

RISCOS GEOLÓGICOS E HIDROLÓGICOS NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE, MG

GEOLOGICAL AND HYDROLOGICAL RISKS IN BELO HORIZONTE, MG.

MARIA GIOVANA PARIZZI

*Departamento de Geologia – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
mgparizzi18@gmail.com*

RESUMO ABSTRACT

Este artigo apresenta os condicionantes geológicos de escorregamentos, enchentes e inundações no território do município de Belo Horizonte. O território exhibe variada constituição geológica dividida em dois grandes domínios litológicos e geomorfológicos. O primeiro domínio, conhecido por Complexo Belo Horizonte, abrange cerca de setenta por cento do território municipal e constitui-se de gnaisses e solos residuais e transportados. Geomorfologicamente a área é denominada de Depressão Belo Horizonte e caracteriza-se por um relevo de mar de morros ocupando as altitudes entre 600 a 900 metros. O segundo domínio, localizado ao sul da área municipal, constitui-se de rochas metassedimentares do Supergrupo Minas do Quadrilátero Ferrífero, ocupando cerca de 30% do território de belohorizontino. Estende-se desde cotas de 900 metros até os patamares mais elevados da Serra do Curral (1340 metros), monumento natural que separa os municípios de Belo Horizonte e Nova Lima. Os escorregamentos ocorrem particularmente em três grupos de materiais geológicos distintos. No primeiro grupo representado por rochas metassedimentares os escorregamentos e outros movimentos de massa dependem da disposição, confinamento, características e intensidade das descontinuidades e do grau de alteração dos maciços rochosos. No segundo grupo, representado pelos solos residuais de gnaiss, as rupturas dependem de cortes e processos erosivos que expõem solos saprolitos que preservam estruturas reliquias da rocha mãe. No terceiro grupo, representado por talus, as rupturas mais comuns ocorrem estimuladas por cortes na base dos taludes. Os padrões de drenagem são distintos para as duas principais bacias hidrográficas do município: A bacia do Ribeirão do Onça e a Bacia do Ribeirão Arrudas. Os domínios geológicos e geomorfológicos

This article presents the geological conditions of landslides and floods in Belo Horizonte county. The territory exhibits varied geological constitution divided into two large lithological and geomorphological domains. The first domain, known as Complexo Belo Horizonte, represents almost seventy percent of the county territory, it contains gnaisses and residual and transported soils. Geomorphologically the area is called the Belo Horizonte Depression and is characterized by a relief named “mar de morros” occupying the altitudes between 600 to 900 meters. The second domain, located south of the municipal area, consists of metasedimentary rocks of the Minas Supergroup - “Quadrilátero Ferrífero”, occupying about 30% of the territory extending from 900 meters to the highest levels of the hill named “Serra do Curral” (1340 meters), a natural monument between Belo Horizonte and Nova Lima counties. Landslides occur particularly in three distinct groups of geological materials. The first group, represented by metasedimentary rocks, landslides and other mass movements depend on the arrangement, confinement, characteristics and intensity of the discontinuities and the degree of alteration of the rocky massifs. The second group, represented by the residual soils of gnaiss, the ruptures depend on cuts and erosive processes that expose residual soils that preserve reliquiar structures of the original rock. The third group, represented by talus, ruptures occur stimulated by cuts at the base of the slopes. Drainage patterns are different in the two main hydrographic basins of the Belo Horizonte county: the Ribeirão do Onça basin and the Arrudas River Basin. Due to the influence of geological and geomorphological domains on the drainage patterns and relief, floods and overflow are predominant in the Ribeirão do Onça Basin, while

impõem a declividade e os padrões de drenagem das duas bacias sendo que as inundações são predominantes na Bacia do Ribeirão do Onça enquanto que enxurradas bruscas, enchentes seguidas de inundações são mais comuns na Bacia do Ribeirão Arrudas.

Palavras-chave: Riscos Geológicos, Riscos Hidrológicos, Geologia, Belo Horizonte.

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Belo Horizonte, como muitas cidades do Brasil, sofre constantemente com relação aos riscos geológicos, especialmente escorregamentos, enchentes, inundações e enxurradas. A geologia do território tem uma grande influência tanto no relevo do município como, conseqüentemente, nos processos geológicos e hidrogeológicos mais frequentes.

Este artigo apresenta as suscetibilidades e vulnerabilidades que condicionam o risco geológico no município, assim como as principais ações relacionadas à mitigação e prevenção do mesmo.

A região metropolitana de Belo Horizonte possui várias áreas de risco de escorregamentos e inundações com elevado número de ocorrências. Além disso, existem casos de movimentações em áreas não consideradas de risco, cujas edificações possuem médio a elevado padrão construtivo, o que contribui para enfatizar que, além das atividades desordenadas de ocupação, os terrenos também apresentam susceptibilidade natural ao processo.

A variedade de condicionantes geológicos, geomorfológicos, e das formas de uso e ocupação presentes na região de Belo Horizonte, associada aos aspectos climáticos, são responsáveis pelo desencadeamento de distintos processos escorregamentos, assim como dos processos hidrológicos.

1.1 Geologia, Geomorfologia e Hidrografia de Belo Horizonte

O território do município de Belo Horizonte exibe variada constituição geológica dividida em dois grandes domínios litológicos e geomorfológicos. O primeiro domínio, conhecido por Complexo Belo Horizonte (Silva et al., 1995), abrange

water torrent, followed by floods and overflow are common in the Ribeirão Arrudas Basin.

Keywords: Geological hazards, Hidrological hazards, Geology, Belo Horizonte.

cerca de 70 % do território municipal e constitui-se por gnaisses e solos residuais e transportados correspondentes. Geomorfologicamente a área é denominada pela Depressão Belo Horizonte que caracteriza-se por um relevo de mar de morros, colinas e espigões ocupando as altitudes entre 600 a 900 metros. O segundo domínio, localizado ao sul da área municipal, constitui-se por rochas metassedimentares do Supergrupo Minas do Quadrilátero Ferrífero, especificamente dos grupos Cauê, Piracicaba e Sabará. O Grupo Cauê é dividido em duas formações: Formação Cauê composta predominantemente por Itabiritos e a Formação Gandarela composta por dolomitos, filitos dolomíticos e ferruginosos. O Grupo Piracicaba apresenta a Formação Cercadinho com filitos prateados interdigitados por quartzitos ferruginosos, a Formação Fecho do Funil com filitos puros e filitos dolomíticos, a Formação Taboões com quartzitos puros de granulação muito fina tipo *chert*, geralmente de pequena espessura, e interdigitada com a Formação Barreiro constituída por filitos carbonosos. O Grupo Sabará constitui-se principalmente de filitos, xistos, grauvacas e cherts. O mapa geológico simplificado e perfil correspondente (Figura 1) mostra que as rochas do grupo de metassedimentares ocorrem ao longo de faixas de espessuras variadas de direção SW-SE. De um modo geral todos os contatos entre as formações da sequência de metassedimentares são gradacionais e o mergulho das camadas tem forte vergência para sul-sudeste. Ocupando cerca de 30% do território de belohorizontino o Supergrupo Minas estende-se desde cotas de 900 metros até os patamares mais elevados da Serra do Curral (1340 metros), monumento natural que separa os municípios de Belo Horizonte e Nova Lima. Diferentes resistências e grau de alteração das rochas do Supergrupo Minas e Complexo

Belo condicionam erosão diferencial que pode ser facilmente observada na paisagem do município. Os itabiritos e depósitos ferruginosos oriundos da formação Cauê preservam as maiores altitudes no topo da Serra do Curral. Os dolomitos e filitos dolomíticos e ferruginosos da formação Gandarela, menos resistentes, geram vales nas cotas de 900 metros interrompidos por subcristas sustentadas pelos quartzitos ferruginosos da Formação Cercadinho. Em decorrência da interdigitação de quartzitos mais resistentes e filitos mais brandos

e intemperizados, a Formação Cercadinho define aspecto serrilhado ao relevo com cristas e subcristas (Figura 2). O mapa hipsométrico (Figura 3) demonstra a influência da geologia e conformação da Serra do Curral no relevo. É possível observar as altitudes superiores a 1000 metros ao longo da faixa serrana ocupada pelas metassedimentares do Quadrilátero Ferrífero decrescendo em direção à Depressão Belo Horizonte para as cotas de 650 a 850 metros.

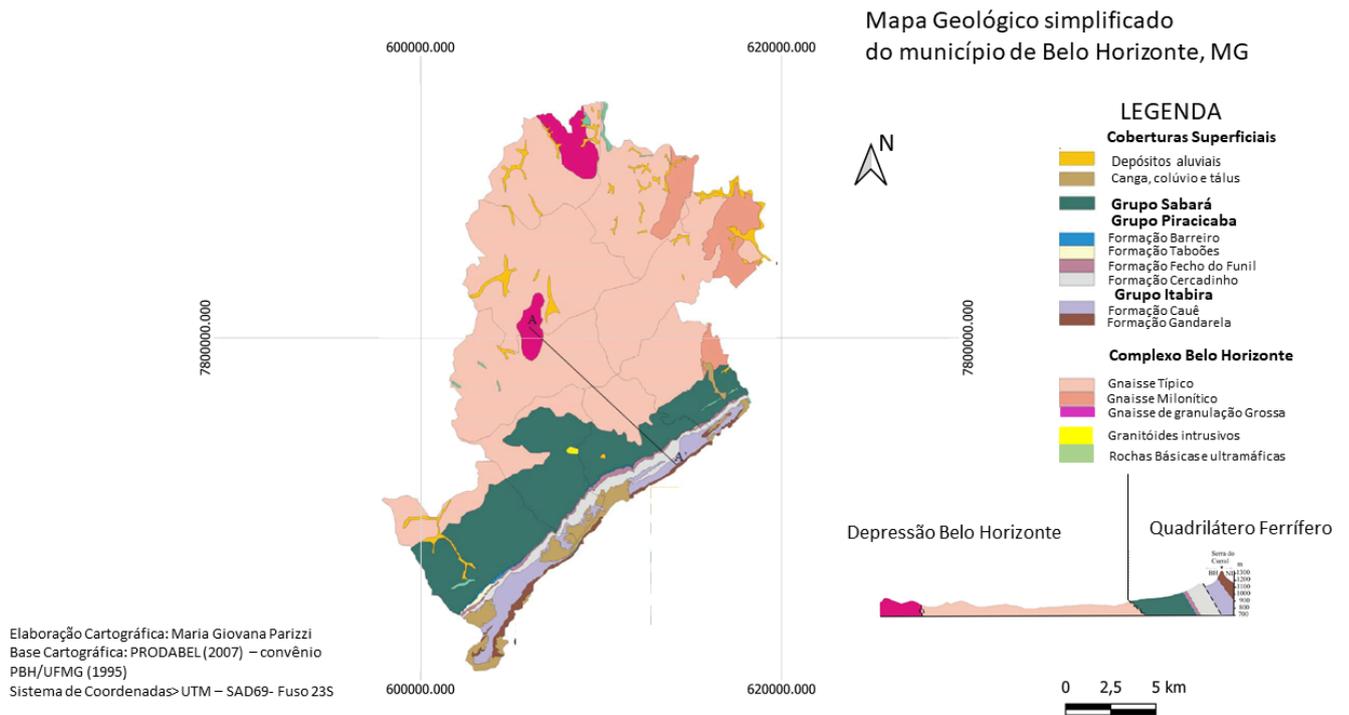


Figura 1. Mapa geológico simplificado do município de Belo Horizonte.



Figura 2. imagem área com delimitação aproximada da abrangência das formações geológicas do município de Belo Horizonte em função do relevo.

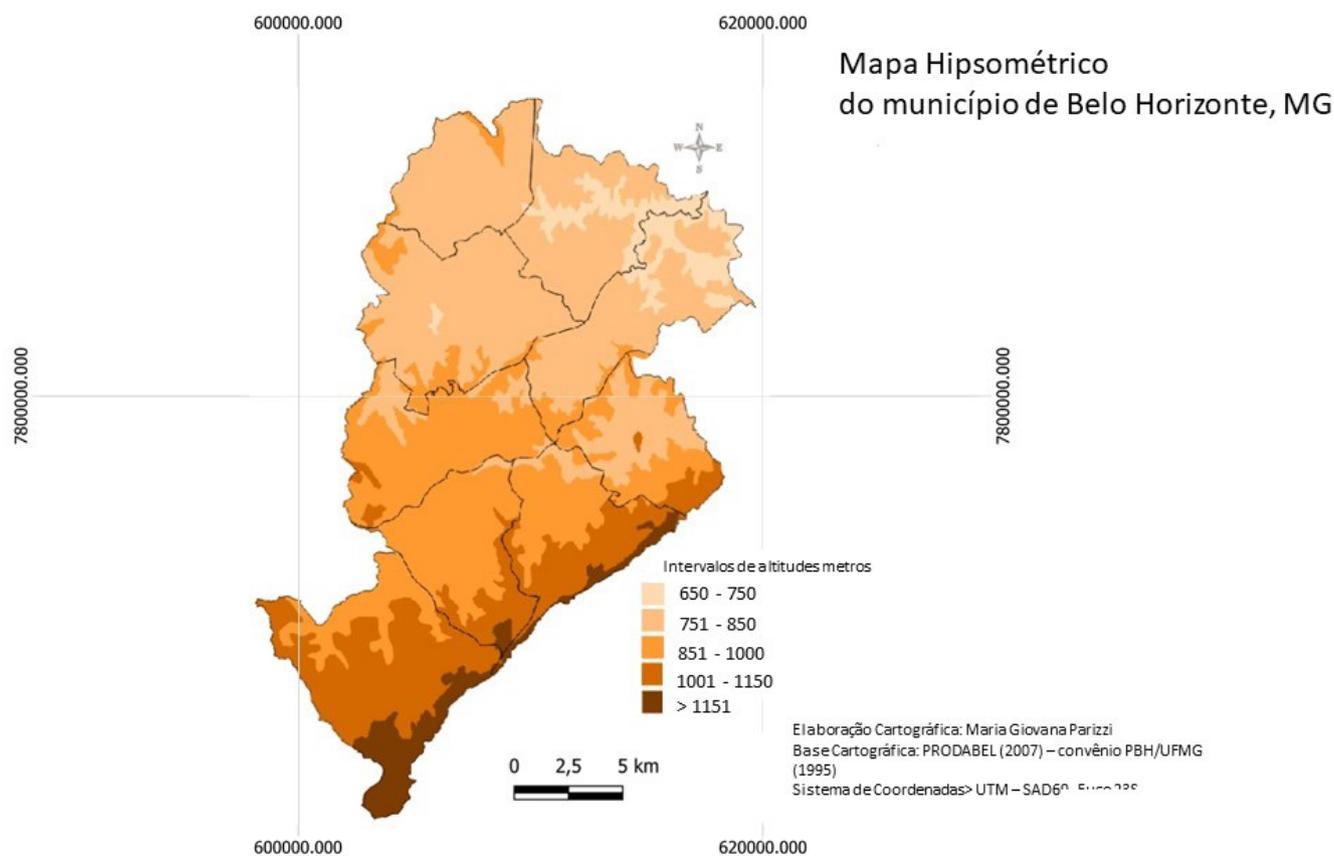


Figura 3. Mapa Hipsométrico do Município de Belo Horizonte.

Os padrões de drenagem são distintos para as duas principais bacias hidrográficas do município: A Bacia do Ribeirão do Onça e a Bacia do Ribeirão Arrudas. A Bacia do Ribeirão do Onça encontra-se integralmente na área de mar de morros da Depressão Belo Horizonte. O padrão de drenagem é do tipo dendrítico e as sub-bacias apresentam formatos circulares a ramificadas. Parte da Bacia do Ribeirão Arrudas na área central do

município encontra-se na área da depressão Belo Horizonte mantendo o padrão dendrítico. Entretanto ao sul do município, a Bacia do Ribeirão Arrudas apresenta drenagem do tipo paralela e sub-bacias alongadas, tendo forte influência das maiores altitudes e declividades e da orientação SW-SE da Serra do Curral e subcristas definidas pela sequência das rochas metassedimentares do Supergrupo Minas. Os domínios geológicos e geo-

morfológicos impõem a declividade e os padrões de drenagem das duas bacias sendo que as inundações são predominantes na Bacia do Ribeirão do Onça enquanto que enxurradas bruscas, enchentes seguidas de inundações são mais comuns

na Bacia do Ribeirão Arrudas. A figura 4 exibe a hidrografia do município de Belo Horizonte e é possível observar os diferentes padrões de drenagem descritos.

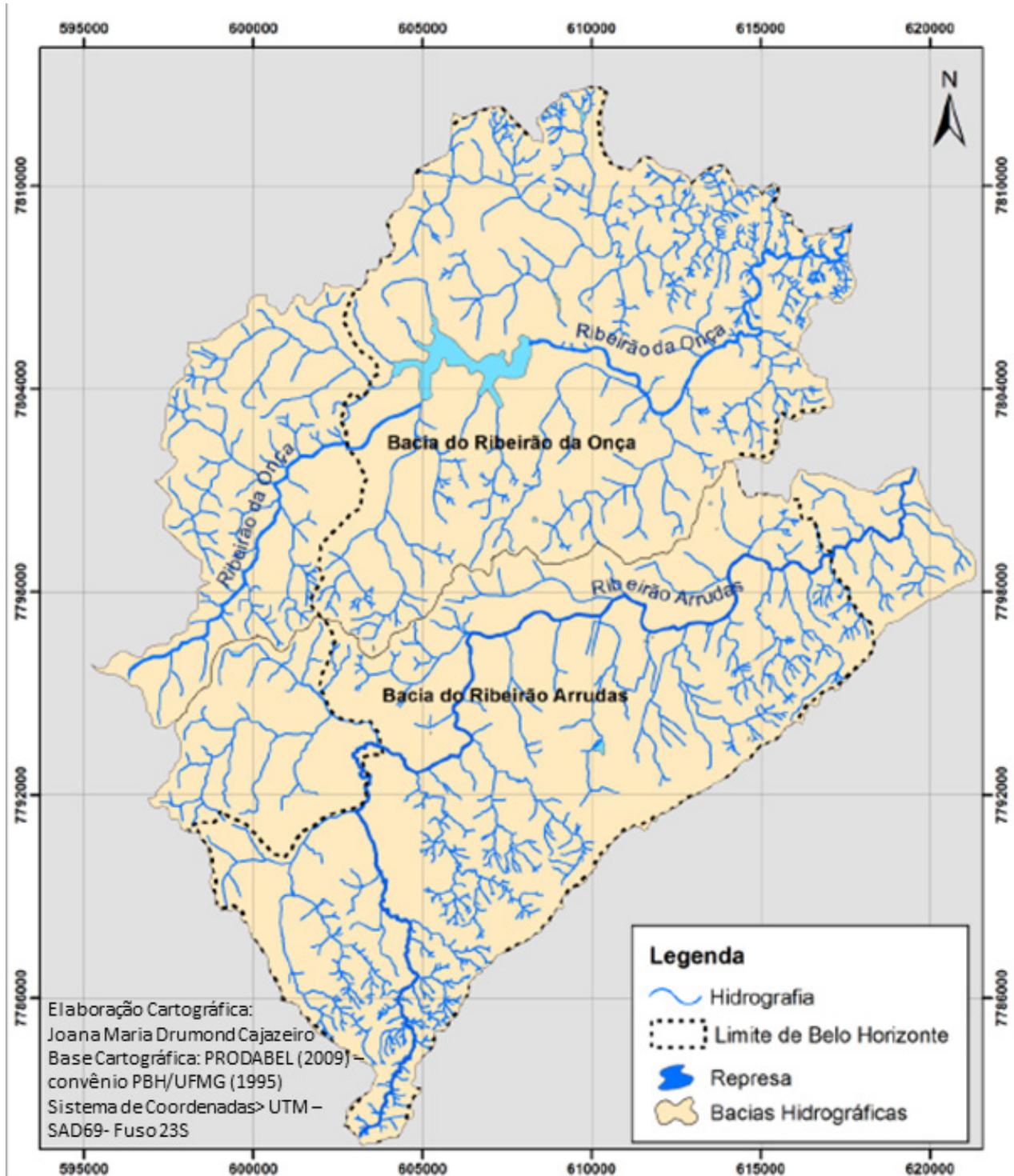


Figura 4. Bacias hidrográficas e padrões de drenagem do território de Belo Horizonte.

2 MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE

Parizzi (2004) e Parizzi *et al.* (2011) estudaram os condicionantes de movimentos de massa no município de Belo Horizonte por meio da análise de estabilidade de taludes representativos das diversas litologias e solos presentes na área.

Os autores estabeleceram os tipos de movimentos de massa e seus condicionantes atuantes nos diferentes materiais geológicos. Pôde-se observar a existência de processos gravitacionais particulares de três grupos de materiais geológicos distintos, a saber:

- Grupo 1: Maciços rochosos da seqüência de metassedimentares (Supergrupo Minas)
- Grupo 2: Solos residuais de gnaiss (Complexo Belo Horizonte)
- Grupo 3: Depósitos superficiais

2.1 Maciços rochosos da seqüência de metassedimentares do Supergrupo Minas

De uma maneira geral os maciços estudados pertencentes ao grupo 1 foram considerados de qualidade ruim a muito ruim pelas classificações RMR (Bieniawski, 1989) e Q (Barton *et al.*, 1974). Assim como as classes da RMR, os parâmetros de resistência (coesão e atrito) também não são muito diferentes. Os maciços das Formações Cercadinho, Fecho do Funil, Barreiro e Taboões, apresentaram os menores valores de coesão. Os ângulos de atrito dos maciços variaram entre 13° e 21°. Os menores valores dos parâmetros de resistência são atribuídos aos filitos, independente de seu grupo ou formação. A tabela 1 apresenta os principais parâmetros geomecânicos das rochas da seqüência de metassedimentares baseada nos estudos de Parizzi (2004).

Tabela 1. Características geomecânicas das rochas da seqüência de metassedimentares (Fonte: Parizzi, 2004)

Unidade Geológica	Seqüência de Metassedimentares		
	Grupo Sabará	Formação Cercadinho	Formações Fecho do Funil Barreiro e Taboões
Maciço Rochoso	Filitos, xistos e grauvacas	Filitos e quartzitos ferruginosos	Filito, filito carbonoso e quartzito Taboões
Número de descontinuidades	3	4	5
Classificação RMR	Maciço regular	Pobre a muito pobre	Pobre a muito pobre
Classificação Barton	Maciço muito ruim	Extremamente ruim	Extremamente ruim
Angulo de Atrito	21°	17°	13°
Coesão	38 kPa	15 kPa	15 kPa

As descontinuidades dos maciços rochosos são de extrema importância para o desencadeamento dos escorregamentos observados, devido às suas características de orientação, abertura, espaçamento, rugosidade, preenchimento e estado de alteração das paredes. A análise dos maciços rochosos conforme os critérios da ISRM (1983) e as investigações de campo definiram o número de famílias de descontinuidades variando entre 3 e 5, incluindo xistosidade, juntas e falhas. O número de famílias não é grande, entretanto estas famílias são pouco espaçadas nos maciços, podendo variar local e regionalmente de direção e mergulho, devido aos aspectos da geologia estrutural da área de estudo (Parizzi *et al.* 2011).

A análise cinemática dos maciços rochosos e a análise de estabilidade mostraram a importância da relação geométrica entre as descontinuidades presentes e a face do talude (orientação, altura e inclinação) o que irá determinar as partes do maciço que estão livres para deslizar ou cair, conforme Hoek e Bray (1981). A orientação da Serra do Curral com encostas voltadas para norte no lado de Belo Horizonte e voltada para sul no lado de Nova Lima favorece, dois tipos de escorregamentos. Queda de blocos ocorrem em Belo Horizonte e escorregamentos planares ocorrem no lado de Nova Lima (Figura 5).

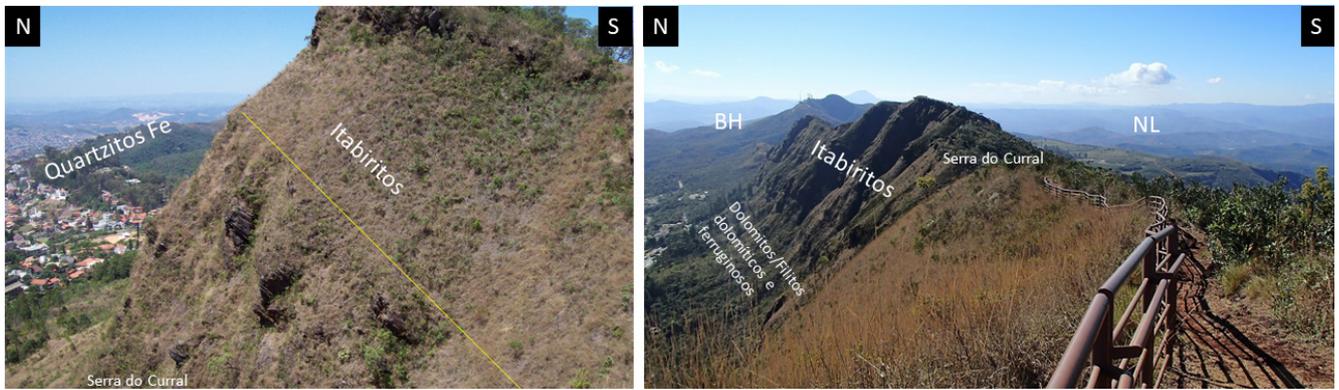


Figura 5. A orientação das encostas da Serra do Curral e o mergulho do acamamento do Itabirito da Formação Cauê favorecem queda de blocos no lado de Belo Horizonte e escorregamento planar no lado de Nova Lima.

Fiori e Carmignani (2002) enfatizam que a água tem grande influência no estado de alteração dos maciços atuando em aspectos fundamentais, tais como:

- Na decomposição dos minerais, principalmente os micáceos, abundantes em todos os maciços, ocasionando a perda da resistência das paredes das discontinuidades.
- Na criação de poro-pressões nas discontinuidades. As análises de estabilidade comprovaram que é necessário um preenchimento parcial ou total por água nas discontinuidades para que rupturas ocorram nos taludes. Em quase todas as análises de estabilidade de acordo com o método de equilíbrio limite, quando se considerou que as discontinuidades estavam secas, os fatores de segurança foram maiores do que 1,3, indicando situação estável. Com o aumento da porcentagem de água dentro das discontinuidades e das fendas de tração, os fatores de segurança de-

creceram para valores iguais ou menores do que 1.

- Outro modo da influência da água nas rupturas dos maciços rochosos está na diminuição quase completa da coesão entre os planos de descontinuidade, ou seja, os blocos se deslocam por alívio de tensão e, após sucessivos eventos chuvosos e secos, escorregam facilmente ao longo dos outros planos lisos e umedecidos. Este fenômeno se assemelha ao processo de empastilhamento descrito por Frazão *et al.* (1976).

Com relação às ações antrópicas, a execução dos cortes dos taludes, geralmente muito inclinados, que estimulam os processos erosivos, ou orientados de maneira a desconfinar estruturas dos maciços rochosos, são os principais condicionantes antrópicos que desencadeiam escorregamentos nas áreas de ocorrência das Sequências Metassedimentares (Figura 6).

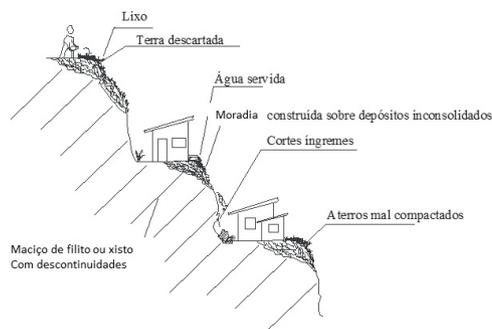


Figura 6. Condicionantes antrópicos dos escorregamentos. Lançamentos de terra descartada, cortes subverticais que desconfinam descontinuidades e contatos entre solos e o maciço rochoso e construções sobre material inconsolidado. A foto da direita foi tirada no Conjunto Taquaril em Belo Horizonte.

Outro fator importante, observado por Parizzi (2004), é a execução de obras de estabilização que não levam em consideração os reais mecanismos de ruptura atuantes nos maciços rochosos.

Os taludes em áreas de substrato rochosos constituídos por filitos da Formação Fecho do Funil, Barreiro, xistos e filitos do Grupo Sabará e filitos alternados por quartzitos da Formação Cercadinho se movimentam e se rompem a partir de mecanismos que podem ser diferenciados de acordo com a relação geométrica entre corte dos taludes e as discontinuidades dos maciços. É possível distinguir três modelos de ruptura para essa região. Geralmente, os cortes não possuem direções paralelas às direções das foliações, sendo, muitas vezes, até perpendiculares a elas. Nestes casos, o processo de escorregamento é estimulado a partir de um sulco erosivo ou por escorrega-

mentos em cunha que evoluem na face do talude (Figura 7). Devido à presença regular de mais de uma família de discontinuidades e ao avançado estado de alteração dos maciços, a susceptibilidade a escorregamentos em cunha se torna elevada.

Interseções entre duas famílias parecem ser comuns e os escorregamentos em cunha ocorrem nos primeiros estágios de instabilização dos maciços. A ocorrência conjunta de erosão e escorregamento em cunha contribui para a mudança da geometria inicial dos taludes, geralmente com a criação de novas faces planas, que irão desconfinar as outras discontinuidades do maciço, geralmente a xistosidade. A partir da nova geometria estabelecida e a exposição de novos planos, tombamentos e escorregamentos planares passam a ocorrer.

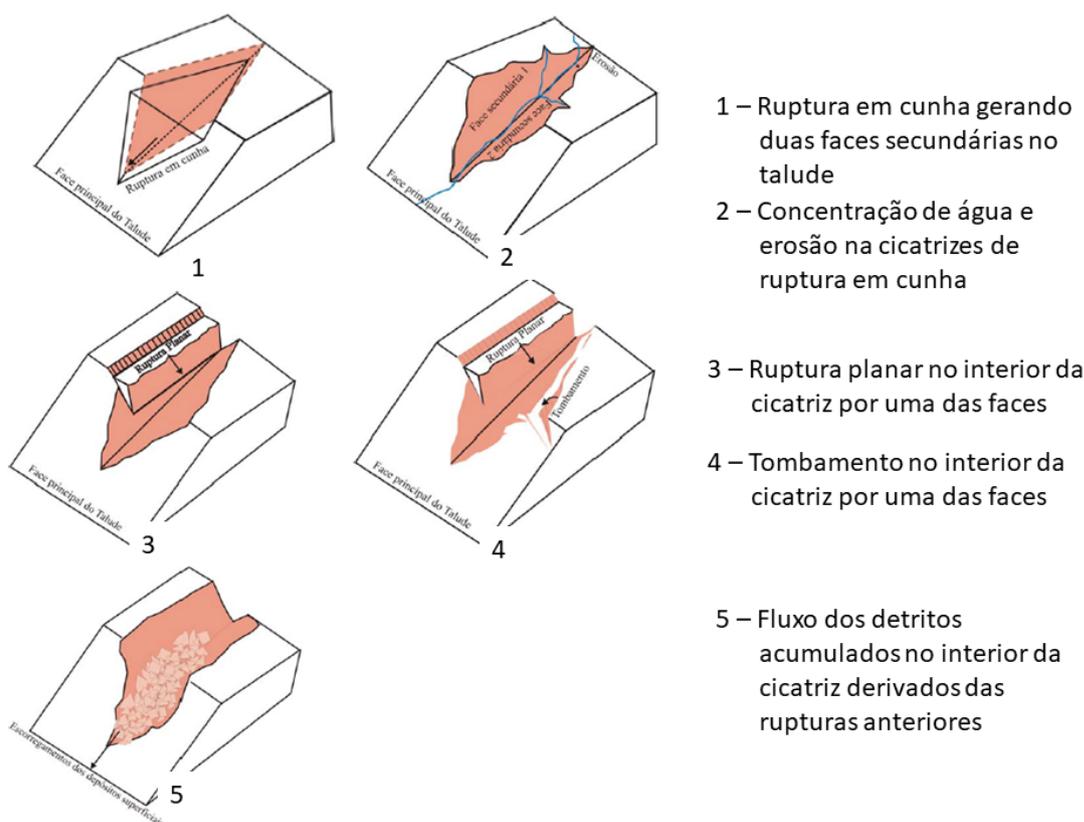


Figura 7. Modelo de evolução progressiva dos movimentos de massa a partir de rupturas em cunha.

Quando as encostas ou taludes estão cobertos por depósitos de vertentes, a cobertura, associada à baixa permeabilidade do maciço, retarda a saturação das discontinuidades, o que mantém o maciço rochoso estável por mais tempo.

As novas configurações dos taludes, obtidas após os 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 vertentes e a concentração das águas pluviais. Os depósitos passam a se movimentar sob a forma de rastejos, fluxos de detritos e escorregamen-

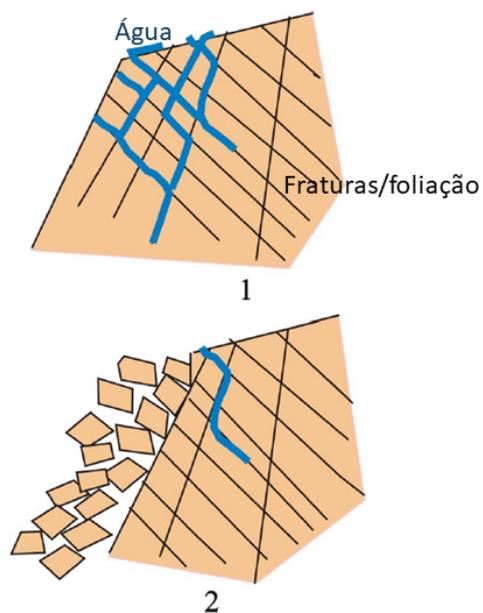
tos circulares ou planares próximos ao contato depósito/maciço rochoso (Figura 8).



Figura 8. Ruptura em cunha seguida de ruptura planar, tombamento e fluxo de detritos em talude da Av, Raja Gabaglia em Belo Horizonte. A foto superior data de 2005 e a foto inferior data de 2021 após intervenções no local. Muro gabião foi feito na base do talude e um prédio foi construído na parte superior. As lonas ao longo da face indicam que as intervenções não foram eficazes e o talude continua em movimentação.

Em alguns maciços de quartzitos, filitos e xistos, quando os cortes não desconfinam a xistosidade, os tombamentos e quedas de blocos serão os principais tipos de movimentos (Figura 9). Geralmente as discontinuidades contra a face livre mergulham em ângulos mais baixos do que as discontinuidades a favor da face livre. Há indícios, principalmente após as vistorias de campo

e classificação dos maciços, que os tombamentos da região ocorrem estimulados pela progressiva perda de resistência das discontinuidades que se inter cruzam, como descrevem Yang & Chuang (1997), e das outras discontinuidades presentes nos maciços alterados responsáveis pela delimitação de blocos instáveis (Figura 9).



1 – Água penetra nas discontinuidades provocando poropressões.

2 – Queda de blocos delimitados pelas discontinuidades

Figura 9. Modo de ocorrência dos tombamentos e quedas de blocos de quartzitos, filitos e xistos na área de estudo.

Grupo Sabará: Tombamentos e Quedas de Blocos



Rua Sustenido – São Lucas

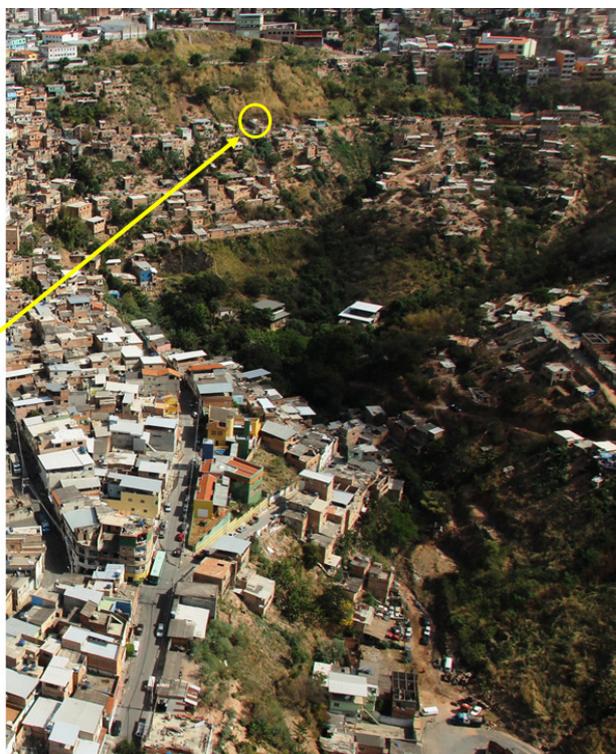


Figura 10. Tombamento e queda de blocos de filitos do Grupo Sabará sobre casa no bairro São Lucas de Belo Horizonte. A foto da esquerda exibe detalhe do processo e a foto da direita mostra a localização da casa.

Alguns cortes dessas litologias favorecem as rupturas planares. Entretanto pelo que foi observado as rupturas planares são geralmente secundárias conforme exposto na Figura 6.

2.2 Condicionantes dos movimentos de massa dos solos residuais de gnaiss

Os solos residuais desenvolvidos a partir dessas litologias contêm os horizontes A, B, C, saprolítico e os saprolitos da rocha original. Os dois primeiros possuem espessuras variadas, dependendo do relevo local e possuem textura de argila arenosa e coesão mais alta que os horizontes sotopostos. Viana (2000) encontrou menores valores de erodibilidade para os horizontes A e B em relação ao horizonte C. Os horizontes superiores (A e B) apresentam maior resistência à ruptura,

formando uma camada protetora dos movimentos de massa e erosão dos horizontes inferiores. O horizonte C, ou solos saprolíticos e saprolitos, geralmente areno-siltosos, apresentam coesão nula ou baixa, e ainda possuem estruturas reliquiares da rocha de origem como famílias de fraturas e a foliação gnáissica. Processos erosivos, geralmente desenvolvidos nos horizontes de solo saprolíticos e sobre os saprolitos, são responsáveis pela alteração na morfologia das encostas, criando sulcos com paredes íngremes que facilitam o desencadeamento de escorregamentos dos solos pouco coesivos. A erosão também contribui para retirada dos horizontes A e B, permitindo a exposição dos horizontes sotopostos, caracterizados por maior erodibilidade e susceptibilidade a escorregamentos (Figuras 11 e 12).

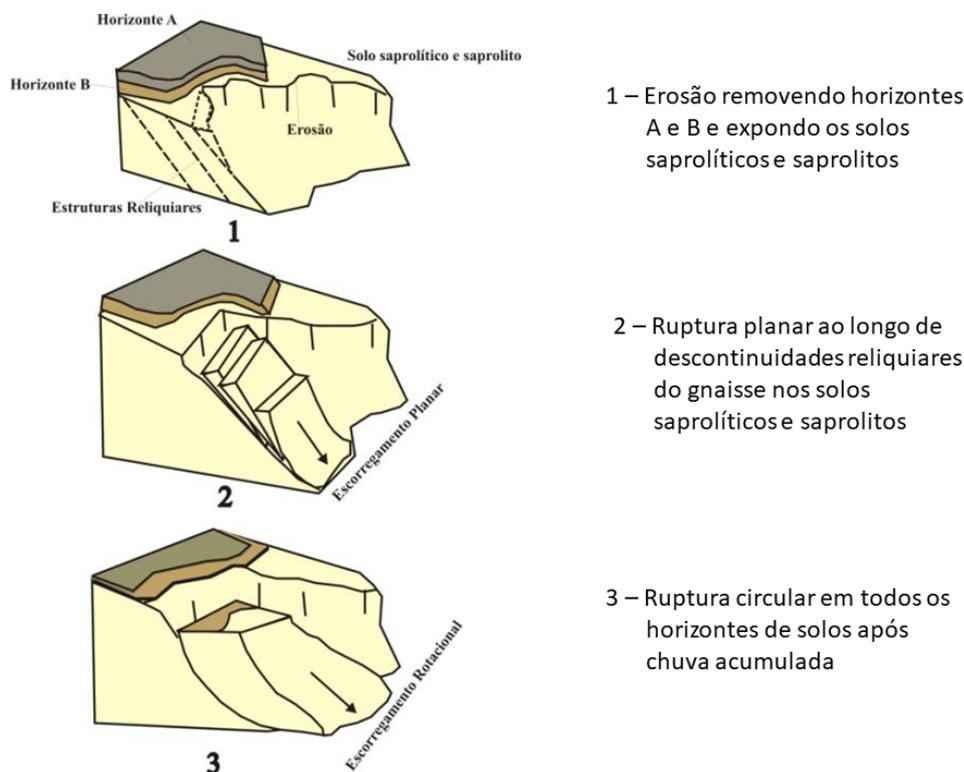


Figura 11. Modelo de desenvolvimento dos escorregamentos em solos residuais de gnaiss a partir da modificação das encostas por erosão ou cortes.



Figura 12. Imagem de escorregamento em solos residual de gnaiss no bairro Engenho Nogueira em Belo Horizonte.

O município de Belo Horizonte possui antigas pedreiras de gnaiss que foram ocupadas de modo irregular. Quedas de blocos são comuns, conforme a Figura 13.

Queda de Blocos



Figura 13. As imagens exibem antigas pedreiras de gnaiss ocupadas inadequadamente. Ocorrem queda de blocos e há risco para as moradias.

2.3 Condicionantes e mecanismos de rupturas dos depósitos de vertentes

Depósitos de vertentes em situação de instabilidade são comuns a muitos taludes da região estudada. As análises geotécnicas e investigações de campo realizadas permitiram observar que esses materiais apresentam características bem semelhantes entre si, apesar de terem se originado de litologias diferentes. As principais características observadas estão esquematizadas a seguir:

- Grande parte dos depósitos encontrados foi denominada de tálus, devido à sua granulometria, constituída por fragmentos grosseiros, envolvidos por matriz mais fina.
- Os depósitos são originados de escorregamentos e queda de fragmentos dos maciços rochosos de filitos e xistos que se depositam ao longo das faces dos taludes. Entretanto, alguns depósitos são originados pela ação antrópica devido ao lançamento de material remobilizado nas encostas durante cortes de taludes e outras obras de engenharia.
- Devido ao acelerado grau de alteração física e pequeno espaçamento entre as descontinuidades dos maciços rochosos, os fragmentos

dos depósitos de tálus possuem dimensões que, geralmente, não ultrapassam o comprimento de 30 cm. Com o passar do tempo, os frágeis fragmentos posicionados na base dos depósitos vão sendo cominuídos devido ao peso provocado pelas camadas superiores. A água que circula e a erosão também carregam materiais mais finos (silte e areia fina), que se depositam entre os fragmentos e passam a constituir a matriz do tálus.

Os escorregamentos foram aqui definidos como planares e circulares e correspondem aos escorregamentos como descrito por Cruden e Varnes (1996) e Attewell e Farmer (1976). Nestes casos, a frente de saturação atinge mais rapidamente o ponto de fluência do material e a ruptura acontece. Existe grande influência da aproximação do contato solo/rocha na determinação da geometria e profundidade da superfície de ruptura (Figuras 14).

Depósitos acumulados resultantes de rupturas de filitos e xistos na base dos taludes geralmente se movimentam lentamente, em função da menor inclinação dessas áreas e rastejamento também é comum (Figura 15).

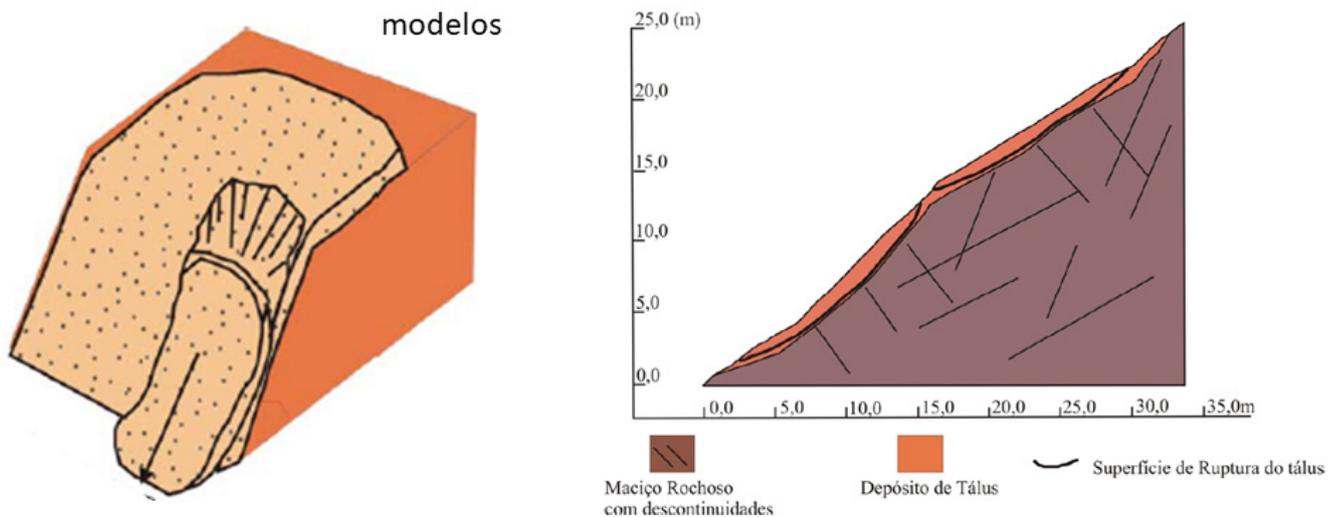


Figura 14. Modelo exibindo ruptura de depósito de tálus ao longo do contato com o maciço rochoso.



Figura 15. Rastejamento que ocorre em talude formado por tálus derivado da fragmentação de filitos e quartzitos da Formação Cercadinho no bairro Mangabeiras em Belo Horizonte.

3 VULNERABILIDADE

O risco não pode ser compreendido de forma desvinculada do contexto no qual ele ocorre, mas devem ser consideradas as variáveis físicas, sociais, políticas, econômicas e outras que possam estar implicadas. Favero *et al.* (2014) enfatizam que riscos e desastres têm sua origem na interação entre seres humanos e seu contexto social, salientando-se que, mais do que um evento agudo, um desastre é a expressão aguda da vulnerabilidade em suas diferentes dimensões (física, social, ambiental, etc.). De acordo com o último diagnóstico de Vilas e Favelas da Prefeitura de Belo Horizonte (2019) as vilas, favelas e aglomerados de Belo Horizonte possuem cerca de 120 mil domicílios e uma população de mais de 370 mil pessoas.

Foram diagnosticadas 1.100 edificações em áreas de risco geológico. Com as chuvas históricas

registradas no último ano, essas áreas sofreram significativas alterações e um novo diagnóstico será realizado após a finalização das obras de reestruturação necessárias e a finalização das ações de prevenção ao período chuvoso atual. Desde o último período chuvoso de 2020, a PBH realizou mais de 5 mil vistorias e removeu mais de 500 famílias de áreas de risco. Todas foram encaminhadas para o Programa Bolsa Moradia e Auxílio Pecuniário. A Figura 16 exibe o mapa de vilas e favelas de Belo Horizonte sobre o mapa geológico simplificado. A maioria das vilas e favelas encontra-se nas altitudes medianas e baixas assentadas sobre terrenos de xistos e filitos do Grupo Sabará e solos residuais de gnaisse do Complexo Belo Horizonte. A população em risco sofre com os efeitos de escorregamentos e inundações.

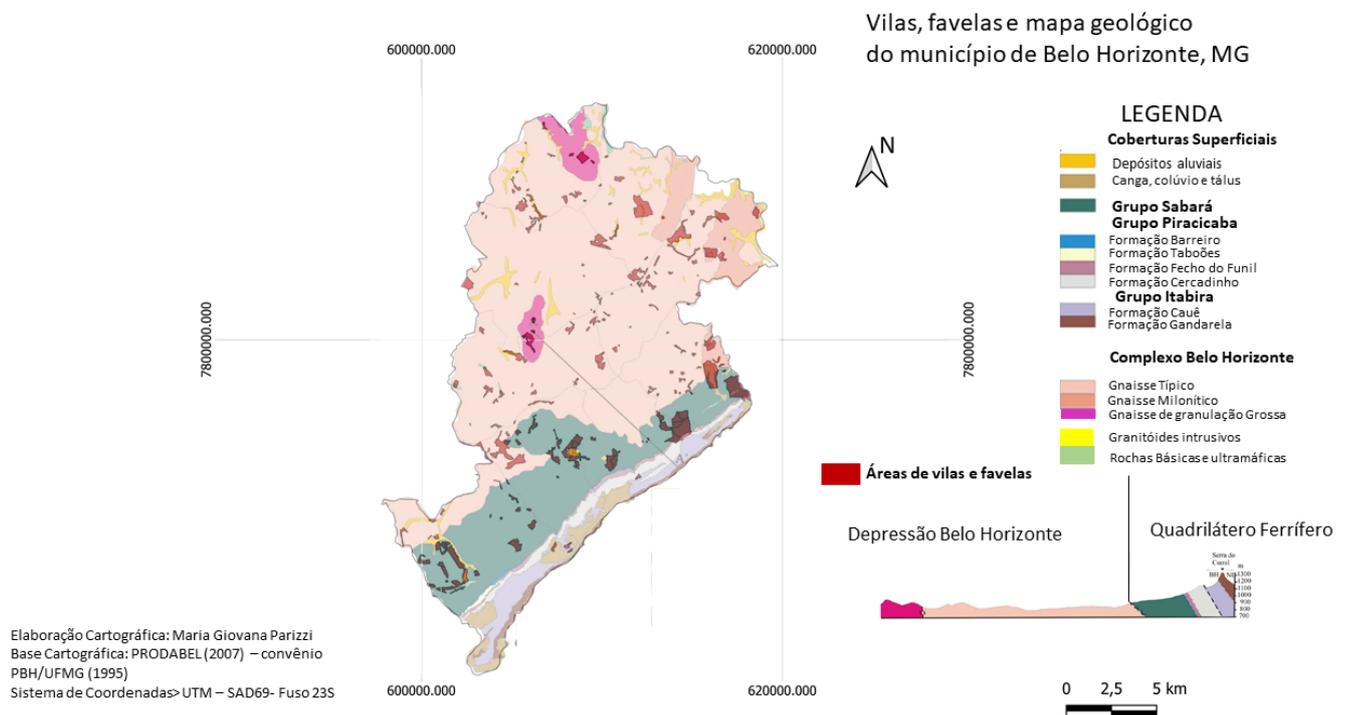


Figura 16. Mapa das áreas de vilas e favelas sobre o mapa geológico simplificado do município de Belo Horizonte.

4 MEDIDAS PREVENTIVAS E MITIGADORAS

Por meio do programa estrutural em áreas de risco (PEAR-PBH) de vilas e favelas, diversas ações são realizadas para evitar acidentes graves e preservar vidas, assegurar proteção para as famílias que residem em áreas de risco geológico e inundação. O trabalho é executado por meio de vistorias, obras de manutenção, intervenções com mão de obra do morador e atividades de prevenção ao risco geológico (PBH, 2021). A Tabela 2 exibe o quantitativo de ações realizadas ao longo dos últimos três anos pelo PEAR.

Tabela 2. ações do Programa Estrutural de Áreas de Risco nos anos de 2018 a 2020. (Fonte: BELO HORIZONTE, 2021)

Ano (Dado atualizado de 2021)	Vistorias	Obras com mão de obra do morador	Obras para eliminação do risco	Remoções preventivas
2018	1651	43	80	1651
2019	1347	19	69	1347
2020	5500	33	80	5500

A atenção nestas áreas é reforçada por meio de vistorias técnicas e monitoramento constante, principalmente nos locais mais críticos. Quando

da chegada das chuvas, os esforços se concentram no atendimento à população. Quando o local apresenta grau de risco alto ou muito alto, o qual não pode ser eliminado ou controlado por uma obra tecnicamente viável, a família é removida, sendo encaminhada para o abrigo municipal. Ela também pode acessar o programa Bolsa Moradia até o seu reassentamento definitivo em uma unidade habitacional construída pela Prefeitura. Durante os meses da estiagem, a Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte (Urbel) intensifica a realização de obras de pequeno e médio porte com o objetivo de corrigir ou eliminar situações de risco alto e muito alto, e, desta forma, prevenir acidentes e transtornos no período das chuvas. Outro tipo de obra preventiva para evitar problemas com as chuvas são as intervenções realizadas em parceria com a comunidade. A Urbel doa o material de construção e fornece assistência técnica por meio de engenheiro, enquanto o morador é responsável pela mão de obra. As intervenções são de pequeno porte como muros de contenção de menor tamanho, canaletas de drenagem, lajes impermeabilizantes, pavimentação de beco, etc.

Os Núcleos de Defesa Civil (Nudec) são formados por cidadãos da comunidade que, através do trabalho voluntário contribuem com ações

preventivas nas áreas de risco, além de orientar e prestar socorro mais imediato nas situações de calamidade e emergência. Durante o ano, eles participam de diversas atividades de capacitação oferecida pela Urbel, como curso de noções básicas do PEAR, visita às áreas de risco de deslizamento, onde são instruídos a identificar os tipos de risco geológico e os agentes (lixo, corte inadequado de barrancos, lançamento de água servida em encostas, e outros), oficinas para implantação de hortas comunitárias em áreas remanescentes, além de treinamentos de formação e reciclagem ministradas pelo Corpo de Bombeiros. Também aprendem como agir e orientar os moradores nos períodos de chuvas intensas e prolongadas, sobre os indícios de trincas nas moradias, movimentação de terreno e elevação do nível das águas de córregos e ribeirões. Os voluntários também recebem os alertas de chuva e transmitem para a comunidade. A PBH conta com a participação de aproximadamente 461 voluntários, abrangendo mais de 55 comunidades de todas as regiões da cidade. O Programa Vila Viva é uma intervenção estruturante com ações baseadas em três eixos: urbanístico, social e jurídico. São obras de saneamento, remoção de famílias, construção de unidades habitacionais, erradicação de áreas de risco, reestruturação do sistema viário, urbanização de becos, além de implantação de parques e equipamentos para a prática de esportes e lazer.

Com relação às inundações, a política de gestão compartilhada das águas tem definido ações que atuam no saneamento básico, gestão de resíduos sólidos, reabilitação de áreas erodidas, diagnóstico de bacias hidrográficas buscando a inclusão das comunidades nas decisões estratégicas.

5 CONCLUSÃO

A região metropolitana de Belo Horizonte apresenta geologia variada constituída desde rochas muito alteradas a solos residuais, altamente susceptíveis a movimentações de massa e que também condicionam o relevo e os padrões de drenagem das principais bacias. Destacam-se filitos e xistos com alto grau de intemperismo, solos

residuais de gnaiss e depósitos de tálus. Cada grupo se distingue pelo modo de ocorrência da movimentação.

Em filitos e xistos, é comum rupturas em cunha que estimulam a alteração da forma original do talude e, conseqüentemente, induzem a ocorrência de outros tipos de ruptura tais como as planar, tombamentos e, por fim, fluxo dos detritos gerados pelos processos anteriores. Quedas de blocos podem ocorrer em rochas um pouco mais resistentes porém muito fraturadas, como os quartzitos e itabiritos e gnaisses são.

Em solos residuais de gnaisses, o horizonte C se apresenta com pouca coesão e altamente susceptível a erosão, seguida de escorregamentos planares e circulares. Os depósitos de tálus são constituídos por material areno-siltoso derivados da fragmentação de filitos e xistos e se movimentam com muita facilidade quando o grau de saturação se torna elevado durante períodos chuvosos, geralmente desencadeando fluxos e rastejamentos.

As chuvas são importantes desencadeadores dos movimentos e obviamente dos processos hidrológicos. Os estudos revelaram que a maior parte dos movimentos de massa ocorre de maneira progressiva e não instantânea, dependendo das mudanças geométricas dos taludes e da alteração sofrida pelos materiais geológicos ao longo do tempo. Em todos os casos analisados, o risco foi agravado por atividades humanas, ou seja, os movimentos de massa geralmente ocorrem após alguns anos de execução das intervenções, que induzem os maciços de rochas alteradas à busca de novas formas de equilíbrio, através do desencadeamento de processos como erosão e movimentos de massa.

As medidas preventivas e mitigadoras devem levar em conta os fatores condicionantes dos riscos de escorregamentos, inundações e enchen-tes, mas também a vulnerabilidade. Diversas políticas públicas têm sido implementadas neste sentido, entretanto, ainda é preciso investir em ações sociais que atuem especificamente na vulnerabilidade. Somente assim será possível eliminar o risco para que o belo horizonte seja para todos.

REFERÊNCIAS

- Attewell, P. B., Farmer, I. W. 1976. Principles of Engineering Geology. London- NewYork, Chapman and Hall.1045p.
- BELO HORIZONTE. Prefeitura de Belo Horizonte. 2021. PEAR – Programa Estrutural de área de risco. Disponível em <https://prefeitura.pbh.gov.br/urbel/pear-areas-de-risco>. Acessado em 10 de julho de 2021.
- Barton, N., Lien, R., Lunde, J. 1974. Engineering Classification of Rock Masses. Rock Mechanics. 6 (4): 189 – 236.
- Bieniawski, Z. T.1989. Engineering rock mass classification. New York: John Wiley. 215p.
- Cruden, D. M., Varnes, D. J. 1996. Landslides Types and Process. In: Turner, A. K & Schuster (ed.) Landslides – Investigation and Mitigation, Special Report 247, Washington, D.C., R.L.National Academy Press, 36 - 75.
- Favero, E; Sarriero, J.C; Trindade, M.C.;2014. Os desastres na perspectiva sociológica e psicológica. Revista Psicologia em Estudo. Maringá, Volume 19(2), p. 201-209. <https://doi.org/10.1590/1413-737221560003>
- Fiori, A., P., Carmignani, L. 2001. Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas, aplicações na estabilidade de taludes. Ed. UFPR. 548p.
- Frazão, E. B., Mito, J. A., Santos, A. R. 1976. O fenômeno de desagregação superficial em rochas argilosas – sua implicação na estabilidade de taludes viários. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 1, Rio de Janeiro, Anais, 1:211-228.
- Hoek, E., Bray, J. 1981. Rock Slope Engineering. London, Institution of Min. Metall & Elsevier Applied Science. 358p
- International Society of Rock Mechanics (ISRM). 1983. Métodos Para a Descrição Quantitativa de Descontinuidades em Maciços Rochosos. São Paulo, ABGE e Comitê Bras. de Mec. das Rochas. 132p. (Tradução nº12.)
- Parizzi, M. G. 2004. Condicionantes e mecanismos de ruptura em taludes da região Metropolitana de Belo Horizonte, MG. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2004. 213 pp.
- Parizzi, M.G.; Sobreira, F.G.; Galvão, T. C B; Aranha, P. R. A.; Timbó, M. A. E; Beirigo, E.A. Processos de Movimento de massa em Belo Horizonte, MG. Geografias (UFMG), v. 7, p. 58-87, 2011.
- Silva, A. S., Carvalho, E. T, Fantinel, L. M., Romano, A. W., Viana, C. S. 1995. Estudos Geológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos e Geoambientais integrados no Município de Belo Horizonte. Convênio: PMBH, SMP, FUNDEP/ UFMG. 490p. (Relatório Final).
- Viana, C. S. 2000. 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, Ambiental, Hidráulica e Recursos Hídricos - DESA/ UFMG. 217p.
- Yang, Z. Y., Chuang, C. C. 1997. A theoretical study on the progressive landslide of blocky slopes. In: Marinos, Koukis, Tsiambaos & Stoumbras (ed.). Engineering Geology and Environment, Rotterdam, 1143-1147.

AGRADECIMENTOS

À ABGE e respectivos Núcleos Regionais pela promoção do Workshop de Riscos e Regionalidades.