

Monitoramento geodésico aplicado à Área do Entorno de uma Dolina em Bocaiuva do Sul – PR

Marco A. Nadal ¹
Fabiani D.A. Miranda ¹
Érica S. Matos ²
Niarkios L.S. Salles Graça ²
Prof. Dr. Luis A. Koenig Veiga ¹

¹ UFPR – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
81.531-970 Curitiba PR
marco_nadal@yahoo.com.br
{fabi.miranda, kngveiga}@ufpr.br

² UFPR - Depto. de Geomática
81.531-970 Curitiba PR
ericamatos@ufpr.br
niarkiosnl@hotmail.com

Resumo: A ocorrência de um acidente pode ou não caracterizar um fato isolado. Outros tantos podem ser causados em função do primeiro. Em tais circunstâncias, o conhecimento de métodos e técnicas que permitam analisar adequadamente a situação, proporcionando uma otimização de recursos humanos especializados, diagnósticos precisos e a operação de monitoramento ou determinação de coordenadas de forma rápida e segura, torna-se um fator decisivo para a solução do problema, impedindo que problemas adicionais ocorram, minimizando dessa forma os danos causados por tal incidente. É dentro desse contexto que esse artigo pretende expor o processo de atendimento a um desastre natural: área de entorno de uma Dolina, no município de Bocaiúva do Sul – PR.

Palavras chaves: Monitoramento Geodésico, Desastres.

Abstract: This document shows, like an example, the style to be used for all papers for the 'Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário' (COBRAC). Models of this text in Word 97, WordPerfect Versões 6-8 and HTML can be copied from the Internet WEB-page <http://cobrac.ufsc.br>

Keywords: COBRAC, Instructions for authors

1 Introdução

O uso de monitoramento geodésico em atendimento à desastres vem ganhando importância no âmbito científico nacional nos últimos anos, assim como ocorreu com a explosão do navio BTG Vicuña de bandeira chilena no porto de Paranaguá-Pr em 2005. No presente trabalho será exposto como se processou o atendimento à um desastre natural: Uma Dolina, que segundo o dicionário livre de geociências (2008): *“Conhecida popularmente com sumidouro, é uma depressão circular formada pelo abatimento do solo em regiões de rochas carbonáticas (mármore, calcários). O diâmetro e profundidade podem variar de poucos a dezenas de metros”*. Uma equipe de apoio do CENACID (Centro de Apoio Científico à Desastres da UFPR), composta por membros do C.P.G.C.G. (Curso de pós Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR), esteve em Campininha do Capivari região situada entre Colombo e Bocaiúva do Sul no Paraná, na área abrangida pelo Aquífero Karst. Reconhecendo o local da Dolina com o objetivo de realizar um estudo científico de monitoramento de deslocamentos em pontos da área próxima do acidente natural.

A área de estudo pode ser vista na figura a seguir:



Figura 1 : Área de estudo

Fontes: Google Earth e Gazeta do Povo, 2007 citado em CENACID, 2007

Segundo Nadal (2008) *“Uma das maneiras de executar o monitoramento do deslocamento de pontos ao longo do tempo é a aplicação de técnicas geodésicas. As técnicas geodésicas convencionais baseiam-se no uso de instrumentos como estações totais e níveis, e na aplicação de métodos como triangulação, trilateração, poligonação e nivelamento geométrico.”* E ainda : *“As técnicas de mensuração geodésicas visam determinar se um ponto ou conjunto destes sofre variação em suas coordenadas ao longo do tempo, ou seja, se houve algum deslocamento dos mesmos. As medidas com a finalidade de monitoramento podem ser feitas tanto verticalmente como horizontalmente, com o objetivo de determinar as coordenadas tridimensionais dos pontos.”*

Após o reconhecimento do local por parte de membros do CENACID ligados ao departamento de geologia da UFPR, sabedores da experiência e desenvolvimento desta linha de pesquisa de auscultação geodésica, houve o contato com a equipe de monitoramento geodésico, onde optou-se pela realização de campanhas periódicas no local. A equipe do CENACID recomendou o monitoramento no local para avaliação da evolução do processo.

2 Monitoramento Geodésico

O monitoramento trata, pois, do acompanhamento e estudo, contínuo e sistemático, do comportamento de fenômenos, eventos e situações específicas, cujas condições desejam-se identificar, avaliar e comparar. Desta forma, é possível estudar as tendências ao longo do tempo, ou seja, verificar as condições presentes, projetando situações futuras.

Monitorar, portanto, é acompanhar o comportamento de um objeto ao longo do tempo e no caso do monitoramento geodésico este acompanhamento se dá pela comparação das coordenadas de um mesmo ponto em duas épocas distintas. Logo, pode ser definido, como uma forma de controle sobre a situação, isto é, através de técnicas, pode-se detectar o quanto o objeto está deslocando, implicando dessa forma numa tomada rápida, segura e precisa de decisões por parte da equipe de monitoramento, de modo que se possa evitar que o problema se alastre ou pelo menos minimizar os danos causados por tal incidente.

Deste modo, o monitoramento geodésico passa a ser uma ferramenta adicional para auxiliar na decisão das ações a serem efetuadas no local do incidente, necessárias ao restabelecimento das condições de estabilidade e segurança nesses locais.

A precisão, o grau de automação e o alcance da medição, são características básicas para a escolha das técnicas a serem utilizadas, possuindo cada uma, vantagens e desvantagens.

Chaves (1994) destaca algumas vantagens dos métodos geodésicos:

- a) *Fornecem o estado global de um corpo deformável*
- b) *Contém o esquema próprio de verificar os resultados e são capazes de avaliar a exatidão da medição globalmente;*
- c) *Fornecem versatilidade e adequabilidade para qualquer meio-ambiente e situação de operação.*

2.1 Aplicações em Desastres

De acordo com Miranda (2007): “Desastres provocados pelas mais variadas causas, como por exemplo, por agentes naturais ou por falhas humanas mostram-se cada vez mais presentes em nosso cotidiano. Acidentes desta magnitude causam impactos à sociedade, que ao mesmo tempo em que lamenta tais acontecimentos, clama por respostas e espera que providências sejam tomadas para evitar novas tragédias. Diante desses fatos e cobranças, uma maneira racional de se priorizar as ações a serem efetuadas, necessárias ao restabelecimento das condições de estabilidade e segurança nesses locais, é o monitoramento do deslocamento de pontos com o apoio de técnicas apropriadas a cada situação, sendo que o resultado do monitoramento dependente diretamente das limitações do equipamento utilizado, das condições de trabalho na área e do objeto a serem monitorados. No entanto, percebe-se que a prevenção desse tipo de problema torna-se um fator decisivo na busca de melhores soluções e estratégias para que sua ocorrência seja prevista e, se possível, controlada, evitando vítimas ou que o mesmo atinja proporções desastrosas.”

3 Metodologia de Trabalho

É importante ressaltar que neste tipo de trabalho a equipe deve ter além do conhecimento teórico acerca do que se pretende fazer, o conhecimento prático de campo que ajuda muito na resolução de problemas, uma vez que ao se trabalhar num ambiente de desastre nem sempre, ou melhor, quase nunca se utilizará os processos já conhecidos de materialização de pontos.

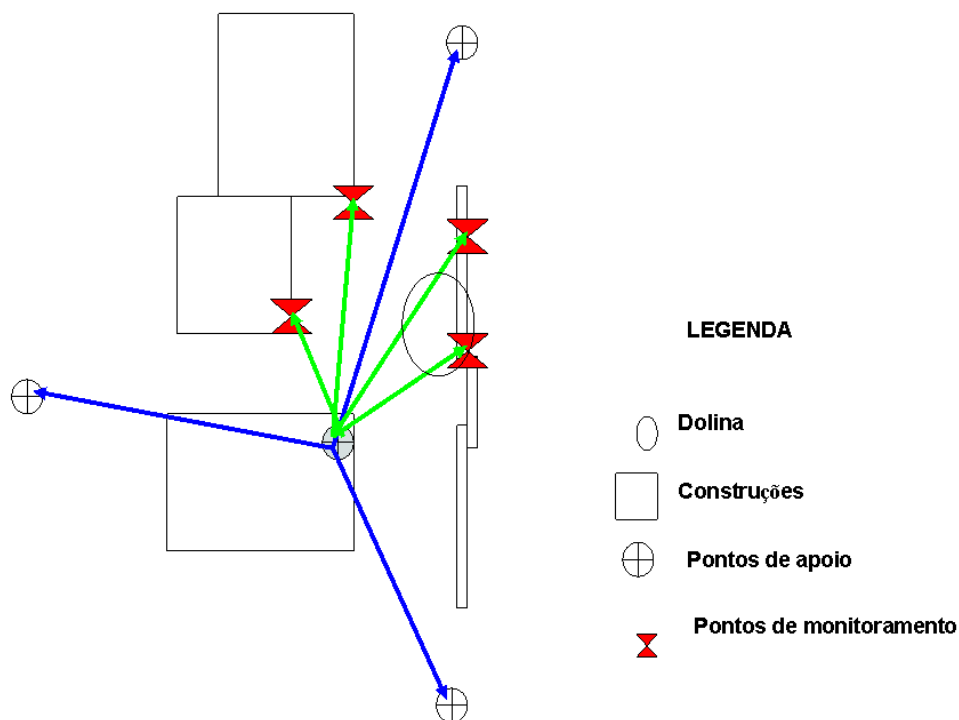


Figura 2 : Croqui da área

Esta necessidade de criação e adaptação de instrumental deve ser ponderada antes de se chegar ao local do atendimento, para que não se incorra no erro de parecer perante a população local que há dúvida quanto ao trabalho a ser executado, isto porque as condições locais deste tipo de evento são sempre peculiares, demandando atenção especial ao trabalho realizado.

Para o presente trabalho foi preconizado por questões técnico-financeiras que se deveriam executar pelo menos três campanhas de monitoramento geodésico da área ao redor da subsidência. Ao chegar no local, após um reunião com os moradores e com diversas autarquias, a equipe foi devidamente apresentada e autorizada pelos presentes a iniciar os trabalhos, isto é importante pois fora necessária a implantação de diversos pontos de monitoramento sobre muros e entradas de casas da região, o que de forma alguma poderia ser feito sem a autorização dos proprietários.

Dentro da topografia local pode-se implantar três pontos de controle afastados do local do desastre e ainda quatro pontos de monitoramento na área do entorno da cratera, conforme é mostrado no croqui a seguir:

Os pontos de controle e de verificação foram implantados nas proximidades do local da “cratera”, para que servissem de subsídio para os estudos de detecção de movimentos relativos ao longo do tempo.

É difícil falar em áreas estáveis, ou pontos estáveis, pois neste tipo de acidente geológico toda a área pode estar sujeita a movimentações, assim o monitoramento deste tipo de evento deve ser executado em concordância com outras técnicas como, por exemplo, geofísica, gravimetria, magnetometria, etc. conforme a necessidade.

Os pontos de controle foram instalados engastados em estruturas físicas existentes na região, foram monumentados por parafusos com tratamento antioxidante e engastados com uso de resina epóxi de alta resistência, na tentativa de minimizar movimentos oriundos de fontes externas como insolação. Um exemplo de ponto instalado junto à entrada de uma das resistências tendo um mini prisma sobre o mesmo é mostrado na figura 3, a seguir:

Após a materialização dos pontos de controle assim como dos pontos de monitoramento passou-se a execução do levantamento propriamente dito, cuja metodologia é exposta no item 3.1.



Figura 3 : Ponto de controle engastado em estrutura física

3.1 Metodologia do Levantamento dos Dados

Para prática de um levantamento geodésico, alguns cuidados devem ser tomados para que não se confunda este tipo de trabalho com um levantamento topográfico comum. Desta forma executou-se o procedimento de levantamento geodésico utilizando-se uma estação total cuja precisão angular é de 5" e precisão linear é de $3\text{mm} \pm 3\text{ppm}$ com respectivo conjunto de mini-prismas, os quais foram posicionados sobre os pontos a serem monitorados para a realização das medições e também um nível digital com o objetivo de fazer um controle de qualidade sobre as observações executadas.

Foram escolhidos para este trabalho os mini-prismas, por serem estacionados mais próximos aos pontos de controle do que os prismas tradicionais, permitindo minimizar erros oriundos da movimentação do sistema de pontaria durante as observações. Mais um exemplo de adaptação que acaba sendo idealizada durante um trabalho desse tipo são os sistemas de apoio para os sistemas de pontaria, isto porque ao reduzir-se o curso dos bastões aumenta-se a acurácia na determinação futura de coordenadas, este sistema é mostrado na figura 4, a seguir:

Assim a metodologia adotada consistiu em implantar 3 estações de referência em locais “estáveis”; foram implantados também 4 pontos a serem monitorados na área que circundava a “cratera”; executou-se 3 campanhas de levantamento de dados.



Figura 4 : Sistema de apoio para os sistemas de pontaria

A partir dessa disposição dos pontos, foram feitas três séries de observações, com leituras em posição direta e inversa, de ângulos zenitais e distâncias inclinadas para cada pilar, bem como, coleta de parâmetros ambientais (pressão e temperatura seca e úmida) e o horário das observações.

4 Resultados

Foram calculadas as médias das três séries de observações, e as distâncias inclinadas foram corrigidas da influência dos fatores atmosféricos. Com os ângulos horizontais, zenitais e distâncias médias calculadas, partiu-se para o cálculo das coordenadas dos pontos. A partir das coordenadas das estações de referência é que as coordenadas dos pontos de controle foram obtidas.

O método utilizado para o cálculo foi a Interseção à Ré, onde a partir das coordenadas das estações de referência determinam-se as coordenadas da estação e, posteriormente, as dos pontos de controle. Para consolidação da metodologia adotada, o mesmo cálculo foi realizado no programa WolfPack® 1997, de caráter científico, e como os resultados não apresentaram discrepâncias, o método foi adotado.

As estações de referência foram levantadas nas três campanhas com o intuito de verificar a existência de possíveis erros instrumentais ou de execução, por exemplo, contudo comportaram-se estáveis. Os resultados referentes aos pontos de monitoramento, vistos na Tabela 1, quando comparados campanha a campanha (Tabela 2) verifica-se que as diferenças encontradas são da ordem de décimos de centímetros, ou seja, as coordenadas não apresentam diferenças significativas, tendo em vista estarem abaixo da precisão esperada com o uso deste instrumental e método.

Tabela 1 - Resultados obtidos no monitoramento geodésico

Campanha 01 - 24.08.07			
Ponto	X (m)	Y (m)	Z (m)
M1	240,070	92,297	99,845
M2	233,453	98,360	100,263
M3	230,609	107,377	102,185
M4	247,732	108,092	102,367

Campanha 02 - 31.08.07			
Ponto	X (m)	Y (m)	Z (m)
M1	240,069	92,301	99,845
M2	233,452	98,364	100,261
M3	230,611	107,382	102,183
M4	247,733	108,092	102,366

Campanha 03 - 30.11.07 *			
Ponto	X (m)	Y (m)	Z (m)
M1	240,068	92,301	99,845
M2	233,452	98,365	100,257

M3	230,609	107,371	102,180
M4	247,732	108,089	102,365

Tabela 2 - Resultados finais comparativos entre as campanhas do monitoramento geodésico

Diferença entre Campanhas 02 e 01			
Δ(em cm)			
Ponto	DX	DY	DZ'
M1	-0,1	0,4	0,0
M2	-0,1	0,4	-0,2
M3	0,1	0,4	-0,2
M4	0,1	0,0	-0,1

Diferença entre Campanhas 03 e 02			
Δ (em cm)			
Ponto	DX	DY	DZ'
M1	-0,1	0,0	0,0
M2	0,0	0,1	-0,5
M3	-0,2	-1,1	-0,3
M4	-0,1	-0,3	-0,1

Diferença entre Campanhas 03 e 01			
Δ (em cm)			
Ponto	DX	DY	DZ'
M1	-0,2	0,4	0,0
M2	-0,1	0,4	-0,7
M3	-0,1	-0,6	-0,5
M4	0,0	-0,3	-0,3

5 Conclusões e Recomendações

Conclui-se desta maneira que se trata de um método viável, o monitoramento geodésico de desastres naturais deste tipo. Consolidando-se desta forma mais uma utilização da linha de pesquisa em monitoramento de estruturas.

Para o método aplicado, bem como com o instrumental utilizado, não foram detectados movimentos relativos entre as três campanhas realizadas dada a precisão do equipamento e da metodologia de trabalho.

Ressalta-se a importância deste tipo de levantamento para que se tenha um acompanhamento à longo prazo, e que o mesmo pode ser estendido para outros tipos de desastres ou ainda estruturas civis onde maiores informações podem ser obtidas junto aos trabalhos que constam nas referências bibliográficas.

Recomenda-se ainda que neste tipo de acidente natural em especial outras técnicas de determinação de riscos como, por exemplo, a geofísica, sejam usados em consonância com o monitoramento geodésico, pois estas permitem uma investigação sub-superficial com determinação de possíveis vazios no interior do mesmo.

6 Referências Bibliográficas

CENACID – CENTRO DE APOIO CIENTÍFICO EM DESASTRES. *Cratera formada na Região de Campininha do Capivari, Bocaiúva do Sul - Paraná - Brasil - agosto/2007.* Disponível em: <<http://www.cenacid.ufpr.br>>. Acesso em: abril, 2008.

Chaves, J. C.: *Controle de Deformações em Barragens: Métodos de Monitoramento e Viabilidade de Utilização do GPS*. São Paulo, 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

DOLINA – *Dicionário de geociências*. Disponível em: <<http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php?title=Dolina>>. Acesso em: abril, 2008.

Miranda, F. D. A. *Metodologia para o monitoramento de pontos em áreas instáveis empregando-se estações totais*. Curitiba, 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR.

Nadal, M. A. D. *Controle e operação remota de estações totais robotizadas voltado à auscultação geodésica*. Curitiba, 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR.

WOLF, P. R.; GHILANI, C. D. *Adjustment Computations: Statistics and Least Squares in Surveying and GIS*. New York: Wiley-Interscience, 1997.