9ª Jornada Científica e Tecnológica do IFSULDEMINAS
6º Simpósio da Pós-Graduação

IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE DE MONITORAMENTO GEODÉSICO NA USINA HIDRELÉTRICA DE CAMARGOS

Gabriel de S. OLIVEIRA[1]; Paulo A. F. BORGES[2]

RESUMO

Barragens são grandes estruturas feitas pelo homem que podem trazer muitos prejuízos caso venham a se romper. Assim sendo, surge a necessidade de seu continuo monitoramento e uma das técnicas empregadas é o monitoramento geodésico. Neste trabalho utilizou-se a estação total Topcon GPT 7501 de precisão angular de 1" e precisão linear de 2mm ± 2ppm para monitorar a barragem da usina hidrelétrica de Camargos em Itutinga MG. As discrepâncias apresentadas nas cotas, bem como o resultado do teste, comprovam a estabilidade e ausência de recalque. Apesar do bom desempenho do equipamento, a metodologia ainda deve ser aperfeiçoada a fim de obter resultados livres de erros sistemáticos, devido à indisponibilidade de bases nivelantes para os mini prismas posicionados na crista da barragem.

Palavras-chave: Auscultação; Barragens; Levantamentos Geodésicos.

1. INTRODUÇÃO

Barragens são estruturas feitas pelo homem para diversas finalidades, dentre as quais cabe destacar dois tipos mais comuns: barragens para elevação do nível d´água e/ou criação de reservatórios, que podem ser usadas para a geração de energia; e barragens para estocagem de rejeitos oriundos da extração mineral (FAZAN, 2010).

Devido ao grande volume de material acumulado, o rompimento dessas estruturas pode trazer prejuízos de ordem social tais como a perda de vidas, de ordem econômica tais como a falta de energia e a perda de bens; também podem trazer prejuízos à natureza, como os ocorridos em novembro de 2015 na cidade de Mariana em Minas Gerais resultantes do rompimento de uma barragem de rejeitos.

Com a finalidade de avaliar os deslocamentos na estrutura, que podem levar ao seu rompimento, são aplicados diferentes métodos de monitoramento, dentre os quais está o método geotécnico, que usa diversos instrumentos, como por exemplo o fio de prumo e o pêndulo; e o método geodésico no qual utiliza-se estação total, nível e receptores GNSS. (CASTRO; HENRIQUES, 2008 apud SIGUEL, 2013).

Por meio do método geotécnico são obtidas apenas informações locais sobre os deslocamentos da estrutura, já o método geodésico permite a obtenção de deslocamentos absolutos.

1 IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes – gabrielso23@hotmail.com
2 IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes – paulo.borges@ifsuldeminas.edu.br

(CHRZANOWSKI, 1992 apud FAZAN, 2010). Neste contexto, o objetivo desse trabalho é realizar o monitoramento geodésico da barragem da usina hidrelétrica de Camargos, pertencente a CEMIG, situada em Itutinga MG, visando avaliar a ocorrência ou não de deslocamentos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Quando se emprega o monitoramento geodésico utilizando-se estação total devem ser fixados alvos na estrutura e posteriormente suas coordenadas devem ser determinadas em diferentes campanhas, visando compará-las, ponto a ponto e ao longo do tempo, para que assim possam ser determinados, através da avaliação dos resultados, os deslocamentos de cada ponto. Um dos métodos que pode ser empregado para a determinação das coordenadas dos alvos é o método da triangulateração. Segundo o INCRA (2013), em uma triangulateração as coordenadas de um ponto podem ser determinadas a partir das observações de ângulos e distâncias entre vértices intervisíveis em uma rede de triângulos. Visando uma melhor estimativa das distâncias na poligonal, pode-se utilizar o método das visadas recíprocas, que consiste em determinar as distâncias de ré e vante para cada alinhamento da poligonal.

Para se eliminar o erro de zênite pode-se utilizar a técnica de leituras conjugadas (leituras com a luneta do instrumento em pontaria direta e invertida). Essa técnica é utilizada na coleta dos ângulos zenitais tanto na poligonal quanto nos alvos. A fim de obter uma melhor estimativa para os ângulos horizontais pode-se empregar o método das direções que consiste na leitura de direções em diferentes partes do limbo e com leituras recíprocas. O valor do ângulo é então determinado pela média dos ângulos nas várias posições.

Após a coleta dos dados da poligonal, ajustou-se a poligonal pelo Método dos Mínimos Quadrados (MMQ). Os alvos foram visados de cada vértice da poligonal, onde foram determinados um valor único para as coordenadas de cada alvo bem como suas respectivas precisões. De posse das coordenadas dos alvos e suas precisões para as diferentes campanhas, pode-se aplicar o Teste de Congruência Global para avaliar, em nível de significância apropriado, se o deslocamento do ponto é significativo ou não (FAZAN, 2010).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho utilizaram-se os seguintes materiais: Estação total Topcon GPT 7501 de precisão angular de 1” e precisão linear de 2mm ± 2ppm, mini prismas e bases nivelantes.

Nas proximidades da usina e à jusante da barragem, implantaram-se três pilares de centragem forçada, usados como vértices da poligonal, construídos conforme especificação da norma para Padronização de Marcos Geodésicos (IBGE, 2008). Na estrutura da barragem fixaram-se 10 suportes para os mini prismas usados como alvos. As duas campanhas foram realizadas no dia 12 de junho e 02 de agosto de 2017.

As coordenadas dos vértices da poligonal foram ajustadas pelo método paramétrico do MMQ com o uso de planilhas eletrônicas no software livre CALC, realizando-se a propagação de variâncias para os 10 vértices sobre a crista da barragem. O Teste de Congruência Global também foi calculado por meio de planilha eletrônica e o nível de significância adotado foi de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As coordenadas dos alvos e as cotas para as diferentes campanhas são apresentadas nas Tabelas 1 e 2 e as discrepâncias encontradas seguido dos resultados do Teste de Congruência Global são apresentados na Tabela 3.

Tabela 1 – Coordenadas e precisões obtidas na primeira campanha de observação.

Alvo	Coordenadas			Precisão		
	X(m)	Y(m)	Cota Z (m)	X(m)	Y(m)	Cota Z (m)
M1	1081,5100	2238,4000	115,8360	0,0010	0,0010	0,0020
M2	1082,3500	2236,5060	115,8390	0,0010	0,0010	0,0040
M3	1128,3990	2130,0440	115,8410	0,0010	0,0010	0,0030
M4	1128,9980	2128,0230	115,8520	0,0020	0,0030	0,0030
M5	1129,1040	2085,2420	115,8580	0,0030	0,0040	0,0030
M6	1129,1050	2083,2430	115,8610	0,0020	0,0030	0,0030
M7	1132,4130	2051,2570	115,8430	0,0020	0,0030	0,0020
M8	1132,4090	2049,2150	115,8450	0,0010	0,0020	0,0030
M9	1132,3840	2036,2450	115,8590	0,0030	0,0030	0,0030
M10	1132,3800	2034,2050	115,8540	0,0020	0,0020	0,0030

Tabela 2 – Coordenadas e precisões obtidas na segunda campanha de observação.

Alvo	Coordenadas			Precisão		
	X(m)	Y(m)	Cota Z (m)	X(m)	Y(m)	Cota Z (m)
M1	1081,5120	2238,4140	115,8320	0,0010	0,0010	0,0060
M2	1082,3540	2236,5220	115,8350	0,0010	0,0010	0,0080
M3	1128,4080	2130,0580	115,8440	0,0020	0,0020	0,0040
M4	1129,0020	2128,0320	115,8530	0,0020	0,0030	0,0040
M5	1129,1100	2085,2530	115,8580	0,0002	0,0003	0,0030
M6	1129,1130	2083,2570	115,8610	0,0002	0,0003	0,0040
M7	1132,4170	2051,2660	115,8420	0,0010	0,0010	0,0020
M8	1132,4140	2049,2270	115,8450	0,0010	0,0010	0,0030
M9	1132,3830	2036,2530	115,8610	0,0020	0,0020	0,0030
M10	1132,3810	2034,2130	115,8520	0,0010	0,0010	0,0030

Tabela 3 – Discrepâncias e resultados do TCG aplicado às coordenadas planas e cotas

Alvo	Discrepâncias Obtidas			**Coordenadas Planas X e Y**			**Cota Z**		
	X(m)	Y(m)	Z (m)	**F calc**	**F tab**	**Situação**	**F calc**	**F tab**	**Situação**
M1	0,0020	0,0140	-0,0040	26,60600	4,459	Deslocou	0,00092	7,709	Estável
M2	0,0040	0,0160	-0,0040	42,84500	4,459	Deslocou	0,00034	7,709	Estável
M3	0,0090	0,0140	0,0030	8,71300	4,459	Deslocou	0,00102	7,709	Estável
M4	0,0040	0,0090	0,0010	0,38500	4,459	Estável	0,00011	7,709	Estável
M5	0,0060	0,0110	0,0000	0,42900	4,459	Estável	0,00000	7,709	Estável
M6	0,0080	0,0140	0,0000	3,36900	4,459	Estável	0,00000	7,709	Estável
M7	0,0040	0,0090	-0,0010	0,82900	4,459	Estável	0,00051	7,709	Estável
M8	0,0050	0,0120	0,0000	7,97900	4,459	Deslocou	0,00000	7,709	Estável
M9	-0,0010	0,0080	0,0020	0,19900	4,459	Estável	0,00068	7,709	Estável
M10	0,0010	0,0080	-0,0020	0,97500	4,459	Estável	0,00058	7,709	Estável

A maioria dos alvos não apresentaram deslocamentos significativos e acredita-se que os deslocamentos dos alvos M1, M2, M3 e M4 são devidos à ausência do uso de bases nivelantes nos vértices da crista da barragem, recurso ainda indisponível, que garantiriam a realização de visadas na mesma posição. As discrepâncias apresentadas nas cotas bem como o resultado do teste, comprovam a estabilidade e ausência de recalque.

5. CONCLUSÕES

Apesar dos resultados satisfatórios, a rede de monitoramento geodésico implantada na usina hidrelétrica de Camargos ainda não pode ser utilizada como indicadora de deslocamentos da estrutura da barragem, pois ainda serão implantados os sistemas de nivelamento dos alvos na crista da barragem permitindo obter resultados confiáveis nas próximas campanhas.

REFERÊNCIAS

FAZAN, J. A. **Aplicação do teste de congruência global e análise geométrica para detecção de deslocamento em redes geodésicas:** estudo de caso na UHE de Itaipu. 2010. 277 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. NS DGC NO 29/88: **Padronização de Marcos Geodésicos**, 2008. 28 p.

INCRA - INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Manual Técnico de Posicionamento**. 1ª ed. Brasília, 2013.

SIGUEL, A. R. **Monitoramento da barragem da usina hidrelétrica Mauá utilizando irradiação tridimensional**. 2013. 171 f. Dissertação (Mestrado em Geodésia) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas.