



## [CÓDIGO] DESAFIOS E APRENDIZADOS NA ELABORAÇÃO DOS PLANOS DE SEGURANÇA DE BARRAGENS PARA AS BARRAGENS JAGUARI E CACHOEIRA, PERTENCENTES AO SISTEMA DE ABASTECIMENTO CANTAREIRA

### RESUMO

As Barragens são estruturas fundamentais ao aumento da disponibilidade hídrica, sendo fundamentais para muitos sistemas de recursos hídricos. Porém, como toda estrutura, estas estão sujeitas a falhas de segurança e ao risco de ruptura. Apesar de a ruptura ser um evento raro, quando esta ocorre está relacionado a grandes impactos, inclusive com potencial perda de vidas e desastres ambientais. No intuito de minimizar a ocorrência destes eventos e de fomentar a cultura de segurança de barragens no Brasil, se insere a lei federal 12.334/2010 e o Plano de Segurança de Barragens (PSB), um de seus instrumentos. Este trabalho discorre a organização e as ferramentas utilizadas pela equipe da Sabesp para atendimento ao prazo estipulado pelo órgão fiscalizador.

**PALAVRAS-CHAVE:** Barragens, Plano de Segurança de Barragens, Mananciais.

### INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O acesso à água é essencial para o desenvolvimento humano tanto em ambientes urbanos quanto rurais. Neste contexto, as barragens são elementos que possibilitam o aumento da disponibilidade hídrica, sendo fundamentais em sistemas de recursos hídricos. As barragens são estruturas concebidas com diversas finalidades como abastecimento de água para consumo humano, dessedentação animal, geração elétrica, regularização de vazões, controle de cheias, irrigação e navegação.

O elemento básico em qualquer estrutura de engenharia é a segurança. Neste contexto, as barragens são estruturas complexas que estão sujeitas a falhas de segurança e ao risco de ruptura. Apesar de barragens apresentarem baixa probabilidade de ruptura, a ocorrência deste evento está ligada a impactos catastróficos, incluindo perdas de vidas humanas. O conceito de segurança de barragens, abrange todos os fatores que possam comprometer a boa operação da estrutura a curto, médio e longo prazo. Estes aspectos envolvem a segurança estrutural, monitoramento adequado, segurança operacional e manutenções, e plano de ação emergencial (WIELAND, 2016).

Os principais objetivos de qualquer conceito de segurança são minimizar todos os riscos, e gerenciar da melhor maneira possível os riscos remanescentes. (WIELAND, 2016). Muitas iniciativas de fomentar a segurança de barragens no Brasil foram desenvolvidas ao longo das últimas décadas, com especial destaque à criação da lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) (BRASIL, 2010), marco legal para a definição de uma orientação e controle sobre essas estruturas, incentivando que as mesmas sejam geridas segundo o princípio da prevenção.

O Sistema Cantareira, principal sistema de abastecimento da Sabesp, concebido na década de 70 para atendimento à crescente população da Região Metropolitana de São Paulo, que impulsionava a demanda ano após ano, é composto por 06 (seis) barragens que juntas acumulam cerca de 1500 hm<sup>3</sup> e que permitem o encaminhamento da água para abastecimento por cerca de 28 quilômetros de túneis e canais, vencendo um desnível geográfico de mais de 100 metros.

Neste contexto, este trabalho apresenta os desafios, aprendizados e os resultados alcançados durante a elaboração do Plano de Segurança de Barragens (PSB) para as barragens do Jaguari e do Cachoeira, integrantes do Sistema Cantareira.

### A POLÍTICA NACIONAL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS

A PNSB tem como principais objetivos garantir a observância de padrões de segurança de barragens, por meio de regulamentações a serem observadas em todas as fases do projeto das barragens - desde o planejamento até



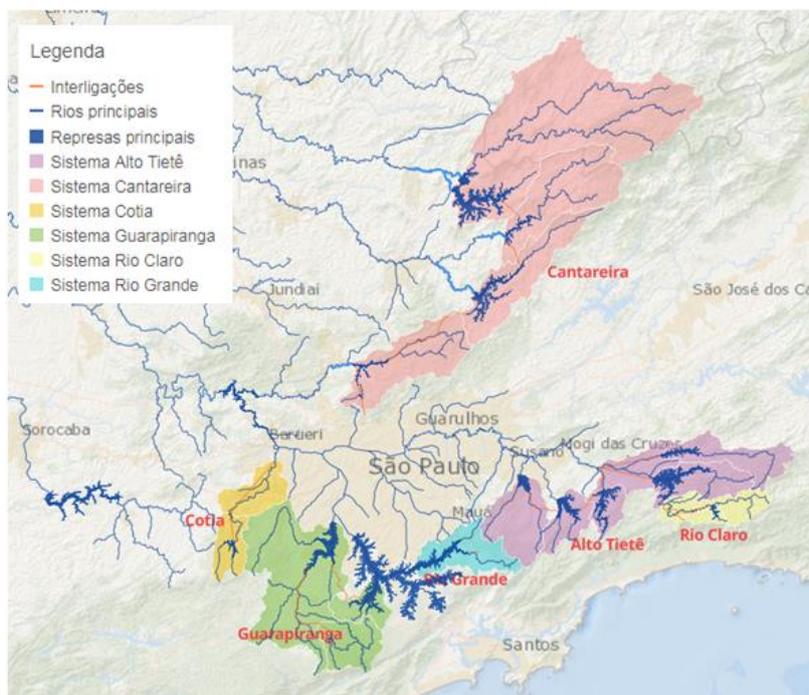
a desativação, atribuições de competências específicas aos órgãos fiscalizadores e aos empreendedores, e por especificação de instrumentos para assegurar as condições de segurança das barragens. (MEDEIROS, 2013).

A PNSB lista como um dos objetivos a promoção da cultura de segurança de barragens e gestão de riscos. Também está presente, como um de seus instrumentos, o PSB, de responsabilidade do empreendedor, e seu principal objetivo é auxiliar na gestão de segurança de barragens, devendo conter os requisitos mínimos conforme a PNSB (MEDEIROS, 2013).

Este Plano engloba informações e ações acerca do empreendedor, dados técnicos da barragem, estrutura técnica da equipe de segurança da barragem, regras operacionais, manuais de procedimentos, relatórios de inspeção de segurança e o Plano de Ação de Emergência (PAE), documento formal, a ser elaborado pelo Empreendedor, no qual deverão ser estabelecidas as ações a serem executadas em caso de situação de emergência, bem como identificados os agentes a serem notificados dessa ocorrência. (ANA, 2016a). Os processos de gestão de segurança da barragem são conduzidos a partir de um conjunto de ações preconizados no PSB.

## O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO (RMSP) E O SISTEMA CANTAREIRA

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, responsável pelo fornecimento de água, coleta, e tratamento de esgotos de 368 municípios do Estado de São Paulo, é a concessionária que mais investe em saneamento no Brasil, sendo ainda considerada a quarta maior empresa de saneamento no mundo em população atendida – quase 28 milhões de pessoas abastecidas com água (SABESP, 2018). Desta população, cerca de 21,4 milhões está localizada na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (EMPLASA, 2018), ou seja, mais de 76%.



**Figura 1: Sistema Produtor Metropolitano.**

Praticamente todo o abastecimento público de água potável da RMSP baseia-se no fornecimento de água por meio de 6 (seis) sistemas produtores: Cantareira, Alto Tietê, Rio Claro, Guarapiranga, Rio Grande e Cotia que, juntos, fornecem uma vazão média de 60 m<sup>3</sup>/s de água. Para tanto, esses sistemas contam com 18 barragens ao todo, sendo que destas 12 (doze) barragens de propriedade da Sabesp, 05 (cinco) são do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e 01 (uma) barragem da Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A. Ressalta-se que somente as de propriedade da Sabesp são operadas pela mesma. Os reservatórios formados por



esses barramentos acumulam um volume reservado de quase 2.500 hm<sup>3</sup>, equivalente a 01 milhão de piscinas olímpicas.

A Tabela 1 lista as barragens integrantes do Sistema Integrado Metropolitano (SIM) utilizadas para o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). As barragens Jaguari e Cachoeira, localizadas em rios federais, são fiscalizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA) e já foram classificadas em classe A. As demais barragens, localizadas em rios estaduais, são fiscalizadas pelo DAEE e ainda não foram classificadas oficialmente.

**Tabela 1: Barragens componentes do Sistema Produtor Metropolitano da Sabesp.**

UNIDADE	SISTEMAS	BARRAGEM	VOLUME TOTAL (hm <sup>3</sup> )	ALTURA DO BARRAMENTO (m)	PROPRIEDADE	USUÁRIO / OPERADOR	FISCALIZAÇÃO
Norte-MARN	Cantareira	Jaguari	1047,49	55	Sabesp	Sabesp	ANA
		Jacareí		50	Sabesp	Sabesp	DAEE
		Cachoeira	116,6	41	Sabesp	Sabesp	ANA
		Atibainha	301	39	Sabesp	Sabesp	DAEE
		Paiva Castro	32,93	22	Sabesp	Sabesp	DAEE
		Águas Claras	1,33	24	Sabesp	Sabesp	DAEE
Sudoeste-MARS	Guarapiranga	Guarapiranga	190,12	16(em terra) + (12 em concreto)	EMAE	Sabesp / EMAE	DAEE
		Capivari	-	8,23	Sabesp	Sabesp	DAEE
	Rio Grande	Rio Grande (Billings)	115,007	16,25	Sabesp	Sabesp	DAEE
	Cotia	Pedro Beicht	17,19	23	Sabesp	Sabesp	DAEE
		Cachoeira da Graça	0,421	11,58	Sabesp	Sabesp	DAEE
Leste-MARL	Alto Tietê	Ponte Nova	332,86	41	DAEE	DAEE	DAEE
		Paraitinga	40,48	28	DAEE	DAEE	DAEE
		Biritiba-Mirim	60,6	26	DAEE	DAEE	DAEE
		Jundiaí	110,03	23	DAEE	DAEE	DAEE
		Taiapuê	95,83	20,5	DAEE	DAEE	DAEE
	Rio Claro	Ribeirão do Campo	13,67	26	Sabesp	Sabesp	DAEE

Especial destaque dá-se ao Sistema Cantareira, um dos maiores sistemas produtores de água do mundo, (WHATELY e CUNHA, 2007), capaz de fornecer 33 m<sup>3</sup>/s destinados ao abastecimento dos 10 milhões de habitantes da RMSP distribuídos nas zonas norte, central, parte da leste e oeste da capital paulista e nos municípios de Franco da Rocha, Francisco Morato, Caieiras, Osasco, Carapicuíba e São Caetano do Sul, além de parte dos municípios de Guarulhos, Barueri, Taboão da Serra e Santo André (SABESP, 2015). O Cantareira é formado por uma série de reservatórios, túneis e canais, que captam e desviam água de alguns dos cursos de



água da bacia do rio Piracicaba para a bacia do rio Juqueri, realizando, nesse momento, a transposição de águas para a bacia do Alto Tietê.

Os reservatórios que compõem o sistema são o Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro e Águas Claras. A Figura 2 apresenta o perfil hidráulico esquematizado do SC mostrando os reservatórios e túneis que o compõem.



**Figura 2 - Sistema Cantareira - Perfil hidráulico.**

## **SEGURANÇA DE BARRAGENS NA SABESP**

O barramento de um corpo hídrico para criação de reservatório é uma obra de engenharia e como tal é importante considerar todos os aspectos de segurança relacionados durante sua concepção, construção, operação e desativação, visto que seu dano potencial associado (DPA), ou seja, “dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem” (BRASIL, 2010), tende a aumentar, considerando a progressiva ocupação de vales a jusante.

A Sabesp mantém práticas de operação e de manutenção para atender minuciosamente aos requisitos e procedimentos de segurança em suas barragens. As práticas atendem às condições impostas pela legislação em vigor, além de diretrizes internas adicionais.

As inspeções são realizadas em todas as barragens do Sistema Cantareira desde sua construção, visando a garantia da estabilidade das estruturas. Inicialmente, as inspeções técnicas eram realizadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, sendo posteriormente executadas por equipe técnica dedicada da Sabesp, que desenvolveu metodologia própria para as inspeções antes da promulgação da lei federal.

A Barragem do Jaguari foi classificada pela resolução nº 569, de 27 de março de 2017 da Agência Nacional de Águas - ANA, com base na categoria de risco (baixo) e de dano potencial associado (alto), como sendo de classe “A”. A principal finalidade desta barragem é o abastecimento de água. Seu reservatório, formado em conjunto com a barragem Jacareí, é o principal do Sistema Cantareira.

A Barragem Cachoeira foi classificada pela resolução nº 449, de 20 de março de 2017 da ANA, com base na categoria de risco (baixo) e de dano potencial associado (alto), como sendo de classe “A”.

## **OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho é apresentar como a equipe da Sabesp realizou a elaboração do PSB das barragens Jaguari e Cachoeira em atendimento à lei federal 12.334/2010 e aos prazos das resoluções ANA. São abordadas questões relativas à metodologia simplificada utilizada para elaboração dos planos.

## **METODOLOGIA UTILIZADA**



A elaboração do PSB para as duas barragens demandou da equipe uma organização prévia à sua execução. O levantamento de informações já disponíveis sobre as barragens, elaboradas em outros momentos e a partir de outras demandas, foi fundamental para mapear o que já se possuía na Companhia acerca do tema, bem como a utilização do Manual do Empreendedor, publicado pela ANA em 2016. Este material permitiu a padronização das informações a serem prestadas pelos empreendedores, servindo também de guia para a apresentação correta do conteúdo a ser descrito, através dos modelos presentes nos 08 (oito) volumes constantes no Manual. Ressalta-se que, por não se tratar da informação necessária à elaboração específica destes PSB, os volumes III, V, VI e VIII não foram utilizados:

- Volume I – Instruções para Apresentação do Plano de Segurança de Barragem;
- Volume II – Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem;
- Volume III – Guia de Revisão Periódica de Segurança de Barragem;
- Volume IV – Guia de Orientação e Formulários dos Planos de Ação de Emergência (PAEs);
- Volume V – Diretrizes para a Elaboração de Projetos de Barragens;
- Volume VI – Diretrizes para a Construção de Barragens;
- Volume VII – Diretrizes para a Elaboração do Plano de Operação, Manutenção e Instrumentação de Barragens; e,
- Volume VIII – Guia Prático de Pequenas Barragens.

Para tanto, produziu-se um cronograma simplificado dos volumes elaborados ao longo do prazo de elaboração:

**Tabela 2 - Cronograma para elaboração dos volumes do PSB das barragens Jaguari e Cachoeira.**

VOLUME ELABORADO	MÊS					
	01	02	03	04	05	06
I – Informações Gerais						
II – Documentação Técnica do Empreendimento						
III – Planos e Procedimentos						
IV – Registros e Controles						
V – Revisão Periódica	Elaborado por consultoria externa, contratada conforme art.15 da Resolução ANA nº 91, 02 de abril de 2012					
VI – Plano de Ação Emergencial (PAE)						

A elaboração dos volumes foi possível após a execução prévia de 03 (três) principais etapas:

1. Levantamento de toda a documentação técnica disponível sobre as barragens Jaguari, Cachoeira em via física e digital;
2. Digitalização de todo o material histórico que ainda encontrava-se em arquivo físico.
3. Classificação do material por etapa do ciclo de vida da barragem (Planejamento/Projeto; Construção, Operação; Monitoramento/Manutenção) e por área de estudo (hidrologia, hidráulica, mecânica dos solos, concreto, etc.)

Essas etapas foram essenciais para que a equipe elaborasse os volumes com a eficiência necessária e sem interrupções por falta de informações indispensáveis. A equipe foi composta por 03 (três) engenheiros e 02 (dois) estagiários trabalhando em tempo parcial.

É importante salientar que a Sabesp já possuía uma estrutura organizada e dedicada às Inspeções de Segurança de Barragens, lotada na Superintendência de Manutenção Estratégica.



As reuniões foram organizadas em 02 (duas) frentes: reuniões de alinhamento (semanais) e reuniões de revisão mensais. A primeira focou-se em acompanhar o cronograma e providenciar o atendimento às demandas internas imediatas. A segunda visou a verificação da qualidade do trabalho em relação ao exigido e levantamento de pontos-chave para garantia de atendimento ao prazo. Assim o trabalho pôde ser desenvolvido com a celeridade demandada pelo curto prazo ainda que com recursos escassos.

Durante o processo procurou-se não somente atender aos aspectos exigidos para o PSB, mas também, recuperar, unificar e mapear as informações existentes sobre as barragens, de forma a fortalecer a cultura interna de gestão em segurança de barragens. Assim, levantou-se todos os equipamentos existentes na Sabesp e de propriedade da Diretoria Metropolitana, bem como a localização de cada um, para, na hipótese de emergência, ser solicitados em tempo hábil.

A Sabesp já possuía um plano de contingência para as represas pertencentes ao sistema cantareira, datado de 2009. Foi verificada a validade deste estudo para a presente data a partir da consideração do estudo de chuvas extremas e da conformação das seções topobratimétricas do vale a jusante das barragens. Julga-se que não houve mudanças significativas nestes dois itens neste período de forma que se tornou possível utilizar o estudo como *input* para o pae.

Para atendimento às demandas criadas pelo estudo foi imprescindível o uso do software gratuito *Google Earth*, de larga difusão, para verificação, adaptação e criação de produtos georreferenciados, tais como: hidrografia, cadastro imobiliário, manchas de inundação, pontos de interesse, bacias hidrográficas, zonas de autossalvamento, população localizada nos vales a jusante, barragens, etc. Para tal, coletou-se em sítios eletrônicos institucionais de diversos organismos federais e estaduais arquivos georreferenciados em extensão *.kmz (.kml), .shp, .gis* relacionados ao estudo. Foram catalogados estudos anteriores desenvolvidos pela Sabesp que se inter-relacionasse à área de barragens e utilizadas informações fornecidas pelo Sistema de Suporte a Decisão da Sabesp (SSD), um banco de dados hidrológicos centralizado, de acesso controlado, seguro e acessível.

## **RESULTADOS OBTIDOS**

Os Planos de Segurança de Barragens (PSB) para as barragens Jaguari e Cachoeira foram finalizados e disponibilizados em suas respectivas estruturas no dia 07 de fevereiro de 2018, conforme determinação da ANA.

A conjunção dos trabalhos descritos na metodologia permitiu a elaboração do PSB de acordo com os requisitos legais e com a celeridade necessária. Como ganhos obtidos secundariamente ao processo de elaboração do PSB teve-se a digitalização de 326 documentos, antes existentes apenas em via física, e hoje de fácil acesso, a criação de um banco centralizado de informações das barragens, e o aumento da interface entre as áreas de planejamento e monitoramento.

A utilização de estudos que já haviam sido desenvolvidos pela Sabesp e que foram elaborados com outros propósitos, forneceram diversas informações fundamentais para elaboração do PSB, o que gerou um ganho de tempo e economia de recursos. Ademais, a utilização do SSD forneceu diversos dados para elaboração do Plano.

## **DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

O alcance dos resultados foi decorrente do resgate de estudos já disponíveis na Sabesp, da utilização do Guia da ANA, de fundamental importância para desenvolver o trabalho com a qualidade necessária. Apesar das dificuldades inerentes ao processo - adaptação da metodologia para atendimento às legislações subsequentes à Lei Federal e dos processos e produtos internos para o formato exigido – os resultados alcançados foram positivos.

Salienta-se que a elaboração dos demais volumes do PSB foi posterior à realização da Revisão Periódica de Segurança de Barragem, cuja elaboração foi responsabilidade de consultoria externa contratada especificamente para este fim. Assim, esta última não incorporou informações oriundas do PSB.



Este primeiro ciclo de elaboração dos PSB pela Sabesp suscitou demandas que estavam ocultas, porém que serão fundamentais para a elaboração de novos PSB, bem como para retroalimentar os PSB já finalizados. Desta forma, a centralização de informações das estruturas com idades, características e operações distintas mostrou-se como um dos caminhos desejáveis para a organização de demandas futuras na área de barragens.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A estruturação do serviço para atendimento contínuo das determinações de legislação de segurança de barragens é imperativa. Os empreendedores de barragens devem começar a cumprir as obrigações legais, mesmo antes da determinação da respectiva entidade fiscalizadora (ANA, 2016).

Perante os desafios impostos – prazo, recursos e equipe reduzida – os avanços foram significativos neste trabalho. A estruturação, organização e unificação das informações sobre as barragens que atendem a Região Metropolitana da Sabesp permitiram executar o serviço com celeridade. É importante salientar que a Sabesp já possuía uma estrutura organizada e dedicada às Inspeções de Segurança de Barragens, lotada na Superintendência de Manutenção Estratégica. As ações em andamento, anteriores à legislação de barragens, facilitaram a adaptação e o levantamento das informações para atendimento aos requisitos da PNSB.

Destacam-se como aprendizado deste processo os ganhos decorrentes da compatibilização de diversos processos internos relacionadas à área de barragens. A centralização de informações históricas, logísticas, operacionais e organizacionais dos empreendedores de barragem permitirá o atendimento às demandas futuras na área.

É interessante que, ainda que de forma simplificada, todos os empreendedores criem sistemas internos de gestão de suas barragens, com controles simplificados, porém robustos, para acompanhamento da segurança do barramento ao longo de sua vida útil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Relatórios de Segurança de Barragens 2016. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2016. Disponível em: <[http://www.snib.gov.br/portal/snib/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/rsb-2016\\_acesso\\_em\\_27/04/2018](http://www.snib.gov.br/portal/snib/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/rsb-2016_acesso_em_27/04/2018)> Acesso em 27/04/2018
2. BRASIL. Congresso Nacional. Lei n. 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. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 21 set. 2010. Seção 1. p. 1. Disponível em: <<http://www.in.gov.br>>.
3. EMPLASA. Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A. Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://www.emplasa.sp.gov.br/RMSP>>.
4. MEDEIROS, C. H. de A. C. Barragens: Aspectos legais, técnicos e socioambientais. (2013) Capacitação ANA: Segurança de Barragens. Unidade I – Diretrizes, legislação e regulamentação. Disponível em: <<https://capacitacao.ana.gov.br/dspace/handle/ana/110>>. Acesso em 27/04/2018
5. SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Relatório de Sustentabilidade 2017. São Paulo, 2018. Disponível em: <[http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/asabesp\\_doctos/relatorio\\_sustentabilidade\\_2017.pdf](http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/asabesp_doctos/relatorio_sustentabilidade_2017.pdf)>.
6. WIELAND, M. Safety Aspects of Sustainable Storage Dams and Earthquake Safety of Existing Dams. Engineering 2. September. 2016. Volume 2.p.325-331.