



OBSERVAÇÕES GEODÉSICAS EM BARRAGENS

Elisa ALMEIDA, Álvaro ALEXANDRINO e David FERNANDES

EDP Produção – Direcção de Projectos e Investimentos, Informação Geográfica

Resumo: A EDP, Energias de Portugal, possui mais de 40 grandes barragens como parte integrante dos seus Centros Produtores Hidroeléctricos, a grande maioria em betão. No sentido de detectar precocemente problemas estruturais e cumprir a legislação portuguesa e as recomendações internacionais, todas elas são observadas por métodos variados e de algum modo complementares, incluindo os geodésicos. Estes, no âmbito da Topografia de Precisão/Geodesia Aplicada, são essenciais para permitir a integração de conjuntos de pontos representativos não só da estrutura principal, mas também caracterizadores de uma envolvente, dentro e fora da zona de influência da obra. Deste modo os deslocamentos a quantificar não só possuem um carácter relativo, como também se procura atingir um carácter absoluto. Assim, independentes dos restantes métodos de observação, os Métodos Geodésicos providenciam um modo de os relacionar, integrando-os e verificando-se mutuamente.

Palavras-chave: Observações geodésicas / observação de estruturas / grandes barragens / topografia de precisão / geodesia aplicada / monitorização / estimação de deslocamentos / quantificação de deformações / estação total motorizada (robotizada) / GNSS / *laser scanning*.

1. INTRODUÇÃO

Os Métodos Geodésicos são usados para monitorizar o comportamento estrutural das grandes barragens desde os primórdios do século passado (barragem de Montsalvens, Suíça, 1921). Em Portugal e de entre cerca de 200 grandes barragens – a maioria de aterro ou enrocamento, destinadas sobretudo à irrigação, e as restantes, o maior número de betão e poucas de alvenaria, destinadas essencialmente à produção de energia – esta metodologia foi pela primeira vez aplicada à barragem de betão de Santa Luzia, bacia do Tejo, no ano de 1942.

2. SISTEMAS GEODÉSICOS DE OBSERVAÇÃO DE BARRAGENS. CONCEPÇÃO

Os Sistemas de Observação Geodésicos das grandes barragens do Grupo EDP são normalmente compostos por dois sistemas independentes - planimétrico e altimétrico - de modo a quantificar separadamente os deslocamentos horizontais e verticais de dois conjuntos diferentes e representativos de pontos na estrutura, designados por “pontos objecto”. Para barragens de betão estes deslocamentos horizontais e verticais (dH e dV) devem ser quantificados dentro de uma tolerância de 1 mm e 0.2 mm respectivamente em dH e em dV (Casaca, 1990).

Assim, os pontos representativos nos sistemas planimétrico e altimétrico são diferentemente materializados e o correspondente equipamento de observação e as “observações” (valores medidos) são também distintos. Como nas barragens da EDP o sistema altimétrico de observação consiste sempre em linhas de nivelamento de precisão (nivelamento geométrico) no coroamento e/ou em galerias de visita, medindo diferenças de nível, os métodos geodésicos aplicados podem dividir-se então em dois grandes grupos, de acordo com as características do sistema planimétrico: Triangulação de Precisão e Poligonação de Precisão.



A concepção dos sistemas de observação geodésicos e a estimação dos deslocamentos são tarefas complexas baseadas em modelos estocásticos utilizando técnicas CAD e ajustamento de observações pelo método dos mínimos quadrados, nomeadamente por variação de coordenadas. E muito embora nenhum método seja capaz de aumentar a confiança num conjunto de observações “pobre”, um rigoroso ajustamento pode assegurar um equilíbrio adequado entre os diferentes valores medidos e a solução final, de acordo com uma probabilidade estatística máxima (Bird, 1989).

Estes procedimentos geodésicos de quantificação de deslocamentos consideram sempre uma campanha E_0 como “época de referência”, sendo esta estabelecida e observada antes do primeiro enchimento da albufeira. A época de observação correspondente à campanha E_n fornece-nos os vectores de deslocamento entre estes dois momentos distintos da vida da estrutura. Existe, assim, um histórico importante para cada barragem, congruente com o sistema implementado, que é necessário preservar na continuidade. No entanto, se é certo que os antigos sistemas têm de ser mantidos e conservados, não deixa também de ser necessário fazê-los passar por um processo de modernização e simplificação que não os desvirtue, o que a EDP tem vindo progressivamente a fazer.

3. SISTEMAS GEODÉSICOS DE OBSERVAÇÃO DE BARRAGENS. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

No futuro e face aos desenvolvimentos tecnológicos emergentes, estes sistemas irão provavelmente incluir estações totais de precisão motorizadas (Figura 1), permitindo pontarias automáticas e campanhas mais rápidas, se possível controladas remotamente.



Figura1 – Barragem do Cabril: taqueómetro electrónico motorizado LEICA TCA 2003

Neste sentido têm sido estabelecidas parcerias com a entidade supervisora deste tipo de trabalhos (LNEC - Núcleo de Geodesia Aplicada), bem como com empresas de instrumentação (LEICA) e de *softwares* ou até dedicadas a novas tecnologias como o *laser scanning* (ARTESCAN), e ainda com organismos universitários. Estas parcerias têm permitido já experiências importantes no sentido de testar novas metodologias e equipamentos.

Assim e para além das inevitáveis estações motorizadas, os sistemas geodésicos poderão também vir a incluir nuvens de pontos capturados com *scanners* de precisão (Figura 3), podendo-se associar ainda a mais-valia da captura de imagem fotográfica em simultâneo, o que constituirá um poderoso auxiliar de inspecção visual (Figura 2), e uma possibilidade adicional de produção de ortofotos.



Figura 2 – Barragem do Alto Ceira: imagem obtida por varrimento *laser* 3D (equipamento “*laser scanner*” apresentado na Figura 3)



Figura 3 – *Laser scanner* 3D RIEGL (ARTESCAN)

Também o futuro nos trará a possibilidade de integrar nos sistemas geodésicos as observações GNSS, pese embora as circunstâncias adversas nas características típicas dos “pontos objecto” (inacessíveis, dentro de galerias, ...) e também na normalmente desfavorável topografia dos vales (estreitos, profundos, ...). Mas se no momento estas técnicas de posicionamento através de satélites não parecem ter ainda atingido a precisão necessária à quantificação de deformações em barragens de betão, na perspectiva das actuais campanhas de observação curtas e espaçadas no tempo, poder-se-ão já conseguir interessantes *performances* no que diz respeito a observações horizontais noutros tipos de estruturas mais “deformáveis”, nomeadamente em barragens de enrocamento.



Figura 4 – Barragem do Cabril: estação GNSS LEICA

4. CONCLUSÕES

É importante procurarmos uma redundância apropriada nas observações a efectuar, optimizando procedimentos de observação e equipamentos, sempre com registo automático de dados, evitando sucessivas transcrições e tratamentos preliminares de dados até conseguir a completa alimentação do *software* de ajustamento. É também importante encontrar uma periodicidade adequada para as campanhas de observação – no momento e em casos normais, as barragens da EDP são observadas uma vez por ano. No entanto e em vários casos desejaríamos poder contar com um programa de observações mais confortável e contínuo, tal como sermos informados remotamente dos deslocamentos (sem uma equipa a deslocar-se ao local para os recolher...), a qualquer hora e quase em tempo real, e accionando um dispositivo automático de alerta perante qualquer situação que excedesse os valores normais... E é neste sentido que se dirige a experiência pioneira que desde o ano passado temos vindo a desenvolver na barragem do Cabril (Figuras 1 e 4). Assim, também para barragens de betão e para “pontos objecto” no coroamento, se o sistema de monitorização a estabelecer puder ser contínuo, contendo períodos de observação grandes, já fará sentido pensarmos em metodologias GNSS.

De facto e perante a grande evolução tecnológica recente, o futuro obriga-nos a conseguir mais eficiência, mais fiabilidade e mais economia nos sistemas de observação já estabelecidos, trazendo-nos também um grande desafio de mudança na concepção dos sistemas novos, aqueles que vão ser criados de raiz nas barragens a construir.

5. REFERÊNCIAS

- Casaca, João (1990) O estado actual da aplicação dos métodos geodésicos à observação de barragens, em “A topografia, do passado ao futuro”. LNEC.
- Bird, R.G (1989) EDM Traverses – Measurement, Computation and Adjustment, Ed. Longman Scientific & Technical, University of Birmingham

Contactos:

elisa.almeida@edp.pt, alvaro.alexandrino@edp.pt, david.fernandes@edp.pt

EDP – Gestão da Produção de Energia, S.A.

www.edp.pt

Portugal