



**SOLICITAÇÃO DE MANIFESTAÇÃO DE INTERESSE Nº 001/2025
SERVIÇOS DE CONSULTORIA**

País: Brasil

Mutuário: Estado da Paraíba

Nome do Projeto: Projeto de Segurança Hídrica da Paraíba - PSHPB

Título do Contrato: CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA EM BARRAGENS PARA ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS COMPLEMENTARES NAS BARRAGENS EPITÁCIO PESSOA (BOQUEIRÃO) E POÇÕES.

Empréstimo no 8931-BR (P165683)

Referência nº BR-SEIRHMA-461460-CS-QCBS

O ESTADO DA PARAÍBA recebeu um financiamento do Banco Mundial para o custo do Projeto de Segurança Hídrica da Paraíba - PSHPB, Acordo de Empréstimo nº 8931-BR (P165683), e pretende aplicar parte dos recursos para realizar aprimoramento normativo e operacional da outorga de direito de usos e pactos de gestão. Os serviços de consultoria incluem: Revisão/conclusão da documentação da barragem (reconstituição do projeto de engenharia – como executado); Execução de Investigações geotécnicas (maciços e fundações); Análise de estabilidade do maciço; Investigação dos problemas de percolação (maciço, fundação e obreiras); Análise do projeto hidráulico; Análise de risco elaborada em acordo com as boas práticas Internacionais e demais atividades para avaliar a condição de segurança das barragens e Indicar a necessidade de obras corretivas, caso necessário. Os estudos incluirão a análise de modos potencial de falha – (Potential Failure Mode Analysis) – da Barragem de Boqueirão, em acordo com práticas internacionais. Os estudos deverão observar as normas técnicas brasileiras, regulamentações e guias técnicos da Agência Nacional de Águas (ANA), e literatura internacional sobre segurança de barragens, incluindo os guias de boas práticas de segurança de barragens do Banco Mundial. Os trabalhos serão realizados pela contratada no prazo de 12 meses.

O Termo de Referência detalhado para os serviços podem ser encontrados no seguinte sítio eletrônico: <https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-de-infraestrutura-dos-recursos-hidricos-e-do-meio-ambiente/arquivos/edital-do-pshpb>

A Secretaria da Infraestrutura e dos Recursos Hídricos (SEIRH) convida agora consultoras elegíveis ("Consultores") para indicar seu interesse na prestação dos Serviços. Os Consultores Interessados devem fornecer informações que demonstrem que possuem as qualificações necessárias e a experiência relevante para prestar os serviços solicitados, anexando portfólios, folhetos, descrição de serviços executados, experiência em condições semelhantes ou quaisquer outros documentos que julgar conveniente. Os critérios de lista curta são: (i) Experiência em elaboração de projetos de barragens de grande porte nos últimos 10 anos em contratos satisfatoriamente concluídos ou em andamento; (ii) Experiência em elaboração de planos de segurança de barragem nos últimos 10 anos em contratos satisfatoriamente concluídos ou em andamento. (iii) Experiência em elaboração de projetos de recuperação de barragens de grande porte nos últimos 10 anos em contratos satisfatoriamente concluídos ou em andamento. Chama-se a atenção dos Consultores interessados para os parágrafos 3.14, 3.16 e 3.17 da Seção as cláusulas de Fraude e Corrupção contidas no Anexo IV do Regulamento de Aquisições para Mutuários de Operações de Financiamento de Projetos de Investimento, edição de julho de 2016.

Os consultores podem se associar a outras firmas para aprimorar suas qualificações, mas devem indicar claramente se a associação é na forma de joint venture e ou subconsultoria. No caso de uma joint venture, todos os seus sócios serão solidariamente responsáveis pela totalidade do contrato, se selecionados.

Um Consultor será selecionado de acordo com o método de Seleção Baseada na Qualidade e Custo – SBQC estabelecido nas Regulamento de Aquisições, edição de julho de 2016.

Mais informações podem ser obtidas no endereço abaixo, de segunda a sexta-feira, de 8h30 a 12h00 e de 14h00 a 16h30 (horário local) ou ainda por meio do telefone +55 (83) 99363-2102 ou por meio do e-mail: cel@seirhma.pb.gov.br



**GOVERNO
DA PARAÍBA**

SECRETARIA DE ESTADO
DA INFRAESTRUTURA E
DOS RECURSOS HÍDRICOS



BANCO MUNDIAL
BIRF • AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL

As Manifestações de Interesse deverão ser entregues na forma escrita (pessoalmente, por via postal ou correio eletrônico/e-mail) até as 16h30 (hora local) do **dia 10 de abril de 2025**, de acordo com os dados a seguir:

Manifestação de Interesse nº 001/2025

Comissão Especial de Contratação CEC/SEIRH - PSHPB – BIRD

Secretaria da Infraestrutura e dos Recursos Hídricos – SEIRH

Endereço: Av. Presidente Epitácio Pessoa, Nº 1.498. Empresarial Makadesh Mall, sala 10, Torre, João Pessoa – PB.

CEP: 58.030-001. João Pessoa – Paraíba – Brasil

Telefone: +55 (83) 99363-2102

email: cel@seirhma.pb.gov.br

Wisllene Maria Nayane Pereira da Silva – Presidente CEC/PSHPB



**GOVERNO
DA PARAÍBA**

SECRETARIA DE ESTADO
DA INFRAESTRUTURA E
DOS RECURSOS HÍDRICOS



BANCO MUNDIAL
BIRF • AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL

CONTRATAÇÃO DE EMPRESA ESPECIALIZADA EM BARRAGENS PARA
ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS COMPLEMENTARES NAS BARRAGENS
EPITÁCIO PESSOA (BOQUEIRÃO) E POÇÕES

Termo de Referência

2024



Assinado com senha por [SHM107328] [SENHA] VIRGIANE DA SILVA MELO em 20/03/2025 - 14:35hs.
Documento Nº: 7288301.59101399-2615 - consulta à autenticidade em
<https://pbdoc.pb.gov.br/sigaex/public/app/autenticar?n=7288301.59101399-2615>



SHMPRC202500445V01



Sumário

1 - APRESENTAÇÃO.....	3
2 – OBJETIVO DA CONTRATAÇÃO:	6
3 – INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE AS BARRAGENS BOQUEIRÃO E POÇÕES	7
3.1 – BARRAGEM BOQUEIRÃO	9
3.2 – BARRAGEM POÇÕES	12
4 - ESCOPO DO TRABALHO	15
4.1 FASE 1 – PLANO DE TRABALHO.....	15
4.2. FASE 2 –MODELO DIGITAL DE TERRENO E REVISÃO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS/HIDRÁULICOS.....	16
4.3. FASE 3 – INSPEÇÃO EM EQUIPAMENTOS HIDROME CÂNICOS E SERVIÇOS GEOTÉCNICOS	42
4.4 FASE 4 – RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO GERAL DAS ESTRUTURAS DAS BARRAGENS	472
4.5 FASE 5 ANÁLISE DE MODO POTENCIAL DE FALHA (Barragem Boqueirão	566
4.6 FASE 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	56
5 – APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS.....	58
6 – EQUIPE TÉCNICA CHAVE	59
7 – FORMAS DE PAGAMENTO.....	63
8 – PRAZOS E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS.. Erro! Indicador não definido.	
9 - RELAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DISPONÍVEL	66





1 - APRESENTAÇÃO

Localizado no Nordeste Brasileiro, o estado da Paraíba está situado entre 34°45'54" e 38°45'45" de Longitude Oeste (meridiano de referência 36°W), e 6°02'12" e 8°19'18" de Latitude Sul (paralelo de referência 07°S), cuja unidade da federação é caracterizada economicamente, na sua maior parte, pela atividade rural. Por situar-se na região do semiárido brasileiro, região caracterizada por longos períodos de estiagens, e por seus rios intermitentes, a Paraíba concentra uma grande quantidade de barragens para acumulação de água, seja para o abastecimento humano, seja para perenizar de seus rios, assim como o uso na agricultura e lazer.

O Estado da Paraíba firmou contrato de empréstimo como o Banco Mundial, objetivando a implementação de programa de melhoria na gestão dos recursos hídricos, intitulado Projeto de Segurança Hídrica do Estado da Paraíba – PSH/PB, o qual tem por objetivos (i) fortalecer a gestão integrada dos recursos hídricos, (ii) aumentar a confiabilidade do abastecimento de água nas regiões do Agreste e da Borborema e (iii) aumentar a eficiência operacional dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário na Região Metropolitana de João Pessoa. sendo, US\$ 126,9 milhões do empréstimo do BIRD e US\$ 80,20 milhões em fundos estaduais de contrapartida, cujas ações estão distribuídas em três Componentes principais e um Componente Contingencial de Resposta a Emergências, entre os quais destaca-se o Componente 1.

O Projeto de Segurança Hídrica da Paraíba totaliza o valor de US\$ 201,10 milhões, sendo US\$ 126,9 milhões do empréstimo do BIRD e US\$ 80,20 milhões em fundos estaduais de contrapartida, cujas ações estão distribuídas em três Componentes principais e um Componente Contingencial de Resposta a Emergências, entre os quais destaca-se o Subcomponente 2.1, que está diretamente relacionado à melhorias da Infraestrutura Hídrica nas Regiões Agreste e Borborema e objetiva financiar os projetos de abastecimento de água do Sistema Transparaíba, que aduzirá águas endógenas da bacia do Rio Paraíba e águas transferidas do rio São Francisco, através do Eixo Leste do PISF, para 27 municípios dessas regiões paraibanas.





**GOVERNO
DA PARAÍBA**

SECRETARIA DE ESTADO
DA INFRAESTRUTURA E
DOS RECURSOS HÍDRICOS



BANCO MUNDIAL
BIRF • AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL

Componente 1: Gestão Integrada de Recursos Hídricos (US \$ 11,1 milhões). Esse componente apoiará o fortalecimento da capacidade institucional para o gerenciamento de recursos hídricos, o monitoramento e a previsão meteorológica e hidrológica e aumentará a resiliência dos sistemas de abastecimento de água para eventos relacionados ao clima, como também reduzirá a vulnerabilidade dos residentes a secas e inundações. O componente inclui os seguintes subcomponentes:

Subcomponente 1.1. Melhorando a Gestão da Água (US \$ 7,5 milhões). Este subcomponente financiará assistência técnica à AESEA para melhorar a capacidade de governança, operações e monitoramento de recursos hídricos e a implementação de instrumentos de gestão de recursos hídricos. Este subcomponente ajudará a melhorar os instrumentos de política relativos ao preço da água, à alocação e à gestão da demanda, bem como à expansão da rede hidrometeorológica e da capacidade de previsão. Serão organizadas atividades de formação para melhorar a capacidade do pessoal, bem como a eficácia dos comitês das bacias hidrográficas e outras organizações de cidadãos (sociedade civil).

Subcomponente 1.2. Gerenciamento de Projetos e Desenvolvimento Institucional (US \$ 3,6 milhões). Este subcomponente ajudará a fortalecer a capacidade das instituições envolvidas na Gestão e Implementação de Projetos e assegurará o financiamento da Unidade de Gerenciamento de Projetos (UGP), localizada na SEIRHMACT. Também apoiará atividades para melhorar a segurança de quatro barragens existentes a montante dos sistemas de abastecimento de água do Curimataú e Cariri e desenvolverá estudos de pré-viabilidade de barragens na Bacia Hidrográfica do rio Piranhas-Açu para aumentar a resiliência climática. Por fim, o subcomponente apoiará atividades para fortalecer outras agências governamentais envolvidas no setor de água, incluindo a Superintendência de Gestão Ambiental (SUDEMA), a Agência Reguladora Estadual da Paraíba (ARPB) e a Coordenadoria Geral do Estado (CGE).

Componente 2: Confiabilidade e eficiência dos serviços de água e saneamento melhorados (US\$ 195,68 milhões). Este componente ajudará a aumentar a confiabilidade do abastecimento de água e a resiliência dos serviços a eventos extremos de seca em regiões com escassez de água. O componente reduzirá a contaminação de





recursos hídricos escassos no JPRM, melhorando o sistema de saneamento e reduzindo os riscos de estouro. O componente também investirá na melhoria da eficiência operacional do CAGEPA. Inclui os seguintes subcomponentes:

Subcomponente 2.1. Infraestrutura Hídrica nas Regiões Agreste e Borborema (US\$ 161,0 milhões, sendo deste total US \$ 80,8 milhões do financiamento do BIRD e o restante de contrapartida nacional). Este subcomponente financiará os sistemas de abastecimento de água do Transparaíba, que levarão a água do canal de transferência do rio São Francisco para 27 municípios na faixa de águas do Agreste, Borborema e regiões. É composto pelos subsistemas: a primeira fase do Sistema de Abastecimento de Água do Curimataú, totalmente financiada com recursos de contrapartida; e o Sistema de Abastecimento de Água do Cariri, financiado pelo empréstimo. Os investimentos incluem consumo de água, estações de tratamento, adutoras, estações de bombeamento e reservatórios de serviço. Em termos de benefícios climáticos, o subcomponente melhorará simultaneamente a resiliência às secas, bem como reduzirá o consumo de combustível e as emissões de GEE relacionadas de caminhões-pipa que atualmente fornecem água durante a estação seca.

Subcomponente 2.2. Água e Saneamento na Região Metropolitana de João Pessoa (JPRM) (US \$ 34,68 milhões). Este subcomponente melhorará a eficiência dos serviços de água e saneamento na Região Metropolitana de João Pessoa. Os investimentos no sistema de esgoto existente incluem novo interceptador, expansão e modernização de estações de elevação e linhas pressurizadas para reduzir as necessidades de bombeamento e o aumento da eficiência energética. O subcomponente também investirá na reabilitação e expansão da maior estação de tratamento da cidade. A captura de gás metano das lagoas anaeróbicas está sendo considerada para gerar eletricidade para a instalação. O subcomponente também apoiará o CAGEPA na melhoria da eficiência do abastecimento de água, reduzindo a água não proveniente da receita e aumentando a eficiência energética.

O subcomponente também ajudará a melhorar a capacidade de gestão e a eficiência operacional do CAGEPA por meio de assistência técnica, incluindo a





elaboração de um plano de modernização e o desenvolvimento e implementação de um sistema de gestão de riscos ambientais e sociais com mecanismos participativos.

Neste contexto, considerando a existência de três reservatórios envolvidos nos referidos projetos e sob as normas da Política Nacional e Estadual de Segurança de Barragens e as políticas ambientais e sociais do órgão financiador, será necessário realizar ações que busquem garantir a segurança das referidas barragens, as quais deverão ser acompanhadas por pessoas especializadas com relevante conhecimento no tema.

Considerando a importância de realizar ações no âmbito da Política Nacional de Segurança de Barragens e as políticas ambientais e sociais do Banco Mundial no sentido de garantir a segurança das barragens Boqueirão de Cabaceiras (Epitácio Pessoa) e Poções, faz-se indispensável a contratação de estudos complementares aos já realizados de forma a ampliar o conhecimento sobre os diversos aspectos envolvidos na preservação das estruturas de forma a possibilitar as eventuais ações de intervenção necessárias e consolidar o cumprimento de suas finalidades no processo de garantia de oferta de águas às populações e às atividades produtivas da bacia do Paraíba.

2 – OBJETIVO DA CONTRATAÇÃO:

Contratar os estudos a serem realizados nas barragem de Epitácio Pessoa (Boqueirão) e Poções, incluindo: (i) revisão/conclusão da documentação da barragem (reconstituição do projeto de engenharia – como executado); (ii) execução de Investigações geotécnicas (maciços e fundações); (iii) Análise de estabilidade do maciço; (iv) Investigação dos problemas de percolação (maciço, fundação e obreiras); (v) análise do projeto hidráulico; (vi) análise de risco elaborada em acordo com as boas práticas Internacionais e demais atividades para avaliar a condição de segurança das barragens e (vii) indicar a necessidade de obras corretivas, caso necessário. Os estudos incluirão a análise de modos potencial de falha – (Potential Failure Mode Analysis) – da Barragem de Boqueirão, em acordo com práticas internacionais. Os estudos deverão observar as normas técnicas brasileiras, regulamentações e guias técnicos da Agência





Nacional de Águas (ANA), e literatura internacional sobre segurança de barragens, incluindo os guias de boas práticas de segurança de barragens do Banco Mundial¹

3 – INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE AS BARRAGENS BOQUEIRÃO E POÇÕES

As barragens Poções e Boqueirão integram o conjunto de obras hidráulicas de reservação, implantadas ao longo do rio Paraíba com as finalidades principais e individualizadas de armazenar águas geradas em suas respectivas bacias e proporcionar a garantia de oferta hídrica para a irrigação nos seus entornos e, notadamente, o abastecimento humano dos centros urbanos mais próximos dos seus reservatórios.

O sequenciamento dos barramentos do rio Paraíba estão as Barragens Poções, Camalaú, Epitácio Pessoa (Boqueirão) e Acauã, uma vez integrando o Sistema Operacional associado ao PISF, a partir das aduções de águas do Eixo Leste do Projeto, amplia e altera as funções estratégicas dessas barragens na bacia:

- a) Aumenta e garante suas capacidades individuais de oferta hídrica uma vez interagindo de forma sinérgica com as águas aduzidas pelo PISF.
- b) Passa a assumir maior importância regional, pela necessidade de garantir a passagem das vazões aduzidas pelo PISF para outras barragens a jusante.

Assim, a Barragem Poções, cujo volume de acumulação possibilita sinergias com as águas do PISF, passa a assumir grande importância estratégica na questão da garantia de oferta para os diversos usos a jusante, pelo fato de estar posicionada a montante das demais barragens da bacia.

¹ As referências técnicas (publicações e normas) a serem observadas na realização dos estudos são as seguintes:
• World Bank. 2020. "Appendix 2: Instrumentation Plan (Sample Framework)." World Bank, Washington, DC.
• "Appendix 3: Operation & Maintenance Plan (Sample Framework)." World Bank, Washington, DC. 2020.
• "Appendix 6: Sample Terms of Reference – Independent Safety Assessment for Existing Dams." World Bank, Washington, DC. 2020.
• Technical Note on Hydrological Risk." World Bank, Washington, DC. 2020.
• Technical Note on Geotechnical Risk." World Bank, Washington, DC. 2020.
• Technical Note on Seismic Risk." World Bank, Washington, DC. 2020.
• Technical Note for Potential Failure Mode Analysis (PFMA)." World Bank, Washington, DC. 2020
• ABGE MANUAL DE SONDAgens – BOLETIM No. 3, 5ª Edição 2013.
• RESOLUÇÃO No 236, DE 30 DE JANEIRO DE 2017 – ANA
• Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens -Instruções para apresentação do Plano de Segurança da Barragem - VOL. II – Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem ANA 2016





Por sua vez, a Barragem Boqueirão, possuidora de elevada capacidade de acumulação em seu reservatório e situada em ponto estratégico de distribuição regional de água para os diversos consumos regionais, passa a aumentar suas disponibilidades hídricas através do maior efeito sinérgico com as águas advindas do PISF, porém com maior dependência do funcionamento das barragens de montante (Poções e Camalaú) e maior importância no fornecimento de água para jusante.

Conclui-se, portanto, que, para além da importância da segurança dessas barragens no que diz respeito às suas integridades físicas, adiciona-se a necessidade de garantia da segurança relacionada com a constância de suas funcionalidades, de modo a preservar suas funções estratégicas de proporcionar oferta hídrica aos diversos usos na bacia, notadamente ao abastecimento humano de grande parte da população do estado.

Estudos recentes (KL – Engenharia – Agosto 2014) contratados pelo DNOCS intitulados “Elaboração De Estudos Técnicos E Projetos No Âmbito Das Ações Para A Recuperação E Atualização Dos Açudes Existentes Inseridos No Sistema Do Projeto De Integração Do Rio São Francisco Com Bacias Hidrográficas Do Nordeste Setentrional – PISF” tiveram como objetivo principal a atualização dos estudos hidrológicos através do acréscimo da série histórica de precipitações nas bacias de contribuição de Poções e Boqueirão desde a elaboração dos seus respectivos projetos e a verificação da capacidade de vazão das suas estruturas de extravasamento para recorrências milenar e deca-milenar.

Tais estudos tiveram como consequência a realização de obras recentes de ampliação das estruturas dos sangradouros de ambas as barragens, de forma a adequá-los à necessidade de extravasamento das cheias de recorrência milenar cujas vazões foram determinadas na atualização dos estudos hidrológicos realizados.

Por outro lado, foram igualmente implantadas nas duas barragens (Poções e Camalaú), obras e equipamentos de ampliação de suas tomadas d’água de forma a possibilitarem a passagem das águas aduzidas pelo Eixo Leste do PISF para o vale do Rio Paraíba.





Essas obras representam as únicas intervenções físicas realizadas nas duas barragens, posteriormente às suas construções, sendo, portanto, fatores importantes de avaliação das seguranças físicas e operacionais de Poções e Boqueirão que, uma vez associados aos demais documentos já produzidos e àqueles a serem produzidos no âmbito dos estudos complementares, constituirão o resultado esperado na contratação dos serviços.

Mais recentemente, o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) entregou os Planos de Segurança das Barragens Poções e Boqueirão elaborados pela empresa contratada Geotechnique Consultoria e Engenharia LTDA.

3.1 – BARRAGEM BOQUEIRÃO

Localizada no município de Boqueirão, a Barragem oficialmente denominada Epitácio Pessoa, foi construída pelo DNOCS – Departamento de Obras Contra as Secas, entre os anos de 1952 e 1957, quando iniciou sua operação com a finalidade precípua de abastecer a cidade de Campina Grande e mais seis cidades da região, e gerar 2.300 V de energia. Seu acesso até Campina Grande é feito através da PB 148, distando 45 Km.

Atualmente a barragem Boqueirão fornece água para mais 10 cidades e comunidades rurais, através da adutora do Cariri. Seu lago de 2.680,0 ha, originalmente com 536,0 milhões de m³, sofreu uma significativa redução em consequência do assoreamento do reservatório ao longo de 60 anos de operação, passando a acumular 411,7 milhões de m³ em 2013, segundo levantamento realizado pela AESA.

A vazão regularizada de Boqueirão é de 2,24 m³/s para 90% de garantia. Atualmente são retirados cerca de 1,0 m³/s para irrigação no seu entorno e cerca de 1,50 m³/s para abastecimento humano.

O maciço da barragem principal e das duas barragens auxiliares foram construídos em perfil de terra homogênea. A barragem principal tem uma altura máxima de 55,70m, largura de coroamento de 8,0m e extensão de 347,0m. O talude de montante de 1V:2,5H e 1V:3,0H é protegido por rip-rap. O talude jusante com inclinação de 1V:2,5H, originalmente protegido com grama, é atualmente protegido





com rip-rap, sobre transição de brita, construído no contexto das obras de ampliação das capacidades de descarga dos sangradouros da barragem e de aumento da capacidade de vazão da sua tomada d'água, e tem duas bermas intermediárias que são cruzadas por tubulações de drenagem em prosseguimento ao sistema de canaletas que se desenvolve sobre os taludes no sentido da crista para o pé do maciço até encontrar o rockfill da barragem.

O vertedouro principal, originalmente construído com 206,0 metros de largura, foi ampliado para 260,0 m e o vertedouro auxiliar permaneceu com os 60,0 metros inicialmente construídos. A crista da barragem é estabelecida na cota 385,25 e para as soleiras dos vertedouros a cota é de 378,36 e 379,09.

A tomada d'água em túnel de seção semicircular que se desenvolve ao longo da ombreira direita da barragem e escavado em rocha gnáissica, é composta de duas tubulações de 210,0m e 1,5m de diâmetro foram projetadas para alimentar duas turbinas da hidrelétrica, originalmente projetada. Atualmente uma dessas tubulações está interligada ao sistema adutor da CAGEPA.

Ficha Técnica	
Barragem Epitácio Pessoa (Boqueirão)	
Características Gerais	
Nome	Açude Epitácio Pessoa ou Boqueirão de Cabaceiras
Coordenadas	Latitude 7° 32' 17,34" S - Longitude 36° 13' 54,84" W
Município	Boqueirão
Proprietário	DNOCS
Operador	DNOCS
Órgão Regulador	AESA
Finalidade	Abastecimento, Irrigação, Piscicultura, Perenização e Turismo
Ano de Construção	1951/1956





Tempo de Recorrência do Dimensionamento do Vertedouro	Inicialmente 100 anos. Ampliação atual para 1.000 anos
Características Hidrológicas	
Área da Bacia Hidrográfica	12.400 km ²
Área de Escoamento Direto	6.614,70 km ²
Área da bacia Hidráulica	2.680 ha
Rio Barrado	Rio Paraíba
Capacidade do Reservatório	535.680.000 m ³
Precipitação Média Anual	400,10 mm
Deflúvio Médio Anual	15,10 mm
Volume Médio Anual Afluente	100.000.000 hm ³
Barragem Principal	
Tipo de Barragem	Terra homogênea
Altura Máxima	42,00 m (52 m incluindo Cut-Off)
Comprimento da Crista	347 m
Cota do Coroamento	383,36 m
Barragem Auxiliar 1	
Tipo de Barragem	Terra homogênea
Altura Máxima	8
Comprimento da Crista	201,6
Cota do Coroamento	383,36 m
Barragem Auxiliar 2	
Tipo de Barragem	Terra homogênea
Altura Máxima	5,00 m
Comprimento da Crista	185,22 m
Cota do Coroamento	383,36 m





Ficha Técnica	
Barragem Epitácio Pessoa (Boqueirão)	
Vertedouro Principal (Existente)	
Tipo	Soleira Livre
Cota da Soleira	378,36 m
Largura	200
Lâmina Máxima	3 m
Descarga Máxima	1.870,00 m ³ /s
Vertedouro Secundário	
Tipo	Soleira Livre
Cota da Soleira	379,36 m
Largura	60
Lâmina Máxima	2
Descarga Máxima	300 m ³ /s
Ampliação do Vertedouro Principal	
Tipo	Soleira Livre
Cota da Soleira	378,36 m
Largura	260
Lâmina Máxima	3 m
Descarga Máxima	2.431,00 m ³ /s
Tomada d'água	
Tipo	Túnel
Diâmetro	2 x 1.500 mm
Descarga Regularizada	2,60 m ³ /s
Comprimento	200 m

3.2 – BARRAGEM POÇÕES

A Barragem Poções é composta de um maciço principal e dois diques, todos de terra homogênea, vertedouro de perfil Creager e bacia de amortecimento em concreto.





A barragem foi construída pelo DNOCS entre os anos de 1980 e 1982. Está situada na região do Alto Paraíba, barrando o Riacho Mulungu, a 15 km da sede municipal de Monteiro que está distante 164,0 km de Campina Grande e 292,0 km de João Pessoa. O acesso desde João Pessoa à obra de Poções se faz pelas BR 230 E BR 412.

Poções foi construída com a finalidade de abastecer a cidade de Monteiro e proporcionar a irrigação de terras de boa qualidade situadas no entorno do seu reservatório. Seu reservatório com 773,0 ha na cota da soleira vertedora, acumula 29,8 milhões de m³.

Ficha Técnica	
Barragem Poções	
Características Gerais	
Nome	Açude Poções - Monteiro
Coordenadas	Latitude 7° 53' 39" S - Longitude 37° 0' 30,96" W
Município	Monteiro
Proprietário	DNOCS
Operador	DNOCS
Órgão Regulador	AESA
Finalidade	Abastecimento, e Irrigação
Ano de Construção	1980/1982
Tempo de Recorrência do Dimensionamento do Vertedouro	Inicialmente 100 anos. Ampliação atual para 1.000 anos
Características Hidrológicas	
Área da Bacia Hidrográfica	656 km²
Área de Escoamento Direto	242 km²
Área da bacia Hidráulica	773,41 ha





Rio Barrado	Rio Monteiro
Capacidade do Reservatório	29.861.562 m ³
Precipitação Média Anual	501,80 mm
Deflúvio Médio Anual	40,50 mm
Volume Médio Anual Afluente	9.800.000
Maciço	
Tipo de Barragem	Terra homogênea
Altura Máxima	18,7 m
Comprimento da Crista do corpo principal da barragem	206 m
Comprimento do Dique Auxiliar	146 m
Cota do Coroamento	572,57 m
Vertedouro Existente	
Tipo	Perfil Creager
Cota da Soleira	568,12
Largura	100 m
Lâmina Máxima	2,70 m
Descarga Máxima	815,65 m ³ /s
Vertedouro em construção	
Tipo	Soleira Livre
Cota da Soleira	568,12
Largura	52 m
Lâmina Máxima	2,70 m
Descarga Máxima	415,26 m ³ /s
Tomada d'água	
Tipo	Galeria com Torre
Diâmetro	600 mm





Descarga Regularizada	222 L/s
Tomada d'água projetada	
Tipo	Galeria Dupla Tubular
Sistema de controle	Comportas quadradas 1,6 m x 1,6 m
Dimensões	2 x 1.600 mm

4 - ESCOPO DO TRABALHO

4.1 FASE 1 – PLANO DE TRABALHO

A Fase 1 do trabalho inclui uma revisão geral e consolidação de toda documentação técnica disponível sobre as duas barragens (*desktop review*), inspeção preliminar, visando detalhar o plano de investigações necessários a avaliação de segurança da barragem, incluindo as seguintes atividades:

- Revisão de toda a documentação das barragens, incluindo estudos anteriores e relatórios de inspeção;
- Inspeção preliminar das barragens e estruturas associadas;
- Exame dos procedimentos de manutenção e operação adotados pelo empreendedor/operador;
- Análise comparativa do desempenho das barragens em relação às Revisões efetuadas anteriormente.
- Programa de investigações de campo e laboratório para caracterização das condições geológico-geotécnicas dos materiais do maciço, trechos de ombreiras e de fundações.

PRODUTOS

Os produtos devem ser entregues e apresentados por barragem:

PRODUTO 1 EPITÁCIO PESSOA – Ao final da Fase 1, a Contratada deverá elaborar um relatório específico abordando a avaliação geral dos maciços e estruturas quanto às suas situações de preservação e funcionalidade detalhando a programação das





atividades de investigação. Deverá, também, apresentar um Plano de Inspeção e Teste (PIT) para os equipamentos hidromecânicos, que contemple, sem se limitar, os equipamentos descritos na relação dos equipamentos hidromecânicos existente na barragem Epitácio Pessoa. O PIT detalhará as inspeções e testes a serem realizados, incluindo todas as etapas relativas à avaliação dos materiais, ensaios e os respectivos acionamentos (equipamentos de movimentação de cargas). Após a aprovação do Plano de Inspeção e Testes (PIT) pela fiscalização da SEIRH E DNOCS, as inspeções serão realizadas, considerando os requisitos apresentados no item 4.2.

PRODUTO 2 POÇÕES – Ao final da Fase 1, a Contratada deverá elaborar um relatório específico abordando a avaliação geral dos maciços e estruturas quanto às suas situações de preservação e funcionalidade detalhando a programação das atividades de investigação. Deverá, também, apresentar um Plano de Inspeção e Teste (PIT) para os equipamentos hidromecânicos, que contemple, sem se limitar, os equipamentos descritos na relação dos equipamentos hidromecânicos existente na barragem Poções. O PIT detalhará as inspeções e testes a serem realizados, incluindo todas as etapas relativas à avaliação dos materiais, ensaios e os respectivos acionamentos (equipamentos de movimentação de cargas). Após a aprovação do Plano de Inspeção e Testes (PIT) pela fiscalização da SEIRH E DNOCS, as inspeções serão realizadas, considerando os requisitos apresentados no item 4.2.

4.2. FASE 2 – MODELO DIGITAL DE TERRENO E REVISÃO DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS/HIDRÁULICOS

A Fase 2 incluirá as seguintes atividades: inspeção detalhada e limpeza², preparação do modelo digital de terreno, e revisão dos estudos hidrológicos/hidráulicos.

O relatório da Fase 2 consolidará todas as atividades e resultados obtidos na Fase 2, descritos abaixo.

² A Contratada será responsável pela limpeza (remoção da vegetação existente sobre os taludes das barragens, ombreiras, diques e áreas adjacentes) bem como construção de acessos para máquinas e equipamentos, necessárias à realização de inspeções de segurança e trabalhos de investigação das barragens (especialmente os trabalhos de sondagem, escavação de poços e aquisição de dados geofísicos). As atividades de limpeza e construção de acessos devem ser autorizadas, previamente, pelos representantes do DNOCS.





4.2.1 INSPEÇÃO DETALHADA

A primeira ação a ser empreendida pela Contratada na FASE 2 será a inspeção detalhada das barragens e dos seus entornos para inspeção das suas estruturas de terra, concreto e equipamentos hidromecânicos. O objetivo dessa inspeção é a verificação das condições das áreas das cristas e dos taludes de montante e jusante; das condições de preservação e suficiência da instrumentação instalada e se a operação do reservatório se faz em condições de segurança. A inspeção deve seguir a legislação LEI Nº 12.334, DE 20 DE SETEMBRO DE 2010 que *Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos*, visando à identificação de eventuais anomalias que poderão interferir na segurança das barragens. Se a inspeção detalhada evidenciar anomalias aparentemente graves, estas deverão ser identificadas e avaliadas pela contratada.

As inspeções à barragem principal de Boqueirão e Poções e seus diques deverão seguir as instruções para apresentação do Plano de Segurança da Barragem VOL. II – Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragem, do Manual do Empreendedor Sobre Segurança de Barragens, ANA 2016 e boas práticas internacionais³.

Esta inspeção visa reunir informações iniciais necessárias à melhor programação e execução dos serviços posteriores, e direcionada à identificação dos potenciais de riscos das barragens e proposição das soluções consideradas necessárias para elevação da barragem a um padrão de segurança aceitável e condizente com sua importância estratégica no contexto da sua operação integrada a outras barragens da região.

Relativamente aos serviços gerais de limpeza e remoções nas áreas de jusante e de acesso aos maciços das barragens principais e a seus diques, terão como finalidade a realização das inspeções visuais programadas, avaliação de anomalias identificadas e (diques e barragens auxiliares) a realização de serviços topográficos, geotécnicos programados e necessários à caracterização dos maciços. Todas as

³ Incluindo guias do Banco Mundial (e.g. "Appendix 6: Sample Terms of Reference – Independent Safety Assessment for Existing Dams." World Bank, Washington, DC, 2020.) e do ICOLD sobre avaliação de barragens.





atividades de limpeza deverão ser aprovadas, previamente, pelos representantes do DNOCS.

4.2.2 GERAÇÃO DO MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO – BARRAGENS DE BOQUEIRÃO E POÇÕES, DIQUES AUXILIARES E ESTRUTURAS CONEXAS.

A Contratada deverá proceder inicialmente a uma conferência pormenorizada do levantamento topográfico dos maciços e obras conexas de Boqueirão e Poções, realizado em 2021 pela empresa Geotechnique no âmbito do seu contrato com o DNOCS para elaboração dos PAEs das duas barragens. Destaca-se ainda que, em 2014, a KL Engenharia, na realização dos projetos executivos das obras de adequação das barragens ao PISF, implantou, em Poções e Boqueirão, 9 (nove) marcos superficiais nas cristas e taludes e 5 (cinco) marcos de referência.

O Modelo Digital de Superfície da área de interesse do projeto, (incluindo barragens, ombreiras e áreas circunvizinhas), deverá ser realizado pela contratada através do processamento da nuvem de pontos obtidas pelos sensores ativos com a Tecnologia Laser Scanner LIDAR (Light Detection and Ranging) através da voo aerofotogramétrico digital GSD 10cm, perfilamento a Laser 4 pts/m², aerotriangulação, geração de ortomosaico digital com resolução espacial de 10cm/px, restituição planialtimétrica 1:1.000 e processamento LIDAR para produção de MDS e MDT.

A contratada deverá entregar os seguintes produtos produzidos usando o Perfilamento a Laser Aerotransportado :

- a) Ortomosaico digital com resolução espacial de 10cm/px;
- b) Modelo Digital de Superfície (MDS) em escala 1:1.000 no formato ASCII contendo as coordenadas tridimensionais e o valor de intensidade dos pontos provenientes do perfilamento a laser;
- c) Modelo Digital de Terreno (MDT) em escala 1:1.000 no formato ASCII contendo as coordenadas tridimensionais dos pontos classificados em pontos de terreno provenientes do perfilamento a laser;
- d) Modelo Digital de Superfície (MDS) em escala 1:1.000 no formato RASTER com resolução espacial igual, ou melhor, que 10 cm;





Deverão ser entregues os memoriais descritivos dos pontos de controle, seguindo o padrão da DSG e IBGE, com fotos terrestres e descrição de coordenadas e equipamentos de cada ponto em campo. O MDT deverá ser “revestido” com o mosaico de imagens, reconstituindo assim a modelagem digital das regiões das barragens Poções e Boqueirão.

O aerolevanteamento digital topográfico deverá ser suficiente para os estudos de estabilidade propostos, permitindo o desenvolvimento de várias seções das barragens Boqueirão e Poções. A escala padrão para a planta baixa é 1:1.000 e para os perfis é 1:1.000 (horizontal) e 1:100 (vertical). Escalas diferentes destas poderão ser necessárias quando existirem condições peculiares de comprimentos das linhas levantadas ou de relevo.

4.2.3 ATUALIZAÇÃO ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos hidrológicos visam avaliar o risco hidrológico da barragem, considerando a capacidade de vazão do vertedouro e das obras de descarga, bem como do nível de inundação aceitável. A análise deve considerar as normas da ANA e recomendações do Boletim 82 do ICOLD (1992) para exame de segurança hidrológica de barragens. O Boletim do ICOLD determina a verificação da cheia de segurança (frequentemente PMP); estruturas de vertimento com desempenho marginalmente seguro durante cheias, e cheia de projeto (cheia necessária em condições normais com uma margem de segurança fornecida pela borda livre).

Os parâmetros de verificação deverão considerar as normas e diretrizes da ANA, bem como as melhores práticas internacionais para barragens com condições análogas, incluindo as notas de boas práticas de segurança de barragens do Banco Mundial⁴ e o boletins do ICOLD. A contratada deverá submeter com antecedência os métodos e parâmetros que serão utilizados nos estudos hidrológicos e hidráulicos.

A análise deve considerar: 1) Atualização dos estudos hidrológicos e eventuais redimensionamentos de estruturas de extravasamento e bordas livres; 2) elaboração/atualização de hidrograma de cheias naturais para diferentes períodos de retorno; 3) elaboração/atualização da curva de vazão dos dispositivos hidráulicos

⁴ Incluindo a Technical Note 1 – Hydrological Risk, Banco Mundial 2021.





(vertedouro e tomada de água); 4) elaboração/atualização das regras de operação do reservatório para cheias e secas; 5) elaboração/atualização do estudo de inundação das cheias de projeto e de ruptura.

Avaliação das Estruturas Extravasoras e Operação: composta pela descrição das características gerais, das propriedades dos materiais, condições de fundação e análises de verificação do projeto. Para analisar a segurança dessas estruturas extravasoras deve-se comparar a situação original com o que resultaria da aplicação de dados básicos e critérios atualizados de dimensionamento hidráulico e estrutural; com base nessa comparação deve-se então concluir pela eventual necessidade de medidas corretivas.

A atualização dos estudos hidrológicos deverá incluir uma revisão dos estudos hidrológicos realizados em 2014/2016, pela KL Engenharia, e em 2021 pela empresa Geotechnique. O estudo hidrológico de 2014/2016 foi contratado pelo DNOCS e serviu de base para os projetos executivos das obras de adequação das barragens ao PISF, incluindo a ampliação do vertedouro da Barragem de Boqueirão. Os estudos hidrológicos realizados em 2021 foram elaborados no âmbito do contrato com o DNOCS para elaboração dos PAE. A análise deve investigar as causas que levaram a diferença de resultados entre os dois estudos e apresentar de forma conclusiva as estimativas de vazões afluentes e efluentes para os diferentes cenários, em acordo com as normas da ANA. O estudo deve concluir sobre a necessidade de obras hidráulicas adicionais, em especial na Barragem Epitácio Pessoa, visando atingir os parâmetros de segurança definidos pela ANA e guias de segurança de barragem do Banco Mundial.

Estudos que avaliem o impacto das mudanças climáticas na frequência e intensidade das cheias são essenciais. Os modelos climáticos regionais podem fornecer dados valiosos para ajustar as estimativas de vazões e melhorar a resiliência das barragens.

Cenário de Rompimento de Barragens a Montante.





A análise deve considerar cenários de rompimento de barragens a montante, situadas no rio Paraíba e afluentes, considerando cenários críticos⁵. A análise deve incluir 1) caracterização dos cenários de falha e modelagem da brecha de falha da barragem, no mínimo três cenários (vertimento máximo, galgamento, ruptura da barragem em volume mais provável); 2) modelagem hidráulica da propagação da onda de cheia com cálculo da velocidade, cotas alagadas e risco hidráulico em função do tempo; 3) elaboração dos mapas de inundação para cada cenário de falha/ruptura da barragem; 4) elaboração de mapa do reservatório com as cotas de operação do reservatório (coroamento, maximorum, normal, mínimo/morto).

- **PRODUTO 03 EPITÁCIO PESSOA** – Ao final da Fase 2, a contratada deverá apresentar um relatório de todos os estudos complementares que incluirá as seguintes atividades: inspeção detalhada, preparação do Modelo Digital de Superfície da área de interesse do projeto, (incluindo barragens, ombreiras e áreas circunvizinhas e a revisão dos estudos hidrológicos/hidráulicos da barragem Epitácio Pessoa. Assim como todos os estudos descritos ou necessários em 4.2.3 .
- **PRODUTO 04 POÇÕES** – Ao final da Fase 2, a contratada deverá apresentar um relatório de todos os estudos complementares que incluirá as seguintes atividades: inspeção detalhada, preparação do Modelo Digital de Superfície da área de interesse do projeto, (incluindo barragens, ombreiras e áreas circunvizinhas e a revisão dos estudos hidrológicos/hidráulicos da barragem Poções. Assim como todos os estudos descritos ou necessários em 4.2.3 .
-

⁵ Barragens cujo rompimento pode afetar mais a Barragem de Boqueirão.





4.3.1 FASE 3 – INSPEÇÃO EM EQUIPAMENTOS HIDROMECÂNICOS E SERVIÇOS GEOTÉCNICOS

4.3.2 INSPEÇÃO EM EQUIPAMENTOS HIDROMECÂNICOS

A campanha de investigação deverá avaliar o estado de conservação, condições de operação, e eventuais riscos colocados por todos os equipamentos existentes nas duas barragens, conforme resumido no quadro abaixo. A avaliação dos equipamentos hidromecânicos será utilizada na avaliação de segurança das barragens e poderá resultar em recomendações de intervenções e/ou ajustes no plano de operação e manutenção das barragens, caso julgado apropriado.

TABELA 1 - LISTA DE EQUIPAMENTOS BARRAGEM EPITÁCIO PESSOA (BOQUEIRÃO)

LOCAL	EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	OBSERVAÇÃO
Tomada D'ÁGUA	GRADE	2 CONJ.	Em aço inoxidável
	COMPORTA ESLIZANTE	2	Planas, acionadas por hastes acopladas um guincho elétrico
	GUINCHO ELETROMECAÂNICO	1	Para acionamento das comportas através de haste metálica
LINHA 1	CONDUTO FORÇADO	1	1500 mm de diâmetro e 200 m de extensão
	BY PASS	1	
	VÁLVULA DISPERSORA	1	1500 mm de diâmetro
	VÁLVULA GAVETA	1	1500 mm de diâmetro
LINHA 2	CONDUTO FORÇADO	1	1500 mm de diâmetro e 200 m de extensão
	DERIVAÇÃO 1	1	1000 mm de diâmetro
	DERIVAÇÃO 2	1	900 mm de diâmetro
	VÁLVULA	2	1500 mm de diâmetro
	VÁLVULA	1	1500 mm de diâmetro
	VÁLVULA	1	1000 mm de diâmetro
	VÁLVULA	1	900 mm de diâmetro





TABELA 2 - LISTA DE EQUIPAMENTOS BARRAGEM POÇÕES

LOCAL	EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	OBSERVAÇÃO
Tomada D'ÁGUA	GRADE	2 CONJ.	Em aço inoxidável, com 1,0m X 2,0m e 1,0m X 1,4m respectivamente
	COMPORTA DESLIZANTE	1	Planas, acionadas por hastes acopladas a um guincho elétrico
	GUINCHO ELETROMECAÂNICO	1	Para acionamento da comporta através de hastes
LINHA 1	CONDUTO FORÇADO	1	600 mm de diâmetro e 337,50 m de extensão
	VÁLVULA GAVETA	1	600 mm de diâmetro
Tomada D'ÁGUA SUPLEMENTAR	GRADE	2 CONJ.	
	COMPORTA DESLIZANTE (ENSECADEIRA)	2	Planas, constituídas por um único painel em aço carbono
	CONDUTO FORÇADO	2	1600 mm de diâmetro e 362,50 de extensão
	VÁLVULA BORBOLETA	2	1600 mm de diâmetro, acionamento





	VÁLVULA DISPERSORA	2	1600 mm de diâmetro, operadas por uma central hidráulica
--	-----------------------	---	---

Independentemente da idade do equipamento hidromecânicos e do seu estado de conservação aparente - condutos forçados, equipamentos de içamento, comportas, grades e outros – todos deverão ser inspecionados e testados, inclusive com ensaios ultrassom. Os resultados da avaliação (incluindo inspeção), deverão ser consolidados em relatório específico que integrará o Produto 5 e 6, indicando, caso necessário, intervenções e/ou substituição de partes ou totalidade dos mesmos, considerando os riscos advindos do estado do equipamento. O relatório poderá, também, sugerir, ajustes no plano de operação e manutenção dos equipamentos hidromecânicos.

As eventuais recomendações deverão ser classificadas quanto a urgência, considerando as categorias de risco e medidas potencialmente necessárias definidas na seção de análise de modo potencial de falha. Eventuais propostas de intervenções e/ou ajustes deverão ser classificado como de Muita Urgência (anomalia nos equipamentos hidromecânicos que podem levar a ruptura em condições normais de operação dentro de alguns anos), Alta Prioridade (anomalia nos equipamentos hidromecânicos pode levar a ruptura em condições normais ou ser iniciada por um evento incomum), e de Risco Moderado, com anomalias podendo ser tratadas nos procedimentos regulares de operação e manutenção.

A Contratada deverá conduzir, também, a avaliação dos equipamentos elétricos, dispositivos e acessórios, incluindo inspeção detalhada de forma a verificar o estado atual de conservação e operacional desses equipamentos. A inspeção deverá contemplar os sistemas de alimentação elétrica em baixa tensão para os equipamentos motorizados, para os circuitos de potência dos equipamentos de informática em operação na sala de controle, para tomadas de iluminação e quadros de controle dos equipamentos fornecidos/existentes, para os circuitos de iluminação e etc., de forma a cobrir todas as estruturas associadas as barragens. Deverá ser verificada a existência de geradores de reserva e respectivas eficiências,





considerando suas condições de funcionamento em possíveis cenários de falhas (inundações, faltas de energia, impossibilidade de comunicação, entre outros).

4.3.3.1 Especificações das Inspeções

As inspeções/testes necessárias, a serem realizadas nos equipamentos hidromecânicos, de movimentação de carga, condutos forçados e válvulas, estão resumidos no Anexo I e descritos minimamente a seguir:

BARRAGEM EPITÁCIO PESSOA (BOQUEIRÃO)

Comportas deslizantes:

- Inspeção com o objetivo de verificar todos os componentes das comportas e sua estrutura, e ensaios funcionais das mesmas;
- Inspeção no sistema de acionamento;
- peças fixas, verificando o estado quanto a corrosão e preservação das superfícies de vedação, mantendo a planicidade sobre a faixa de contato da borracha em $\pm 1 \text{ mm/m}$ e $\pm 1,5 \text{ mm}$ no total .
- Verificação do estado de seus componentes como vedação, barras de aperto, porcas, parafusos, definindo a necessidade de substituição dos mesmos. O vazamento máximo deverá atingir a 0,1 litro/segundo por metro linear;
- Inspeção no painel, removendo a corrosão superficial em alguns pontos a serem definidos e executar a medição de espessura da chapa nesses pontos. Verificar a especificação das peças metálicas. De posse dessas informações deverá ser verificado se o dimensionamento da comporta atende os esforços gerados em condição de nível máximo de operação.
- Inspeção nas hastes de içamento das comportas.

Grades:

- Inspeção nas grades das Tomadas D'Água, avaliando o seu real estado de conservação e as intervenções necessárias. Esta inspeção deverá ser subaquática, pois as grades são fixas;

Condutos:

25





**GOVERNO
DA PARAÍBA**

SECRETARIA DE ESTADO
DA INFRAESTRUTURA E
DOS RECURSOS HÍDRICOS



BANCO MUNDIAL
BIRF • AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL

- Inspeção nos condutos 1 e 2, verificando o estado de corrosão;
- identificação dos pontos onde a corrosão está mais avançada;
- determinação da espessura das chapas através de ultrassom;
- Verificação da pressão interna no conduto, devido as cargas hidrostáticas e pressão transitória devido à sobrecarga ocasionada pela operação das válvulas;
- verificar a especificação da chapa utilizada na fabricação do conduto;
- a verificação do conduto deverá ser executada de acordo com a norma ABNT NBR 10132 – Cálculos de Condutos Forçados, e a sua estabilidade conforme recomendações do C.E.C.T. (Comité Européen de La Chaudronnerie et de la Tôlerie).

Válvulas:

- As válvulas relacionadas na tabela “Equipamentos Existentes” deverão sofrer inspeção visual, após esta inspeção, as “liberadas” serão testadas e avaliado o seu funcionamento. Concluída estas duas etapas, poderá ser indicado a necessidade de intervenção (variando de indicação de simples pintura até a necessidade de substituição do equipamento), indicando o risco e urgência da intervenção, como descrito acima.

BARRAGEM POÇÕES

Grades:

- A Tomada d’água é protegida por dois painéis fabricada em aço inoxidável, um horizontal, com 1,0 m x 1,4 m e outro, inclinado em relação ao fluxo, com 1,0 m x 2,0 m.
- Deverá ser realizada uma inspeção subaquática para avaliar o estado de conservação dos mesmos, uma vez que as grades são fixadas no concreto.

Comporta deslizantes:

- A tomada d’água possui uma comporta plana do tipo deslizante acoplada a um equipamento eletromecânico de acionamento, com dimensões de 1,0 m x 1,0 m, cuja operação se realiza através do equilíbrio de pressão

26





montante/jusante, obtido pelo acionamento de uma válvula gaveta de 150 mm de diâmetro que compõe o sistema de “by pass”.

- Realizar inspeção com o objetivo de verificar todos os componentes das comportas e sua estrutura, e ensaios funcionais das mesmas;
- Inspeção e testes do sistema de acionamento;
- Verificação do estado de seus componentes como vedação, barras de aperto, parcas, parafusos, definindo a necessidade de substituição dos mesmos. O vazamento máximo deverá atingir a 0,1 litro/segundo por metro linear;
- Realizar inspeções na comporta verificando a existência de oxidação nas partes metálicas (paramento, olhais de suspensão barra de aperto das vedações, porcas e parafusos) e o estado das vedações;

Condutos:

- Inspeção no conduto forçado com 600 mm de diâmetro e 337.5 m de comprimento, com objetivo de confirmar que o mesmo foi confeccionado em ferro fundido.
- Caso tenha sido manufaturado em aço carbono deverá ser inspecionado e identificado pontos de corrosão. Essas medições deverão ser executadas pela extremidade jusante do conduto, avançado o máximo possível no interior do mesmo, sentido jusante montante e, aproveitando a desmontagem da válvula gaveta, avançando no interior do conduto pelo menos 1,0 m nos sentidos montante e jusante;
- Determinação da espessura das chapas através de ultrassom;
- Verificação da pressão interna no conduto, devido as cargas hidrostáticas e pressão transitória devido à sobrecarga ocasionada pela operação das válvulas;
- Verificar especificação da chapa utilizada na fabricação do conduto;
- A verificação do conduto deverá ser executada de acordo com a norma ABNT NBR 10132 – Cálculos de Condutos Forçados, e a sua estabilidade conforme recomendações do C.E.C.T. (Comité Européen de La Chaudronnerie et de la Tôlerie).

Válvulas:





**GOVERNO
DA PARAÍBA**

SECRETARIA DE ESTADO
DA INFRAESTRUTURA E
DOS RECURSOS HÍDRICOS



BANCO MUNDIAL
BIRF • AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL

- Uma válvula gaveta, DN de 600,0 mm, localizada na extremidade jusante do conduto forçado, relacionada na tabela “Equipamentos Existentes”. Deverá passar por uma inspeção visual. Após esta inspeção, se “liberada” será testada e avaliado o seu funcionamento. Concluída estas duas etapas, poderá ser indicado a necessidade de intervenção (variando de indicação de simples pintura até a necessidade de substituição do equipamento), indicando o risco e urgência da intervenção, como descrito acima.

BARRAGEM POÇÕES - Tomada D'Água Suplementar

Grades:

- Constituída por dois painéis, o principal localizado na vertical e o secundário na horizontal;
- Deverá ser realizada uma inspeção subaquática para avaliar o estado de conservação dos mesmos, uma vez que as grades são fixadas no concreto.

Comporta deslizantes:

- A tomada d'água possui duas comporta plana do tipo deslizante, com dimensões de 1,20 m x 1,20 m.
- Realizar inspeção com o objetivo de verificar todos os componentes das comportas e sua estrutura, e ensaios funcionais das mesmas;
- Inspeção e testes do sistema de acionamento;
- Verificação do estado de seus componentes como vedação, barras de aperto, parcas, parafusos, indicando, caso necessário, a substituição dos mesmos. O vazamento máximo deverá atingir a 0,1litro/segundo por metro linear;

Conduitos:

- Dois condutos em aço carbono com 1600 mm de diâmetro confeccionado em aço carbono;
- Inspeção nos dois condutos, verificando o estado de corrosão;
- identificação dos pontos onde a corrosão está mais avançada;
- determinação da espessura das chapas através de ultrassom;

28





- verificação da pressão interna no conduto, devido as cargas hidrostáticas e pressão transitória devido à sobrecarga ocasionada pela operação das válvulas;
- a verificação do conduto deverá ser executada de acordo com a norma ABNT NBR 10132 – Cálculos de Condutos Forçados, e a sua estabilidade conforme recomendações do C.E.C.T. (Comité Européen de La Chaudronnerie et de la Tôlerie).

Válvulas:

- As válvulas relacionadas na tabela “Equipamentos Existentes” deverão sofrer inspeção visual, após esta inspeção, as “liberadas” serão testadas e avaliado o seu funcionamento. Concluída estas duas etapas, poderá ser indicado a necessidade de intervenção (variando de indicação de simples pintura até a necessidade de substituição do equipamento), indicando o risco e urgência da intervenção, como descrito acima.

4.3.3.2 Normas Aplicáveis

As inspeções e relatórios deverão ser desenvolvidas em acordo com as normas ABNT, normas internacionais e códigos indicados neste termo de referência⁶.

⁶ Normas Aplicáveis:

ISO/TR 12100 – “Safety of Machinery-Basic concepts,general principles of design”
IEC 61000 – “Eletromagnect compability (EMC)”
NFPA 851 – “Fire Protection for Hidroelectric Generating Plants”
SIS 055900 – “Degrés de rouille des surfaces d’acier et degrés de soin lors du traitement préalable de ces surfaces pour la peinture anticorrosive”
EN 10204 – “Produits métalliques, types de documents de controle”
ISO 4628 – “Paint and Varnish Coatigs, Evaluation of Defects”
Projeto, Construção Montagem e Ensaios de Máquinas
IEC60034 – Rotation Electrical Machines;
NEMA – National Electrical Manufacture’s Association, USA;
Projeto, Construção, Montagem de Condutos Forçados
ASME - Boiler and Vassel Code;
CODAP – Code français de construction des appareils à pression non soumis à l’acione de la flamme;
Controle de Qualidade
Além das normas de aplicação geral, incluem-se:
ASNT- American Society for Non Destructive Testing
Normas de Aplicação Específica
Equipamentos Hidromecânicos
NBR 8883 – Cálculo e fabricação de comportas hidráulicas;
NBR 7259 – Terminologia de comportas hidráulicas;
DIN 4114 – Steel structures – stability (buckling, overturning, bulging) – Method of calculation, regulations;
DIN 19704 – Hydraulic Steel Structures – Criteria for design and calculation;
DIN 19705 – Hydraulic Steel Structures – Recommendation for design, construction and erection;
NBR 7188 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre;
NBR 11213 – Grade de tomada d’água para instalação hidráulica – Cálculo;
NBR 7880 – Grade de tomada d’água para instalação hidráulica – Terminologia.





4.3.4 INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA E ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO E SISMOLÓGICOS

4.3.4.1 Campanha de Investigação Geotécnica

A campanha de investigação geotécnica objetiva a reconstituição das características geológico/geotécnico dos maciços/fundação/ombreiras das barragens conforme construído (“**as built**”) e conforme se encontra atualmente (“**as is**”), visando a realização de novos estudos de estabilidade. A campanha deve identificar os materiais utilizados na construção dos maciços, sistema de drenagem interna, (e.g. drenos vertical e horizontal), **As Is**, bem como todos aspectos geotécnicos dos maciços, fundação e ombreiras, relevantes para análises de estabilidade. A campanha de investigação, parte integrante desse contrato, deverá ser desenvolvida em acordo com plano previamente aprovado pela equipe técnica da SEIRH e do DNOCS, responsável pelo acompanhamento dos serviços Contratada, cumprindo os requisitos mínimos definidos neste TR.

Nota: O plano de inspeção dos equipamentos hidromecânicos e o plano de investigação geotécnica (incluindo plano de sondagens e ensaios de caracterização) apresentado neste termo de referência estão fundamentados nas informações disponíveis durante a especificação dos serviços. Os proponentes deverão rever os planos de inspeção de equipamentos hidromecânicos e investigação geotécnica propostos neste edital e apresentar na proposta técnica, a estratégia de inspeção de equipamentos e investigação geotécnica, com detalhamento do plano de sondagens geotécnicas, (incluindo todos os serviços

Equipamentos de Levantamento

NBR 8400 – Cálculo de equipamentos de levantamento e movimentação de carga;

CMAA - Crane manufacturers association of America

O projeto, fabricação e ensaios deverão estar de acordo com as seguintes normas:

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
AISC	AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION
ASTM	AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
ASME	AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS
AISE	ASSOCIATION OF IRON AND STEEL ENGINEERS
AISI	AMERICAN IRON AND STEEL CONSTRUCTION
ANSI	AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE
AWS	AMERICAN WELDING SOCIETY
AWWA	AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION
AFNOR	ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION





necessários, como acessos, praças de sondagem, recuperação de áreas alteradas). Os proponentes poderão sugerir ajustes e/ou modificações no plano de inspeção e na investigação geotécnica (e de sondagens), devidamente fundamentadas, que serão considerados na avaliação técnica das propostas.

Os proponentes deverão considerar na proposta financeira todos os custos para as atividades de inspeção de equipamentos e investigação geotécnica, com atenção ao plano de sondagens. A proposta financeira para inspeções e investigação geotécnica deverá considerar todos os serviços necessários, incluindo, mas não se limitando, a estradas de acesso, abertura e recuperação de praças de sondagem, suprimento de água, abertura de picadas, entre outros. Cabe enfatizar que o contrato será na modalidade de preço global, não cabendo aditivos para despesas reembolsáveis e/ou variações de quantitativos de qualquer natureza, incluindo quaisquer serviços relacionados a inspeção dos equipamentos hidromecânicos e/ou a reconstituição das características geológico/geotécnico dos maciços/fundação/ombreiras das barragens conforme construído (“as built”) e conforme se encontra atualmente (“as is”).

OBS: A contratada deverá seguir rigorosamente o plano de sondagem fornecido pela contratante, assegurando que todas as etapas e diretrizes estabelecidas sejam cumpridas de acordo com as especificações e prazos previamente definidos.

As sondagens, prospecções e ensaios deverão observar as propostas de localizações e quantitativos previstos neste Termo de Referência, a serem detalhadas pela Contratada, devidamente justificadas com base nas inspeções preliminares realizadas e revisão da documentação técnica existente. Os principais serviços geotécnicos a serem executados estão listados abaixo:

- a) Mapeamento geológico de detalhe (fundação, vertedouro e ombreiras) para preparação do modelo geológico da fundação e ombreira, a serem utilizados no plano de sondagem, estudos de estabilidade e estudos de modo potencial de falha. O mapeamento das ombreiras, vertedouro e fundação deverá conter descrições dos maciços e de suas coberturas de solos residuais, aspectos estruturais, (detalhamento de fissuras e outras discontinuidades), utilizando os critérios da





ABGE que constam da Tradução nº 12 – Métodos para Descrição Quantitativa de Descontinuidades em Maciços Rochosos, novembro/83.

As sondagens geotécnicas deverão fornecer os elementos para a elaboração dos perfis geológicos e geotécnicos representativos, contendo a descrição dos materiais das diferentes camadas, e outras informações que possam interessar na interpretação das sondagens, bem como quaisquer anomalias observadas no decorrer das perfurações, como perda d'água de circulação, desmoronamento de paredes etc. Na execução desses serviços deverão ser utilizados, fundamentalmente, as diretrizes e especificações técnicas emitidas pela ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, devendo os registros serem apresentados em boletim técnico padronizados pela entidade ABGE Manual De Sondagens – BOLETIM No. 3, 5ª Edição 2013, complementadas pela literatura internacional, incluindo diretrizes de segurança de sondagem em barragens existentes⁷. Prevê-se a utilização de três tipos distintos de sondagem: Mista SPT-rotativa, Mista CPTu-rotativa e rotativa. As sondagens mistas SPT-Rotativa e CPTu-Rotativa serão iniciadas pelo processo à percussão/ CPTu e prosseguido pelo método rotativo no material impenetrável (rocha na fundação).

- b) As sondagens à percussão serão efetuadas sem circulação d'água e com cravação de tubo de revestimento de 2 1/2" de diâmetro interno, determinando-se a cada metro de profundidade a resistência a penetração das camadas de solos perfurados. Toda amostra do barrilete amostrador – cilindro de solo – deverá ser coletada e acondicionada em saco plástico apropriado, para posterior descrição e caracterização por profissional habilitado. A sondagem deverá prosseguir até ser atingido o impenetrável. No decorrer dos serviços, esses critérios poderão ser modificados de acordo com a resistência a penetração do amostrador nas camadas perfuradas. Não está previsto a realização de ensaios de infiltração “LE FRANC” pelo risco de ruptura hidráulica de trechos do maciço.

⁷ Technical Note on Geotechnical Risk.” World Bank, Washington, DC. 2020.; Federal Energy Regulatory Commission Division of Dam Safety and Inspections - Guidelines For Drilling In And Near Embankment Dams And Their Foundations. Version 3.1 – Approved for Public Release June 2016.





As sondagens tipo CPTu⁸ (Standard Test Method for Electronic friction Cone and Piezocone penetration – ASTM D5778-07) visam a determinação dos parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito) e pressões neutras, até atingir a fundação – topo rochoso. A sondagem deve ser executada em acordo com as normas técnicas aplicáveis.

As sondagens rotativas serão executadas, no mínimo, com diâmetro NX, e terão como objetivo a obtenção de testemunhos, que permitam a identificação das características e descontinuidades do maciço rochoso e a realização no interior da perfuração de ensaios de perdas d'água (LUGEON) a cada 3,0 m de sondagem, (fundação e ombreiras), para localização das eventuais fendas e falhas. Não será aceito recuperação inferior a 90%. As sondagens deverão utilizar barriletes duplo-livre visando atingir requisitos de recuperação. A extensão dos furos (sondagens rotativas) na rocha fresca, (fundação) não deverá ultrapassar 6 metros, exceto furos nas ombreiras.

- c) A profundidade dos poços de inspeção será limitada em 3m.
- d) A classificação dos materiais atravessados pelas sondagens deverá seguir a Norma NBR 6502 da ABNT – Rochas e Solos – Terminologia e no sistema de classificação da ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental.
- e) As planilhas e gráficos para apresentação dos resultados de sondagens e ensaios deverão ser previamente submetidos à aprovação da equipe técnica da SEIRH, ou de consultores por ela contratados para acompanhamento dos serviços.
- f) Na classificação dos solos atravessados pelas sondagens, especialmente na classificação apresentada nos perfis individuais das mesmas, deverá ser utilizada a Norma NBR 7250 da ABNT – Identificação e Descrição de Amostras de Solos Obtidas em Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos.
- g) Quando não houver recuperação na sondagem rotativa deverá ser executado ensaio de perda d'água, visando confirmar existência de descontinuidade.

⁸ Os testes compreendem a penetração de um cone de aço, de maneira estática no terreno, a uma velocidade de penetração constante, de 2 cm/s, com leituras simultâneas das seguintes medidas: (a) resistência de ponta “qc”, (b) resistência ao atrito lateral “fs”, (c) pressão neutra (U2), (d) inclinação do cone e (e) velocidade de cravação. As medidas de pressão neutra podem ser realizadas a cada 2m de profundidade.





- h) Todas estas informações deverão ser sumarizadas em tabelas onde constarão no mínimo:
- I. indicação dos números dos desenhos onde são apresentados as sondagens e os ensaios de campo;
 - II. Comprimentos das perfurações das sondagens, por furo e por tipo de sondagem;
 - III. Quantitativos relativos aos ensaios de campo;
 - IV. Resultados dos ensaios de campo.

As investigações deverão apresentar boletins e perfis individuais (logs) de sondagens, fichas com gráficos e tabelas, comentários, mostrando os resultados dos ensaios de campo, ensaios especiais de laboratório, tabelas e curvas granulométricas. Estas últimas deverão ser agrupadas de forma que permitam comparações e se reduza o número de desenhos.

Outros elementos gráficos importantes são os mapas contendo as seções do subsolo, que deverão ser preparados usando também as informações de investigações já realizadas e relatórios fornecidos pela SEIRH e DNCOS.

A SEIRH, através da Fiscalização e com orientação de consultores, controlará a quantidade e a qualidade das informações obtidas nas investigações geológicas e geotécnicas, de modo que estas informações sejam suficientes para uma completa e correta interpretação das condições das fundações. Não serão aceitos, por exemplo, baixa recuperação de testemunhos em sondagens rotativas (< 90%), ensaios pouco conclusivos e classificação precária dos testemunhos de sondagens.

A programação das investigações será encarada como um processo dinâmico, desta forma, alterações relativas ao local e número das sondagens e poços poderão ser revisadas em função do que tenha sido obtido nas investigações já realizadas, com previa aprovação pela equipe técnica da SEIRH e do DNOCS, responsável pelo acompanhamento dos serviços Contratada





A Contratada deverá supervisionar, tempo integral, os trabalhos de sondagem, com alocação de profissional, (especialista em sondagens), com experiência comprovada conforme descrito na qualificação da equipe. A Contratada será responsável para descrição dos testemunhos de sondagem, preparação dos logs geológicos geotécnicos, e documentação fotográfica dos testemunhos de todos os furos, seguindo as melhores práticas do setor.

A Contratada deverá prever todos os custos necessários a execução das sondagens, incluindo, a construção de acessos para sondas, abertura de praças, suprimento de água, retirada de material de proteção dos maciços, recomposição dos maciços, reabilitação de praças e acessos, preenchimento de furos em acordo com melhores práticas, desvio de tráfego, fechamento de furos, recuperação de pavimentos, visando a reconstituição integral dos maciços para a condição pré-campanha.

Nota: todas as atividades de sondagem, desde a abertura de praças até reconstituição da proteção do maciço, deverão ser devidamente documentadas, com registro fotográfico.

4.3.4.2 - Plano de Investigação da Barragem Boqueirão:

A investigação geotécnica da Barragem de Boqueirão visa a caracterização geotécnica dos maciços, fundação e ombreiras, análogo a um relatório “como construído”. A investigação deverá incluir sondagens CPTu, SPT e rotativas, conjugadas com investigação geofísica, objetivando a preparação de um modelo geológico e geotécnica da barragem, fundação e ombreiras que servirá de base para os estudos de estabilidade e estudos de modos potenciais de falha.

Maciço Principal

As sondagens deverão ser dispostas em 6 seções transversais ao maciço: 2 seções no contato com as ombreiras e 4 seções no trecho central do maciço. As seções nas ombreiras (L1 e L6) deverão ter dois furos de sondagem rotativa. A seções





no maciço deverão incluir 4 furos cada, dispostos na crista, berma intermediária, dreno de pé e terreno natural, como indicado na figura em anexo. (Figura I)

Os tipos de sondagem e profundidade estão resumidos no quadro abaixo:

Plano Indicativo Sondagens – Maciço Principal

O plano de sondagens, considera que todas as sondagens devem atingir a fundação da barragem e penetrar no mínimo 6 metros na fundação. O Contratado deverá considerar na proposta de preços os seguintes quantitativos mínimos de serviços de sondagens.

Tabela 1 – Quantitativo Estimado de Sondagens

Plano Indicativo Sondagens - Maciço Principal			Prof. Estimada (m)		
Seção	Furo	Tipo	CPTu	SPT	Rotativo
1	1	Rotativo			70
	2	Rotativo			50
2	1	Misto SPT - Rotativo		70	6
	2	Misto SPT - Rotativo		40	6
	3	Misto SPT - Rotativo		20	6
	4	Misto SPT - Rotativo		15	6
3	1	Misto CPTu - Rotativo	70		6
	2	Misto CPTu - Rotativo	40		6
	3	Misto CPTu - Rotativo	20		6
	4	Misto CPTu - Rotativo	15		6
4	1	Misto SPT - Rotativo		70	6
	2	Misto SPT - Rotativo		40	6
	3	Misto SPT - Rotativo		20	6
	4	Misto SPT - Rotativo		15	6
5	1	Misto CPTu - Rotativo	70		6
	2	Misto CPTu - Rotativo	40		6
	3	Misto CPTu - Rotativo	20		6
	4	Misto CPTu - Rotativo	15		6
6	1	Rotativo			70
	2	Rotativo			50
Vertedouro	3	Rotativo			18
Resumo quantitativos (m)			290	290	354

Dique de Boqueirão





Para o dique prevê-se duas sondagens SPT até o impenetrável, (topo rochoso), como resumido abaixo.

Plano Indicativo Sondagens - Dique

Seção	Furo	Tipo	Prof. Estimada (m)			Observação
			CPTu	SPT	Rotativo	
1	1	SPT		30		SPT até impenetrável
2	1	SPT		30		
Resumo quantitativos (m)				60		

Vertedouro

Para o vertedouro prevê-se três sondagens rotativas, profundidade 6 metros. Além das sondagens, a campanha de investigação geotécnica deverá incluir 6 (seis) poços de inspeção para extração de blocos indeformados 30x 30 x 30 cm). A abertura e inspeção dos poços deve ser documentada em relatórios com documentação fotográfica e descrição tátil visual dos materiais encontrados. A localização precisa dos poços deverá ser acordada com a fiscalização no programa de investigações - equipe técnica da SEIRH e do DNOCS, responsável pelo acompanhamento dos serviços Contratada, Produto 1 e 2. A abertura e inspeção dos poços deve ser documentada em relatórios com documentação fotográfica e descrição tátil visual dos materiais encontrados.

4.3.4.3 Quantitativo Estimado e Profundidade das Sondagens Na Barragem Poções

- a) 2 (dois) furos de sondagens rotativa, um em cada ombreira da barragem principal para caracterizar melhor o material da fundação (Profundidade estimada – 30m).
- b) 2 (dois) furos de sondagens mistas (SPT-rotativo) na seção máxima da barragem de forma a interceptar a linha freática, e definir a natureza do solo de fundação (Profundidade estimada: SPT 25 m e rotativa 6m).
- c) 2 (dois) furos de sondagens mistas (SPT-rotativo) na berma de jusante com o objetivo de definir os materiais de transição do dreno de pé. (Profundidade estimada: SPT 15 m e rotativa 6m).





- d) 2 (dois) furos de sondagens mistas (SPT-rotativo) no dique (Profundidade estimada: SPT 8 m e rotativa 60m).
- e) 2 (dois) furos de sondagens mistas (SPT-rotativo) na região a jusante da barragem principal, a cinco metros do pé, para verificação da existência de lençóis freáticos a jusante da barragem. (Profundidade estimada: SPT 5 m e rotativa 6m).
- f) Os furos deverão ser interrompidos após 6 m de rocha sã ou pouco alterada.
- g) Além das sondagens, a campanha de investigação geotécnica deverá incluir 3 (três) poços de inspeção para extração de blocos indeformados 30x 30 x 30 cm e 30 kg de amostra deformada. A abertura e inspeção dos poços deve ser documentada em relatórios com documentação fotográfica e descrição tátil visual dos materiais encontrados. A localização precisa dos poços deverá ser acordada com a fiscalização no programa de investigações, Produto 1 e 2. A abertura e inspeção dos poços deve ser documentada em relatórios com documentação fotográfica e descrição tátil visual dos materiais encontrados.
- h) Para o vertedouro prevê-se 2 sondagens rotativas, profundidade 6 metros.

4.3.4.4 Investigação Geofísica

O detalhamento das campanhas geofísicas deverá ser apresentado no plano de investigação geotécnica, seguindo as orientações contidas neste Termo de Referência, visando a diferenciação de diferentes domínios geológico-geotécnicos nos maciços, fundação e ombreiras, identificação de descontinuidades e estruturas, zonas de fluxo concentrado, identificar filtros e drenos internos, entre outras feições que possam afetar a estabilidade da barragem. Prevê-se a utilização conjugada de dois métodos de investigação geofísica, *GPR (Radar de Penetração do Solo)*, e prospecção elétrica horizontal.

A contratada deverá utilizar equipamentos em bom estado de conservação, calibrados e com boa precisão, para obtenção de resultados admissíveis com alcance do objetivo descrito. Todos os pontos deverão ser georreferenciados com coordenadas UTM e altimetria, precisão compatível com objeto do estudo.





A Contratada será responsável pela aquisição, processamento, interpretação e transformação dos dados geofísicos (perfis do radar e modelos geoeletricos) no modelo geológico-geotécnico do maciço, fundação e ombreiras, bem como a integração dos dados geofísicos com as informações geológicas e geotécnicas obtidas pelo mapeamento e campanha de sondagens.

Radar De Penetração Do Solo (GPR)

Para a aquisição de dados de radar de penetração do solo (GPR) será aceito equipamento que atenda as especificações mínimas instrumentais de: sistema de emissão de pulsos eletromagnéticos transientes, com registro mínimo de 512 amostras por traço, janela temporal mínima de 256 nanossegundos e frequência central das antenas de 100 MHz. Deverão ser adquiridos perfis distribuídos regularmente em cada patamar desde a cota do eixo da barragem até o último nível coincidente com a cota da fundação do lado de jusante da barragem. A localização e comprimento de cada perfil geofísico de GPR deve ser coincidente aos perfis de PEH ou tomografia elétrica. Todos os perfis devem ser georreferenciados com coordenadas UTM e altimetria.

Prospecção Elétrica Horizontal (PEH)

A resistividade elétrica é uma propriedade do substrato geológico. É uma medida da dificuldade (ou facilidade, no caso da condutividade) com a qual se estabelece uma corrente elétrica no meio em investigação. A PEH faz medições em arranjo de coleta de dados bidimensional. A modelagem (e.g. usando técnicas de otimização no sentido dos mínimos quadrados), permite gerar seções (bidimensionais) com o melhor e mais detalhado modelo geoeletrico possível.

Este modelo físico descreve o comportamento espacial das eletrorresistividades do material geológico/maciço e quando integrado à geologia/aspectos geotécnicos possibilita aperfeiçoamento do modelo geológico geotécnico. O arranjo e espaçamento deverá ser proposto pela contratada, considerando as condições locais e visando a detecção de detalhes do modelo geoeletrico, maciços, fundação e ombreiras. As modelagens devem incluir a geração





de perfis (seções 2-D; com modelagem 2-D específica) como cortes em camadas horizontais paralelas à superfície (modelo 3-D; com modelagem 3-D específica e em separado), de modo que seus resultados complementem o conhecimento da distribuição espacial dos diferentes tipos de solos, rochas e/ou ocorrência de descontinuidades.

Localização indicativa dos perfis (GPR e PEH):

Barragem de Boqueirão

- Maciço principal: No mínimo, seis (6) perfis longitudinais no maciço principal: (i) crista, (ii) 2 bermas intermediárias de jusante, (iii) berma intermediária de montante, (iv) dreno de pé, e (v) terreno natural (5 m a jusante da barragem).
- Dique: Um perfil longitudinal na crista e um perfil no terreno natural (5 m a jusante da barragem).

Barragem de Poções

- Maciço principal: Três perfis longitudinais no maciço principal: (i) crista, (ii) 2 bermas intermediárias de jusante, (iii) terreno natural (5 m a jusante da barragem).
- Dique: Um perfil longitudinal na crista e um perfil no terreno natural (5 m a jusante da barragem).

4.3.4.5 Ensaios Caracterização

Os ensaios de caracterização consistem em análise granulométrica por sedimentação (NBR 7181/16), determinação do teor de umidade (DNER ME 01/94), limite de liquidez (NBR 6459/16), limite de plasticidade (NBR7180/16) e ensaio de compactação Proctor normal (NBR 7182/2016) para amostras deformadas. Os ensaios de resistência, por sua vez, devem ser de amostras indeformadas do maciço e ombreiras e devem consistir de ensaio triaxial CD Consolidated Drained (ASTM

40





D7181/20), ensaio de determinação do coeficiente de permeabilidade à carga variável (NBR 14545) e ensaio de determinação da massa específica aparente (NBR 9813/16).

Análise Granulométrica por Peneiramento e Sedimentação

Umidade Natural
Limite de Liquidez
Limite de Plasticidade
Ensaio de Compactação Proctor Normal
Massa Específica Real dos Grãos
Adensamento Edométrico
Ensaio Triaxial (CD) (ASTM D7181/20)
Eroabilidade (pinhole)
Crumb Test
Limite de plasticidade
Ensaio de compactação
Cisalhamento direto lento saturado
Massa específica de amostras indeformadas

Além dos ensaios previstos, na barragem Boqueirão deverão ser realizados ensaios no material de enrocamento, incluindo: Ciclagem Etilenoglicol; Abrasão Los Angeles; Fator de Forma; Resistência à compressão puntiforme.

O Relatório de Serviços Geotécnicos será composto dos resultados das diversas prospecções e ensaios realizados, suas descrições, resultados, localizações, finalidades e quantidades executadas. Os relatórios devem apresentar seções transversais e longitudinais geológicas com caracterização dos materiais e resistência à penetração. Fotos dos testemunhos de rocha das sondagens rotativas devem fazer parte desse documento.

PRODUTO 05 EPITÁCIO PESSOA – Ao final da Fase 03, a Contratada a contratada deverá apresentar um relatório de todos os estudos complementares





executados nesta fase, inspeção dos equipamentos Hidromecânicos, a campanha de investigação geotécnica e ensaios de caracterização da barragem Epitácio Pessoa. Os resultados das avaliações deverão ser consolidados em relatório específico, incluindo toda documentação dos serviços de sondagem (e.g. boletins, logs geológicos geotécnicos, etc.), ensaios de caracterização geotécnica, ensaios nos equipamentos hidromecânicos, análises efetuadas, relatórios detalhados das campanhas geofísicas, enfim, toda documentação dos serviços realizados. Todos os testemunhos de sondagem e amostras, após análise, deverão ser entregues na Residência do DNOCS em Boqueirão.

PRODUTO 06 POÇÕES – Ao final da Fase 03, a Contratada a contratada deverá apresentar um relatório de todos os estudos complementares executados nesta fase, inspeção dos equipamentos Hidromecânicos, a campanha de investigação geotécnica e ensaios de caracterização da barragem Poções. Os resultados das avaliações deverão ser consolidados em relatório específico, incluindo toda documentação dos serviços de sondagem (e.g. boletins, logs geológicos geotécnicos, etc), ensaios de caracterização geotécnica, ensaios nos equipamentos hidromecânicos, análises efetuadas, relatórios detalhados das campanhas geofísicas, enfim, toda documentação dos serviços realizados. Todos os testemunhos de sondagem e amostras, após análise, deverão ser entregues na Residência do DNOCS em Boqueirão.

4.4. FASE 4 – RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO GERAL DAS ESTRUTURAS DAS BARRAGENS

4.4.1 Principais Atividades

Esta fase visa a análise de estabilidade das barragens e suas estruturas conexas, a partir das novas informações geradas na realização dos serviços de





topografia e geotecnia e novas formas de operação dos reservatórios, uma vez integrados ao sistema operacional do PISF.

O principal objetivo da avaliação geral das estruturas das barragens é a caracterização geotécnica do maciço, fundações e estruturas associadas, levantamento geométrico (topografia) e estudo hidrológico/hidráulico das estruturas de descarga, visando a avaliação da estabilidade das barragens, considerando os dados obtidos na Fase 2. A Fase 4 visa também a preparação do pacote de informações da barragem para estudo de modo potencial de falha (Fase 5).

Os parâmetros geotécnicos dos materiais do maciço e fundação, os parâmetros de resistência (coesão, ângulo de atrito) deverão ser obtidos dos resultados das investigações de campo (CPTu), SPT, e ensaios nas amostras deformadas e indeformadas, Fase 3.

A revisão das condições de segurança das barragens deverá considerar as regulamentações e guias da ANA, bem como as melhores práticas internacionais, (e.g. Technical Note on Hydrological Risk." World Bank, Washington, DC.2020.; Technical Note on Geotechnical Risk." World Bank, Washington, DC. 2020.; e Technical Note on Seismic Risk." World Bank, Washington, DC. 2020.).

4.4.2 Estudos Hidrológicos e Hidráulicos:

Verificação dos dados básicos para: 1) Atualização dos estudos hidrológicos e eventuais redimensionamentos de estruturas de extravasamento e bordas livres; 2) elaboração/atualização de hidrograma de cheias naturais para diferentes períodos de retorno; 3) elaboração/atualização da curva de vazão dos dispositivos hidráulicos (vertedouro e tomada de água); 4) elaboração/atualização das regras de operação do reservatório para cheias e secas; 5) elaboração/atualização do estudo de inundação das cheias de projeto e de ruptura.

Como exposto acima, os estudos hidrológicos e hidráulicos deverão incluir uma revisão dos estudos hidrológicos realizados em 2014/2016, pela KL Engenharia, e em 2021 pela empresa Geotechnique. Bem como concluir sobre a necessidade de obras hidráulicas adicionais, em especial na Barragem Epitácio Pessoa, visando atingir os parâmetros de segurança definidos pela ANA.





Avaliação das Estruturas Extravasoras e operação: composta pela descrição das características gerais, das propriedades dos materiais, condições de fundação e análises de verificação do projeto. Para analisar a segurança dessas estruturas extravasoras deve-se comparar a situação original com o que resultaria da aplicação de dados básicos e critérios atualizados de dimensionamento hidráulico e estrutural; com base nessa comparação deve-se então concluir pela eventual necessidade de medidas corretivas. A avaliação deve considerar cenários de rompimento de barragens a montante, como descrito anteriormente.

4.4.3 Estudos Geológicos e Geotécnicos:

Estudo da fundação e do reservatório

- 1) revisão das informações geológico estruturais: mapas/desenhos geológicos, programa de investigação, classificação dos testemunhos das sondagens, interpretações geológicas e hidrogeológicas, entre outras;
- 2) revisão dos estudos e planos, incluindo: as zonas de cisalhamento, falhas, diaclases, cavernas, deslizamentos e os materiais de construção;
- 3) revisão dos estudos sismológicos visando a definição das ações sísmicas;
- 4) revisão dos relatórios geotécnicos existentes, incluindo ensaios de laboratório, de campo e de materiais de construção;
- 5) correlacionar a atitude das descontinuidades com a estabilidade dos taludes, estabilidade da fundação e cargas na barragem e reservatório;
- 6) análise da compatibilidade da caracterização geotécnica definida no projeto com a situação encontrada durante a construção da barragem;
- 7) avaliação da ocorrência de erosão interna devida à percolação da água pelo maciço de fundação;
- 8) análise das vazões de percolação;
- 9) análise de subpressões das estruturas de concreto;
- 10) análise das perdas de água por infiltração no reservatório, inclusive para vales colaterais e medidas para evitar ou diminuir perdas de água;
- 11) análise das margens do reservatório, com especial atenção às formações mais permeáveis, solúveis ou erodíveis, o que permitirá fazer a previsão das vazões





perdas por infiltração, inclusive para vales colaterais, e propor medidas para evitar ou diminuir perdas de água;

Elaboração do Modelo de Fluxo

Para elaborar um modelo de fluxo não existem resultados de leituras de piezômetros instalados no corpo das barragens Boqueirão e Poções. Assim, deverão seguirem-se os critérios:

- a) Definir os materiais na seção tipo da barragem e dos espaldares;
- b) Definir o(s) modelo(s) para o ajuste das curvas de permeabilidade;
- c) Definir os parâmetros hidráulicos o valor da condutividade hidráulica saturada (Ks) e a anisotropia do material para os valores de 0,02, 0,1, 1 e 10 kv/kh
- d) Definir a malha de elementos finitos optando pelo melhor elemento a fim de gerar resultados mais detalhados possíveis;
- e) Definir as condições de contorno;
- f) Avaliar a eficácia do dispositivo de vedação utilizado na fundação da barragem quanto aos parâmetros de vazão, gradiente de saída no pé do talude de jusante e subpressão sob espaldar de jusante com a profundidade variada em 25%, 50%, 75% e 100%;
- g) Definir a rede de fluxo (linhas equipotenciais com valores de carga em cada piezômetro e as linhas de fluxo);
- h) Definir os níveis de Atenção e Alerta da piezometria a ser instalada nas barragens de Boqueirão e Poções a partir das análises de estabilidade.

Estudo da Estabilidade

Análise de estabilidade executar modelagem numérica no maciço e na fundação, envolvendo análise de fluxo, estabilidade e tensão-deformação. Determinar fator de segurança (FS) atual das barragens do projeto, com parecer preciso e objetivo da condição de segurança do maciço.

Definir os valores de referência para análises das leituras dos piezômetros.

Deverá ser realizada avaliação da estabilidade das barragens para a cota do nível do reservatório para as seguintes situações:





- deverão ser analisadas as subpressões hidrostáticas da barragem, concluindo sobre a possibilidade da ocorrência de fenômenos hidráulicos que possam colocar em risco a segurança do maciço, para as condições de operação à longo prazo (talude de jusante) e rebaixamento rápido (talude de montante).
- Para análise conclusiva sobre a estabilidade global, deverão ser elaboradas seções transversais representativas do maciço das barragens apresentando simulação de carregamentos impostos pelo regime permanente de operação nas duas barragens e rebaixamento rápido do reservatório (taludes de montante).

Sismicidade e Risco Sísmico

Por estarem situadas em zonas com atividade sísmicas é importante a atualização dos estudos sismológicos, e o levantamento da ocorrência dos eventos de abalos sísmicos na região de interesse e avaliação de suas consequências nas barragens de Poções e Boqueirão.

Nos cálculos de estabilidade os parâmetros de esforços sísmicos devem ser adotados seguindo-se os Critérios de Projeto civil de Usinas Hidrelétricas da Eletrobras, outubro 2003 ou o Earthquake Design and Evaluation of Concrete Hydraulic Structures – US ARMY CORPS OF ENGINEERS maio 2007⁹.

- **PRODUTO 07 - EPITÁCIO PESSOA** – Ao final da Fase 04, a Contratada deverá apresentar um relatório de avaliação geral da estrutura da barragem Epitácio Pessoa, com detalhamento dos atuais cenários Hidrológicos/Hidráulicos, Geológicos/Geotécnicos e Risco Sísmico/Sismicidade, abordando todo o escopo descrito acima.

⁹ O Laboratório Sismológico (LabSis) atualmente está vinculado ao Departamento de Geofísica da universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), assim como O Instituto de Sismologia da USP e da UnB, podem ser utilizados nos levantamentos das sismicidades induzidas devido a construção e enchimento de reservatórios.





- **PRODUTO 08 - POÇÕES** – Ao final da Fase 04, a Contratada deverá apresentar um relatório de avaliação geral da estrutura da barragem Poções, com detalhamento dos atuais cenários Hidrológicos/Hidráulicos, Geológicos/Geotécnicos e Risco Sísmico/Sismicidade, abordando todo o escopo descrito acima.

4.5 FASE 5 – ANÁLISE DE MODO POTENCIAL DE FALHA (Barragem Boqueirão)

4.5.1 OBJETIVOS

A Análise de Modo Potencial de Falha (MPF), ou Potential Failure Mode Analysis (PFMA) em Inglês, é um processo destinado a identificar, descrever e avaliar sistematicamente as maneiras pelas quais as barragens e suas estruturas adjacentes podem estar sujeitas a rupturas, sob condições de carga presumidas. O principal objetivo da análise do MPF é avaliar como e por que as barragens rompem. Para tanto, é necessário observar como elas normalmente se comportam, aprender a identificar os primeiros sinais de que algo está errado, entender os perigos e riscos impostos pela barragem e preparar-se para comportamentos inesperados que resultam em ruptura.

A análise do MPF, a ser executada somente para a Barragem de Boqueirão, busca identificar modos potenciais de falha MPFs aplicáveis, identificar quando medidas defensivas adicionais podem reduzir a probabilidade de ruptura, apoiar a proposição de parâmetros para instrumentação e monitoramento, bem como propor aperfeiçoamentos nos planos de operação e manutenção, e plano de ação de emergências, considerando conceito de risco.

O processo de MPF descrito neste termo de referência é baseado na publicação do Banco Mundial, datada de 2021: “Nota de Boas Práticas sobre a Segurança de Barragens - Nota Técnica 5: Análise de Modo Potencial de Ruptura”.





Banco Mundial, Washington, DC. A referida publicação utiliza os procedimentos definido pela FERC¹⁰, complementado por outras referências.

Os objetivos específicos da análise são:

- Aprimorar o processo de inspeção de segurança de barragens, ajudando a focar nas áreas mais críticas, específicas da barragem em questão;
- Identificar MPFs operacionais correlatos;
- Considerar os perigos que podem afetar indiretamente a barragem, como deslizamentos de terra no reservatório;
- Identificar MPFs relacionados à estrutura não abordados pelos métodos analíticos comumente usados (baseados em padrões), por exemplo, estabilidade do talude ou análise sísmica;
- Aprimorar e focar no programa de vigilância visual e monitoramento instrumentado;
- Identificar deficiências ou falhas no monitoramento, apresentação de dados, informações ou análises, conforme necessário para avaliar a segurança da barragem e cada MPF;
- Ajudar a identificar as medidas de redução de risco mais eficazes, inclusive prontidão para emergências.

4.5.2 ESCOPO DA ANÁLISE

As principais atividades para análise do MPF são a preparação da base de dados da barragem, visita ao local por especialistas, workshop de avaliação de MPF e preparação do relatório final, como descrito abaixo. A Contratada deverá submeter metodologia detalhada da análise do MPF e cronograma de atividades, com 60 dias de antecedência a realização do workshop, para a SEIRH, para análise e aprovação.

¹⁰ U.S. Federal Energy Regulatory Commission - FERC. O Capítulo 14 das Diretrizes da FERC contém uma descrição detalhada do processo da PFMA, inclusive os principais objetivos e resultados típicos, revisão de informações básicas; inspeção de local; e facilitação de workshops envolvendo sessões de “brainstorming” para identificar e avaliar modos potenciais de ruptura, consequências e medidas de mitigação.





A Contratada será responsável por todos os custos da análise do MPF, incluindo, mas não se limitando a preparação do material de apresentação da base de dados e condução do MPF, local para realização do workshop, transporte para a visita da barragem, lanches e almoço durante a visita e o workshop¹¹, considerando a participação de 25 pessoas indicadas pela própria Contratada e pela SEIRH.

Preparação da Base de Dados

A base de dados da análise é um dos produtos da Fase 2 e 3 do trabalho, e deve conter todos os dados, estudos e informações sobre a investigação, projeto, construção, avaliações e análises prévias de segurança da barragem, desempenho e operação, histórico de reparos e seu desempenho. Devem ser incluídos, revisados e avaliados todos os estudos e relatórios de investigação relacionados à segurança da barragem. A base de dados deve ter uma lista com os dados e informações disponíveis que podem ser considerados na MPF e incluídos no relatório de MPF subsequente.

É fundamental que todos os documentos sejam disponibilizados antes do workshop e que haja prazo adequado para revisar a documentação. Essa abordagem permite que os participantes solicitem informações adicionais caso a documentação esteja incompleta, além de reduzir a duração do workshop.

Inspeção da Barragem Boqueirão

Inspeção da barragem por especialistas técnicos e participantes indicados pela Contratada e SEIRH, avaliando os MPFs, as condições estruturais e geológicas; as condições de operação; e realizar entrevistas com os proprietários e operadores. Devem ser tiradas fotos digitais para uso no workshop.

Workshop de Avaliação dos MPFs

¹¹Preparação de material impresso, todos custos de visita a barragem (incluindo 25 convidados), local do evento, alimentação (lanches e almoço), entre outros.





As sessões do workshop de MPF devem envolver a identificação sistemática de MPFs para condições normais, inundações e terremotos. Devem ser considerados diversos componentes de forma isolada, analisados um de cada vez. Para sistemas de barragem complexos, a equipe de MPF deve ser dividida em grupos especializados nos diferentes componentes, mas a coordenação entre os grupos deve ser estabelecida para garantir que as interações entre os componentes sejam tratadas adequadamente, pela contratada.

MPFs e cenários de ruptura são discutidos por uma equipe de pessoas mais familiarizadas com o projeto, análise, desempenho e operação da barragem. Os registros incluirão os MPFs identificados, as razões pelas quais provavelmente ocorrerá cada MPF, além de quaisquer possíveis medidas relacionadas a cada modo de ruptura que possam ajudar a reduzir o risco (aprimoramento do monitoramento, investigação, análise e remediação). É importante identificar especificamente possíveis melhorias no monitoramento do desempenho de cada MPF para consideração pelo proprietário e pelos inspetores periódicos.

O MPF deverá ser expresso como uma frase de fácil interpretação pelos demais (por exemplo, “recalque excessivo que resulte em fissuras transversais na barragem, sem filtros compatíveis, levando à erosão interna, evoluindo para ruptura da tubulação no núcleo da barragem”).

É importante documentar a análise registrando as principais conclusões e entendimentos obtidos durante as discussões. Um relatório provisório com os resultados coletados diretamente durante os workshops será elaborado abordando esses itens. A equipe principal elaborará tabelas-resumo na medida em que as discussões avançarem. Essas tabelas incluirão os principais parâmetros relativos aos seguintes elementos:

- MPF
- Cenário/eventos originadores/sequência/consequências
- Fatores negativos que afetem a probabilidade do MPF
- Fatores positivos que possam reduzir a probabilidade do MPF
- Monitoramento/oportunidades de redução de riscos/dados e análises





- Lacunas/planos de emergência
- Itens de ação
- Categorização do MPF

A categorização do MPF deve ser realizada de acordo com o sistema da FERC conforme tabela apresentada abaixo.

Categorização do modo potencial de ruptura de acordo com a Comissão Reguladora Federal de Energia dos EUA

Categoria	Caracterização	Descrição
I	PFM destacado	Considera o potencial de ocorrência, magnitude da consequência e probabilidade de resposta adversa (fisicamente possível, falha fundamental ou fraqueza identificada, condições razoáveis e credíveis)
II	Potencial PFM considerado, não destacado	De menor significância e probabilidade do que a categoria I
III	Necessárias mais informações ou análises para classificar	Na falta de informações para um julgamento mais exato e pelo fato de medidas poderem ser necessárias, elas podem ser destacadas
IV	PFM descartado	É possível que a possibilidade física não exista, a informação eliminou a preocupação ou exista uma possibilidade tão remota que não seja credível ou razoável

Fonte: FERC (2005). Transcrito de Banco Mundial 2021.

Análise de todas as informações básicas para compreensão geral, considerando as seguintes perguntas específicas:





- Como essa barragem poderia romper? (consideração específica do local sobre geologia, cargas, condições da estrutura e operações anteriores e previstas do projeto)
- O que aconteceria se a barragem rompesse? Quais seriam as consequências de uma ruptura, considerando o número de pessoas em risco, danos ambientais e impactos econômicos?
- Como uma grande descarga não planejada poderia ocorrer mesmo se a barragem não rompesse (por exemplo, abertura descontrolada de comportas ou uma onda de galgamento proveniente de um deslizamento de terra dentro do reservatório)?
- Existem outros reservatórios presentes na bacia do rio a montante que possam representar um risco para a barragem em questão?
- Os MPFs identificados são reconhecidos e monitorados adequadamente por vigilância visual ou monitoramento instrumental?
- Que medidas (imediatas ou de longo prazo) podem ser tomadas para reduzir a probabilidade de ruptura da barragem ou a descarga não planejada ou para mitigar as consequências de uma ruptura? Essas medidas podem incluir coleta de dados, análises ou investigações, mudanças operacionais, melhor comunicação, aprimoramento do monitoramento ou medidas de remediação estrutural.

As sessões de revisão de dados devem incluir a definição por parte do facilitador dos principais dados necessários. As tabelas resultantes serão anexadas ao relatório de MPF. Após a conclusão das tabelas, é realizada uma mesa redonda com todos os participantes para identificação das principais conclusões e entendimentos registrados. As conclusões devem ser priorizadas pelo grupo.

Relatório Final

O Relatório Final deverá incluir um plano de ação, recomendando as medidas corretivas identificadas, juntamente com insumos específicos para aprimoramento dos planos de segurança das barragens, inclusive planos de instrumentação e Planos de





Ação de Emergências (PAE). O Relatório Final deve sugerir a data para a realização do próximo workshop de MPF, que dependerá da importância do projeto e do nível de perigo associado; pode ser aproximadamente cinco anos, mas às vezes 10 anos.

Prioridades de Manutenção e Reparo

O Relatório Final deve sugerir prioridades para manutenção e reparo, com uma matriz geral de categorias de risco e medidas potencialmente necessárias, em acordo com a tabela abaixo. Embora as quatro categorias de urgência de ação não correspondam diretamente às categorias de I a IV da tabela anterior, a tabela seguinte fornece uma ideia geral sobre as medidas necessárias para abordar os riscos identificados de acordo com suas urgências.

Categorias de risco e medidas potencialmente necessárias

Urgência da medida	Características	Medidas potencialmente necessárias
Muita urgência	Criticamente perto da ruptura em condições normais de operação dentro de alguns anos ou, no caso de inundações, períodos de retorno de menos de 10 anos	Tomar medidas de redução de risco imediatamente para evitar a ruptura, comunicar o risco às pessoas afetadas, aprimorar o monitoramento, garantir que o PAE seja implementado, e assim por diante
Alta prioridade	Alto risco (a ruptura pode ocorrer em operações normais ou ser iniciada por um evento incomum (por exemplo, terremoto ou inundação), menor do que o padrão de projeto, e assim por diante	Tomar medidas provisórias de redução de risco, agilizar a investigação, melhorar o monitoramento, garantir que o PAE seja implementado, e assim por diante





Prioridade	Risco moderado (problemas de segurança significativos e inaceitáveis na barragem)	Priorizar investigações detalhadas, avaliações de risco e propostas de medidas corretivas gradativas, e assim por diante
Normal	Não foram identificados problemas de segurança significativos na barragem	Assegurar vigilância e monitoramento regulares e um programa de inspeção de segurança periódica, e assim por diante

Fonte: Tabela original para esta publicação Nota: PAE = Plano de Prontidão para Emergências. (Banco Mundial 2021)

Orientação para decisões de reabilitação

Os MPFs de Categoria I podem exigir que o proprietário avalie a urgência dos trabalhos de reparação e priorize as decisões de reabilitação para utilizar recursos limitados nos trabalhos de reparação mais críticos. O proprietário pode precisar se comunicar com um comitê de emergência e outras partes interessadas para garantir que o PAE, especialmente a Matriz de Nível de Resposta seja implementado, bem como atualizá-lo conforme necessário, inclusive trabalhos de treinamento/divulgação, e assim por diante. Além disso, pode ser necessária uma avaliação de risco mais detalhada para permitir que os responsáveis tomem uma decisão informada.

Os MPFs de Categoria II podem exigir que o proprietário considere a realização de trabalhos prioritários de manutenção e reparo e uma melhor instrumentação da inspeção e monitoramento da barragem. Essa exigência também pode envolver mudanças no plano de O&M da barragem, inclusive um possível rebaixamento do nível máximo de abastecimento de água dos reservatórios.

O Relatório deve descrever o escopo das atividades consideradas como urgentes ou de alta prioridade, para embasar a preparação de termos de referências específicos para a referidas atividades.





4.5.3 Cronograma do MPF

Prevê-se que o workshop para análise do MPF da Barragem de Boqueirão demandará, aproximadamente uma semana, iniciando-se numa segunda-feira com a apresentação do banco de dados da barragem e finalizando numa sexta-feira, com uma seção para resumo das conclusões, como descrito abaixo:

- Dia 1: Apresentação da barragem e do banco de dados (Com base nos produtos da Fase 2): um dia;
- Dia 2: Visita a barragem: um dia;
- Dias 3 e 4: Workshop de MPF;
- Dia 5: Resumo das conclusões: Manhã.

O prazo para apresentação da minuta de relatório será de duas semanas após o workshop, e de seis semanas após o workshop para apresentação do relatório final.

4.5.4 Equipe - MPF

A equipe de MPF deve ser diversificada e cobrir adequadamente todas as disciplinas técnicas pertinentes envolvidas na análise e ter conhecimento especializado suficiente. A contratado deverá apresentar uma equipe principal com quatro membros para realizar o exercício de MPF, incluindo os especialistas sênior em geotecnia, hidrologia e equipamentos hidromecânicos que compõem a equipe chave do projeto.

A Contratada deverá prover o “Facilitador” da análise do MPF, especialista sênior em segurança de barragens, com experiência na condução de análises de modo potencial de falha, (inclusive workshops), e avaliação de segurança de barragens, especialmente mecanismos de ruptura de barragens;

Além dos especialistas técnicos da contratada, a SEIRH convidará para participar na análise, (revisão do banco de dados, visita e workshop de MPF): representantes do proprietário da barragem (DNOCS); Operadores de outras





barragens que possam afetar a operação da barragem objeto da MPF e representantes de instituições envolvidas, como AESA, Defesa Civil e equipe técnica do Banco Mundial. O número total de participantes convidados será limitado a trinta pessoas, incluindo a equipe da SEIRH.

- **PRODUTO 09** – Ao final da fase 05, a contratada deverá entregar os seguintes produtos: Minuta de relatório do workshop de MPF documentando a análise e as principais conclusões e entendimentos obtidos nas discussões e Relatório final com recomendações para plano de ação, caso necessário, dados para os planos de segurança de barragens (especialmente a Matriz de Nível de Resposta no MPFs) e recomendações pertinentes.

4.6 FASE 06 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

4.6.1 – Relatório Final

Ao final da realização de todos os serviços, a Contratada deverá apresentar o Relatório Final, contendo os textos, desenhos, gráficos, mapas das atividades desenvolvidas e os resultados finais.

O Relatório Final deverá conter as principais conclusões, sumário das condições gerais de segurança das barragens e as recomendações das medidas corretivas estruturais e não estruturais necessárias, a partir dos resultados dos trabalhos desenvolvidos, incluindo discussões em seminários realizados e nas avaliações de potencial de riscos associados a cada barragem estudada. As recomendações gerais para melhoria de segurança de barragens devem incluir procedimentos de operação e manutenção/Instrumentação/Monitoramento, indicando obras de curto prazo, caso necessário. As recomendações deverão abordar de forma específica a necessidade de ajustes/melhorias nos planos de segurança, incluindo planos de instrumentação e monitoramento. Uma vez aprovado o Relatório Final, a Contratada emitirá o Relatório Síntese dos trabalhos no qual constarão os elementos técnicos necessários e suficientes para o bom entendimento dos estudos complementares realizados. Poderá ser proposto, também, revisão da classificação do risco das barragens de acordo com o Dano Potencial Associado.





Previamente à entrega do Relatório Final deverá ser realizada uma vídeo-reunião onde a contratada apresentará, em forma sucinta, as principais conclusões dos estudos.

Após a entrega de cada documento, a equipe de acompanhamento dos serviços da SEIRH e o Painel de Consultores em Segurança de Barragens, terão um prazo de 30 (trinta) dias corridos para análise e emissão de comentários sobre os trabalhos. A contratada terá, após o recebimento dos comentários, o mesmo prazo para efetuar as correções necessárias.

Os Relatórios Final e de Síntese, depois de aprovados, serão apresentados em 3 (três) vias impressas, e em mídia eletrônica.

- **PRODUTO 10 - EPITÁCIO PESSOA** – Ao final da Fase 06, a Contratada deverá apresentar, de acordo com o que foi especificado acima, o Relatório Final e de Síntese da barragem Epitácio Pessoa em 03 (três) vias impressas e em mídia eletrônica.
- **PRODUTO 11 - POÇÕES** – Ao final da Fase 06, a Contratada deverá apresentar, de acordo com o que foi especificado acima, o Relatório Final e de Síntese da barragem Poções em 03 (três) vias impressas e em mídia eletrônica.

4.7 Projeto Conceitual - Implementação de Medidas Corretivas – Barragem Epitácio Pessoa

A Contratada deverá apresentar um projeto - nível conceitual - das medidas de redução de risco para evitar a ruptura, incluindo desenhos esquemáticos e orçamento preliminar, considerando a necessidade de ampliação do Vertedouro, conforme indicado no PAE emitido em 2022, dentre outros. No caso do estudo de modos potenciais de falha identificar a existência de outro aspecto crítico (Muita urgência), que possa levar a ruptura em condições normais de operação dentro de alguns anos ou, no caso de inundações, períodos de retorno de menos de 1.000 anos, o estudo deverá apresentar proposta de solução (projeto conceitual de intervenções na barragem), para equacionamento dos riscos críticos identificados no estudo de MPF.





- **PRODUTO 12 – EPITÁCIO PESSOA** – Projeto Conceitual Medidas Corretivas. A Contratada deverá apresentar, de acordo com o que foi especificado acima em 4.7, o Relatório com o Projeto Conceitual Medidas Corretivas em 03 (três) vias impressas e em mídia eletrônica.

5 – APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS.

Durante o desenvolvimento dos trabalhos, a Contratada deverá exercer controle de qualidade das informações apresentadas em todos os relatórios emitidos, tanto nos textos como nos desenhos, visando clareza, objetividade, consistência das informações e justificativas de resultados, isentos de erros de português e de digitação, de modo a refletir seu padrão de qualidade.

Na conclusão dos serviços, todos os documentos técnicos produzidos e aprovados pela Fiscalização da SEIRH, DNOCS e o Painel de Consultores em Segurança de Barragens, deverão ser apresentados de forma encadernada e de conformidade com as Normas Técnicas estipuladas pela ABNT.

Os dados e informações que exigem análise espacial deverão ser apresentados em sistema geográfico de informações, com utilização de cartografia em escalas adequadas, de forma a permitir a sobreposição de temas e a interpretação conjunta dos mesmos. Os textos dos relatórios, mapas, desenhos, planilhas etc. serão fornecidos em meio digital, em formatos que permitam visualização, edição e reedição pela Equipe de Fiscalização da SEIRH e DNOCS;

Os desenhos contendo mapas/plantas serão elaborados e impressos em formato A1(ABNT), com figuras, legendas e escritas compatíveis com redução legível em formato A3.

Os arquivos digitais de dados espaciais e mapas/plantas deverão estar nas extensões shp e dwg e quando for o caso em pdf. Os dados brutos dos levantamentos serão fornecidos em meio digital através da entrega de HD's externos.

Após a entrega de cada documento, a FISCALIZAÇÃO da SEIRH, DNOCS e o Painel de Consultores em Segurança de Barragens terão um prazo de 30 (trinta) dias corridos para análise do trabalho. A contratada terá, após o recebimento dos comentários, o mesmo prazo para efetuar as correções necessárias.





Os Relatórios Finais, depois de aprovados pela Fiscalização, serão apresentados em 3 (três) vias impressas, e em mídia eletrônica.

As vias impressas serão apresentadas de conformidade com as condições seguintes:

- a) Papel A4;
- b) Fonte Arial, tamanho 11;
- c) Encadernação em brochura;
- d) Capa e logomarca do Governo do Estado da Paraíba, conforme modelo a ser disponibilizado oportunamente pela Fiscalização da SEIRH.

Os relatórios a serem apresentados em via digital devem observar as seguintes condições:

- a) Apresentação em dois exemplares de CD-ROM com a gravação de todo conteúdo dos volumes e tomos, incluindo textos, planilhas, imagens, fotos, textos escaneados, desenhos, etc.,
- b) Os desenhos devem ser gravados em *dwg*, em *plt* e em *shapefile*.

Os resultados dos trabalhos entregues, incluindo os desenhos originais e as memórias de cálculo, as informações obtidas e os métodos desenvolvidos no contexto dos serviços serão propriedades exclusiva da SEIRH/PB e serão compartilhados com o DNOCS. Seu uso, por terceiros, só se realizará por expressa autorização da SEIRH/PB.

6 – EQUIPE TÉCNICA CHAVE

As qualificações dos principais especialistas, exigidas para a composição da equipe chave de desenvolvimento dos serviços, são descritas a seguir:





Coordenador Geral -

- Curso superior na área de engenharia civil, com especialização em uma das principais áreas relacionadas à segurança de barragens, (geotecnia, hidrologia, hidráulica,) com experiência mínima de 20 anos em projetos de construção e/ou operação e/ou manutenção e/ou recuperação de barragens de terra de grande porte (Altura maior que 50 metros); Fluência em Português é desejável

Especialista em Geotecnia:

- Curso superior na área de Engenharia Civil ou Geologia, com especialização em geotecnia; Experiência mínima de 20 anos no acompanhamento de aspectos geotécnicos de projetos de construção e/ou operação e/ou manutenção e/ou elaboração do plano de instrumentação de monitoramento e/ou recuperação de barragens de terra de grande porte (Altura maior que 30 metros); Fluência em Português é desejável

Especialista em Hidrologia

- Curso superior na área de engenharia civil, com especialização em hidrologia;
- Experiência mínima de 20 anos no acompanhamento de aspectos hidrológicos de projetos de construção e/ou operação e/ou manutenção e/ou recuperação de barragens de terra de grande porte (Altura maior que 30 metros); Fluência em Português é desejável

Especialista em equipamento hidromecânico

- Curso superior na área de engenharia civil, ou engenharia mecânica, e especialização ou pós-graduação em temas relacionados a segurança de barragens, como hidrologia, hidráulica ou geotecnia; Experiência mínima de 20 anos no acompanhamento de construção e/ou operação e/ou manutenção e/ou recuperação de barragens de grande porte (Altura maior que 30 metros); Fluência em Português é desejável

Especialista em Sondagem.





- Profissional com formação em Engenharia Civil, Engenharia de Minas ou Geologia, com experiência mínima de 10 anos em supervisão de trabalhos de sondagens; Experiência comprovada na supervisão de sondagens em barragens de grande porte. (Altura maior que 30 metros); Experiência desejada na supervisão de trabalhos de coleta de amostras indeformadas para ensaios de caracterização. O especialista será responsável pela aprovação das especificações e supervisão das campanhas de investigação nas duas barragens, sob a orientação do engenheiro geotécnico sênior. Fluência em Português é desejável

Facilitador PFMA:

- Profissional sênior em segurança de barragens, mais de 20 anos de experiência profissional, (formação em engenharia de áreas afins de segurança de barragens) com experiência previa na condução de estudos de modo potencial de falha.
- Experiência em 02 (duas) oficinas de PFMA (modo potencial de falha);
- Fluência em Português é desejável, mas poderá apresentar profissional estrangeiro com fluência em línguas latinas (apoiado por tradutor)

Equipe de Apoio (Indicativa)

A equipe de apoio aos especialistas componentes da equipe chave de execução dos serviços poderá ser composta de:

- **01 Engenheiro Civil Sênior, com experiência em projeto de obras hidráulicas de barragens**, que atuará juntamente e em apoio ao Engenheiro Hidrólogo na avaliação dos estudos hidrológicos e hidráulicos realizados e na eventual necessidade de elaboração de projetos de obras complementares dos sistemas de descargas hidráulicas das duas barragens.
- **01 Engenheiro Mecânico ou Eletricista Pleno** para levantamento das condições de preservação e de suficiência das instalações elétricas de alimentação dos sistemas de iluminação e acionamento dos equipamentos hidromecânicos,
- **01 Engenheiro Cartógrafo Sênior** encarregado de planejar, orientar e acompanhar os trabalhos de levantamento topográfico em geral, previstos nos Termos de referência.





**GOVERNO
DA PARAÍBA**

SECRETARIA DE ESTADO
DA INFRAESTRUTURA E
DOS RECURSOS HÍDRICOS



BANCO MUNDIAL
BIRF • AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL

- **01 Geólogo Pleno**, com experiência em obras de barragens para atuar em consonância com o engenheiro geotécnico nas questões relacionadas com a geologia de engenharia de barragens e nos estudos geológicos e geofísicos (sismicidade) a serem realizados.
- **01 Especialista em SIG**: Profissional com experiência em geoprocessamento, geotecnologias, aerofotogrametria e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), comprovada por meio de atestado(s) devidamente registrado(s) na entidade profissional competente, quando houver fornecido(s) por pessoa jurídica de direito público ou privado.
- **Técnico de nível médio em geotecnia e geoprocessamento**: com experiência na realização de trabalhos de campo relacionadas com a área.
- Auxiliares diversos na execução de serviços de campo, preparação de relatórios, secretariado, condução de veículos, apoio às ações gerais de condução dos trabalhos em campo, conforme discriminado na composição da equipe do projeto.





7 – FORMAS DE PAGAMENTO

Os pagamentos dos produtos serão feitos mediante aplicação dos percentuais seguintes sobre o valor total do contrato.

PRODUTOS TR BOQUEIRÃO												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
EPITÁCIO PESSOA												
FASE 1												
· Produto 1 – Epitácio Pessoa	P1											
FASE 2												
· Produto 3 – Epitácio Pessoa		P3										
FASE 3												
· Produto 5 – Epitácio Pessoa					P5							
FASE 4												
· Produto 7 – Epitácio Pessoa							P7					
FASE 5												
· Produto 9 – Epitácio Pessoa									P9			
FASE 6												
· Produto 10 – Epitácio Pessoa											P10	
· Produto 12 – Epitácio Pessoa												P12
POÇÕES												
FASE 1												
· Produto 2 – Poções	P2											
FASE 2												
· Produto 4 – Poções		P4										
FASE 3												
· Produto 6 – Poções			P6									
FASE 4												
· Produto 8 – Poções						P8						
FASE 6												
· Produto 11 – Poções									P11			





**GOVERNO
DA PARAÍBA**

SECRETARIA DE ESTADO
DA INFRAESTRUTURA E
DOS RECURSOS HÍDRICOS



BANCO MUNDIAL
BIRF • AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL

O pagamento dos relatórios produzidos como Produto resultante de cada fase, conforme previsto nestes termos de referência, serão pagos mediante aprovação dos mesmos, no prazo máximo de 30 (trinta) dias e de conformidade com os percentuais acima discriminados, relativos ao preço fixo do contrato, constante da proposta financeira da Contratada.

8 – PRAZOS E CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

O prazo total para realização dos serviços é de 1 (hum) ano para a Barragem Boqueirão e 10 (dez) meses para a Barragem Poções, contados a partir da expedição da Ordem de Execução dos Serviços. No cronograma físico apresentado a seguir são mostrados os dados relativos aos prazos parciais estimados para desenvolvimento das atividades e entrega dos produtos previstos.

Nota: Os produtos deverão ser obrigatoriamente entregues na sequência definida neste termo de referência. Não será considerado a entrega de produtos em descumprimento com os cronogramas propostos neste documento.





EPITÁCIO PESSOA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FASE 1													
· Produto 1 – Epitácio Pessoa	7,5%	P1											
FASE 2													
· Produto 3 – Epitácio Pessoa	7,5%		P3										
FASE 3													
· Produto 5 – Epitácio Pessoa	22,5%					P5							
FASE 4													
· Produto 7 – Epitácio Pessoa	7,5%							P7					
FASE 5													
· Produto 9 – Epitácio Pessoa	15,0%									P9			
FASE 6													
· Produto 10 – Epitácio Pessoa	11,2%											P10	
· Produto 12 – Epitácio Pessoa	3,8%											P12	
POÇÕES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FASE 1													
· Produto 2 – Poções	2,5%	P2											
FASE 2													
· Produto 4 – Poções	7,5%		P4										
FASE 3													
· Produto 6 – Poções	5,0%			P6									
FASE 4													
· Produto 8 – Poções	5,0%						P8						
FASE 6:													
· Produto 11 – Poções	5,0%									P11			





9 - RELAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DISPONÍVEL

- BARRAGENS NO NORDESTE DO BRASIL, DNOCS 1990.
- PLANO DE SEGURANÇA DAS BARRAGENS POÇÕES E BOQUEIRÃO PLANOS E PROCEDIMENTOS , Geotechnique DNOCS (Abril de 2022)
- Serviços De Consultoria Especializada Para A Elaboração De Estudos Técnicos E Projetos No Âmbito Das Ações Para A Recuperação E Atualização Dos Açudes Existentes Inseridos No Sistema Do Projeto De Integração Do Rio São Francisco Com Bacias Hidrográficas Do Nordeste Setentrional – PISF, KI Engenharia- DNOCS (Agosto 2014)
- PLANOS DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA (PAE) BARRAGENS BOQUEIRÃO, POÇÕES e CAMALAUÍ. PAINEL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS (POE) Visita às Obras e Comentários. (abril de 2023)
- RELATÓRIO DE VISITA ÀS BARRAGENS CAMALAUÍ, POÇÕES E BOQUEIRÃO, PAINEL DE SEGURANÇA DE BARRAGENS (agosto 2022)
- RELATÓRIO DE VISITA E INSPEÇÃO DE 4 BARRAGENS NO ESTADO DA PARAÍBA. CAMALAUÍ POÇÕES SÃO JOSÉ II EPITÁCIO PESSOA 1º Relatório da Área Geotécnica PAULO TEIXEIRA DA CRUZ - CONSULTOR DA ÁREA GEOTÉCNICA (junho/2022).
- RELATÓRIO DA 1a VISITA DO ENG. MANOEL S. FREITAS JR. ÀS BARRAGENS CAMALAUÍ, BOQUEIRÃO) E POÇÕES (24 e 25 de janeiro de 2023).





**GOVERNO
DA PARAÍBA**

SECRETARIA DE ESTADO
DA INFRAESTRUTURA E
DOS RECURSOS HÍDRICOS



BANCO MUNDIAL
BIRF • AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL

**Anexo I: Especificações das Inspeções dos equipamentos hidromecânicos
Identificados**





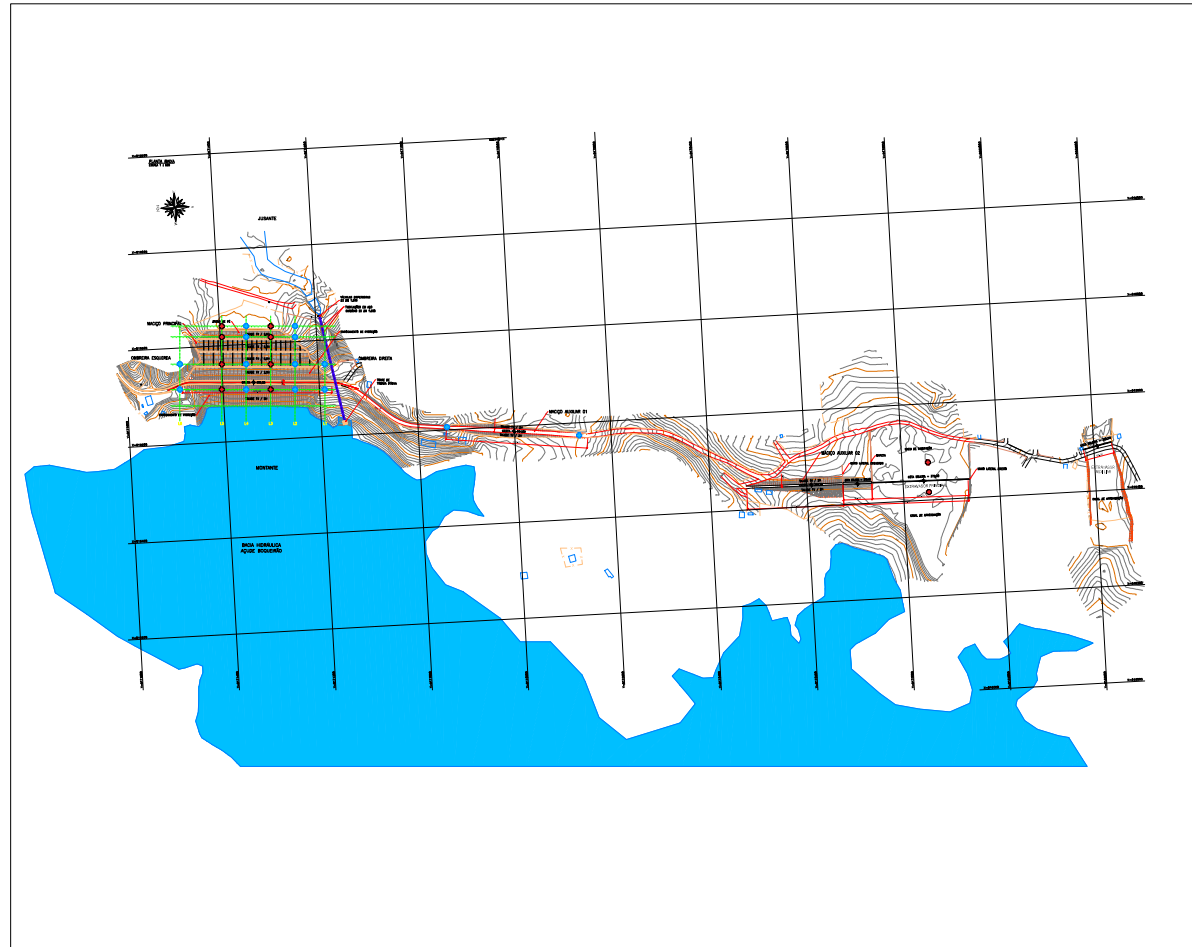
LISTA DE EQUIPAMENTOS BARRAGEM EPITÁCIO PESSOA (BOQUEIRÃO)

LOCAL	EQUIPAMENTO	Remoção camada corrosão pontos críticos	Ultrassom - determ espessura	Verificação pressão interna	Verificação conduzido atende NBR 10132	Inspeção Subaquática
Tomada D'ÁGUA	GRADE	X				X
	COMPORTA ESLIZANTE	X	X	X		X
	GUINCHO ELETROMECÂNICO	X	X			
LINHA 1	CONDUTO FORÇADO	X	X	X	X	X
	BY PASS	X	X	X	X	X
	VÁLVULA DISPERSORA	X	X	X		X
	VÁLVULA GAVETA	X	X	X		X
LINHA 2	CONDUTO FORÇADO	X	X	X	X	X
	DERIVAÇÃO 1	X	X	X	X	X
	DERIVAÇÃO 2	X	X	X	X	X
	VÁLVULA BORBOLETA	X	X	X		X
	VÁLVULA DISPERSORA	X	X	X		X
	VÁLVULA BORBOLETA	X	X	X		X
	VÁLVULA BORBOLETA	X	X	X		X

LISTA DE EQUIPAMENTOS BARRAGEM POÇÕES

LOCAL	EQUIPAMENTO					
Tomada D'ÁGUA	GRADE	X	X	X		
	COMPORTA DESLIZANTE	X	X	X		
	GUINCHO ELETROMECÂNICO	X	X	X		
LINHA 1	CONDUTO FORÇADO	X	X	X	X	X
	VÁLVULA GAVETA	X	X	X		X
Tomada D'ÁGUA SUPLEMENTAR	GRADE	X	X	X		X
	COMPORTA DESLIZANTE (ENSECADEIRA)	X	X	X		X
	CONDUTO FORÇADO	X	X	X	X	
	VÁLVULA BORBOLETA	X	X	X		
	VÁLVULA DISPERSORA	X	X	X		





LEGENDA

	SONDAGEM MISTO SPT – Rotativo
	SONDAGEM MISTO CPTu – Rotativo

NOTAS TÉCNICAS

- Os furos deverão ser interrompidos ao atingirem 30 m de profundidade ou ao atingirem 25 m de profundidade se for encontrado pelo menos 6 m de rocha sã ou pouco alterada.
- 10 (dez) poços de inspeção, 7 (sete) seriam usados para identificar a situação dos taludes e dos enrocamentos de proteção e 3 (três) seriam usados para
 - extração de blocos indeformados. A abertura e inspeção dos poços deve ser documentada em relatórios com documentação fotográfica e descrição tátil visual dos materiais encontrados.
 - Coleta de seis blocos indeformados, 30x 30 x 30 cm dois em três poços;
 - Coleta de 10 amostras em saco de 30 kg, uma por poço.
 - Além dos ensaios previstos, na barragem Boqueirão deverão ser realizados ensaios no material de enrocamento:



SHMPRC202500445V01

