

A Importância da Instrumentação na Estabilidade de Taludes na Cidade de Ouro Preto

Amabile C. De Carli

Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, decarli.amabile@gmail.com

Carolina de Oliveira Menezes

Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, carol.oliveira.menezes@hotmail.com

Luíza Tavares Leal

Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, luizatileal@gmail.com

Tainá Varela de Melo

Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, tainavarela@hotmail.com

RESUMO: A cidade de Ouro Preto localiza-se na região central do Estado de Minas Gerais, na extremidade sudeste da região conhecida como Quadrilátero Ferrífero e é tombada pela UNESCO como Patrimônio Histórico e Cultural da Humanidade. Ouro Preto possui uma área de risco bem tipificada com características morfológicas e geotécnicas que favorecem o acontecimento de desastres naturais por deslizamento de taludes. Deslizamento é um movimento de descida de rocha e/ou solo em declive, que ocorre na ruptura de uma superfície, na qual a maior parte do material move-se como uma massa com pequena deformação interna. Com o agravante da topografia acentuada e altos índices pluviométricos, torna-se necessário a realização de um estudo minucioso e um planejamento cuidadoso de ações para prevenir tais acontecimentos. O crescimento desordenado em áreas condenadas, cortes em locais inapropriados, alterações nos padrões de drenagem, desestabilização das encostas e remoção de vegetação faz com que parte da população encontre-se em áreas de risco, e em um cenário crítico é importante que informações sejam transmitidas de forma eficaz para que haja a preservação das vidas. A elaboração da Carta Geotécnica a partir do método de avaliação de terrenos, correlacionada aos fatores condicionantes dos escorregamentos e à distribuição temporal das ocorrências, torna possível estabelecer a probabilidade de ocorrência do perigo e representá-la, a fim de gerar as cartas de perigo e de risco. Este estudo é realizado na cidade de Ouro Preto através do mapeamento das áreas sob seus aspectos geológicos e geomorfológicos, integrado com resultados de estudos que apontam o nível de risco de desastres naturais e avalia os locais mais e menos propícios para ocupação urbana. O monitoramento instrumental da inclinação do talude, piezômetros e pluviógrafos combinados à drenagem adequada e outras medidas mitigadoras é indispensável para que a segurança das pessoas seja garantida. A síntese do estudo consiste na explicitação da atual situação da Carta Geotécnica de Risco, como a tecnologia tem acrescentado neste controle e quais medidas devem ser adotadas para minimizar os danos ao ambiente e a população, e será mostrado também as áreas mais críticas com investigação de campo e um estudo das etapas que controlam e mostram a realidade enfrentada na cidade de Ouro Preto.

PALAVRAS-CHAVE: Estabilidade de Taludes, Ouro Preto, Instrumentação.

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas que envolvem a segurança de muitas cidades no Brasil são as catástrofes relacionadas a deslizamentos de encostas. Estes são processos inerentes as transformações naturais da crosta terrestre envolvendo fenômenos geológico-geotécnicos, que incluem diversos tipos de movimentos.

Quando inserido a ação antrópica nesse contexto, podem ser acelerados e intensificados os processos, gerando situações e locais com elevado risco. Esse fator, concomitante a vulnerabilidade da área, pode propiciar fenômenos de maior ou menor dano, dependendo do comprometimento da integridade física das pessoas ou das construções. É importante ressaltar que os gastos financeiros gerados a partir de um deslizamento de terra contemplam altos investimentos de infraestrutura e obras emergenciais para minimizar os danos e recuperar o local, além do custo com a população envolvida momentaneamente e posteriormente o ocorrido. Estes elevados gastos justificam o uso de ferramentas de controle utilizadas por municípios para evitar esses tipos de catástrofes, além de incentivar a criação de planos de ocupação territorial que garantem a segurança da população.

A cidade de Ouro Preto, localizada na região central do estado de Minas Gerais, possui características climáticas, geológicas e geomorfológicas que, quando associadas, propiciam graves problemas de instabilidade geotécnica. Além dos fatores naturais, intervenções antrópicas, intervenções de exploração mineral, até os períodos posteriores de expansão, tornam a região ainda mais susceptível à ocorrência de movimentos de massa. Exposto este contexto, destaca-se a importância e necessidade da análise aprofundada e permanente da transformação do meio físico da cidade, que permita uma avaliação não só qualitativa, mas também quantitativa dos riscos associados a escorregamentos. Tal necessidade é sanada através da implantação de campanhas de monitoramento das áreas em risco, de forma que o acúmulo de informações permita a

adequada avaliação e direcionamento de medidas a serem tomadas.

2 A CIDADE DE OURO PRETO

2.1 Histórico

A cidade de Ouro Preto localiza-se na região central do Estado de Minas Gerais a 90 km de Belo Horizonte, situa-se na extremidade sudeste da região conhecida como Quadrilátero Ferrífero e é tombada pela UNESCO como Patrimônio Histórico e Cultural da Humanidade. Ouro Preto possui características climáticas, geológicas e geomorfológicas que propiciam grandes e constantes problemas de instabilidade geotécnica. Fundada em 1698, a cidade desenvolveu-se por meio da descoberta de depósitos de ouro aluvionar no final do século XVII e sua ocupação ocorreu nas áreas mais estáveis e planas, período onde pouco se considerou os aspectos geológicos, geomorfológicos e geotécnicos. Já nas décadas de 50 e 60 iniciou-se um elevado crescimento populacional e a partir dos anos 60, o crescimento da população e a necessidade de novas áreas urbanas não foram acompanhados por planejamento prévio adequado, gerando com isso uma ocupação desordenada e perigosa (Pinheiro et al., 2004), conforme pode ser visto na figura 1, a seguir.



Figura 1. Cidade de Ouro Preto (Foto: Andréa Dias).

Além dos fatores naturais, intervenções antrópicas extremamente predatórias, registradas desde a época de instauração do núcleo urbano, com as intervenções de

exploração mineral, até os períodos posteriores de expansão, geram um quadro problemático em relação à segurança da população e das estruturas, tornando, também, a região ainda mais susceptível à ocorrência de movimentos de massa. Dessa forma, a cidade de Ouro Preto se expandiu sobre áreas de maior risco geológico.

2.2 Características geológicas, geotécnicas e climáticas

O clima é marcado pela elevada pluviosidade, concentrações marcadas entre os meses de Outubro e Março. As características básicas são de um clima tropical de montanha, em que a baixa latitude é compensada pela altitude e conformação orográfica regional (Carvalho, 1982). De acordo com Köppen e Geiger (1939) a temperatura média anual é de 19.3°C e a pluviosidade média anual de 1553mm. O gráfico de temperatura média e pluviosidade média x meses do anos para a cidade de Ouro Preto/MG pode ser visto na figura 2.

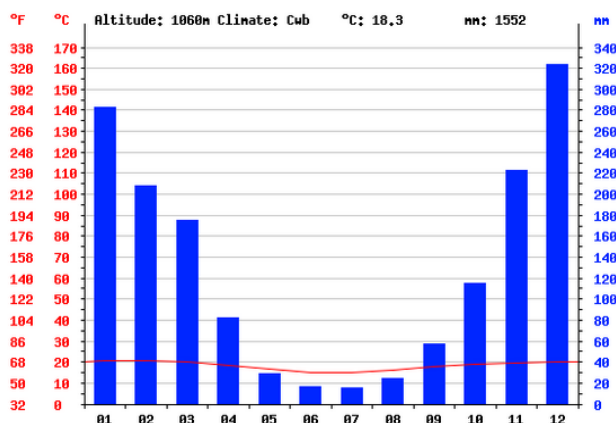


Figura 2. Gráfico de Temperatura média e Pluviosidade média x Meses do anos para a cidade de Ouro Preto/MG (KÖPPEN E GEIGER, 1939).

A morfologia local caracteriza-se por altas montanhas de desenvolvimento linear, áreas aplainadas com altitudes diversas e vales alongados, muitas vezes bem encaixados. Cerca de 40% da área urbana exibe feições com declividades entre 20 a 45% e apenas 30% com declividades entre 5 e 20%. Zonas escarpadas são comuns em toda a área urbana (Carvalho, 1982). As litologias caracterizam-se por apresentar, além da foliação metamórfica marcante, descontinuidades planares (falhas e

fraturas), que influenciam profundamente seu comportamento geotécnico. O estado de alteração e o intenso fraturamento das rochas contribuem ainda mais para o fraco comportamento geotécnico dos terrenos locais (Castro et al., 2012).

2.3 Tendência à Ocorrência de Escorregamentos

A elevada complexidade geológica e geomorfológica forma o cenário de potenciais mecanismos de movimentos de massa e impactos sobre a infraestrutura local, os monumentos históricos e a população assentada ao longo das encostas. Ao mesmo tempo, a declividade, a forma das encostas e a litologia da referida cidade, bem como os eventos pluviométricos ao se associarem à ação antrópica inadequada, acabam por induzir inúmeros eventos de movimentos de massa.

O valor mínimo de precipitação acumulada necessária para provocar a ruptura das encostas de Ouro Preto é de 22,0 mm de chuva num período de cinco dias, o qual pode ser utilizado como parâmetro para tomada de decisões em um plano de monitoramento dos movimentos de massa.

A probabilidade de ocorrência de escorregamentos e processos correlatos é estimada a partir da identificação e análise de feições e características do terreno, indicadoras de maior ou menor grau de suscetibilidade, combinadas a observações sobre as formas de uso e ocupação do terreno.

Assim, os principais fatores que contribuem para a ocorrência dos escorregamentos são os relacionados com a geologia, geomorfologia, aspectos climáticos e hidrológicos, vegetação e ação do homem relativa às formas de uso e ocupação do solo (Fernandes & Amaral, 1996).

3 MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE

A ação antrópica associada às condições geológicas-geotécnicas encontradas na região urbana de Ouro Preto são desfavoráveis e colaboram para a ocorrência dos

escorregamentos, conforme observa-se na figura 3. Mesmo sendo a vida humana o bem mais precioso a ser protegido, há também a preocupação perante os desastres que podem disturbar a infraestrutura e destruir os monumentos históricos presentes no local.



Figura 3. Deslizamento de terra que atingiu a rodoviária de Ouro Preto em 2012 (Foto: Amadeu Barbosa).

Com o objetivo de acompanhar a evolução dos movimentos de terra em determinadas áreas é empregada a instrumentação geotécnica, sendo uma ferramenta que depende da instalação de instrumentos de medição que registra, processa, acompanha e detecta através de processos sistemáticos de dados os pontos de maior criticidade.

Existem vários tipos de instrumentos empregados no monitoramento de encostas, como: piezômetros, inclinômetros, pluviômetros, células de carga e etc. O foco será direcionado para o inclinômetro, instrumento que está instalado em encostas da cidade de Ouro Preto e auxiliam todo o serviço de detecção de pontos críticos.

3.1 Inclinômetro

O inclinômetro (figura 4) é instalado verticalmente, mede e monitora deslocamentos sub-superficiais no sentido horizontal e localiza aproximadamente a superfície de ruptura crítica que a encosta está sujeita. O seu funcionamento consiste em uma sonda (ou torpedo) na qual um pêndulo atua sobre a ação da gravidade, medindo sua inclinação em relação à vertical.

Este equipamento é dotado de dois pares de rodas, que permitem seu deslocamento ao longo

do tubo, para tomada de leituras que são efetuadas em profundidade. O tubo dispõe de quatro ranhuras internas longitudinais e diametralmente opostas, que servem de guia para o deslocamento das “rodas do torpedo”, permitindo seu deslocamento controlado. As leituras são registradas através de uma unidade digital móvel, que se instala em superfície e permitem quantificar a movimentação do tubo que por meio de um transdutor converte a inclinação em sinais elétricos.

A leitura de referência é a primeira leitura realizada, que define a condição inicial e serve de base para as leituras seguintes de acompanhamento.

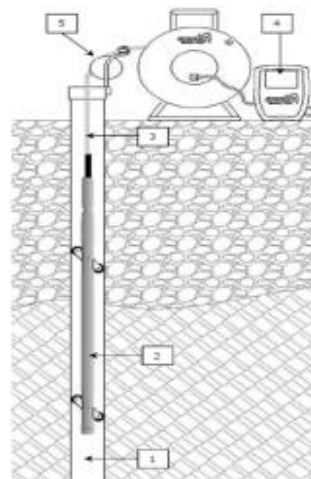


Figura 4. Esquema ilustrativo do Inclinômetro (Manual SISGEO).

A cidade de Ouro Preto conta com 15 inclinômetros localizados em diversos pontos do seu Centro Histórico que vem sendo instalados desde o final da década de 70.

3.2 Etapas de Monitoramento e Controle

As etapas de monitoramento de controle da estabilidade de taludes consistem em uma análise e monitoramento das áreas de risco do Centro Histórico de Ouro Preto – MG.

As etapas de análise se darão da seguinte forma:

- Recuperação de dados históricos (obras e intervenções) das áreas de interesse junto ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN).
- Instalação dos inclinômetros para

monitoramento das áreas.

- Leitura, geração e interpretação de gráficos dos dados obtidos através dos inclinômetros com o uso de programas específico, como Slope Indicator e SISGEO.
- Inspeção visual para acompanhamento da área em estudo.

Com os resultados obtidos através da execução das etapas mencionadas acompanha-se a transformação do meio físico da cidade. Essa análise permite uma avaliação qualitativa e quantitativa dos riscos associados a escorregamentos, de modo que medidas de controle e prevenção possam ser tomadas.

4 CARTA GEOTÉCNICA DE RISCO

A Carta Geotécnica de Risco é uma ferramenta que auxilia e ajuda a definir diretrizes e providências de serviços preventivos e corretivos que os municípios devem realizar em conjunto com a defesa civil em prol da segurança da população.

Define diferentes graus de risco à escorregamentos e inundações de uma área já ocupadas ou não, através de diferentes cores e traz informações importantes quanto à geotecnia e vulnerabilidade do local (padrão construtivo das residências, qualidade da infraestrutura local e capacidade da população em enfrentar situações de risco), conforme pode ser observado na figura 5.

Em Ouro Preto, a lei complementar nº 93 de 20 de janeiro de 2011, define e recomenda que a ocupação e uso do solo urbano, não haja loteamento em terrenos com declividade igual ou superior a 30%, salvo se forem atendidas exigências específicas das autoridades competentes.

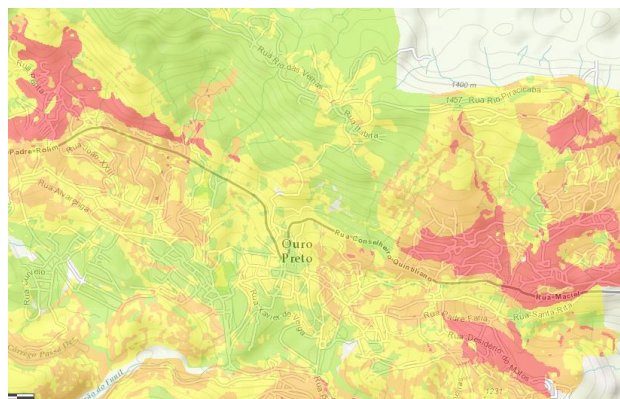


Figura 5. Carta Geotécnica de Ouro Preto (Instituto Geotécnico - IGEO).

O uso das cores diferentes para cada nível de risco torna muito simples o entendimento do mapa de riscos. A cor verde significa risco baixo, não há indícios de processos de instabilização de encostas e em margens de drenagens, sendo raros o registro de eventos nestes locais. A cor amarela indica risco médio, observando a existência de algumas evidências de instabilidade em estágio inicial de desenvolvimento, sendo médias as possibilidades de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas. A cor laranja mostra risco alto e apresenta significativas evidências de instabilidade em pleno desenvolvimento (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, marcas d'água em paredes e muros e erosão dos cursos d'água), sendo estas condições mantidas é perfeitamente possível a ocorrências de eventos destrutivos. A cor vermelha alerta o risco muito alto, esta mostra evidências de instabilidade muito expressivas e estão presentes em grande número e magnitude (além dos problemas anteriormente citados também há presença de árvores ou postes inclinados), é a condição mais crítica e necessita intervenção imediata para evitar o evento indesejado de escorregamento.

As atitudes mais importantes a serem tomadas, caso não haja a possibilidade de mudar as pessoas em risco de local, é a disseminação da informação para que danos sejam minimizados. Além disso, o município deve intervir com obras de infraestrutura, drenagem e de contenção de taludes, para que sejam oferecidas soluções de engenharia em prol da segurança da população.

5 CONCLUSÃO

As campanhas de monitoramento com o uso de inclinômetro constituem importante ferramenta para quantificação dos deslocamentos em profundidade e, conseqüente, avaliação das condições de deformação dos maciços em estudo.

Os registros periódicos permitem a interpretação da evolução dos processos de movimento de massa e apesar dos poucos dados históricos disponíveis, os resultados apresentam consistência e demonstram que o processo de movimentação de massa ocorre ao longo do tempo, isto comprova a relevância das campanhas permanentes de monitoramento, o que permite aferir, além da magnitude destas deformações, as principais causas de sua ocorrência. Recomenda-se a continuidade dos monitoramentos para consolidação do banco de dados e aperfeiçoamento do processo de caracterização das condições de campo

Os dados obtidos pela instrumentação viabilizam as intervenções que a cidade em questão deve realizar, pois estabelecem bases concretas para que haja tomadas de decisões com embasamentos confiáveis e seguros. Sempre deve-se procurar a melhor solução para cada problema em específico, e o uso correto destas ferramentas de controle possibilita haver uma visão holística e sistemática da realidade que o município vive e garante que as ações corretas sejam realizadas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos pais, amigos pessoais e professores da Universidade Federal de Ouro Preto que sempre nos apoiaram e nos deram forças para seguir objetivos e alcançar sonhos.

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá”.

Ayrton Senna.

REFERÊNCIAS

- Castro, J. M. G.; Sobreira, F. G.; Gomes, R. C.; Gomes, G. J. C. 2012. Proposição de procedimento preventivo de riscos geológicos em Ouro Preto - BR com base em histórico de ocorrências e sua correlação com a pluviosidade. PPEGeo. Revista brasileira de geociências. Vol 42. São Paulo.
- Carvalho, E. T. 1982. Carta geotécnica de Ouro Preto. Dissertação de Mestrado. Universidade Nova Lisboa. Lisboa.
- Fontes, Michel Moreira Morandini. Contribuição para o desenvolvimento da metodologia de análise, gestão e controle de riscos geotécnicos para a área urbana da cidade de Ouro Preto [manuscrito] / Michel Moreira Morandini Fontes - 2011.
- Instituto Geotécnico. 2015. Disponível em: <<http://www.igeo-op.com.br/carta-geotecnica.html>>. Acesso: 05/02/16. 14:56.
- Instituto Geotécnico. 2015. Disponível em: <http://www.igeo-op.com.br/crbst_6.html>. Acesso: 07/02/16. 17:14.
- Köppen, W.; Geiger R. Handbuch der Klimatologie, Berlin: G. Borntraeger, 1939. 6v.
- Magalhaes, P. (UNIPAC) ; Ferreira Neto, J.A. (UNIPAC) - Análise de escorregamento de encosta em Ouro Preto para minimizar eventos semelhantes em tempos futuros. www.sinageo.org.br/2014/trabalhos/1/1-517-1361.html (acesso em 18/01/16).
- Ouro Preto. 2011. Lei Complementar nº93 de 20 de Janeiro de 2011. Lei que estabelece normas e condições para o parcelamento, a ocupação e o uso do solo urbano no Município de Ouro Preto – MG.
- Pinheiro, A. L., Sobreira, F.G.; Lana, M.S. 2004. Riscos geológicos na cidade histórica de Ouro Preto. In: Simpósio brasileiro de desastres naturais. Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. P.87-101. (CD-ROM).
- User Manual - Vertical Inclinometer Probe. Disponível em: <<http://www.sisgeo.com>>. Acesso: 07/02/16. 14:20.