



Por *Gláucia Cuchierato**

Foto Divulgação

PROTOSCOLOS DE SEGURANÇA

Dentre as demandas por tecnologia no setor mineral, a melhoria na gestão das informações na cadeia de processos de tomada de decisões tornou-se mandatária no monitoramento de barragens de rejeito, diante dos últimos acontecimentos. Com tanta tecnologia disponível e altos valores investidos em equipamentos, sensores de medição, modelos e técnicas preditivas e sistemas de gerenciamento de dados, o que não está funcionando?

Sem pormenorizar aspectos específicos da Geotecnia e seus parâmetros de detecção de anomalias, destaca-se a importância da tomada de decisão em tempo preciso, através do desenvolvimento de estratégias com a clara definição de papéis e responsabilidades, baseada em informações com elevadas qualidade e confiabilidade.

De acordo com a legislação vigente, todas as classes de empreendimentos devem contemplar sistemas de monitoramento:

Portaria DNPM no 70.389/2017 – artigo 7º: O empreendedor é obrigado a implementar sistema de monitoramento de segurança de barragem em até 24 meses após a data de início da vigência desta Portaria.

§ 1o O nível de complexidade do sistema de monitoramento dependerá da classificação em Dano Potencial Associado (DPA) da barragem de mineração.

§ 2o Para as barragens de mineração classificadas com DPA alto, existência de população a jusante com pontuação 10 e características técnicas com método construtivo contendo pontuação 10, o empreendedor é obrigado a manter monitoramento com acompanhamento em tempo integral adequado à complexidade da estrutura, sendo de sua responsabilidade a definição da tecnologia, dos instrumentos e dos processos de monitoramento.

§ 3o As informações advindas do sistema de monitoramento, devem estar disponíveis para as equipes ou

sistemas das Defesas Civas estaduais e federais e do DNPM, sendo que para as barragens de mineração com DPA alto, estas devem manter vídeo monitoramento 24 horas por dia de sua estrutura devendo esta ser armazenada pelo empreendedor pelo prazo mínimo de noventa dias.

Essa portaria também destaca os demais instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens quanto às inspeções, planos de segurança e emergência, dentre outras instruções. Mas somente inspecionar e monitorar, ainda que com uso de inovação e tecnologia, não é suficiente. Desde a fase de projeto, é importante o entendimento da estrutura e sua caracterização inicial (através do as built), da investigação sobre como foi de fato seu enchimento e como está espacialmente distribuído o preenchimento, qual é o comportamento da água e dos diversos tipos de rejeitos, ao longo do tempo, e as variações de densidade dos materiais. Há que se entender e definir os potenciais modos de falha ou ruptura das estruturas (liquefação, processos erosivos diversos, recalque, falhas, enchentes, atividades sísmicas), que podem ter como consequência movimentações e deformações dos maciços, instabilização, percolação não controlada de água ou galgamento, por exemplo. Definir quais parâmetros geotécnicos (subpressões, deslocamentos, infiltração, tensão e erosão internas, vibração) serão monitorados, por quais métodos de detecção (medidores e sensores de nível d'água, vazão e turbidez, pluviometria, interferometria, deslocamento por radares de superfície ou satélite, topografia de precisão robotizada, topobatimetria, aceleração, inclinação, etc.).

A etapa de auscultação, principal momento de geração de dados durante a operação da barragem, tem como objetivo a verificação da segurança e controle, para a avaliação das hipóteses e modelos conceituais de comportamento do

maciço e fundação. Compreende um conjunto de processos que visam a observação, detecção e caracterização do comportamento da barragem, para controlar suas condições de segurança e preservar funções operacionais e estruturais.

Deve ser feita através de **inspeção visual e monitoramento por instrumentação** – ações mutuamente complementares, cujos dados devem ser analisados em conjunto, de forma contínua, permanente, com objetivos revistos periodicamente. A inspeção visual busca a identificação de anomalias, com periodicidade mínima definida pela legislação – inspeção de segurança regular, inspeção de segurança especial, inspeção anual de segurança regular e vistorias de rotina. A instrumentação é o processo de aquisição, registro e processamento sistemático dos dados (auscultação quantitativa), obtidos a partir dos instrumentos instalados nas estruturas das barragens e em suas fundações, objetivando monitorar seu desempenho através de medições de parâmetros quantitativos, cujos resultados, devidamente analisados e interpretados, servirão para avaliar as condições de segurança da barragem. A obtenção de dados pode ser feita de forma manual, eletrônica ou automatizada.

Os instrumentos utilizados para o monitoramento devem ter características como simplicidade, robustez e estabilidade, facilidade e possibilidade de calibração, reprodutibilidade, sensibilidade, pouca influência do ambiente externo, mínima interferência humana e medição direta – para que os dados coletados sejam de **qualidade e confiança**. É, portanto, inviável o estabelecimento de regras pré-determinadas definindo a quantidade e qualidade de instrumentos a serem instalados em uma barragem, devendo-se contemplar e atender a estes vários condicionantes locais, ser representativo de toda compartimentação da barragem e suficiente para garantir uma avaliação global do desempenho das estruturas.

Com o incremento em tecnologia, tornou-se possível o armazenamento da totalidade dos dados de forma organizada e funcional, em base relacional. Com a automação de instrumentos é produzido grande volume de dados massivos (dependendo do sensor, de minuto a minuto) e é importante

que sejam configuradas regras de validação e consistência atribuídas por parâmetros auditáveis, com acesso às informações nos diversos estágios de tomadas de decisões, com visualização otimizada, contextualizada e personalizada, para os gestores, diretores executivos e acionistas.

Existem no mercado sistemas comerciais de gerenciamento de dados geotécnicos e de barragem, ou desenvolvidos sob demanda por especialistas, integrados com ambiente WEB-GIS para visualização em tempo real, disponibilização de relatórios e gráficos. Para a implementação de um sistema integrado, em qualquer que seja o sistema de gerenciamento, há a necessidade de uma análise pormenorizada sobre todos os dados históricos existentes da instrumentação, assim como das inspeções realizadas ao longo da construção e operação da barragem. A análise dos dados históricos avalia a classificação, compatibilização e conformidade das informações e define como serão tratados os dados não conformes, para cada parâmetro monitorado e estrutura, em vários níveis e atividades, quanto à sua abrangência, disponibilidade, temporalidade e grau de confiança. Com isto, é possível estabelecer a inteligência para definição de critérios para análise de riscos e estudos de previsibilidade de segurança, além dos disparos de alarmes de crise.

Com o avanço da utilização desse grande volume de dados, que demanda interpretação avançada em diversos níveis, com atribuição de qualidade e confiança, estuda-se a inserção de tecnologias inovadoras como internet of things, machine learning e blockchain, dentre outras.

Por fim, destaca-se a necessidade de uma completa **infraestrutura de dados**, fundamental para a segurança e integridade de todo o processo de gestão da informação de segurança de barragens de rejeito de mineração, que apresente rastreabilidade dos processos de entrada, utilização, alteração e disponibilização de dados, para que flua adequadamente a informação de qualidade, dos níveis operacionais aos executivos, e atenda às necessidades corporativas. Com uma integração bem compreendida e organizada, estabelecida com critérios muito bem definidos, é possível a análise e simulação de cenários diversos que garantam tomadas de decisão seguras e assertivas. ■

(1) Gláucia Cuchierato é Geóloga e Mestre em Recursos Minerais pelo IGC-USP, Doutoranda em Engenharia Mineral pelo PMI-EPUSP. Diretora Executiva da GeoAnsata Projetos e Serviços em Geologia, atua em consultoria e treinamento em qualidade da informação de projetos de mineração.