

Segurança de barragens, monitorada por instrumentação

Safety of Dams, Monitored by Instrumentation

Helber Luiz Santana¹; Paulo Roberto Garcia²; Gabriella Faina Garcia³

¹ Engenheiro Civil, Universidade de Uberaba (UNIUBE), Uberaba, Minas Gerais, Brasil.

E-mail: helberlsantana@gmail.com

² Professor de Engenharia Civil, Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Uberaba, Minas Gerais, Brasil. E-mail: eng.prgarcia@gmail.com

³ Engenheira Mecânica, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil.

E-mail: gabifgarcia@gmail.com

RESUMO: A adequada instrumentação para a auscultação de barragens é de suma importância, tendo em vista que problemas em suas estruturas podem representar prejuízos econômicos, danos ao meio ambiente e em casos extremos a perda de vidas. Também um plano de instrumentação e uma correta e adequada coleta de dados, torna-se quase uma obrigação das empresas que mantêm barragens em operação.

Palavras-chave: Pequenas centrais hidroelétricas; Fontes de Energias Alternativas; Instrumentação; Auscultação; Barragens.

ABSTRACT: *Adequate instrumentation for the monitoring of dams is of paramount importance, given that problems in their structures can represent economic damages, damage to the environment and in extreme cases the loss of life. Also an instrumentation plan and a correct and proper data collection, it becomes almost an obligation of the companies that keep dams in operation.*

Keywords: *Small Hydroelectric Power Plants; Alternative Energy Sources; Instrumentation; Auscultation; Dams.*

INTRODUÇÃO

As barragens tem servido muitas civilizações ao longo dos últimos 5 mil anos, como se pode perceber a partir de ruínas ou daquelas ainda em condições de funcionamento. Reservatórios projetados para atender a demanda por água, especialmente onde a agricultura, que surgiu no período Neolítico, dependia de irrigação e controle de enchentes, estão entre as primeiras obras do homem.

A água que é armazenada e regulada por barragens e reservatórios representa um insubstituível recurso hídrico e beneficia o fornecimento de água, a irrigação, a hidroeletricidade, a mitigação de enchentes, a navegação fluvial, etc.

No início do século a instrumentação de auscultação de barragens limitava-se às medições topográficas de deslocamento. Entretanto, à medida que a altura das barragens foi aumentando e suas geometrias adquiriam formas mais arrojadas, técnicas de medições foram desenvolvidas e tornaram-se mesmo essenciais nas grandes barragens, para avaliação de seu desempenho e de suas condições de segurança.

Nas primeiras barragens de concreto instrumentada no Brasil as observações limitavam-se essencialmente à auscultação de subpressões na região do contato concreto rocha e das vazões de drenagem. A instalação de uma instrumentação mais abrangente nestas estruturas teve lugar a partir do final da década de 60 e início de 70, com a construção de algumas barragens de grande porte. (II SIMPÓSIO CIGB, 1996).

A Comissão Internacional de Grandes Barragens (CIGB) mantém um Registro Mundial de Barragens. Para uma barragem ser considerada grande e ser incluída no registro ela deve ter altura de 15 metros ou 10 metros a 15 metros e armazenar mais de 3 milhões de metros cúbicos de água em seu reservatório. A

altura de uma barragem é determinada do ponto mais baixo da fundação principal até a crista, conforme critério do Registro Mundial de Barragens (RMB).

Entretanto, estas obras de engenharia também podem ser a causa de grandes catástrofes. Acidentes envolvendo a ruptura de barragens podem implicar no alagamento de vastas áreas a jusante e causar danos imensuráveis em termo de impactos socioeconômicos e ambientais.

De acordo com o Boletim 99 (ICOLD, 1995), a porcentagem de ruptura de grandes barragens é de 2,2% para barragens construídas antes de 1950 e de mais ou menos 0,5% para as construídas após esta data. A maior parte das rupturas, cerca de 70%, ocorreu com barragens nos seus primeiros 10 anos de operação e, mais especialmente, no primeiro ano após o comissionamento.

Em barragens de concreto, os problemas de fundação são a maior causa de ruptura, sendo que erosão interna e resistência ao cisalhamento insuficiente da fundação respondem por 21% das causas de ruptura cada um. No caso das barragens de terra e de enrocamento, a causa mais comum de ruptura é o overtopping (31% como causa principal e 18% como causa secundária), seguida por erosão interna do corpo da barragem (15%) e erosão interna da fundação (12%).

Por isso, a segurança é o objetivo fundamental no projeto e construção de barragens. Mas embora estas etapas sejam fundamentais, não são suficientes para garantir sua operação segura. Há uma necessidade de um processo de acompanhamento e avaliação permanente do comportamento das estruturas, processo denominado de auscultação de barragens e que tem como ferramentas a inspeção visual e a instrumentação.

Para que a instrumentação tenha um papel importante na manutenção da

segurança de uma barragem é indispensável que todos os instrumentos estejam funcionando corretamente e que todos os dados coletados sejam coletados corretamente e analisados em tempo hábil.

O objetivo é apresentar a instalação e o controle da instrumentação de barragens bem como as características dos instrumentos, as leituras coletadas e os métodos de análise dos dados coletados, garantindo maior segurança para as barragens.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para elaboração deste trabalho foram utilizadas informações obtidas em livros, artigos de revistas, sites e documentos diversos. O método utilizado foi o da consulta às fontes de informação a fim de formar um conhecimento amplo do assunto e, posteriormente, elaborar o trabalho buscando compilar os conhecimentos adquiridos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Objetivos básicos da instrumentação

O principal objetivo da instrumentação é ser fonte de informações sobre o comportamento das estruturas de uma barragem, contribuindo para o entendimento do seu desempenho e para a manutenção da sua segurança.

De acordo com o MANUAL DE SEGURANÇA E INSPEÇÃO DE BARRAGENS, (Junho 2002), uma barragem segura é aquela cujo desempenho satisfaça as exigências de comportamento necessárias para se evitar incidentes e acidentes que se referem a aspectos estruturais, econômicos, ambientais e sociais.

Os instrumentos de forma geral quando instalados em barragens novas, visam checar considerações de projeto e parâmetros de construção, bem como

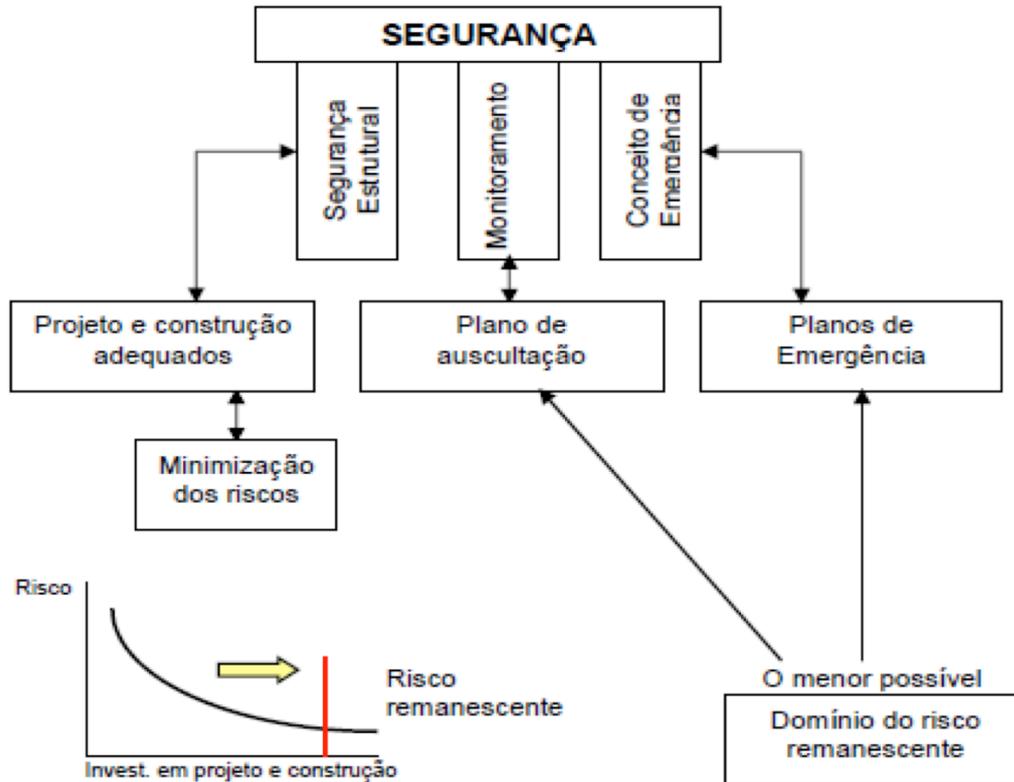
quantificar o desempenho inicial e aferir comportamentos a longo prazo. Sistemas de medição instalados em barragens em operação geralmente servem para prover informações sobre mudanças operacionais ou de comportamento que possam impactar a segurança das estruturas.

Sabendo-se então da existência de uma probabilidade, ainda que baixa, de ruptura de uma barragem e do alto impacto que este evento teria a jusante, a questão é como este risco pode ser reduzido. Considera-se que a segurança de barragens pode ser obtida apoiando-se em três pilares básicos: segurança estrutural, monitoramento e manutenção (preventiva e ações emergenciais). Nas fases de projeto e construção, devem ser feitos investimentos de forma que os riscos associados a cada estrutura civil sejam minimizados. Entretanto, sabe-se que alguns riscos são inerentes à construção de uma barragem, como transbordamento por falha na operação dos extravasores ou envelhecimento dos materiais, por exemplo.

Assim, mesmo sendo o projeto e construção adequados, existe um risco remanescente a ser controlado através das atividades de auscultação de barragens. O monitoramento das estruturas através de inspeções e instrumentação pode indicar reparos a serem executados para restabelecer as condições de segurança desejadas ou mesmo a necessidade de adoção de medidas emergenciais

Segundo FUZARO (2007), esquematicamente representada na figura 1, para que se possa considerar uma barragem bem instrumentada, a elaboração de um plano de instrumentação e a seleção de instrumentos deve ser realizada por um especialista na área.

Figura 1: Esquema de Segurança



Fonte: Biedermann, 1997.

Instrumentação versus segurança de barragens

A segurança de uma barragem está relacionada intimamente aos seus aspectos de projeto, construção, instrumentação e inspeção, operação e manutenção.

Pode-se afirmar que uma barragem dotada de um projeto bem elaborado será tão mais segura, em termos construtivos, quanto mais próximos das condições indicadas em projeto. Além disso, deve-se assegurar condições que permitam o ajuste do projeto às condições de campo, que sempre apresentam algumas surpresas em relação ao previsto

Legislação de barragens

A ruptura de barragens tem sido um elemento impulsionador do

desenvolvimento das legislações em diversos países. A experiência com esses acidentes tem sido como exemplo para o aperfeiçoamento dos critérios de projeto e construção e para a criação de mecanismos administrativos de controle e inspeção das barragens, com a finalidade de se evitar a reincidência dos acidentes. Pode ser encontrada ampla bibliografia sobre segurança de barragens, editada pela Comissão Internacional de Grandes Barragens (CIGB), pela International Commission on Large Dams (ICOLD) e pelo Comitê Brasileiro de Grandes Barragens (CBGB). Os seminários nacionais e internacionais, a criação de comitês e entidades específicas como a ICOLD, a CIGB e o CBGB, o envolvimento de profissionais experientes em projeto e construção de barragens, bem como o participação das universidades, com

desenvolvimento teses e dissertações, vem somando experiências e contribuído para a elaboração de legislações mais completas, que cada vez mais reduzem os riscos, levando a condições sempre mais seguras de exploração e operação, além de maior conforto para a sociedade.

O tema legislação de barragens interessa a muitos, como às empresas de energia elétrica, às mineradoras, escolas de engenharia, órgãos governamentais, proprietários etc. Desenvolver uma legislação sobre a segurança de barragens que atenda a todas as condições específicas inerentes a esse tipo de obra de engenharia é um grande desafio. Barragens envolvem, por exemplo, conhecimentos de geotécnica e geologia, que são ciências muito ligadas ao empirismo e ao sentimento intuitivo e observador e mais importante ainda, ao bom senso e a experiência. O estudo de uma barragem apresenta características específicas do local e vale dizer que cada barragem, ao ser construída ou monitorada, apresenta particularidades que são tratadas caso a caso. No entanto, uma legislação que regulamente e garanta a observância dos padrões mínimos de segurança é de extrema importância, reduzindo, dessa forma, as possibilidades de acidentes e suas consequências, visando à proteção da população e do meio-ambiente, e estabelecendo critérios para a sua construção, operação, controle e monitoramento.

Sistema de instrumentação

De acordo com o CBGB, O plano de instrumentação das barragens de concreto inicia-se pela seleção de alguns blocos “chaves”, que recebem uma instrumentação mais completa esquematicamente representada na figura 2, enquanto os demais blocos são dotados geralmente apenas de medidores de junta, de modo a se ter seus deslocamentos

controlados em relação aos blocos “chaves”. Dependendo das características geológicas da fundação, estes blocos poderão ser dotados também de piezômetros, para a observação das subpressões na fundação.

CONCLUSÕES

As barragens são um assunto específico do ramo da engenharia, de grande complexidade, que compõe um tema de caráter multidisciplinar, envolvendo as áreas de geotécnica, geologia, hidrologia, estrutura e outros. Trata-se, portanto, de um assunto muito sério, já que as consequências de acidentes com barragens são elevadas. Portanto uma a instalação correta da instrumentação, bem como a leitura e interpretação e análise dos dados devem fazer parte da rotina diária de uma barragem.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil.** / Agência Nacional de Energia Elétrica. 3.ed. - Brasília : Aneel, 2008. 236 p. : il. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_capa_sumario.pdf>. Acesso em: 17 set. 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Guia do empreendedor de pequenas centrais hidrelétricas.** - Brasília - DF : ANEEL, 2003. - p. 704. - :il. Disponível em:<<http://www3.aneel.gov.br/empreendedor/empreendedor.htm>>. Acesso em: 16 set. 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Manual do programa de pesquisa e desenvolvimento do setor de energia elétrica** / Agência Nacional de

Energia Elétrica. - Brasília; ANEEL, 2008a. 67f. : il. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/aren2008316_2.pdf>. Acesso em: 19 set. 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Por dentro da conta de luz: informação de utilidade pública.**/Agência Nacional de Energia Elétrica. 4. Ed. - Brasília : ANEEL, 2008b 32 p. : il. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Carilha_1p_atual.pdf>. Acesso em: 17 set. 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA- ANEEL. **Relatório ANEEL 10 anos** / Agência Nacional de Energia Elétrica. - Brasília : ANEEL, 2008c. 129 p.: il. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Aneel_10_Anos.pdf> Acesso em: 15 set. 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA- ANEEL - **Site da ANEEL.** Disponível em: < www.aneel.org.br>. Acesso em: 17 set. 2010.

BARBOSA, A. **Setor Hidrelétrico brasileiro: desafios e metas** [S.l.] Revista 44 ano 12, 46-49p. [200-]. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/Adm/extras/226fa097c49c71adb6daca27d98e0662.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2010.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética - EPE **Plano Decenal de Expansão de Energia 2019** / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília : MME/EPE, 2010 2v.: il. - Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2010/PDE2019_03Maio2010.pdf>. Acesso em: 17 set. 2010.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - CCEE . **Site da**

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica/ Histórico do Setor Elétrico Brasileiro - CCEE. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br/cceeinterdsm/vindex.jsp?vgnextoid=99f9a5c1de88a010VgnVCM100000aa01a8c0RCRD>>. Acesso em: 19 set. 2010.

CASTRO, N. J.; MARTINI, S.; BRANDÃO, R.; DANTAS, G.A.; TIMPONI, R. R. **A Importância das Fontes Alternativas e Renováveis na Evolução da Matriz Elétrica Brasileira** // Grupo de Estudos do Setor Elétrico - GESEL - UFRJ. - [S.l.] : Fundación MAPFRE, 2009. - p. 31. Disponível em: <http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/artigos/GESEL_-_Estudo_Mapfre_-_260809%5B1%5D.pdf>. Acesso em: 17 set. 2010.

CERPCH. **Figura PCH.** Site do Centro de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas, [S.l. : s.n]. Disponível em: <<http://fontisenergia.com.br/fontisenergia/public/images/pch.png>> Acesso em: 28 out. 2010.

ELETROBRÁS - **Relatório de sustentabilidade 2009** [S.l.: s.n], 2009?, p. 141. Disponível em: www.eletronbras.gov.br/ELB/.../FileDownload.EZTSvc.asp?...24F7 Acesso em: 20 out. 2010.

EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS - EPE. **Matriz Energética Nacional 2030.** - Brasília - DF : EPE - Ministério de Minas e Energia - MME, 2007. - p. 254. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html>. Acesso em: 29 set. 2010.

EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS - EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2019.** - Brasília : MME/EPE, 2010. - Vol. 2 : 2. - Disponível

em:

<http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2010/PDE2019_03Maio2010.pdf. Acesso em: 17 set. 2010.

FONTES, G.A.; XAVIER, Y. M. A.; GUIMARÃES, P. B. V. **Princípio fundamental ao meio ambiente: Pequenas Centrais Hidrelétricas na matriz energética brasileira.** Constituição e garantia de direitos. - Ano 4 : Vol. 1. - p. 23. Acesso em: 17 set. 2010.

GALHARDO, C. R.; VIANA F. G. **PROINFA, oportunidade para as PCHs.** PCH News. Revista 21 ano 06, p. 4, 5 e 6. Disponível em: <<http://www.pchnews.com.br/arquivos/PDF/>> . Acesso em: 17 set. 2010.

LEÃO, L.L. ; BRASIL JÚNIOR, A.C.P. **Mecanismos de Incentivos à Construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas** Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade - ANPPAS, 200_. p. 20. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT4-9-63-20080424154016.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2010.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Guia de habilitação: PCH. Portaria do Ministério de Minas e Energia n.º 45,** de 30 de março de 2004. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/download.do?attachmentId=5567&download>. >. Acesso em: 25 set. 2010.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Resenha Energética Brasileira - Exercício de 2009 (Preliminar),** Brasília - DF : Ministério de Minas e Energia - MME, 2010. - p. 25. Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/3_-_Resenha_Energetica/Resenha_Energetica_2009_-_PRELIMINAR.pdf. Acesso em: 14 set. 2010.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Site do Ministério de Minas e Energia - MME.** Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/menu/institucional/ministerio.html>. Acesso em: 25 set. 2010.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS. **Site do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS.** Disponível em: <http://www.ons.org.br/home/index.aspx>>. Acesso em: 19 set. 2010.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Protocolo de Quioto // O Brasil e a convenção - O quadro das Nações Unidas.** - [S.l. : s.n.] : C&T Brasil. Disponível em: http://www.onu-brasil.org.br/doc_quioto.php. Acesso em: 17 set. 2010.

TIAGO FILHO G. L.; NUNES C. F.. **A aplicação dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL em projetos de implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs em sistemas isolados no Brasil // VI Simpósio Brasileiro sobre Pequenas Centrais Hidrelétricas.** - Belo Horizonte : [s.n.], 25 a 28 de abril de 2008. 5p. [2008] Disponível em: <http://www.cerpch.unifei.edu.br/Adm/artigos/23cbc3131a9648bdbbe9d4e918d0ef0a.pdf> . Acesso em: 15 set. 2010.

TIAGO FILHO G. L.; NOGUEIRA F. J. H. **As Novas Diretrizes da ANEEL para o Enquadramento das Pequenas Centrais Hidrelétricas.** [S.l.: s.n.] p.16-18 [200-] Disponível em: <http://www.cerpch.unifei.edu.br/Adm/artigos/1dbde62b67976269e319860b385b118a.pdf> f. Acesso em: 17 set. 2010.

VIANA T.; NOEL L.; BEZERRA R. B.; FERNANDEZ P. **PROINFA e MDL: Uma análise comparativa como fontes de**

incentivo para PCHs no Brasil. [S.l.]

CERPCH - Centro de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas, ed. Ministério da Educação, prod. Brasil, p. 11. Disponível em:

<http://www.cerpch.unifei.edu.br/Adm/artigos/8918b459a9d19eba323f391dc6249b64.pdf>

.. Acesso em: 17 set. 2010.