

Escorregamentos durante estações chuvosas de Belo Horizonte

Maria Giovana Parizzi (UFMG/ IGC) email: giece@uai.com.br
Joana Maria Drumond Cajazeiro (UFMG/ IGC) email: joanamdc@yahoo.com.br
Christiano Alves Nogueira (UFMG/IGC) email: christianogeo@ig.com.br
Rodolfo Tomich Sena (UFMG/IGC) email: rstomich@ig.com.br
Roberta Nunes Guimarães (URBEL/PBH) email: robertanunesg@yahoo.com.br
Cristiane Silva Sebastião (URBEL/PBH) email:csanctis@pbh.gov.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é estabelecer correlações entre chuvas e escorregamentos na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, através da análise dos períodos chuvosos 2006/2007 e 2007/2008. Para isso, foram instalados pluviômetros e tensiômetros em duas regionais consideradas áreas de risco em Belo Horizonte: a regional noroeste, com predominância de solos residuais de gnaiss e a regional leste, caracterizada pela presença de filitos alterados. A utilização destes aparelhos auxilia na compreensão das diferenças nas dinâmicas locais de instabilização de taludes, uma vez que fornece dados de intensidade de chuva de meia em meia hora de cada uma das duas regionais e dados de potencial matricial de distintas profundidades e em diferentes taludes das áreas. A utilização conjunta destes dois equipamentos possibilita a obtenção de dados importantes para o desenvolvimento de sistemas de alerta. Enquanto os pluviômetros registram as precipitações responsáveis pelas instabilizações, os tensiômetros, através do potencial matricial dos solos, exibem o momento em que os solos estão saturados, em decorrência das precipitações monitoradas. Alguns resultados mostraram claramente a relação inversa entre o potencial matricial do solo e a taxa de precipitação. Como altos valores de potencial matricial relacionam-se a maiores resistências coesivas dos terrenos, constatou-se que a regional Noroeste possui menor susceptibilidade natural de seus solos a escorregamentos que a regional Leste. Tal resultado também foi confirmado pela análise das chuvas em relação às ocorrências do período chuvoso 2006/2007. Um total de 434 ocorrências de escorregamento foram registradas neste período, sendo que 132 instabilizações ocorreram na regional Leste, 41 na regional Noroeste e as 284 restantes distribuídas nas outras sete regionais de Belo Horizonte. Os resultados obtidos pela pesquisa estimularam uma parceria entre a UFMG e a URBEL-PBH, que resultou na instalação de mais 10 pluviômetros distribuídos nas diferentes regionais do município. A leitura destes pluviômetros vem demonstrando que a chuva no município não é uniforme em intensidade nem em quantidade, o que torna o monitoramento das diferentes taxas pluviométricas um ponto importante a ser considerado para decisão do momento de atuação da defesa civil em cada área de risco.

Palavras-chave: chuvas, escorregamentos, Belo Horizonte

Abstract

The purpose of this research is to establish the correlation between rain and landslides that occurred in Belo Horizonte city, Minas Gerais State, Brazil. Great area of Belo Horizonte city is prone to landslides. The inadequate human occupation makes this situation worse than it already is. Two areas with different geology aspects and considered landslides risk areas were monitored during the two last rainy seasons (2006-2007 and 2007/2008). Two pluviographs were installed in each area that allowed the correlation between the pluviosity data and the landslides occurrences. During the rainy season of 2006/2007 the total

of 434 landslides was registered, 132 occurred at the east area of the city, 41 at the Northwest area and the last 284 occurrences were distributed between other seven areas of Belo Horizonte. It was possible to notice that the rain intensity on this period was higher than usual, and that the intense rainstorms for periods as short as several hours are more responsible for triggering landslides than the accumulation of pluviosity due moderate rain for several days. Punch tensiometers were installed in different soils in order to verify the change of soil suction values during the rain. Suction values are related to soil resistance parameters such as cohesion. Daily measures were done during January and February (2007). Some results exhibits an inverse relation between suction and precipitation rates and this relation will change according to the depth and time interval between the last measure and the last rain. High suction values corresponds to higher cohesive soil values, so tensiometers may be considered simple and inexpensive instruments that can help the prevention and monitoring of landslides. The observation of tensiometers indicated that the gneiss residual soils of the northwest area are more resistant to slides than talus and phyllites residual soils of the east area, with its higher elevations. For these reasons, the east area is more susceptible to landslides. Actually ten more pluviographs were installed by URBEL (PBH) in others 8 regions and now it is possible to make accuracy investigations.

Keywords: rain, landslides, Belo Horizonte

1. Introdução

Este artigo refere-se a resultados parciais do projeto “Avaliação de escorregamentos de encostas do Município de Belo Horizonte”, financiado pela FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais), com o objetivo de estabelecer correlações entre chuvas e escorregamentos na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais.

Para monitorar o período chuvoso 2006/2007 e 2007/2008 foram instalados pluviógrafos e tensiômetros em regionais de Belo Horizonte, com presença predominante de filitos alterados (regional Leste) e solos derivados de gnaiss (regional Noroeste). Ambas apresentam susceptibilidade natural a movimentos de massa, que é potencializada pelo uso e ocupação desordenados.

Com a instalação dos pluviômetros foi possível adquirir a intensidade das chuvas em intervalos de tempo de meia em meia hora. Tais dados foram correlacionados aos dados de escorregamentos e às leituras dos tensiômetros locais, feitas diariamente, com o propósito de conhecer o comportamento dos terrenos das regionais Leste e Noroeste em relação às diferentes características de chuvas e número de dias de seca. Os pluviômetros fornecem a variação da sucção ou potencial matricial dos solos, o que demonstra a dinâmica local de coesão do solo ao longo do período chuvoso. Este trabalho foi feito em parceria com a prefeitura de Belo Horizonte (PBH), que forneceu os dados de ocorrências de escorregamento dos períodos chuvosos em

estudo. A correlação dos dados de chuva, escorregamentos e de potencial matricial das duas regionais da capital teve como propósito iniciar o monitoramento de algum padrão de pluviosidade associada aos movimentos de massa.

Esta análise é de grande relevância para o município, pois os movimentos gravitacionais de massa são processos geodinâmicos freqüentes em Belo Horizonte, que acarretam prejuízos sociais e econômicos a cada período chuvoso. Estas informações, além de ampliar o banco de dados de monitoramento das áreas de risco, geram o aperfeiçoamento do sistema de alerta do município, por meio do estabelecimento de parâmetros locais, podendo, a defesa civil, dessa maneira, focar sua atuação de acordo com as especificidades de cada regional. Esses benefícios serão maiores ainda, visto que os resultados do trabalho motivaram a aquisição de mais dez pluviógrafos pela prefeitura, distribuídos por todas as regionais do município.

2. Metodologia

A metodologia empregada na pesquisa consistiu na análise dos dados de chuva dos períodos chuvosos 2006/2007 e 2007/2008 das regionais Leste e Noroeste de Belo Horizonte, consideradas áreas de risco, e de sua correlação com os escorregamentos e com os dados de potencial matricial. Para tanto, foram feitos trabalhos de campo para a identificação dos locais mais propícios, de acordo com características geotécnicas, meteorológicas e de segurança, para a instalação dos pluviômetros e tensiômetros.

O potencial matricial fornecido pelos tensiômetros possui estreita relação com as chuvas e escorregamentos, visto que ele estabelece uma relação dinâmica entre a água que infiltra no solo e a coesão do mesmo. Este equipamento tem um medidor de pressão capaz de detectar a energia com que a água é retida no solo. Segundo REICHARDT (1985), o potencial matricial é o resultado de forças capilares e de adsorção que surgem da interação entre a água e as partículas sólidas (matriz do solo). A relação entre o potencial matricial e a tensão de cisalhamento pode ser adquirida pela equação Mohr-Coulomb.

Os tensiômetros foram instalados em profundidades variadas (30cm, 45cm, 90cm e 100cm), para que os valores de sucção de diferentes níveis de solo fossem estudados. As leituras do potencial matricial foram realizadas em ciclos da seguinte maneira: os tensiômetros foram preenchidos de água até a borda e lacrados. Depois disso, medidas diárias da variação dos valores de tensão foram coletadas, até que toda a água de seu interior fosse succionada pelo solo (final do

ciclo). Por meio de tais ciclos, em que os dados foram coletados diariamente entre janeiro e fevereiro de 2007, foram gerados gráficos. Em cada coleta de dados anotou-se a data e o horário de medida, para poder-se, dessa maneira, fazer a correlação dos mesmos com os índices pluviométricos dos dias monitorados. A variação do potencial matricial de cada dia foi correlacionada à soma dos dados pluviométricos iniciados uma hora antes da coleta anterior e terminados uma hora antes da coleta atual, para que fosse computada somente a chuva que conseguiu infiltrar no talude em questão.

Os dados de chuva foram correlacionados aos dados de escorregamentos, fornecidos pela URBEL-PBH (Cia urbanizadora de Belo Horizonte, PBH). Para se chegar aos resultados, foi feita uma triagem em que foram contabilizados somente os dados de escorregamento das duas regionais em estudo. Após isso, as ocorrências foram separadas por regional e por data e, desse modo, foram associadas às chuvas do dia em questão, além do somatório de quatro dias de chuva acumulada, (padrão proposto por Almeida *et al* (1993)). Ainda por meio dessa listagem, foram selecionados alguns movimentos de massa para serem analisados seus aspectos lito-estruturais através de campos.

3. Resultados

Período chuvoso 2006/2007:

De acordo com os dados da URBEL, o período chuvoso 2006/2007 teve um total de 434 ocorrências de movimento de massa com registro da data do evento. Deste total, 272 (62,67%) foram registradas entre os dias 29/11/2006 e 01/12/2007 (dias de chuva excepcional). Do total de 434 ocorrências registradas, 132 instabilizações ocorreram na regional Leste e 41 na regional Noroeste, apesar de esta segunda ter apresentado maior índice pluviométrico que a primeira (ver figura 1).

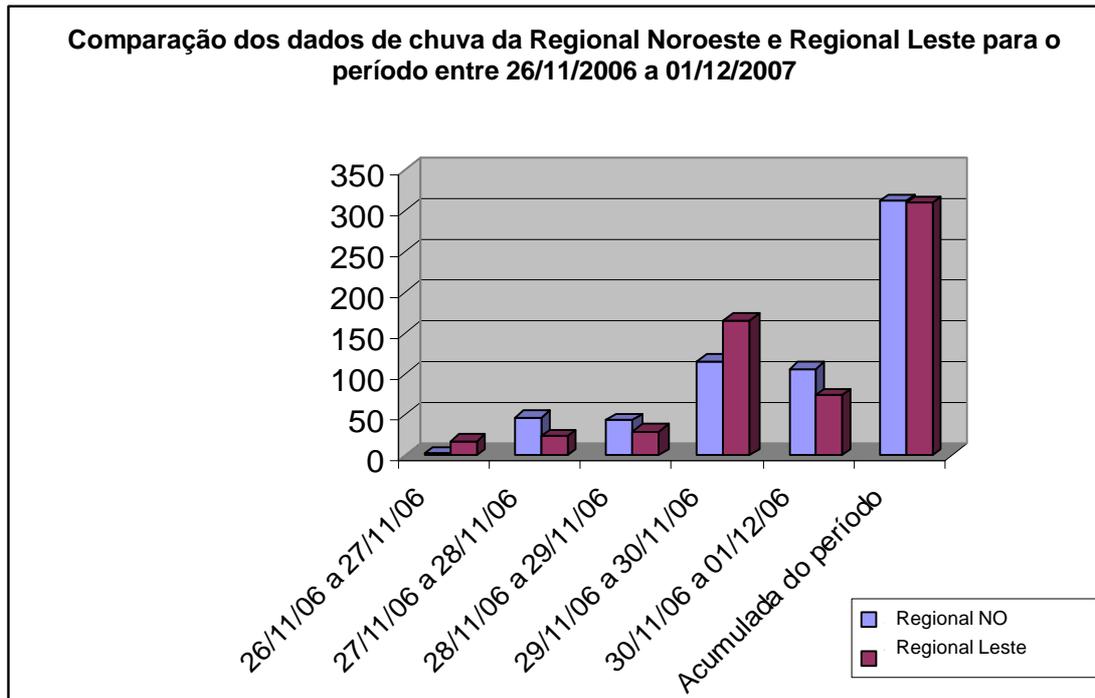


Figura1: Gráfico comparativo de pluviosidade entre os dias 26/11/06 a 01/12/06 das regionais Leste e Noroeste

Nos períodos chuvosos analisados houve discrepâncias em relação ao tipo de pluviosidade que geralmente ocorre em Belo Horizonte, pois tiveram poucos eventos de chuva prolongados. Isso fez com que as ocorrências de escorregamento ficassem associadas predominantemente a eventos de chuva excepcional. Mas, mesmo com esta associação, percebeu-se grande diferença no número de ocorrências das duas regionais, o que demonstra a grande influência de fatores geotécnicos para o desencadeamento deste tipo de fenômeno, bem como a importância da utilização dos tensiômetros para se melhor conhecer estes comportamentos.

Pela análise dos tensiômetros chegou-se, em grande parte dos gráficos gerados, a uma relação inversa entre a quantidade de chuva e o potencial matricial. Isso significa que quanto maior a pluviosidade menor as forças de adsorção e a capilaridade do solo. Ou seja, menor sua coesão. O contrário ocorre nos dias em que não chove: aumenta-se a capilaridade e a adsorção do solo, o que imprime maior coesão ao solo, isso até o momento referente aos últimos segmentos dos gráficos, que correspondem à perda completa da água do aparelho, zerando sua pressão interna. Por esse motivo, tais segmentos foram desprezados das análises.

Apesar da relação inversa encontrada na maior parte dos gráficos, é importante ressaltar que tal comportamento não foi encontrado em todas as análises. Isso, porque outros parâmetros interferem na resposta. A altura em que ele foi implantado no solo, por exemplo, faz com que a resposta às chuvas seja mais demorada quanto maior for sua profundidade, isso porque a frente de saturação demora algum tempo para descer no perfil do solo. O intervalo entre a chuva e a leitura propicia o mesmo comportamento, pois quanto maior este tempo, maior a profundidade alcançada pela frente de saturação. O avanço da frente de saturação depende da permeabilidade do solo e da quantidade de chuva. Se seu deslocamento é lento o solo fica com elevado grau de saturação e maior será sua susceptibilidade a escorregamentos.

Período 2007/2008:

O período chuvoso 2007/2008, de acordo com dados da URBEL, totalizou 201 ocorrências de escorregamentos datadas, sendo 74 destas registradas na regional Leste (36,8%) e 22 na regional Noroeste (10,94%). O mês com maior número de ocorrências foi janeiro, com 112 movimentos de massa registrados, seguido de dezembro, com 34 registros. A maior parte dos escorregamentos das regionais analisadas se deu nos dias 29/01, 30/01, 31/01 e 01/02, (correspondente a 42,8% do total de escorregamentos do período chuvoso na regional Leste e 68,18% da regional Noroeste (ver na Tabela 1). Ou seja, uma confirmação do padrão apresentado para o período chuvoso 2006/2007: uma correlação dos dados de movimentos de massa com eventos de chuva excepcional na capital mineira.

<i>Tabela1 - Associação das ocorrências do período chuvoso 2007-2008 das regionais Leste e Noroeste por dia por regional com a pluviosidade diária local</i>				
Data	Regional Leste ocorrências	mm chuva diária	Regional Noroeste ocorrências	mm chuva diária
18/10/07	1	0,0		0,0
09/11/07	1	21,2		24,2
18/11/07	1	0,0		0,0
20/12/07	2	0,0		91,6
21/12/07	5	0,0		25,6
23/12/07		0,0	1	55,4
24/12/07	4	0,0	1	1,8
02/01/08	2	0,0		0,0
08/01/08	1	0,0		0,0
20/01/08	1	40,4		31,2
22/01/08	3	22,0		14,0
23/01/08	1	0,8		0,4
25/01/08	2	2,4		6,8

29/01/08	5	15,0	3	6,8
30/01/08	29	76,4	7	100,8
31/01/08	14	30,4		27,2
01/02/08		0,2	5	0,0
04/02/08		52,6	1	6,0
05/02/08	1	4,8	1	4,4
29/02/08		0,0	1	0,0
11/03/08		20,4	1	18,6
16/03/08		27,4	1	18,2
22/03/08	1	0,0		0,0
TOTAL	74		22	

4. Resultados Gerais:

A utilização conjunta dos pluviômetros e tensiômetros mostrou a possibilidade de monitoramentos específicos de acordo com as características próprias de cada regional, visto que as chuvas se mostraram diferentes em quantidade e intensidade. O comportamento da variação do potencial matricial do solo com a pluviosidade de ambas as áreas de estudo também foi diverso, resultando que os solos de gnaiss da regional Noroeste são mais coesos que os filitos alterados da regional Leste.

5. Conclusão

A utilização conjunta dos pluviômetros e tensiômetros possibilitou a obtenção de dados importantes no desenvolvimento de sistemas de alerta locais para o município de Belo Horizonte.

Os pluviômetros são responsáveis pelo registro das taxas pluviométricas responsáveis pelas instabilizações. Já os tensiômetros, através do potencial matricial dos solos, exibem o momento em que os solos estão saturados, em decorrência das precipitações monitoradas. Este momento é de grande importância, pois sinaliza a perda de coesão do solo. Assim, associar taxas pluviométricas potencialmente causadoras de movimentos de massa ao potencial matricial do solo, que indica a proximidade do momento de perda de coesão do solo, pode ser uma forma mais eficiente de monitoramento de áreas de risco, visto que se baseia em critérios locais, de acordo com suas especificidades.

6. Considerações Finais

Devido aos resultados obtidos pela pesquisa terem sido considerados positivos pela PBH, foi feita uma parceria entre a UFMG e a URBEL, que resultou na instalação de mais 10 pluviômetros distribuídos nas diferentes regionais do município, que já iniciaram seu

monitoramento no período chuvoso 2007/2008. A leitura destes pluviômetros reafirma a ausência de uniformidade das chuvas no município, fazendo com que, por meio destes, a atuação da defesa civil possa se dar de maneira mais eficiente. Seria ideal que cada regional também implantasse um sistema de monitoramento por tensiômetros, que poderia ter sua leitura feita pelos NUDECs (núcleos de defesa civil), a fim de ampliar o conhecimento sobre a dinâmica de instabilização de taludes na capital mineira como um todo.

7. Referências

Almeida, M. C. J., Nakazawa, A., Tatizana, C. (1993). Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos no Município de Petrópolis, RJ. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Poços de Caldas, 7 (2): 129 – 133.

Castro, J. M. G. (2006). Pluviosidade e Movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto. Dissertação (mestrado em Engenharia civil) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Fundação Instituto de Geotécnica do município do Rio de Janeiro (RJ). (2000) Manual técnico de encostas. 2. ed. Rio de Janeiro: GEORIO.

Guidicini, G., Iwasa, O. Y. (1976). Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. 48p. (Publicação n° 1080).

MG Tempo – PUC Minas (2007). Período chuvoso em Belo Horizonte 2006 / 2007. (Org: Reis R. J.; Simões, T. K. De S. L.). Relatório do Convênio MG-Tempo PUC Minas/PBH, 34p.

Moraes N.B., Medeiros J.F., Levien S.L.A. (2004). Avaliação de tensiômetros com câmara de ar usando leitura direta e tensímetro. CAATINGA, Mossoro-RN, v17, n 2, P.64-69.

Moreira, J. L. B.; Abreu, M. L. (2002). Universidade Federal de Minas Gerais. Estudo da distribuição espacial das chuvas em Belo Horizonte e em seu entorno [manuscrito]. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais.

Nimer, E. (1979) Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, SUPREN. 421p.

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.

Reichardt, K. (1985). Processos de transferência no Sistema Solo- Planta-Atmosfera. 4ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 445p.

Santos, A. R.; Associação Brasileira de Geologia de Engenharia ambiental; Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. (2002). Geologia de engenharia: conceitos, método e prática. São Paulo: ABGE/IPT.

Vargas, M. (1981). Introdução à mecânica dos solos. São Paulo: McGRAW-Hill do Brasil. 509 p.

AGRADECIMENTOS

À **FAPEMIG** (Fundação de amparo à pesquisa de Minas Gerais) pelo financiamento do projeto de número CRA- 1191-05.

A toda equipe da **URBEL** (PBH) pelas informações disponibilizadas e atenção dispensada nos trabalhos de campo.

À **COPASA**, pelo espaço cedido para o pluviógrafo.