



Serviço Autônomo de Água e Esgotos

Rua Bernardino de Campos, 799 CEP 13330 260 Centro
0800 77 22 195 www.saae.sp.gov.br Indaiatuba SP

PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM

BARRAGEM CAPIVARI-MIRIM

C B A	31/03/2021 22/02/2021 18/12/2020	Emissão Final Conforme comentários SAAE de 19/01/2021 Emissão Inicial	DIV DIV DIV	HU HU HU
Revisão Nº	Data	Descrição Sucinta	Elaboração	Aprovação
		Título: VOLUME III PLANOS E PROCEDIMENTOS		Número Hydros SA886.RE.CM013 Rev. C
				Número SAAE
		Projeto	Verificado	Aprovado
	DIV		HU	Mar/2021



Serviço Autônomo de Água e Esgotos

Rua Bernardino de Campos, 799 CEP 13330 260 Centro
0800 77 22 195 www.saae.sp.gov.br Indaiatuba SP

PLANO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM
BARRAGEM CAPIVARI-MIRIM

VOLUME III – PLANOS E PROCEDIMENTOS

Nº SA886.RE.CM013 - C

Mar/2021

PREFÁCIO

O marco legal na segurança de barragens no Brasil é a Lei 12.334/2010, que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), destinada a acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e a acumulação de resíduos industriais.

A Lei 12.334/2010 criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB), cabendo à Agência Nacional de Águas (ANA) implantar e gerir o sistema, e promover a articulação entre os órgãos fiscalizadores e coordenar a elaboração do Relatório de Segurança de Barragens. A entidade outorgante das barragens fica responsável por fiscalizar a segurança das barragens, bem como por manter o cadastro atualizado dessas barragens com identificação dos empreendedores, para fins de incorporação ao SNISB.

Um dos instrumentos da PNSB é o Plano de Segurança da Barragem (PSB) de implementação obrigatória pelo empreendedor, cujo objetivo é auxiliá-lo na gestão da segurança e serve como uma ferramenta de planejamento da gestão da segurança da barragem.

Os trabalhos relativos ao Plano de Segurança da Barragem Capivari-Mirim foram desenvolvidos, em atendimento às exigências da legislação vigente, que estabelece as diretrizes e obrigações referentes à Política Nacional de Segurança de Barragens, tomando-se como referência básica as diretrizes apresentadas na publicação da ANA, intitulada “Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragem”, levando-se em conta:

- Lei Nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens;
- Lei Nº 14.066, de 30 de setembro de 2020, que 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);
- Resolução CNRH Nº 143, de 10 de julho de 2012, que estabelece os critérios de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado ao volume do reservatório;
- Resolução CNRH Nº 144, de 10 de julho de 2012, que estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre segurança de Barragens;
- Resolução ANA nº 236, de 30/01/2017, que estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Plano de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVO	2
3	ESCOPO DOS SERVIÇOS	3
4	CARACTERIZAÇÃO SUCINTA DO EMPREENDIMENTO.....	4
5	PLANO DE OPERAÇÃO	6
6	PLANO DE MANUTENÇÃO.....	7
6.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	7
6.2	AÇÕES DE MANUTENÇÃO CORRENTE EM ESTRUTURAS DE SOLO	9
6.3	ÁREA DE RESGUARDO PERMANENTE - ARP.....	10
6.4	AÇÕES DE MANUTENÇÃO CORRENTE EM ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	11
6.5	PLANEJAMENTO DAS INSPEÇÕES VISUAIS	13
6.6	DIRETRIZES GERAIS PARA A REALIZAÇÃO DAS INSPEÇÕES VISUAIS MULTIDISCIPLINARES.....	14
7	PLANO DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO.....	15
7.1	HISTÓRICO DO MONITORAMENTO	20
7.2	RECOMENDAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO	20
7.3	PLANO DE OPERAÇÃO, INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DO INSTRUMENTO PROPOSTO.	22
8	PLANO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS HIDROMECÂNICOS.....	27
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31

1 INTRODUÇÃO

Este documento consubstancia os serviços de engenharia relacionados com a elaboração do Plano de Segurança da Barragem (PSB) e Plano de Ação de Emergência (PAE) da Barragem Capivari-Mirim, conforme Contrato nº 29/2020 firmado entre Serviço Autônomo de Água e Esgotos - SAAE e a HYDROS Engenharia Ltda. em 21/10/2020.

Os PSB e PAE da Barragem Capivari-Mirim foram desenvolvidos com vista ao atendimento da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB - Lei Federal nº 12.334/2010), uma vez que existem riscos e danos potenciais associados à área urbana situada a jusante da barragem.

A elaboração do Plano de Segurança da Barragem Capivari-Mirim foi considerado necessário para dar atendimento às exigências legais e, principalmente, devido à existência de área de ocupação urbana permanente a jusante da barragem, com cota inferior ao nível d'água do reservatório da barragem, que caracteriza uma situação de risco à população, mesmo não apresentando o porte mínimo previsto na Lei Federal nº 12.334/2010 (Artigo 1º, parágrafo único).

Em atendimento ao Artigo 5º da Resolução ANA nº 236 de 20 de janeiro de 2017, o Plano de Segurança da Barragem Capivari-Mirim foi organizado em 6 (seis) volumes, conforme discriminados a seguir:

- 1) Volume I – Informações Gerais
- 2) Volume II – Documentação Técnica do Empreendimento
- 3) Volume III – Planos e Procedimentos
- 4) Volume IV – Registros e Controles
- 5) Volume V – Revisão Periódica de Segurança da Barragem – Relatório Geral
- 6) Volume VI – Plano de Ação de Emergência

2 OBJETIVO

Este documento tem como objetivo apresentar o produto intitulado “Volume III - Planos e Procedimentos”, que faz parte do conjunto de documentos que compõe o PSB - Plano de Segurança da Barragem Capivari-Mirim.

3 ESCOPO DOS SERVIÇOS

O escopo dos serviços é a elaboração do Plano de Segurança da Barragem e Plano de Ação de Emergência da Barragem Capivari-Mirim, tendo em conta as diretrizes estabelecidas pela Agência Nacional das Águas - ANA.

4 CARACTERIZAÇÃO SUCINTA DO EMPREENDIMENTO

A Barragem Capivari-Mirim tem a função de regularizar e armazenar a água bruta do Sistema de Abastecimento de Água, cuja captação é feita na Barragem de Jusante, onde se situa a Estação de Captação de Água.

A barragem situa-se no Rio Capivari-Mirim, afluente do Rio Capivari, que por sua vez deságua no rio Tietê. O Projeto Básico da barragem foi elaborado pela SN Engenharia e Consultoria Ltda., o Projeto Executivo, pela Hydros Engenharia Ltda. para o Consórcio Talude-Basfer, no decorrer do ano de 2008, a adequação gráfica do projeto executivo foi executado pela Proesplan Engenharia em 2012 e foi construída pela ETC Empreendimentos e Tecnologia em Construções Ltda., no período de 2013 a 2015. A outorga da barragem junto ao DAEE foi obtida pela Portaria nº 1.685 de 03 de abril de 2018.

O barramento é constituído de barragem de terra compactada, possui 260,00 metros de comprimento de crista, 6 metros de largura, com coroamento na cota 563,80 m e altura máxima de 23,00 metros, medida a partir da fundação.

O talude de jusante possui inclinação 1V:1,5H e proteção de cobertura vegetal e o talude de montante apresenta inclinação 1V:1,5H com proteção de enrocamento tipo "rip-rap".

O sistema de drenagem interna do maciço é constituído de filtro vertical de areia com 60 cm de espessura, ligado ao filtro horizontal tipo sanduiche com núcleo de pedrisco com 20 cm de espessura, envolto por uma camada inferior e uma camada superior de areia com 20 cm de espessura. A saída de água do sistema de drenagem é feita por meio de tubo tipo kananet de 6", envolvido em geotextil, posicionado paralelamente ao eixo da barragem, na extremidade do filtro horizontal. Este tubo liga uma série de caixas de passagem e tubos de 8" que fazem a condução da água para ser descarregada a jusante.

A captação de água é feita por meio da estrutura multifuncional, localizada na ombreira direita, construída em concreto armado, desincorporada da barragem e com três funções integradas numa única estrutura hidráulica:

- Permitir o desvio do curso-d'água de modo a permitir a construção da barragem de solo compactado;
- Permitir a operação de esvaziamento do reservatório para realizar os trabalhos de manutenção das obras da barragem e de desassoreamento do reservatório;
- Permitir a retirada de água do reservatório da barragem, ou seja, das vazões de abastecimento de água e ambiental, por meio de uma tomada-d'água seletiva.

O órgão de desvio do rio, do tipo galeria de concreto, possui duas células com dimensões de 2,00 x 2,50 m. Esse órgão teve a finalidade de permitir a passagem das cheias durante o período construtivo, sem causar danos, contratempos e prejuízos aos trabalhos de escavação e aterro da barragem.

Posteriormente à realização do desvio do rio, uma das células da galeria foi destinada como descarregador de fundo da barragem a fim de permitir a realização do esvaziamento do reservatório para fins de manutenção e limpeza.

A outra célula da galeria de desvio foi aproveitada para se instalar o conduto do descarregador das vazões de abastecimento de água e ambiental, instalado sobre blocos de apoio, cuja função é conduzir as águas até a casa de válvulas.

A casa de válvulas é do tipo abrigada, construída em concreto armado, com uma edificação com estrutura de concreto armado e vedações de alvenaria, implantada na margem direita, imediatamente a jusante da galeria de desvio. A casa de válvulas foi construída como uma edificação completa, com acabamento, inclusive instalação elétrica.

A tomada-d'água seletiva permite a retirada de água do reservatório em três diferentes profundidades, a fim de assegurar a melhor qualidade da água a ser destinada ao sistema de abastecimento de água da cidade.

O sistema extravasor de cheia é do tipo labirinto, com crista livre, na ombreira direita com crista na cota 562,00 m e 260,00 m de comprimento. O vertedouro é seguido por um canal com baixa declividade e é seguida de um rápido, que deságua na bacia de dissipação.

O reservatório possui área inundada de aproximadamente 0,41 km² e um volume de 0,88 hm³, quando o nível de água se situa no seu nível máximo normal, na cota 562,00 m.

5 PLANO DE OPERAÇÃO

O Plano de Operação da Barragem constitui-se num dos principais alicerces do Plano de Segurança de Barragens (PSB), uma vez que a segurança hidrológico-hidráulica da barragem depende da operação adequada dos sistemas hidráulicos ou dispositivos de descarga das vazões que afluem ao barramento, em especial das vazões extremas ou de cheia previstas no barramento, com vista à preservação das estruturas do barramento e, também, a proteção das áreas afetadas, tanto a jusante quanto a montante do barramento.

É importante ressaltar que o plano de operação é especialmente importante quando o sistema de extravasão de cheias é provido de comportas ou de equipamentos de controle de vazão. No caso da Barragem Capivari-Mirim, o sistema de extravasão de cheias é constituído de um vertedouro de crista livre, ou seja, do **tipo sem controle**, pois o vertedouro não é provido de comportas ou de equipamentos de controle de vazão, que por sua vez, não exige a necessidade de um plano de operação.

Assim sendo ressalta-se que a situação acima descrita, relativa ao caso do sistema extravasador de cheia da barragem, a segurança de barragem é independente da operação adequada do vertedouro, pois neste caso toda e qualquer vazão afluyente ao barramento será totalmente descarregada pelo seu sistema de extravasão de cheias, independentemente da operação de comportas (inexistentes) ou da ação de operadores das mesmas.

A situação acima descrita faz com que o sistema extravasador de cheias seja independente de falhas de equipamentos eletromecânicos ou de acionamentos feitos por operadores locais ou remotos, sendo a situação altamente favorável em termos de segurança da barragem, no que se refere a falhas operacionais de equipamentos ou de operadores dos mesmos.

O Serviço Autônomo de Água e Esgotos - SAAE é o responsável pela operação do reservatório e a regra operacional do reservatório é discriminada no relatório intitulado “Plano de Operação e Manutenção de Equipamentos Hidromecânicos – Barragem Capivari-Mirim”, elaborado pelo Departamento de Manutenção, Tratamento e Controle de Qualidade do SAAE em 2021.

6 PLANO DE MANUTENÇÃO

6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A manutenção de estruturas e equipamentos do barramento tem como objetivo propiciar as condições necessárias que aumentem a durabilidade dos mesmos e, principalmente, ofereçam as condições operacionais necessárias por ocasião de situações ou eventos que afetam direta e indiretamente as condições de segurança do barramento.

Para tanto, o plano de segurança da barragem contará com um plano de manutenção que engloba vistorias, operações, intervenções e diagnósticos de irregularidades e anomalias identificadas nas estruturas do empreendimento, a fim de poder planejar de forma objetiva e racional as providências necessárias para se deixar a barragem em condições adequadas de segurança.

Assim sendo o Plano de Manutenção estabelece diretrizes, as quais visam facilitar a tomada de decisão e auxiliar na elaboração e/ou no complemento de procedimentos operacionais com embasamento técnico adequado.

Os trabalhos de inspeção multidisciplinar realizados por ocasião do início dos trabalhos e apresentados no Volume IV – Registros e Controles, juntamente com os trabalhos de avaliação e análise da documentação disponível, mostraram que a barragem encontra-se relativamente bem cuidada, não exigindo quaisquer providências mais imediatas em termos de intervenção crítica, que exijam providências e cuidados emergenciais, decorrentes de uma situação crítica em termos de segurança ou risco de perda da integridade da mesma.

A manutenção das estruturas deve ser realizada, sempre que possível, com caráter preventivo ou quando se verifique a existência de sinais ou sintomas de deterioração, detectados no decorrer dos trabalhos de Inspeções de Segurança Regulares (ISR) e Inspeções Especiais (IE), ou em consequência da Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPS).

Considerando-se que o Dano Potencial Associado – DPA da Barragem Capivari-Mirim é alto e a Categoria de Risco – CRI é baixo, as Inspeções de Segurança Regulares (ISR) deverão ser realizadas com periodicidade semestral. São apresentadas, na tabela a seguir, as anomalias mais comuns em barragens de solo, que é o tipo de barramento existente na Barragem Capivari-Mirim.

Anomalia	Insignificante / pequena	Média / grande
Fissuras longitudinais na crista (comprimento l em m, abertura a em mm e profundidade p em m)	$l < 5$ $a < 5$ $p < 0,2$	$l > 5$ $a > 5$ $p > 0,2$
Fissuras transversais na crista (comprimento l em m e abertura a em mm)	$l < 5$ $a < 5$ $p < 0,2$	$l > 5$ $a > 5$ $p > 0,2$
Afundamentos (afd em m)	$afd < 0,3$	$afd > 0,3$
Recalques/deslocamentos verticais (dv em m)	$dv < 0,2$	$dv > 0,2$
Fugas de água/vazões na fundação (Vf em l/min/m)	$Vf < 4$	$Vf > 4$
Erosão no pé da barragem (erosão regressiva) Falha no rip-rap	Situação desprezável ou estabilizada	Com velocidade constante ou crescente
Desabamentos/colapsos	Muito pequenos	Perda significativa de material
Surgências no talude de jusante e áreas molhadas Água barrenta	Só vestígios	Aparecimento de água barrenta
Deslizamentos (escorregamentos) de taludes	Muito localizados	Muito sérios, associados com a existência de zonas úmidas
Vazamento (fuga de água) na interface aterro-ombreira (Vi em l/min)	$Vi < 10$	$Vi > 10$
BEFC – fissuras na laje do concreto (a em mm)	$a < 1$	$a > 1$

As Inspeções Especiais (IE) deverão ser realizadas sempre que sejam detectadas anomalias ou eventos adversos que possam colocar em risco a segurança da barragem. São apresentados, a seguir, exemplos de situações em que se considera importante realizar uma inspeção de segurança especial:

- quando for verificada anomalia considerada grave durante uma inspeção regular ou pela equipe de operação e manutenção da barragem durante suas atividades de rotina;

- sempre que se preveja um deplecionamento (esvaziamento) rápido do reservatório da barragem;
- após a ocorrência de eventos extremos, como cheias superiores à cheia de projeto, sismos e secas prolongadas;
- situações de descomissionamento ou abandono da barragem;
- situações de sabotagem.

Caso as Inspeções Periódicas de Segurança Rotineiras evidenciem estruturas e/ou equipamentos em situação irregular de funcionamento, recomenda-se o relato, o mais breve possível, aos responsáveis pela segurança do empreendimento.

No caso da realização de manutenções ou outros procedimentos técnicos, visando extinguir anomalias existentes nas estruturas, devem ser elaborados relatórios técnicos descrevendo quais os procedimentos realizados.

A Revisão Periódica de Segurança de Barragem (RPSB) da Barragem Capivari-Mirim deverá ser realizada a cada 5 (cinco) anos, no máximo, visto que o Dano Potencial Associado – DPA se enquadra na categoria alto e a Categoria de Risco – CRI se enquadra na categoria baixo.

6.2 AÇÕES DE MANUTENÇÃO CORRENTE EM ESTRUTURAS DE SOLO

Ações ou manutenções correntes são aquelas que visam gerar condições para o pleno funcionamento das estruturas. Sendo assim são indicados alguns procedimentos recomendados para se corrigir pequenas anomalias detectadas durante as Inspeções Visuais Rotineiras, quais sejam:

- (i) Identificação de crescimento da vegetação presente nos taludes, ombreiras e taludes de montante com proteção de enrocamento (“rip rap”), sendo aconselhado os cortes sistemáticos, com o intuito de não interferir nas inspeções visuais rotineiras;
- (ii) Identificação de fauna ou de pequenos animais ou aves que podem proliferar no corpo da barragem, tais como tatus, lebres, coelhos, corujas, etc., bem como tocas ou buracos nos taludes e áreas de ombreira, recomendando-se a execução de medidas que conduzem à remoção destes animais e fechamento das tocas, abrigos, buracos ou cavidades decorrentes;
- (iii) Identificação da adequabilidade das canaletas de drenagem, que são utilizadas para o escoamento das águas superficiais, orientado a limpeza, manutenção ou substituição por novos dispositivos de drenagem.

São apresentadas, sucintamente, as ações ou serviços de manutenção mais usuais em estruturas de barramento feitas de solo:

Estrutura	Ação / Serviço de Manutenção
Talude de montante (rip-rap)	<ul style="list-style-type: none">– Arranque ou remoção de vegetação.– Recargas e regularização de material de proteção.– Substituição de material degradado.
Crista da barragem	<ul style="list-style-type: none">– Reparação do pavimento.– Reparação do sistema de drenagem.– Corte de vegetação.
Talude de jusante e área adjacente	<ul style="list-style-type: none">– Corte de vegetação excessiva (por exemplo, antes de cada inspeção de segurança regular).– Reposição de vegetação (regiões áridas) ou de outro material.– Reparação do sistema de drenagem.– Colmatação de tocas e túneis de animais.– Vedação à passagem ou pastagem de animais.
Equipamentos / instrumentação da barragem	<ul style="list-style-type: none">– Limpeza da vegetação em torno do equipamento.– Conservação/reparação da instrumentação e dos acessos.

6.3 ÁREA DE RESGUARDO PERMANENTE - ARP

A Área de Resguardo Permanente – ARP da Barragem Capivari-Mirim situa-se no entorno das estruturas da barragem, em especial a área imediatamente a jusante da barragem e no entorno do sistema de extravasão, incluindo os canais de aproximação.

A ARP foi definida com o intuito de mantê-la preservada contra qualquer ocupação permanente e controlar o crescimento da vegetação nessa área, mantê-la livre de vegetações perniciosas à segurança do barramento, realizando cortes frequentes e constantes da vegetação gramínea, controlar e impedir o crescimento da vegetação arbustiva e, principalmente, daquelas que podem alcançar grande porte, bem como isenta de capim de grande porte que dificulta a circulação e a detecção de problemas de surgência de água durante os trabalhos de inspeção de segurança da barragem. O canal de aproximação das estruturas de descarga de vazão (vertedouro, tomada-d'água, descarregador de fundo, etc.) deverá ser mantido livre de vegetação flutuante e emergente.

A delimitação da Área de Resguardo Permanente – ARP Barragem Capivari-Mirim é apresentada na Figura 6.3-1, a seguir:



Figura 6.3-1 – Delimitação da Área de Resguardo Permanente - ARP

6.4 AÇÕES DE MANUTENÇÃO CORRENTE EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

As manutenções correntes das estruturas de concreto são necessárias e realizadas com vista ao controle do envelhecimento das estruturas e evitar a necessidade de recorrer a grandes reparos. Como exemplos, são citados:

- (i) Tratamentos de áreas pontuais do concreto, em anomalias como trincas, erosão ou abrasão;
- (ii) Tratamento pontual das fundações para reduzir fluxos elevados de água;
- (iii) Pequenos reparos com substituição de elementos danificados; e
- (iv) Eliminação da vegetação, que nasce nas estruturas da barragem, geralmente localizada nas trincas e fissuras; entre outros fatores.

As necessidades acima descritas são usualmente levantadas no decorrer das inspeções visuais rotineiras, com identificação de anomalias na estrutura que comprometam as condições de segurança do empreendimento, repassando estas informações aos profissionais e técnicos encarregados pelas Inspeções de Segurança Regular (ISR) e/ou Inspeções Especiais da barragem.

As manifestações patológicas nas estruturas de concreto do barramento, decorrentes de fissuras e/ou trincas, podem comprometer a estabilidade ou integridade do barramento. Nesta linha, a rápida identificação destas anomalias e a determinação da sua origem são fatores primordiais para a adoção de medidas mitigadoras ou de controle adequadas.

As trincas e/ou fissuras são sintomas provenientes de uma série de fatores que agem sobre as estruturas de concreto. Para tanto, torna-se importante a realização de diagnósticos, averiguando quais fenômenos são prejudiciais a estas estruturas, a fim de se identificar seus sintomas e assim poder tomar decisão em relação aos métodos de correção e fazer projeções de sua eficácia. Observa-se que, em alguns casos, a manutenção pontual das anomalias ou manifestações patológicas não interfere nas condições que originaram a anomalia, fazendo com que as anomalias se manifestem novamente.

Cabe salientar que a exposição ambiental de trincas e/ou fissuras é prejudicial tanto ao concreto, quanto às barras de aço localizadas no interior destes elementos, uma vez que estas tendem a sofrer problemas de corrosão quando ficam sujeitas a ambientes agressivos. Além das situações acima descritas, as juntas de contração e as camadas de concretagem devem ser melhor avaliadas, sendo que nestas regiões, por razões diversas, são comuns os problemas de falta de estanqueidade nas estruturas de concreto.

Observa-se que as estruturas de concreto, que compõem o sistema extravasor de cheias e o sistema de captação de água, afetam diretamente as condições de segurança do barramento devido às suas características, pois barram diretamente a grande massa de água do reservatório.

As infiltrações nas estruturas da barragem são fatores que denotam problemas de execução das estruturas de concreto e, também, de problemas de estabilidade dos blocos de concreto. Assim sendo, as Inspeções de Segurança (Regulares e/ou Especiais) devem averiguar os locais de possíveis avarias nas estruturas e elaborar, de acordo com as orientações dos relatórios técnicos, alternativas que propiciem a solução adequada para as manifestações patológicas identificadas.

A carbonatação, que se manifesta na forma de incrustações de cor esbranquiçada nas superfícies de concreto e que, quando existentes no teto e piso de estruturas se manifestam na forma de estalactites e estalagmites, respectivamente, é um fenômeno de transformação de hidróxidos em carbonatos, muito comuns em estruturas de concreto em contato com a água. Complementa-se que a medida da velocidade deste processo é dependente da temperatura, umidade do ambiente, porosidade do concreto e a densidade de fissuras presentes na estrutura.

Cabe salientar que as alternativas de controle ou minimização deste fenômeno são, na maioria vezes, realizadas no momento e antes do início da concretagem das peças estruturais, uma vez que alguns dos fatores que podem influenciar a qualidade estrutural referem-se a dosagem do concreto e o teor de C3S e C2S no cimento, bem como de processos mais cuidadosos e rigorosos de adensamento e cura do concreto.

Nos casos de ocorrência de problemas de carbonatação é importante se avaliar, com o auxílio de profissionais capacitados e experientes, a extensão e profundidade dos mesmos, avaliando-se se o processo está afetando ou poderá afetar a integridade da estrutura, colocando em risco a segurança do barramento. Observa-se que, em grande parte dos casos, as manifestações relacionadas com carbonatação são muito incipientes e lentas, não se justificando providências a curto prazo e onerosas no sentido de melhorar a estanqueidade da estrutura de concreto, pois a sua origem é congênita e decorrente de problemas de material e execução do concreto.

Ressalta-se que não é recomendável a remoção do material carbonatado, sem a indicação de profissionais habilitados, pois com essa ação perder-se-á a “memória” do processo de carreamento dos sais, que fecham ou alteram as condições dos “canais” que aumentam a permeabilidade do concreto. Sendo assim, é importante que as Inspeções Periódicas de Segurança avaliem essas manifestações patológicas, registrando o aumento de ocorrências e, também, a evolução das mesmas.

Quando o problema de carbonatação é intenso sugere-se que sejam realizados ensaios com vista à avaliação da permeabilidade do concreto e a profundidade da carbonatação, sempre com o suporte de profissionais capacitados e especializados. Estes ensaios são relevantes apenas para situações onde forem identificadas ocorrências de degradação das estruturas de concreto e/ou das armaduras inseridas no interior destas, a fim de, nos casos considerados críticos, poder propor possíveis reparos, promovendo condições essenciais, tomando-se cuidados para não afetar as condições de trabalho das armaduras.

A manutenção de estruturas de concreto armado é fundamental, pois esta é uma das formas de prolongar a vida útil destes elementos, promovendo condições para que as estruturas realizem corretamente as funções a que foram dimensionadas. A NBR 6118/14 faz recomendações e cuidados referentes a durabilidade das estruturas, favorecendo condições propícias de uso, conservação e estabilidade, correspondendo ao período de vida útil do empreendimento.

Cabe às inspeções periódicas averiguar as condições e o comportamento das estruturas de concreto armado, para que anomalias, no que se refere a corrosão das armaduras, sejam identificadas, e medidas como ações de recuperação e reparação sejam avaliadas. Ressalta-se que os materiais utilizados nos reparos devem apresentar propriedades físicas e químicas adequadas de resistência e permeabilidade, levando em consideração as diversas situações a que estes estarão submetidos.

Análises periódicas da qualidade da água do reservatório são importantes para garantir que o ambiente, a que estão submetidas as estruturas de concreto, sejam aqueles para os quais as mesmas foram projetadas.

6.5 PLANEJAMENTO DAS INSPEÇÕES VISUAIS

No que se refere às atividades de inspeção visual multidisciplinar das estruturas do barramento, são apresentados comentários sintéticos a respeito das condições técnicas de execução dos serviços e atividades de Inspeção de Segurança Regular do barramento, em atendimento à Lei nº 12.334/2010, de Segurança de Barragens e a Resolução ANA nº 236/2017.

Observa-se que apesar da lei de segurança de barragens ser regulamentada, as atividades de inspeção visual multidisciplinar abrangem uma gama bastante extensa e variada de temas e detalhes, de tal sorte que as diretrizes e fichas de inspeção utilizadas como referência nos trabalhos de inspeção são muito úteis e práticos para se realizar os mesmos, porém não são suficientes para exaurir os aspectos envolvidos, uma vez que os trabalhos de inspeção exigem observações e avaliações muito complexas, integradas e profundas, pois existem inúmeros fatores técnicos que interferem nestas avaliações, inclusive aqueles de cunho ambiental.

Assim sendo sugere-se que essas atividades sejam sempre conduzidas por uma equipe técnica multidisciplinar em segurança de barragens, acompanhado do corpo técnico conhecedor do barramento e do histórico da construção/operação do mesmo.

É importante observar que a inspeção visual deverá sempre ser precedida da análise da documentação técnica existente, levando em conta a experiência acumulada dos profissionais envolvidos e o “estado da arte” em lides do gênero, bem como informações destacadas em bibliografias técnicas, sobre possíveis problemas e etapas de execução dos serviços, que auxiliem a planejar o desenvolvimento dos mesmos.

6.6 DIRETRIZES GERAIS PARA A REALIZAÇÃO DAS INSPEÇÕES VISUAIS MULTIDISCIPLINARES

São apresentadas, a seguir, as diretrizes e orientações gerais para se realizar as diversas atividades relacionadas com as inspeções visuais multidisciplinares das estruturas do barramento, que nos casos de barragens de cursos-d’água, podem ser classificadas em dois grandes grupos, ou seja, o primeiro abrangendo as estruturas de solo e o segundo as estruturas de concreto.

Ressalta-se que as atividades de inspeção visual multidisciplinar são disciplinadas segundo diretrizes estabelecidas pela ANA, cujos resultados das atividades de inspeção visual do barramento são apresentados no Volume IV – Registros e Controles, do Plano de Segurança de Barragem (PSB), onde as principais observações são registradas num formulário do tipo “checklist”, tal como se apresenta na ficha de inspeção apresentada no Anexo 2 – Fichas de Inspeção, do documento Volume IV – Registros e Controles deste Plano de Segurança de Barragem – PSB.

Por fim observa-se que as inspeções visuais devem ser realizadas de forma ampla e completa, abrangendo todas as estruturas constituintes do barramento, dando-se uma ênfase e destaque especial naqueles “pontos” onde existem indícios de maior fragilidade ou risco de um eventual rompimento da estrutura do barramento, devido a problemas ou eventos já ocorridos ou registrados no histórico técnico da estrutura do barramento.

Caso existam estes “pontos” críticos nas estruturas do barramento, os mesmos deverão ser objeto de inspeções muito detalhadas e cuidadosas, avaliando-se os resultados do monitoramento existente, como intuito de se avaliar de forma mais clara e consistente a evolução da anomalia ou irregularidade constatada anteriormente.

7 PLANO DE MONITORAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO

A Lei Federal nº 12.334 sobre Segurança de Barragens, foi aprovada em 20/09/2010. Após este período foi emitida pela Agência Nacional de Águas – ANA, sua regulamentação (Resolução nº 236 de 30/jan/2017), cabendo aos proprietários de barragens se adequarem às novas exigências.

Neste plano são apresentadas as diretrizes e procedimentos a serem seguidos no que se refere ao monitoramento e uso adequado dos instrumentos de auscultação da barragem. Portanto, ressalta-se que as orientações técnicas levam em conta o “estado da arte” e as informações técnicas disponíveis e atualizadas, com o intuito de contribuir para o planejamento e o desenvolvimento de atividades de monitoramento e instrumentação do barramento.

As atividades sugeridas focam a obtenção de resultados positivos para o monitoramento das estruturas do barramento e, como consequência, a melhoria das condições de segurança do barramento, em atendimento aos preceitos exigidos pela legislação vigente e, em termos concretos, a avaliação ou obtenção e indicadores da segurança das estruturas que permitam tomar medidas preventivas ou corretivas, quando possível. Observa-se que os serviços de segurança de barragem levam em conta duas formas mutuamente complementares de monitoramento, conforme caracterizadas a seguir:

- Monitoramento qualitativo, ou seja, por meio de inspeções visuais, que são realizados de forma regular e/ou especial;
- Monitoramento quantitativo, ou seja, por meio de Instrumentação de Auscultação e Acompanhamento/Análise das leituras dos instrumentos de medição instalados.

A inspeção visual permite a verificação das condições atuais das estruturas civis aparentes das obras do barramento. Esta inspeção permite o conhecimento do estado atual das obras do barramento, de forma geral, levando em conta as partes acessíveis e visíveis das obras do barramento. Na inspeção visual não são obtidos valores numéricos de grandezas atuantes, normalmente obtidos somente por medições numéricas.

Assim sendo as análises e avaliações baseiam-se, apenas, de forma qualitativa, com informações relativas acerca da magnitude dos problemas, quando os mesmos são possíveis. Ressalta-se que, com as avaliações decorrentes de inspeções visuais, é possível se captar os indícios de anomalias ou irregularidades, que indicam a existência ou ocorrência de problemas nas obras dos barramentos, em especial quando as inspeções são feitas por olhos treinados e experientes, até mesmo quando as anomalias são ainda incipientes, podendo-se mencionar:

- Erosões de forma geral nas estruturas de terra;
- Surgências ou formação de “olhos-d’água” (com a ocorrência ou não de carreamento de materiais sólidos);
- Ocorrência de áreas alagadas ou úmidas a jusante do barramento, entre outras manifestações patológicas.
- Trincas nas estruturas de concreto;
- Infiltrações nas estruturas de concreto;

Assim como a inspeção visual, a instrumentação de auscultação permite verificar as condições atuais das estruturas civis aparentes do barramento. Por intermédio das informações fornecidas pela instrumentação é possível conhecer, de forma específica, as situações das obras do barramento, bem como a evolução das eventuais anomalias ou problemas detectados nas obras do barramento.

O monitoramento por auscultação fornece valores de grandezas atuantes, por medições numéricas, sendo os resultados um “retrato” quantitativo muito importante da situação das anomalias ou problemas existentes.

A análise e interpretação dos resultados da auscultação instrumental é baseada em informações referentes aos diversos projetos que permitiram a execução das obras do empreendimento, bem como em estudos, para efeito de comparação, do comportamento, que informam valores de referência ou limites, quando possível, para a sinalização prévia dos alertas, informando se as condições existentes são normais ou anormais.

Adicionalmente, são relevantes outros importantes aspectos de controle das condições de segurança dos barramentos, quais sejam:

- Condições hidrológicas e hidráulicas de operação do reservatório/órgãos de controle de vazão;
- Atividades de manutenção e de segurança patrimonial;
- Inspeções subaquáticas e levantamentos ecobatimétricos.

A Barragem Capivari-Mirim possui Plano de Monitoramento da barragem e do reservatório, que inclui o monitoramento dos níveis do lençol freático no entorno do reservatório.

O monitoramento é dotado de medição automática do nível do reservatório por meio de equipamento (3001 LT Levelogger Junior Edge M5/F15) instalado no poço da comporta, além de 12 piezômetros sendo quatro destes instalados na barragem de terra, e quatro marcos superficiais, sendo dois destes instalados na crista da barragem, dois na margem direita e um na margem esquerda (Figura 7.1 e 7.2).



Figura 7.1 – Localização dos Piezômetros na barragem e no entorno do reservatório



Figura 7.2 – Localização dos Marcos superficiais

Os piezômetros da barragem são dispostos em duas seções instrumentadas Seção C-D onde estão instalados os piezômetros PM-8 e PM-10 (Figura 7.3) e na seção E-F na qual estão instalados os piezômetros PM-9 e PM-6 (Figura 7.4)

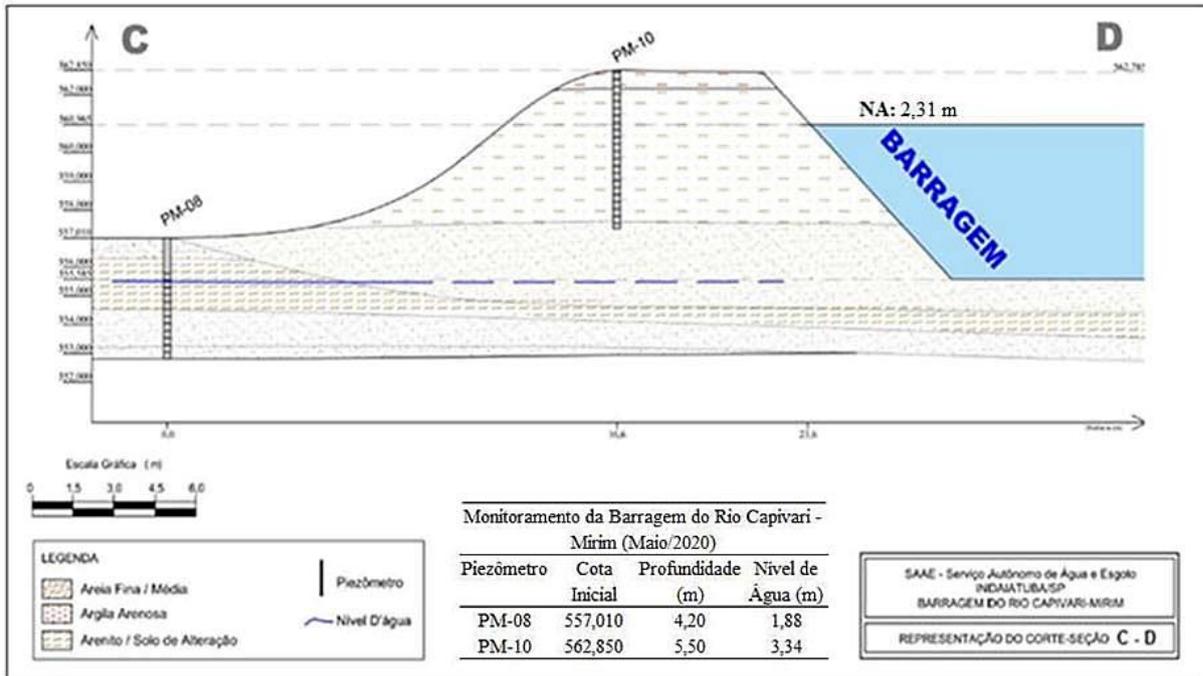


Figura 7.3 – Esquema de instalação dos piezômetros da Seção C-D

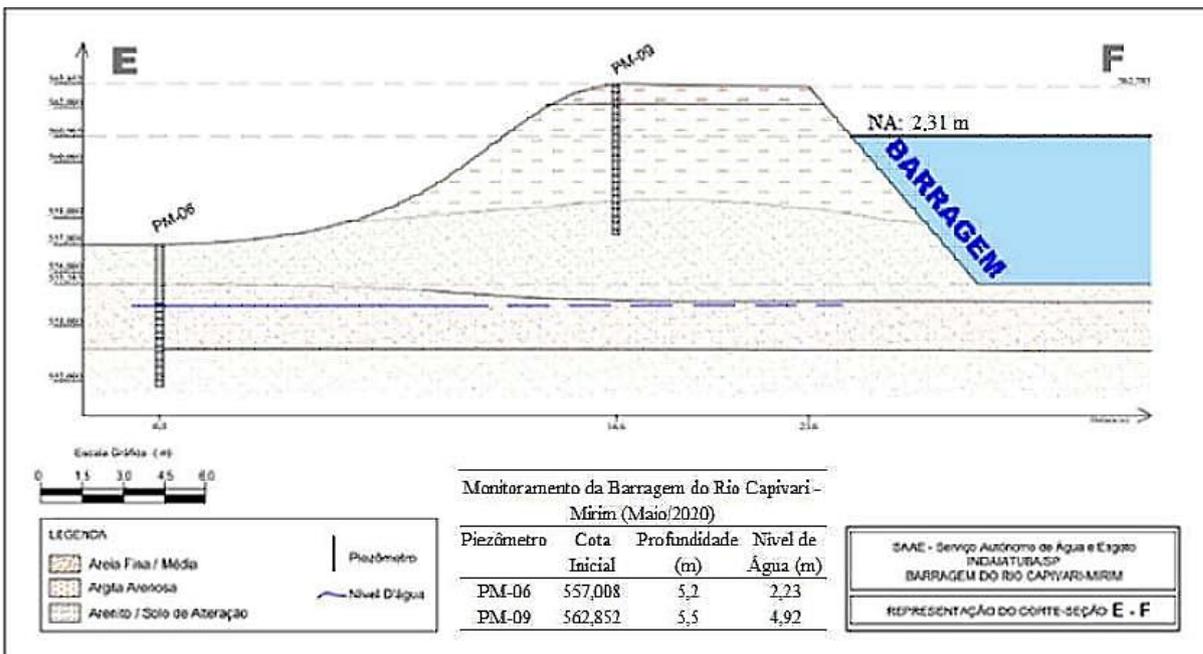


Figura 7.4 – Esquema de instalação dos piezômetros da Seção E-F

7.1 HISTÓRICO DO MONITORAMENTO

Os levantamentos de dados hidrológicos e hidrogeológicos iniciaram em 16/10/2015 ocasião da implantação dos piezômetros, foram reavaliados em 28/10/2015 ainda com as comportas abertas.

Os instrumentos foram instalados e as campanhas de coleta dos dados foram executadas pela empresa Planegeo Consultoria Ambiental e Serviços Geológicos.

Em 05/01/2016 foram realizados os primeiros testes com os equipamentos automáticos de automonitoramento de medição contínua do nível freático e “poro pressão”¹.

O Monitoramento passou então a ser executado com o equipamento (3001 LT Levelogger Junior Edge M5/F15), que foi instalado nos piezômetros, poços de monitoramento e também junto a comporta da tomada-d’água para monitoramento do Nível do Reservatório.

No ano de 2016 foram realizadas campanhas mensais de coleta de dados dos piezômetros.

No ano de 2017 o monitoramento foi temporariamente suspenso e retomado no ano de 2018 e prosseguiu com frequência mensal de leituras até abril de 2019. A partir de abril do de 2019 o monitoramento passou a ser realizado pela equipe própria da SAAE, porém com frequência mais espaçada.

7.2 RECOMENDAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO

Foi constatada presença de fissura no muro lateral esquerdo do vertedouro durante a Inspeção Regular de Segurança de Barragem, apresentada no Volume IV – Registros e Controles do presente Plano de Segurança. (Figura 7.5 e7.6).

¹ Pressão interna nos poros do solo exercida pela água intersticial, obtida diretamente pela coluna d’água medida no piezômetro.

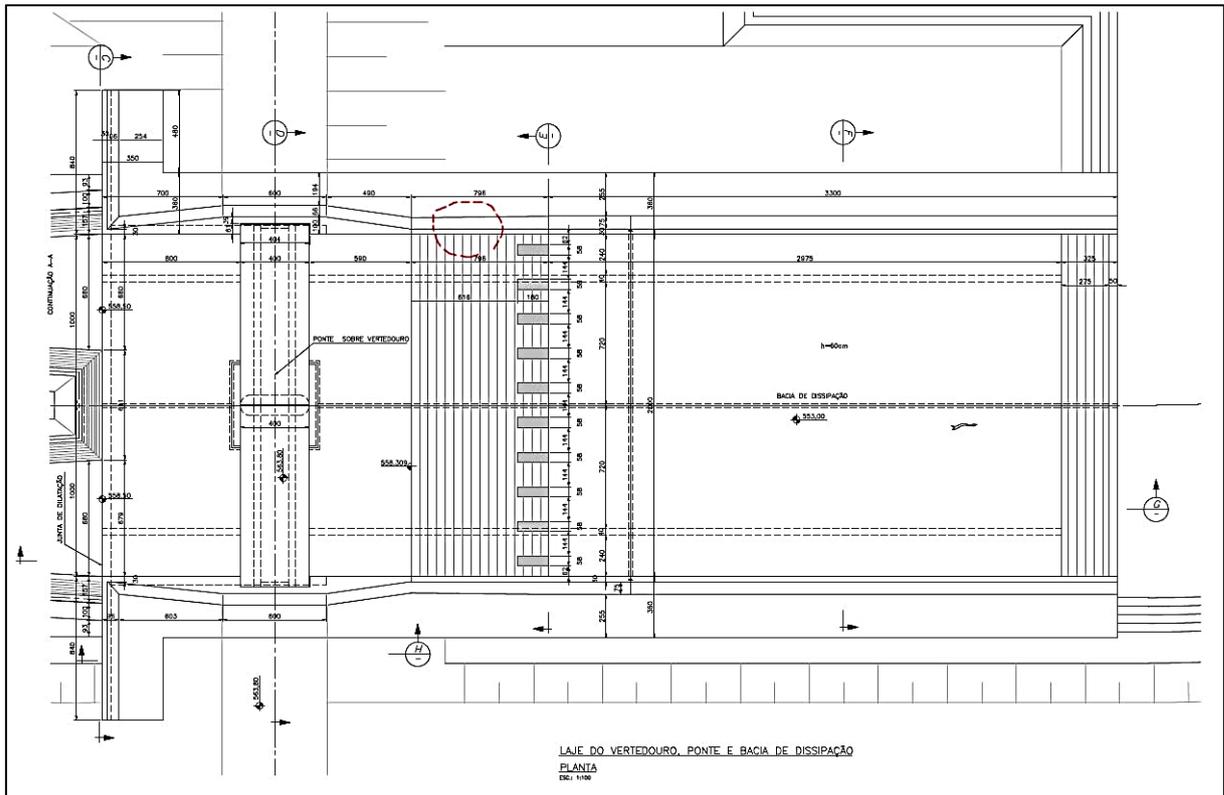


Figura 7.5 – Planta do Vertedouro e Bacia de dissipação, com a localização da anomalia

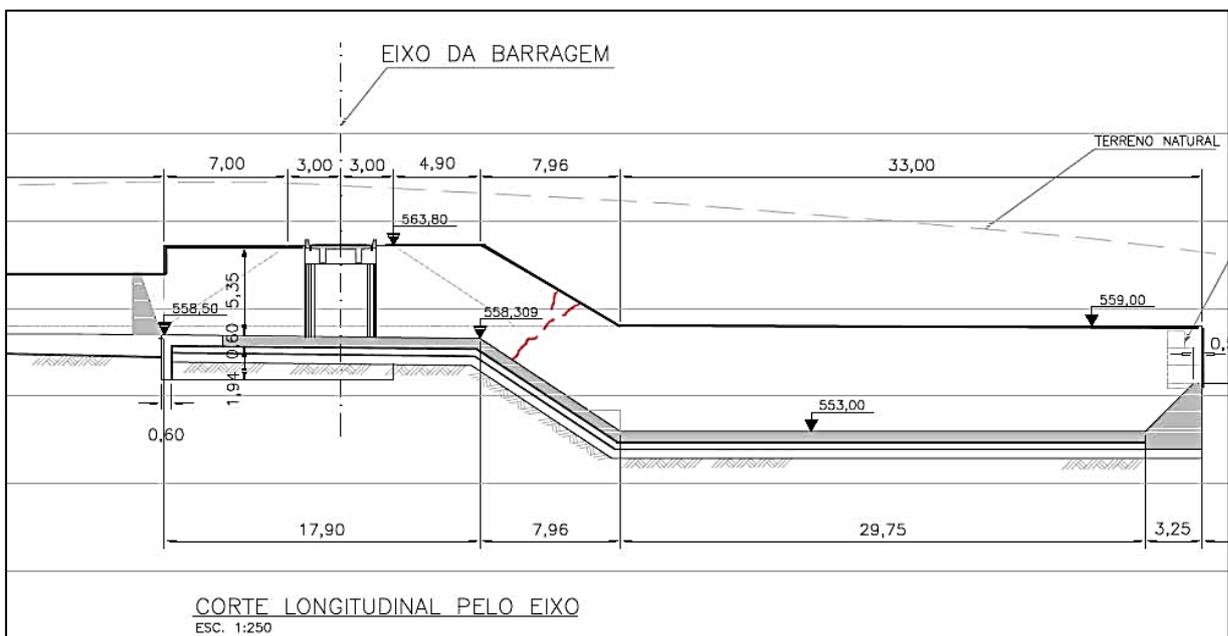


Figura 7.6 – corte longitudinal do Vertedouro e da Bacia de dissipação, com a localização da anomalia (fissuras) marcadas em vermelho

Adicionalmente recomenda-se a instalação de uma régua física na tomada-d’água, a fim de se conferir e aferir os dados das leituras automatizadas do nível-d’água do reservatório.

É apresentado na Tabela 7-1 os novos instrumentos propostos na barragem do Capivari-Mirim, a fim de se aprimorar o monitoramento atual.

Tabela 7-1 – Resumo Quantitativo da Instrumentação Existente na Barragem

Instrumento	Quantidade	Local
Régua linimétrica física	1	Tomada-d'água
Medidor triortogonal	1	Muro lateral do vertedouro

7.3 PLANO DE OPERAÇÃO, INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DO INSTRUMENTO PROPOSTO

Em relação aos instrumentos já instalados e em operação recomenda-se a continuidade das leituras seguindo a metodologia atualmente utilizada, com campanhas de leituras com frequência mínima bimestral.

Em relação ao medidor triortogonal segue as recomendações de local de instalação, operação, frequência e limites:

a) Local de Instalação

Devido à presença constante de água na bacia de dissipação, a instalação do medidor triortogonal deverá ser feita pelo lado externo do muro, acessado pelo lado da barragem de terra.

Recomenda-se a instalação na parte superior do muro, conforme indicado na Figura 7.7, a fim de monitorar eventuais movimentações.



Figura 7.7 – Local de instalação do medidor triortogonal.

b) Frequência

As frequências de leitura da instrumentação foram estabelecidas para possibilitar o acompanhamento das velocidades de variação das grandezas medidas, levando-se em consideração a precisão dos instrumentos e a importância dessas grandezas na avaliação do desempenho real da estrutura.

As leituras deverão ser realizadas nas frequências recomendadas a seguir, as quais devem ser encaradas como frequência mínima de leitura, devendo ser intensificadas ou ajustadas, quando da ocorrência de fatores tais como:

- mudanças nas condições geotécnicas ou geológicas do local;
- subida ou rebaixamento muito rápido do nível do reservatório;
- fenômenos naturais inesperados ou particularmente severos; e
- tendências desfavoráveis à segurança da estrutura.

Deve-se assegurar que os leituristas atuem também como inspetores visuais, percorrendo os diversos trechos e galerias da barragem, em todos os eventos de leitura e coleta de dados dos instrumentos. É recomendável que cada instrumento seja lido preferencialmente na mesma hora do dia e suas leituras devem ser programadas com sequência e itinerário fixo.

Outra recomendação é que os leituristas de um determinado tipo de instrumento sejam sempre os mesmos, evitando-se trocas frequentes na equipe de leitura, o que acaba tendo reflexo na precisão dos dados adquiridos. Em caso de substituições programadas do leiturista é recomendável que o seu substituto o acompanhe por no mínimo duas campanhas de leituras.

Caso houver qualquer indicação de tendências que poderiam conduzir a condições perigosas, as frequências de medidas relevantes, observações e inspeções deverão ser intensificadas. Recomenda-se que a frequência de leituras dos instrumentos a serem instalados seja:

- Após a instalação = 2 leituras semanais durante um mês;
- 1 leitura/mês em seguida.

c) Operação e manutenção

Considerando-se que a instrumentação é geralmente delicada e sensível, existe sempre a necessidade de se verificar periodicamente as condições operacionais dos instrumentos de auscultação das obras do barramento, efetuando testes de avaliação de forma periódica ou sempre que necessários. Se necessário e possível, devem ser tomados cuidados de manutenção nos aparelhos de medição. Quando forem constatados danos, falhas e a recuperação não seja viável, deve-se proceder à rápida reposição da instrumentação, para que não seja interrompido o processo de monitoramento.

Desta forma deverão ser feitas inspeções e trabalhos de manutenção preventiva (ações de limpeza) e corretivas caso seja necessário.

Estas inspeções “in situ” e eventuais serviços de manutenção deverão ser realizadas na mesma frequência que as campanhas de leitura e feitas nos intervalos entre estas campanhas a fim de manter a continuidade das leituras.

Das ações relacionadas a manutenção preventiva e corretiva, destacam-se as seguintes providências:

- Renovação periódica da identificação como toca de plaquetas de identificação ou pintura padronizada do código do instrumento na parede ao lado do instrumento;
- Ações de limpeza e conservação das partes metálicas através da utilização de produtos específicos como óleos finos, próprios para conservação de aço inox;
- Verificação das condições da tampa do nicho do instrumento, limpeza e substituição ou reparo da tampa se danificada;
- Calibração semestral do relógio comparador.

A calibração do relógio comparador deve ser semestral e deve ser feita pela própria equipe responsável pelo monitoramento, por meio de procedimento orientado pela fornecedora do equipamento, através de uma peça metálica padrão normalmente fornecida juntamente com o equipamento.

d) Análise e Processamento dos Dados

O processamento dos dados de leitura obtidos deve ser feito de forma rápida, permitindo a verificação do comportamento das estruturas. Além da elaboração de tabelas históricas, devem ser providenciadas as tabulações e gráficos pertinentes, quer sejam gráficos temporais do tipo variação de deslocamento por tempo, para os medidores triortogonais, colocando-se no mesmo gráfico os valores de NA do reservatório. Tais gráficos auxiliam no acompanhamento dos estudos de comportamento histórico e/ou estatísticos, avaliação da segurança estrutural, bem como comparação dos resultados medidos.

A análise dos dados dos Instrumentos deve ser feita de forma integrada com demais dados como nível do reservatório e temperatura ambiente, sendo as leituras realizadas preferencialmente nos mesmos dias e horários.

É apresentado a seguir o modelo de planilhas para leitura do instrumento.

Quadro 7.3-1 – Valores limites para estado de Atenção e Alerta.

Instrumento	Parâmetro de referência	Atenção	Alerta	Emergência
Medidores Triortogonais	Leitura inicial \pm 0,01 mm	Leitura inicial \pm 0,04 mm	Leitura inicial \pm 1 mm	Leitura inicial \pm 5 mm

Se decretado estado de emergência deve-se convocar reunião de equipe técnica para avaliação das causas, efeitos e além do acionamento do PAE e adoção de medidas corretivas.

8 PLANO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS HIDROME CÂNICOS

São descritos sucintamente, a seguir, os equipamentos hidromecânicos e de movimentação de cargas da Barragem Capivari-Mirim:

- **COMPORTA VAGÃO E “STOP-LOGS”:** As Comportas Vagão e Stop Logs são confeccionadas em aço carbono e movimentadas (içadas) na vertical, a partir de talhas instaladas em monovias sobre o centro dos mesmos.
 - 01 Comporta Vagão: veda uma galeria retangular com largura útil interna de 2.000 mm e altura de 2.200 mm, sendo que a pressão máxima de água, no centro da comporta, é de 5.500 mm de coluna de água. A altura entre a face superior da galeria e a face superior da monovia é de 9.400 mm.
 - 02 “Stop Logs” da Galeria Principal: Os “stop log” são compostos de uma única peça; Os “stop logs” da galeria principal vedam a sua abertura, com uma largura útil interna de 2.000 mm e altura de 2.200 mm, sendo que a pressão máxima, no centro do “stop log”, é de 5.500 mm de coluna d’água. A altura entre a face superior da galeria e a face superior da monovia à montante, é de 9.400 mm, e à jusante, de 6.950 mm.
 - 02 “Stop Logs” das Tomadas d’Água Intermediária e Superior: Os “stop logs” das tomadas d’água intermediária e superior têm dimensões úteis de 800 mm de largura; 800 mm de altura, sendo que a pressão máxima, no centro do “stop log”, é de 2.900 mm de coluna d’água. A altura entre a face superior da galeria e a face superior da monovia, para a tomada d’água intermediária, é de 8.100 mm. Para a tomada d’água superior é de 5.900 mm.

- **GRADES:** As grades são confeccionadas em aço carbono, com acabamento zincado a fogo; a abertura entre as barras é de 20 mm; as grades são de limpeza manual; as barras e o quadro são dimensionados para suportar as mesmas pressões máximas suportadas pelos “stop logs” correspondentes, ou seja, para a hipótese de entupimento completo.
 - 01 Grade da Tomada d’Água Inferior: A grade da tomada d’água inferior têm dimensões e dispositivos que permitam a sua instalação vertical, na guia do próprio “stop log”.
 - 01 Grade da Tomada d’Água Intermediária: A grade da tomada d’água intermediária tem dimensões: altura 5.265 mm e largura 1.200 mm, instalada com uma inclinação de 78° em relação à horizontal.
 - 01 Grade da Tomada d’Água Superior: A grade da tomada d’água superior tem dimensões: altura 2.780 mm e largura 1.200 mm, instalada com uma inclinação de 78° em relação à horizontal.

- **MONOVIAS (“TROLLEYS”) E TALHAS:** As monovias, “trolleys” e talhas são fabricadas em aço carbono, com pintura de base e pintura de acabamento. o 02 Monovias (“Trolleys”) e Talhas da Comporta do “Stop Log” e da Grade da Tomada d’Água Inferior (Montante):

Comprimento da monovia: 4.350 mm; Altura total de içamento da talha: 4.000 mm; Capacidade de carga: peso da comporta, do “stop log” ou da grade.

- 02 Monovias (“Trolleys”) e Talhas das Tomadas d’Água Intermediária e Superior: Comprimento da monovia: 4.750 mm; Altura total de içamento da talha: 11.000 mm; Capacidade de carga: 1,0 ton.
- 01 Monovia (“Trolley”) e Talha dos “Stop Logs” da Casa de Válvulas (Jusante): Comprimento da monovia: 14.840 mm; Altura total de içamento da talha: 4.300 mm; Capacidade de carga: peso do “stop log”.
- 02 Monovias, “Trolleys” e Talhas da Casa de Válvulas (Montagem da Tubulação): Comprimento da monovia: 8.200 mm; Altura total de içamento da talha: 5.900 mm; Capacidade de carga: 1,0 ton.

- VÁLVULA DE CONTROLE DE VAZÃO: Tipo: cônica dispersora; Diâmetro nominal: 600 mm; Flange conforme ISO 2531, classe PN-10; Vazão a ser controlada: faixa de 200 l/s a 800 l/s; Pressão disponível na válvula, em relação ao seu eixo: variável de 0,80 mca a 5,35 mca.

De acordo com os trabalhos de coleta e análise de dados e estudos existentes não são disponíveis, de forma consistente e organizada, os procedimentos de manutenção dos equipamentos hidromecânicos da tomada d’água e descarregador de fundo da barragem.

É importante ressaltar que, no caso da Barragem Capivari-Mirim, o vertedouro do sistema extravasor de cheia é do tipo Labirinto, com crista livre. Assim sendo o vertedouro não é provido de comportas ou outros equipamentos e, portanto, o **vertedouro não precisa ser operado** por ocasião da passagem das cheias, isto é, a **segurança hidrológico-hidráulica do barramento não depende da operação dos equipamentos** eletromecânicos existentes.

Portanto, salienta-se que a operacionalidade dos equipamentos eletromecânicos existentes no barramento não afeta a **segurança quanto à integridade do barramento**, afetando tão somente a **segurança operacional do sistema de abastecimento de água bruta**, ao qual o barramento se integra.

São elencadas, a seguir, a recomendações relativas à segurança operacional e manutenção dos equipamentos hidromecânicos, complementada com outras relativas à preservação dos equipamentos e peças metálicas diversas da tomada d’água/d Descarregador de fundo:

- a) Realizar os trabalhos de verificação da operacionalidade dos equipamentos de manutenção (talha-monovia, guincho, viga pescadora, etc.), a fim de coloca-los em condições operacionais plenas e permitir a realização de testes dos equipamentos de controle de vazão da tomada d’água, da comporta ensecadeira e comporta vagão do descarregador de fundo, com o objetivo de realizar um trabalho amplo de recuperação dos equipamentos hidromecânicos, caso haja a necessidade;
- b) Após a realização de testes e trabalhos de recuperação completa de todos os equipamentos hidromecânicos da tomada d’água/d Descarregador de fundo, realizar trabalhos de inspeção/testes/manutenção preventivas, com periodicidade trimestral, realizando trabalhos de limpeza com escovas e produtos de limpeza de equipamentos

submersos, jatos de água e lubrificantes, do equipamento de movimentação de cargas (ponte rolante, guincho, viga pescadora, grades, comportas ensecadeiras da tomada d'água, etc.), testando e atestando a operacionalidade de todos os equipamentos existentes;

- c) Realizar os trabalhos de desoxidação e aplicação de pinturas de proteção de todos equipamentos e peças metálicas da tomada d'água/d Descarregador de fundo, tais como tampas metálicas diversas, tampas tipo grade, parapeitos, viga da ponte rolante, etc., com periodicidade anual, realizando trabalhos de limpeza, desoxidações e de proteção com aplicação de pintura, sempre que os mesmos sejam necessários;
- d) Considerando-se que os equipamentos da barragem estão operando há algum tempo, sem sinais visíveis de trabalhos de manutenção, recomenda-se a contratação de uma empresa especializada, que tenha uma equipe de projeto e que trabalhe com fabricação e manutenção de equipamentos hidromecânicos, de modo a colocá-los em condições operacionais plenas, incluindo as suas peças fixas;
- e) No caso da comporta vagão da tomada d'água foi verificado que as vedações apresentam vazamentos nos cantos, que deverão ser corrigidos.

Por fim apresenta-se, a seguir, a título de sugestão, um cronograma de testes e serviços de manutenção dos equipamentos hidromecânicos e de movimentação de cargas da barragem:

CRONOGRAMA DE TESTES E MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS HIDROMECÂNICOS E DE MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS DA BARRAGEM

Item	Estrutura/Equipamento	ANO 1				ANO 2				ANO 3				ANO 4				ANO 5				
		1º Tri	2º Tri	3º Tri	4º Tri	1º Tri	2º Tri	3º Tri	4º Tri	1º Tri	2º Tri	3º Tri	4º Tri	1º Tri	2º Tri	3º Tri	4º Tri	1º Tri	2º Tri	3º Tri	4º Tri	
1	TOMADA D'ÁGUA (Montante)																					
1.1	MONOVIAS ("TROLLEYS") E TALHAS																					
1.1.1	Monovias ("Trolleys") e Talhas das Tomadas d'Água Intermediária e Superior	XXX	X	X	X	X																
1.2	COMPORTA VAGÃO E "STOP-LOGS"																					
1.2.1	Comporta Vagão	X	XXX	X	X	X																
1.2.2	"Stop Logs" da Galeria Principal	X	XXX	X	X	X																
1.2.3	"Stop Logs" das Tomadas d'Água Intermediária e Superior	X	XXX	X	X	X																
1.3	GRADES																					
1.3.1	Grade da Tomada d'Água Inferior	X	XXX	X	X	X																
1.3.2	Grade da Tomada d'Água Intermediária	X	XXX	X	X	X																
1.3.3	Grade da Tomada d'Água Superior	X	XXX	X	X	X																
2	CASA DE VALVULAS (Jusante)																					
2.1	MONOVIAS ("TROLLEYS") E TALHAS																					
2.1.1	Monovia ("Trolley") e Talha dos "Stop Logs" da Casa de Válvulas (Jusante)	XXX	X	X	X	X																
2.1.2	Monovias, "Trolleys" e Talhas da Casa de Válvulas (Montagem da Tubulação)	XXX	X	X	X	X																
2.2	REGISTRO E VÁLVULA DE CONTROLE DE VAZÃO																					
2.2.1	Registro de Gaveta com Acionamento Manual	X	X	XXX	X	X																
2.2.2	Válvula de Controle de Vazão com Acionamento Óleo-Hidráulico	X	X	XXX	X	X																
2.2.3	Sistema Óleo-Hidráulico de Acionamento da Válvula Borboleta	X	X	XXX	X	X																
3	ESCADA PARA PEIXES																					
3.1	COMPORTA DE CONTROLE DE VAZÃO																					
3.1.1	Adufa De Fundo e Pedestal de Manobra	X	X	X	XXX	X	X	X	X	XXX												

Notas: X - Teste - Periodicidade trimestral
 XXX - Manutenção - Periodicidade Anual

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que se refere ao Plano de Operação, Plano de Manutenção e Plano de Instrumentação da Barragem Capivari-Mirim são recomendados, resumidamente, o seguinte:

- Realizar os trabalhos de manutenção corrente da barragem, equipamentos hidromecânicos e de movimentação de cargas das estruturas hidráulicas;
- Instalar um medidor triortogonal no muro de contenção esquerdo de jusante do vertedouro e monitorar a evolução da fissura constatada nos trabalhos e inspeção multidisciplinar da barragem, uma vez que a fissura deve ser resultante da fase construtiva da barragem, encontrando se estável desde então;
- Realizar o monitoramento contínuo e telemétrico do nível-d'água do reservatório, com utilização do medidor eletrônico de nível-d'água existente, com vista ao atendimento das necessidades das condições de segurança hidrológico-hidráulica do barramento, com o intuito de fornecer dados relativos às cheias naturais afluentes ao reservatório, que serão úteis nas avaliações futuras de segurança da barragem;
- Realização das inspeções Regulares de Segurança conforme o Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens - Volume VIII - Guia Prático de Pequenas Barragens (ANA 2016).