III SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE URBANIZAÇÃO DE FAVELAS - URBFAVELAS
Salvador - BA - Brasil

CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO: PERIFERIAS À MERCÊ DA SUBJETIVIDADE

Aline Roque da Silva (UFV) - roquealine@hotmail.com
Engenheira Civil graduada pela Universidade Federal de Minas Gerais, pesquisadora na Universidade Federal de Viçosa na área de Geotecnia Ambiental.

Lúcio Flávio de Souza Villar (UFMG) - lvillar@etg.ufmg.br
Doutor em Engenharia Civil, Professor Associado do Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia da Escola de Engenharia da UFMG

CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO: PERIFERIAS À MERCÊ DA SUBJETIVIDADE

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi discutir a confiabilidade dos processos de classificação de áreas de risco geológico-geotécnico que vem sendo adotados no Brasil. Majoritariamente, têm sido utilizados métodos qualitativos, baseadas em parâmetros subjetivos e na experiência dos vistoriadores. Neste trabalho, foram avaliadas três diferentes metodologias de classificação de áreas de risco: o Programa Estrutural em Áreas de Risco de Belo Horizonte (PEAR), CAMPOS (2011) e Ministério das Cidades (2007). Por meio da aplicação das fichas de vistoria das metodologias citadas em um local da cidade de Belo Horizonte, foi feita uma análise comparativa entre elas. Após o devido embasamento teórico, evidenciou-se a necessidade urgente de tornar as metodologias de classificação mais confiáveis através da utilização de dados quantitativos, obtidos por meio de investigações geológico-geotécnicas. Chega-se também à proposição de se investir no uso de tecnologias, como a utilização de fotografias aéreas para monitoramento de áreas de risco.

Palavras-chave: Áreas de risco. Métodos de classificação. Deslizamentos.

ST – 2: A Dimensão Ambiental da Urbanização de Favelas, Bairros e Assentamentos

1 INTRODUÇÃO

Segundo NOGUEIRA (2008), os acidentes são marcas presentes na história dos aglomerados urbanos, quase sempre mais frequentes e de maior consequência, quanto maiores, mais densas e desiguais são as cidades. As desigualdades sociais são refletidas no território urbano, fazendo com que parte considerável da população esteja submetida à exclusão territorial e à degradação ambiental. A inserção vulnerável na cidade gera situações de risco, principalmente em períodos chuvosos mais intensos, atingindo principalmente os habitantes das favelas e loteamentos irregulares assentados sobre encostas de morros e em baixadas junto às margens de cursos d'água.

O tipo de ocupação do espaço aqui considerado conta com condicionantes relacionados à precariedade de infraestrutura urbana, que o torna ainda mais susceptível a processos de movimentação de massas, dentre eles: ausência ou insuficiência de estruturas de drenagem, lançamento de águas servidas, vazamento na rede de abastecimento de água, existência de fossas sépticas, declividades e alturas excessivas de cortes, aterros inadequados, lançamento de lixo e entulho e remoção da cobertura vegetal. (CAMPOS, 2011).

Dessa forma, nos últimos 20 anos, emergiu no Brasil a necessidade de estudos avaliativos e preditivos da situação das ocupações e das áreas de expansão urbana, com o objetivo de prevenir e mitigar possíveis desastres relacionados às movimentações de massa.

Desde 1991, com a publicação da Norma Brasileira número 11.682 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, estão fixadas as condições exigíveis no estudo e controle da estabilidade de taludes em solo, rocha ou mistos, componentes de encostas naturais ou resultantes de cortes. No tópico de número 5 deste documento, estão discriminados dois tipo de investigações a serem executadas nos taludes em situação de risco: as investigações preliminares e as investigações geotécnicas, geológicas e outras. Atualmente, entretanto, os estudos têm se dado somente no âmbito das investigações preliminares. Na descrição deste são utilizados os termos "observação cuidadosa" e "julgamento cuidadoso", o que deixa claro a subjetividade deste tipo de análise, denominada, por isto mesmo, de preliminar.

Ao contrário da realidade brasileira, internacionalmente o processo de mapeamento têm se dado com o investimento cada vez maior em modelos quantitativos e no uso de

tecnologias. Esta tendência pode ser observada no Canadá, por exemplo, que já utiliza tecnologias de ponta para o monitoramento de tais áreas, dentre as quais: imagens aéreas, imagens de satélite, imagens de radares (imagens que representam a textura da superfície, características estruturais e umidade do solo), tecnologia GIS (*Geographic Information Systems* – combina um banco de dados geoespacial com ferramentas para realizar análises e produzir novos dados e informações), amostras de solo, testes de penetração, análises estatísticas de risco, modelos físicos e numéricos, dentre outras (LATO et al., 2016)

Com o objetivo de se unificar, em âmbito nacional, um método de mapeamento que apresentasse menor grau de complexidade para a determinação e hierarquização das áreas de riscos, o Ministério das Cidades, em parceria com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), desenvolveu, em 2007, uma metodologia de mapeamento de riscos em encostas e baixadas (risco geológico-geotécnico e de inundação, respectivamente) para os municípios brasileiros que ainda não possuíam metodologias próprias.

Neste trabalho foi feita uma analise comparativa entre três métodos qualitativos de classificação de áreas de risco: Ministério das Cidades (2007), Programa Estrutural de Áreas de Risco (2011) e CAMPOS (2011), por meio da aplicação dos mesmos em uma área de Belo Horizonte já classificada como área de elevado risco de deslizamento. O Objetivo foi analisar os parâmetros utilizados, bem como a consistência e confiabilidade dos resultados obtidos.

2 RISCOS E MOVIMENTAÇÃO DE MASSAS

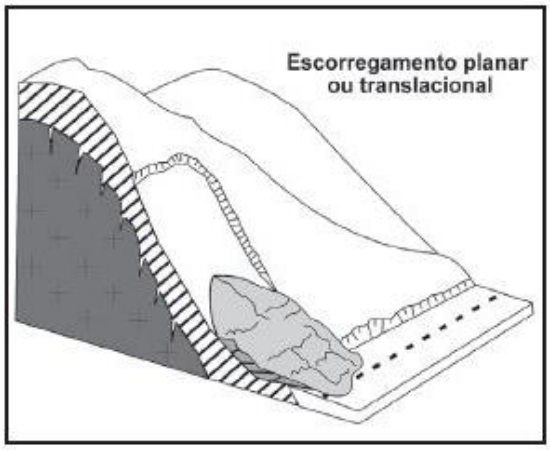
Os riscos geológicos podem ser entendidos como todo o processo, situação ou evento no meio geológico, de origem natural, induzido ou misto, que pode gerar um dano econômico ou social para as comunidades, e em cuja previsão, prevenção ou correção, hão de empregar critérios geológicos (ABGE, 1995). Segundo BRASIL (2007), as áreas de risco são áreas passíveis de serem atingidas por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeitos adversos. As pessoas que habitam estes locais estão sujeitas a danos à sua integridade física, perdas materiais e patrimoniais. No Brasil, estas áreas comumente correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda.

Os fenômenos geológicos mais comuns no Brasil são as movimentações de massa. GERSCOVICH (2012) aponta que os mesmos se diferem basicamente em função da velocidade de movimentação e forma de ruptura e podem ser classificados em: rastejo, corrida, escorregamentos, quedas, tombamentos e rolamentos de blocos. Neste trabalho será tratado apenas dos escorregamentos (ou deslizamentos), por ser o tipo mais comum no país.

De acordo com o Ministério das Cidades (BRASIL, 2007), os escorregamentos possuem velocidades altas (m/h a m/s), com superfícies de ruptura bem definidas. Existem três tipos de deslizamentos, cujas nomenclaturas variam em função da geometria das rupturas, sendo elas: planares, circulares ou em cunha. Podem envolver solos, saprólitos, rochas e depósitos superficiais e abrangerem diferenciados volumes de material. O principal agente deflagrador deste processo é a chuva.

Os deslizamentos planares (ou translacionais) se caracterizam pela presença de descontinuidades mecânicas e/ou hidrológicas existentes no interior do material. Podem ocorrer associados à solos saprolíticos, rochas e em locais de contato entre diferentes materiais (GERSCOVICH, 2012), mas em geral ocorrem predominantemente em solos pouco desenvolvidos com altas declividades. A geometria é marcada por uma pequena espessura e forma retangular estreita (comprimentos superiores às larguras) e normalmente mobiliza grande volume de material (BRASIL, 2007). Um esquema representativo deste tipo de escorregamento pode ser observado na Figura 1.

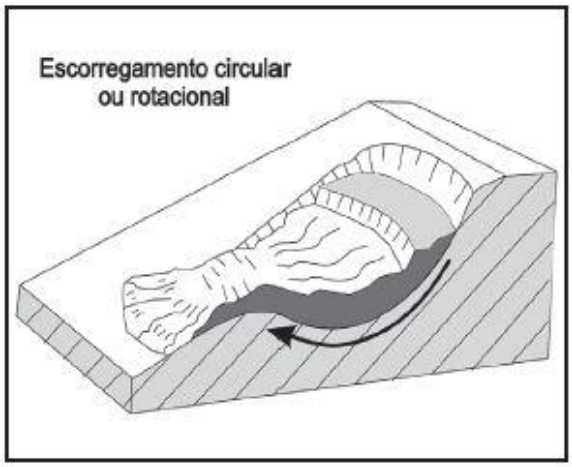
Figura 1: Esquema representativo de escorregamento do tipo planar.



Fonte: BRASIL, 2007.

Segundo BRASIL (2007), os escorregamentos circulares (ou rotacionais) possuem superfícies de deslizamento curvas, sendo comum a ocorrência de uma série de rupturas sucessivas. Estão associadas a aterros, pacotes de solo ou depósitos mais espessos, rochas sedimentares ou cristalinas intensamente fraturadas. Segundo SOUZA (2004), este tipo de movimentação acontece em solos homogêneos dotados de coesão nos horizontes superficiais. Podem se dar nas áreas de transição entre os solos residuais ou de cobertura com o substrato rochoso, onde o escoamento de águas constitui fator agravante à instabilidade. O início do movimento pode estar associado a cortes na base desses materiais, sejam eles, artificiais ou naturais, originados, por exemplo, pela erosão fluvial no sopé da encosta. O esquema do deslizamento circular se encontra na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**.

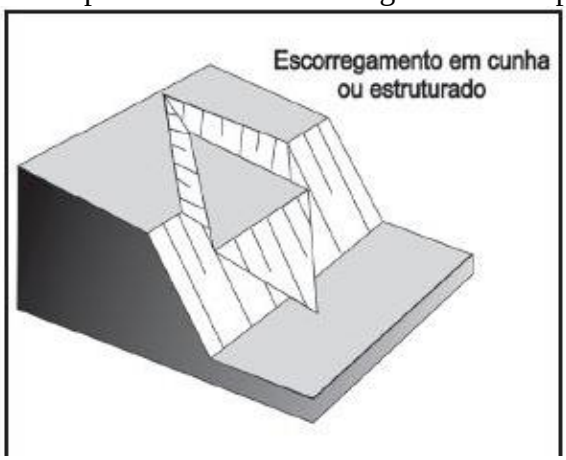
Figura 2: Esquema representativo de escorregamento do tipo circular.



Fonte: BRASIL, 2007.

Os deslizamentos em cunha estão associados à saprólitos e maciços rochosos, onde a existência de dois planos de fraqueza desfavoráveis à estabilidade condicionam o deslocamento ao longo do eixo de intersecção destes planos (BRASIL, 2007). O esquema do deslizamento em cunha se encontra na Figura 3.

Figura 3: Esquema representativo de escorregamento do tipo cunha.



Fonte: BRASIL, 2007.

3 AS METODOLOGIAS DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO

3.1 Programa Estrutural em Áreas de Risco de Belo Horizonte (PEAR)

Há mais de 20 anos, Belo Horizonte se propõe diagnosticar, prevenir, monitorar, controlar e minimizar situações de risco geológico, estruturando e revitalizando áreas (CAMPOS et al., 2014). O objetivo principal do Programa é fornecer assistência técnica, física e social às famílias moradoras de áreas de risco geológico efetivo e de caráter continuado.

Em acordo com o exposto por CAMPOS et al. (2014), o programa atua através de planos de ação que correspondem a ações de curto, médio e longo prazo conforme explicitado a seguir:

- Plano de Atendimento Emergencial: propicia atendimento imediato para eliminação do risco, sendo ações típicas do período chuvoso, como: colocação de lona, pequena intervenção com intuito de manter a família no local sob monitoramento, indicação de remoção temporária ou definitiva, etc.
- Plano de Mobilização Social: inclui ações educativas junto às populações com atividades ao longo do ano, tais como: a realização de reuniões (visando integrar a

comunidade e o poder público nos trabalhos de convivência e eliminação do risco), distribuição de cartilhas educativas, realização de atividade de educação ambiental.

- Plano de Obras: planejamento de obras para eliminação do risco dentro de uma ordem de prioridade.

Para cumprir os objetivos do PEAR, a equipe técnica realiza ações e/ou intervenções a partir da análise da moradia da família que solicita o serviço. Para chegar a um parecer é preenchida uma ficha de vistoria, presente em CAMPOS (2011), constituída dos campos resumidos a seguir:

- Informações básicas do local e do morador (endereço, nome do solicitante, etc.);
- Caracterização do local (morfologia, tipo de talude, altura, inclinação, vegetação, etc.);
- Características visuais da edificação (tipologia, pavimentos, redes de água e esgoto, etc.);
- Predisposição a processos geológicos (histórico de escorregamentos, inundação, erosão, etc.);
- Agentes potencializadores (fossas, bananeira, lixo/entulho, vazamentos nas redes, etc.);
- Indicativos de processos (trincas na moradia e no terreno, degraus de abatimentos, cicatrizes de deslizamentos, etc.);
- Classificação - Nível atual do risco (baixo, médio, alto ou muito alto);
- Ocorrência atual (o motivo da solicitação de vistoria);
- Parecer e orientações (remoção temporária, indicação de obras, isolamento de cômodo, etc.);
- Obras propostas (tipo de obra, equipe própria, mutirão, etc.);
- Considerações finais;
- Execução e ciência da vistoria.

3.2 CAMPOS (2011)

Em 2011, CAMPOS propôs uma reanálise do PEAR e da classificação de risco geológico-geotécnico para Belo Horizonte. Esta metodologia conta com quatro parâmetros pré-estabelecidos, que foram definidos a partir da análise dos dados das fichas de vistoria realizadas pelas equipes do PEAR, ao longo de dois anos. Além disto, CAMPOS (2011) atribuiu pesos aos parâmetros (entre parênteses, após cada descrição do tópico) e introduziu fatores agravantes e atenuantes do risco. Os parâmetros estão descritos a seguir:

Agentes Potencializadores do Risco

São considerados quando as ações antrópicas estiverem atuando de forma a aumentar o risco de acidentes no local.

- Com Agente (CA): quando existe agente potencializador do risco contribuindo efetivamente para acelerar o processo de movimentação. Ex.: lançamento de esgoto, bananeiras, lixo, dentre outros (+2);
- Sem Agente (SA): não foram observados agentes potencializadores do risco (+1).

Relação Altura do Talude e Afastamento à Edificação

- Relação 1/1: a altura do talude com predisposição ao processo é a mesma distância deste à edificação (considerar também quando o afastamento é maior que a altura) (+1);
- Relação 2/1: a altura de talude com predisposição ao processo é duas vezes maior que a distância à edificação (+2);
- Relação 3/1: a altura do talude com predisposição ao processo é três vezes maior que a distância à edificação (+3).

Indicativos de Movimentação da Encosta

- Com Indicativos (CI): existe o indicativo de movimentação - trincas no terreno ou 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 próprio escorregamento) (+2);

- Sem Indicativos (SI): não foram observados indicativos dos processos (+1).

Vulnerabilidade da Edificação

Compreende a análise do padrão construtivo considerando 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 (+1);
- 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 (+2).

Os fatores atenuantes entram na análise de risco para subtrair a nota encontrada com os parâmetros descritos acima.

Obras

- Obra executada aparentemente de maneira inadequada não sendo possível atestar sua qualidade (- 1);
- Obra que apenas minimizou o risco geológico (- 2);
- Obra que eliminou o risco geológico (- 3).

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);
- Rocha sã ou saprólito sem estrutura significativa (- 2).

Situação da Edificação

Quando a vulnerabilidade da edificação não interfere na análise. Caso ocorra o processo, a possibilidade de atingimento é muito pequena ou nula. A probabilidade de a edificação ser atingida é nula ou muito baixa (- 2).

O fator agravante entra no final, somando um ponto ao total. 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.

Com a definição dos parâmetros, foi realizado o cruzamento dos mesmos entre si, em forma de matriz, chegando a quatro graus de risco onde cada um tem de 5 a 7 possibilidades/resultados descritos. O resultado deste cruzamento foram 24 possibilidades de classificação, divididos em quatro classes:

- **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**

3.3 Ministério das Cidades (2007)

Diversas cidades utilizam o método proposto pelo Ministério das Cidades e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) através da cartilha para formação de equipes municipais intitulada “Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios” (BRASIL, 2007). O processo de classificação se dá através da ficha de vistoria, a qual deve ser preenchida de acordo com as orientações que se apresentam juntamente à mesma e existem também quatro níveis de classificação (baixo, médio, alto, muito alto).

As seguintes considerações devem ser feitas:

- Padrão construtivo (madeira ou alvenaria): para uma mesma situação a construção em alvenaria deve suportar maior solicitação e, portanto, deve ser colocada em classe de risco inferior à moradia de madeira;
- Tipos de taludes: taludes naturais estão, normalmente, em equilíbrio. Taludes de corte e de aterro são mais propensos a instabilizações. Os tipos de talude e materiais

(solo, aterro, rocha) dão pistas sobre a tipologia dos processos passíveis de serem deflagrados e dos materiais que podem ser mobilizados (blocos de rocha, matacões, colúvio, bananeiras, lixo, entulho, etc.);

- Distância da moradia ao topo ou à base dos taludes: deve ser adotada como referência uma distância mínima com relação à altura do talude que pode sofrer a movimentação (em São Paulo adota-se a relação 1:1);
- Inclinação dos taludes: os escorregamentos normalmente ocorrem a partir de determinadas inclinações. Estabelece-se que taludes com inclinações superiores à 17º são passíveis de movimentações;
- Presença de água: a existência de surgências nos taludes e a infiltração de água sobre aterros devem ser tomadas como sinais de maior possibilidade de movimentações, uma vez que a água é o principal agente deflagrador de deslizamentos;

A chave para a classificação é a presença de sinais de movimentação/feições de instabilidade. Essa presença pode ser expressiva, presente, incipiente ou ausente. As feições principais se referem às juntas de alivio, fendas de tração, fraturas de alivio, trincas, e os degraus de abatimento, inclinação de estruturas, segundo os diversos autores que tratam do assunto.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

A área de estudo é a Vila Pomar do Cafezal, localizada no Aglomerado da Serra, conjunto de seis favelas situado entre as regiões Centro-Sul e Leste de Belo Horizonte, na encosta da Serra do Curral: Marçola, Nossa Senhora de Fátima, Nossa Senhora Aparecida, Nossa Senhora da Conceição, Novo São Lucas e Santana do Cafezal.

Desde novembro de 2012, em virtude do “Relatório de Risco Geológico no Local ‘Área da Fayal’ (Loteamento Parque Nossa Senhora do Rosário), localizado entre as Vilas Cafezal, Novo São Lucas e Nossa Senhora da Conceição, Região Centro-Sul de Belo Horizonte” (BELO HORIZONTE, 2012), a região foi classificada como uma área de elevado risco

geológico, sendo apontada a necessidade de remoção de centenas de famílias. Em fevereiro de 2013, a Procuradoria Geral do Município solicitou a antecipação de tutela e, desde então, os moradores vivem sob a instabilidade do despejo. No segundo semestre de 2016, a população iniciou a obra de uma escada hidráulica na lateral do talude com objetivo de desviar a água de chuva da linha central do Pomar, com isto a situação avaliada pela vistoria em 2013 mudou.

No que tange à geologia, Belo Horizonte possui território com variada constituição. De acordo com SILVA ET AL. (1995 *apud* PARIZZI et al., 2004), distinguem-se as rochas do domínio do Complexo Belo Horizonte, com rochas gnáissicas, as rochas do domínio Metassedimentar e as coberturas e mantos de intemperismo. A Vila se encontra sobre a Sequência Metassedimentar, grupo Sabará, formada principalmente por rochas do tipo xistos e filitos muito alterados de coloração variando entre rosa e amarelo (CAMPOS, 2011).

De acordo com PARIZZI et al. (2011), as rochas da Sequência Metassedimentar, principalmente representadas pelos filitos, têm seus mecanismos de ruptura dependentes da relação geométrica entre as descontinuidades dos maciços rochosos e a direção dos cortes dos taludes. Quando os cortes possuem direção oblíqua à xistosidade ocorrem processos erosivos e rupturas em cunha, responsáveis pela mudança da geometria dos taludes e desconfinamento de outras descontinuidades. A partir disso, rupturas planares e tombamentos passam a ocorrer. Quando a orientação dos cortes é paralela à orientação do plano de xistosidade processos como alívio de tensão e a ação da água nas descontinuidades promove o desplacamento de blocos e rupturas planares subsequentes.

De acordo com o Mapa Geológico de Belo Horizonte disponibilizado pelo Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero (Disponível em: <*http://www.portalgeologia.com.br/*>. Acesso em 28 de novembro de 2016), foi possível observar que o sentido de mergulho das camadas das rochas no local é de noroeste para sudeste em oposição à direção de escorregamento da encosta, o que compactua para a situação de relativa estabilidade geológica.

A sequência metassedimentar é marcada por altas declividades, variando majoritariamente entre 30% e 100%. De maneira geral, quanto maior a inclinação, menor fator de segurança. No caso do assentamento de moradias, há um maior aproveitamento dos pontos convexos da encosta, o que fornece condições pouco mais favoráveis à ocupação.

De acordo com PARIZZI et al. (2004), a precipitação média anual é em torno de 1.500 milímetros. As chuvas em Belo Horizonte tendem a ser mais intensas e frequentes no período de novembro a janeiro com os máximos de precipitação ocorrendo sobre as regiões de topografia mais elevada, correspondente à faixa da Sequência Metassedimentar (MOREIRA, 2002). A chuva é um dos principais agentes deflagradores dos deslizamentos, contribuindo para a instabilidade devido: aumento do nível de água no solo e consequente aumento do seu peso específico; geração de forças de percolação; redução da resistência do solo devido à perda de coesão aparente; infiltração de água nos vazios, gerando pressões hidrostáticas.

A partir do histórico de deslizamentos de toda Belo Horizonte entre 2011 e 2016 (BELO HORIZONTE, 2016) foi elaborada uma imagem com todos os deslizamentos, possíveis de serem localizados. Na região de estudo ocorreram quatro movimentações, todas do tipo deslizamentos, sendo que uma não pôde ser localizada, devido à falta da numeração do endereço. Na Figura 4**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, encontra-se a área de estudo delimitada pelo traço amarelo, com os “alfinetes” representando os deslizamentos.

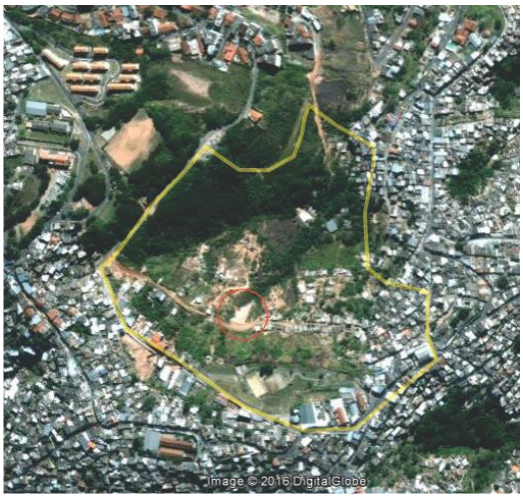
Figura 4: Deslizamentos entre os anos de 2011 e 2016 na Vila Pomar do Cafezal.

Fonte: Adaptado de Google Earth, acesso em 23 de novembro de 2016.

Além da avaliação do histórico de processos, por meio de imagens aéreas, foi possível acompanhar o local e identificar eventuais movimentações, ao longo do tempo. No caso da Vila Pomar do Cafezal, foram obtidas imagens aéreas do *Google Earth* desde o ano de 2002 e

observou-se o que poderia ser uma cicatriz de deslizamento (região delimitada pelo círculo vermelho), como mostra a Figura 5.

Figura 5: Cicatriz de deslizamento (ou desmatamento).



Fonte: Adaptado de Google Earth, acesso em 23 de novembro de 2016.

2.2 Metodologia

Como exposto anteriormente, neste trabalho a metodologia consiste na aplicação das fichas de vistoria dos três métodos de classificação de áreas de risco, sendo eles: PEAR (1993-2011), CAMPOS (2011) e Ministério das Cidades (2007).

Em todas as fichas foram consideradas as seguintes condições quanto à caracterização do local estudado:

- A encosta na qual se localiza a área de estudo é natural;
- A altura da encosta a jusante das edificações é de cerca de 40 metros;
- O comprimento da encosta em planta é de cerca de 75 metros;
- A inclinação é de cerca de 30º;
- O afastamento das edificações à crista é de 1 metro;
- A encosta possui vegetação de baixo a médio porte;
- Sua litologia é conformada por rochas do tipo xistos e filitos;

- As edificações possuem tipologia de alvenaria com pilar, vigas, lajes de 1 ou 2 andares e baixo padrão construtivo;
- Segundo os moradores, a fundação é do tipo estaca escavada com cerca de 5m de profundidade;
- Possui rede de esgoto aérea improvisada pelos moradores, que leva a água das edificações até a planície inferior do talude;
- Possui rede de abastecimento improvisada pela população;
- A drenagem pluvial é precária;

De acordo com o histórico do local, a região possui predisposição a deslizamentos e um indicativo recente deste processo que pôde ser observado em vistoria. Quanto à presença de agentes potencializadores, a região possui concentração de água pluvial na Rua Sustenido, que não é pavimentada, e presença de lixo/entulho.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados para o PEAR (1993), CAMPOS (2011) e BRASIL (2007), foram nível de risco alto, com as seguintes recomendações aos moradores: não expandir edificações, remover entulhos, monitorar o local, solicitar nova vistoria caso modifique o quadro e realizar obras de canaletas de drenagem e remoção de entulho na Rua Sustenido. Este laudo foi dado considerando que os agentes potencializadores são pontuais e de fácil solução. A encosta possui vegetação de baixo a médio porte (um pomar) o que contribui para sua estabilidade superficial. A cicatriz de deslizamento representou um fator importante na classificação, e, portanto deve ser monitorado constantemente. Na linha da cicatriz não existem edificações assentadas, o que de certa forma, resguarda a população local.

As classificações altas obtidas possuem descrições que se assemelham: consideram que o processo já está instalado e que é possível observar indícios de seu desenvolvimento (sinal/feição/ evidência (s) de instabilidade); consideram o processo de instabilização em desenvolvimento, mas é possível monitorar sua evolução; consideram que, mantidas as condições existentes, é possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas. Além disto, as descrições colocam a possibilidade de

destruição de moradias em curto espaço de tempo; que os condicionantes geológico-geotécnicos e morfológicos (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de movimentação.

Em todos os três estudos foram utilizados métodos qualitativos, que, por mais que sejam bem recomendados, ao final, se tornam reféns do julgamento e experiência do profissional que está realizando o mapeamento (FERRÃO et al., 2016).

A metodologia de CAMPOS (2011), apesar de possuir critérios melhor delineados e com um viés mais exato, não muda o formato básico da avaliação. Além disto, as descrições dos resultados finais, por serem pré-escritos e mais limitados, não conseguem abranger às diferentes realidades nas quais a metodologia poderia ser utilizada. Por exemplo, no estudo de caso, a relação entre altura e afastamento da edificação não encontra correspondência com a ficha.

Caso a análise do histórico do local e de fotografias aéreas fossem levada em conta, o grau de risco poderia ser alterado para muito alto. A cicatriz de deslizamento existente demonstra predisposição a processos e a análise das imagens aéreas juntamente com o histórico de deslizamentos reforça esta teoria. Com estas informações, fica claro que a cicatriz de deslizamento existente não representa um evento isolado no local, mas parte de processos e predisposições maiores que vêm atingindo a região em diversos episódios pontuais. Esta constatação prova que a utilização deste tipo de instrumento seria valiosa, uma vez que adiciona informações concretas e condizentes com a realidade dos locais.

O histórico da região, obtido por meio da Prefeitura de Belo Horizonte, apesar de importante na análise, não se mostrou confiável, uma vez que o formato do registro de endereços, com logradouros e números, não foi efetivo para o propósito deste trabalho. Alguns endereços não possuíam numeração e outros não puderam ser encontrados pelo *Google Earth*. Para se utilizar esta ferramenta no processo, seria interessante que o banco de dados fosse construído, não só por dados teóricos, mas também que os locais fossem registrados por meio do Sistema de Posicionamento Global (GPS). Com isto, seria possível, por exemplo, construir um mapa ao longo do tempo, onde fossem registrados precisamente os locais onde houvesse movimentação. Um bom registro facilitaria, inclusive, o processo de monitoramento dos locais.

Quanto ao uso das imagens aéreas do *Google Earth* foi observada insuficiência na qualidade das imagens. A partir das imagens apresentadas neste trabalho, é possível perceber que as mesmas não seguem um padrão de luminosidade, sendo algumas muito claras e outras escuras, além de possuírem elevada granulação, o que dificulta a identificação e delimitação de possíveis processos. Para se utilizar esta ferramenta, seria de suma importância o investimento em fotografias aéreas de melhor qualidade.

A escolha pela utilização de métodos qualitativos isolados deixa passar informações importantes que não seriam deixadas, caso também se utilizassem tecnologias e métodos quantitativos (investigações no sobsolo, estudos geológico-geotécnicos, modelagens). Por exemplo, para se determinar a conformação geológica da área de estudo, foram utilizados mapas geológicos que, apesar de serem ferramentas importantíssimas, não conseguem abranger todo o escopo de informações necessárias de serem coletadas em áreas de risco. A situação se torna ainda mais delicada quando se trata de áreas com alta vulnerabilidade social.

A Vila Pomar do Cafezal se localiza numa região conformada geologicamente por filitos, que, como exposto neste trabalho podem sofrer desplacamento, rupturas planares e tombamentos. Como também apresentado, o sentido de mergulho das rochas na encosta compactua para a estabilidade geológica do maciço. O problema é que esta situação é teórica. Os filitos podem se encontrar com um sentido de mergulho em um local e dois metros ao lado, se encontrar em outra posição. A situação do subsolo, só pode ser realmente verificada e confirmada por meio de investigações práticas, que transformam especulações em dados concretos, como sugere a própria NBR 11.862/1991.

Nas metodologias apresentadas aqui, tanto os parâmetros avaliados, quanto os resultados obtidos se mostraram condizentes com a realidade do local. Porém, eles não são palpáveis. Quando o estudo das áreas de risco depende fortemente da vistoria (ou se dá apenas no âmbito dos estudos preliminares) e não apresenta parâmetros bem delineados, caso o vistoriador seja menos afeito aos riscos, o local pode obter uma classificação diferente do que obteria por um vistoriador mais cuidadoso. É possível, ao final da análise que um avaliador acredite que alguma característica é altamente grave, enquanto outro acredite que a situação é controlável. As incertezas e inexatidões referentes à percepção individual do risco só podem

superadas com dados obtidos por meio de investigações, experimentos, modelos, dados numéricos, tecnologias (como o GPS e as fotografias aéreas) e diretrizes especificas.

Por fim, e não menos importante, neste trabalho foi feita uma breve discussão sobre as metodologias de classificação de áreas suscetíveis a deslizamentos. Na prática, entretanto, para além de metodologias adequadas, existe a dimensão social do problema, que não deve ser deixada de lado. Grande parte dos condicionantes dos deslizamentos como o acúmulo de lixo e entulho, vazamento nas redes de água e esgoto, execução ineficiente de cortes e aterros, etc., são responsabilidade também da população. Desta forma, ela deve ser inserida em todo o processo por meio de ações educativas, dentre elas: realização de reuniões (entre a comunidade e o poder público), distribuição de cartilhas educativas, realização de atividade de educação ambiental, além de assessoria técnica. Concomitantemente, deve-se possibilitar a promoção da conscientização e emancipação políticas da população. A saída para o problema também perpassa pela atuação dos moradores se identificando como atores conformadores e responsáveis pelo próprio espaço.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Lúcio Flávio de Souza Villar, por ter incentivado e orientado meu trabalho de conclusão de curso, base para este trabalho, e por ter inspirado meus caminhos pela área da geotecnia.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA E ENGENHARIA E AMBIENTAL. **Censo de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. Coordenação Omar Bitar, São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia IPT. Divisão de Geologia, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira nº 11.682 de 1991. **Estabilidade de Taludes**. Rio de Janeiro, p. 5-6. 1991.

BELO HORIZONTE (MG). Companhia Urbanizadora e de Habitação de Belo Horizonte – URBEL. **Histórico de deslizamentos dos últimos 5 anos de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 2016.

BELO HORIZONTE (MG). Companhia Urbanizadora e de Habitação de Belo Horizonte – URBEL. **Relatório de Risco Geológico no Local Denominado 'Área da Fayal' (Loteamento Parque Nossa Senhora do Rosário), Localizado entre as Vilas Cafezal, Novo São Lucas e Nossa Senhora da Conceição, Região Centro-Sul de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 2012. 9p.

BRASIL. Ministério das Cidades e Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília, 2007.

CAMPOS, L.C. **Proposta de reanálise do risco geológico-geotécnico de escorregamentos em Belo Horizonte - Minas Gerais**. 2011. 143 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

CAMPOS, L.C.; DELGADO, L.R.; VOLPONI, I.E.Q. 20 Anos do programa estrutural em áreas de risco: avanços e retrocessos. **Urbanização e Habitação**. Cia. Urbanizadora e de Habitação de Belo Horizonte – URBEL, Belo Horizonte, v.1, p.25-30, 2014.

FERRÃO, G.V.; JUNIOR, R.G.S.; BICALHO, K.V.; JUNIOR, R.M.C.; BORTOLOTI, F.D. Aplicação de métodos quantitativos de mapeamento de deslizamento de terra nas encostas de Vitória – ES. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 18., 2016, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte. 2016.

GERSCOVICH, D. M. S., 2012, **Estabilidade de Taludes**. Ed. Oficina de Textos, São Paulo, Brasil.

LATO, M.; BOBROWSKY, P.; ROBERTS, N.; BEAN, S.; POWELL, S.; MCDOUGALL, S.; BRIDEAU, M.A.; STEAD, D.; VANDINE, D. **Site investigation, analysis, monitoring and treatment. Canadian Technical Guidelines and Best Practices related to Landslides: a national initiative for loss reduction**. Open file 8114, Geological Survey of Canada, Canada, 2016, 59 p.

MINAS GERAIS (Estado); UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERIAS; COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS (CODEMIG) - **Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero**. Mapa Geológico de Belo Horizonte. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/>. Acesso em 28 de novembro de 2016.

MOREIRA, J.L.B. **Estudo da distribuição espacial das chuvas em Belo Horizonte e seu entorno, 2002**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte, 2002. 107p.

NOGUEIRA, F.R. A curta história da gestão de riscos ambientais urbanos. **Geociênc.**, São Paulo, v. 27, n. 1, jan. 2008. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-90822008000100016&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 09 ago. 2016.

PARIZZI, M.G.; SOBREIRA, F.G.; GALVÃO, T.C.B.; ARANHA, P.R.A.; ELMIRO, M.A.T.; BEIRIGO, E.A. Processos de movimentos de massa em Belo Horizonte, MG. **Geografias**, Belo Horizonte, 2011. p. 58-87.

PARIZZI, M.G.; SOBREIRA, F.G.; GALVÃO, T.C.B.; ELMIRO, M.A.T. Chuvas e escorregamentos de taludes em Belo Horizonte, MG. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 29-43.

SILVA, A.S.; CARVALHO, E.T.; FANTINEL, L.M.; ROMANO, A.W.; VIANA, C.S. **Estudos Geológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos e Geoambientais Integrados no Município de Belo Horizonte**, 1995. In: PARIZZI, M.G.; SOBREIRA, F.G.; GALVÃO, T.C.B.; ELMIRO, M.A.T. Chuvas e escorregamentos de taludes em Belo Horizonte, MG. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 29 – 43.

SOUZA, L.A. **Diagnóstico do meio físico como contribuição ao ordenamento territorial do município de Mariana (MG)**, 2004. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Ouro Preto, 2004. 182 p.