



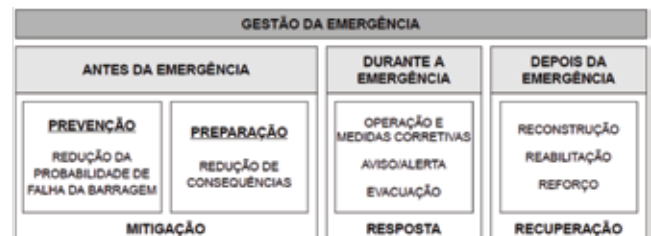
## Capítulo I

### Gestão de emergência em barragens

**Projeto de P&D da Cemig cria ferramenta com o intuito de atuar na fase de prevenção da gestão de emergência e garantir o treinamento contínuo das equipes**

Os recentes acidentes com as barragens de rejeitos de Mariana e Brumadinho motivaram um movimento político bastante enérgico voltado para a alteração da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), resultando na alteração da Lei 12.334/2010 pela lei 14.066/2020, com impactos diretos sobre todos os setores dependentes de estruturas de barramento para operação. De um modo geral, as alterações propostas pela Lei 14.066/2020 tiveram como foco principal a regulação dos planos de ações emergenciais (PAE), tanto na estrutura e conteúdo mínimo quanto na gestão e responsabilização de acidentes com barragens. Neste contexto, a nova redação da PNSB busca conseguir, junto aos empreendedores de barragens, uma melhoria no sistema de gestão de emergência, focando na estruturação dos PAEs e na integração dos empreendedores com as defesas civis e comunidades potencialmente atingidas em caso de acidente.

Diferentemente do que possa parecer, a gestão da emergência é um movimento que não inicia com a emergência, mas começa antes mesmo da ocorrência do evento e continua após sua finalização, apresentando três fases distintas: a fase de mitigação (“antes da emergência”), a fase de resposta (“durante a emergência”) e a fase de recuperação (“depois da emergência”), conforme ilustrado a seguir.



Fonte: adaptado de UNDRO (1991) apud. Viseu & Almeida (2011)

Figura 1 - Quadro evidencia as três fases da gestão da emergência.

Neste panorama, o plano de ações emergenciais fica inserido nas duas primeiras fases da gestão da emergência (mitigação e resposta), enquanto a elaboração de um plano de gestão de crise visa atuar nas duas últimas fases (resposta e recuperação), havendo uma sobreposição entre os planos durante a fase mais crítica de resposta à emergência.

Outro conceito importante relacionado ao PAE diz respeito à vantagem do desmembramento do plano em dois documentos distintos e complementares, sendo um PAE interno, atuando na fase de prevenção com foco na segurança da barragem, e um PAE externo, atuando nas fases de preparação e resposta, cujas ações visam resguardar o vale de jusante. Este conceito já é amplamente aceito entre as políticas de segurança de barragens de Portugal e vem sendo adotado como boa prática pelo setor elétrico brasileiro,

segundo o entendimento da Associação Brasileira das Empresas Geradoras de Energia Elétrica (ABRAGE).

Por se tratar de um evento de probabilidade muito baixa de ocorrência, é natural que muitas das equipes relacionadas no plano nunca venham ser solicitadas a atuar em um evento real de emergência, sendo necessário que o PAE venha apoiado de um adequado plano de treinamento das equipes envolvidas com o objetivo de garantir a efetividade das ações e identificar precocemente falhas ou fragilidades, atuando de forma contínua para seu aprimoramento.

Neste cenário, a Cemig GT, em parceria com a Venidera Pesquisa e Desenvolvimento LTDA. vem desenvolvendo desde 2018 o P&D GT0597: “PAEplay – A ferramenta de apoio ao treinamento contínuo nos procedimentos de monitoramento do estado das barragens da Cemig e de utilização do PAE”, parte do Programa Anual de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Cemig-Aneel 2016/2017, em continuidade ao antecessor P&D GT0490: “Sistema Inteligente Integrado com Tecnologia Web e Móvel para Gestão de Emergências”.

O projeto antecessor (GT0490) foi responsável pela elaboração de dois produtos principais: um sistema especialista (PAEWEB), que informatiza as funções e atividades do PAE, favorecendo o processo de comunicação e tomada de decisão; e outro sistema que serve de ferramenta de apoio às instituições de Proteção e Defesa Civil na elaboração de planos de contingência (proximidade), este último já em ampla utilização pela companhia em conjunto com organismos de defesa civil municipais e estaduais.

O P&D PAEplay, portanto, vem sendo desenvolvido com o intuito de atuar na fase de prevenção da gestão de emergência, de forma a manter treinamento contínuo das equipes internas à Cemig GT e atuar preventivamente sobre as situações que possam levar a barragem à falha, valendo-se dos produtos criados no projeto antecessor.

**P&D PAEPLAY**

O projeto PAEplay foi desenvolvido na intenção de criar uma ferramenta online para apoiar o treinamento dos procedimentos do PAE e manter as equipes preparadas para atuarem em situações de emergência, aliado ao treinamento do sistema especialista desenvolvido no âmbito do projeto anterior. Os treinamentos irão ocorrer remotamente e por meio do aplicativo PAEWEB, onde a plataforma do PAEplay será embarcada.

O aplicativo do PAEWEB foi desenvolvido com função de compilar informações de campo (como leitura de instrumentação e identificação visual de anomalias) e dados internos provenientes dos sistemas de TI do ambiente corporativo da Cemig GT por meio da utilização de um "sistema especialista", gerando avisos sobre situações que possam necessitar de alteração de nível de resposta,

incluindo ainda recursos de comunicação interna para auxiliar no monitoramento das barragens e envio automático de alertas aos gestores da Cemig GT.



**Figura 2 - Imagens do aplicativo evidenciando alguns dos recursos disponíveis.**

Os recursos disponíveis na plataforma serão utilizados para o desenvolvimento do treinamento entre as equipes, as quais irão responder às solicitações enviadas por meio do PAEWEB seguindo os procedimentos definidos no PAE interno da companhia e interagindo entre si de modo a solucionar o cenário de emergência proposto. Cada equipe é avaliada pelas ações que desempenha durante o treinamento e com base nas atribuições de cada função dentro do PAE, assemelhando-se a um exercício com elementos de gamificação, uma vez que as ações tomadas pelos participantes influenciam nas consequências finais, buscando refletir a importância de cada ator relacionado no plano.

O treinamento se estende até que o problema seja completamente solucionado pelas equipes ou até que ocorra a falha da barragem. Neste último caso, ainda há ações de comunicação externa a serem realizadas pelo coordenador executivo do PAE para evitar perdas de vidas hipotéticas devido à ruptura do barramento. Ao final de cada treinamento, é possível fazer a avaliação de cada participante com base na efetividade das ações tomadas, tempo



**Figura 3 - Aplicativo identifica medidas necessárias para atuação em situações de emergência.**



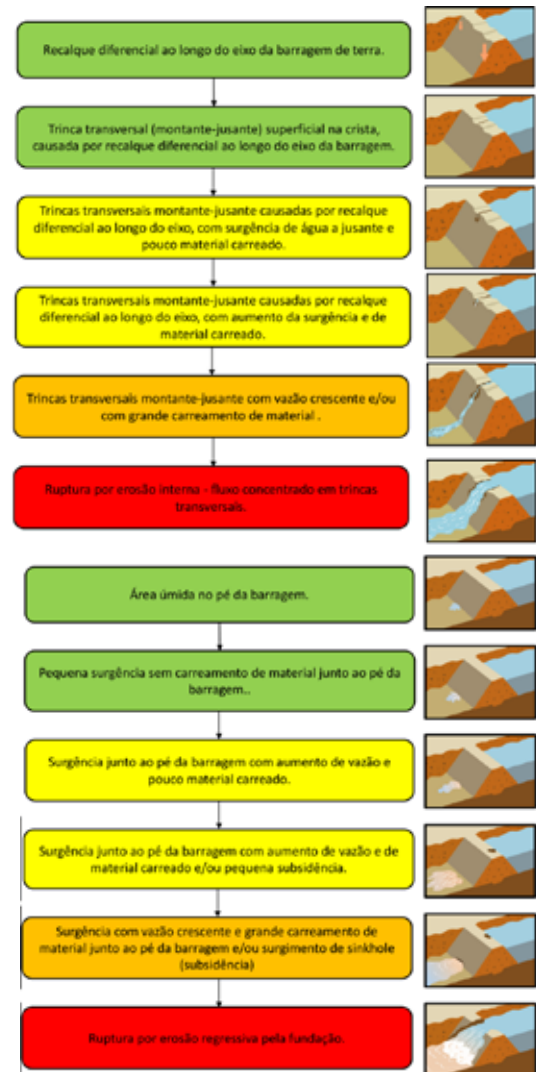
de resposta, assertividade no fluxo de comunicação e de aviso e alerta às comunidades, dentre outros fatores, permitindo avaliar os pontos de fragilidade do plano e das equipes e atuar de maneira a corrigir estas falhas. Outra característica inerente a treinamentos desta natureza é a identificação de medidas estruturais necessárias para atuação em situações de emergência específicas a cada empreendimento, permitindo uma atuação preventiva.

A construção dos cenários de emergência foram fruto de uma vasta revisão bibliográfica sobre as principais metodologias de análise de risco aplicadas a barragens, dentre as quais destacam-se as Árvores de Eventos (ETA), Árvores de Falhas (FTA) e os Potential Failure Mode Analysis (PFMA), desenvolvidos no âmbito deste projeto. Estas metodologias foram escolhidas por apresentarem uma sequência lógica de evolução de anomalias, desde os eventos de base responsáveis pela iniciação do modo de falha até a abertura da brecha de ruptura.

Para criação dos cenários de emergência com barragens, no entanto, a aplicação direta das metodologias de análise de risco encontrou limitação, uma vez que a sequência de falhas é descrita focando-se na descrição dos processos físicos, os quais por vezes não geram uma evidência possível de ser inspecionada ou monitorada. Visando atender ao objetivo do projeto e aproximar o treinamento da realidade da rotina de monitoramento e inspeção, os modos de falha estudados foram adaptados para sequências de evolução de evidências, cabendo às equipes interpretarem quais fenômenos podem estar relacionados a cada evidência. Por vezes, modos de falha distintos compartilham das mesmas evidências, ou mesmo evidências distintas podem levar a um mesmo modo de falha, permitindo uma maior subjetividade no tratamento de cada evidência, a qual deve ser analisada pelas equipes durante o treinamento de modo a identificar sua origem e propor o reparo correto.

Ao todo, foram criadas cerca de 43 destas sequências de evidências, cada qual relacionada a um modo de falha e a uma estrutura distinta. Cada uma das sequências foi desmembrada em atributos e categorizada com base em um sistema classificador, de modo a alimentar o sistema especialista e gerar novos gatilhos relacionados aos modos de falha. Ao ser reportada uma anomalia, o sistema especialista identifica os termos utilizados e busca enquadrar a anomalia em um dos modos de falha estudados, gerando alertas automáticos às equipes para uma maior celeridade na resposta.

Além da emulação de anomalias civis, a plataforma possui um módulo de simulação hidrológica visando o treinamento das equipes relacionadas à operação dos reservatórios. Eventos meteorológicos hipotéticos irão ocorrer durante o treinamento e exigirão medidas para controle do nível dos reservatórios para evitar o galgamento da estrutura ou o agravamento de anomalias



**Figura 4 - Modos de falhas adaptados para sequência de evolução de evidências para interpretação das equipes em treinamento.**

civis pré-existentes. A equipe de operação de reservatórios deverá atuar na abertura e fechamento das comportas dos extravasores, respeitando as regras operativas de cada empreendimento. As aberturas de comportas com liberação de vazão acima das vazões de restrição de cada empreendimento deverão ser articuladas para comunicação antecipada das comunidades de jusante. Estes e outros aspectos são levados em consideração durante a avaliação do treinamento.

Por fim, foi estruturado um módulo de evacuação de modo a avaliar o número de perda de vidas hipotéticas durante cada treinamento, permitindo uma avaliação da efetividade das ações de gestão de emergência tomadas no vale de jusante. O algoritmo será alimentado com dados básicos da população (percentagem de população idosa, população total) e do evento (tipo de ruptura, tempo de aviso às comunidades, dentre outros) para permitir um ranqueamento das equipes envolvidas no treinamento.





Ademais, o projeto PAEplay apresenta também a possibilidade de treinamento individual, dando a oportunidade aos empregados de aperfeiçoarem seus conhecimentos e habilidades junto a “jogadores virtuais”, programados para emularem o comportamento dos jogadores reais e levando em consideração os perfis psicológicos preponderantes identificados em cada equipe.

## CONCLUSÃO

O desenvolvimento do PAEplay irá permitir a melhoria contínua dos procedimentos de gestão de emergência relacionados aos planos de ações emergenciais, bem como garantir o treinamento contínuo e integração das equipes, permitindo uma resposta mais enérgica e efetiva durante situações de emergência. A automatização de parte dos treinamentos permitirá um ganho substancial na logística de treinamentos dentro da Cemig GT, considerando o porte da companhia, o grande número de empregados e a diversidade de barramentos operados e mantidos, aumentando a confiabilidade dos processos relacionados à segurança de barragens. Além disso, a aplicação de metodologias de análise de risco específicas às principais usinas permitiu um maior conhecimento sobre os aspectos mais relevantes de cada barramento, garantindo o

aumento da confiabilidade das estruturas.

Com base no exposto, fica evidente que a estruturação de um plano de ações emergenciais bem sucedido vai muito além de um documento bem elaborado, sendo necessário que os procedimentos e agentes envolvidos no plano sejam constantemente checados e as falhas e fragilidades corrigidas, visando a melhoria contínua do plano e a integração e capacitação de todos os agentes que podem ser solicitados durante uma situação de emergência.

Fazendo uma analogia ao ciclo PDCA - Planejar / Executar / Verificar / Atuar (do inglês “Plan, Do, Check, Act”), o treinamento proposto por meio do PAEplay visa fazer a parte de verificação dos procedimentos do PAE, identificando precocemente as situações em que o plano apresenta fragilidades de modo a atuar sobre as falhas identificadas, buscando aumentar as chances de sucesso do plano durante situações reais de emergência.

---

*\*Daniel Etchegaray Mendes é engenheiro civil formado pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com pós-graduação lato sensu (especialização) em Segurança de Barragens pelo Grupo IDD. Atualmente, atua como engenheiro de segurança de barragens na Cemig GT, com foco na implementação dos planos de ações emergenciais internos | [daniel.mendes@cemig.com.br](mailto:daniel.mendes@cemig.com.br).*

**MÚLTIPLAS  
SOLUÇÕES,  
UM ÚNICO  
FORNECEDOR**



**16** anos de mercado

**+55** mil km de cabos vendidos

**+2000** itens em estoque

A Onix fornece soluções e materiais para redes de média e alta tensão para geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, entre em contato com nossa central de atendimento e saiba mais.