



IBAPE NACIONAL
Instituto Brasileiro de Avaliações
e Perícias de Engenharia



IBAPE BAHIA
Instituto Brasileiro de
Avaliações e Perícias de
Engenharia da Bahia

Análise Executiva do Concreto Compactado com Rolo de uma Barragem

**Débora Rodrigues Soares; Thalita Dayane
de Melo Mendes Sabino; Fábio Sérgio da
Costa Pereira**



O conteúdo dos trabalhos técnicos apresentados no COBREAP é de inteira responsabilidade de seus autores.

ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EXISTENTES NO CONCRETO COMPACTADO COM ROLO DE UMA BARRAGEM E SUAS SOLUÇÕES

RESUMO

Diante da quantidade patologias evidenciadas e agravadas ao longo dos quase 25 anos de uso da barragem de Passagem das Traíras, situada entre os municípios de Jardim do Seridó e São José do Seridó, surgiu a possibilidade de realização desse artigo. Embasado na visita técnica da pós-graduação da UNI-RN, do dia 18 de maio de 2019, e no estudo e elaboração do projeto executivo para recuperação/manutenção da barragem Passagem das Traíras, esse trabalho tem por objetivo expor a situação atual da barragem por meio de relatos, fotografias e ensaios de análise, identificando as patologias, suas causas e as soluções cabíveis no processo de recuperação. Seu desenvolvimento será dividido entre análises de projeto, execução e patologias do Concreto Compactado com Rolo, seguido dos resultados demonstrados nos ensaios e nas análises feitas na visita técnica e no material disponibilizado para elaboração dos projetos executivos para recuperação e manutenção da barragem. Por fim, serão relatadas as soluções para os problemas vigentes na barragem acompanhado da conclusão geral do artigo.

Palavras-chave: *Barragem; Concreto compactado com rolo; Juntas de contração; Patologias;*

INTRODUÇÃO

Se tratando da Barragem em questão, sua capacidade gira em torno de 48.000.000 m³, represando água do rio Seridó. Possui 15 metros de altura até a crista do vertedouro e 22,8 metros até o coroamento do parâmetro seco, tendo extensão total do corpo da barragem de 424,6 metros, executada em Concreto Compactado com Rolo (CCR).

A barragem, construída por iniciativa do governo estadual do Rio Grande do Norte nos anos de 1994 e 1995 e, conseqüentemente, pertencendo ao Patrimônio Público do Estado do RN, é de responsabilidade direta desse governo. E, como o governo estadual tem o dever de realizar a manutenção e reparação dos reservatórios de sua propriedade, a Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) inseriu no Projeto RN Sustentável, uma proposta objetivando efetivar a reabilitação e manutenção dessa estrutura, repondo sua operação e seu atendimento.

Para pôr em prática a manutenção desta Barragem e minimizar os riscos incidentes a vidas humanas, foi realizada a contratação e emissão da Ordem de Serviço, dos estudos e elaboração dos projetos executivos para manutenção e recuperação da barragem, que posteriormente teve seus resultados descritos em um memorial descritivo e de cálculo. O mesmo, datado em março de 2019 e envolvendo relatórios de 2005 e 2015, será utilizado para embasar o presente artigo. Além de usar uma base nos conhecimentos pessoais referentes ao assunto de barragens, referenciados na visita técnica realizada no dia 18 de maio de 2019.

No memorial, determinou-se que a barragem se encontra na Categoria 2 do nível de perigo geral das estruturas, colocando a estrutura em condição de alerta. Ou seja, foi constatado que o funcionamento inadequado da drenagem interna, a ocorrência de falhas estruturais e os desgastes da estrutura, tornaram imprescindível que as anomalias fossem sanadas rapidamente, apesar da estrutura não representar risco iminente de ruptura.

Diante dessas informações, foi considerada a produção desse artigo, deixando claro as patologias encontradas no maciço de CCR da barragem. Serão expostos os principais pontos problemáticos do concreto.

Figura 01 – Vista geral do paramento a jusante da barragem



Fonte: Acquatool – fevereiro de 2019

DESENVOLVIMENTO

1. Análise da execução do CCR

No memorial realizado pela empresa Acquatool, existem citações referentes ao processo construtivo da barragem. Dentre elas, é citado no resumo do memorial que “há uma nítida comprovação de práticas deficientes nos procedimentos adotados pela Construtora Contratada, bem como a inadequada aceitação desses serviços pela Fiscalização-Supervisão- Entidade Contratante”. Considerando essa citação, toda a qualidade da obra pode ser colocada em voga, inclusive o CCR.

De acordo com o memorial, notou-se uma diminuição na tensão máxima admissível de compressão entre os valores do relatório de construção e os valores atuais do CCR. O motivo que pode ter causado o valor minorado da tensão a compressão pode se tratar dos agregados utilizados no CCR, que, possivelmente, apresentam reação álcalis-agregado.

A fiscalização, na época da construção, recomendou a utilização de materiais pozolânicos para evitar a reação álcali-agregado, porém, não existem registros do teor, ou sequer da utilização desses materiais nos documentos disponibilizados a empresa responsável pela recuperação e manutenção da barragem.

Também é citado, no primeiro volume do memorial, que a reação álcalis-agregado pode estar associada a degradação acelerada da superfície do paramento a montante, entretanto existe outro fator que pode ter ajudado na degradação: o uso excessivo de agregados.

Quanto aos materiais referentes a composição do CCR extraída para o relatório final da obra, constou-se que existiam 36,58% seixos, 26,36% pó de seixo e 26,36% de areia, totalizando 89,03% em agregados. Da porcentagem restante, 7,09% era água e 3,61% se tratava do cimento. Esses fatores “conferiram à superfície

característica de rugosidade”, facilitando, até, a micro-fissuração, quando exposta ao intemperismo por tempo prolongado, e a menor resistência a compressão.

No caso supracitado, houve indevida execução do CCR, contudo, também existem problemas na execução do concreto superficial. Na superfície do maciço da barragem, foi possível notar que existiam corpos estranhos, que se encontravam fortemente aderidos ao concreto superficial, demonstrando que poderiam terem sido inseridos durante a mistura, o lançamento ou o adensamento do concreto. O material suspeito se tratava de pedaços de madeira, que foram adicionados ao concreto durante sua mistura ou do seu lançamento, na época da execução da barragem.

Figura 02 – Pedaco de madeira encontrado no concreto superficial



Fonte: Acervo pessoal da autora. 18 de maio de 2019

Figura 03 – Regiões onde se encontram ou se encontravam pedaços de madeira no concreto superficial



Fonte: Acervo pessoal da autora. 18 de maio de 2019

O concreto superficial não tem função estrutural, porém, o fato de encontrar madeira na massa do concreto é motivo para maiores preocupações. O surgimento dessas lascas de madeira podem representar a possível falta de fiscalização ou o descaso para com a mistura do concreto. Sabe-se que existe um teor admissível de partículas de baixa massa específica, que é o caso da madeira, esse teor está entre 2 e 5% da massa do agregado. Contudo, pela observação da superfície do concreto, supõe-se que o teor admissível foi ultrapassado.

Além da execução inadequada da mistura e/ou aplicação do concreto, ainda é relevante citar a falha na execução protetiva dos paramentos a jusantes da seção não-vertedora. Esse paramento foi executado sem o concreto face, que deveria ter a função de proteger o paramento. Isso facilitou sua degradação intensa, incluindo a situação de perda de geometria original.

2. Análise das patologias do CCR

Analisando os aspectos da barragem na visita técnica realizada pela UNI-RN no dia 18 de maio de 2019, foi possível perceber a falha no concreto aparente, bem como a continuação da falha ao longo da barragem. O mesmo foi descrito no memorial. Ainda foi relatado que existiam pontos evidentes de pouca resistência do CCR empregado, caracterizando-se pela soltura de agregados da massa do CCR, além da própria massa de CCR, o que também notou-se na visita técnica: os agregados se desprendiam facilmente na lateral da barragem (figura 05), e na parte superior da crista da barragem, já haviam agregados soltos e espaços vazios no concreto, que antes acomodavam os agregados (figuras 04).

Figura 04- Desprendimento dos agregados do concreto superficial



Fonte: Acervo pessoal da autora. 18 de maio de 2019

Figura 05- Desprendimento do concreto superficial a jusante.



Fonte: Acervo pessoal da autora. 18 de maio de 2019

Considerando a situação da barragem como um todo, pode-se relatar que os paramentos a jusantes da seção não-vertedora são as áreas com maior deterioração. Esse paramento foi executado sem a proteção do concreto face, o que facilitou sua degradação intensa, incluindo a situação de perda de geometria original.

No paramento a montante, seu estado de conservação relata problemas críticos. Eles podem envolver a reação álcalis-agregado e o uso excessivo de agregados, ou a irregularidade da concretagem do paramento (figura 06 e 08). Essa irregularidade pode facilitar a permanência e posterior infiltração de água, ou o depósito de sementes, seguido pelo nascimento de vegetação, nas saliências formadas pela irregularidade do concreto.

Figura 06 – Detalhe no sentido vertical do paramento a montante



Fonte: Acquatool. Fevereiro de 2019

Figura 07 – Vegetação nascendo nas dobras do paramento a montante



Fonte: Acervo pessoal da autora. 18 de maio de 2019

Figura 08 – Paramento de montante apresentando irregularidades causadas por falha de instalação das formas durante concretagem



Fonte: Acquatool – fevereiro de 2019

Além da concretagem irregular, vale constar que, devido ao longo período sem praticamente nenhum armazenamento, esse paramento permaneceu exposto a intenso intemperismo, facilitando, também, a degradação de sua superfície.

Foi perceptível, no concreto de acabamento da crista, diversos panoramas de fissuras, decorrentes de distintas deficiências e falhas que, provavelmente, envolvem o projeto da barragem e a execução do mesmo, além da falta de manutenção da estrutura.

As fissuras em si, além de representar uma patologia desenvolvida, ou em desenvolvimento, podem representar zonas de fraqueza, causando outros tipos de problemas patológicos, como a infiltração. Pequenas infiltrações são comuns em barragens, entretanto, as infiltrações encontradas na barragem de Passagem das Traíras, provavelmente causadas por fissuras e inadequada impermeabilização, são capazes de comprometer o padrão de segurança da estrutura.

3. Resultados das Análises

Sobre o material do CCR e sua degradação, segundo o volume I do memorial descritivo e de cálculo, realizado em março de 2019, foram definidos dois cenários de análise, sendo o primeiro cenário referente aos valores de resistência do CCR conforme apresentado no Relatório de Construção, e o segundo referente aos valores de resistência do CCR inferidos para as condições atuais. Entre os dois cenários foi observada uma redução de mais de 40% na tensão máxima admissível à compressão.

Essa redução na tensão admissível demonstrou que existe um grau avançado de deterioração do material. Nas áreas onde o material se encontra exposto, de acordo com o memorial, existem evidências de frivolidade, mostrando incapacidade de manter a geometria construtiva.

Quanto as fissuras, ao levar em consideração que houveram práticas deficientes nos procedimentos adotados pela construtora contratada e a falha na supervisão e fiscalização da obra, pode-se considerar o surgimento de fissuras um resultado esperado. Em relação as fissurações, algumas delas foram medidas, e observou-se que tinham, em média, entre 2 e 3 milímetros.

De acordo com o Manual do Empreendedor sobre Seguranças de Barragens – 2016, publicado pela ANA, as fissuras encontradas em barragens de concreto podem ser divididas de acordo com a (tabela 01).

Tabela 01 – Classificação das fissuras em Barragens de Concreto

Abertura (mm)	Designação
$e \leq 0,50$	Fissura
$0,50 < e \leq 1,50$	Trinca
$1,50 < e \leq 5,00$	Rachadura
$5,00 < e \leq 10,00$	Fenda
$e > 10,00$	Brecha

Fonte: Manual do Empreendedor Sobre Segurança de Barragens, Volume II.

Diante da atual situação das fissuras encontradas na crista da barragem, conclui-se que, na verdade, as fissuras encontradas se tratam de rachaduras. E, também de acordo com o manual de segurança de barragens, fissuras com comprimento maior que 3 metros e abertura maior que 1 milímetro podem representar de médio a grande magnitude, possibilitando até a passagem de água, segundo (figuras 09 e 10).

Figura 09– Fissuras encontradas ao longo da barragem



Fonte: Acervo pessoal da autora. 18 de maio de 2019

Figura 10 - Fissuras de um lado a outro da passagem da barragem



Fonte: Acervo pessoal da autora. 18 de maio de 2019

No caso da seção vertedora e não-vertedora, de acordo com o memorial descritivo e de cálculo, que apresentou os valores das tensões calculadas pelo modelo e percentuais em relação a tensões admissíveis dos materiais em diferentes cenários, os percentuais das tensões máximas admissíveis se encontram em situações satisfatórias, atingindo um máximo de 64% para o caso do reservatório cheio.

Entretanto, na análise de estabilidade na situação crítica, “onde a coesão e o ângulo de atrito foram reduzidos devido à eventual ocorrência de saturação e trincas na situação vertedoras”, o fator de segurança é inferior aos valores recomendados.

A pior situação simulada ocorreria durante uma cheia com 2 metros de lâmina de vertimento. Nessa situação, poderia haver o colapso da estrutura, pois o fator de segurança apurado é menor que 1. Nos valores de tensão do maciço em CCR

envolvendo o reservatório cheio e no caso do reservatório cheio somado a sismos, em ambas situações, os fatores de segurança se encontram inferiores aos admissíveis

Em suma, a seção transversal vertedora utilizada no projeto da barragem, analisando pelos parâmetros estimados para a condição atual da mesma, não atende aos critérios de estabilidade admitidos para as situações envolvendo cheia com 2 metros de lâmina de vertimento, reservatório cheio e reservatório cheio somado a sismos.

Em relação a seção não-vertedora adotada no projeto da Barragem Passagem das Traíras, a mesma atende a maior parte dos critérios de estabilidade admitidos para as mesmas três situações consideradas na seção vertedora, entretanto, a estrutura sofre risco de esmagamento pelo seu próprio peso.

CONCLUSÕES

Diante de todos os casos analisados, pode-se concluir a necessidade urgente de realizar as recuperações às estruturais da barragem, para que haja a diminuição ou anulação dos prejuízos financeiros e ambientais, como também dos riscos a população a jusante.

A estabilidade da barragem aponta uma situação crítica, e manifesta restrições estruturais na situação de reservatório cheio, demonstrando redução na tensão máxima admissível a compressão do CCR. Nessa situação, a seção máxima não vertedora, devido a tensões excessivas não suportadas, corre o risco de esmagamento por seu próprio peso, enquanto na seção vertedora, a mesma se mostra instável ao deslizamento.

Para tornar estável a situação da seção vertedora, capaz de suportar a cheia decamilenar, considera-se a construção de um novo paramento a montante oblíquo, além da reconstrução da crista e o envelopamento da rampa de descida do vertedouro com uma camada de concreto. Já para o caso da situação não vertedora, considera-se o rebaixamento do coroamento da barragem, uma nova seção de paramento a montante também oblíqua, e um acréscimo de 0,4 metros no paramento a jusante.

Esse acréscimo no paramento a jusante resume a intervenção no paramento a jusante das seções não vertedoras, que se encontram intensamente degradadas. Para essa realidade, considera-se o envelopamento com concreto face com preenchimento e regularização das zonas de erosão de 40 centímetros.

Considerando as execuções citadas para solucionar os problemas patológicos encontrados nesta barragem, é possível assegurar a estabilidade da estrutura e o aumento de sua vida útil. Entretanto, é necessário o envolvimento do poder público para que hajam as devidas reformas, manutenções e adequações na barragem.

REFERÊNCIAS

O que é o semiárido brasileiro. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html?=&t=o-que-e>. Acesso em 29 de maio de 2019.

PASSUELO, A. *et al.* **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. 2 v. ed. G. C. Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005.

BERNARDI, Douglas Francescato; ONZI, Juliana Gonçalves; MASCARELLO, Germano Pirolí; BUENO, Paulo Fantin. Patologia em grandes estruturas: estudo da

percolação de água na barragem do Marrecas – Caxias do Sul/RS. In: **Comitê Brasileiro de Barragens**, XXX Seminário Nacional de Grandes Barragens, 2015, Foz do Iguaçu – PR.

Estudo de elaboração do projeto executivo para recuperação/manutenção da barragem Passagem das Traíras – Contrato nº 009/2018 - SEMARH: Plano de trabalho dos serviços de escritório e levantamento de campo. Fevereiro de 2019, Rio Grande do Norte.

Estudo de elaboração do projeto executivo para recuperação/manutenção da barragem Passagem das Traíras – Contrato nº 009/2018 - SEMARH: Volume I – Memorial Descritivo e de Cálculo. Março de 2019, Rio Grande do Norte.

Andriolo, Francisco Rodrigues; Junior, Manoel de Sousa Feitas. **Memorando AE/HY – SEM – RN – TRAÍRAS – 01/2019.** Análise preliminar de documentos para readequação da Barragem de Passagem das Traíras. 18 de março de 2019, Rio Grande do Norte

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, p. 108. 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. **Manual do Empreendedor sobre Seguranças de Barragens Volume II:** Guia de Inspeções e Formulários para Inspeções sobre Segurança de Barragens. Brasília, 2016. 220 p. Disponível em:

<http://arquivos.ana.gov.br/cadastrros/barragens/ManualEmpreendedor/GuiaOrientacaoFormulariosParaInspecoesSegurancaBarragem.PDF>. Acesso em 26 jun. 2019.