, causando inversões das sequências e provocando repetições e espessamento de camadas.

Conforme descrito por Silva *et al* (1995), o Quadrilátero Ferrífero, em escala regional, é constituído de quatro grandes unidades pré-cambrianas a saber:

- Complexo granito-gnáissico de idade arqueana;
- Sequências metavulcano-sedimentares arqueanas, do tipo *greenstone-belts* (cinturão de rochas verdes) do Supergrupo Rio das Velhas;
- Sequências metassedimentares paleoproterozóicas do Supergrupo Minas; e,
- Metassedimentos terrígenos do Grupo Itacolomí.

A divisão estratigráfica adotada neste trabalho encontra-se resumida no QUADRO 3.1, e baseia-se nos estudos desenvolvidos pela equipe do convênio DNPM-USGS, sumarizados em Door II (1969) e modificados segundo Renger *et al* (1994).

De acordo com Silva *et al* (1995), na área do município de Belo Horizonte ocorre a distinção entre as rochas do Complexo Belo Horizonte, as rochas do domínio metassedimentar e as coberturas e manto de intemperismo, conforme mostra a FIG. 3.4.

QUADRO 3.1

Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero

Idade	Supergrupo	Grupo	Formação	Litologia		
CENOZÓICO	Rio das Ve- lhas	Formações Superficiais		Depósitos aluviais, coluviais, canga e outros depósitos laterizados.		
		Minas	Itacolomi		Quartzito, metaconglomerado, filito.	
			Sabará		Filto, xisto, metagrauvaca, metaconglomerado, metavulcânicas ácidas e básicas.	
				Barreiro		Filto carbonoso e filito sericítico.
			Piracicaba	Taboões		Quartzito fino, puro.
				Fecho do Funil		Filto, dolomito subordinado.
			Cercadinho		Quartzito ferruginoso, filito ferruginoso, metaconglomerado, dolomito subordinado.	
			Gandarela		Dolomito, filito dolomítico, itabirito dolomítico.	
			Cauê		Itabirito, filito e dolomito subordinado.	
				Batalal		Filto carbonoso.
			Moeda		Quartzito, metaconglomerado, filito.	
			Nova Lima	Maquiné		Rochas metassedimentares terrígenas: metaconglomerado, filito.
						Rochas metaultramáficas, metavulcano-sedimentares, metassedimentares químicas e terrígenas.
		Complexos	Granito-gnáissicos			

Fonte: modificada de Dorr II 1969 e Viana 2000.

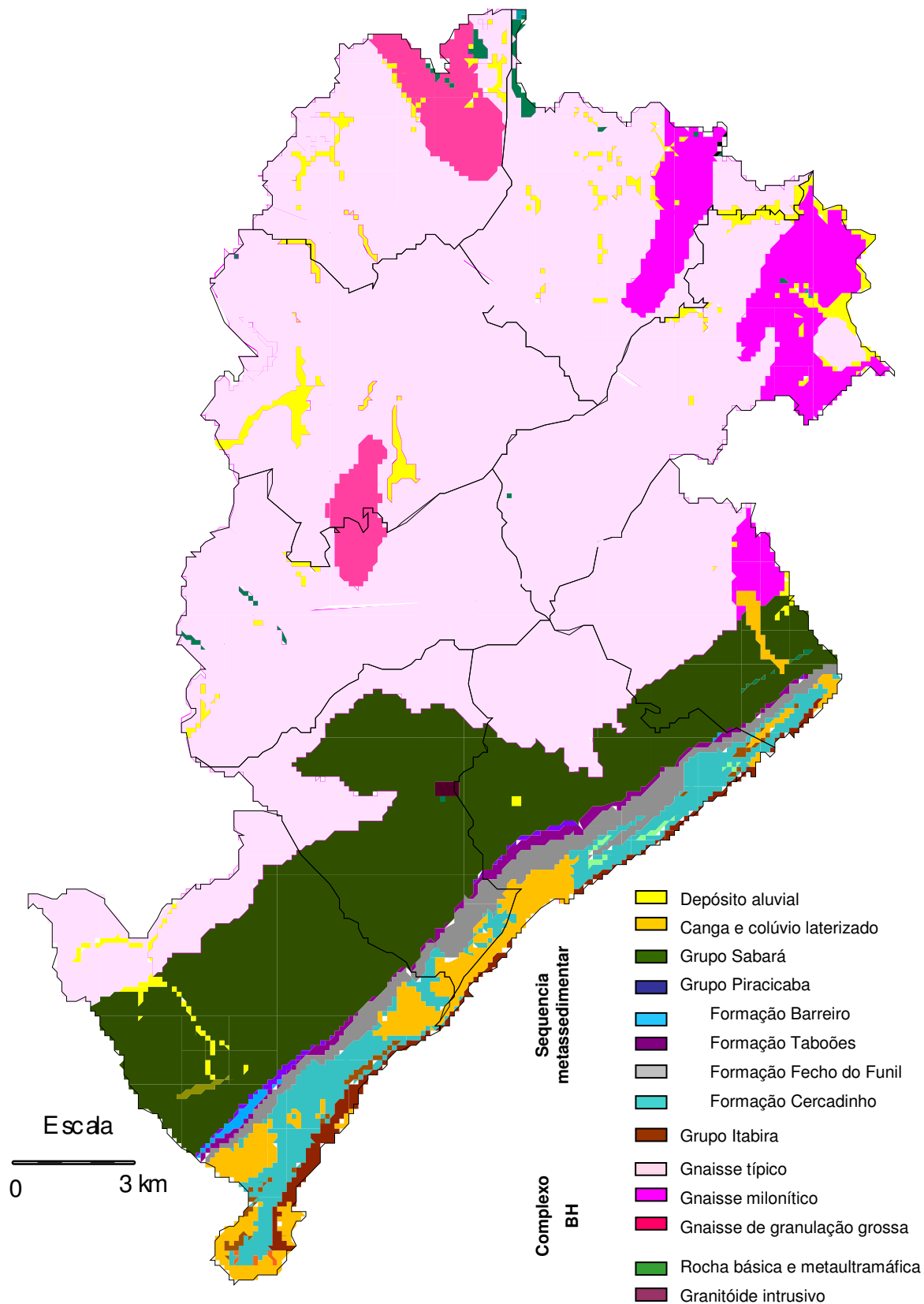


FIGURA 3.4 - Mapa geológico do município de Belo Horizonte

( Fonte: Modificado de Silva et al. 1995 e Viana 2000).



### 3.1.1.1 Domínio do Complexo Belo Horizonte

Sobre esta denominação agrupam-se as rochas gnáissicas arqueanas, parcialmente remobilizadas e migmatizadas no Paleoproterozóico, constituindo cerca de 70% do território municipal, apresentando sua área de maior expressão a norte da calha do Ribeirão Arrudas. A litologia predominante é um gnaiss cinzento com bandamento composicional e feições de migmatização (Gnaiss Belo Horizonte). Os gnaisses são bandados, de cor cinza, granulação fina a grossa, com bandamento composicional definido por alternâncias de bandas milimétricas a centimétricas de cor clara, quartzo-feldspáticas, e bandas finas, escuras, ricas em biotita e/ou anfibólio. Feições de migmatização e milonitização são comuns e podem tornar-se predominantes.

Estas rochas normalmente apresentam-se saprolitizadas ou muito alteradas e/ou recobertas por manto de intemperismo silto-argiloso de coloração rosa claro a avermelhado. Exposições de rocha sã podem ser encontradas em algumas regiões, formando lajedos em terrenos elevados ou em talvegues além de cavidades de pedreiras abandonadas, algumas ocupadas por moradias como as vilas Mariano de Abreu (Região Leste de Belo Horizonte) e ocupações irregulares no Bairro Tupi (Região Norte de Belo Horizonte). Os solos residuais apresentam espessuras variadas, sendo delgados ou ausentes nas áreas de exposição dos maciços rochosos, e espessos, maduros e silto-argilosos nas áreas de relevo muito suave.

Sistemas de juntas e fraturas seccionam o Complexo Belo Horizonte segundo direções variadas. Em geral, os mergulhos são altos a verticais, e os planos de discontinuidades muitas vezes estão selados, porém se abrem pelo desconfinamento dos maciços. Normalmente os planos de juntas/fraturas são lisos, com recristalização secundária de micas e rugosidade fraca a nula. Foliação milonítica ocorre ao longo de faixas estreitas associadas a corredores de cisalhamento, onde se desenvolvem rochas francamente foliadas do tipo milonito e ultramilonito.

Silva *et al* (1995) diferenciaram variações litológicas representadas por gnaisses de granulação grossa a muito grossa e migmatitos milonitizados. O saprólito resultante da

alteração dos gnaisses de granulação grossa a muito grossa é de textura arenosa, apresenta baixa coesão e alta erodibilidade. Feições erosivas como sulcos, ravinas e voçorocas desenvolvem-se preferencialmente no contato entre as rochas não foliadas e os milonitos, sobretudo quando são retiradas as camadas mais superficiais do solo.

### 3.1.1.2 Sequência Metassedimentar

O Supergrupo Minas, que faz parte da sequência metassedimentar, aflora na cidade aproximadamente a sul da calha do Ribeirão Arrudas, em extensa faixa de direção geral NE-SW, estende-se até os patamares mais elevados da Serra do Curral, constituindo cerca de 30% do território de Belo Horizonte (FIG.3.4). Caracteriza-se pela sucessão de rochas metassedimentares Paleoproterozóicas, integrantes dos Grupos Itabira, Piracicaba e Sabará. A sequência apresenta uma estrutura monoclinal invertida, que coloca os metassedimentos do Grupo Sabará, unidade topo do Supergrupo Minas, em contato tectônico com as rochas gnáissicas do Complexo Belo Horizonte. Normalmente, o contato está encoberto por construções ou vias urbanas. Quando exposto, é marcado por intensa deformação cisalhante tanto dos metassedimentos quanto das rochas gnáissicas.

As rochas da sequência metassedimentar possuem diversidade de comportamento geotécnico, reflexo da diversidade litoestrutural e estratigráfica.

- Grupo Itabira

É constituído predominantemente de rochas metassedimentares de origem química, cujas litologias características estão representadas por itabiritos silicosos da Formação Cauê, na base do grupo e dolomitos da Formação Gandarela, no topo. O contato entre essas unidades é gradacional e de difícil demarcação.

-Formação Cauê: a litologia característica é o itabirito silicoso (formação ferrífera constituída de quartzo finamente granular e hematita, localmente rica em magnetita). Sua estrutura marcante é fina, com alternância de leitos de hematita e de quartzo, que lhe confere o aspecto listrado em preto e branco. Intercalam-se no itabirito típico, camadas e lentes de diferentes

espessuras de itabirito dolomítico, filito hematítico e filito dolomítico. As camadas de itabirito tem direção geral NE-SW mergulhando para sudeste com ângulos de mergulho que variam de 45° a 60° até próximos de 90°. Mostram-se muitas vezes dobradas, com níveis hematíticos intensamente deformados. São extensivamente recobertas por depósitos superficiais de couraças lateríticas (cangas).

-Formação Gandarela: é constituída de rochas de origem química representadas por dolomito calcítico, dolomito hematítico e itabirito dolomítico com intercalações subordinadas de filitos. Lâminas micáceas e camadas de filitos prateados intercalam-se aos dolomitos, demarcando a atitude dos estratos, que se faz segundo a direção NE/SW, com mergulho para SE. São comuns os filitos sericíticos, filitos dolomíticos e filitos ferruginosos, geralmente em avançado estado de alteração.

- Grupo Piracicaba

No território de Belo Horizonte ocorre todas as formações deste grupo: Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões e Barreiro, no entanto, as duas primeiras são contínuas, enquanto que as outras duas são descontínuas e pouco espessas.

-Formação Cercadinho: constitui a base do Grupo Piracicaba, composta de metassedimentos depositados em discordância erosiva sobre a Formação Gandarela. A unidade é de fácil reconhecimento no campo, possuindo as seguintes características: estratos de espessura centimétrica a métrica de quartzito cinza, hematítico, intercalando-se com camadas de filito cinza prateado, também hematítico. As camadas tem direção NE-SW e mergulho para SE, entretanto, em algumas áreas, as camadas são sub-horizontais. Nas áreas de ocorrência desta formação, o solo é ausente a pouco espesso. O filito aflorante apresenta-se alterado e com coloração cinza amarelado a avermelhado; quartzitos, nestas condições, mostram-se com camadas superficiais bastante friáveis.

-Formação Fecho do Funil: é constituída predominantemente por filito sericítico e filito dolomítico com lentes de dolomito subordinadas. Ao longo de toda a faixa de afloramento, os filitos apresentam-se bastante intemperizados, adquirindo coloração cinza rosado a rosa. Em

alguns locais o produto de intemperismo é bastante característico, argiloso a argilo-siltoso, de cor marrom, ocre a amarelo. O contato com a Formação Cercadinho é gradacional e com a Formação Taboões é brusco.

-Formação Taboões: tem ocorrência expressiva apenas na porção sudoeste do município de Belo Horizonte. É constituída de quartzito puro, branco a amarelo claro, de granulação fina a muito fina e não estratificado. O quartzito desta unidade diferencia-se dos demais do Supergrupo Minas pela composição essencialmente quartzosa, praticamente isenta de mica e hematita, pela homogeneidade textural e ausência de estratificação. Quando pouco coeso, fornece uma areia quartzosa muito pura e selecionada. A base da formação tem contato brusco com os filitos da Formação Fecho do Funil. No topo o contato com os filitos da Formação Barreiro é gradacional.

-Formação Barreiro: tem ocorrência expressiva apenas na porção sudoeste do município e, às vezes ocorre em camadas pouco espessas em outras localidades. É facilmente reconhecida pela presença de camadas de filito preto, carbonoso, com estrutura fina e continuamente laminada. O produto de alteração típico desta rocha é um material de aspecto terroso, fosco e pulverulento quando seco. Filito sericítico de coloração rosa a avermelhado e filito ferruginoso podem ocorrer, subordinadamente. O contato com a Formação Taboões é gradacional e com os filitos do Grupo Sabará sobrejacente, é discordante.

- Grupo Sabará

É constituído predominantemente de xistos e filitos muito intemperizados, de coloração rosa a amarela. Os clorita-xistos possui cor verde quando frescos e marrom-avermelhados, quando alterados. Lentes de metagrauvaca, camadas delgadas de filito grafitoso e quartzito constituem litologias menos frequentes. Esta é a unidade mais espessa do Supergrupo Minas em Belo Horizonte, podendo alcançar 3.000 m de espessura. A base do Grupo Sabará é discordante e às vezes marcada por uma fina camada de conglomerado com grânulos e seixos da Formação Barreiro.

### 3.1.1.3 Rochas intrusivas de idade não determinada

Rochas metabásicas ocorrem principalmente na porção setentrional do município, constituindo dique e *sills* intrusivos nos gnaisses do Complexo Belo Horizonte. São rochas de granulação fina a grossa, geralmente encontradas em avançado estado de alteração, resultando em solo argiloso, coeso, de cor marrom avermelhada. São representados por metagabros e anfibolitos. Os diques são menos frequentes no domínio das sequências metassedimentares e cortam quase que exclusivamente os xistos e filitos do Grupo Sabará.

### 3.1.1.4 Formações superficiais

Os depósitos cenozóicos do território de Belo Horizonte recobrem parcialmente as litologias do Complexo Belo Horizonte e do Supergrupo Minas e incluem uma grande variedade de depósitos conforme sua origem e características texturais-composicionais. Destacam-se os sedimentos aluviais, canga, depósitos de vertentes em diferentes estágios de laterização, incluindo colúvio, depósitos de natureza torrencial e de tálus.

Depósitos de vertentes são representados por um variado grupo de materiais em diferentes estágios de laterização e de coesão. No domínio do Complexo Belo Horizonte predominam as coberturas colúvias resultantes da erosão laminar das encostas, comumente de textura argilo-arenosa.

Nos domínios das Sequências Metassedimentares são comuns os depósitos de vertente em diferentes estágios de laterização. Incluem depósitos colúvias argilo-arenosos, localmente com blocos de rochas; depósitos de fluxos de detritos de natureza torrencial que transportam grande quantidade de blocos e matacões; depósitos de tálus, localmente espessos e recobertos por colúvio.

### 3.1.2 Geomorfologia de Belo Horizonte

O território municipal apresenta uma fisiografia diversificada e estreitamente vinculada às propriedades geológicas de seu substrato, sendo divididos em dois grandes domínios geomorfológicos: depressão Belo Horizonte e o Quadrilátero Ferrífero.

A maior parte do município de Belo Horizonte localiza-se na Depressão de Belo Horizonte, do tipo periférica, que é uma zona rebaixada (FIG.3.5), delimitada, no lado sul, pelas bordas abruptas de um maciço antigo (QF) correspondendo à serra do Curral, e, no lado norte, pelo relevo pouco pronunciado das bordas de uma bacia sedimentar, correspondendo às superfícies aplainadas do domínio das rochas carbonáticas e pelíticas do Grupo Bambuí.



FIGURA 3.5 – Vista geral da Depressão Belo Horizonte, observa-se ao fundo a Serra do Curral

No domínio da Depressão Belo Horizonte, predominam as colinas de topos planos a arqueados, com encostas côncavo-convexas e altitudes entre 800-900 m, formadas pela dissecação fluvial das áreas gnáissicas promovidas pela rede de drenagem dos Rios Velhas e Paraopebas, sendo que localmente o eixo de drenagem do município é representado pelo Ribeirão Arrudas (Baungratz, 1988).

O sistema de drenagem percorre amplos vales de fundo chato, resultantes da acumulação de sedimentos aluviais. Em muitos locais, os cursos d'água adquirem padrões ortogonais, manifestando o condicionamento da drenagem à estrutura do substrato.

De acordo com Silva *et al* (1995), espigões alongados segundo N-S ou E-W destacam-se na paisagem, mas suas atitudes são inferiores à atitude média do domínio metassedimentar. Diferentemente da maior parte das colinas, os espigões apresentam encostas de média a alta declividade muito vulneráveis ao escoamento torrencial.

O compartimento geomorfológico do Quadrilátero Ferrífero corresponde a uma fisiografia serrana (FIG 3.6) que denota a íntima relação entre os atributos geológicos (litologia+estrutura) e as formas do relevo (Silva *et al.* 1995). As camadas de itabirito (Formação Cauê), protegidas da erosão pelas couraças ferruginosas, constituem a linha de crista e o terço superior da escarpa sub-vertical da Serra do Curral. As atitudes superam os 1.100 m podendo chegar a 1.500 m como no Pico do Rola Moça, limite sudoeste do município.



FIGURA 3.6 – Vista geral da Serra do Curral, observar a declividade acentuada em direção à serra

Rochas pouco resistentes ao intemperismo, como os dolomitos e filitos dolomíticos da Formação Gandarela, dão origem a áreas aplainadas com espessa cobertura laterítica. Localmente, processos de carstificação podem ter sido responsáveis por tais feições. Na Serra

do Curral, a Formação Gandarela constitui dois terços inferiores da escarpa, com dolomito aflorante em paredões que mergulham para sudeste.

A Formação Cercadinho constitui uma faixa de serras com linhas de cristas de altitudes entre 1.000 m a 1.240 m. A direção das serras é NE-SW, aproximadamente paralela à crista da Serra do Curral. O relevo caracteriza-se por uma sucessão de cristas, constituídas por quartzitos intercalados com patamares suavizados de filito. Cabeceiras em anfiteatro com paredes escarpadas podem ocorrer em algumas localidades.

Filitos da Formação Fecho do Funil são geralmente pouco resistentes ao intemperismo e transformam-se em um saprólito de menor erodibilidade do que as Formações Cercadinho e Taboões. O relevo tende a ser rugoso e mais suave do que as outras formações.

Espigões flanqueados por feições côncavas do tipo anfiteatro e morrotes com declividades às vezes acentuadas, ocorrem em áreas de filitos e xistos do Grupo Sabará. As cotas oscilam entre 950 e 1.100 m. O solo é ausente a pouco espesso, imaturo pedologicamente e em grande parte do tipo litossolo.

### 3.1.3 Clima de Belo Horizonte

O município de Belo Horizonte caracteriza-se por uma temperatura média anual em torno de 22,5 °C com pequena amplitude térmica, comportamento este que reflete o caráter tropical do clima local, conforme cita Moreira (1999 *apud* Campos, 2003).

Ferreira (1996) traça a evolução temporal do comportamento dos elementos meteorológicos na cidade, entre os anos de 1911 e 1991, com dados obtidos junto ao 5° Distrito Meteorológico do Ministério da Agricultura. Através deste estudo, foi possível observar um aumento sensível da temperatura no município a partir de 1950, podendo estar este aumento associado a causas naturais, mas também ao processo de urbanização. O autor ressalta que Belo Horizonte apresenta todas as características representativas do processo de surgimento de ilhas urbanas de calor, que interferem na frequência de eventos atmosféricos, principalmente naqueles relacionados a pluviosidade. Durante o mesmo período (1911-1991)



os índices pluviométricos são variados, com média anual de 1.505,7mm, sendo que o ano de 1983 registrou um pico de 2.509,8 mm. O GRA.3.1 exibe os índices anuais de 2005 a 2010. A média histórica permanece a mesma, conforme TAB. 3.1.

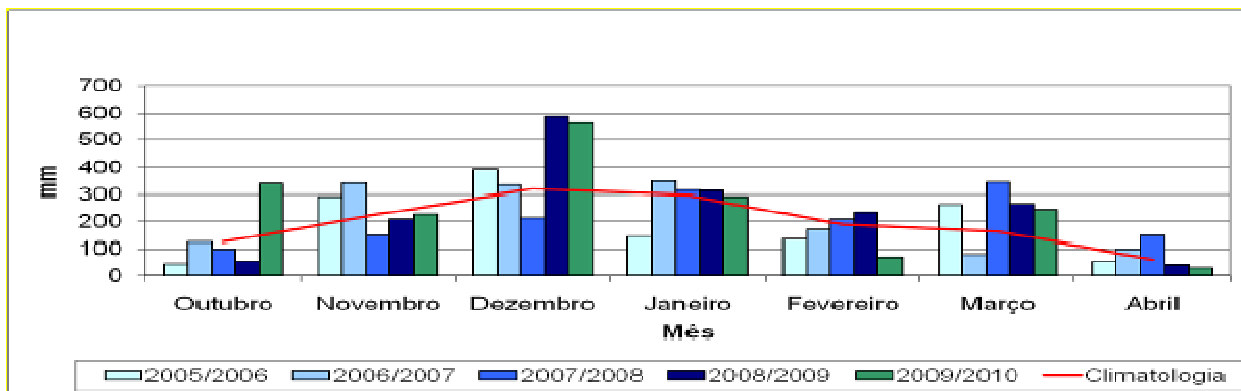


GRÁFICO 3.1 - Comparação entre os períodos chuvosos 2005/2006 a 2009/2010, à linha vermelha representa a média histórica de chuva para Belo Horizonte

(Fonte: PBH, 2010 modificada de TempoClima).

De acordo com Abreu *et al* (1998), 88% do total de precipitação em Belo Horizonte concentram-se nos meses de outubro a março, ficando 12% distribuídos entre os meses de abril e setembro, indicando portanto a existência de duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca, intercalada pelos meses de transição (setembro e abril).

Moreira (2002) conclui que as chuvas sobre Belo Horizonte e arredores tendem a ser mais intensas e frequentes durante os meses de novembro, dezembro e janeiro com os máximos de precipitação ocorrendo sobre as regiões de topografia mais elevada.

TABELA 3.1

Média Histórica da chuva por mês

Mês	Média Histórica (mm)
Outubro	23,1
Novembro	227,6
Dezembro	319,4
Janeiro	296,3
Fevereiro	188,4
Março	163,5

#### 3.1.4 Hidrografia de Belo Horizonte

O município de Belo Horizonte localiza-se na Bacia do São Francisco, sendo atendido por dois importantes afluentes do Rio das Velhas, o Ribeirão Arrudas que atravessa a cidade de oeste para leste e do Onça que corta a cidade na Região Nordeste (PBH, 1995). A Bacia do Ribeirão Arrudas, abrange uma área total de 206,68 km<sup>2</sup>, sendo que 78,39% desse total (162,02 km<sup>2</sup>) estão no município de Belo Horizonte, 12,8% estão no município de Contagem e os 7,77% restantes pertencem ao Município de Sabará. A metade da área total do município de Belo Horizonte (48,4%) é coberta pela Bacia do Córrego Arrudas, que apresenta uma extensão de 58 km contados desde a sua nascente (Córrego Jatobá) até sua embocadura no Rio das Velhas (Município de Sabará). O Ribeirão Arrudas recebe em seu percurso trinta e cinco afluentes, sendo que um total de vinte e oito estão no município de Belo Horizonte, um em Contagem (Córrego Ferrugem) e seis em Sabará.

A Bacia do Onça abrange uma área de 212 km<sup>2</sup>, sendo que 78,58% desse total estão no município de Belo Horizonte e os 26,42% restantes no município de Contagem. A sua bacia hidrográfica representa 45,56% do total da área da capital. Sua extensão é de 38 km, contados desde sua nascente (Córrego Cabral) até sua embocadura (Rio das Velhas) e se desenvolve em canal natural em todo seu percurso. O Ribeirão do Onça, também recebe ao longo de sua extensão vinte e oito afluentes, todos no município de Belo Horizonte.

### **3.2 Desastres naturais**

Os desastres naturais constituem um tema cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, independentemente dessas residirem ou não em áreas de risco. Ainda que em um primeiro momento o termo possa ser associado aos terremotos, *tsunamis*, erupções vulcânicas, ciclones e furacões, os desastres naturais contemplam também processos e fenômenos mais localizados, tais como escorregamentos, inundações, subsidências e erosões, que podem ocorrer naturalmente ou serem induzidos pelo homem, através de degradação de áreas frágeis, potencializados pelo desmatamento e ocupação irregular (IG, 2009).

Em Minas Gerais, bem como no Brasil, não há registros de fenômenos de grande porte e magnitude como terremotos e vulcões. No entanto, os desastres estão associados a escorregamentos, inundações, que acarretam grandes prejuízos e perdas de vidas humanas. Ressalta-se que as atividades antrópicas são as que mais contribuem para o agravamento da intensidade dos eventos naturais, resultando nos desastres.

Desastre, conforme adotado pela UM-ISDR *apud* IG (2009) é conceituado como “uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais de grande extensão, cujos impactos excedem a capacidade da comunidade ou da sociedade afetada de arcar com seus próprios recursos”. Os critérios adotados no Relatório Estatístico Anual do *Emergency Disasters Data Base* - EM-DAT sobre Desastres de 2007 (Scheuren *apud* IG, 2009) consideram a ocorrência de pelo menos um dos seguintes critérios:

- 10 ou mais óbitos;
- 100 ou mais pessoas afetadas;
- Declaração de estado de emergência;
- Pedido de auxílio internacional.

Os desastres, como um todo, são distinguidos principalmente em função de sua origem, isto é, da natureza do fenômeno que o desencadeou. De acordo com as normativas da Política Nacional de Defesa Civil, existem três tipos de desastres: naturais, humanos e mistos (Castro, 1998). Nessa abordagem, a diferença está basicamente no nível de intervenção humana. Entretanto, se considerarmos somente este critério, a grande maioria dos desastres conhecidos como naturais seriam de fato desastres mistos.

O foco de análise não deveria estar no processo e sim no fenômeno desencadeador, ou seja, aquele que dispara o processo. Por mais que um corte na encosta para a construção de uma casa aumente o risco de escorregamento, ele só ocorrerá em caso de chuvas fortes ou prolongadas. Quando o processo for desencadeado por depósitos de lixo, aterros em encostas e principalmente vazamentos de água/esgoto, o desastre deveria ser classificado como

humano, visto que foi a ação direta do homem que resultou no disparo, apesar da susceptibilidade intrínseca da encosta (INPE, 2008).

Seria mais prático e menos conflituoso optar por classificar os desastres quanto à origem, em naturais e humanos, tendo como referencial o fenômeno que desencadeia o processo. Os naturais seriam aqueles disparados por um fenômeno natural de grande intensidade e os humanos, pelas ações ou omissões de caráter antrópico (INPE, 2008).

Em relação à classificação dos desastres naturais, será adotada nesta pesquisa a proposta apresentada por Tobin e Montz (1997). Estes autores comentam que esta classificação visa detectar as semelhanças entre os fenômenos (QUADRO 3.2).

QUADRO 3.2

Classificação dos desastres naturais quanto à tipologia

CATEGORIA	TIPOS DE DESASTRES
Meteorológicos	Furacões. Ciclones e Tufões
	Vendaval
	Granizos
	Tornados
	Nevascas
	Geadas
	Ondas de frios
	Ondas de calor
Hidrológicos	Inundações
	Secas/Estiagem
	Incêndio Florestal
Geológicos	Vulcanismo
	Terremotos
	Tsunami
	Escorregamentos
	Subsidências

Fonte: Modificado de Tobin e Montz (1997)

A década de 1990, declarada pelas Nações Unidas como a Década Internacional para Redução de Desastres Naturais (*International Decade for Natural Disaster Reduction – IDNDR*), foi dedicada à promoção de soluções para redução dos riscos decorrente de perigos naturais, fortalecendo os programas de prevenção para redução de desastres naturais. As principais ações derivadas da IDNDR são voltadas para promover maiores envolvimento e comprometimentos públicos, disseminação de conhecimentos e parcerias para implementar medidas de redução de riscos (UN – ISDR *apud* IG, 2009).

Atualmente, as Nações Unidas por meio da ISDR (*International Strategy for Disaster Reduction*), focam muito a questão da vulnerabilidade, que é um estado determinado pelas condições físicas, sociais, econômicas e ambientais, as quais podem aumentar a susceptibilidade de uma comunidade ao impacto de eventos perigosos. Uma vez que o perigo de ocorrer um determinado desastre natural em geral já é conhecido e muitas vezes inevitável, o objetivo é minimizar a exposição ao perigo por meio do desenvolvimento de capacidades individuais, institucionais e da coletividade que possam contrapor-se aos danos. O papel da participação comunitária e da capacidade de enfrentamento da população é considerado elemento chave no entendimento do risco de desastres (UN – ISDR *apud* IG, 2009).

Nogueira (2002) citou trechos das ‘Diretrizes para Prevenção, Preparação e Mitigação de Desastres Naturais’ da Conferência Mundial sobre Redução de Desastres Naturais, a saber:

- A avaliação do risco é um passo indispensável para a adoção de medidas apropriadas para a redução de acidentes;
- A prevenção e a preparação para atuação em casos de acidentes são fundamentais para reduzir a necessidade de socorro a posteriori;
- A prevenção e a preparação para ação frente à ocorrência de acidentes devem ser partes integrantes das políticas de desenvolvimento urbano, econômico e social;
- As medidas preventivas são mais eficazes quando contam com a participação do conjunto dos atores sociais envolvidos;
- Os grupos sociais de menor renda, assentados em áreas com deficiência de infraestrutura e serviços públicos, são os que mais sofrem as consequências dos acidentes naturais;

- A vulnerabilidade pode ser reduzida com a aplicação de legislação e planejamento urbano específicos e modelos de desenvolvimento voltados à população em situação de risco;
- A vulnerabilidade pode ser reduzida por meio de educação para a prevenção;
- As grandes concentrações urbanas são particularmente frágeis frente aos acidentes naturais;
- A proteção ao meio ambiente como componente de um desenvolvimento sustentável é essencial para prevenir os desastres naturais e mitigar seus efeitos;
- Os poderes públicos têm a responsabilidade primordial de proteger sua população, infraestrutura e outros bens dos efeitos de acidentes naturais.

No Brasil, inundações, escorregamentos e processos correlatos, são os principais fenômenos relacionados a desastres naturais, ocorrendo normalmente associados a eventos pluviométricos intensos e prolongados, nos períodos chuvosos que na região sudeste corresponde ao verão (outubro a março). Em 2008, o país esteve em 10º lugar entre todas as nações em número de vítimas de desastres naturais, com 1,8 milhões de pessoas afetadas (OFDA/CRED *apud* IG, 2009). Os municípios mais afetados por desastres naturais localizam-se nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Santa Catarina, Paraná, Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Paraíba e Ceará, conforme Carvalho e Galvão (2006).

Augusto Filho (1995) cita que, dentre os fenômenos envolvidos em desastres naturais no Brasil, os escorregamentos têm sido responsáveis pelo maior número de vítimas fatais e importantes prejuízos materiais. Kobiyama *et al* (2006) relata que 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 susceptibilidade a escorregamentos. Os estados brasileiros mais afetados são: Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Paraíba.

No Brasil, o número de mortos por escorregamentos no período de 1988 a 2008, chegou a 1.835 óbitos, sendo que nos anos de 1988 e 1996, houve picos, ultrapassando a duzentos casos, conforme mostrados no GRA.3.2.

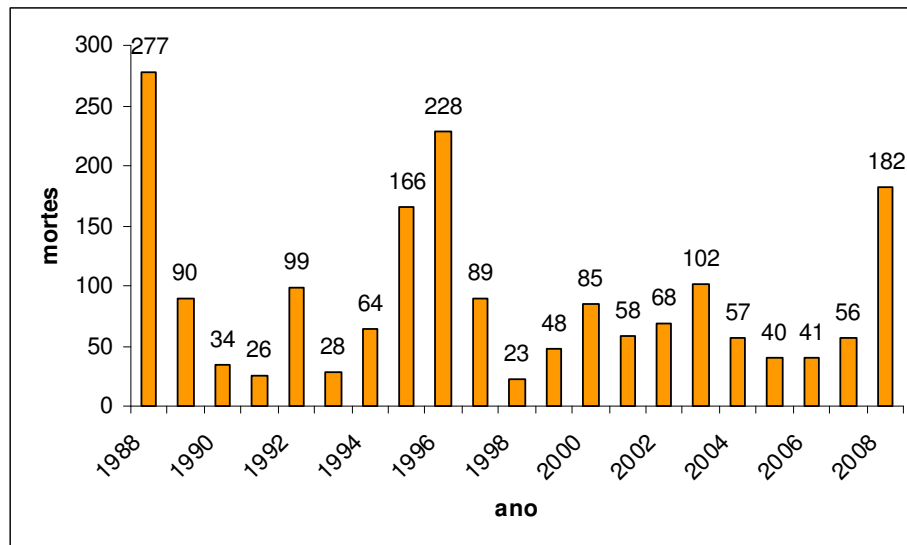


GRÁFICO 3.2 - Distribuição anual do número de mortes por escorregamentos no Brasil no período de 1988 a 2008

(Fonte: IPT, 2009, modificado de IG, 2009).

O aumento da incidência de desastres naturais no país é considerado por muitos autores como consequência do intenso processo de urbanização verificado nas últimas décadas, que levou ao crescimento desordenado das cidades em áreas impróprias à ocupação devido às suas características geológicas e geomorfológicas desfavoráveis. As intervenções antrópicas nestes terrenos, muitas vezes efetuadas sem a implantação de infraestrutura adequada, aumentam os perigos de instabilização dos mesmos. Quando há um adensamento nestas áreas associado à presença de moradias precárias, é de se esperar um aumento tanto na frequência das ocorrências quanto na magnitude dos acidentes, conforme citam Carvalho *et al* (2006).

Em Minas Gerais, o número de mortes por escorregamento, chegou a 220 no período de 1998 a 2002, conforme Macedo *et al* (2002). Em Belo Horizonte, desde 2003, não foram registrados óbitos por escorregamentos nos assentamentos precários (comunicado pessoal efetuado em Abril de 2009, em reunião na URBEL).

### 3.3 Movimentos gravitacionais de massa

O objetivo deste item é apresentar uma revisão bibliográfica sobre os processos de movimentos de massa com ênfase nos escorregamentos, abordando as classificações dos diferentes tipos, agentes, causas e os condicionantes destes processos. Destaca-se que nesta pesquisa, analisa-se o risco de ocorrência de escorregamentos nos assentamentos precários (vilas e favelas) de Belo Horizonte.

Hutchinson (1968) define os movimentos gravitacionais de massa como movimentos induzidos pela ação da gravidade, como por exemplo, os escorregamentos de encostas e as quedas de blocos rochosos. Os movimentos regidos por um agente de transporte como água, gelo, neve ou ar, são denominados processos de transporte de massa, que não serão alvo de análise e discussão na presente pesquisa.

Guidicini e Nieble (1984) utilizam o termo escorregamento de forma genérica, referindo-se a todo e qualquer movimento coletivo de materiais terrosos e/ou rochosos, independentemente da diversidade de processos, causas, velocidade, formas e demais características. Ainda conforme estes autores, escorregamentos, *stricto sensu*, são movimentos rápidos, de duração relativamente curta, de massas de terrenos geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro da gravidade se desloca para baixo e para fora do talude.

De acordo com Augusto Filho (1995), os escorregamentos são um dos processos mais importantes associados à dinâmica superficial do território brasileiro. Esta importância decorre das elevadas frequências e da grande extensão da área com potencialidade para ocorrência destes processos. Este quadro é resultado das características geológicas, geomorfológicas e climáticas do Brasil, associadas à intensa urbanização e ao empobrecimento geral da população.

A velocidade de um escorregamento cresce de quase zero a mais ou menos 0,30 m por hora (Terzaghi, 1967 *apud* Tominaga, 2007), decrescendo, em seguida, até estabilizar. Podem atingir velocidades maiores, da ordem de alguns metros por segundo. A velocidade máxima do movimento depende da inclinação das superfícies de escorregamento, da causa inicial de



movimentação e da natureza do terreno. 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, 1984).

### 3.3.1 Classificação dos movimentos gravitacionais de massa

Há na natureza, inúmeros tipos de movimentos gravitacionais de massa, envolvendo vários materiais, processos e fatores condicionantes. Um dos critérios mais utilizados para classificação dos movimentos se dá através da determinação das seguintes características: tipo de material, velocidade e mecanismo de movimento, geometria da massa movimentada e conteúdo de água (Selby, 1993). No nível internacional, uma das propostas mais aceitas de classificação é a de Varnes (1978), considerada como a classificação oficial da *International Association of Engineering Geology – IAEG*. No Brasil, destacam-se os trabalhos de Guidicini e Nieble (1984) e do IPT (1991).

O QUADRO 3.3 mostra uma classificação proposta por Varnes (1978), que pode ser considerada bem simples e se baseia no tipo de movimento e no material transportado.

QUADRO 3.3  
Classificação dos movimentos de massa

TIPOS DE MOVIMENTO			TIPO DE MATERIAL		
			ROCHA	SOLO (ENGENHARIA)	
				GROSSEIRO	FINO
QUEDAS			de Rocha	de Detritos	de Terra
TOMBAMENTOS			de Rocha	de Detritos	de Terra
ESCORREGA MENTOS	ROTACIONAL	poucas unidades	Abatimento e Rocha	Abatimento de Detritos	Abatimento de Terra
	TRANSLACIONAL	muitas unidades	de Blocos Rochosos de Rocha	de Blocos de Detritos de Detritos	de Blocos de Terra de Terra
EXPANSÕES LATERAIS			de Rocha	de Detritos	de Terra
CORRIDAS/ESCOAMENTOS			de Rocha (rastejo profundo)	de Detritos	de Terra
COMPLEXOS: Combinação de dois ou mais dos principais tipos de movimentos					

Fonte: Varnes, 1978, a partir de Cruden e Varnes (1996).

A classificação dos movimentos de encosta proposta por Varnes (1978), ajustada às características dos principais grandes grupos de processos de escorregamento na dinâmica ambiental brasileira, é apresentada por Augusto Filho (1992), conforme mostra o QUADRO 3.4. Esta classificação é a mais aceita no âmbito nacional por representar a realidade brasileira.

QUADRO 3.4  
Características dos principais grandes grupos de processos de escorregamento

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO-MATERIAL-GEOMETRIA
<p>RASTEJO (<i>CREEP</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vários planos de deslocamento (internos).</li> <li>- velocidades muito baixas (cms/ano) a baixa e decrescentes com a profundidade.</li> <li>- movimentos constantes, sazonais ou intermitentes.</li> <li>- solo, depósitos, rocha alterada/fraturada.</li> <li>- geometria indefinida.</li> </ul>
<p>ESCORREGAMENTOS (<i>SLIDES</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- poucos planos de deslocamento (internos).</li> <li>- velocidades médias (m/h) a alta (m/s).</li> <li>- pequenos a grandes volumes de material.</li> <li>- geometria e materiais variáveis:</li> <li>PLANARES =&gt; solos poucos espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza;</li> <li>CIRCULARES =&gt; solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas;</li> <li>EM CUNHA = solos e rochas com dois planos de fraqueza.</li> </ul>
<p>QUEDAS (<i>FALLS</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sem planos de deslocamento.</li> <li>- movimento tipo queda livre ou em plano inclinado.</li> <li>- velocidades muito altas (vários m/s).</li> <li>- material rochoso.</li> <li>- pequenos a médios volumes.</li> <li>- geometria variável: lascas, placas, blocos.</li> <li>ROLAMENTO DE MATAÇÃO</li> <li>TOMBAMENTO</li> </ul>
<p>CORRIDAS (<i>FLAWS</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação).</li> <li>- movimento semelhante ao de um líquido viscoso.</li> <li>- desenvolvimento ao longo das drenagens.</li> <li>- velocidades médias a altas.</li> <li>- mobilização de solo, rocha, detritos e água.</li> <li>- grandes volumes de material.</li> <li>- extensos raios de alcance, mesmo em áreas planas.</li> </ul>

Fonte: Modificado de Augusto Filho, 1992.

Os rastejos são movimentos lentos, que envolvem grandes massas de materiais, cujo deslocamento resultante ao longo do tempo é mínimo (mm a cm/ano). Este processo atua sobre os horizontes superficiais do solo, bem como horizontes de transição solo/rocha e até mesmo em rochas de profundidades maiores. Este processo não apresenta uma superfície de ruptura bem definida, e as evidências da ocorrência deste tipo de movimento são trincas em toda a extensão do terreno, e árvores ou qualquer outro marco fixo, que apresentam-se inclinadas (FIG. 3.7).

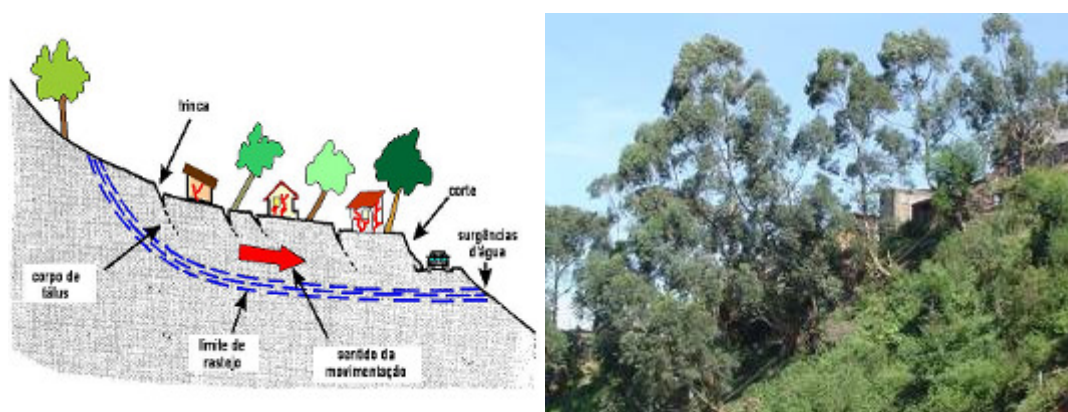


FIGURA 3.7 – Esquema representando o processo de rastejo  
(Fonte: Ministério das Cidades, 2007).

Os escorregamentos são processos marcantes na evolução das encostas, caracterizando-se por movimentos rápidos (m/h a m/s), com limites laterais e profundidade bem definidas (superfície de ruptura). Podem envolver solos, saprólito, rochas e depósitos superficiais. São subdivididos em função do mecanismo de ruptura, geometria e material que mobilizam. Existem vários tipos de escorregamentos propriamente ditos. A geometria destes movimentos varia em função da existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza nos materiais movimentados, os quais condicionam a formação das superfícies de ruptura.

Os escorregamentos planares ou translacionais em solo são processos muito frequentes na dinâmica das encostas, ocorrendo predominantemente em solos pouco desenvolvidos das vertentes com altas declividades. A geometria caracteriza-se por uma pequena espessura e forma retangular estreita (comprimentos bem superiores às larguras) (FIG. 3.8). Este tipo de escorregamento também pode ocorrer associado a solos saprolíticos, saprólito e rocha,

condicionado por um plano de fraqueza desfavorável à estabilidade, relacionando a estruturas geológicas diversas (foliação, xistosidade, fraturas, falhas).

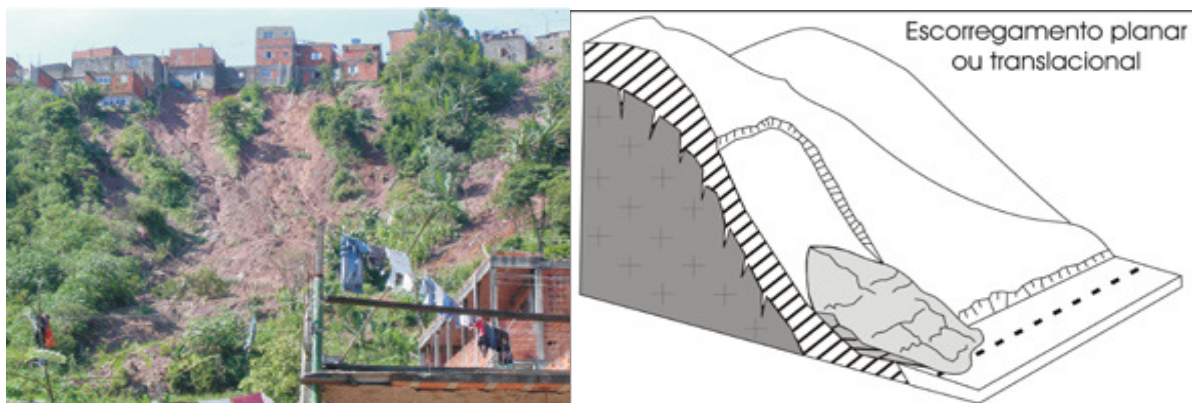


FIGURA 3.8 – Esquema representando o escorregamento planar  
(Fonte: Ministério das Cidades, 2007).

Os escorregamentos circulares ou rotacionais possuem superfícies de deslizamento curvas, sendo comum a ocorrência de uma série de rupturas combinadas e sucessivas (FIG. 3.9). Estão associados a aterros, pacotes de solo ou depósitos mais espessos, rochas intensamente fraturadas. Possuem um raio de alcance relativamente menor que os escorregamentos translacionais.

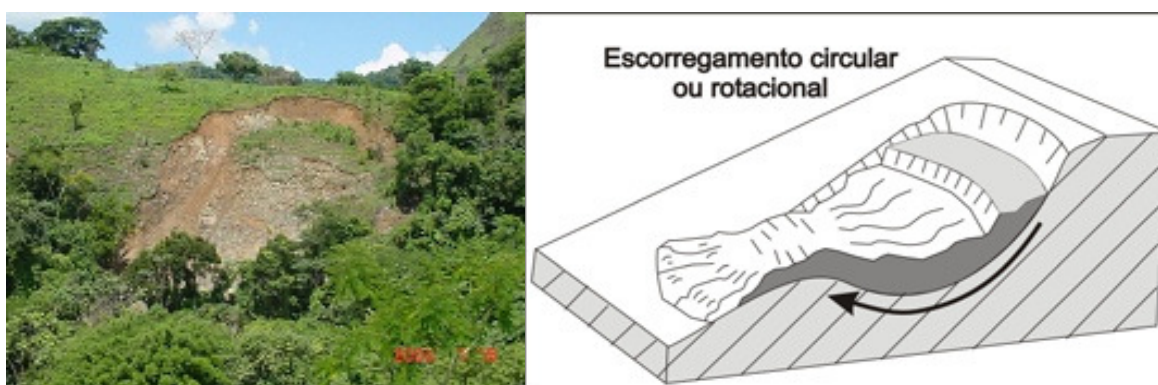


FIGURA 3.9 – Esquema representando o escorregamento circular  
(Fonte: Ministério das Cidades, 2007).

Os escorregamentos em cunha estão associados a saprólitos e maciços rochosos, onde a existência de dois planos de fraqueza desfavoráveis a estabilidade condicionam o deslocamento ao longo do eixo de intersecção destes planos (FIG. 3.10).

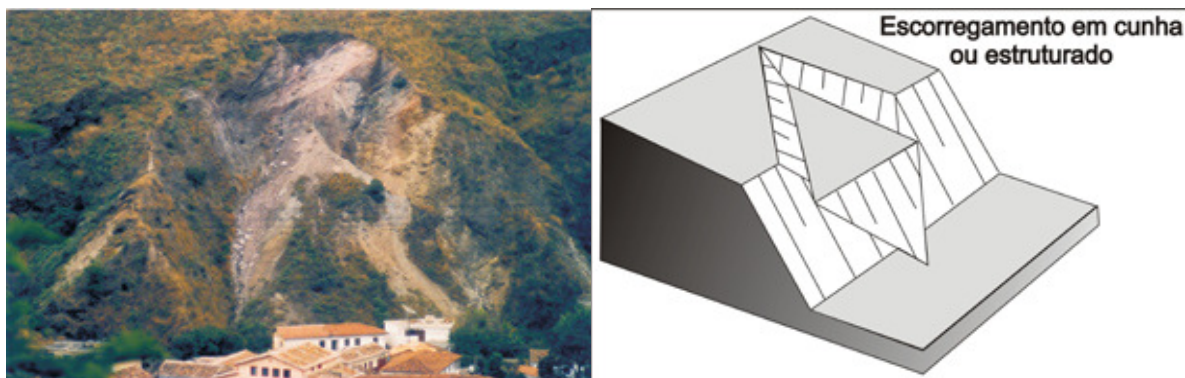


FIGURA 3.10 – Esquema representando o escorregamento em cunha  
( Fonte: Ministério das Cidades, 2007).

Os movimentos do tipo queda são extremamente rápidos e envolvem blocos e/ou lascas de rocha em movimento de queda livre, instabilizando um volume de rocha relativamente pequeno (FIG. 3.11). A ocorrência deste processo está condicionada à presença de afloramentos rochosos em encostas íngremes, abruptas ou taludes de escavação, sendo potencializados pelas amplitudes térmicas, através da dilatação e contração da rocha. As causas básicas deste processo são as descontinuidades do maciço rochoso, que propiciam isolamento de blocos unitários de rocha, subpressão através do acúmulo de água, descontinuidades ou penetração de raízes. As frentes rochosas de pedreiras abandonadas podem resultar em áreas de instabilidade decorrentes da presença de blocos instáveis remanescentes do processo de exploração.

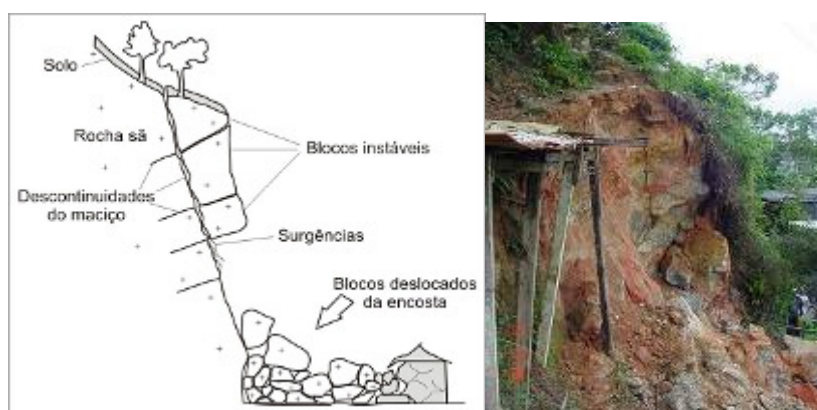


FIGURA 3.11 - Esquema representado queda de blocos  
( Fonte: Ministério das Cidades, 2007).



O tombamento de blocos acontece em encostas/taludes íngremes, relativos a terrenos rochosos, com descontinuidades (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 descontinuidades, propiciando o tombamento das paredes do talude.

O rolamento de blocos corresponde a movimentos ao longo de superfícies inclinadas (FIG. 3.12). Esses blocos geralmente encontram-se parcialmente imersos em matriz terrosa.



FIGURA 3.12 - Esquema representando o rolamento de blocos  
(Fonte: Ministério das Cidades, 2007).

As corridas de massa são movimentos gravitacionais de massa complexos, ligados a eventos pluviométricos excepcionais. Ocorrem a partir de escorregamentos nas encostas e mobilizam grandes volumes de material, sendo o seu escoamento ao longo de um ou mais canais de drenagem, tendo comportamento líquido viscoso e alto poder de transporte (FIG.3.13). Estes fenômenos são mais raros que os escorregamentos, porém podem provocar consequências de maiores magnitudes, devido ao grande poder destrutivo e extenso raio de alcance. As corridas de massa abrangem uma grande variedade de denominações na literatura nacional e internacional, principalmente em função de suas velocidades e das características dos materiais que mobilizam.



FIGURA 3.13 - Esquema representando as corridas de massa  
(Fonte: Ministério das Cidades, 2007).

### 3.3.2 Movimentos gravitacionais de massa no município de Belo Horizonte

Os movimentos gravitacionais de massa que ocorrem no município de Belo Horizonte podem ser inicialmente agrupados em função de estarem relacionados a processos de instabilização em maciços naturais (rocha, saprólito e solo) ou em maciços artificiais (aterros). Considera-se nesta pesquisa como maciços artificiais os aterros lançados de maneira inadequada, muitas vezes por moradores de vilas e favelas para a construção de suas moradias.

Os processos associados aos maciços naturais compreendem as instabilizações associadas à rocha sã e ao solo residual do granito-gnaiss do Complexo Belo Horizonte. Também abrangem rochas alteradas a muito alteradas no domínio das rochas metassedimentares.

#### 3.3.2.1 Processos associados ao Complexo Belo Horizonte

No município de Belo Horizonte, as áreas dominadas pelo Complexo Belo Horizonte (granito-gnaissico) não se apresentam como as mais problemáticas, quando se trata de escorregamentos, a não ser quando ocorrem voçorocas ativas ou não no solo espesso, onde há escorregamentos nas paredes, potencializados pela ocupação inadequada. Nesses casos os volumes envolvidos tendem a ser pequenos, podendo, no entanto, atingir moradias ou vias públicas (Silva *et al*, 1995, Viana, 2000 e Parizzi, 2004).

De acordo com Parizzi (2004), as estruturas reliquias da rocha de origem e a baixa coesão do material condicionam rupturas planares em paredes íngremes de ravinas e voçorocas já instaladas ou ao longo das faces dos taludes. A forma dos taludes vai se modificando a partir dos sucessivos escorregamentos planares, erosão concentrada, *piping* e solapamento de base. A topografia passa a ser de taludes bem inclinados. Os escorregamentos circulares com chuvas mais intensas envolvem mais camadas do perfil de alteração.

Nas áreas ribeirinhas, os complexos alúvio-colúviais expostos em barrancos podem estar envolvidos em escorregamentos como resultado de um processo de solapamento gradual de sua base.

Em pedreiras de gnaiss desativadas ocorrem freqüentes quedas de blocos que põem em risco as moradias instaladas no interior dessas cavidades. Após o abandono da cavidade da pedreira, a encosta a montante passa a se constituir em área instável, pela própria tendência natural de escorregamento do solo superficial ao longo do contato solo-rocha (Silva *et al*, 1995).

### 3.3.2.2 Processos associados à sequência das rochas metassedimentares

Os processos típicos na sequência das rochas metassedimentares foram descritos por Silva *et al* (1995) e Parizzi (2004). Eles foram divididos de acordo com as divisões geológicas em grupos, a saber:

Processos geológicos em áreas do Grupo Itabira:

-Queda de blocos e movimentação de colúvio e tálus: os fatores estruturais e geomorfológicos da Formação Cauê (itabirito) são favoráveis à estabilidade. Do ponto de vista estrutural, o mergulho para sudeste da foliação principal, faz com que ela esteja sempre confinada, não podendo assim sediar escorregamentos profundos em encostas naturais voltadas para noroeste. Escorregamentos planares rasos são observados localmente na Serra do Curral, provenientes da movimentação de cobertura colúviais pouco espessas na encosta de alto ângulo. Como a faixa exposta no território municipal coincide com a existência de restrições



legais à ocupação, as situações de risco ficam limitadas a eventos de queda de blocos (Silva *et al* 1995).

Para a parte situada no sopé da escarpa final da Serra do Curral (Formação Gandarela), importa considerar que estão presentes expressivos depósitos de vertentes que podem escorregar se descalçados por escavações para ruas ou residências. Como as áreas não estão ocupadas, constituem apenas áreas susceptíveis aos processos.

Processos geológicos em áreas dos Grupos Piracicaba e Sabará: as áreas de domínio dos grupos Piracicaba e Sabará apresentam os aspectos fisiográficos, litoestratigráficos e estruturais como fatores relevantes dos mecanismos de instabilização de encostas. Do ponto de vista fisiográfico, as encostas naturais voltadas para noroeste são, em princípio, mais estáveis, dado o confinamento das estruturas planares mais importantes (xistosidade e contatos litológicos). Entretanto, tem sido observados constantes tombamentos e escorregamentos em cunha em taludes de corte voltados para noroeste ou nordeste. De acordo com Parizzi (2004) foram observados diferentes mecanismos de ruptura, dependentes da relação entre o corte do talude e as descontinuidades dos maciços, a saber:

-Escorregamentos em cunha e erosão seguidos de escorregamentos planares e tombamento dos maciços rochosos: os taludes que se encontram nas áreas dos Grupos Piracicaba e Sabará, cujos cortes não estão orientados paralelamente a alguma família de descontinuidade, não estão seguros contra movimentos de massa, pois a presença regular de mais de uma família de descontinuidades e o avançado estado de alteração dos maciços, propicia a ocorrência de rupturas em cunha. Interseções entre duas famílias parecem ser comuns e as rupturas em cunha ocorrem nos primeiros estágios de instabilização dos maciços. A ocorrência conjunta de erosão e ruptura em cunha contribui para a mudança da geometria inicial dos taludes, geralmente com a criação de novas faces planas, que irão desconfinar as outras descontinuidades no maciço, geralmente a xistosidade. A partir da nova geometria estabelecida e a exposição de novos planos, tombamentos e rupturas planares passam a ocorrer. Esses processos foram evidenciados em muitos taludes constituídos por filitos das Formações Fecho do Funil, Barreiro e Cercadinho.

-Tombamento e queda de blocos: geralmente são estimulados pela progressiva perda de resistência das descontinuidades que se inter cruzam, e das outras descontinuidades presentes nos maciços alterados, responsáveis pela delimitação de blocos instáveis. A perda da resistência se deve à circulação de água e outros processos intempéricos nos planos de descontinuidades. Os blocos delimitados pelas descontinuidades acabam se deslocando do maciço e tombando. Blocos tombados de quartzito da Formação Cercadinho são observados com frequência no acostamento da BR-040. Embora os quartzitos dessa formação sejam considerados mais resistentes, rompem com facilidade quando alterados e fraturados. A erosão na base dos taludes e das paredes é outro aspecto relevante para a ocorrência de tombamento. Relatos de acidentes devido a quedas e rolamento de blocos da encosta da Serra do Curral são bem localizados, apresentando histórico de ocorrência no Aglomerado da Serra, nos dois últimos períodos chuvosos (2008/2009 e 2009/2010). Estes escorregamentos resultaram em perdas materiais e remoções de famílias residentes na base da encosta, conforme informações verbais obtidas na URBEL e através da análise das fichas de vistoria.

-Ruptura planar: de um modo geral, as camadas das rochas da sequência de rochas metassedimentares possuem mergulho para sudeste. Quando os cortes são realizados com mergulhos voltados para sudeste, rupturas planares podem ser os processos dominantes nos taludes.

-Rastejos, rupturas planares e fluxos dos depósitos de vertentes: as novas configurações dos taludes dos Grupos Piracicaba e Sabará, resultantes dos primeiros escorregamentos e processos erosivos, são geralmente côncavas com topos escarpados e rampas com inclinação em torno de 30°, o que favorece a acumulação dos depósitos de tálus e a concentração das águas pluviais. A cobertura de tálus, quando espessa, retarda a saturação das descontinuidades dos filitos, o que mantém os maciços rochosos estáveis por mais tempo. Por outro lado, os depósitos passam a se movimentar sob a forma de rastejo, fluxos de detritos, escorregamentos circulares e escorregamentos planares com superfície de ruptura próxima ao contato depósito/macizo rochoso. Fluxos de detritos são comuns em depósitos pouco espessos, em que a forma da vertente favorece a concentração de água.

Rastejos e escorregamentos circulares com sucessivas superfícies de ruptura, ora mais rasas, ora mais profundas, são mais comuns em depósitos mais espessos e em taludes menos inclinados. Neste caso, o corte íngreme na base do talude é o grande responsável pelas movimentações durante os períodos chuvosos. Em depósitos mais espessos, a frente de saturação pode ou não atingir maiores profundidades, dependendo das condições de porosidade e estrutura do tálus. Tálus com porosidade, com poucas conexões, estimula aumento de poropressões na matriz, o que condiciona rupturas em superfícies mais rasas. A quantidade de água infiltrada determina a velocidade do movimento entre rastejo e escorregamento.

Escorregamentos planares são comuns em depósitos com espessuras médias e vertentes mais inclinadas. Os processos citados podem ser acelerados devido à ocupação irregular de áreas dominadas pelos filitos e xistos dos Grupos Piracicabas e Sabará.

### 3.3.2.3 Processos associados aos maciços artificiais

As instabilizações induzidas em maciços artificiais estão entre os principais tipos de escorregamentos que ocorrem nas vilas e favelas de Belo Horizonte. Um exemplo da ocorrência deste processo foi analisado por Campos (2003), onde a autora constatou através de vistorias realizadas pela equipe do PEAR, no conjunto Taquaril, no período de 01 de janeiro de 2003 a 31 de janeiro de 2004, que o número de ocorrências de escorregamentos de aterros foi superior ao de solos ou rocha. Estas ocorrências foram mais marcantes nos setores do conjunto onde a ocupação se deu de maneira desordenada, comprovando que a forma de ocupação em áreas com declividades elevadas é o principal fator gerador do aterro não consolidado.

A autora constata ainda que, no caso do Taquaril, uma das áreas geológicas mais críticas do município de Belo Horizonte, os fatores que mais contribuem para a instabilidade são a posição relativa das descontinuidades das rochas do Grupo Sabará em relação à encosta e os cortes realizados pelos moradores, aliados à presença do aterro.

É possível estender a avaliação dos maciços artificiais para todo o domínio da sequência das rochas metassedimentares, visto que o processo de ocupação das vilas e favelas procedeu de maneira semelhante à ocorrida no Taquaril.

Escorregamentos de lixo não ocorrem de maneira significativa no município, pois não há grandes volumes de lixo em encostas, podendo ocorrer apenas pequenos escorregamentos que não causam grandes transtornos aos moradores do entorno. Exceções aconteceram em áreas pontuais na cidade sendo duas delas citadas a seguir.

No Aglomerado Morro das Pedras, região oeste do município, até o ano de 1995 havia um grande lixão, caracterizado como uma área crítica em termos de vidas humanas, face aos aspectos geológicos da área e aos processos de instabilização. Esse local foi caracterizado na época como risco iminente, sujeito a processos de instabilização do tipo escorregamento de lixo e solo residual. O local de deposição do lixo era uma antiga voçoroca, com taludes laterais íngremes. A porção central da voçoroca era ocupada por um espesso pacote de lixo (a área era o antigo depósito de lixo da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - PBH, a qual parou de depositar material em 1970). Apresentava em média, 8 metros de espessura, cujo volume estimado era de 2.880.000 m<sup>3</sup> de lixo acumulado em toda área. Muitas casas foram construídas sobre este material inconsistente, expondo em média 350 famílias ao risco geológico. Em 1995 a PBH removeu estas famílias, recuperando a área, transformando-a em uma área de lazer para o aglomerado.

Outro grande depósito de entulho ocorre na região centro sul da capital, na Rua Rene Renalt, Novo São Lucas. Em 1999 foram removidas várias edificações após esta massa apresentar sinais de movimentação. No terreno e nas casas foram evidenciadas trincas e estruturas deformadas, indicando um rastejo.

### 3.3.3 Condicionantes e causas dos movimentos gravitacionais de massa

Os movimentos gravitacionais de massa ocorrem sob influência de condicionantes naturais, antrópicos ou ambos. As causas destes processos devem ser entendidas, a fim de se evitar e controlar os escorregamentos e processos correlatos (Ministério das Cidades, 2007).

Os condicionantes naturais podem ser separados em dois grupos: 1) o dos agentes predisponentes e, 2) o dos agentes efetivos. Os agentes predisponentes são 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). A gravidade e a vegetação natural também podem estar inclusos nesta categoria.

Os agentes efetivos são elementos diretamente responsáveis pelo desencadeamento dos movimentos de massas, sendo estes diferenciados em preparatório (pluviosidade, erosão, congelamento e degelo, variação da temperatura e umidade, dissolução química oscilação no nível dos lagos e marés e do lençol freático, ação de animais e humana) e imediatos (chuva intensa, vibrações, erosão terremotos, ondas, ventos e ação do homem).

Segundo Varnes (1978) é possível agrupar os fatores deflagratórios dos movimentos de massa em dois grupos, conforme mostrados no QUADRO 3.5.

QUADRO 3.5  
Fatores deflagradores dos movimentos de massa

Ação	Fatores	Fenômenos geológicos/antrópicos
Aumento da solicitação	Remoção de massa (lateral ou da base)	Erosão, escorregamentos Cortes
	Sobrecarga	Peso da água de chuva, neve, granizo etc. Acúmulo natural de material (depósitos) Peso da vegetação Construção de estruturas, aterros etc.
	Solicitações dinâmica	Terremotos, ondas, vulcões etc. Explosões, tráfego, sismos induzidos
	Pressões laterais	Água em trincas, congelamento do material, tensões
Redução da resistência	Características inerentes ao material ( geometria, estruturas etc)	Características geomecânicas do material, tensões
	Mudanças ou fatores variáveis	Intemperismo - redução na coesão, ângulo de atrito Elevação do N. A

Fonte: Varnes 1978.

Conforme Cruden e Varnes (1996), a pluviosidade é notadamente o componente climático mais importante no processo de instabilização de encostas. Os movimentos de massa tendem a apresentar uma forte correlação com as chuvas intensas e duradoras. As chuvas agem com os seguintes mecanismos para instabilizar as encostas:

- Elevação do lençol freático, reduzindo a pressão efetiva e gerando forças de percolação;
- Preenchimento temporário das fendas, trincas e/ou estruturas em solos saprolíticos e rochas (fraturas e juntas) com geração de pressões hidrostáticas;
- Aumento da umidade sem a elevação/formação de nível de água (solos não saturados) reduzindo a resistência dos solos pela perda de sucção – coesão aparente.

Segundo Gray e Leiser (1982), a cobertura vegetal apresenta efeitos favoráveis e desfavoráveis em relação à estabilidade de encostas, descritos a seguir:

**a) efeitos favoráveis:**

- Redistribuição da água proveniente das chuvas: as copas das árvores impedem, em parte, o impacto direto da chuva na superfície do terreno e retardam e/ou diminuem a quantidade efetiva de água que penetra no solo. Além disso, a evapotranspiração também retira água do solo, ativando favoravelmente a estabilidade;
- Acréscimo da resistência do solo devido às raízes: as raízes da vegetação de porte arbóreo podem aumentar a resistência ao cisalhamento do solo de duas formas: pelo reforço mecânico do solo, onde existe uma transferência parcial da tensão de cisalhamento atuante no solo para as raízes; e por escoramento, quando as raízes são profundas e servem de sustentação dos horizontes superficiais.

**b) efeitos desfavoráveis:**

- Efeito de alavanca: força cisalhante transferida pelos troncos das árvores ao terreno, quando suas copas são atingidas por ventos;
- Efeito da cunha: pressão causada pelas raízes ao penetrar em fendas, fissuras e canais do solo ou rocha;
- Sobrecarga Vertical: causada pelo peso das árvores.

Segundo Augusto Filho (1995), o homem vem-se constituindo no mais importante agente modificador da dinâmica das encostas. O avanço das diversas formas de uso e ocupação do solo em áreas naturalmente susceptíveis aos movimentos gravitacionais de massa acelera e amplia os processos de instabilização.

A ocupação desordenada das vertentes nas regiões serranas brasileiras tem provocado inúmeros acidentes. Conforme Fernandes e Amaral (1996), as metrópoles brasileiras convivem com vários escorregamentos induzidos por cortes para implantação de moradias e ruas, desmatamentos e lançamentos de lixo e água servida, causando grandes danos.

Os principais agentes potencializadores do risco geológico, considerando os escorregamentos serão descritos abaixo, conforme IPT (1991).

### Lançamento e concentração de águas pluviais

Estes agentes decorrem das deficiências e/ou inexistência de um sistema de drenagem superficial, conforme mostra a FIG.3.14. Como consequência, as águas pluviais infiltram-se no solo, através de trincas, diminuindo sua resistência e provocando a ruptura de cortes e aterros. O problema torna-se ainda mais grave por ocasião de chuvas intensas e prolongadas.



FIGURA 3.14 – Esquema representando o lançamento e concentração de águas pluviais e lançamento de águas servidas

(Fonte: IPT, 1991).

## Lançamento de águas servidas

Decorrem da inexistência ou deficiência de esgotamento sanitário. Esta situação permite uma infiltração contínua do solo, podendo provocar sua saturação e conseqüente ruptura de cortes e aterros. O problema torna-se mais crítico nos períodos chuvosos, quando a saturação do solo aumenta naturalmente, conforme FIG.3.14.

## Vazamento na rede de abastecimento de água

Propiciam a saturação do solo e a diminuição da sua resistência, favorecendo a instabilização de cortes e aterros. Este fato torna-se mais grave quando a rede é improvisada pelos moradores (através de canos e mangueiras inadequados), de acordo com a FIG.3.15. Nesta situação é comum aparecerem vazamentos e rompimentos em pontos diferentes do terreno, configurando uma nova situação em relação ao fluxo de água no interior do mesmo.



FIGURA 3.15 – Esquema representando vazamento em redes de abastecimento de água  
(Fonte: IPT, 1991).

## Fossa sanitária

Neste caso, ocorre a saturação gradual do solo da encosta, proveniente da infiltração de água, que varia em função do número de fossas e da permeabilidade do solo. À medida que o número de fossas e a declividade da encosta aumentam, a situação torna-se mais crítica (FIG. 3.16).



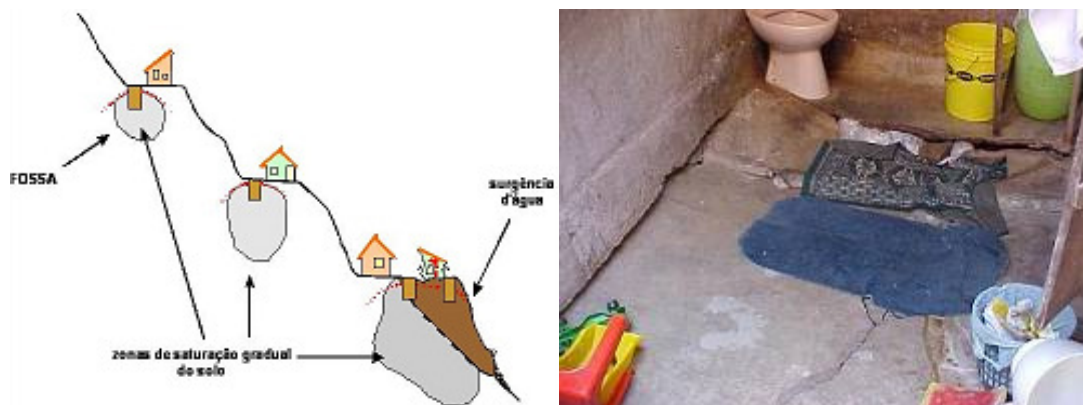


FIGURA 3.16 – Esquema representando a fossa sanitária  
(Fonte: IPT, 1991).

### Declividade e altura excessivas de cortes

A execução de cortes em encostas para abertura de sistema viário ou para construção de residências apresenta, muitas vezes, inclinação e alturas excessivas, incompatíveis com a resistência intrínseca do solo, o que possibilita a ocorrência de escorregamentos (FIG.3.17). Quando o corte atinge o solo de alteração, outros condicionantes, denominados estruturas residuais da rocha (fraturas e demais descontinuidades), podem tornar a encosta mais susceptível a escorregamentos, principalmente, quando esta é submetida à ação das águas. No entanto, a resistência do terreno aumenta quando as inclinações destas estruturas estão voltadas para dentro do talude.



FIGURA 3.17 – Esquema representando a declividade e altura excessivas de cortes  
(Fonte: IPT, 1991).

## Execução inadequada de aterros

Escorregamentos em aterros estão associados a sua execução de forma incorreta, através da qual o material é simplesmente lançado sobre a superfície do terreno ou sobre a vegetação existente, sem compactação (FIG.3.18). Desta forma, criam-se condições bastante favoráveis ao aparecimento de caminhos preferenciais para água que, por ocasião das chuvas, desenvolvem deformações pronunciadas, ocorrendo ruptura do aterro. Este problema torna-se mais grave quando há concentração de águas pluviais e servidas nos pontos baixos do terreno, como, por exemplo, em sistema viário e cruzamento de linhas de drenagens naturais. Casos menos frequentes, como o lançamento de aterros sobre surgências de água, configuram situações mais críticas para a ruptura de aterro.

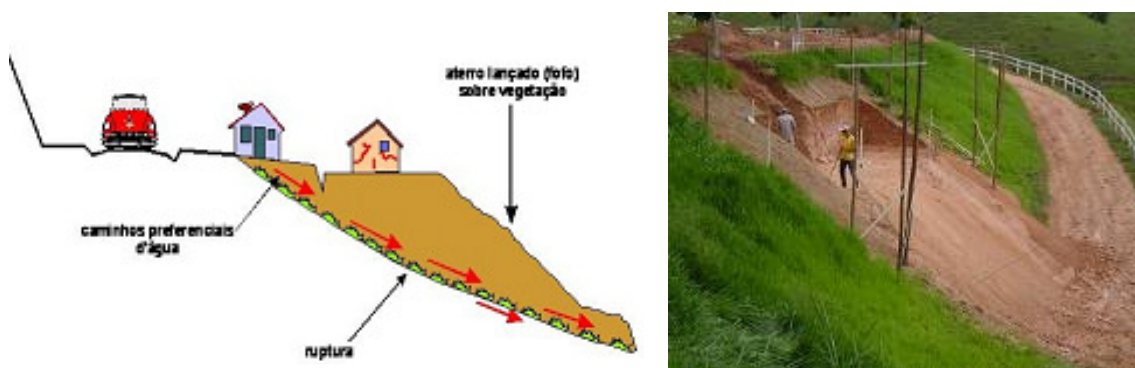


FIGURA 3.18 – Esquema representando a execução inadequada de aterros  
(Fonte: IPT, 1991).

## Lançamento de lixo/entulho

O lixo/entulho é um material muito fofo e de alta porosidade, situações que permitem sua rápida saturação e o excessivo aumento de peso, condicionando facilmente seu escorregamento. Dependendo da situação, o escorregamento pode envolver apenas o lixo/entulho ou também atingir a parte superficial do terreno (FIG.3.19). A situação torna-se mais grave quando o lixo/entulho é lançado juntamente com as águas servidas, em linhas de drenagem naturais.

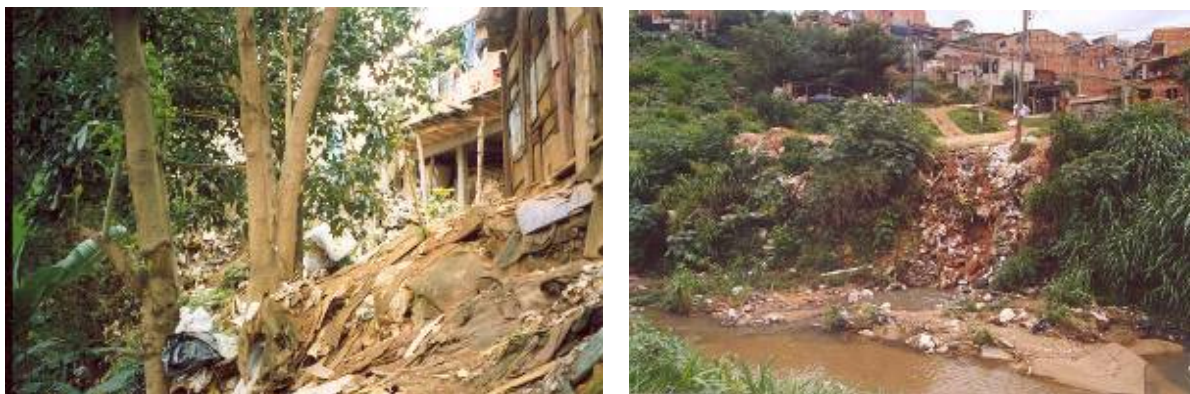


FIGURA 3.19 – Esquema representando o lançamento de lixo/entulho  
(Fonte: IPT, 1991).

### Remoção indiscriminada da cobertura vegetal

As encostas onde foram removidas as coberturas vegetais estão mais sujeitas à ocorrência de escorregamentos superficiais e erosão do que aqueles em que a vegetação foi preservada (FIG.3.20). Entretanto, a existência generalizada de bananeiras é prejudicial à estabilidade dos taludes, pois permite maior infiltração de água, facilitando a saturação dos mesmos.



FIGURA 3.20 – Esquema representando a remoção da cobertura vegetal  
Fonte: IPT, 1991.

### 3.3.4 Indicativos de movimentação nas encostas

As feições indicativas dos processos de movimentação são sinais de instabilidades nos taludes e /ou estruturas que indicam a evolução dos mesmos. O conhecimento destes sinais é de grande importância para a classificação do risco geológico.

As feições de instabilidade são mais úteis quanto mais lentos forem os processos. Assim, os escorregamentos (velocidades de m/s a m/h) são processos cujo desencadeamento é passível de ser monitorado por meio de seus sinais (Augusto Filho, 1992).

As feições principais se referem às juntas de alívio, fendas de tração, fraturas de alívio, trincas e os degraus de abatimento, segundo os diversos autores que tratam do assunto. As trincas podem ocorrer tanto no terreno como nas moradias. As trincas e os degraus de abatimento podem ser monitorados por meio de sistemas muito simples (medidas com régua, selo e gesso) até muito complexos (medidas eletrônicas).

Outra feição importante é a inclinação de estruturas rígidas como árvores, postes e muros e o ‘embarrigamento’ de muros e paredes. A inclinação pode ser fruto de um longo rastejo, denotando que a área tem movimentação antiga. É interessante a avaliação da inclinação de árvores. Quando o tronco for reto e estiver inclinado conclui-se que o movimento é posterior ao crescimento da árvore. Já quando o tronco for torto e inclinado, pode-se deduzir que o movimento e o crescimento são simultâneos.

A presença de cicatriz de escorregamento próximo à moradia indica que taludes em situação semelhante, também poderão sofrer instabilizações. Esta situação deve ser aproveitada para a observação da geometria do escorregamento (inclinação, espessura, altura, distancia percorrida pelo material a partir de sua base). Estes parâmetros podem auxiliar o reconhecimento de outros locais em condições semelhantes. (Ministério das Cidades, 2007).

### **3.4 Conceitos básicos do risco**

Para entender os conceitos de risco geológico serão abordados neste capítulo, o significado da palavra risco, as classificações dos riscos ambientais e as fórmulas que caracterizam o risco geológico incluindo a vulnerabilidade.

A palavra “risco” significa perigo, possibilidade de perigo, possibilidade de perda ou de responsabilidade pelo dano (Cunha, 1982). Sua origem provém do século XV, da variante gráfica “risquo”, a qual possui etimologia obscura. Ela interferiu na formação do verbo

“riscar” que significa fazer riscas ou traços, derivados provavelmente do latim “resecãre” que significa cortar separando, remover. Assim, a palavra “risco” refere-se tanto a algo que poderá acontecer, como à designação de uma linha ou traço separador. Desta forma, é possível fazer uma alusão ao risco enquanto um limite entre partes, que se for ultrapassado resultará em perdas ou oportunidades ao homem.

A classificação dos diferentes tipos de riscos ambientais pode ser construída com base nos fenômenos que constituem a ameaça. Nessa perspectiva, Cerri e Amaral (1998) propõem uma classificação para os riscos ambientais, apresentados na FIG.3.21.

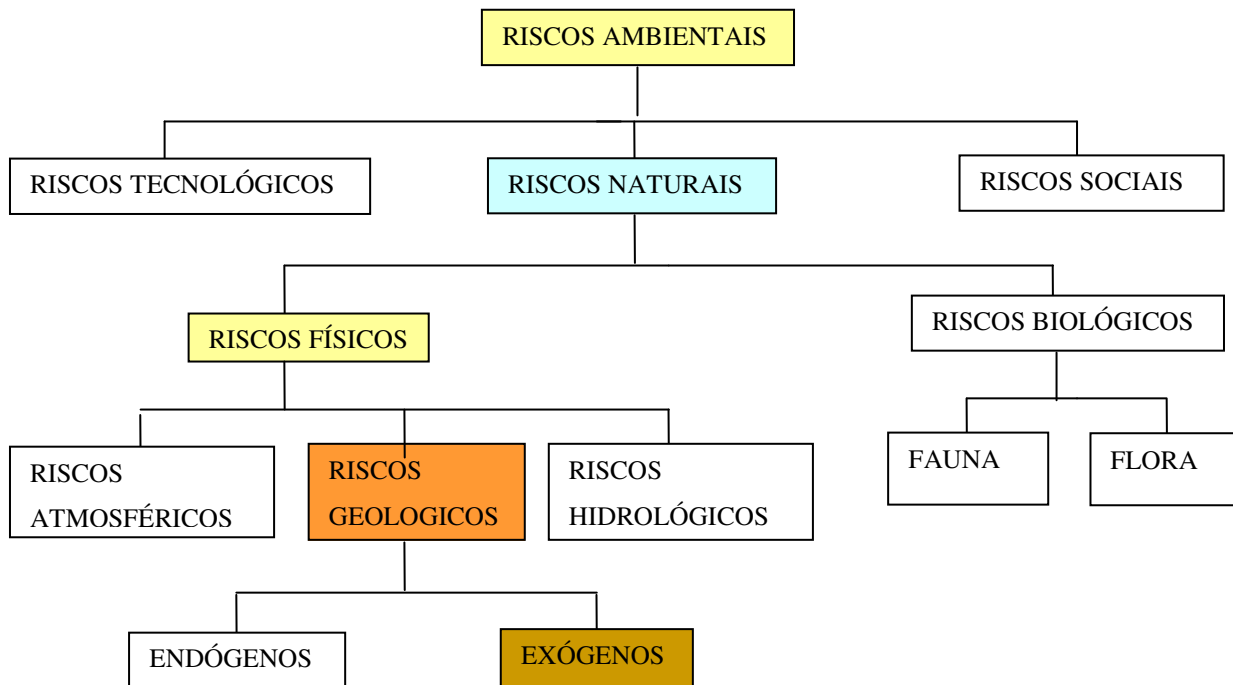


FIGURA 3.21 - Classificação de riscos, com destaque para os riscos de natureza geológica (Fonte: Modificado de Cerri e Amaral 1998).

Os riscos geológicos podem ser de dois tipos: decorrentes de processos exógenos (escorregamentos, queda, fluxos) ou decorrentes de processos endógenos (terremotos, erupções vulcânicas). Nesta pesquisa, serão tratados apenas os processos exógenos.

Conforme a Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE (1995), o risco geológico pode ser entendido como todo processo, situação ou evento no meio geológico, de

origem natural, induzido ou misto, que pode gerar um dano econômico ou social para as comunidades, e em cuja previsão, prevenção ou correção não se empregam critérios geológicos.

Segundo Alheiros (1998), é comum se falar em risco geotécnico ou risco geomorfológico, como sinônimos de risco geológico. Nesta pesquisa entende-se os processos de erosão e escorregamento como sendo de risco geológico/geotécnico, pois existem estruturas associadas ao problema.

Os escorregamentos são processos que ocorrem naturalmente na superfície da terra, e por si só não determinam a ocorrência de consequências indesejáveis ao homem. Tais consequências só são verificadas quando a ocorrência dos escorregamentos acarreta danos tais como mortes, ferimentos, prejuízos sociais e econômicos. Quando é considerada a possibilidade de que a ocorrência dos escorregamentos possa causar consequências indesejáveis ao homem, normalmente se está ingressando no campo das avaliações de riscos.

Para a avaliação de riscos, é necessário entender e conhecer uma grande diversidade de termos para poder definir, identificar e adotar corretamente os instrumentos e as medidas que visem mitigar ou minimizar os danos que os escorregamentos e processos correlatos possam causar. Autores como Zuquete (1993), Carvalho (1996), Alheiros (1998) e Cerri e Amaral (1998), definem estes conceitos.

As definições adotadas pela comunidade internacional foram sintetizadas no relatório da ONU (2004), onde é possível considerar que os escorregamentos são processos geológicos, potencialmente perigosos, cuja ocorrência sem consequências socioeconômicas diretas, constitui apenas um **evento**. Quando ocorre um ou vários eventos em que são registradas consequências socioeconômicas (perdas e danos), tem-se um **acidente**, constituindo assim uma situação de **risco**.

Entende-se por áreas de risco, áreas passíveis de serem atingidas por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeitos adversos. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente no



contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda, denominados vilas e favelas (Ministério das Cidades, 2007).

Para determinar o grau de risco geológico-geotécnico, Bolt *et al* (1975 *apud* Bandeira, 2003), definem duas formas:

- a) análise probabilística (quantitativa): através da apresentação da probabilidade da ocorrência do acidente em determinado intervalo de tempo – define-se como risco probabilístico;
- b) análise relativa (qualitativa): através da simples comparação entre as situações de risco identificados, sem cálculos probabilísticos quanto à ocorrência – define-se como risco relativo.

As análises quantitativas de risco incorporam ao cálculo, a probabilidade de ocorrência do processo e a distribuição probabilística das consequências. Segundo Carvalho (1996), este tipo de análise é essencial para o estabelecimento de programas de gerenciamento de risco que consideram custos e benefícios resultantes de intervenções.

Nas análises qualitativas, em que o grau de risco é estabelecido por níveis literais, ou seja, por termos linguísticos (baixo, médio, alto), as consequências podem ser definidas de forma similar, englobando intervalos de valores relacionados ao número de moradias expostas ao risco.

Segundo Schuster e Kockleman (1996), a avaliação de risco de escorregamento tem se tornado um importante fator para a redução dos escorregamentos, sendo necessário o envolvimento dos engenheiros, geólogos, planejadores da população e entidades governamentais.

O risco (R) pode ser considerado como o grau de perdas esperadas, resultantes da possível ocorrência de escorregamentos, ou seja, o evento perigoso que seja ele natural ou induzido pelo homem. É uma situação potencial de dano, para a qual é possível definir quem ou o que pode ser afetado (elemento em risco), qual a probabilidade de ocorrência de um determinado

evento perigoso que pode causar danos (ameaça ou perigo) e que consequências são esperadas caso o evento ocorra (danos) (Vedovello *et al*, 2007).

Como ameaça ou perigo (P) tem-se o evento ou fenômeno geológico potencialmente danoso, o qual pode causar perdas de vidas e ferimentos às pessoas; danos às propriedades. Em sua análise, cada perigo deve ser caracterizado em termos de localização, área de alcance, intensidade e probabilidade de ocorrência. Já os danos (D), ou consequências, referem-se ao cálculo dos impactos resultantes de um possível acidente. Constitui uma estimativa e uma valorização da extensão das perdas previstas, expressas, normalmente, em função do número de pessoas, ou do valor das propriedades e dos bens sob o risco de escorregamento.

A avaliação dos danos depende do grau ou nível de vulnerabilidade (V) dos elementos que estão em risco e que podem ser impactados. Conforme aceitação da ONU (2004), a vulnerabilidade pode ser considerada como um conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, os quais determinam o quanto a comunidade ou elementos em risco estão susceptíveis ao impacto dos eventos perigosos verbete risco está sempre associado ao homem e a algo negativo, desfavorável, prejudicial, conforme Valdete (2000). Quando se trabalha com o termo “risco”, estamos nos referindo à possibilidade de certos eventos acontecerem, já o “desastre” é a manifestação do risco.

Segundo Bruseke (2001), não há risco sem valorização positiva de algo que pode ser perdido. Risco é um acontecimento futuro, que não existe sem que o homem tenha perdas. Risco e perigo referem-se aos danos possíveis, constituindo-se em dois conceitos interligados que servem para designar qualquer desvantagem, porém apresentam diferenciações. Todo perigo é um risco caracterizado pela imprevisibilidade, que ao ocorrer torna-se um desastre.

Os riscos são potencializados pela estrutura social, estando relacionados à forma como as populações se ordenam. Quanto maior for a organização social e a presença de recursos econômicos menor será o impacto. Os efeitos de um desastre sobre as populações são diferenciados conforme o grau de risco existente em cada comunidade, que varia em função da capacidade social para enfrentar eventos. Nos estudos sobre risco é necessário considerar a



organização social, analisando-se o cotidiano das comunidades, como elas interpretam as paisagens e os lugares, bem como as estratégias utilizadas para enfrentar desastres.

Cerri (1993, *apud* Nogueira, 2002) considera que “o mesmo acidente” pode promover impactos de magnitudes diferentes de acordo com os estágios de desenvolvimento econômico, os aspectos culturais e a capacidade de enfrentamento e de reabilitação da comunidade ou parcela da população atingida. Este autor utiliza, assim como a maior parte dos trabalhos brasileiros, o termo ‘acidente’ para se referir aos episódios de escorregamentos com variadas consequências econômicas e sociais.

Varnes (1985, *apud* Cerri e Amaral, 1998) representa sua definição de risco através da seguinte equação:

$$R_t = E \times R_s$$

Onde:

$R_t$  = risco total (expectativa de perda de vidas humanas, de pessoas afetadas, de danos a propriedades ou interrupção de atividades econômicas particularmente, em razão de um fenômeno natural);

$E$  = elementos de risco (população, propriedades ou interrupção de atividades econômicas, incluindo serviços públicos, sob risco em determinada área);

$R_s$  = risco específico: grau de expectativa de perdas em razão de um fenômeno natural em particular, expresso pela equação:

$$R_s = H \times V$$

Sendo:

$H$  = risco natural (probabilidade de ocorrência de um fenômeno potencialmente danoso, em um período de tempo específico, em uma determinada área);

$V$  = vulnerabilidade (grau de perda de um dado elemento de risco, ou um conjunto de elementos de risco, resultante da ocorrência de um fenômeno natural, de uma determinada magnitude, expresso em escala de 0 (sem perdas) a 1 (perda total)).

O grau de risco sempre é uma função da magnitude da ameaça e da vulnerabilidade e, portanto, constitui um parâmetro dinâmico. Quando é possível estabelecer um prognóstico temporal e espacial para uma ameaça específica (probabilidade P) com base nos processos e mecanismos geradores, que permita uma avaliação dos prováveis danos e prejuízos (consequências C), relativos a uma determinada condição de vulnerabilidade os componentes da equação de risco (R) ficam:

$$R=P \times C.$$

Shook (1997, *apud* Nogueira 2002) adiciona, a essas equações, o fator relativo ao gerenciamento, que deve indicar o estágio de planejamento e implementação de ações e obras para controle da ameaça (A) e da vulnerabilidade (V).

$$R=P(fA) \times C(fV) \times g^{-1}$$

Conforme Nogueira (2002), essa equação nos diz que, ao olharmos para uma ‘situação de risco’, devemos em primeiro lugar, identificar qual é o perigo, que processos naturais ou da ação humana o estão produzindo, em que condições a sua evolução poderá produzir um acidente e qual a probabilidade deste fenômeno ocorrer. O próximo passo é avaliar as consequências que ele causará. Não há risco sem alguma probabilidade de acidente, nem acidente sem qualquer consequência de perda ou de dano. É possível atuar sobre um problema, diminuindo o risco através de um melhor gerenciamento.

O primeiro termo da equação, P(fA), representa a probabilidade de ocorrência de um fenômeno A, responsável pela situação de risco, também chamada de perigo. Em uma análise de risco é importante identificar corretamente o perigo, devendo considerar quais os processos naturais poderão ocorrer, em que condições a sua evolução poderá produzir um acidente e por fim, qual a probabilidade deste fenômeno físico ocorrer.

Em relação à consequência C, é bastante conhecido que problemas de mesma natureza afetam de maneira diferente a cidade formal e as áreas de ocupação irregular, visto que estas últimas são mais vulneráveis a estes processos, pois a ocupação quase sempre ocorre em locais inapropriados como encostas, grotas ou margens de córregos e suas edificações são mais

frágeis, e muitas vezes, implantadas de maneira construtiva inadequada. Quando esta população é afetada por um acidente, elas encontram enorme dificuldade para restabelecer a sua condição anterior. Nestas áreas, em função dos inúmeros aspectos que podem configurar a vulnerabilidade do meio exposto, as consequências potenciais de um acidente são maiores e, portanto, maior também é o risco.

Em relação ao último fator da equação, a gestão e o gerenciamento do risco, o risco diminui à medida que seu gerenciamento aumenta. As cidades que buscam o gerenciamento devem identificar e analisar o risco (conhecer o problema), adotar medidas estruturais para a prevenção e redução dos acidentes, adotar medidas não estruturais como os planos preventivos de defesa civil e por fim, manter a população informada sobre a prevenção e autodefesa.

Os fatores de danos associados à vulnerabilidade da ocupação são avaliados a partir da caracterização dos diferentes componentes presentes nos cenários urbanos. Dentre eles, destacam-se as deficiências construtivas das edificações que tornam as moradias menos capazes de suportar o impacto dos materiais mobilizados quando da ocorrência de movimentos de massas (IPT, 2007).

Outra forma de avaliar os danos é considerar a vulnerabilidade dos elementos sob risco, que, neste caso, referem-se a moradias, que, dependendo da posição no terreno, padrão construtivo, adensamento e condição de consolidação da infraestrutura urbana, poderão estar num cenário de risco mais ou menos exposto aos fenômenos de natureza geológico-geotécnica (IPT, 2007).

A posição relativa das moradias na encosta (topo, meio ou base da encosta) é um dado importante a ser reconhecido, na medida em que a situação de risco de atingimento de moradias pela mobilização de materiais a montante é mais crítica e frequente do que a possibilidade de queda da moradia. A grosso modo, as moradias situadas na meia encosta e na base da encosta apresentam risco mais elevado. Da mesma maneira, a distância da moradia ao talude é outro indicador importante na análise de risco. Quanto mais próxima estiver a casa do talude ou da encosta, maior o risco de ela ser atingida.

O adensamento populacional refere-se à quantidade de pessoas morando por unidade de área em um dado local. Esses dados indicam a magnitude potencial do dano quanto ao risco social.

Em relação à tipologia das construções, o aspecto básico da análise é o padrão construtivo (alvenaria, madeira ou misto). No contexto da realidade brasileira, as construções em madeiras são feitas de maneira inadequada, desde a fundação até o material utilizado, em patamares de cortes e aterros, tornando-as frágeis para um cenário de risco onde se espera a destruição da moradia por impacto de materiais de solo e rocha provenientes de cotas superiores. Em relação às casas de madeira, há um maior desgaste natural diante das intempéries, quando não é feita a sua devida manutenção, tornando-as estruturas instáveis. A precariedade da construção em alvenaria pode ser equiparada à de madeirite devido à deficiência na construção. Deste modo, entende-se que as construções ou moradias em madeira e alvenaria precária, apresentam grau maior de vulnerabilidade ao impacto de materiais quando da ocorrência de escorregamentos.

As áreas de risco possuem um histórico caracterizado pelo estabelecimento de benfeitorias acrescidas ao local. Este aumento de benfeitorias visando o bem-estar muitas vezes não está relacionado à segurança geotécnica. As ações visando solucionar os problemas que surgem no dia a dia acabam prejudicando uma análise sistêmica do problema existente, desde a drenagem superficial, até projetos de estruturas para contenção de massas terrosas. No entanto, há de se considerar, que quanto maior a consolidação urbana, menor é a quantidade de terrenos naturais expostos, situação na qual se observa menos os processos erosivos e pequenas rupturas do solo, isto devido à proteção contra o impacto direto da chuva. A impermeabilização, que é diretamente proporcional ao nível de consolidação quando da existência de um sistema de drenagem urbano que, adequadamente escoar as águas superficiais, pode melhor proteger as encostas e os taludes de corte e aterros. A consolidação urbana possui uma relação com o adensamento, pois as áreas mais consolidadas tendem a possuir uma distribuição de moradias mais equitativa por unidade de área.

### 3.4.1 Percepção do risco nas comunidades

De acordo com Fontes (1998 *apud* Vieira, 2004), a concepção de risco muda radicalmente com a modernidade. A era da razão permite ao homem o controle sobre a natureza e também sobre a sociedade. O desastre que acontece por motivos inesperados, estranhos e fora do controle do indivíduo, é agora pensado e enfrentado como qualquer outra coisa: ele possui uma lógica e, portanto, pode ser conhecido. Ainda segundo o autor, os fenômenos naturais não são mais obras do destino, mas sim resultantes de uma ordem previsível, mesmo não se tendo os conhecimentos que os determinem com razoável grau de antecedência.

Vieira (2004) entrevistou moradores de áreas susceptíveis a escorregamentos na sub-bacia do Ribeirão Araraguá - Blumenau Santa Catarina com o objetivo de avaliar como os moradores percebem o risco de escorregamento no seu cotidiano. A autora concluiu que todos os entrevistados sabem o que é um escorregamento, afirmando que risco é um perigo devido à destruição e mortes, considerando o imprevisível, possuindo muita força e resultando em um efeito dominó. A possibilidade de reincidência é conhecida por quase todos. Praticamente a metade dos entrevistados acha que o escorregamento não pode acontecer onde moram por achar que moram no “plano”, ignorando o corte/aterro que fizeram para edificar a casa. Subestimar o risco é uma alternativa para negar a convivência com o mesmo, ou excluir a incerteza. Os moradores que admitiram que um escorregamento pudesse ocorrer onde eles moram, são aqueles que lá moram há mais tempo e que já tiveram danos com escorregamentos, devido à proximidade da encosta.

No Recife, as pessoas atribuem as causas dos escorregamentos especialmente à chuva (35%), à ação dos moradores em executar cortes (18,4%) e ao lixo (11,9%). Sendo que a ausência de vegetação, a insuficiência no sistema de drenagem e a deficiência no sistema de coleta de lixo foram apontadas por poucos moradores, como causadores de escorregamentos, conforme constatado por Fontes (1998, *apud* Vieira, 2004).

Burton e Kates (1972 *apud* Vieira, 2004) colocam que alguns moradores percebem o perigo, mas não estão motivados para encontrar medidas preventivas. Eles tendem a confiar no seu poder de resistência. Alguns tentam reduzir a incerteza quando dizem que o desastre não pode

acontecer mais de uma vez no mesmo lugar. Assim, a avaliação da probabilidade de ocorrer uma catástrofe é diferenciada entre os moradores, situação geralmente distinta da percepção dos técnicos.

As características dos desastres naturais são, para Burton *et al* (1978 *apud* Vieira, 2004), aquelas que afetam as ações de adaptação e ajustamento aos riscos, podendo tais níveis variar de acordo com a frequência, duração, extensão, velocidade, dispersão no espaço e espaçamento temporal dos eventos extremos. Como os escorregamentos são desastres raros e incertos, não fazendo parte do cotidiano, resultando muitas vezes em um processo de reocupação de áreas de risco, sendo a ameaça compreendida como distante, prevalecem valores como a possibilidade de obtenção da casa própria e relações sociais.

Enquanto os estudiosos em risco usam modelos de análise estritamente técnico-científicos, o público às vezes percebe e age de forma distinta, como acentuam Okrent e Pidgeon (1998 *apud* Vieira, 2004). Alguns exemplos de avaliação formal de risco identificaram que o público não vê a questão de igual maneira que os técnicos.

E, mesmo entre os técnicos a percepção varia. Raab e Brosch (1996 *apud* Vieira, 2004) desenvolveram um estudo com 43 geólogos representados por profissionais com muitos anos de experiência e por estudantes universitários. A estimativa dos estudantes apresenta geralmente uma tendência para superestimar; já os profissionais experientes não se limitam a valores de referência, como fazem os estudantes. Isso mostra diferentes padrões de estimativa e que não há trabalho geológico sem subjetividade, porque o problema é individual e a escolha dos métodos disponíveis influencia nos resultados tidos como objetivos.

A modernização, a divisão do trabalho e a especialização tornaram a realidade dependente do especialista técnico, segundo Dombrowsky (1990 *apud* Vieira, 2004), desconsiderando-se as competências tradicionais. Criou-se o equivocado conceito que o risco constitui um evento concentrado no tempo e espaço, não o compreendendo como uma construção social. Esquece-se que em uma análise sobre riscos naturais, o tempo é fator importante quando as pessoas tentam evitar fracassos, pois a gravidade do desastre está relacionada à velocidade de preparação da comunidade para enfrentar o perigo. A velocidade que cada pessoa precisa para

analisar a sua situação é o primeiro fato que influenciará na rapidez para a tomada de decisão frente ao desastre. Atordoadas, as pessoas aceleram o perigo, rápidas reações desaceleram-no.

A velocidade do perigo depende do padrão cultural de agilidade, da percepção de risco e do comportamento das pessoas. O aspecto mais importante não é o perigo em si, mas o padrão de agilidade geral da sociedade. As pessoas experientes com o risco percebem, avaliam, e possuem ações mais ágeis. Por isso, é importante considerar a experiência humana para evitar riscos.

Os estudos sobre percepção de risco geralmente abordam a diferença entre a percepção de técnicos e não técnicos. Os estudos sobre comunicação de risco investigam métodos através do qual a informação pode ser comunicada a todos, como acentua Reid (1999 *apud* Vieira, 2004). Por isso, o autor conclui que a análise e comunicação de risco precisa estabelecer um debate crítico de dependência e confiança entre técnicos e a população.

Os trabalhos sobre a percepção de risco tem contribuído para tomadas de decisões políticas para prevenção de acidentes. Compreender a percepção que os moradores possuem do lugar onde vivem, contribui para a construção de ações que tomem por base os conhecimentos e as experiências locais. É necessário que os cientistas, os técnicos e o poder municipal considerem as percepções sociais, tendo em mente sua responsabilidade social (Vieira, 2004).

É importante compreender como as comunidades percebem suas paisagens e lugares e qual o seu comportamento cotidiano, para a partir daí construir ações para a redução de desastres. Não basta que os meios de comunicação mostrem o problema, nem que os técnicos desenvolvam projetos incompreensíveis para a maioria da população. É preciso inicialmente que os moradores, especialmente aqueles que se mudaram recentemente, sintam a necessidade de efetuar ações para minimizar o risco. O nível da ação só pode ser alcançado se a população for orientada com informações baseadas em seu conhecimento, experiências e nas suas condições de sobrevivência.

### 3.4.2 Classificação do risco geológico, conforme diretriz do Ministério das Cidades

De acordo com Cerri (2006), os mapeamentos de risco podem ser realizados em dois níveis de detalhe distintos: 1) o zoneamento (ou setorização) de risco, e 2) cadastramento de risco. No zoneamento de risco são delimitados setores nos quais, em geral, encontram-se instaladas várias moradias. Desta forma, admite-se que todas as edificações do setor se encontram em um mesmo grau de risco, podendo pontualmente existir uma edificação em grau de risco diferente, o que torna o mapeamento generalista. No cadastramento, a análise de risco é feita edificação por edificação, onde a situação de risco é avaliada pontualmente.

Independentemente do método adotado, o grau de probabilidade de ocorrência do processo destrutivo deve ser obtido com base no julgamento do profissional, considerando um período de um ano, com base nos critérios descritos no QUADRO 3.6, que é uma escala de critérios nacionalmente adotada, para fins de uniformização dos dados (Cerri, 2006).

Nesta classificação, o ponto mais importante é a presença de sinais de movimentação/feições de instabilidade. Essa presença pode ser expressiva e em grande número: presente, incipiente ou ausente.



### QUADRO 3.6

Critérios para definição do grau de probabilidade de ocorrência de processos destrutivos do tipo de escorregamentos em encostas ocupadas e desbarrancamentos (solapamentos) de margens de córregos (versão utilizada na região sudeste)

GRAU DE PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
R1 Baixo a Inexistente	Os condicionantes geológicos-geotécnicos predisponentes (declividade de terreno) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Não há indícios de desenvolvimentos de processos destrutivos em encostas e margens de drenagens. É a condição menos crítica. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período de um ciclo chuvoso.
R2 Médio	Os condicionantes geológicos-geotécnicos predisponentes (declividade de terreno) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de alguma(s) evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente (s). Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.
R3 Alto	Os condicionantes geológicos-geotécnicos predisponentes (declividade de terreno) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de significativa(s) evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente (s). Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.
R4 Muito Alto	Os condicionantes geológicos-geotécnicos predisponentes (declividade de terreno) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. As evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas na moradia ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatriz de escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação ao córrego) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. É a condição mais crítica. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.

Fonte: Cerri, 2006.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo foram tratadas as análises da ferramenta de trabalho e as informações que constam nas vistorias realizadas pelas equipes da URBEL, classificadas como risco alto e muito alto de escorregamentos no período de 2 anos, que foram tratadas na planilha em anexo, cujo modelo encontra-se na TAB. 4.2, item 4.2.

### 4.1 Análise das ferramentas de trabalho

Neste item será descrito o funcionamento do Programa Estrutural em Áreas de Risco, incluindo os critérios de atendimento, planos de ações e os níveis de classificações do risco geológico-geotécnico adotado, uma breve descrição sobre os vistoriadores da URBEL e a descrição da ficha de vistoria utilizada pelos técnicos do programa.

#### 4.1.1 Programa Estrutural em Áreas de Risco – PEAR

##### **Histórico**

O PEAR foi criado em julho de 1993, quando a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte começou a acompanhar a situação das áreas de risco geológico-geotécnico nas vilas, favelas e conjuntos habitacionais do município. Os trabalhos foram iniciados pela realização do primeiro diagnóstico de risco geológico-geotécnico destas áreas executado por uma equipe de engenheiros e geólogos com consultoria do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais (IGC/UFMG) e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT).

Em 1993 foi elaborado o trabalho “Projeto de Priorização e Intervenção em Áreas de Risco” que consistiu na avaliação de dados obtidos no Corpo de Bombeiros, Coordenadoria Municipal de Defesa Civil- COMDEC e URBEL, através de boletins de ocorrências, laudos técnicos e vistorias de campo, onde foram identificadas as situações de risco geológico-geotécnico, quantificando o número de famílias em cada situação e indicando obras emergenciais preventivas e definitivas para minimização do risco geológico-geotécnico, subsidiando as intervenções da prefeitura (URBEL, 2000).

A partir do primeiro período chuvoso 1994/1995 o programa começou a adquirir material de construção para a realização das obras, orientadas por seus engenheiros e executadas pelos próprios moradores. Nesta época construiu-se também o Abrigo Municipal Granja de Freitas, em madeirite, com cômodos individuais sendo que o banheiro e a cozinha eram coletivos.

Em 1998, o abrigo foi reconstruído em alvenarias com cômodos amplos com banheiros e cozinhas acopladas, além da construção de galpões para desenvolvimento de programa de atendimento infanto-juvenil e geração de renda para os moradores.

No início de 2000, foi criado um complemento do PEAR, denominado “Manutenção” que propicia desde então, a realização de obras de médio porte para estruturação de áreas de risco geológico-geotécnico que demandam mão de obra e equipamentos especializados, cobrindo uma lacuna de atendimento do programa. Em 2001, o programa foi descentralizado, sendo operacionalizado apenas pelas regionais da cidade.

Em 2003, a URBEL voltou a ser o órgão responsável pela execução/coordenação das ações nas áreas de risco geológico-geotécnico. A partir desta data, o PEAR passou por importantes aprimoramentos com a formação dos Núcleos de Defesa Civil – NUDEC, que conforme legislação são formados a partir de moradores/lideranças formais ou não, com vistas a participarem de forma efetiva da política pública de atendimento às áreas de risco e instrumentos que possibilitam a gestão compartilhada, aproximando e envolvendo a população nas ações de prevenção, monitoramento e fiscalização das áreas. Buscando investir na gestão de proximidade, foram criados seis Centros de Referência em Áreas de Risco – CREAM, com objetivo de aproximar o poder público da comunidade implantando o conceito de co-responsabilidade dos moradores de áreas de risco. Estes centros foram escolhidos com base no diagnóstico de risco e conhecimento prévio das áreas mais críticas da cidade.

Com a equipe de geólogo e engenheiro, o CREAM agilizou e aprimorou o atendimento à população. Equipado com colchões, cobertores e fogão, o local serve como refúgio momentâneo às famílias em situação de risco geológico-geotécnico muito alto.

Outros investimentos no programa foram realizados ao longo dos anos subsequentes, tais como a implantação de mais dois CREAM, aquisição e instalação de dez pluviômetros que fornecem dados de chuva *on-line*, permitindo um maior acompanhamento dos dados acumulados de chuva para um melhor monitoramento dos casos de risco mais graves.

A atualização do diagnóstico de risco geológico-geotécnico a cada dois anos representa um avanço para o programa, pois permite um melhor monitoramento das áreas de risco e direciona recursos para minimização e eliminação de risco geológico-geotécnico nas vilas.

### **Objetivo do PEAR**

O PEAR tem como objetivo diagnosticar, prevenir, controlar e minimizar situações de risco geológico-geotécnico, estruturando e revitalizando estas áreas, visando à diminuição de ocorrência de acidentes e garantindo a segurança da população envolvida.

O programa tem como metas:

-Proteger a vida dos moradores de áreas de risco geológico-geotécnico, evitando a ocorrência de acidentes relacionados a processos geodinâmicos;

-Promover a estruturação urbana/ambiental dessas áreas visando não só à minimização de situações de risco geológico-geotécnico, mas também à melhoria da qualidade de vida da população envolvida;

-Incentivar a participação da comunidade através do repasse de informações técnicas acerca de métodos construtivos e percepção de situações de risco, envolvendo a população no processo decisório das intervenções necessárias.

### **Critérios para o atendimento**

Considera-se como beneficiário do PEAR, com direito às intervenções do programa o público que se enquadrar em todos os critérios abaixo:

- Morar em áreas delimitadas pela Lei de Uso e Ocupação do Solo (Lei 7.166/96) como Zonas Especiais de Interesse Social - ZEIS 1/3;
- Estar em situação de risco geológico-geotécnico efetivo;
- Ter ocupado o local em avaliação há pelo menos dois anos;
- Ter a posse da moradia, ou seja, não ser inquilino nem morar de favor;
- Possuir renda familiar inferior a cinco salários mínimos, conforme estabelecido na Política Municipal de Habitação;
- Não ter sido beneficiado por outros programas habitacionais do município;
- Excluem-se as moradias do tipo barracas de lona, barracões de madeirite ou similares, mesmo que construídos em áreas delimitadas como ZEIS 1/3.

### **Metodologias /planos de ação**

O programa possui como premissa básica a convivência com o risco geológico-geotécnico, ou seja, a tolerância com um determinado nível de risco para o qual ainda é possível monitorar o processo geológico (Pereira *et al*, 2006).

Para subsidiar a definição das ações e/ou intervenções necessárias, o PEAR classifica as situações de risco geológico-geotécnico nos seguintes níveis (URBEL,2004):

#### **Nível IV (Muito Alto)**

O processo destrutivo encontra-se em adiantado estágio evolutivo, constatando-se evidências e indícios claros de seu avançado desenvolvimento, com a possibilidade de destruição imediata de moradias, não sendo necessária a observação do registro de chuvas elevadas em termos de duração e/ou intensidade.

#### **Nível III (alto)**

O processo destrutivo está instalado, constatando-se indícios de seu desenvolvimento e a possibilidade de destruição de moradias em curto espaço de tempo. É possível o acompanhamento evolutivo do processo destrutivo na área, podendo ocorrer evolução rápida com chuva mais intensa e/ou de longa duração.

## **Nível II (médio)**

São áreas onde o processo destrutivo encontra condições potenciais de desenvolvimento, constatando-se condicionantes físicas predispostas ao risco e/ou indícios iniciais do desenvolvimento do processo.

## **Nível I (baixo)**

São locais onde a observação de campo não detectou indícios de instabilização aparente, sendo consideradas áreas estáveis no momento da análise.

Para cumprir os objetivos do PEAR, a equipe técnica realiza ações e/ou intervenções, sendo que a unidade de análise para definição dos procedimentos a serem adotados é a moradia de cada família que solicita o serviço, através de vistorias pontuais realizadas por engenheiros e geólogos, capacitados para tal função. Para chegar a um parecer final quanto à situação de risco a que a moradia e conseqüentemente a família estão sujeitas, é preenchida uma ficha de vistoria, conforme será descrita no item 4.1.3, que traz todos os indicadores a serem avaliados, tais como:

-Caracterização do local: morfologia e as características geológicas e a presença de formação antrópica;

-Caracterização da edificação: define o estado de conservação e a existência ou não de estruturas;

-Predisposição a processos geodinâmicos: define quais são os processos susceptíveis a ocorrer no local, quais os agentes que potencializam estes processos e quais os indícios observados;

-Nível de susceptibilidade: após avaliação do local, é definido o grau de risco a que a moradia está sujeita, devendo-se levar em consideração que tal avaliação é visual, pois não existe uma análise através de métodos diretos de investigação do terreno (sondagem) e nem instrumentação e ensaios (inclinômetros, piezômetros, tensiômetros e ensaios laboratoriais que quantificam os parâmetros de resistência);

-Após a classificação de risco é dado o parecer final da vistoria, que pode, em último caso, chegar à remoção temporária ou definitiva da família. Tal parecer somente é dado quando a situação de risco geológico-geotécnico não permite que a família permaneça no local com segurança e que todas as opções de monitoramento já estão esgotadas.

O programa atua em distintos níveis, através de plano de atendimento emergencial, plano de mobilização social e plano de obras que correspondem a ações de curto, médio e longo prazo, a partir do reconhecimento e classificação das áreas de risco geológico-geotécnico, em função dos processos destrutivos, intensidades, tipologia, número de moradias e graduação do risco.

Abaixo serão descritos cada plano:

-Plano de Atendimento Emergencial: tem como objetivo propiciar atendimento emergencial nas áreas de risco geológico-geotécnico, enquanto se implantam intervenções estruturais para eliminação definitiva do risco. Neste plano, são realizadas vistorias rotineiras e, caso haja necessidade, as famílias são removidas, definitivamente ou temporariamente.

-Plano de Obras: consiste no planejamento de obras para eliminação do risco nas vilas e favelas, dentro de uma escala de prioridade, priorizando as obras realizadas com a mão de obra do morador;

-Plano de Mobilização Social: este plano prevê ações educativas junto às populações moradoras em áreas de risco e estímulo à criação de Núcleos de Defesa Civil-NUDEC.

### **Avanços e resultados**

O aprimoramento do PEAR no decorrer de mais de uma década de atuação pode ser percebido não só através do incremento de procedimentos, programas de apoio e participação comunitária, mas também através dos resultados obtidos, isto é, diminuição de famílias expostas a situação de risco geológico-geotécnico, evidenciada pelos diagnósticos realizados em 2004 e 2009 (URBEL, 2009), que apontaram uma redução das famílias expostas ao risco (em 1994 eram quase 15.000 famílias, em 2004, 10.650 edificações expostas ao risco alto e

muito alto e, em 2009 este número foi reduzido para 3.789 edificações em situação de risco alto e muito alto). Houve, principalmente, o aumento da percepção das pessoas envolvidas para o problema de risco geológico-geotécnico na cidade. Fatos esses que contribuíram para a redução da vulnerabilidade da população com conseqüente minimização de acidentes com vítimas.

Como parte das mudanças que ocorreram ao longo dos anos, houve também diversas modificações técnicas nas fichas de vistorias com objetivo de melhorar a avaliação do risco geológico-geotécnico. É sabido que alterações na ficha sempre ocorrerão com o objetivo de melhoria na qualidade e confiabilidade dos dados analisados e também para adequação de informações gerenciais.

Desde 1994, foram realizadas em torno de 41.949 vistorias, conforme GRA.4.3, apresentando um pico de 6.555 vistorias realizadas em 2003, após a revitalização do programa com a reestruturação da URBEL. Neste mesmo período, foram realizadas 2.038 obras com mão de obra do morador e 375 através dos contratos de manutenção, além de 1.400 remoções definitivas de famílias que residiam em áreas de risco geológico-geotécnico.

Ao longo dos 17 anos do PEAR, a gestão das vistorias passou por modificações, principalmente após 1999, quando foi implantando o primeiro banco de dados, no *access*, permitindo a localização rápida das vistorias realizadas e emissão de relatórios para acompanhamento das obras e indicações de remoções. Em 2006, foi criado um sistema *on-line* de vistorias denominado Sistema de Vistorias de Áreas de Risco - SISVAR (em que qualquer secretaria da prefeitura de Belo Horizonte tinha acesso ao banco de dados, principalmente as Secretarias Regionais, responsáveis também pela execução do PEAR). Em 2008, foi aprimorado o sistema de vistoria, agora denominado Sistema de Gestão de Áreas de Risco - SIGEAR, também *on-line* com possibilidade de emitir vários relatórios para o acompanhamento das vistorias. Este sistema integrou-se com o Sistema Municipal de Defesa Civil (SIMDEC) em 2009, agilizando o atendimento, visto que anteriormente as informações para a realização das vistorias eram transmitidas mais lentamente, via telefone ou fax.



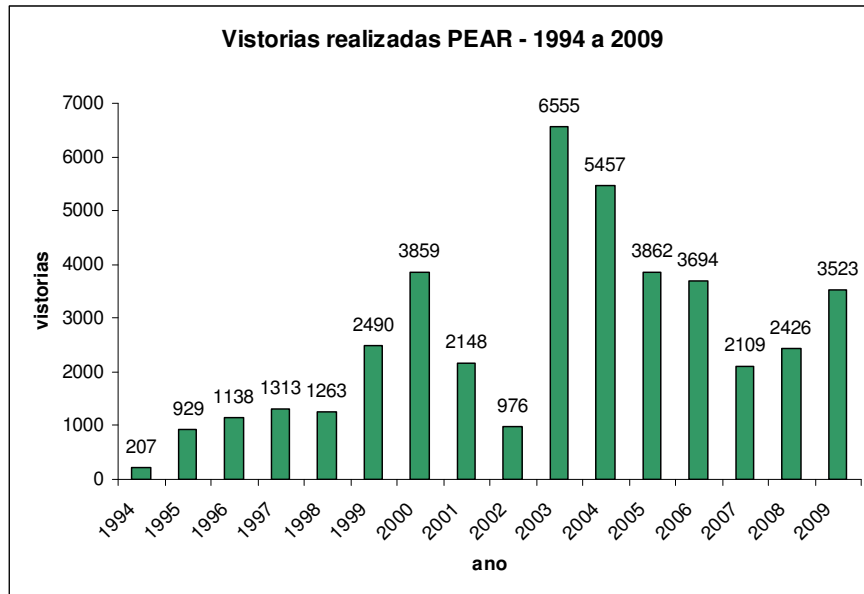


GRÁFICO 4.3 - Vistorias realizadas conforme dados fornecidos pela URBEL, 2009

#### 4.1.2 Vistoriadores do Programa Estrutural em Áreas de Risco

O objetivo deste item é descrever uma breve evolução do quadro de vistoriadores do PEAR, ressaltando a importância da capacitação da equipe para melhoria na qualidade das vistorias. O Programa Estrutural em Áreas de Risco iniciou-se em 1993, contando apenas com três geólogos e três engenheiros civis para vistoriar e mapear a cidade toda. Eram equipes de funcionários terceirizados, portanto, não fazendo parte do quadro efetivo da URBEL, fato que criava uma rotatividade da equipe, dificultando a capacitação continuada.

O quadro de vistoriadores permaneceu o mesmo até 2004, quando a equipe foi expandida com a criação dos Centros de Referências em Áreas de Risco-CREAR, resultando em seis duplas de geólogos e engenheiros. Em 2005 realizou-se um concurso público na URBEL, o que acarretou na diminuição do quadro de vistoriadores para cinco duplas, mas permitindo assim uma melhor capacitação da equipe.

Apesar do concurso público, a rotatividade dos técnicos que operacionalizam o programa continuou graças ao mercado de trabalho aquecido, tanto para os geólogos quanto para engenheiros civis, fato este, que levou a URBEL a realizar um novo concurso público para engenheiros e geólogos em 2008. Mesmo com este segundo concurso, permaneceu a

rotatividade que parece ser uma característica do tipo de atividade desenvolvida pelo programa (vistorias rotineiras em áreas de assentamentos precários, com grande dificuldade de mobilização da comunidade para conseguir a mão de obra para a execução das pequenas obras do programa de risco, dentre outros motivos).

A rotatividade da equipe de vistoriadores dificulta a capacitação constante da equipe o que requer dos gestores do programa uma maior responsabilidade em repassar os conhecimentos técnicos e operacionais, através de acompanhamentos das vistorias e no desenvolvimento de procedimentos para um correto preenchimento das fichas de vistorias e encaminhamento dos casos.

#### 4.1.3 Descrição da ficha de vistoria atualmente utilizada pelo PEAR

A ficha é um instrumento utilizado em vistorias de campo a qual permite à equipe técnica (engenheiros civis e geólogos) classificar o risco geológico-geotécnico para então proceder com os encaminhamentos necessários para a família que solicitou a análise. Pode ser dividida em passos que buscam direcionar a avaliação da situação de risco.

1 – Dados gerais do solicitante e endereço: neste passo constam os dados pessoais dos proprietários da edificação a ser vistoriada, além do endereço, motivo da solicitação da vistoria, data da solicitação, tempo de moradia, total de moradores e número de domicílios que constam no endereço (FIG.4.22).


 PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE		Programa Estrutural em Áreas de Risco - PEAR FICHA DE VISTORIA		SIGEAR Vistoria	
Data: ____/____/____	Captação: _____	Crear: _____	Solicitante: _____		
Motivo: _____					
1. Nome: _____	Nasc: ____/____/____	Identidade: _____	CPF: _____		
Mãe: _____	Fone: _____	Celular: _____			
2. Nome: _____	Nasc: ____/____/____	Identidade: _____	CPF: _____		
Mãe: _____	Fone: _____	Celular: _____			
Tipo log: _____	Logradouro: _____	Num: _____	Comp: _____	Contato: _____	
Bairro: _____	CEP: _____	Regional: _____	Referência: _____		
Tempo - moradia: Ano: _____ Mês: _____		Total morador: _____	Crianças(<=12anos): _____	Nº domicílios: _____	

FIGURA 4.22 – Modelo ficha de vistoria PEAR- Dados do morador

O motivo da vistoria é um campo muito importante, pois ajuda a equipe a priorizar a realização das vistorias em caso de acúmulo de solicitações.

Em relação aos dados dos proprietários, algumas considerações devem ser citadas, como:

- O primeiro nome sempre é o do primeiro responsável pela moradia, estando ele presente ou não no momento da vistoria;
- Os dados pessoais dos dois responsáveis devem de ser coletados, para evitar a ocorrência de homônimo. Tal situação pode gerar dúvidas em caso de atendimento com obra ou remoção da família;
- Telefone de contato: intervenção essencial, visto que muitas vezes torna-se necessário agendar a vistoria.

No caso do endereço, é importante sempre colocar um ponto de referência. Em caso de beco, sempre colocar o nome da rua de referência.

**IMPORTANTE:** As informações sobre motivo, data da solicitação, dados do morador e endereço, são obtidas pelo funcionário da central de atendimento da URBEL, no momento da solicitação. O técnico responsável pela vistoria, quando da avaliação, deve corrigir/completar algum dado que não estiver adequado e obter o tempo de moradia, total de moradores e número de domicílios.

## 2 - Caracterização do local

Neste passo caracteriza-se o local em que a moradia está situada, foco da análise do risco, onde devem ser descritas a localização da edificação no meio morfológico (FIG.4.23).

Caracterização do local						
Morfologia:	<input type="radio"/> Encosta	<input type="radio"/> Planície aluvial	<input type="radio"/> Área aplainada	<input type="radio"/> Fundo de vale	<input type="radio"/> Área totalmente ocupada	
Talude:	<input type="checkbox"/> Natural	<input type="checkbox"/> De corte	<input type="checkbox"/> De aterro	<input type="checkbox"/> De córrego		
Montante:	Altura: ____m	Afastamento base: ____m	Inclinação: ____°	Cob. Superficial: ____	Espessura: ____	Vegetação: ____
Jusante:	Altura: ____m	Afastamento crista: ____m	Inclinação: ____°	Cob. Superficial: ____	Espessura: ____	Vegetação: ____
Litologia:	_____	Grau de alteração: _____	Estrutura: _____	Complemento: _____		

FIGURA 4.23 – Modelo Ficha de vistoria PEAR- Caracterização do local

Em relação à morfologia, é necessário identificar se a edificação encontra-se em uma encosta, planície aluvial, área aplainada, fundo de vale ou área totalmente ocupada, que podem ser definidas como:

Encosta: Pode ser entendida como toda superfície natural inclinada (declive), que une duas outras superfícies caracterizadas por diferentes energias potenciais gravitacionais (Ministério das Cidades, 2007);

Planície aluvial: são terrenos baixos e planos junto aos cursos d'água e são formadas por sedimentos aluvionares;

Área aplainada: são terrenos planos alterado onde não forem identificados encostas a montante e nem jusante da edificação;

Fundo de vale: vales encaixados onde a edificação local-se na linha de drenagem;

Área totalmente ocupada: local onde não é possível observar taludes. Há edificações ocupando todo o terreno, dificultando a caracterização da morfologia local;

Se a morfologia marcada for encosta, o vistoriador deverá preencher os campos de talude, se não, ir para o próximo passo.

Taludes naturais: são definidos como encostas de maciços terrosos, rochosos ou mistos, de solo e rocha, de superfície não horizontal, originados por agentes naturais (FIG.4.24);

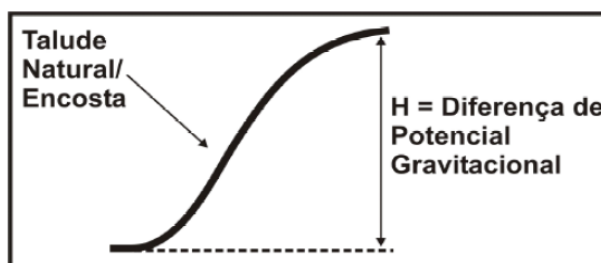


FIGURA 4.24 – Representação do talude natural  
(Fonte: Ministério das Cidades, 2007).

Talude de corte: é definido como um talude, resultante de algum processo de escavação promovido pelo homem (FIGURA 4.25);

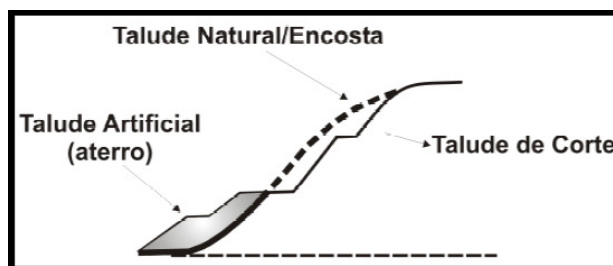


FIGURA 4.25 – Representação do talude corte/aterro  
(Fonte: Ministério das Cidades, 2007).

Talude de aterro: Refere-se aos taludes originados pelo aporte de materiais, tais como, solo, rocha (FIG.4.25).

Talude de córrego: taludes marginais do rio, onde é possível ocorrer solapamento (FIG.4.26).



FIGURA 4.26 – Foto representando o talude de córrego  
(Fonte:Ministério das Cidades, 2007).

Após a definição do tipo de talude é necessário identificar o afastamento, altura e inclinação dos taludes a montante e a jusante da edificação, foco da análise do risco geológico-geotécnico, onde podem-se definir:

Montante: talude acima da edificação onde deverão constar dados da altura, afastamento, inclinação, se existe cobertura superficial (aterro, colúvio, alúvio e tálus) qual espessura e tipo de vegetação;

Jusante: talude abaixo da edificação onde deverão constar dados da altura, afastamento, inclinação, se existe cobertura superficial (aterro, colúvio, alúvio e tálus) qual espessura e tipo de vegetação;

A cobertura superficial é resultante de solo transportado e aterro podendo ser incluídos neste item:

Alúvios: são constituídos por materiais erodidos, retrabalhados e transportados pelos cursos d'água e depositados nos seus leitos e margens. São também depositados nos fundos e nas margens de lagos e lagoas, sempre associados a ambientes fluviais;

Colúvios: são depósitos de materiais inconsolidados, originado da própria vertente, normalmente encontrados recobrando encostas íngremes, formados pela ação da água e

principalmente da gravidade. Tem baixa resistência ao cisalhamento, podendo apresentar movimentos lentos;

Tálus: são depósitos formados pela ação da água e, principalmente da gravidade. Compostos predominantemente por blocos de rocha de variados tamanhos. Ocorrem de forma localizada, ocupando sopés de encostas e relevos acidentados.

Os tipos de taludes e de materiais presentes dão pistas sobre a tipologia dos processos esperados e dos materiais que podem ser mobilizados, pois constitui o material depositado em decorrência de movimentos de massa pretérito.

A determinação da inclinação dos terrenos no campo é feita através de análise visual. Com o objetivo de definir este parâmetro, são mostradas na FIG.4.27 as inclinações para ajudar o vistoriador a definir qual é a inclinação mais próxima da encontrada no local. Ressalta-se que este é um parâmetro muito importante para a determinação da estabilidade da área.

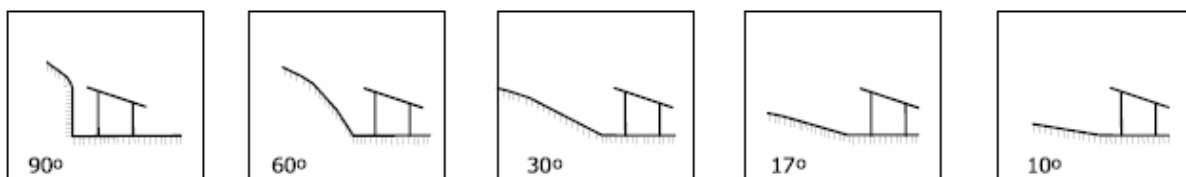


FIGURA 4.27– Representação das inclinações dos taludes

(Fonte: Ministério das Cidades, 2007).

A distância da moradia ao topo ou base de talude e aterros também é importante para a determinação do nível de risco a que a moradia está sujeita. Em Belo Horizonte é considerado como largura da faixa de segurança da ordem de uma vez a altura do talude (1:1).

Encosta a montante da edificação em análise, pode ser visualizado na FIG.4.28.



FIGURA 4.28 – Relação altura/afastamento da encosta a montante da edificação  
(Fonte: Ministério das Cidades, 2007).

Encosta a jusante da edificação em análise pode ser visualizado na FIG.4.29.

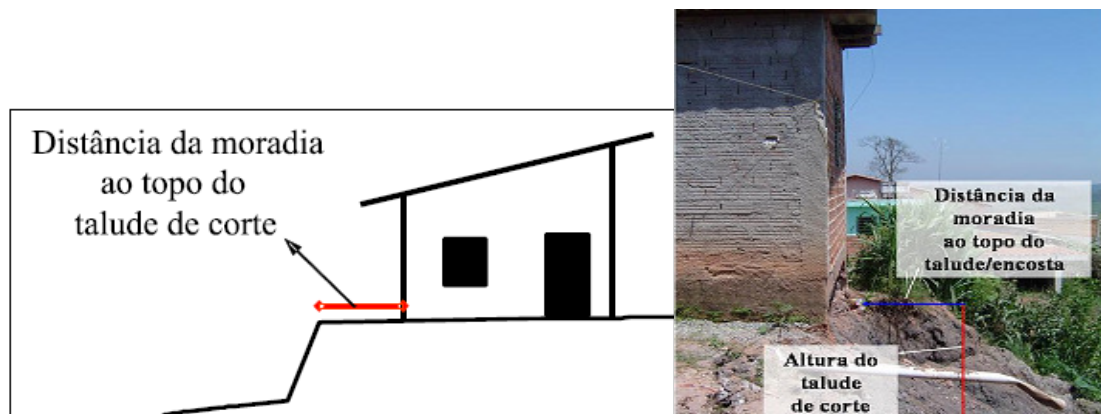


FIGURA 4.29 – Relação altura/afastamento da encosta a jusante da edificação.  
(Fonte: Ministério das Cidades, 2007).

A Litologia presente, o perfil de alteração e a presença de estruturas devem ser analisados.

### 3 – Características visuais da edificação

Neste passo, o vistoriador deve avaliar a condição da edificação para embasar a análise de risco geológico-geotécnico, observando a tipologia da edificação, identificando os elementos estruturais existentes, o tipo de fundação, o sistema de esgotamento sanitário, o sistema de drenagem e as patologias aparentes (apesar de o termo correto ser sintomas aparentes) (FIG.4.30). Estes aspectos influenciam na análise do risco em função do grau de vulnerabilidade da edificação definida as possibilidade de danos e também na definição do parecer final da vistoria.

Características visuais da edificação						
Tipologia:	<input type="checkbox"/> Alvenaria	<input type="checkbox"/> Madeira	<input type="checkbox"/> Lona	<input type="checkbox"/> Laje	<input type="checkbox"/> Precária	<input type="checkbox"/> Insalubre
Estruturas:	Tipo Fundação:		Patologia aparente:			
Esgoto:	Água:	Drenagem:	Pavimentos:			

FIGURA 4.30 – Modelo da ficha de vistoria PEAR – Características visuais da edificação.

#### 4 – Predisposição a processos geodinâmicos

Os processos de instabilização que ocorrem em Belo Horizonte são: escorregamento (circular, planar e cunha), erosão (laminar, linear, solapamento), rolamento/tombamento e queda de blocos e inundação. No caso de o problema não se enquadrar em nenhum desses processos, ou seja, o risco ser construtivo deve-se sempre considerar o campo de “não se aplica” (FIG.4.31).

Predisposição a processos geodinamicos			
<input type="checkbox"/> Escorregamento	<input type="checkbox"/> Inundação	<input type="checkbox"/> Erosão	<input type="checkbox"/> Rolamento / tombamento / queda de blocos
Tipo escorregamento:		Tipo erosão:	
Outros:		Material:	
<input type="checkbox"/> Não se aplica			

FIGURA 4.31 – Modelo da ficha de vistoria PEAR – Predisposição aos processos geodinâmicos.

A seguir serão descritos os processos geodinâmicos:

#### **Escorregamento**

Este processo já está definido no item 3.3.1, sendo o mesmo classificado em três tipos: planares, circulares e em cunha.

#### **Quedas, tombamentos e rolamentos de blocos**

Este processo já está definido no item 3.3.1 e não será descrito nesta parte desta pesquisa.

#### **Erosão**

A erosão se inicia pelo impacto da massa aquosa com o terreno, desagregando suas partículas. Esta primeira ação de impacto é complementada pela ação do escoamento superficial, a partir do acúmulo da água em volume e velocidade suficiente para propiciar o arraste das partículas liberadas. Podem ocorrer de três formas distintas (IPT, 1991):



-Laminar: ocorre quando o escoamento da água encosta abaixo “lava” a superfície como um todo, transportando as partículas sem formar canais definidos;

-Sulcos: ocorrem por concentração do fluxo d’água em caminhos preferenciais, arrastando as partículas e aprofundando os sulcos, podendo formar ravinas com alguns metros de profundidade;

-Voçoroca: constitui-se no estágio mais avançado da erosão linear, sendo caracterizada pelo avanço em profundidade das ravinas até essas atingirem o lençol freático ou o nível de água do terreno.

## **Inundação**

É o processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio), quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio (Ministério das Cidades, 2007).

### 5 – Agentes potencializadores

Os agentes potencializadores (FIG.4.32) que interferem na análise do risco devem ser marcados. A descrição de cada agente, consta no item 3.3.3 desta pesquisa.

Agentes potencializadores	
<input type="checkbox"/> Vazamento / ruptura redes (infiltrações)	<input type="checkbox"/> Concentração de água pluvial
<input type="checkbox"/> Fossas	<input type="checkbox"/> Lixo / entulho
<input type="checkbox"/> Surgência	<input type="checkbox"/> Bananeira
<input type="checkbox"/> Lançamento água / esgoto	

FIGURA 4.32 – Modelo da ficha de vistoria PEAR - Agentes potencializadores

### 6 – Indicativos de movimentação

São os parâmetros mais importantes para a determinação de maior risco. As feições de instabilidade serão mais úteis quanto mais lentos forem os processos (FIG.4 33). A descrição dos indicativos de movimentação está no item 3.3.4 desta pesquisa.

Indicativos de processos geodinamicos	
<input type="checkbox"/> Trinca moradia	<input type="checkbox"/> Trinca terreno
<input type="checkbox"/> Estrutura deformada	<input type="checkbox"/> Feições erosivas
<input type="checkbox"/> Degraus de abatimento	<input type="checkbox"/> Cicatriz escorregamento

FIGURA 4.33 – Modelo da ficha de vistoria PEAR - Indicativos de processos geodinâmicos

## 7 – Nível atual do risco geológico-geotécnico

Este é o passo mais importante da análise de vistoriador, pois é através da definição correta do risco geológico-geotécnico que a equipe define o encaminhamento para a família exposta ao risco. Para se chegar ao correto nível de risco deve-se levar em consideração alguns parâmetros já descritos acima, a saber:

-Padrão construtivo: para uma mesma situação, uma moradia em alvenaria deve suportar maior impacto da massa de solo e, de acordo com a situação pode ser colocada em classe de risco inferior à de madeirite;

-Tipos de taludes: taludes naturais estão, normalmente, em equilíbrio. Taludes de corte e aterro são propensos a instabilidade;

-Distância da moradia ao topo e/ou base dos taludes: deve ser adotada a altura do talude que pode sofrer a movimentação, não se esquecendo de adotar a relação de segurança de 1:1;

-Na presença dos agentes potencializadores deve-se sempre observar a presença de água no talude. Fator mais importante para deflagrar o processo. Além da definição do tipo de agente, deve ser avaliado também como ele influencia no desenvolvimento do processo;

-O passo mais importante para a classificação correta do risco é observar os indicativos que podem aparecer de forma expressiva, incipiente ou nem mesmo ser observado.

Ao juntar todas as informações da ficha, lembradas acima, é feita a avaliação do grau de risco, levando-se em consideração, principalmente, a presença de indicativos de movimentação e se o processo poderá atingir, ou não, a edificação em análise (FIG.4.34). É crucial ter os critérios para a determinação dos graus de risco bem fixados para uma determinação mais rápida e precisa.

Nível atual do risco geológico	<input type="radio"/> Muito alto	<input type="radio"/> Alto	<input type="radio"/> Médio	<input type="radio"/> Baixo	<input type="radio"/> Sem Risco
--------------------------------	----------------------------------	----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	---------------------------------

FIGURA 4.34 – Modelo da ficha de vistoria – PEAR – Indicação do grau de risco

Os critérios adotados para a determinação dos graus de riscos foram definidos conforme a classificação do PEAR, descritos no item 4.1.1 para o período de um ano.

#### 8- Ocorrência atual

É considerada sempre quando ocorre um evento no período de chuva em curso, onde devem-se constar as seguintes informações: data do evento, tipo de processo, volume estimado (caso de escorregamento), altura da inundação (no caso de inundações) e em caso de atingimento do processo na edificação deve-se marcar o tipo de atingimento e se ocorreu perda total ou parcial da edificação (FIG.4.35). Este campo bem preenchido pode ajudar na correlação chuva X escorregamento e fornecer estatísticas sobre o período de chuva corrente.

Ocorrência atual					
Data: ____/____/____	Tipo do processo: _____	Material: _____	Volume estimado: ____m <sup>3</sup>	Altura inundação: ____m	
<input type="radio"/> Atingimento parcial	<input type="radio"/> Atingimento total	<input type="radio"/> Perda parcial	<input type="radio"/> Perda total	<input type="radio"/> Sem atingimento	

FIGURA 4.35 – Modelo da ficha de vistoria – PEAR – Ocorrência atual

#### 9 – Parecer e orientações

É um passo importante da ficha de vistoria, pois define qual o encaminhamento será dado à família exposta ao risco geológico-geotécnico. Para este encaminhamento ser correto, o vistoriador tem que ter conhecimento dos critérios de atendimento do PEAR, citados no item 4.1.1.

No campo das orientações, são anotadas informações repassadas aos moradores, no sentido de reforçar o parecer ou complementá-lo. É sempre indicado aplicar o termo de responsabilidade quando se for repassar alguma orientação ao morador, principalmente o isolamento/inversão de cômodos. O termo de responsabilidade é um documento que o morador assina, se responsabilizando a seguir as orientações passadas pelo vistoriador (FIG.4.36).

Parecer			
<input type="radio"/> Ind. remoção temporária com obra	<input type="radio"/> Ind. remoção temporária sem obra	<input type="radio"/> Ind. remoção definitiva	<input type="radio"/> Monitoramento pelo morador
<input type="radio"/> Sem processo deflagrado	<input type="radio"/> Indicação de obra	<input type="radio"/> Fora de critério	Motivo fora critério: _____
Orientações			
<input type="checkbox"/> Não expandir edificação	<input type="checkbox"/> Monitoramento pelo morador	<input type="checkbox"/> Não permanecer em caso de chuvas	<input type="checkbox"/> Remoção de entulho
<input type="checkbox"/> Solicitar nova vista se modificar quadro	<input type="checkbox"/> Remoção de bananeira	<input type="checkbox"/> Intervenção do morador	<input type="checkbox"/> Inversão de cômodo
<input type="checkbox"/> Isolamento cômodo	Cortes de lona: _____	Demolição de: _____	

FIGURA 4.36 – Modelo da ficha de vistoria – PEAR – Pareceres e orientações

A seguir serão descritos cada um dos pareceres e orientações:

Parecer:

-Indicação de remoção temporária com obra: é emitido esse parecer, quando a família se enquadra nos critérios do programa e é indicada a remoção da família somente no período chuvoso. Após este período, poderá ser realizada uma obra para permitir que a família retorne com segurança. Normalmente, a mão de obra é oferecida pelo morador e o material e orientação técnica pelo PEAR. Neste caso, a família poderá aguardar a conclusão das obras no abrigo municipal, em casa de parentes ou em aluguel por conta própria;

-Indicação de remoção temporária sem obra: é dado este parecer, quando a família se enquadra nos critérios do programa. A indicação de remoção ocorre somente no período chuvoso. Após este período, a família poderá retornar sem a necessidade de obra. Neste caso, a família deverá aguardar uma nova avaliação da equipe do PEAR, no abrigo municipal, em casa de parentes ou em aluguel por conta própria. Ressalta-se que a avaliação de retorno somente poderá ser realizada após o fim do período chuvoso;

-Indicação de remoção definitiva: é indicado este parecer, quando a família se enquadra nos critérios do programa e é necessária a remoção da família de forma definitiva, ou seja, não é possível o retorno da mesma após o período chuvoso. A área não é consolidável. Quando for efetivada a remoção, a edificação deverá ser demolida e a área passa novamente para a responsabilidade do município. Esse deverá manter a área desocupada para evitar que outra família fique exposta ao risco geológico-geotécnico. Neste caso, a família terá acesso ao abrigo municipal, casa de parentes ou aluguel por conta própria, até a demolição da moradia. Após a demolição, a família tem direito ao Programa Bolsa Moradia (aluguel pago pela prefeitura até a família ser reassentada);

-Monitoramento pelo morador: conforme rege o programa, o morador é co-responsável pela situação de risco a que está exposto. Neste sentido, quando a avaliação do risco geológico-geotécnico permite, é indicado o monitoramento, onde o vistoriador deve passar todas as orientações ao morador de como realizá-lo, indicando como observar os sinais de movimentação da encosta e a eliminar os agentes potencializadores. Em muitos casos, é orientada a colocação de lona na encosta para tentar paralisar o processo de escorregamento, ou evitar que ele se instale, permitindo assim o monitoramento do local com mais segurança para os moradores;

- Sem processo deflagrado: onde não há processo em desenvolvimento;

-Indicação de obra: este parecer é indicado quando a família se enquadra nos critérios do programa e é possível a realização de uma obra no local para minimizar o risco geológico-geotécnico. Neste caso, o morador tem que conseguir executar a obra com material e orientação dos técnicos do programa, não sendo necessário sair da casa em risco para executar a intervenção;

-Fora dos critérios: este é o parecer dado à família que não se enquadra nos critérios do PEAR. Em casos mais críticos, a família é orientada a sair do local por conta própria e, se houver resistência, o caso é encaminhado à COMDEC, que notifica a família para sair do local.

Orientações:

-Não expandir a edificação: esta orientação é sempre repassada ao morador quando os vistoriadores percebem a intenção da família em construir, aproximando a edificação ainda mais da encosta, ou de córregos, ou até mesmo quando existe a intenção de construir o segundo pavimento em edificação que não está preparada para receber a sobrecarga;

-Monitoramento pelo morador: esta orientação poderá ser repassada ao morador mesmo que ele esteja fora dos critérios de atendimento, mas é possível o monitoramento;

-Não permanecer na moradia em caso de chuvas: é indicado para a família, principalmente em caso de inundação;

-Remoção de entulho: quando o morador deverá remover algum entulho que esteja na encosta potencializando o risco de escorregamentos;

-Solicitar nova vistoria se modificar o quadro atual: é uma forma de monitoramento pelo morador, no qual ele deverá sempre solicitar nova vistoria se o quadro de movimentação do terreno evoluir;

-Remoção de bananeiras: o morador deverá remover este agente potencializador;

-Intervenção pelo morador: é indicada quando uma pequena obra pode minimizar o risco ou mesmo eliminam os agentes potencializadores do risco geológico-geotécnico e pode ser feito pelo próprio morador (Ex: pequenas impermeabilizações, canaletas de crista, calhas nos telhados, preenchimento de fossas);

-Inversão de cômodos: o morador é orientado a trocar a disposição dos cômodos afastando, sobretudo, os quartos da encosta;

-Isolamento de cômodo: quando é indicado, o completo isolamento, impede a permanência de pessoas nos cômodos que poderão ser atingidos pelos processos;

-Cortes de lona: a lona é fornecida pelo programa somente para ser colocada na encosta e impedir que o processo de instabilização evolua, sempre com orientação sobre sua colocação;

-Demolição: é indicado ao morador demolir algum cômodo que esteja em situação de risco.

## 9 – Obras propostas

Neste campo (FIG.4.37), o vistoriador deve marcar a opção do tipo de mão de obra, escopo da obra, e o número de famílias a serem beneficiadas pela obra. Deve ser observado se a família

terá direito ao atendimento pelo programa. O PEAR executa obras de impermeabilização, drenagem, lajes impermeabilizantes e contenções até altura de 3,0 metros.

Obras propostas					
<input type="checkbox"/> Equipe própria	<input type="checkbox"/> Pontual	<input type="checkbox"/> Morador	<input type="checkbox"/> Outras obras	<input type="checkbox"/> Coletiva	<input type="checkbox"/> Mutirão
Famílias beneficiadas: _____		Tipo de obra: _____		Descrição complementar: _____	

FIGURA 4.37 – Modelo da ficha de vistoria – PEAR – Obras propostas

Em relação à mão de obra tem-se:

-Equipe própria: a mão de obra e o material são oferecidos pela prefeitura, com acompanhamento do engenheiro civil responsável;

-Pontual: localiza-se num espaço bem definido. Beneficia pelo menos uma edificação. A mão de obra é geralmente do morador, a não ser que a obra ofereça um grau de dificuldade na execução. O material é oferecido pela prefeitura e o acompanhamento é do engenheiro civil responsável;

-Morador: o morador irá executar a obra, ou contratar mão de obra assumindo o ônus. O material é oferecido pela prefeitura com acompanhamento do engenheiro responsável;

-Outras obras: este item poderá ser marcado sempre que existir a indicação de obra por outro setor ou órgão, o qual deverá assumir o fornecimento de material e o acompanhamento da obra;

-Coletiva: a obra beneficia mais do que uma edificação;

-Mutirão: quando a obra vai ser executada por um grupo de moradores para benefício coletivo.

Tipos de obras a serem propostas:

-Muros: altura menor ou igual a 3,0 metros. Em locais com alta declividade e pouco espaço físico, executa-se o muro em estrutura reticulada de concreto armado, sustentando painéis de bloco estrutural de concreto. Isso garante a estabilidade da encosta. A fundação pode ser em

sapata (altura de 1,6 a 3,0 m), tubulão (altura de 1,40 a 3,0 m) ou estacas (alturas de 1,00 a 1,60 m) dependendo do tipo de solo e espaço físico. Neste tipo de obra, deverá ser utilizada a mão de obra do morador. Em caso de muros com altura superior a três metros e se a obra beneficiar um número maior de famílias, esta poderá ser realizada com mão de obra especializada através de contratos de manutenção da URBEL;

-Lajes de proteção de talude com larguras de 2,00, 3,00 e 4,00 m com altura de até 3,0 m: visam recuperar acesso e proteger superficialmente o solo em locais com declividade elevada, minimizando a ação dos agentes potencializadores do risco geológico-geotécnico;

-Concreto chapado com tela galvanizada: tem por objetivo a proteção superficial do talude onde os grampos tem a função de fixar a armadura. Esta obra é normalmente realizada com mão de obra do morador;

-Recuperação de moradia: reconstrução parcial da moradia que foi danificada por inundações ou escorregamentos. (não sendo a área mais susceptível a outros processos geológicos).

-Reconstrução da moradia: construção, com um projeto padrão de edificação para retorno das famílias removidas preventivamente, (após intervenção para estabilização do processo anteriormente deflagrado). Área a ser construída deve ter aproximadamente 28 m<sup>2</sup> e passível de regularização fundiária. Pode-se reconstruir a edificação em outro local, desde que o morador apresente a área e a mesma não tenha predisposição ao risco geológico;

-Contenção “rip-rap”, aplicado para proteger taludes de corte e aterros da erosão superficial e reduzir a infiltração de água, evitando a evolução de processos erosivos e de escorregamentos. Essa obra é de caráter emergencial e paliativo;

-Retaludamento: altera a geometria do terreno executando cortes ou aterros localizados, visando obter taludes com declividades mais suaves, minimizando o risco de escorregamento;

-Drenagem: execução de canaletas, pequenas escadas de água e proteção de crista com concreto e cordão de alvenaria ou bloco;



-Recuperação da rede de esgoto: tem como objetivo a recuperação da rede de esgoto em crista de taludes, eliminando agentes potencializadores do risco geológico.

Para a execução das obras pelo PEAR, alguns critérios devem ser observados:

- A obra não deve aumentar ou transferir a situação de risco;
- Deve-se utilizar os projetos padrões, evitando-se os específicos;
- Priorizar as obras de caráter coletivo, as quais beneficiam um maior número de famílias;
- As intervenções deverão ser priorizadas em locais onde a velocidade de deterioração é elevada;
- Os setores classificados como de risco alto e muito alto devem ser priorizados;
- Intervenções com muro ‘Tipo Gabião’, somente deverão ser executadas com mão de obra especializada.

#### 10 – Finalização da ficha de vistoria

Os três últimos campos da ficha de vistoria referem-se à:

-Considerações finais: espaço onde o vistoriador anota alguma informação que complemente a vistoria, ou alguma informação relevante (FIG.4.38);

-Execução de vistoria: neste campo deve-se marcar vistoria concluída, ou anotar quando não é possível realizar a vistoria por algum motivo (morador não encontrado por três vezes, endereço não encontrado, ou o problema compete a outro setor ou órgão da PBH). A data se refere ao dia da realização da vistoria (FIG.4.38);

-Órgão: qual órgão responsável pela vistoria (regional ou URBEL). Responsáveis técnicos: o nome do(s) vistoriador(es) responsável(is) pela avaliação do problema na edificação onde o serviço foi solicitado (FIG.4.38);

-Ciente da vistoria: neste campo, deve constar o nome e assinatura da pessoa responsável pela edificação que acompanhou a vistoria inclusive recebendo as orientações da equipe.

Considerações finais	
Execução da vistoria	
<input type="checkbox"/> Vistoria concluída: Motivo: _____	
Data: ____/____/____	Órgão: _____
Responsáveis técnicos: _____	
Equipe complementar: _____	
Cliente da vistoria	
Nome: _____	Assinatura: _____
Obs: croqui de localização e de situação no verso	

FIGURA 4.38 – Modelo da ficha de vistoria – PEAR – Considerações finais

Para finalizar a vistoria, é de suma importância a realização de croqui o qual deve conter as seguintes informações (são propostos dois desenhos):

-Planta de situação da moradia: onde devem ser desenhados os caminhos que levam à moradia para possibilitar que outras pessoas voltem ao local. Tudo que for possível deve ser anotado no desenho, principalmente fatores importantes para classificação de riscos, como por exemplo, trincas e degraus de abatimento, inclinação de estruturas, embarrigamento de muros, paredes e cicatriz de escorregamento;

-Perfil da encosta, onde há altura e inclinação de taludes, distâncias da moradia a base ou a crista de taludes e a composição do terreno, delimitando os contatos quando possível.

## 4.2 Levantamento dos dados

Para atingir o objetivo proposto – avaliação dos critérios utilizados na classificação do risco geológico-geotécnico alto e muito alto – serão analisadas as fichas de vistorias realizadas pela equipe de vistoriadores da URBEL nos últimos dois anos (1 de Janeiro de 2008 a 1 de Janeiro de 2010), tratadas na planilha cujo modelo encontra-se na TAB. 4.2 e arquivo completo em CD anexo.

TABELA 4.2  
Tratamento dos dados das vistorias realizadas pela URBEL-PEAR de 2008 a 2010  
PLANILHA DE ACOMPANHAMENTO DAS VISTORIAS

Reg.	Número vistoria	Data da Vistoria	Relação altura/afastamento montante						cobertura superficial relevante	Litologia	Grau alteração	Estruturas	Tipologia da Edificação		tipo processo	Agentes Potencializadores	Indícios movimentação	de Ocorrência	Nível de risco	parecer
			3U	2U	1U	3V	2V	1V					Alvenaria Estrutura	Outros						
P	20090005419	25/08/2009	90°				90°		Gnaisse	Solo Residual	Não Informado	Insuficiente	não	esc. Circular	Concentração de água pluvial	Feições erosivas e Cíatriz de escorregamento		Alto	Monit.	
P	20090004973	24/06/2009	80°				90°	Aterro	Gnaisse	Solo Residual	Não Informado	Insuficiente	não	esc. Circular	Concentração de água pluvial	Não	Alto	R. Temp.		
P	20090002112	22/01/2009	90°				90°	Colúvio	Gnaisse	Solo Residual	Não Informado	Inexistente	não	esc. Circular	Concentração de água pluvial	Feições erosivas e Cíatriz de escorregamento	31/12/2008 de Ating. Parcial	M. Alto	R. Def.	
P	20090000763	30/09/2008	75°					Não	Gnaisse	Não Informado	Não Informado	Inexistente	não	escorreg.	Concentração de água pluvial	Cíatriz de escorregamento		Alto	Ind. Obra	
P	20081011300	18/09/2008					90°	Não	Não Informado	Não Informado	Não Informado	Inexistente	não	esc. Planar	Concentração de água pluvial	Não	Alto	Monit.		
P	20081010965	10/09/2008		90°			90°	Não	Não Informado	Não Informado	Não Informado	Existente	não	escorreg.	Vazamento/ruptur a rede	Trincas na moradia e Estrutura deformada		Alto	R. Temp.	
P	20081009061	14/03/2008		60°			80°	Aterro	Gnaisse	Rocha pouco alterada	Contato	Não tem	não	esc. Circular	Não	Trincas no terreno e Feições erosivas		Alto	R. Def.	
P	20081008634	31/01/2008					80°	Aterro	Não Informado	Não Informado	Não Informado	Inexistente	não	esc. Circular	Vazamento/ruptur a rede, Lançamento água/sgoto e Concentração de água pluvial	Trincas na moradia e Estrutura deformada	30/1/2008 Perda Parcial	Alto	R. Def.	
P	200900009073	10/11/2009					90°	Aterro	Gnaisse	Solo Residual	Não Informado	Insuficiente	não	esc. Circular	Lançamento água/sgoto, Concentração de água pluvial e Bananeira	Não		Alto	F. Critério	
P	20081008337	27/02/2008			60°		80°	Aterro	Gnaisse	Rocha pouco alterada	Contato	Não tem	não	escorreg.	Lançamento água/sgoto	Trincas no terreno e Cíatriz de escorregamento		Alto	Monit.	

O arquivo analisado consta de nove planilhas, divididas por regional, totalizando 1.935 registros, contendo informações relevantes para a análise do risco geológico-geotécnico, tais como: regional, número da vistoria (que permite a localização da vistoria analisada no SIGEAR), data da realização, relação altura do talude/afastamento deste à edificação, existência de cobertura superficial, litologia, grau de alteração da rocha, presença de estruturas nas rochas, tipologia da edificação, tipo de processo, agentes potencializadores, indicativos de movimentação, ocorrência do processo atual, nível de risco geológico-geotécnico e por fim o parecer final da vistoria para a família.

Para o tratamento dos dados, devem ser feitas algumas considerações:

-Em relação aos indicativos de instabilidade, a cicatriz de escorregamento e a feição erosiva não foram consideradas. No caso da cicatriz, por ser apenas um parâmetro auxiliar na análise da probabilidade de ocorrência do escorregamento, e, a feição erosiva, que consta em muitas vistorias como indicativo de escorregamento, é, na verdade, indicativo de erosão, processo que não foi analisado nesta pesquisa;

-Foram identificados qual ou quais indicativos e agentes potencializadores do risco foram encontrados na vistoria, e não o número de vistoria em que eles ocorreram ;

-Em relação ao parecer fornecido à família que solicitou a vistoria, foi analisada nesta pesquisa apenas a indicação de remoção, e sua relação com o nível de risco geológico-geotécnico, visto que este parecer é o mais impactante para a família, pois prevê a sua relocação de maneira definitiva ou temporária.

Para o desenvolvimento da pesquisa foi necessário prosseguir com os seguintes levantamentos:

-Descrição da ficha atualmente utilizada pelos vistoriadores: mostrando o modelo da ficha atual com as orientações de preenchimento, já apresentada no item 4.1.3.

-Análise das vistorias realizadas nos últimos dois anos. A definição deste período foi devido à facilidade de obtenção dos dados, pois o sistema de vistoria passou por várias versões, o que

hoje dificultam a obtenção dos dados com rapidez e segurança que esta avaliação necessita (alterações de sistemas e dados técnicos). Ainda em relação a estes dados, somente serão analisadas as vistorias realizadas pelas equipes da URBEL, visto a facilidade de solicitação de autorização para utilização dos dados, pois nos casos das regionais seria necessário solicitar a cada secretaria (nove) a utilização dos mesmos;

-Criação de uma planilha para introduzir os principais critérios utilizados na descrição do risco alto e muito alto de escorregamento e processos correlatos, registrados nas fichas, conforme modelo na TAB.4.2;

-Tratamento dos dados das fichas de vistorias onde foram analisados os parâmetros mais importantes na classificação do risco, tais como, relação altura/afastamento da encosta à edificação, presença ou não de agentes potencializadores do risco e indicativos de movimentação, o nível de risco classificado e o parecer dado à família. Tais informações descritas nas fichas, foram apresentadas nesta pesquisa em forma de gráficos, que constam nos resultados, item 4.3 desta pesquisa;

-Criação de uma nova metodologia para classificação do risco geológico-geotécnico para a cidade de Belo Horizonte a partir de uma análise minuciosa dos critérios reproduzidos na TAB.4.2. Esta metodologia foi embasada no método utilizado para inundações pelo Ministério das Cidades e Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT (Ministério das Cidades, 2007).

-Teste da nova classificação do risco, por parte da equipe de vistoriadores do PEAR (regionais Leste e Centro Sul), nos meses de outubro e novembro de 2010, utilizando a mesma ficha de vistoria;

- Mudanças na ficha de vistoria atualmente utilizada para adequar à nova metodologia de classificação do risco geológico-geotécnico na cidade de Belo Horizonte.

### **4.3 Informações sobre as vistorias da URBEL**

Para facilitar a análise dos resultados obtidos, será descrita abaixo a classificação do risco alto e muito alto, atualmente adotada pelo programa de risco em Belo Horizonte. Ver informações dos outros níveis de risco no item 4.1.1.

#### **Nível IV (Muito Alto)**

O processo destrutivo encontra-se em adiantado estágio evolutivo, constatando-se evidências e indícios claros de seu avançado desenvolvimento, com a possibilidade de destruição imediata de moradias, não sendo necessária a observação do registro de chuvas elevadas em termos de duração e/ou intensidade.

#### **Nível III (alto)**

O processo destrutivo está instalado, constatando-se indícios de seu desenvolvimento e a possibilidade de destruição de moradias em curto espaço de tempo. É possível o acompanhamento evolutivo do processo destrutivo na área, podendo ocorrer evolução rápida com chuva mais intensa e/ou de longa duração.

Em Belo Horizonte, no período de dois anos foram realizadas pela equipe de vistoriadores da URBEL, 6.650 vistorias das quais 1.935 foram classificadas como risco geológico-geotécnico alto e muito alto (escorregamento ou processos correlatos), representando 29% das vistorias, ver GRA.4. 4 que mostra a distribuição de vistorias por regional.

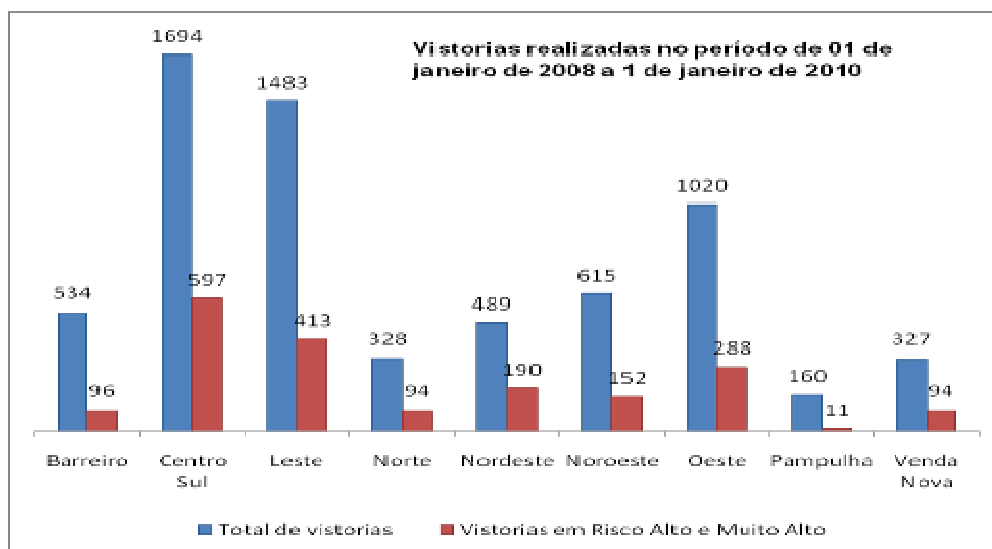


GRÁFICO 4.4: Vistorias realizadas pelos vistoriadores da URBEL no período de 2 anos

Analisando o GRA.4.4, é possível perceber que as regionais Centro Sul, Leste e Oeste, apresentaram números significativos de vistorias em risco alto e muito alto de escorregamentos e processos correlatos nos últimos dois anos, sendo que a regional Centro Sul tem o maior número de vistorias (597 registros) e a regional Pampulha apresentou o menor número (apenas 11 registros de vistorias em risco alto e muito alto). Analisando o mapa geológico de Belo Horizonte (FIG 3.4) do item 3.1.1 desta pesquisa, é possível perceber que os maiores números de vistoria ocorrem nas regionais onde afloram o Grupo Sabará, constituído de filitos e xistos que associados a maiores declividades, constituem as regiões mais críticas da cidade. Nas regionais com menores quantidades de vistorias em risco alto e muito alto, seu substrato é constituído pelo solo residual do gnaisse que apresentam declividades mais suaves e os escorregamentos não são os processos principais que ocorrem neste domínio.

Considerando o universo de 1.935 vistorias classificadas como risco alto e muito alto, o GRA. 4.5 mostra que 1.218 vistorias não apresentaram indicativos de movimentação, contra apenas 717 registros com indicativos de movimentação, contradizendo a classificação atualmente utilizada pelo programa estrutural em áreas de risco.

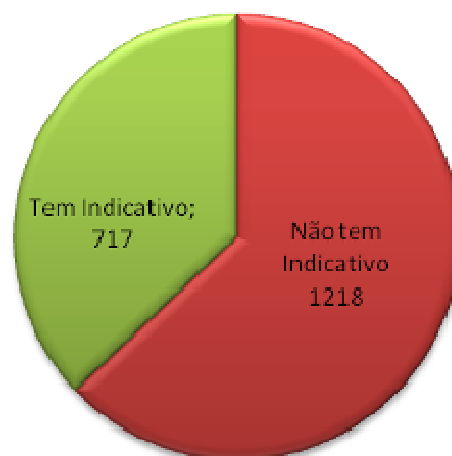


GRÁFICO 4.5: Vistorias classificadas como risco alto e muito alto com e sem indicativo dos processos

No GRA.4.6, as vistorias foram separadas em risco alto e muito alto, onde se constatou que tanto no risco muito alto quanto no risco alto, a maioria dos registros não apresentou indicativos, apesar da pequena diferença no risco muito alto. Este fato mostra que existe um problema conceitual na classificação do risco atualmente adotada, visto que as vistorias não foram realizadas apenas por uma dupla de vistoriadores, o que diminui a chance de equívoco por parte dos técnicos.

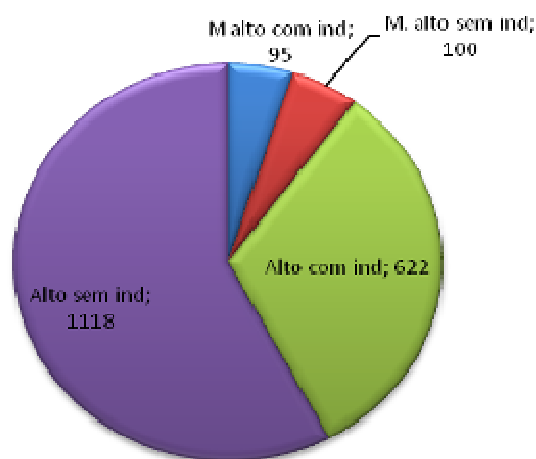


GRÁFICO 4.6: Vistorias classificadas como risco alto e muito alto com e sem indicativos, considerando os dois níveis de risco em separado



Considerando o tipo de indicativo, os que mais apareceram foram as cicatrizes de escorregamento (497 vistorias) e feições erosivas (732 vistorias). Analisando este resultado (GRA.4.7) pode-se concluir que há um equívoco no preenchimento da vistoria por parte dos técnicos, visto que feições erosivas não são indicativos dos processos de escorregamento e a cicatriz não é um indicativo efetivo. Lembrando que nesta avaliação, o que está sendo analisado é qual o indicativo que aparece e não em quantas vistorias eles foram identificados.

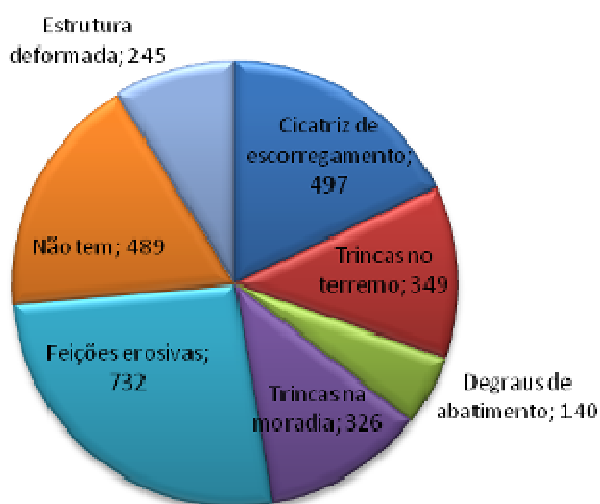


GRÁFICO 4.7: Indicativos de movimentação encontrados nas fichas de vistorias, totalizando 2.778 registros

Dos 2.778 registros de indicativos, apenas 1.060 foram identificados de maneira correta (trincas no terreno, degraus de abatimento, trincas na moradia e estrutura deformada), evidenciando que muitas vezes estes indicativos não são de fácil visualização em campo, dadas as condições de visibilidade nos taludes ou por não evidenciar que o processo está prestes a ocorrer, evidenciando um equívoco na classificação atual do risco.

Das vistorias identificadas como sem indicativos (1.218), 1.016 mostraram uma relação de altura do talude/afastamento da edificação 3/1, evidenciando que a proximidade do talude à edificação é um fator importante na análise do risco geológico-geotécnico em Belo Horizonte, aliado, é claro, às características geológica do talude.

Analisando os taludes de montante e jusante, é possível perceber que a maioria deles não apresentam indicativo de movimentação, mostrando que o indicativo não é o único condicionante para o risco alto e muito alto, ver GRA. 4.8.

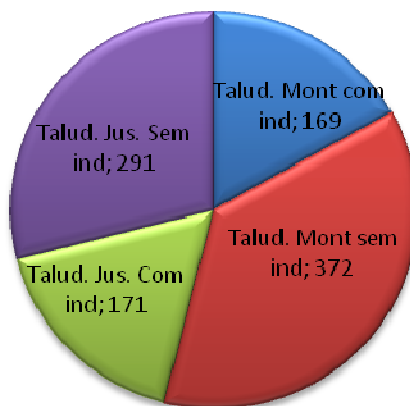


GRÁFICO 4.8: Vistorias considerando apenas um talude de cada vez, evidenciando que a maioria não tem indicativo de movimentação para a classificação do risco alto e muito alto

Em relação aos agentes potencializadores do risco geológico-geotécnico, tem-se que das 1.935 vistorias em risco alto e muito alto, 1.379 apresentaram agentes potencializadores, mostrando a importância do agente na análise do risco geológico-geotécnico, conforme o GRA. 4.9. Em 556 vistorias não foram identificados agentes potencializadores do risco. Ressalta-se que nesta primeira análise não importa o tipo de agente e nem a quantidade, mas sim se ele foi identificado na vistoria.

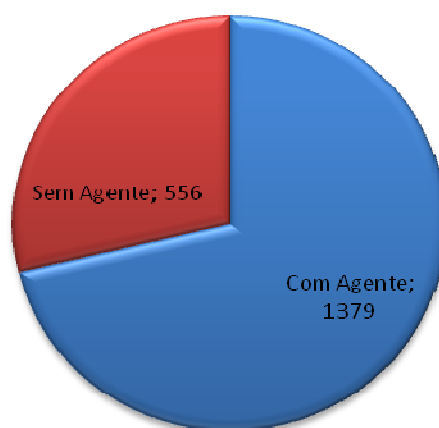


GRÁFICO 4.9: Vistorias de risco alto e muito alto considerando os agentes potencializadores do risco

Considerando apenas os agentes potencializadores do risco, independente da quantidade que ele aparece na vistoria, foi possível perceber que a concentração de água pluvial é o principal agente potencializador do risco. Surgência e fossa são os dois agentes que menos foram identificados, conforme mostra o GRA.4.10. O lançamento de água/esgoto, lixo/entulho e as bananeiras apareceram como agentes importantes.

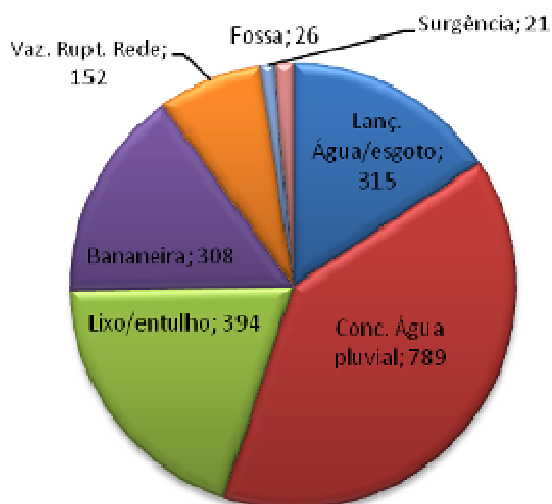


GRÁFICO 4.10: Agentes potencializadores independente das vistorias

As remoções, parecer mais importante para o programa, representaram 35% das vistorias, ou seja, em um universo de 1.935 registros, 675 tiveram a indicação de remoção. Nesta análise não foi considerada o tipo de remoção (temporária ou definitiva), pois apenas com a análise da ficha não é possível avaliar se a temporalidade da remoção foi correta.

A TAB.4.3 mostra os registros com a indicação de remoção classificada como risco alto e muito alto e onde foram observados ou não os indicativos. Nesta tabela é possível constatar que na maioria das indicações de remoção não foram observados indicativos, apesar da pouca diferença no risco muito alto.

TABELA 4.3

Vistorias classificadas como risco alto e muito alto com parecer de remoção

	Com Indicativo	Sem indicativo	Total
Alto	260	274	534
M.Alto	73	68	141
Total	333	342	675

Com base nos dados obtidos através da análise das fichas de vistorias do programa de risco em Belo Horizonte, pode-se concluir que a classificação do risco geológico-geotécnico atualmente utilizada pelo PEAR não condiz com a realidade dos critérios adotados pelos vistoriadores. Isto porque em muitas vistorias o risco geológico-geotécnico foi indicado sem a presença dos agentes e indicativos de movimentação do talude, nas quais foi considerada basicamente, a relação altura do talude/afastamento da edificação como condicionante para tal classificação do risco. Tais constatações mostram a necessidade de se repensar sobre o sistema de classificação atualmente utilizado devido à subjetividade da análise por parte dos técnicos, por não seguir os critérios atualmente preconizados e pelo fato da ficha de vistoria não representar de fato a realidade do local analisado.

#### **4.4 Proposição de metodologia para classificação do risco geológico em Belo Horizonte**

Após a análise das fichas de vistorias realizadas pelos técnicos da URBEL, no período de dois anos, foi possível perceber que, muitas vezes, a avaliação do risco geológico-geotécnico é

muito subjetiva, visto a falta de parâmetros bem definidos para a classificação do risco adotáveis pelo técnico em campo. Por esse motivo, será proposta neste capítulo uma nova metodologia para classificação de risco geológico-geotécnico para a cidade de Belo Horizonte, levando em consideração alguns parâmetros importantes na análise do risco.

A metodologia utilizada foi a definição dos parâmetros importantes para a classificação do risco na cidade de Belo Horizonte, através da análise das fichas de vistorias realizadas pelas equipes do PEAR, ao longo de dois anos, com posterior cruzamento destes parâmetros, em forma de matriz, chegando a graus de risco onde em cada nível tem de cinco a sete possibilidades de classificação do risco geológico-geotécnico, permitindo uma flexibilidade na análise.

O primeiro cruzamento foi a presença ou não de agentes potencializadores do risco com a relação altura do talude/afastamento da edificação, resultando em seis possibilidades de níveis de risco. Com o resultado deste cruzamento, foi realizada uma nova análise considerando a presença ou não de indícios de instabilidade no(s) talude(s) chegando a doze possibilidades de classes de risco. Por fim, o resultado deste cruzamento foi feito com a característica da edificação, resultando em vinte e quatro possibilidades de classificação do risco geológico, divididos em quatro classes (muito alto, alto, médio e baixo risco).

A seguir serão descritas as três fases de cruzamentos, em forma de matriz, onde serão mostrados os resultados de cada fase da análise com as devidas considerações e por fim a classificação final do risco.

O agente potencializador do risco como descrito no item 3.3.3 é um parâmetro importante a ser considerado para a classificação. O corte no talude não será considerado como agente, pois esta análise já está embutida nas características do terreno e na forma de ocupação na cidade de Belo Horizonte. Este parâmetro deverá ser considerado quando, de fato, as ações antrópicas estiverem atuando de forma a aumentar o risco de acidentes no local analisado.

- Com Agente (CA): quando existe agente potencializador do risco contribuindo efetivamente para acelerar o processo de escorregamento ou processos correlatos. Exemplos: lançamento da água servida, lançamento de esgoto, bananeiras dentre outros.
- Sem Agente (SA): não foram observados agentes potencializadores do risco.

Em relação à altura do talude e afastamento deste à edificação, é possível considerar três opções, conforme descrito abaixo:

- Relação Altura/Afastamento 1/1: situação mais favorável em relação ao risco onde a altura do talude com predisposição ao processo é a mesma distância deste à edificação. Deverá considerar neste campo situações onde o afastamento é bem maior que a altura do talude.
- Relação Altura/Afastamento 2/1: situação onde a altura de talude com predisposição ao processo é duas vezes maior que a distância deste à edificação.
- Relação Altura /Afastamento 3/1: situação menos favorável, onde a altura do talude com predisposição ao processo é três vezes maior que a distância à edificação.

Cruzando os dois parâmetros acima em uma matriz, obtiveram-se os níveis de risco, conforme a TAB 4.4 abaixo:

TABELA 4.4

Cruzamento dos agentes de risco e relação altura/afastamento

	Relação Altura/Afastamento		
	1/1	2/1	3/1
Com Agente (CA)	B	M	A
Sem Agente (SA)	B	B	M

A partir desta primeira análise foi possível definir as três das quatro classes de risco (Baixo (B), Médio (M) e Alto (A)) que em um segundo passo deverá ser cruzado com a existência ou não de indicadores de movimentação dos processos de instabilização da encosta.

Em relação aos indicadores de movimentação dos processos de instabilização da encosta, tem-se:

- Com Indicativos (CI) – quando existe o indicativo dos processos tais como: trincas no terreno, trincas na moradia, estrutura deformada e degraus de abatimento. Não serão consideradas as cicatrizes de escorregamento e nem feições erosivas se o processo principal analisado for o dos escorregamentos.
- Sem Indicativos (SI) – não foram observados indicadores dos processos.

O cruzamento do resultado da TAB 4.4 com os indicadores dos processos deu origem a uma nova matriz com mais nível de risco, conforme mostra a TAB 4.5 abaixo.

TABELA 4.5

Cruzamento do resultado da TAB.4.4 com os indicadores dos processos

	com ind (CI)	sem ind (SI)
CA 1/1	<b>M</b>	<b>B</b>
CA 2/1	<b>A</b>	<b>M</b>
CA 3/1	<b>MA</b>	<b>A</b>
SA 1/1	<b>B</b>	<b>B</b>
SA 2/1	<b>M</b>	<b>B</b>
SA 3/1	<b>A</b>	<b>M</b>

Considerando esta etapa da classificação do risco, os quatro níveis foram definidos (muito alto (MA), alto, médio e baixo). No entanto, falta ainda incorporar os parâmetros de vulnerabilidade da edificação, que foi definida em duas faixas: baixa e alta. Esta avaliação compreende a análise do padrão construtivo considerando basicamente duas tipologias construtivas, a saber:

- V1 - baixa vulnerabilidade de acidentes: médio a bom padrão construtivo onde predominam moradias de alvenaria com boa capacidade de resistir ao impacto dos processos geológicos, principalmente se elas estiverem na crista do talude.
- V2 - alta vulnerabilidade de acidentes: baixo padrão construtivo constituídos de alvenaria, madeirite ou materiais similares, de baixa capacidade de resistir ao impacto dos processos geológicos, independentemente da posição no talude.

O cruzamento do resultado da TAB 4.5 com os indicativos dos processos deu origem a uma nova matriz com mais possibilidades de nível de risco, conforme mostra a TAB 4.6 abaixo.

TABELA 4.6

Cruzamento do resultado da TAB.4.5 com a vulnerabilidade da edificação

	V1	V2
CA 1/1 CI	M	A
CA 1/1 SI	B	M
CA 2/1 CI	A	MA
CA 2/1 SI	M	A
CA 3/1 CI	MA	MA
CA 3/1 SI	A	MA
SA 1/1 CI	B	M
SA 1/1 SI	B	B
SA 2/1 CI	M	A
SA 2/1 SI	B	M
SA 3/1 CI	A	MA
SA 3/1 SI	M	A

Com base neste último arranjo, considerando-se os parâmetros pré definidos (agentes potencializadores do risco e relação altura/afastamento, presença dos indicativos de movimentação e vulnerabilidade da edificação), foram definidos os seguintes níveis de risco geológico-geotécnico:



## **Risco muito alto (MA) – Risco R4**

Nesta classe de risco, foram definidos cinco possibilidades para a classificação do risco geológico-geotécnico muito alto.

1 – Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com baixo padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura duas vezes maior que a distância deste à edificação. Apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, sendo possível observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é bem provável a ocorrência de eventos destrutivos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, levando a uma possível evolução rápida do processo em curto espaço de tempo, não sendo possível, portanto, o monitoramento.

2 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com baixo padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, três vezes maior que a distância deste à edificação. Apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, sendo possível observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é bem provável a ocorrência de eventos destrutivos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, levando a uma possível evolução rápida do processo em curto espaço de tempo, não sendo possível, portanto, o monitoramento.

3 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a

edificações com bom padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, três vezes maior que a distância deste à edificação. Apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, sendo possível observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é bem provável a ocorrência de eventos destrutivos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, levando a uma possível evolução rápida do processo em curto espaço de tempo, não sendo possível, portanto, o monitoramento.

4 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com baixo padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, três vezes maior que a distância deste à edificação. Apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, não sendo necessário observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é bem provável a ocorrência de eventos destrutivos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, levando a uma possível evolução rápida do processo em curto espaço de tempo, não sendo possível, portanto, o monitoramento.

5 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com baixo padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, três vezes maior que a distância deste à edificação. Não apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, sendo possível observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é bem provável a ocorrência de eventos destrutivos durante chuvas intensas e/ou prolongadas,

levando a uma possível evolução rápida do processo em curto espaço de tempo, não sendo possível, portanto, o monitoramento.

### **Risco alto (A) – Risco R3**

Nesta classe de risco, foram definidas sete possibilidades para a classificação do risco geológico-geotécnico alto.

1 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com baixo padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, uma vez maior que a distância deste à edificação. Apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros sendo possível observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas de degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é provável a ocorrência de eventos destrutivos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, levando a uma possível evolução do processo em curto espaço de tempo, sendo possível monitorar a evolução do processo.

2 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com bom padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, duas vezes maior que a distância deste à edificação. Apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, sendo possível observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é provável a evolução rápida do processo durante chuvas intensas e/ou prolongadas, levando a uma possível evolução do processo em curto espaço de tempo, sendo possível monitorar a evolução do processo.

3 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com baixo padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, duas vezes maior que a distância deste à edificação. Apresenta agentes potencializadores do risco geológico, não sendo possível observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantida as condições atuais, é provável a ocorrência de eventos destrutivos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, levando a uma possível evolução do processo em curto espaço de tempo, sendo possível monitorar a evolução do processo.

4 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com médio a bom padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, três vezes maior que a distância deste à edificação. Apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, não sendo necessário observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é provável a ocorrência de eventos destrutivos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, levando a uma possível evolução do processo em curto espaço de tempo, sendo possível monitorar a evolução do processo.

5 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com baixo padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, duas vezes maior que a distância deste à edificação. Não apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, cortes íngremes, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, sendo observados sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas, degraus de abatimento e cicatriz de escorregamento). Mantidas as condições atuais, é provável a ocorrência de eventos destrutivos

durante chuvas intensas e/ou prolongadas, levando a uma possível evolução do processo em curto espaço de tempo, sendo possível monitorar a evolução do processo.

6 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com médio a bom padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, três vezes maior que a distância deste à edificação. Não apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, sendo observados sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é provável a ocorrência de eventos destrutivos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, levando a uma possível evolução do processo em curto espaço de tempo, sendo possível monitorar a evolução do processo.

7 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com baixo padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, três vezes maior que a distância deste à edificação. Não apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, não sendo observados sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é provável a ocorrência de eventos destrutivos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, levando a uma possível evolução do processo em curto espaço de tempo, sendo possível monitorar a evolução do processo.

## **Risco médio (M) – Risco R2**

Nesta classe de risco, foram definidos sete possibilidades para a classificação do risco geológico-geotécnico médio.

1 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com bom padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, igual a distância deste à edificação. Apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, sendo possível observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é provável a ocorrência de eventos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, sem atingir a edificação, sendo possível o monitoramento da situação de risco.

2 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com baixo padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, igual a distância deste à edificação. Apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, não sendo possível observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é pouco provável a ocorrência de eventos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, sem atingir a edificação, sendo possível o monitoramento da situação de risco.

3- Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com bom padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, duas vezes maior que a distância deste à edificação. Apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, concentração de água

pluvial dentre outros, não sendo necessário observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é pouco provável a ocorrência de eventos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, sendo possível o monitoramento da situação de risco.

4 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com baixo padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, igual a distância deste à edificação. Não apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, sendo possível observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é provável a ocorrência de eventos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, sendo possível o monitoramento da situação de risco.

5 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com médio a bom padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, duas vezes a distância deste à edificação. Não apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, sendo possível observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é provável a ocorrência de eventos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, sendo possível o monitoramento da situação de risco.

6 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com baixo padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, duas vezes a distância deste à edificação. Não apresenta agentes potencializadores do risco

geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, não sendo possível observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é provável a ocorrência de eventos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, sem atingir a edificação, sendo possível o monitoramento da situação de risco.

7 - Locais onde existe a predisposição ao processo de escorregamentos, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com médio a bom padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, três vezes a distância deste à edificação. Não apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, não sendo possível observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é provável a ocorrência de eventos durante chuvas intensas e/ou prolongadas, sendo possível o monitoramento da situação de risco.

### **Risco Baixo (B) – Risco R1**

Nesta classe de risco, foram definidos cinco possibilidades para a classificação do risco geológico-geotécnico baixo.

1- É baixa a predisposição, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com bom padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, uma vez a distância deste à edificação. Apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, não sendo necessário observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, não se espera a ocorrência de eventos durante uma estação chuvosa normal.



2 – É baixa a predisposição, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com bom padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, uma vez a distância deste à edificação. Não apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, sendo possível observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, é possível a ocorrência de eventos, sem atingimento à edificação durante uma estação chuvosa normal

3 – É baixa a predisposição, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com baixo padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, uma vez maior que a distância deste à edificação. Não apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, não sendo necessário observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, não se espera a ocorrência de eventos durante uma estação chuvosa normal.

4 – É baixa a predisposição, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com bom padrão construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, uma vez a distância deste à edificação. Não apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, não sendo necessário observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, não se espera a ocorrência de eventos durante uma estação chuvosa normal.

5 – É baixa a predisposição, conforme os condicionantes geológicos e morfológicos, de ocorrerem os processos geológicos, aliados a edificações com médio a bom padrão

construtivo, onde o talude apresenta uma relação de altura, duas vezes a distância deste à edificação. Não apresenta agentes potencializadores do risco geológico, tais como: lançamento de água servida/esgoto, fossas, aterros, concentração de água pluvial dentre outros, não sendo necessário observar sinais ou evidências de instabilidade dos taludes (trincas no solo, trincas na edificação, trincas em muros ou paredes construídas junto ao talude, estruturas inclinadas e degraus de abatimento). Mantidas as condições atuais, não se espera a ocorrência de eventos durante uma estação chuvosa normal.

Com o objetivo de avaliar a veracidade da classificação acima e facilitar a sua utilização em campo foi criado o sistema de peso dos parâmetros analisados, onde o somatório destes pesos definiu as classes de risco. Este sistema de peso pode ser denominado como classificação paramétrica, que conforme Verstappen *apud* Tominaga (2007), pode ser considerado como um método bem sucedido quando aplicado com finalidades de quantificação. Implica em avaliar e classificar parâmetros qualitativos específicos ou características do terreno, conhecidos como parâmetros, atributos ou elementos e suas combinações matemáticas – para se estabelecer um índice de adequação para um propósito definido. Ainda segundo o mesmo autor, este método apresenta uma importante vantagem que é a menor dependência de interpretação subjetiva devido à definição dos atributos.

Para representar a realidade da cidade de Belo Horizonte, foram criados também fatores atenuantes e agravantes do risco. Os fatores atenuantes seriam as obras realizadas no local, características dos taludes que favorecem a estabilidade e a interferência da precariedade da edificação quando o evento geológico não tem a probabilidade de atingir a edificação. O fator agravante é considerado quando nenhum membro da família que reside no endereço avaliado apresenta capacidade de compreender e executar as orientações recebidas pelos vistoriadores, podendo ser denominado como vulnerabilidade social. Outro fator agravante seria um conjunto de agentes potencializadores atuando de maneira efetiva e decisiva na estabilidade do talude, como por exemplo, uma ruptura de rede de esgoto ou água de maiores proporções.

Em relação aos parâmetros utilizados para a classificação do risco tem-se:

Peso dos agentes potencializadores de risco:

Sem agente potencializador – SAG= 1 ponto

Com agente potencializador – CAG= 2 pontos

Peso dos indicativos dos processos:

Sem indicativo do processo – SI= 1 ponto

Com indicativos do processo – CI= 2 pontos

Peso da vulnerabilidade da edificação:

Vulnerabilidade baixa – V1= 1 ponto

Vulnerabilidade alta – V2= 2 pontos

Peso da relação à altura do talude/ afastamento da edificação. Neste caso, foram definidos três valores:

Altura da encosta é igual à distância desta da edificação –  $1/1 = 1$  ponto

Altura da encosta é duas vezes a distância desta à edificação –  $2/1 = 2$  pontos

Altura da encosta é três vezes a distância desta à edificação –  $3/1 = 3$  pontos

Os fatores atenuantes entram na análise de risco para subtrair a nota encontrada com os parâmetros descritos acima. Em relação a estes fatores tem-se:

Obras: neste caso, definiram-se três possibilidades, onde deve ser analisada durante a vistoria, se foi executada alguma obra no local.

Obra executada aparentemente de maneira inadequada não sendo possível atestar sua qualidade= -1 ponto

Obra que apenas minimizou o risco geológico= -2 pontos

Obra que eliminou o risco geológico= -3 pontos

Constituição e estrutura do talude: considera-se que o talude apresenta condições favoráveis a estabilidade.

Rocha sã ou saprólito com estrutura favorável a estabilidade = -1 ponto

Rocha sã ou saprólito sem estrutura significativa = -2 pontos

Situação da edificação: considera-se este atenuante quando a vulnerabilidade da edificação não interfere na análise de risco, pois a distância da edificação em relação ao talude é bem superior e, caso ocorra o processo, a possibilidade de atingimento é muito pequena ou nula. Este atenuante também pode ser sempre considerado quando se tratar de risco construtivo.

A probabilidade da edificação ser atingida pelo processo é nula ou muito baixa = - 2 pontos

O fator agravante entra no final, somando um ponto ao total dos pontos. Ressalta-se que este fator deverá ser utilizado quando realmente a vulnerabilidade social for relevante na análise do risco, ou quando existe um conjunto de agentes atuantes no talude de maneira efetiva.

Ressalta-se que, na existência de mais de um fator atenuante e/ou agravante, deve ser escolhido mais importante nas duas análises.

Considerando os pesos definidos, foram checadas as possibilidades em cada nível de risco chegando aos seguintes valores:

**Risco muito alto**= total de pontos **8 – 9**

**Risco alto**= total de pontos **7**

**Risco médio**=total de pontos **6**

**Risco baixo**=total de pontos **5 – 4**

A classe denominada sem risco deverá ser incluída nesta classificação devido à necessidade de utilização, quando se tratar apenas de risco construtivo, pois a equipe de vistoriadores de

Belo Horizonte se depara com este problema. Para este fim, será considerado sem risco geológico-geotécnico quando a soma dos pesos for menor ou a igual a três.

Com o objetivo de facilitar a soma dos pesos dos parâmetros para chegar a uma classe de risco geológico-geotécnico, foi criada uma tabela onde a soma dos pesos define o nível do risco (TAB.4.7).

Ressalta-se que o fator atenuante entra com nota negativa, pois tende a diminuir o nível de risco, e o fator agravante entra com nota positiva, pois tende a aumentar o nível de risco a que a família está exposta. Caso não ocorra fator agravante e nem atenuante deve-se considerar nota zero para estes fatores.

TABELA 4.7

Análise do risco geológico simplificado criado para a cidade de Belo Horizonte

<b>Condicionantes</b>	<b>Nota</b>
Agentes potencializadores	
Indicativos de movimentação	
Relação altura da encosta/afastamento da edificação	
Vulnerabilidade da edificação	
Fator atenuante	
Fator agravante	
<b>Total</b>	

A classificação proposta na presente pesquisa apresenta várias opções nos diversos níveis de risco geológico-geotécnico, onde, para facilitar sua utilização, foram definidos pesos aos parâmetros, e a soma dos pesos definem o nível de risco.

Com a proposta de fatores atenuantes, será possível diminuir o grau de risco encontrado quando, por exemplo, existiram obras que minimizaram ou eliminaram o risco. Já em relação aos fatores agravantes, pode ser citada a vulnerabilidade social que é um importante avanço para a classificação do risco, pois pode interferir nos danos, parâmetro importante na análise do risco geológico-geotécnico.

A classificação proposta foi testada pelas equipes de vistoriadores do PEAR, nos meses de outubro e novembro de 2010, realizando, neste período, 166 vistorias que apresentou resultados satisfatórios, onde o vistoriador conseguiu classificar o risco com base nos parâmetros definidos. Analisando as vistorias realizadas com a nova classificação, foi possível perceber quais parâmetros foram importantes na classificação do risco. Em relação as vistorias realizadas, apenas 34 apresentaram divergências na classificação.

Analisando estas divergências, constatou-se que alguns parâmetros não foram analisados de maneira correta pelos vistoriadores, devido a deficiências na atual ficha de vistoria, corroborando com a necessidade de alteração da ficha para evitar erros de interpretação dos dados.

Levando em consideração a nova classificação do risco, torna-se necessária uma alteração da ficha de vistoria atualmente utilizada pelos vistoriadores, para permitir a correta pontuação dos parâmetros e obter o nível de risco mais confiável. Ressalta-se que a mudança na ficha requer uma avaliação detalhada da atual ficha, no entanto, será proposto nesta pesquisa um novo modelo, que deverá ser discutida com a equipe de vistoriadores e testada em campo.

O modelo de vistoria descrito nesta pesquisa passou por alterações recentes para adequações do PEAR, tais como: melhor caracterização dos problemas construtivos da edificação, mudanças no parecer, orientações e nas obras propostas. As mudanças propostas nesta pesquisa serão indicadas na ficha nova, que já foi testada e está em uso pelos vistoriadores do PEAR.

O modelo proposta é apresentado na FIG. 4.39 e as mudanças para se adequar a nova classificação do risco geológico-geotécnico foram:

No item caracterização do local: nos taludes montante e jusante foram colocados as relações altura do talude/afastamento deste à edificação;

Predisposição aos processos foram divididos em processos geológicos e hidrológicos. Neste item é necessário definir uma biblioteca com os tipos de movimentos gravitacionais de massa

e de transporte de massa. No campo de não se aplica, também devem ser definidos quais são os motivos em campo que não se enquadram nos processos geológicos e hidrológicos. Em relação ao campo dos processos hidrológicos, deve seguir os critérios de classificação conforme o Ministério das Cidades, 2007.

Foi criado um item, nomeado como condicionantes para a classificação do risco geológico-geotécnico, onde as notas aos parâmetros definidos devem ser dados e totalizados, para definir assim, o novo grau de risco geológico-geotécnico a que a família está exposta. O restante da ficha será mantida como a atualmente utilizada.





## 5 CONCLUSÃO

Com base nos objetivos propostos, a pesquisa chegou a uma nova classificação do risco geológico-geotécnico para a cidade de Belo Horizonte, após uma análise pormenorizada das fichas de vistorias, mostrando que o método de classificação do risco atualmente adotado pelo programa, não condiz totalmente com a realidade da cidade.

A classificação proposta através do cruzamento de parâmetros definidos (relação altura do talude/afastamento da edificação, agentes potencializadores do risco, indicativos de movimentação e vulnerabilidade da edificação) nesta pesquisa, apresenta várias opções nos diversos níveis de risco geológico-geotécnico, onde, para facilitar sua utilização, foram definidos pesos, e a soma destes, definem o nível de risco. Com a proposta de fatores atenuantes, será possível diminuir o grau de risco encontrado quando, por exemplo, existirem obras que minimizaram ou eliminaram o risco. Já em relação aos fatores agravantes, pode ser citada a vulnerabilidade social que é um importante avanço para a classificação do risco, pois pode interferir nos danos, parâmetro importante na análise do risco geológico-geotécnico.

A nova classificação sugerida nesta pesquisa contribuirá para o programa estrutural em áreas de risco no sentido de dar mais credibilidade aos dados visto que os mesmos não serão mais tão subjetivos, pois serão embasados em parâmetros pré- definidos, identificados em campo, no momento da vistoria.

A proposta de classificação do risco foi testada por alguns técnicos do PEAR e mostrou excelentes resultados, comprovando a eficácia da proposta, devendo a equipe que operacionaliza o programa testar a nova ficha utilizando a classificação e adequar as informações que achar necessário.

## **Recomendações**

A avaliação da classificação do risco alto e muito alto, atualmente utilizada na cidade permite apresentar algumas recomendações para trabalhos posteriores, a saber:

-Testar a nova metodologia de classificação do risco geológico-geotécnico em outros municípios que apresentam modelos de gestão de risco semelhante ao de Belo Horizonte;

-Realizar estudos semelhantes para o caso de inundações;

-Realizar estudos para verificar se a metodologia utilizada neste trabalho para classificar o risco pontualmente, serve também para mapeamentos de risco.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ABGE. Censo de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. Coordenação Omar Bitar, São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia IPT. Divisão de Geologia, 1995. 247p.
- 2 ABREU, M. L., MOREIRA, A. A., LUCIO, P. S., TOSCANO, E.M M. Comportamento Temporal de Séries Climáticas: In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, Rio de Janeiro, Anais CDrom, 1998.
- 3 ALHEIROS, M.M. Riscos de escorregamentos na Região Metropolitana do Recife... Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, universidade Federal da Bahia, Salvador, 1998. 129p.
- 4 ALMEIDA, F.F.M. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v.7, n.4, 1977. 349-364p.
- 5 AUGUSTO FILHO, O.A. Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: Conferencia Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, 1, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, 1992. 721-733p.
- 6 AUGUSTO FILHO, O. Escorregamento em encostas naturais e ocupadas. Análise e controle. In: O..Y Bitar (Ed) Curso de Geologia Ambiental. São Paulo, ABGE/IPT, 1995. 77-100p.
- 7 BANDEIRA, A.P.M. Mapa de risco de erosão e escorregamento das encostas com ocupação desordenada no Município de Camaragibe - PE. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2003. 209p.
- 8 BAUMGRATZ, S.S. O planejamento urbano de Belo Horizonte e seus problemas geomorfológicos. *Geografia*, Belo Horizonte, v.13, n.25, abril 1988.117-131p.
- 9 BRANDALISE, L. A. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Ponte Nova. SF 23-X-B-II. Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: DNPM/CPRM, 1991. 194p.
- 10 BRUSEKE,F.J. A técnica e os riscos da modernidade. Florianópolis. Ed. UFSC, 2001, 216p.
- 11 CAMPOS, L.C. Zoneamento de Uso e Ocupação do Conjunto Taquaril, Baseado em Análise Geotécnica. Monografia para conclusão do curso de Especialização em Geotecnia Ambiental. 2003. 44p
- 12 CARVALHO, C.S. Gerenciamento de riscos geotécnicos em encostas urbanas: uma proposta baseada na análise de decisão. Tese (Doutorado em Engenharia de Solos) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. 192p.

- 13** CARVALHO, C. S. e GALVÃO, T. Ação de Apoio à Prevenção e Erradicação de Riscos em Assentamentos Precários. In: BRASIL. CARVALHO, C. S. e GALVÃO, T. (orgs.). Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006. 10-17p.
- 14** CASTRO, A. L. C. Glossário de Defesa Civil: estudos de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO, 1998. 28p.
- 15** CERRI, L.E.S. Mapeamento de riscos nos municípios. In: MINISTÉRIO DAS CIDADES/CITIES ALLIANCE. Prevenção de riscos de deslizamento em encostas; Guia para elaboração de Políticas Municipais. CARVALHO, C. S e GALVÃO, T. (Org). Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006. 111p.
- 16** CERRI, L. E.S.; AMARAL, C. P. Riscos Geológicos. In: BRITO, S. N. A., OLIVEIRA, A.M.S. (Ed). Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, 1998. 303-310p.
- 17** COMPANHIA URBANIZADORA DE BELO HORIZONTE – URBEL, Programa Estrutural em Áreas de Risco – Relatório interno: URBEL – PBH, 2000.
- 18** COMPANHIA URBANIZADORA DE BELO HORIZONTE – URBEL, Grupo de engenheiros e geólogos. Programa estrutural em áreas de risco. Diagnóstico da situação de risco – 2004 (Vilas, Favelas e conjuntos habitacionais). Belo Horizonte: URBEL – PBH, 2004.
- 19** COMPANHIA URBANIZADORA DE BELO HORIZONTE – URBEL. Diagnóstico da Situação de Risco Geológico das Vilas, Favelas e Conjuntos Habitacionais de Belo Horizonte 2009. 69p.
- 20** COMPANHIA URBANIZADORA DE BELO HORIZONTE – URBEL. Diretoria de Planejamento. Disponível em <http://www.pbh.gov.br>. Acessado em maio de 2010. 2009.
- 21** CUNHA, A.G. da (Ed). Dicionário etimológico. Nova Fronteira da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.
- 22** CRUDEN, D. M, VARNES, D. J. . Landslides Types and Process. In: Turner, A. & Schuster (Ed) Landslides- Investigation and Mitigation, Special Report 247, Washington, D.C., R.L. National Academy Press, 1996. 36-75p.
- 23** DOOR II, J.V.N. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil – U.S. Geol. Survey; Prof. Paper (641-A), Washington, 1969. 11p.
- 24** FERNANDES, N.F., AMARAL, C.P.. Movimentos de massa: uma abordagem geológico geomorfológica. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (org) Geomorfologia e Meio Ambiente. Bertrand, Rio de Janeiro, 1996. 123-194p.

- 25 FERREIRA, S. A. de O.** Eventos Pluviais Concentrados em Belo Horizonte, Minas Gerais – Caracterização Genérica e Impactos Físico-ambientais. IGC, UFMG, dissertação de mestrado, 1996. 195p.
- 26 GRAY, D.H., LEISER. A.T.** Biotechnical Slope Protection and Erosion Control. Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY, 1982. 26-50p.
- 27 GUIDICINI, G., NIEBLE, C.M.** Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação. São Paulo 2ª Ed. Editora Edgard Blucher Ltda, 1984. 194p.
- 28 HUTCHINSON, J.N.** Mass movement. In: R.W. Faibridge (Ed). The Encyclopedia of Geomorphology. New York, Runhold Book, 1968. 688-695p.
- 29 INSTITUTO GEOLÓGICO - IG.** Desastres Naturais – Conhecer para prevenir. São Paulo, 2009. 1º edição, 2009. 196p.
- 30 INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE – CRS.** Geodesastres Sul.. Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos. Santa Maria, Rio Grande do Sul. Caderno didático nº 1, 2008. 38p.
- 31 IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo S. A).** Ocupação de Encostas. São Paulo, IPT (nº1831), 1991. 216p.
- 32 IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo S. A)..** Análise de Riscos Geológicos e Geotécnicos dos Bairros Cota 95/100, 200 e 400 no Município de Cubatão, SP – Relatório Técnico nº 97 082-205, 2007. 34p.
- 33 KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.;MOLLERI G.S.F.; RUDORFF, F.M.** Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos. Curitiba: Ed. Organic Trading. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/publicacoes.html>, 2006. 109p.
- 34 MACEDO, E. S.; SANTORO, J.; CERRI, L. E. S.; OGURA, A. T.** Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) para escorregamentos no trecho paulista da Serra do Mar, SP. In: Santos, A. R.. (Org.). Geologia de Engenharia: conceitos, método e prática. 1 ed. São Paulo, 2002, v.1, 2002. 42-46p.
- 35 MINISTÉRIO DAS CIDADES/INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT –** Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176p.
- 36 MOREIRA, JL.B.** Estudo da Distribuição Espacial das Chuvas em Belo Horizonte e em seu Entorno. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Dissertação de Mestrado, 2002.107p.
- 37 NOGUEIRA,F.N.** Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal.Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Rio Claro SP, 2002. 260p.

- 38** ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS -. Living with risk. A global review of disaster reduction initiatives. Inter-agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), Genebra-Suíça, [www.unisdr.org](http://www.unisdr.org), 2004. 152p.
- 39** PARIZZI, M.G. Condicionantes e Mecanismos de Ruptura em Taludes da Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG. Tese de Doutorado. Escola de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais – UFOP, 2004. 212p.  
PBH. Plano Diretor de Belo Horizonte. Lei de Uso e Ocupação do Solo – Estudos Básicos. Belo Horizonte: PBH/SMPL, 1995. 248p
- 40** PBH. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte – Balanço do Período Chuvoso 2009/2010 – GEAR – Grupo Executivo em Áreas de Risco. 2010. 34p.
- 41** PEREIRA, C.V.L; BATISTA, P.C; VIANNA,C.S. A Gestão do Risco Geológico em Belo Horizonte. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 11, Florianópolis, SC, 2006. 403-410p.
- 42** RENGGER,F.E. et al. Evolução Sedimentar do Supergrupo Minas: 500Ma de Registro Geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Geonomos, Belo Horizonte, V.2, n.1, 1994. 11p.
- 43** SCHUSTER, R.S., KOCKELMAN, W.J. Principles of Landslide Hazard Reduction. In: TURNER, A.K, SCHUSTER, R.L. et al. (Ed). Landslide-Investigation and Mitigation, Special Report 247, Washington, D.C., R.L. National Academy Press, 91 - 1996 .105p.
- 44** SELBY, M.J. Hillslope Materials and Processes. Oxford University Press, New York, 1993.451p.
- 45** SILVA, A.B.; CARVALHO,E.T.; FANTINEL, L.M.; ROMANO, A.W.; VIANA, C.S.. Estudos geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos e geoambientais integrados no município de Belo Horizonte – Belo Horizonte: Convênio PBH-IGC-FUNDEP. (Relatório Final). 1995. 375p.
- 46** TOBIN, G. A; MONTZ, B. E. Natural hazards: explanation and integration. New York: The Guilford Press, 1997. 388p.
- 47** TOMINAGA, L.K. Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo. Tese de Doutorado. 2007. 220p.
- 48** VALDATE, J. Riscos e desastres naturais: O Caso da Sub-bacia do Rio da Pedra – Jacinto Machado/SC. Dissertação (Mestrado em geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2000. 144p.
- 49** VARNES D.J. Slope movement types and processes. In: Landslides analysis and control. Washington, National Academy of Sciences, 1978. 11-33p.

**50** VEDOVELLO, R & MACED, E.S. 2007. Deslizamento de Encostas. In: SANTOS, R.F dos (org) Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos ?Brasilia: MMA, 2007. 192p.

**51** VIANA, C. S. Caracterização dos Processos Erosivos no Município de Belo Horizonte – Uma Contribuição à Gestão Ambiental e ao Planejamento Urbano. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Sanitária, UFMG, 2000. 217p.

**52** VIEIRA, R. Um olhar sobre a paisagem e o lugar como expressão do comportamento frente ao risco de deslizamento. Tese de Doutorado. Centro de Filosofia e Ciências Humanas – Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC. 2004. 197p.

**53** ZUQUETTE,L.V. Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamento e guia para elaboração. 2v. Tese (Livre-docência em Geotecnia) – Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993. 368p.