

PLANEJAMENTO E ESTRUTURAÇÃO DAS REVISÕES DE SEGURANÇA DE BARRAGENS PARA FINS DE APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO

Victor Romeu Fernandes de OLIVEIRA
Engenheiro Civil, Esp – ENEMAX Engenharia e Consultoria Ltda.

Teresa Cristina FUSARO
Engenheira Civil, MSc – FUSARO Engenharia e Consultoria Ltda.

Glauco Gonçalves DIAS
Engenheiro Civil, MSc – ENEMAX Engenharia e Consultoria Ltda.

Túlio Marcos de VASCONCELLOS FILHO
Graduando em Engenharia Civil – ENEMAX Engenharia e Consultoria Ltda.

RESUMO

A execução de revisões periódicas de segurança de barragens por consultores independentes tem sido considerada pela comunidade técnica internacional como essencial no monitoramento e redução do risco associado a estas estruturas. No Brasil, a Lei 12.334/2010 instituiu a obrigatoriedade de realização da Revisão Periódica de Segurança (RPS), mas ainda existem lacunas no entendimento do escopo e objetivos pretendidos. O presente trabalho apresenta uma proposta de planejamento, estruturação e conteúdo para a RPS de barragens com uso preponderante para fins de geração de energia elétrica, possível de ser empregada em usinas de porte e complexidade variados e com grau de conhecimento prévio das estruturas também variado.

ABSTRACT

The implementation of periodic safety reviews of dams by independent consultants has been considered by the international technical community as essential in monitoring and reducing the risk associated with these structures. In Brazil, Law 12.334 / 2010 established the obligation to carry out Periodic Safety Reviews (RPS), but there are still gaps in the understanding of the scope and intended objectives. The present work presents a proposal for planning, structuring and content for the RPS of dams with preponderant use for electric power generation, possible to be used in plants of different sizes and degrees of complexity and also with different degrees of previous knowledge of the structures.

1. INTRODUÇÃO

Pode-se considerar que a segurança de barragens se apoia em três pilares principais: o projeto e construção adequados, o monitoramento e manutenção na fase de operação e o planejamento e gestão de emergências.

O monitoramento de barragens (*Dam Surveillance*) engloba as atividades de inspeção visual, instrumentação e teste de dispositivos extravasores e tem como objetivo manter um estado de vigilância das estruturas e fornecer elementos para as avaliações do comportamento de barragens [1].

Além disso, periodicamente as barragens devem passar por uma auditoria externa independente, para a reavaliação da segurança da estrutura admitida como ‘nova’, tendo em mente a geometria atual, as características dos materiais, descontinuidades existentes e dados reais coletados pela instrumentação, utilizando critérios de projeto e, quando pertinente, ferramentas computacionais atuais. Estas auditorias sempre foram consideradas uma boa prática pelo setor elétrico e eram denominadas “Inspeções Formais”. Atualmente têm sido denominadas Revisões Periódicas de Segurança tanto internacionalmente quanto na legislação brasileira de segurança de barragens.

Com a vigência da Lei nº12334, de 20 de setembro de 2010, que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), foi instituída a obrigatoriedade de elaboração do Plano de Segurança, as Inspeções de Segurança, o Plano de Ação Emergencial (PAE) e a Revisão Periódica de Segurança de Barragens (RPS). Contudo, a lei não determina a periodicidade, a qualificação técnica da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento exigidos para estes documentos, atribuindo esta função aos órgãos fiscalizadores [2].

No caso das barragens do setor elétrico, estas atividades foram regulamentadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) por meio da Resolução Normativa nº 696, de 15 de dezembro de 2015, sendo as periodicidades determinadas a partir da classificação das barragens.

Os prazos para a elaboração do Plano de Segurança, Inspeções de Segurança e PAE findaram em dezembro de 2017 para todas as barragens independente da classificação (Figura 1). O próximo passo ao atendimento da resolução, com prazos já determinados, é a elaboração da Revisão Periódica de Segurança (RPS).

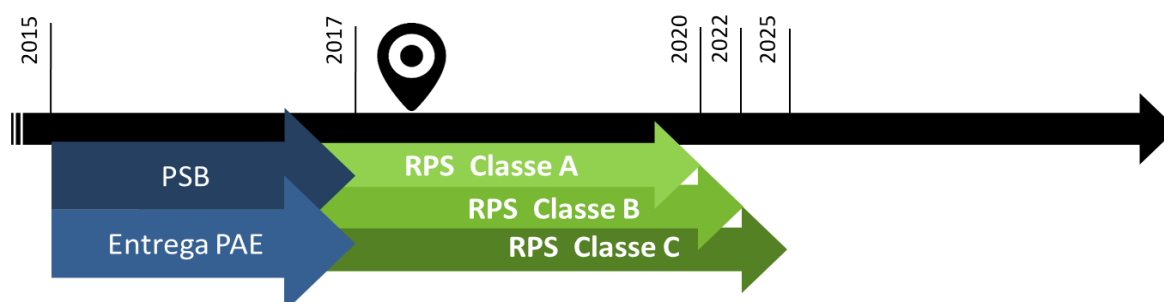


FIGURA 1: Linha do tempo: prazos determinados pela RN 696/2015 [3].

Até o ano de 2025 todas as barragens fiscalizadas pela ANEEL terão que realizar a RPS. Em 2020 serão entregues as RPS de barragens classe A. Dois anos depois

finda o prazo para as classificadas como B e, por fim, em 2025 para as barragens classe C.

De acordo com a RN 696/2015 ANEEL, a RPS tem como objetivo diagnosticar o estado geral de segurança da barragem, levando em conta o avanço tecnológico, a atualização de informações hidrológicas na respectiva bacia hidrográfica, de critérios de projeto e de condições de uso e ocupação do solo a montante e a jusante [4].

Contudo, além da determinação dos prazos, a resolução não apresenta maiores detalhes quanto ao teor do conteúdo mínimo, nível de detalhamento e a qualificação técnica da equipe da RPS.

2. BOAS PRÁTICAS INTERNACIONAIS DE REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

Segundo o International Commission on Large Dams [1], o objetivo fundamental da segurança de barragens é proteger as pessoas, a propriedade e o meio ambiente contra os efeitos prejudiciais da operação incorreta ou falha de barragens e reservatórios. Para alcançar os mais altos padrões de segurança praticáveis (conceito de ALARP), medidas devem ser tomadas para:

- Controlar a liberação de descargas que possam causar danos a jusante, por meio de controles incluídos no regime normal de operação da barragem;
- Restringir a probabilidade de eventos que possam levar a uma perda de controle sobre o volume armazenado e sobre os órgãos extravasores;
- Mitigar as consequências de tais eventos por meio do planejamento de emergências e /ou gerenciamento de acidentes, caso ocorram.

Na fase de Operação, o processo de monitoramento de barragens é a ferramenta mais importante na redução do risco imposto pelas barragens, possibilitando a detecção precoce de eventos indesejáveis. Este processo reduz a probabilidade de falha por meio da [5]:

- Avaliação da documentação do comportamento da barragem, sua fundação e outros componentes;
- Identificação dos potenciais modos de falha e os níveis associados de risco;
- Preparação e implementação de Planos de Ação de Emergência adequados;
- Implementação de um programa capaz de detectar precocemente o desenvolvimento de modos de falha significativos.

O processo contínuo de monitoramento inclui as inspeções visuais, instrumentação e o teste dos dispositivos de descarga e tem como objetivo detectar anomalias que indiquem o desenvolvimento de determinado modo de falha e fornecer insumos para a avaliação do comportamento das estruturas civis. A identificação de comportamento anormais indicam aumento da probabilidade de falha e, conseqüentemente, do risco. Uma representação visual das atividades de monitoramento durante a vida das barragens é apresentada na FIGURA 2.

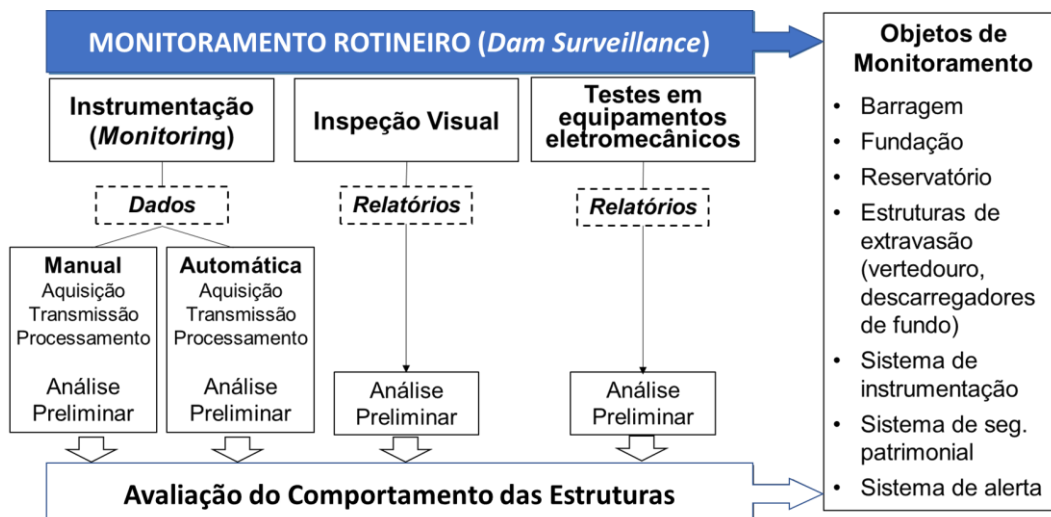


FIGURA 2: Atividades de Monitoramento Rotineiro de Barragens (*Dam Surveillance*), adaptado de ICOLD [1].

Complementarmente às atividades de monitoramento “contínuo” ou “de rotina”, o ICOLD indica a necessidade de execução de Revisões da Segurança de Barragens periódicas por auditores independentes, tendo como principal propósito obter uma visão completa do estado atual de segurança da barragem, determinando se modificações (estruturais, organizacionais e de gestão) são necessárias para garantir que o nível de segurança esteja apropriado e garantir o princípio de melhoria contínua seja observado [1].

A equipe responsável pela revisão deverá ser composta por engenheiro qualificado e com substancial experiência em tecnologias de barragens, podendo, quando necessário, incluir profissionais como geólogos, hidráulicos e especialistas em análise de risco.

A Revisão de Segurança deverá compreender em uma avaliação da barragem e permitir responder as seguintes perguntas [1]:

- A barragem está em conformidade com os requisitos legais, critérios e boas práticas nacionais e internacionais e de acordo com os critérios de riscos toleráveis e aceitáveis?
- A gestão e organização atuais do empreendimento são suficientes para manter o nível de segurança em conformidade com os requisitos da pergunta anterior até a próxima Revisão de Segurança?

Para isto, as informações básicas existentes sobre a estrutura, como projeto, aspectos construtivos e dados de monitoramento e inspeção devem ser avaliados, tais como aspectos estruturais, hidráulicos, hidrológicos e geotécnicos e dos registros e relatórios das atividades de monitoramento.

Uma avaliação da integridade da barragem considerando os mecanismos de falha conhecidos para vários tipos de barragens em termos de critérios de aceitação de segurança ou critérios de gerenciamento de risco deve estar contida da Revisão de Segurança. Se parte do projeto não estiver disponível ou não for conhecido para a barragem, a Revisão deverá incluir uma previsão ou avaliação do desempenho teórico da barragem. A atualização de estudos de avaliação de risco também deve ser realizada como parte da Revisão [5].

O fluxograma apresentado na FIGURA 3 sintetiza as etapas a serem conduzidas na Revisão de Segurança de acordo com a proposta do ICOLD.

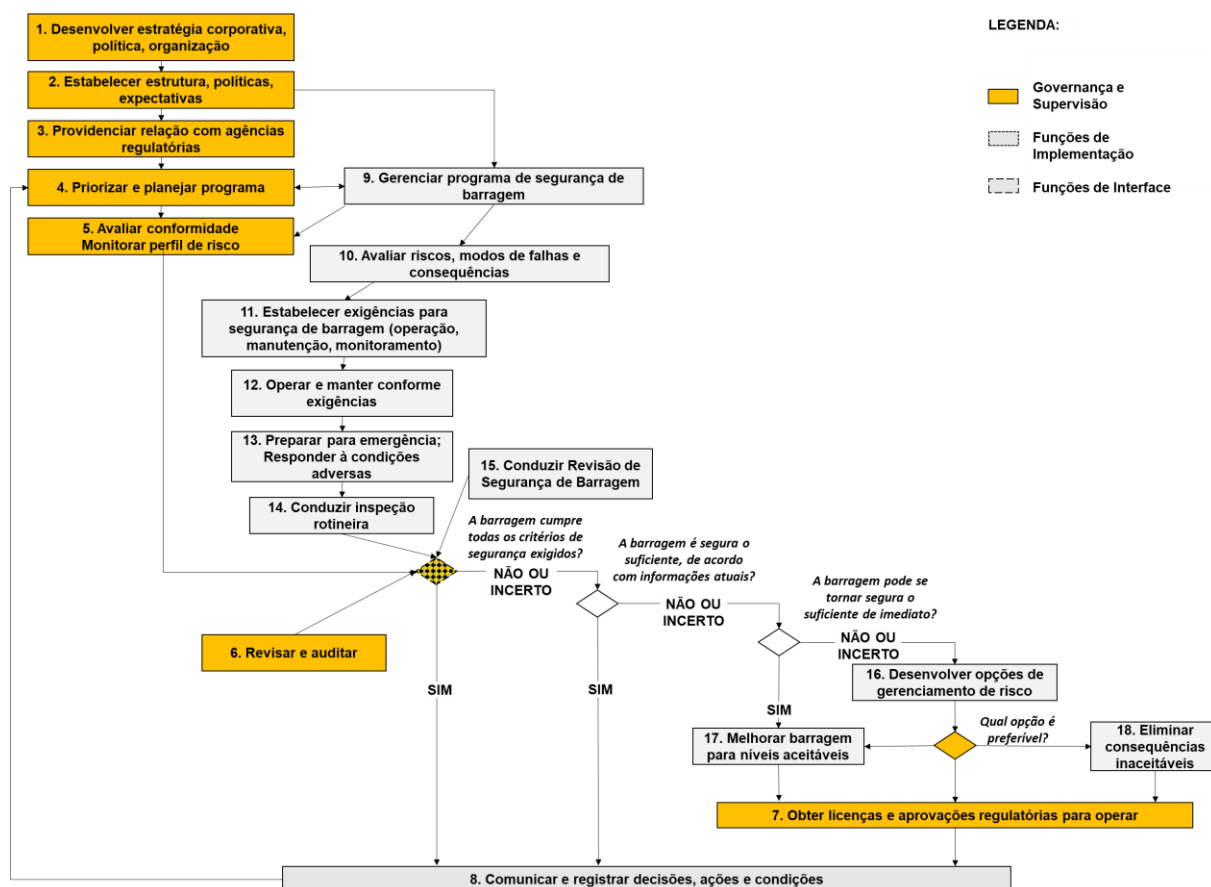


FIGURA 3 - Fluxograma de condução da Revisão de Segurança segundo ICOLD [5].

Os resultados das análises são apresentados no Relatório de Revisão da Segurança. O relatório deverá incluir uma declaração resumida sobre a segurança da barragem, indicando se está ou não em condições satisfatórias, o status de risco, e quais ações devem ser executadas para corrigir eventuais deficiências identificadas [5].

As ações de segurança de barragens propostas pelo ICOLD são consideradas boas práticas internacionais e são adotadas na maior parte dos países com adaptações locais, como as regulamentadas pelo FERC e as sugeridas pelo CDA, apresentadas a seguir.

2.1 A REVISÃO DE SEGURANÇA SEGUNDO O FERC

Federal Energy Regulatory Commission (FERC) é a agência dos Estados Unidos responsável pela regulamentação interestadual de energia, gás natural e óleo. Dentre atividades realizadas, é responsável por regulamentar as fases de projeto, construção e operação de hidrelétricas.

De acordo com a regulamentação do FERC, os proprietários devem implantar um Plano de Segurança de Barragens (DSP), que inclui a elaboração de relatórios periódicos de segurança (*Dam Safety Surveillance and Monitoring Plan - DSSMP*) [6].

O objetivo dos relatórios periódicos de segurança é revisar as informações de projeto e os dados de monitoramento (inspeções visuais e instrumentação), para determinar se algum modo de falha específico está em desenvolvimento, fornecendo, portanto, informações antecipadas e necessárias para lidar ou corrigir essa ocorrência.

Além das atividades periódicas, o Plano de Segurança da Barragem (DSSMP) deve passar por auditoria externa periódica, de acordo com padrões estabelecidos no *FERC Guidance for ODSR External Audits* (2018), para garantir que o Plano de Segurança de Barragem seja constantemente aperfeiçoado. As auditorias devem ser conduzidas por especialista em segurança de barragens qualificado e serem realizadas de acordo com o risco associado ao empreendimento.

Ao fim da auditoria, o engenheiro responsável pela segurança da barragem (*Chief Dam Safety Engineer*) ou o coordenador deverão avaliar o relatório da auditoria e sumarizar o documento para ser apresentado aos gestores do empreendimento. Uma cópia deste documento deve ser enviada ao FERC com um planejamento para a implantação de eventuais recomendações necessárias.

2.2 A REVISÃO DE SEGURANÇA SEGUNDO O CDA

Canadian Dam Association (CDA) é uma associação canadense sem fins lucrativos de empreendedores, operadores, reguladores, consultores, empreiteiros e fornecedores relacionados a barragens e reservatórios.

De acordo com CDA, a Revisão de Segurança da Barragem é um processo periódico e sistemático realizado por um engenheiro qualificado e independente para avaliar a segurança da barragem frente aos modos de falha, com o objetivo de elaborar uma declaração sobre a segurança da estrutura [7]. Deve ser realizada, portanto, baseada nos critérios atuais, a verificação de todos os componentes do barramento, bem como os processos de manutenção existentes.

Os passos para a realização de uma Revisão de Segurança da Barragem (RSB) são descritos no Boletim Técnico “*Dam Safety Reviews*” [7]. O documento apresenta uma organização dividida em três etapas, tendo como referência as responsabilidades dos envolvidos no processo, empreendedor e engenheiro revisor:

- Preparação da RSB pelo empreendedor;
- Execução da RSB pelo engenheiro revisor;
- Planejamento das Ações pelo empreendedor.

Na primeira etapa (Preparação da RPS), o boletim estabelece que a responsabilidade pela elaboração do escopo da Revisão é inteiramente do empreendedor, cabendo a ele a reunião da informação da barragem, definição de objetivos, elaboração do escopo e definição da qualificação mínima da equipe técnica.

A quantidade e qualidade das informações das etapas de projeto, execução e operação irá afetar a elaboração do escopo da RPS e as investigações que eventualmente serão solicitadas pelo engenheiro da revisão. Portanto, a documentação da barragem deverá ser o mais abrangente possível e conter: uma descrição do arranjo geral e seus condicionantes; informações sobre interferências externas (como estudos hidrológicos e sísmicos); informações de projeto (como

análises de estabilidade e desenhos “como construído”); e documentação de manutenção e operação (como procedimentos e relatórios de inspeção e análise da instrumentação).

A partir da reunião da documentação da barragem, o empreendedor define os objetivos e o escopo da revisão, considerando as exigências dos órgãos reguladores, princípios do empreendedor e boas práticas atuais. Desta forma, em geral, o escopo deverá incluir a revisão do projeto, construção, manutenção, operação, fiscalização e processos que afetam a segurança da barragem, incluindo seu sistema de gestão [7]. A revisão, contudo, pode também objetivar investigações específicas da performance do barramento a partir do conhecimento prévio do empreendedor, como a verificação do comportamento da barragem frente a uma condicionante específica.

A elaboração do escopo da revisão tem papel fundamental para garantir que os objetivos do empreendedor sejam alcançados. Contudo, ainda que o escopo seja elaborado englobando todos os aspectos requeridos, a efetividade da revisão pode variar conforme a capacidade técnica do engenheiro da revisão e as informações existentes da barragem.

O engenheiro da revisão é o responsável pela elaboração da declaração sobre a segurança da estrutura e, por isso, o boletim estabelece a qualificação mínima da equipe responsável pela revisão a partir da experiência profissional do engenheiro revisor. Quando a revisão for executada somente pelo engenheiro revisor, a qualificação é mais exigente e este profissional deverá ter ao menos quinze anos de experiência em projeto, construção e operação de barragens semelhantes à que será estudada e ter participado de pelo menos cinco Revisões de Segurança de Barragens ou atividade equivalente. Caso a revisão seja realizada por uma equipe multidisciplinar, as qualificações mínimas para o engenheiro revisor passam a ser de dez anos de experiência, com participação em duas revisões ou atividade equivalente.

Na segunda etapa (Execução da RPS), o CDA apresenta orientações destinadas ao engenheiro revisor responsável pela execução da Revisão de Segurança da Barragem. Cabe ao engenheiro revisor verificar a documentação elaborada pelo empreendedor, para identificação de lacunas que poderiam prejudicar o andamento da execução da revisão.

Se este processo inicial caminhar para uma significativa deficiência de informações, o engenheiro revisor pode recomendar que as suposições ou definições sejam revisadas e confirmadas por meio de investigações de campo e/ou estudos complementares, que podem estar incluídos ou não em um escopo adicional [7].

A revisão da documentação permite que o engenheiro revisor tenha uma visão detalhada do comportamento da estrutura, bem como da gestão da segurança da barragem realizada pelo empreendedor. Estas informações colaboram para o planejamento da visita de campo, ao garantir que locais importantes sejam inspecionados e que as pessoas apropriadas sejam entrevistadas.

Após a análise das informações documentais e da realização da visita de campo, é feita a análise da segurança da barragem, que consiste no exame detalhado da estrutura, do ambiente ao redor do empreendimento e da gestão da barragem, para traçar conclusões sobre a segurança das estruturas de forma fundamentada [7]. A

utilização de métodos de análise de risco pelo engenheiro revisor torna-se importante instrumento para a determinação dos controles dos riscos, determinando as consequências para cada modo de falha e perigos identificados.

O Relatório da Revisão de Segurança da Barragem é o produto final desta etapa e deve conter a identificação do engenheiro revisor, a declaração sobre a segurança da estrutura e a lista de anomalias identificadas com as respectivas recomendações priorizadas de acordo com a relevância para a melhoria da manutenção da estrutura.

Na terceira etapa (Planejamento das Ações), cabe ao empreendedor, a partir do recebimento do Relatório da Revisão de Segurança da Barragem, determinar as prioridades e planejar os estudos, investigações e/ou obras necessárias para aprimorar a gestão da segurança da barragem.

3. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E REGULAMENTAÇÕES

Como descrito anteriormente, segundo a Lei 12.334/2010, as definições sobre as Revisões Periódicas de Segurança estão a cargo dos órgãos fiscalizadores.

As periodicidades já estão regulamentadas pelas principais agências fiscalizadoras de barragens, ANA – Agência Nacional de Águas, ANM – Agência Nacional de Mineração e ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, conforme FIGURA 4.

ANEEL- Resolução nº 696, de 15 de dezembro de 2015					ANA - Resolução nº 236, de 30 de janeiro de 2017					ANM - Portaria nº 70.389, de 17 de maio de 2017				
CLASSE DA BARRAGEM		Dano Potencial Associado			CLASSE DA BARRAGEM		Dano Potencial Associado			CLASSE DA BARRAGEM		Dano Potencial Associado		
		Alto	Médio	Baixo			Alto	Médio	Baixo			Alto	Médio	Baixo
Classe de Risco	Alto	A	B	B	Classe de Risco	Alto	A	B	C	Classe de Risco	Alto	A	B	C
	Médio	B	C	C		Médio	A	C	D		Médio	B	C	D
	Baixo	B	C	C		Baixo	A	D	D		Baixo	B	D	E
Periodicidade das Revisões de Segurança					Periodicidade das Revisões de Segurança					Periodicidade das Revisões de Segurança				
CLASSE DA BARRAGEM		Dano Potencial Associado			CLASSE DA BARRAGEM		Dano Potencial Associado			CLASSE DA BARRAGEM		Dano Potencial Associado		
		Alto	Médio	Baixo			Alto	Médio	Baixo			Alto	Médio	Baixo
Classe de Risco	Alto	5 anos	7 anos	7 anos	Classe de Risco	Alto	5 anos	7 anos	10 anos	Classe de Risco	Alto	3 anos	5 anos	7 anos
	Médio	7 anos	10 anos	10 anos		Médio	5 anos	10 anos	12 anos		Médio	3 anos	5 anos	7 anos
	Baixo	7 anos	10 anos	10 anos		Baixo	5 anos	12 anos	12 anos		Baixo	3 anos	5 anos	7 anos
Barragens alteadas continuamente		a cada 2 anos ou 10m alteados												
Antes da retomada de Barragem de Mineração por processo de reaproveitamento de rejeitos														

FIGURA 4: Periodicidades das RPSBs de acordo com os órgãos fiscalizadores [4], [8] e [9].

O conteúdo mínimo e o nível de detalhamento para a elaboração da Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) também são detalhados nas resoluções normativas da ANA e da ANM.

Para as barragens de acumulação de água em rios federais, exceto aquelas para fins de aproveitamento hidrelétrico, regulamentada pela ANA, os produtos finais da RPSB deverão ser um Relatório e Resumo Executivo, com um parecer conclusivo sobre as condições de segurança da barragem, contendo recomendações e medidas detalhadas para mitigação e solução dos problemas encontrados e/ou prevenção de novas ocorrências [8].

Para isto, o projeto deverá ser reavaliado, verificando sua adequação face aos critérios de projeto atuais. A atualização das séries e estudos hidrológicos e a verificação da capacidade dos dispositivos de descarga existentes também devem ser realizados, bem como eventuais atualizações e revisões no Plano de Ação Emergencial e nos procedimentos de operação, manutenção, testes, instrumentação e monitoramento. Por fim, deverão ser apresentadas as conclusões sobre a segurança da barragem, considerações sobre eventual reavaliação da classificação e recomendações de melhorias, com estimativa de custos e prazos para implantação.

A : apresenta o resumo do conteúdo do Relatório e o conteúdo do Relatório Executivo da RPSB (síntese do conteúdo da RPSB), a ser desenvolvido para as barragens de acumulação de água fiscalizadas pela ANA.

Relatório	Resumo Executivo
1. Realização de Inspeção de Segurança Especial; 2. Reavaliação do Projeto com análise da estabilidade da barragem de acordo com critérios atuais; 3. Atualização das séries e estudos hidrológicos e verificação da capacidade dos extravasores; 4. Reavaliação dos procedimentos e PAE; 5. Revisão de relatórios de RPSB anteriores; 6. Considerações quanto à classificação da barragem; 7. Conclusão sobre a segurança da barragem; 8. Recomendações de melhorias.	1. Identificação da barragem e empreendedor; 2. Identificação do Responsável Técnico pela Revisão Periódica; 3. Período de realização do trabalho; 4. Listagem dos estudos realizados; 5. Conclusões; 6. Recomendações; 7. Plano de ação de melhorias e cronograma de implantação.

FIGURA 5: Síntese do conteúdo mínimo da RPSB, conforme Resolução ANA nº236/2017 [8].

Além das informações contidas na resolução, a ANA elaborou o Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem (volume III do Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens), que estabelece orientações para os empreendedores conduzirem a Revisão Periódica de Segurança de Barragem em fases importantes da vida das estruturas e elaborarem o respectivo relatório [10].

A ANM também fornece ao empreendedor um direcionamento para a elaboração da RPSB. De maneira geral, as orientações são similares às da ANA. A portaria nº 70.389 diferencia-se, principalmente, por solicitar, independentemente da adequação aos critérios de projeto atuais, que novas análises de estabilidade da barragem sejam realizadas a cada RPSB. Tal exigência pode ser considerada coerente frente aos processos de modificações nas estruturas comumente observados na mineração, sejam devidos a alteamentos ou a alterações operacionais. O dinamismo das mudanças também justifica as solicitações de analisar a aderência entre o projeto e construção e, a depender do caso, de revisão da documentação “as is” durante a RPSB.

O produto final da revisão, segundo a ANM, é um relatório que deve contemplar os elementos sintetizados na FIGURA 6.

Revisão Periódica de Segurança da Barragem

1. Inspeção detalhada e adequada do local da barragem e de suas estruturas associadas;
2. Reavaliação dos projetos existentes, de acordo com os critérios de projeto aplicáveis à época da revisão.
3. Reavaliação da categoria de risco e dano potencial associado;
4. Atualização das séries e estudos hidrológicos e verificação da capacidade dos extravasores;
5. Reavaliação dos procedimentos e Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração - PAEBM, quando for o caso;
6. Revisão dos relatórios das RPSB anteriores;
7. Relatório Final do estudo; e
8. Declaração de Condição de Estabilidade.

FIGURA 6: Síntese das orientações apresentadas na Portaria ANM Nº 70.389 [9].

4. PROPOSTA DE PLANEJAMENTO E CONTEÚDO DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA

Planejar a Revisão Periódica de Segurança é fundamental para que os objetivos desejados e prazos sejam atingidos. O planejamento adequado pelo empreendedor, além de garantir a eficácia da RPS, pode facilitar a contratação e a execução dos serviços.

A complexidade e grau de conhecimento variáveis das barragens com o uso preponderante para fins de geração de energia elétrica, estão intrinsecamente relacionados à complexidade também variável do planejamento, estruturação e conteúdo mínimo para a Revisão Periódica de Segurança. Cabe ao empreendedor, a partir do grau de conhecimento das estruturas e do nível de incertezas envolvendo a concepção, execução e operação da barragem, planejar as atividades da RPS de forma a garantir a sua eficácia, no sentido de constituir uma ferramenta efetiva em prol do entendimento e melhoria da segurança das estruturas.

Com o objetivo de apoiar o empreendedor, a proposta de planejamento, estruturação e conteúdo para a Revisão Periódica deste trabalho foi dividida em três etapas, conforme apresentado na FIGURA 7, a seguir:

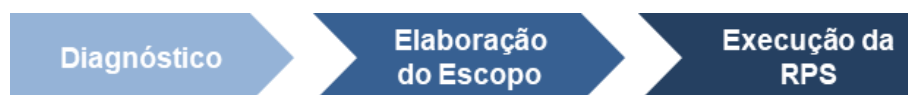


FIGURA 7: Proposta para a RPS em três etapas.

4.1. DIAGNÓSTICO

A etapa de Diagnóstico consiste em identificar o nível de conhecimento sobre a barragem e suas estruturas, para apoiar a elaboração do escopo de contratação. Este processo é realizado a partir do levantamento de toda a documentação e informações existentes e que estarão disponíveis durante as etapas seguintes da RPS. Dentre a documentação, deve-se verificar os manuais de operação, os relatórios de inspeções e análises de instrumentação anteriores, as memórias de cálculo das estruturas e os

desenhos de projeto, observando se estes representam a situação “como construída” da barragem. Com este diagnóstico preliminar, será possível identificar a situação de conhecimento atual que se tem da barragem e determinar o conteúdo do escopo do trabalho a ser elaborado na etapa seguinte.

O diagnóstico resultará então em quatro situações possíveis, que se encontram esquematizadas na Figura 7. Para sua elaboração, baseou-se no modelo gráfico conhecido como Janela de Johari, desenvolvida pelos psicólogos Joseph Luft e Harrington Ingham em 1955 [11].

	Conhecimento prévio e informações disponíveis sobre a barragem	Ausência de conhecimento prévio sobre a barragem
Questão/Problema inexistente	(1) Sabe-se que não são necessários estudos/investigações complementares para a compreensão da barragem	(3) Não se sabe com certeza, mas aparentemente não são necessários estudos/investigações para a compreensão da barragem
Questão/Problema existente	(2) Sabe-se que são necessários estudos/investigações complementares para a compreensão da barragem	(4) Não se sabe com certeza, mas aparentemente são necessários estudos/investigações para a compreensão da barragem

FIGURA 8: Janelas para diagnóstico dos conhecimentos relacionados a barragem.

Cada quadrante ilustra os possíveis resultados do diagnóstico preliminar. O eixo horizontal mostra o conhecimento disponível sobre a estrutura e o eixo vertical indica a existência ou não de questões ou problemas já identificados anteriormente ou mesmo “ocultos”, ou seja, ainda desconhecidos e que podem ser revelados ao se estudar mais detalhadamente a estrutura.

Os quadrantes do lado esquerdo do gráfico mostram as situações nas quais há conhecimento prévio sobre uma determinada estrutura que permite definir se há (1) ou não (2) a necessidade de realizar estudos e/ou investigações complementares para concluir sobre a segurança da estrutura. O primeiro quadrante indica uma situação ideal, em que o conhecimento já é suficiente para a compreensão da segurança da barragem. O segundo quadrante ilustra uma situação em que, devido ao bom conhecimento prévio da estrutura, já são conhecidos os estudos/investigações complementares que se fazem necessários para compreensão da barragem, permitindo que sejam considerados no escopo de trabalho da RPS.

Os quadrantes do lado direito representam as situações nas quais não há conhecimento suficiente sobre a barragem. O terceiro quadrante (3) representa a situação em que, apesar do baixo conhecimento prévio da estrutura, aparentemente não há indícios de questão/problemas que necessitam ser estudados e/ou investigados. O quarto quadrante (4) representa o pior cenário, pois não há conhecimento prévio e há indícios da existência de questão/problema que precisam ser estudados e/ou investigados. De qualquer forma, nos quadrantes (3) e (4), o levantamento de dados e estudos para complementar o conhecimento sobre a

barragem poderão levar à identificação de problemas ainda desconhecidos e que necessitarão de estudos complementares posteriores.

4.2. ESCOPO DE CONTRATAÇÃO DA REVISÃO DE SEGURANÇA

O escopo de contratação da revisão de Segurança deve ser elaborado levando em consideração o diagnóstico sobre a barragem face à necessidade de estudos/investigações complementares necessários, identificados previamente a partir da análise da documentação disponível.

A Figura 9 mostra uma proposta de como os escopos devem ser elaborados considerando o conhecimento prévio das estruturas e dos problemas ou questões existentes, dividindo as atividades a serem incluídas na revisão em três escopos:

- Escopo Antecedente (A), a ser executado para criar um arcabouço mínimo de informações sobre a estrutura;
- Escopo Básico (B), escopo padrão, ou seja, que deve ser realizado para todas as barragens independentemente do grau de conhecimento prévio sobre as estruturas;
- Escopo Complementar (C), que inclui estudos/investigação identificados durante a fase de operação como relevantes para o entendimento ou melhoria da segurança da barragem, a serem executados durante a RPS.

	Conhecimento prévio e informações disponíveis sobre a barragem	Ausência de conhecimento prévio sobre a barragem
Questão/Problema inexistente	(1) Escopo B	(3) Escopo A + Escopo B
Questão/Problema existente	(2) Escopo B + Escopo C	(4) Escopos A + B ↓ Escopo C

FIGURA 9: Janela para definição do Escopo de Contratação.

Como pode ser observado, independentemente do quadrante, o escopo básico (Escopo B) deverá ser contratado. Este será o escopo principal da RPS e deverá conter as seguintes etapas:

- Análise da documentação;
- Avaliação da segurança da barragem;
- Consolidação da RPS.

Além deste escopo mínimo, conforme o quadrante, serão acrescentados ao (B) os escopos (A) ou (C).

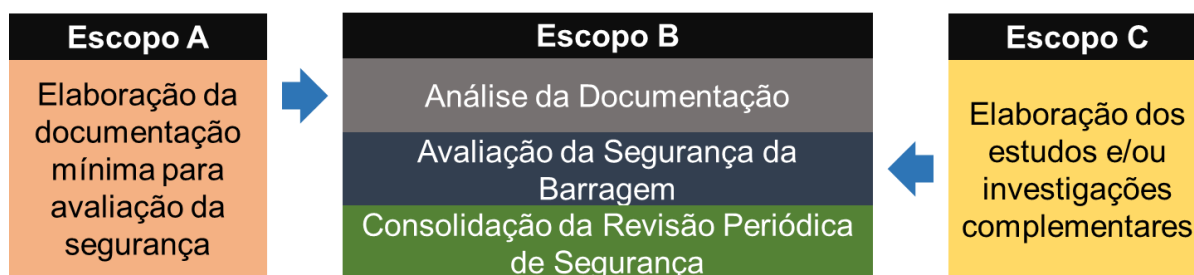


FIGURA 10: Estrutura esquemática do escopo da RPS.

Independentemente do escopo de trabalho, a qualificação desejada para a equipe responsável pela RPS deve estar apresentada no escopo da proposta. O número de profissionais e a qualificação devem estar de acordo com os estudos a serem realizados durante o processo e os tipos de estruturas que constituem o barramento. Recomenda-se fortemente que seja definido um coordenador da equipe especializado em segurança de barragem. Espera-se que quanto maior o conhecimento técnico e experiência profissional deste coordenador, melhor será a condução da RPS e maior será assertividade na avaliação final da segurança da barragem. Além do coordenador, a equipe deverá conter pelo menos um engenheiro hidráulico para revisão da série hidrológica e verificação da adequação dos dispositivos de descarga.

A equipe responsável pelo monitoramento da segurança da barragem tende a ter conhecimento significativo sobre a estrutura, adquirido na execução do programa de monitoramento (inspeções visuais e análises da instrumentação). Este conhecimento adquirido faz com que esta equipe seja capaz de identificar eventuais problemas existentes ou deficiências na documentação disponível. Por isso, caso o conhecimento técnico do empreendedor seja limitado, é aconselhável que esta equipe seja contratada para elaborar o escopo da RPS.

4.2.1. Escopo A – Escopo Antecedente

Nos quadrantes da direita (3) e (4) o conhecimento prévio e informações disponíveis sobre a barragem não são suficientes para avaliar a segurança da barragem durante a RPS. Nestes casos torna-se necessária a contratação do escopo antecedente (Escopo A), que consiste na elaboração da documentação mínima para avaliação da segurança da estrutura.

Esta documentação básica de projeto consiste, em última instância, nas informações a serem analisadas na primeira etapa do escopo básico (Análise da Documentação), ou seja:

- Estudos hidrológicos e hidráulicos;
- Estudos geológico-geotécnicos;
- Levantamento de desenhos “as is”;
- Levantamentos para a caracterização dos parâmetros dos materiais de construção;
- Análises de estabilidade, de percolação, de deformações, cálculos estruturais;
- Definição da necessidade de (re)instrumentação da barragem e de estabelecimento ou revisão dos valores de controle para a instrumentação;
- Elaboração do PAE -Plano de Ação de Emergência;
- Elaboração de procedimentos de gestão e monitoramento de barragens.

Destaca-se que, quando ainda não se dispõe de informações suficientes sobre determinada estrutura, eventuais questões/problemas existentes podem vir a ser identificados somente durante a RPS. Por isso, os estudos/investigações complementares (Escopo C) seriam recomendados após a conclusão final da revisão.

4.2.2. Escopo C – Escopo Complementar

Nos casos em que a estrutura que passará pela RPS é bem conhecida e possui documentação adequada, poderão já ser previamente conhecidas questões relativas à segurança a serem esclarecidas ou informações a serem complementadas.

Estes estudos/investigações compõem o escopo complementar (Escopo C), que engloba estudos específicos necessários para o entendimento adequado do comportamento de uma determinada estrutura. Podem, portanto, estar relacionados a qualquer aspecto envolvendo a segurança da barragem, como, por exemplo, a execução de investigações e estudos geológicos geotécnicos adicionais, pesquisa de documentação de construção, revisão de parâmetros de cálculo, revisão dos estudos de estabilidade, avaliação dos valores de controle da instrumentação e atualização dos mapas de inundação devido a alteração do uso e ocupação do solo a jusante do barramento.

Cabe ao empreendedor especificar de forma clara os estudos solicitados, tendo em mente os prazos necessários para a execução. Estes estudos devem ser realizados paralelamente e finalizados em tempo de serem incluídos na etapa de avaliação da segurança da barragem do escopo básico (Escopo B).

4.2.3. Escopo B – Escopo Básico

O escopo básico, como definido anteriormente, trata das atividades de revisão periódica que deverão ser executadas para todas as estruturas a cada ciclo da RPS.

Na Figura 11 é apresentado o Fluxograma do Escopo Básico da Revisão Periódica de Segurança desta proposta, sintetizando as orientações a serem incluídas no escopo de trabalho.

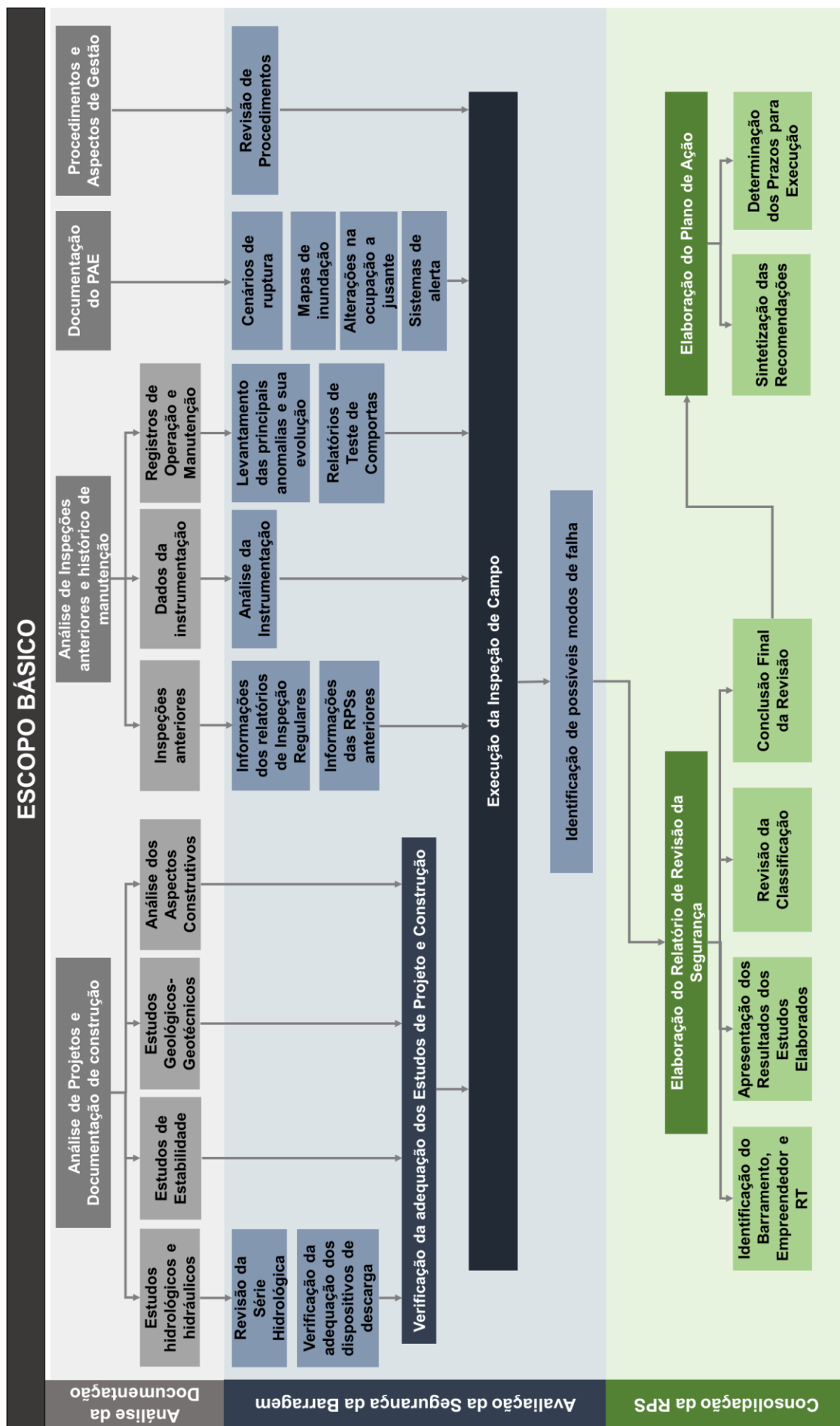


FIGURA 11: Fluxograma do escopo básico da RPS.

Como descrito anteriormente, as atividades do Escopo B são divididas em 3 etapas:

- análise da documentação, com o objetivo de entender as características de projeto e funcionamento da barragem, o sistema de gestão da segurança e o planejamento de emergências;
- avaliação do comportamento das estruturas, com o objetivo de integrar todas as informações anteriores e associá-las às informações da inspeção de campo, permitindo conclusões sobre a segurança das estruturas;
- consolidação da RPS, que trata da elaboração do relatório final.

4.3. EXECUÇÃO DA REVISÃO PERIÓDICA DE SEGURANÇA

Com a definição do escopo e a contratação da equipe, inicia-se efetivamente a Revisão Periódica de Segurança. Cabe a equipe seguir o conteúdo do escopo e garantir que o trabalho seja realizado dentro dos prazos determinados.

4.3.1. *Análise da documentação*

A análise da documentação de projeto, construção e operação existente permite uma avaliação mais detalhada da situação da segurança da estrutura, identificando os pontos que merecem mais atenção e, eventualmente, deficiências de informações que precisam ser esclarecidas ou novamente estudadas.

A documentação de projeto existente e relatórios devem passar por uma análise técnica criteriosa. Este seria o momento de verificar se os desenhos das estruturas são “como construído” e se os critérios de projeto estão em conformidade com os adotados atualmente. Relatos da obra, estudos e intervenções pós-construção devem ser considerados. As informações de projeto e da construção muitas vezes são deficientes, por isso, documentos como fotos do período construtivo e relatórios de acompanhamento de obra podem colaborar para a investigação dos tratamentos de fundação executados ou dos aspectos construtivos da barragem.

Os procedimentos de operação e manutenção existentes, bem como a documentação do Plano de Ação Emergencial, devem ser avaliados para verificar a necessidade de adequações. Procedimentos de operação, manutenção e de testes das comportas do vertedouro adequados, por exemplo, são essenciais para a regulação do reservatório e impedir uma eventual ruptura por galgamento.

A documentação da fase de monitoramento (relatórios de inspeção, análises da instrumentação) também contribui para a avaliação do comportamento da segurança e, portanto, deve ser considerada. Verificar os dados da instrumentação permite realizar uma análise comparativa com o comportamento previsto em projeto, a partir dos estudos de percolação, estabilidade, tensões e deformações, e confrontar as informações apresentadas no manual de operação e manutenção da instrumentação. As anomalias registradas nos relatórios de inspeção, além de contribuir para a construção do histórico comportamental e de manutenções da estrutura durante a fase de operação, sinaliza deficiências que merecem atenção durante a avaliação da segurança da barragem.

4.3.2. Avaliação da segurança da barragem

A avaliação da situação da segurança da barragem tem como objetivo verificar se as estruturas possuem nível de segurança adequado sob a ótica do atendimento aos critérios de projeto atuais e análise da gravidade das anomalias identificadas por meio das inspeções visuais e da instrumentação, no sentido de poderem ser indicativas da materialização de um determinado modo de falha da barragem.

Assim, o primeiro passo da avaliação é a verificação da adequação dos critérios de projeto adotados em relação aos critérios atuais. Em barragens construídas recentemente e bem documentadas esta etapa pode ser pouco complexa. Contudo, quando mais antigas, esta etapa tende a ser de maior complexidade devido à ausência ou limitações nas informações de projeto e construção. Como conclusão desta análise pode ser indicada a necessidade de elaboração de novos estudos, como de estabilidade e percolação, ou até mesmo a elaboração de projeto para adequar a estrutura aos critérios atuais por meio de reforços estruturais.

Impreterivelmente, a atualização das séries e estudos hidrológicos deve ser realizada para a verificação da capacidade dos dispositivos de descarga. Estes estudos são exigidos pela legislação brasileira e, portanto, devem estar incluídos no escopo da RPS, independentemente da barragem. São executados por engenheiro hidráulico/hidrólogo que, a partir da revisão da série hidrológica, verifica a adequação dos dispositivos de descarga.

Em relação ao Plano de Ação Emergencial, é necessário avaliar se as informações estão atualizadas, como informações cadastrais da comunidade a jusante, da defesa civil ou dos responsáveis pela coordenação do PAE, visto a constante rotatividade da equipe de operação e alteração do uso e ocupação do solo a jusante. Também é o momento de avaliar se os cenários de ruptura e os mapas de inundação estão alinhados com a boa prática atual.

Após a análise e avaliação da documentação existente sobre a barragem, a inspeção de campo permite a avaliação de anomalias previamente identificadas e o reconhecimento de eventuais anomalias antes não observadas. Permite verificar se situações anormais ou duvidosas identificadas pela instrumentação possuem algum componente visual associado, que ajude no diagnóstico ou entendimento do comportamento das estruturas.

O momento em campo permite ainda o esclarecimento de dúvidas que possam ter sido levantadas nas etapas anteriores, seja pela verificação em campo ou por informações da equipe de operação. Realizar alguns procedimentos como teste de comportas ou verificar as condições de operação do reservatório, junto a equipe de operação, quando pertinente, colaboram para eventuais revisões dos manuais de operação e manutenção e verificar as condições das estruturas extravasoras. Acompanhar uma campanha de leitura da instrumentação, além de contribuir para a revisão do manual da instrumentação, colabora para verificar as condições de funcionamento dos instrumentos, bem como identificar possíveis falhas na coleta das leituras realizada pela equipe de operação.

Ao fim da inspeção de campo, espera-se que a equipe responsável pela RPS tenha suprimido quaisquer dúvidas que tenham sido levantadas nas etapas anteriores e que

esteja apta a realizar conclusões sobre a situação atual da segurança da barragem. Portanto, a etapa da inspeção de campo pode ser considerada uma das mais importantes da RPS, por permitir que o grupo de revisores consiga integrar todas as informações disponíveis previamente analisadas e consiga concluir sobre o quão adequadas estão as estruturas.

A avaliação final da performance da barragem deve ser realizada após a conclusão de todas as etapas anteriores. Esta avaliação poderá ser sustentada por um estudo dos possíveis modos de falha da barragem, de forma a permitir que os perigos sejam identificados (hidrológicos, geológicos, sísmicos, desenvolvimento dos vales a montante e a jusante) e os impactos correspondentes na segurança possam ser avaliados. A identificação dos possíveis modos de falha da estrutura fornece uma base sólida para a elaboração das recomendações necessárias para garantir a segurança da barragem.

4.3.3. Consolidação da RPS

O Relatório de Revisão da Segurança é o documento entregue para o empreendedor ao final da RPS e, eventualmente, ao órgão fiscalizador. Todas as informações, desde a identificação da barragem, do empreendedor e do responsável técnico pela revisão (coordenador), passando pela apresentação dos estudos e avaliações realizados, até a conclusão, com recomendações e plano de ação, devem ser consolidadas neste documento.

O relatório deve concluir se a barragem está adequada em todos os aspectos verificados, revisando a classificação da segurança da estrutura caso necessário. Na hipótese de haver a necessidade de adequações ou novos estudos, as recomendações devem ser sintetizadas em um Plano de Ação, com prazos determinados para execução.

A priorização das deficiências e não-conformidades encontradas na barragem deve ser feita de acordo com os critérios definidos previamente pelo / ou em conjunto com o empreendedor, mas sempre tendo em mente:

- até que ponto o aspecto observado difere das práticas desejáveis e o quanto contribui para o desempenho adequado das estruturas;
- a efetividade de ações de controle de risco;
- consequências associadas à deficiência ou não-conformidade.

Destaca-se ainda que as recomendações devem ser específicas e descritas de forma a permitir que os objetivos esperados sejam atingidos. Devem ainda estar no âmbito de ação do empreendedor, que deve ter autoridade para executá-las.

5. CONCLUSÃO

A Revisão de Segurança é um instrumento importante na avaliação do comportamento de barragens. Neste sentido, deve ser vista não apenas como uma obrigação legal, mas como uma oportunidade de aprofundar o entendimento do funcionamento das estruturas e de reduzir os riscos a elas associados.

A definição do escopo de contratação é uma etapa importantíssima neste processo, para que a RPS aumente o conhecimento sobre as estruturas e possa permitir conclusões efetivas sobre a segurança. Desta forma, o empreendedor deverá dedicar esforços no detalhamento do escopo da revisão, ou contratar a elaboração do escopo por equipes externas que tenham conhecimento mais aprofundado sobre a barragem, como por exemplo, as equipes que realizam as inspeções regulares de segurança.

Atualmente, as revisões de segurança tendem a ser realizadas por empresas que possuem um corpo técnico com múltiplas especialidades, em parte para reduzir o tempo de execução e atender aos prazos regulamentares. Neste caso, salienta-se a importância da capacitação da equipe de revisão. Cabe ao empreendedor avaliar a importância e as vantagens de ter uma junta de consultores trabalhando ou coordenando as Revisões de Segurança, para assegurar a qualidade dos resultados.

A complexidade do escopo da RPS depende não só da complexidade das estruturas, mas também da disponibilidade de documentação de projeto e construção. As limitações de informações geram a necessidade de investigações/estudos/análises complementares para permitir que os objetivos da RPS sejam atingidos.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Enemax Engenharia e Consultoria Ltda pelo apoio ao desenvolvimento técnico contínuo de seus colaboradores.

7. PALAVRAS-CHAVE

Revisão periódica, monitoramento, segurança de barragens.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ICOLD (2017) – “Bulletin 154 – Dam Safety Operational Phase of the Dam Life Cycle”, Paris.
- [2] 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”. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12334.htm>. Acesso em: 03 set. 2018.
- [3] ENEMAX (2018) – “Roadmap”, Brasil.
- [4] BRASIL. ANEEL. Resolução Normativa nº 696 de 15 de dezembro de 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015696.pdf>>. Acesso em: 28 mai. 2018.

- [5] ICOLD (2014) – “Bulletin 158 – Dam Surveillance”, Paris.
- [6] FERC (2018) – “FERC Guidance for ODSP External Audits”.Disponível em: <<https://www.ferc.gov/industries/hydropower/safety/initiatives/odsp/guidance-odsp.pdf>>. Acesso em 13 mar. 2019.
- [7] CDA (2016) – “Technical Bulletin: Dam Safety Reviews”, Canada;
- [8] BRASIL. ANA (2017) - “Resolução Normativa nº 236 de 30 de janeiro de 2017”. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2017/236-2017.pdf>>. Acesso em: 28 mai. 2018.
- [9] BRASIL. ANA (2016) - “Guia de orientação e formulários do Plano de Ação de Emergência – PAE. Volume IV. Brasília, 2016.” Disponível em: <<http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/downloads/volume-iv-guia-de-orientacao-e-formularios-dos-planos-de-acao-de-emergencia-2013-pae>>. Acesso em: 30 mai. 2018.
- [10] BRASIL. DNPM (2017) – “Portaria nº 70.389 de 17 de maio de 2017”. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/portaria-dnpm-n-70389-de-17-de-maio-de-2017-seguranca-de-barragens/view>>. Acesso em: 28 mai. 2018.
- [11] BONAZINA, M. C. R.; KOPITTKE, B.; SINZATO, C. I. P. (1997) – “O Processo de Percepção e das Relações Interpessoais do Líder através de um instrumento Gerencial: A janela de Johari.” Anais do XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção e II Congresso Internacional de Engenharia Industrial. Gramado, RS. p. 56-61.