

LUIZ SERGIO SIEBER PADILLA

**CRITÉRIOS GERAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA
DE SEGURANÇA DE BARRAGENS**

Artigo Científico apresentado ao Curso de Especialização em Segurança de Barragens; Escola Politécnica; Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Segurança e de Barragens.

Orientadora: Prof^a. *MSc.* Adriana Verchai de Lima Lobo

Salvador
2024

CRITÉRIOS GERAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Luiz Sergio Sieber Padilla¹

Resumo

Considerando o avanço tecnológico dos sistemas de informação, dentro de um mundo conectado, em que se busca informações instantâneas e seguras, a engenharia de segurança de barragens precisa se modernizar com a implementação de sistemas de banco de dados estruturados para melhor gerir essas estruturas. A preparação desse processo depende de alguns cuidados que devem ser tomados antes da implantação de um SGSB (Sistema de Gestão de Segurança de Barragens), para uma melhor transição e garantia de melhor proveito da solução adotada. A definição tanto da preparação, como dos requisitos técnicos funcionais necessitam ser bem definidos e são tratados nesse artigo. Esse trabalho tem o objetivo de descrever e avaliar as medidas necessárias antes, durante e após a implantação de um sistema de gestão de segurança de barragens, bem como orientar os critérios gerais necessários para que um sistema possa ser desenvolvido ou contratado, utilizando-se a ciência de dados.

Palavras-chave: banco de dados, segurança de barragens, critérios

Abstract

Considering the technological advancement of information systems, within a connected world, in which instant and secure information is sought, the engineering that takes care of dam safety needs to modernize with the implementation of structured database systems to better manage these structures. The preparation of this process depends on some precautions that must be taken before implementing an SGSB (Dam Safe Manage System), for a better transition and ensuring better benefit from the solution adopted. The definition of both the preparation and the functional technical requirements need to be well defined and are covered in this article. This work aims to describe and evaluate the necessary measures before, during and after the implementation of a dam safety management system, as well as guide the general criteria necessary for a system to be developed or contracted, using the data science.

Keywords: *database, dam security, criteria*

¹ Engenheiro Civil

1 INTRODUÇÃO

A concepção, projeto, construção e operação de barragens é um processo multidisciplinar, devido a complexidade técnica que envolve este tipo de empreendimento, em todas as etapas desde o planejamento, construção até a operação e manutenção. O monitoramento, a gestão de dados, desempenha um papel importante em todas essas fases, garantindo que as informações sejam coletadas, transformadas em parâmetros de engenharia, analisadas e utilizadas de maneira atempada, eficiente e segura, além de garantir que sejam tomadas medidas preventivas e corretivas adequadas para minimizar riscos e proteger as comunidades, bem como o meio ambiente, mantendo histórico e atendendo PSB (Plano de Segurança de Barragens), que é obrigação do empreendedor implantar..

Diante da crescente necessidade de controle e mitigação do risco associados às barragens brasileiras e da dificuldade observada para obtenção, processamento e análise de dados de projeto e execução de barragens construídas em décadas passadas, é apresentada a descrição do desenvolvimento de um sistema de monitoramento e segurança de barragem. A inspeção regular de barragens é de extrema importância de modo a acompanhar a vida útil e verificar potenciais problemas nas estruturas e propor melhorias e manutenção, seja a manutenção preditiva, corretiva ou preventiva. A gestão de segurança de barragens é importante porque pode evitar e/ou diminuir diretamente as consequências dos danos de um eventual incidente e/ou acidente causado. A segurança da comunidade vizinha e a segurança hídrica para o abastecimento público são primordiais. Considerando a segurança hídrica em épocas de estiagem e secas, nas barragens de usos múltiplos, principalmente as de abastecimento público torna-se primordial o acompanhamento dos níveis do reservatório em correspondência ao volume armazenado, os valores medidos pela instrumentação, bem como características químicas da água, monitoramento de ocupação irregular no entorno e erosões e sedimentação do reservatório (LOBO, A.V.L, GRAEFF, 2018).

De acordo com LOBO, PENA, BELLINI, *et al.* (2023), os resultados a serem alcançados proporcionam o acesso informações de maneira rápida e interativa, bem como análises preliminares que direcionam as avaliações posteriores realizadas pelos especialistas, possibilitando uma tomada de decisão ágil, garantindo a manutenção e a segurança do empreendimento. A otimização da análise das estruturas por meio de ferramentas computacionais, juntamente com a integração de módulos de monitoramento, é uma parte

fundamental do constante desenvolvimento de empresas. Esses esforços visam permitir a melhoria das ferramentas utilizadas pelo empreendedor e/ou empresa e facilitar a obtenção de informações precisas e em tempo hábil. Essas abordagens avançadas permitem que análises preliminares sejam conduzidas, fornecendo orientações valiosas para as análises mais detalhadas realizadas pelos especialistas. Essas iniciativas têm como objetivo permitir uma auscultação mais eficiente, proporcionando informações valiosas para garantir a segurança e a integridade das estruturas. Através desses avanços contínuos, a Sanepar mantém sua posição na vanguarda tecnológica, buscando aprimorar constantemente suas práticas e processos.

Antes do surgimento e popularização dos computadores, o monitoramento e gestão de dados, das barragens dependiam principalmente de registros em papel, o que apresentava vários desafios e riscos, incluindo a perda de informações. Algumas razões pelas quais a perda de informações em papel:

- **Fragilidade e deterioração:** Os registros em papel estão sujeitos à deterioração ao longo do tempo devido a fatores como exposição à luz solar, umidade, insetos e roedores. Isso pode resultar na perda gradual de informações importantes conforme os documentos se desgastam ou se deterioram.
- **Espaço físico limitado:** O armazenamento de grandes quantidades de documentos em papel exigia muito espaço físico. As empresas e organizações muitas vezes enfrentavam o desafio de encontrar espaço adequado para armazenar uma grande quantidade de papel e registros dos dados e documentos, o que podia levar à perda de documentos devido a má organização ou descarte acidental.
- **Dificuldade de recuperação:** Localizar informações específicas em registros em papel pode ser uma tarefa demorada e propensa a erros. Sem um sistema, integrado e eficaz de indexação e organização, os documentos podem se perder em arquivos desorganizados ou serem erroneamente arquivados, dificultando sua recuperação quando necessário.
- **Vulnerabilidade a desastres:** Documentos em papel são altamente vulneráveis a desastres naturais, como incêndios, inundações e terremotos. A perda de documentos nessas situações poderia resultar na perda irreparável de informações essenciais para as operações de uma organização.
- **Limitações no compartilhamento e colaboração:** Com registros em papel, compartilhar informações entre diferentes departamentos ou locais geográficos era desafiador e

muitas vezes envolvia cópias físicas, as quais poderiam ser perdidas ou danificadas no processo.

- Risco de erro humano: A manipulação manual e registro dos dados em papel, ou de documentos técnicos importantes, aumentava o risco de erros humanos, tais como: inserção incorreta de dados, perda acidental de documentos ou falhas na transcrição de informações.

Mesmo com todo esse inconveniente de gestão de documentação técnica, dados em papel, ou seja, não digital, a maioria das barragens no Brasil tiveram de ser gerenciadas dessa forma no passado. Ocorre que, essa maneira de gestão da engenharia de segurança de barragem vem sendo digitalizada e informatizada, trazendo muitos ganhos para gestão, monitoramento, inspeção, operação, manutenção, compartilhamento da informação e segurança dos empreendimentos.

A modernidade é pautada pela ciência de dados, onde há uma abordagem moderna e poderosa para gerir informações de forma eficaz. Ela se concentra na extração de *insights* valiosos e na tomada de decisões orientadas por dados, utilizando métodos estatísticos, algoritmos de aprendizado de máquina e técnicas de visualização de dados.

A implantação de um sistema de gestão de segurança de barragens é desafiadora no que tange a preparação dos dados e outras informações técnicas importantes para importação, bem como os critérios para sua contratação ou desenvolvimento. Os dados precisam estar organizados e tabelados para que um sistema de banco de dados estruturado possa reconhecê-los. Além disso, esses dados precisam ser verificados, validados e estruturados para que não haja erros de importação e sejam integrados, de modo que o dado seja convertido em informação.

Os benefícios de um sistema de gestão de barragens, vão muito além de armazenar dados. Algumas das principais vantagens em dados estruturados são:

- Organização eficiente: Dados estruturados são organizados em um formato definido com campos predefinidos, o que facilita a organização e o armazenamento dos dados de forma eficiente.
- Facilidade de consulta: Como os dados estão organizados em campos predefinidos, consultas e buscas podem ser feitas de forma rápida e eficiente, permitindo a recuperação rápida de informações específicas.
- Consistência dos dados: A estrutura definida dos dados garante consistência nos formatos e nos tipos de dados utilizados, o que reduz erros e inconsistências nos dados.

- Facilidade de análise: Dados estruturados, transformados em parâmetros e integrados são mais fáceis de analisar e processar do que dados não estruturados, tornando a análise de dados mais acessível e eficiente.
- Integração simplificada: Dados estruturados são mais fáceis de integrar com sistemas e ferramentas existentes, facilitando a interoperabilidade entre diferentes sistemas e aplicativos, além de permitir armazenagem na web (nuvem).
- Escalabilidade: Dados estruturados são mais escaláveis, o que significa que podem lidar melhor com grandes volumes de dados e crescer conforme necessário sem comprometer o desempenho.
- Segurança: A estruturação dos dados facilita a implementação de medidas de segurança, como controle de acesso e criptografia, para proteger os dados contra acessos não autorizados.
- Padronização: Dados estruturados muitas vezes seguem padrões e convenções bem definidos, o que facilita a comunicação e o compartilhamento de dados entre diferentes sistemas e organizações.

A segurança de barragens é um processo complexo que envolve uma série de etapas desde a sua concepção, projeto, construção, operação, monitoramento, inspeções e manutenção da barragem e suas estruturas associadas, que devem ser acompanhadas por equipe multidisciplinar e especialistas em barragens, durante toda a vida útil do empreendimento e suas estruturas associadas como vertedouros, tomada de água, descarregador de fundo e outros.

1.1 Aspectos Metodológicos

O primeiro aspecto a ser ressaltado na abordagem metodológica deste artigo concerne ao papel desempenhado pelos autores como “contratantes-desenvolvedores-observadores-participantes-tomadores de decisão” no processo de implantação de sistemas de gestão e monitoramento de segurança de barragens.

Foi avaliado o que foi especificado para contratação do sistema com o período posterior de uso da solução. Assim foi proposto uma melhor preparação e definição de requisitos baseados nessas experiências dos autores.

- ✓ *Tipo de pesquisa:* qualitativa, descritiva;
- ✓ *Unidade de análise:* documentos elaborados pelos autores e o sistema implantado;

- ✓ *Corte temporal*: maior de 2021 até abril de 2024;
- ✓ *Dados necessários*: registros de inspeções, banco de dados existente dos empreendimentos, projetos, monitoramento e registro, atas de reunião com discursões com fornecedores, setores distintos das empresas, como tecnologia da informação, área jurídica, termos de referência, manuais iniciais de soluções existentes, propostas de fornecedores
- ✓ *Fonte de dados*: dados públicos de empresas que fornecem soluções, documentos internos das empresas em que os autores desempenham suas atividades profissionais;
- ✓ *Instrumento de coleta de dados*: termo de referência, funcionalidades sistema implaanto;
- ✓ *Técnica de tratamento de dados*: avaliação do que foi previsto na contratação ou implantação de um sistema e o resultado final, verificando se se adequam à realidade de mercado das empresas, considerando a eficiência e eficácia do sistema desenvolvido,

2 PREPARAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO

O Sistema de Controle e Monitoramento (SCM) e o Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) são softwares, desenvolvido pela equipe de segurança da barragem, responsável pelo gerenciamento, monitoramento, armazenamento, organização e recuperação eficiente de dados em um banco de dados. O sistema oferece uma interface entre os usuários e o banco de dados, permitindo que os usuários realizem operações como inserção, atualização, exclusão e consulta de dados de maneira fácil e segura.

Os Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) e/ou os Sistemas de Controle e Monitoramento (SCM) geralmente também fornecem recursos para garantir a integridade, consistência e segurança dos dados, como mecanismos de transação, controle de concorrência, controle de acesso e *backup/recovery*.

Antes de implantar um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados é fundamental ter os dados coletados, quer sejam dados de leituras de instrumentação, quer sejam registros de inspeções, quer sejam os dados do Plano de Ação Emergencial (PAE) – rotas de fuga, sirenes, indivíduos, responsáveis - ou outros dados considerados importantes devem ser armazenados preferencialmente em planilhas eletrônicas a fim de facilitar o processo de migração para um banco de dados estruturado transformados em variáveis de engenharia. Mesmo aqueles dados antigos, que estão armazenados em papel devem ser migrados para planilhas eletrônicas.

A importação dos dados faz parte desse processo de tornar o dado o mais consistente possível. Procurar por erros de digitação, erros de cálculos, verificar se os tipos dos dados são compatíveis com o sistema que vai recebê-los, verificar os nomes das colunas, tipo de dados, fórmulas de transformação são algumas das tarefas necessárias.

Os SGBD ou SCMN (Sistema de Controle de Monitoramento e Navegação 2D e 3D) trabalham com várias tabelas que se relacionam entre si a fim de tornar o armazenamento de dados o mais estruturado possível. Isso visar compartimentar cada tipo de dado em tabelas dimensão e em tabelas fato. Para melhor exemplificar, uma tabela de cadastro dos instrumentos se comportaria como uma tabela dimensional. Já a tabela do registro das leituras da instrumentação se comportaria como uma tabela fato, visto que desempenha um papel dinâmico na estrutura de dados se servindo dos dados da tabela de cadastro dos instrumentos.

Tabela 1 - Exemplo de tabela cadastral de instrumentos de auscultação

ID	Identificador	Estrutura	Status	Tipo instrumento	Subtipo instrumento	É Automatizado
18087	BA-01	Vertedouro Superfície	Ativo	Base de alongâmetro	Base de Alongâmetro Tripla	Não
19666	MS-15B	Barragem Margem Esquerda	Ativo	Marco superficial	Marco Superficial UTM	Não
18075	PA-107	Dique A	Ativo	Poço de alívio	Poços de alívio	Não
18076	PA-108	Dique A	Ativo	Poço de alívio	Poços de alívio	Não
17878	PZ-28A	Dique A	Ativo	Piezômetro	Piezômetro de tubo aberto	Não
17842	PZ-28-DF	Descarregador de Fundo	Ativo	Piezômetro	Piezômetro de tubo aberto	Não
17879	PZ-29A	Dique A	Ativo	Piezômetro	Piezômetro de tubo aberto	Não
17843	PZ-29-DF	Descarregador de Fundo	Ativo	Piezômetro	Piezômetro de tubo aberto	Não

A fim de melhorar a importação dos dados, é importante adotar algumas medidas. Entre elas podemos relacionar: tratar de dados ausentes, duplicados ou inconsistências; formatar os registros de dados para importação de planilha eletrônica para o banco de dados; verificar erros de cálculo nas transformações de leituras; formatar planilha e dados de registros de inspeções; organizar dados técnicos cadastrais das estruturas; verificar dados cadastrais da instrumentação.

2.1 Tratar dados ausentes, duplicados ou inconsistências

Os erros são muito comuns quando se tem uma base de dados organizada em planilha eletrônica, quando passaram por vários operadores ao longo dos anos do empreendimento monitorado, e/ou inspecionado, quase impossível não haver erro humano, logo esse trabalho, de organização dos dados (histórico da barragem) e informações do empreendimento, deve ser muito minucioso. Devem ser procurados erros de registros com zeros a mais, quando se coloca a vírgula no lugar errado ou mesmo erros em valores muito discrepante, registro duplicados, ilógicos, vazios ou incompletos. Em geral a instrumentação tem uma certa lógica de variação. Algumas vezes elas variam de acordo com o nível do reservatório, outras vezes

são dependentes da temperatura, a depender da seção e posição também pode haver uma correlação entre os instrumentos, cuja avaliação, interpretação e/ou correção, seleção destes dados é feita pelo especialista em segurança de barragens ou engenheiro civil.

Uma forma também de avaliar o histórico de registros da instrumentação é fazer uma análise visual do gráfico, buscando encontrar variações acentuadas e se essas variações são comportamentos esperados ou não que possam indicar erros em seus históricos.

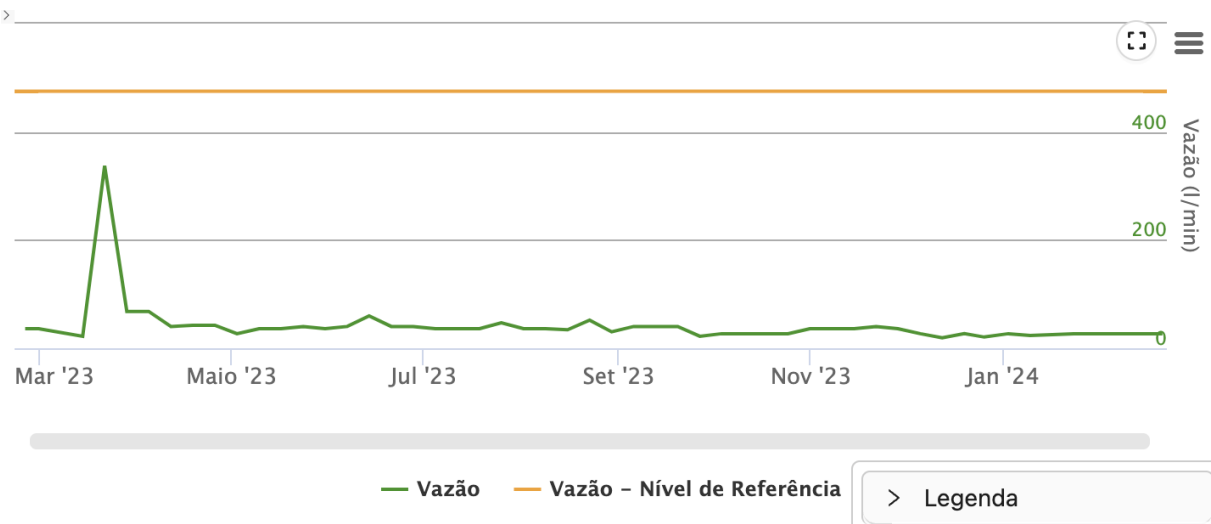


Figura 1 - Gráfico com variação pontual

2.2 Formata os registros de dados para importação de planilha eletrônica para o banco de dados

A forma de registrar os dados é preferível que seja linha a linha. Por exemplo, no caso de leituras de instrumentos, facilita muito o processo de migração futura, se os registros de leituras foram sendo realizados para cada linha um registro. Para exemplificar, a tabela 1 exemplifica a maneira de importar estes dados organizados para um SGBD. No *software* Excel, por exemplo, existem comandos específicos que executam esta tarefa automaticamente. Entretanto, é bom lembrar que, numa base de dados muito grande, por exemplo com mais de 100 instrumentos e/ou acima de 10 anos de registros, essa tarefa se torna difícil e pode demorar muito tempo para organizar e alimentar o banco de dados do SGBS.

Tabela 2 - Forma de armazenar dados que facilita a importação futura em um SGBD

Data	Instrumento	Leitura (entrada) (m)	Piezometria (saída) (m)
05/03/2023	PZ-01	4,50	372,00

05/03/2023	PZ-02	4,80	372,30
05/03/2023	PZ-03	3,00	374,00

Na tabela 2, mostra a etapa de transformação de dados em variáveis de engenharia, que é basicamente fazer transformações desses dados da tabela 2, nos dados contidos na tabela 1. No mercado existe aplicativos softwares a venda, porém a depender do dado e da informação que se deseja, não torna esta tarefa uma simples transformação, sem uma análise de um especialista do que se quer, qual dados se relaciona com outro para trazer a informação e não apenas o dado.

Tabela 3 - Forma de armazenar dados que dificulta a importação futura em um SGBD

Data	PZ-02	PZ-02	PZ-03
05/03/2023	4,50	4,80	3,00

2.3 Verificar erros de cálculo nas transformações de leituras

Não é incomum quando analisamos uma série histórica de um instrumento, encontrar nas planilhas eletrônicas, fórmulas digitadas incorretamente. Eventualmente, erra-se as unidades de medidas, outras vezes há erros nas constantes no registro de dados de leitura e de transformação de dados em informação dos instrumentos.

Em geral esses erros de fórmulas acontecem quando há mudanças de instrumentos e aferição em que a informação não é repassa para o escritório, onde são processadas as medições.

2.4 Formatar planilha e dados de registros de inspeções

Esses dados também precisam ser tabelados em planilha eletrônica com colunas específicas, que vai variar de acordo com o SGDB que vai importá-las.

É importante verificar dados de consistência, como se o registro da anomalia foi concluído.

Os formatos das datas, se a descrição dela não ultrapassa os caracteres permitidos no SGDB.

É importante ressaltar que há novas informações que o SGDB é capaz de armazenar e que as planilhas antigas não possuem. Como exemplo, podemos citar as coordenadas geográficas da anomalia detectada.

2.5 Organizar dados técnicos cadastrais das estruturas

Em geral esses dados como são menos números do que os já citados nos tópicos anteriores, não há tanta preocupação em organizá-los com muitos critérios. Basicamente é importante tê-los em papel e o mais provável é que eles sejam digitados manualmente nos sistemas.

2.6 Verificar dados cadastrais da instrumentação

Esses são dados muito importantes, pois além de informações como nome, data de instalação, empresa responsável, tem os dados das constantes que serão utilizadas nas fórmulas de transformação das leituras inseridas para as saídas desejadas. Portanto errar uma constante pode trazer muitos erros em casos de importação direta apenas dos dados das leituras.

3 CRITÉRIOS NECESSÁRIOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

O desenvolvimento e/ou implantação de um sistema existente de SGBD e/ou SCMN específico para Segurança de Barragens requer uma série conhecimentos técnicos de engenharia. Os critérios apresentados nesse trabalho serão úteis para uma contratação de um sistema existente no mercado ou para seu desenvolvimento.

Verifica-se que as empresas que desenvolvem esse tipo de solução, normalmente, são abertas a adaptações requisitadas por clientes, o que customiza e valoriza a informação para cada cliente, empreendimento, uma solução.

O planejamento da contratação/desenvolvimento de uma solução de TI (Tecnologia da Informação), em termos conceituais, é um projeto, pois tem início, meio e fim.

A qualidade do planejamento da contratação/desenvolvimento depende da equipe designada para conduzi-lo. Portanto, a equipe deve ser escolhida com cuidado (TCU, 2012). A equipe que vai definir a contratação/desenvolvimento deve ser formada por profissionais de engenharia civil de barragens, especialista em projeto, construção, operação e monitoramento e inspeção e de especialistas e /ou equipe de tecnologia da informação.

No que concerne os requisitos funcionais do sistema, os especialistas em segurança de barragem são os mais bem preparados para essa definição. Os responsáveis pela área TI (Tecnologia da Informação) se preocuparão principalmente com tipo de solução a ser adotada, hospedagem (local ou nuvem), performance, interface, linguagem de programação entre outros.

Também deverão ser analisados os riscos inerentes da contratação/desenvolvimento. Entre os principais riscos:

- Deficiência no processo de planejamento da solução, deixando de prever requisitos que posteriormente poderão ser difíceis executar através de aditivos contratuais;
- Falta de interação entre quem desenvolveu os requisitos de contratação e a equipe que vai verificar o atendimento deles durante a implantação;
- Interrupção da solução contratada por problemas na empresa fornecedora, o que deve ser previsto um plano alternativo para exportação de dados, por exemplo;

3.1 Principais requisitos funcionais

3.1.1 Cadastros

- Permitir o cadastro e edição dos dados das barragens, com no mínimo os seguintes campos por barragem: nome da barragem, características técnicas construtivas da barragem (altura, tipo de construção etc.), localização (endereço completo, coordenadas geográficas), gestor, responsável técnico junto ao CREA e fotos;
- Permitir o cadastro e edição dos dados das estruturas que compõem as barragens, com no mínimo os seguintes campos por estrutura: nome da estrutura, barragem a que está vinculada, características técnicas construtivas da estrutura (altura, tipo de construção), localização (endereço completo, coordenadas geográficas) e fotos;
- Permitir o cadastro de tipos e subtipos de instrumentos de auscultação, onde será possível inserir dados de constantes, variáveis de engenharia e fórmulas;
- Permitir o cadastro e edição dos instrumentos de auscultação, com no mínimo os seguintes campos por instrumento: código dos instrumentos (atual e antigo), QR-CODE do instrumento ou similar, tipo do instrumento, unidade de medida da leitura, fotos, dados de instalação (cotas, coordenadas geográficas entre outros), cadastro de constantes e integrações entre mesmos tipos de instrumentos e/ou outros;
- Permitir o cadastro e edição dos dados dos órgãos gestores da manutenção das barragens, com no mínimo os seguintes campos por órgão: nome do órgão, gestor do órgão, dados de contato, equipe técnica que compõe o órgão;
- Permitir o cadastro e edição de diferentes tipos de acesso ao sistema, tais como administrador, usuário normal, entre outros. Os tipos de acesso precisam ser configurados pelo administrador.

- A autenticação dos usuários deve também ser feita a partir de integração com o AD(*Active Directory*) ou outro sistema *keycloak* de autenticação utilizado.;

3.1.2 Monitoramento (instrumentação)

- Os instrumentos devem poder ser visualizados num mapa da terra, com sua respectiva coordenada geográfica, para instrumentos instalados em ambientes externos. Para instrumentos internos, o sistema deve permitir a inclusão de um desenho vetorial pleno da estrutura onde os instrumentos serão instalados, de forma que, quando o usuário passar o mouse por essa estrutura, ela se destacará e poderá ser ampliada para ver os instrumentos posicionados no seu interior;
- O sistema deverá permitir o acompanhamento da execução das leituras, de forma que em uma determinada data seja possível aferir a quantidade de leituras previstas e realizadas em determinado período, isso deverá ser mostrado em um calendário;
- O sistema deve permitir a criação de perfis de leituras personalizados para que o usuário possa acioná-los de acordo com a necessidade. Por exemplo: perfil normal significa a periodicidade normal de leituras. Caso o usuário crie um perfil para cheia, provavelmente a intensão é aumentar a frequência de leituras;
- O Sistema deverá permitir criar grupos de leituras que terão recorrências e instrumentos a serem configuradas pelo usuário. O Usuário também poderá atribuir um perfil a esse grupo de leituras (normal, cheia etc);
- Deve permitir a criação de seções transversais para diversos tipos de barragens, onde poderá ser inserido nível d'água do reservatório de montante e nível de jusante, bem como os instrumentos deve ser posicionado graficamente para mostrar o que estão medindo;
- Permitir a criação de gráficos de linha personalizados para representar as séries históricas dos instrumentos. Esses gráficos devem poder combinar vários instrumentos, bem como dados operacionais do reservatório e dados hidrometeorológicos;
- Permitir a configuração de dashboard dinâmicos personalizados para cada usuário, permitindo inserir gráficos (Barras 2D, Barras 3D, gráficos de linhas, gráficos de pizza, gráfico de combinação, mapa de árvore, kpis entre outros), desenhos, imagens, textos utilizando como fonte de dados as tabelas de dados cadastradas no software;

- Permitir a pesquisa de entradas e saídas das leituras, possibilitando editar manualmente as leituras, além de permitir editar excluir, desativar essas leituras;
- Permitir a importação de leituras existentes em tabelas de planilha eletrônica (com e sem transformação da leitura em unidade de medida para análise).

3.1.3 Coleta de leituras

- Fornecer aplicativos para dispositivos móveis que permitam a inserção de leituras manualmente, com criação de regras de validação dessas leituras a fim de minimizar erro humano de digitação;
- Funcionamento *offline* do aplicativo com transmissão das leituras quando o dispositivo tiver conectado na rede sem fio disponível;
- Permitir a rastreabilidade, através de coordenadas geográficas da realização das leituras;
- Permitir inserir uma nova constante, variável e limites de controle do instrumento, após manutenção, diretamente no dispositivo móvel;
- Permitir registrar dados o usuário que realizou as leituras, tais como nome, horário, chave funcional, assinatura entre outros;
- Permitir a leitura de códigos QR dos instrumentos, a fim de que o aplicativo de leitura *mobile* possa identificá-lo, sem a necessidade de digitar seu código, a fim de facilitar a leitura;
- Permitir selecionar a forma como determinado instrumento vai ser lido, caso haja mais de uma forma;

3.1.4 Inspeções

- Permitir cadastrar e editar tipos de inspeção;
- Permitir selecionar estruturas individuais para realização da inspeção, bem como possibilitar unir as inspeções em diferentes estruturas como uma única inspeção;
- Permitir o cadastramento de *checklist* de inspeção personalizado para cada estruturas e possibilitar vinculá-lo às estruturas;
- Fornecer aplicativo para dispositivos móveis onde se poderá registrar anomalias existentes e fazer acompanhamento delas. O cadastro das anomalias deve conter,

fotos, descrição, data, coordenadas geográficas, item do checklist, nível de perigo, magnitude;

- As anomalias devem poder ser acompanhadas, com registros de futuros até seu possível atendimento;
- Deve poder criar planos de ações com as recomendações vinculadas às anomalias detectadas ou mesmo não vinculadas, importadas de uma fiscalização externa;
- Após encerramento de inspeção, o sistema deve emitir relatório do checklist da inspeção com os dados das anomalias, registro de fotos entre outros;
- O sistema deve possuir uma matriz GUT (Matriz de prioridades – Gravidade, Urgência e Tendência) para classificar as anomalias/recomendações;
- Permitir a importação de recomendações externas, oriundas de revisões periódicas ou fiscalizações de organizações externas;
- Permitir inserir maquete digital das seções instrumentadas, planta e corte com link para dados históricos e possibilidade de análise temporal e ou integrada.

3.1.5 Plano de Segurança, Plano de Emergência e Revisão Periódica de Segurança

- Permitir a inclusão de volumes do Plano de Segurança de Barragem (PSB) de acordo com a definição do órgão fiscalizador e suas atualizações;
- Permitir controlar as alterações dos planos de segurança de barragens (PSB), quando da ocorrência de revisões periódicas ou extraordinárias em caso de alteração a qualquer tempo;
- Permitir a organização e padronização das informações do PSB (Plano de Segurança de Barragens), bem como a geração automática do PSB e das RPSB (Revisão Periódica de Segurança de Barragens);
- Permitir a operacionalização do PAE – Plano de Ação Emergencial;
- Permitir visualizar no sistema os fluxogramas de comunicação com os contatos e as ações esperadas para cada um dos agentes (internos e externos), tendo em vista:
 - o nível de emergência da estrutura;
 - as fichas de emergência com a descrição das ações de controle/resposta esperadas em cada nível de emergência para os diferentes modos de falha da estrutura (galgamento, liquefação, erosão interna, instabilização);

- as informações do Estudo de Ruptura Hipotética (Dam Break), tais como localização da brecha de ruptura, manchas de inundação dos cenários simulados e seus respectivos tempos de chegada, profundidade, velocidade, duração e risco hidrodinâmico;
 - a delimitação da Zona de Autossalvamento (ZAS) e da Zona de Segurança Secundária (ZSS);
 - foto e descrição das principais localidades atingidas.
- Permitir a inclusão de outros dados gerais sobre a localidade tais como hidrografia, acessos e limites municipais e estaduais. Também devem poder inseridos no sistema dados públicos sobre unidades de conservação, comunidades tradicionais, sítios arqueológicos, entre outros;
- Permitir a criação de Planos de Alerta e de Evacuação e SCI – Sistema de Defesa Civil;
- O plano de Evacuação deve permitir, através dos alertas:
 - inserir os dados de cadastramento das pessoas/propriedades atingidas (nome, idade, contato, animais, mobilidade reduzida, foto do local, entre outros);
 - visualizar as rotas de fuga com indicação da direção do fluxo e do tempo máximo de deslocamento;
 - visualizar os pontos de encontro, com a informação do quantitativo de pessoas esperadas;
 - visualizar as placas sinalização (localização, modelo e quantitativos);
 - inserir informações sobre o sistema de alerta, incluindo a área de abrangência das sirenes, além de obter o histórico de acionamento e enviar mensagens de alerta à população.
- O Plano de Ação Emergencial (PAE), deve permitir:
 - inserir informações sobre os locais de abrigo de pessoas e animais, incluindo os recursos necessários (itens de higiene, alimentação, água, outros);
 - visualizar os pontos de interdição de vias de acesso;
 - visualizar as rotas alternativas; visualizar a localização do Centro de Operação de Emergência (COE)/Sala de Situação;
 - listar os recursos logísticos e os suprimentos de primeiros socorros disponíveis.
- Disponibilizar aplicativo próprio para dispositivos móveis que permita o cadastro no sistema dos locais e das populações do entorno da barragem, com no mínimo as

seguintes informações: localização georreferenciada, foto, padrão construtivo, condição do local, finalidade, renda familiar, nome, telefone, idade, mobilidade reduzida, profissão, nível de escolaridade, dentre outros.

- Disponibilizar aplicativo próprio ou integração com aplicativos existentes para dispositivos móveis que sirva como meio para que os interessados na barragem, tais como população em geral, Defesa Civil e Aneel, ANA e órgãos estaduais fiscalizados, possam:
 - atualizar as suas informações cadastrais,
 - receber “mensagens” do empreendedor,
 - receber notificações instantâneas no celular em emergências,
 - compartilhar sua localização em tempo real,
 - receber rota de evacuação até o ponto de encontro mais próximo,
 - monitorar seu deslocamento em tempo real,
 - visualizar dados básicos operacionais da barragem (vazões, cotas, etc).
- As notificações descritas neste requisito devem prever no mínimo: notificações instantâneas no aplicativo, mensagens via *whatsapp*, SMS, chamada de voz e *email*.

3.1.6 **Análise de estabilidade**

- Permitir a inserção de dados com as características da estrutura para modelagem geológica, vinculados aos perfis criados no módulo de monitoramento;
- Permitir a visualização em forma de desenho da seção da estrutura
- Permitir análise de estabilidade utilizando o método equilíbrio limite, no qual se obtém o cálculo do fator de segurança, análises probabilísticas, alarmes e análises preditivas
- Permitir análise de estabilidade utilizando o método Elementos Finitos, no qual se obtém a provável superfície de ruptura, mapa de tensões e mapa de deformações
- Permitir a atualização automática dos cálculos de estabilidade, baseada em novos cenários
- Permitir a exibição dos resultados dessas análises através de gráficos e relatórios, inclusive em dashboard dinâmico
- Permitir a análise de estabilidade de forma integrada ao sistema de monitoramento e aos procedimentos de emergência.
- As análises de estabilidade deverão levar em consideração os dados dos instrumentos instalados, de forma periódica.

- Essa análise também deverá possibilitar a integração com o PAE (Plano de Ação Emergencial), permitindo enviar notificações (configuráveis) de emergência que for detectada por essa análise.

3.1.7 Critérios importantes que devem fazer parte do sistema de segurança e monitoramento de barragens

- Permitir a rastreabilidade em caso de alteração de registros do sistema;
- Permitir a exportação de dados para planilhas eletrônicas;
- Permitir gerar relatórios em PDF em todas as áreas do sistema;
- Todos os módulos devem ser inter-relacionados, a fim de evitar dados duplicados;
- Todos os módulos devem poder enviar notificações dentro do sistema e através de mensagens de texto, e-mails, SMS. Esses alertas devem prever no mínimo instrumentos que estão fora do nível de controle, anomalias com atraso de execução e atrasos em leituras da instrumentação;
- O sistema deve prever realização de backups periódicos para garantir a segurança dos dados;
- Deve haver um controle único de usuários a fim de personalizar os acessos de forma unificada a cada parte do sistema.

3. CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi apresentado neste trabalho é fundamental planejar toda a documentação antes de implementar um sistema de gestão de segurança de barragens, observando a transição adequada dos documentos físicos e dos documentos que estão armazenados em computadores sem uma estrutura lógica estruturada de um banco de dados para maximizar o aproveitamento futuramente dos dados migrados. Ter dados migrados com erros pode prejudicar as análises futuras que terá dificuldades de identificar de onde esses problemas ocorreram. Além disso, a definição correta de requisitos, desde os não-funcionais (aqueles que afetam a usabilidade e segurança geral do software), como os funcionais (aqueles que impactam o uso técnico, são fundamentais para uma boa utilização da ferramenta para o objetivo principal que é garantir que estruturas estejam em um nível adequado de segurança.

No mais, uma boa ferramenta, adequadamente especificada pode agilizar os processos diários de monitoramento, inspeção, geração dos relatórios e detecção de problemas num tempo suficiente para eventuais correções.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Relatório de segurança de barragens 2022. Brasília: ANA, 2022. Disponível em <https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/documentos-e-capacitacoes?tipo=documento&id=121>. Acesso em: 03 mar. 2023.

GEOSCAN. Sistema de monitoramento de barragem: saiba tudo sobre! 2020. Disponível em: 2. Acesso em: 03 mar. 2024.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000.

BRASIL. Lei nº 14.066, de 30 de setembro de 2020. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS – CBDB. Guia Básico de Segurança de Barragens. São Paulo, SP. 2001.

LOBO, A.V.L, GRAEFF, C. Desempenho de uma seção de barragem de terra antes e após a execução de um dreno no piso DE PÉ DE TALUDE, Revista Brasileira de Engenharia de Barragens do CBDB, Comitê Brasileiro de Barragens, 11 de janeiro de 2018.

LOBO, PENA, BELINI et al. 2023, SISTEMA INTEGRADO DE MONITORAMENTO DE BARRAGENS: CASO SANEPAR

MENESCAL, R.A. (2009). Gestão da Segurança de Barragens no Brasil: Proposta de um Sistema Integrado, Descentralizado, Transparente e Participativo. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 769 p.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens está disponível em nova versão. 2022. Disponível em

<https://www.snisb.gov.br/portal-snisb/inicio>. Acesso em: 03 mar. 2024.

TAVARES, L. F.; SILVA, M. A.; SOUZA, J. C. Implantação de um sistema de gestão de banco de dados para monitoramento de barragens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA CIVIL, 25., 2022, São Paulo. Anais... São Paulo: ABENC, 2022. p. 123-130.

Menescal, Rogério de Abreu

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SEGURANÇA DE BARRAGENS – SNISB. Disponível em: <<http://www.snisb.gov.br/>> Acesso em: 25 ab. 2018.

Brasil. Tribunal de Contas da União. Guia de boas práticas em contratação de soluções de tecnologia da informação: riscos e controles para o planejamento da contratação / Tribunal de Contas da União. – Versão 1.0. – Brasília: TCU, 2012. 527 p.