

Laudo de ***Inspeção e Diagnóstico***

Cliente:

Companhia de Saneamento de Sergipe - DESO

Referência:

*Reservatório Elevado Nossa Senhora das Dores
Contrato 51/2023*



m&c
engenharia

Julho/2024

Composição do Laudo

1. Objetivo e finalidade	2
2. Contratante	2
3. Apresentação da empresa autora do trabalho e seu responsável técnico.....	2
4. Equipe técnica	3
5. Metodologia	4
6. Princípios e ressalvas	4
7. Documentação utilizada.....	5
8. Glossário dos termos utilizados	6
9. Localização.....	6
10. Vistoria para caracterização do reservatório	7
11. Características técnicas e de operação do reservatório	9
12. Identificação de não conformidades	13
13. Ensaaios não destrutivos (ENDs).....	22
14. Diagnóstico	25
15. Conclusão e recomendações	32
16. Termo de encerramento	34

ANEXO 1 - Projeto fornecido pela contratante

ANEXO 2 – Relatórios dos Ensaios Não Destrutivos (ENDs)

ANEXO 3 – Projeto de Recuperação e Reforço Estrutural

A autoria deste trabalho está protegida pela lei nº 9610/1998, que trata de direitos autorais, sendo proibidas cópias ou reproduções do todo ou de partes dele, sem a anuência expressa do autor.

Controle de revisões

Rev. nº	Data	Itens revisados	Responsável
0	11/04/2024	Laudo inicial	Emerson
1	16/07/2024	Alterações nos itens 4, 5, 6, 12, 13 e 14	Emerson

1. OBJETIVO E FINALIDADE

Este Laudo de Inspeção e Diagnóstico tem por **objetivo** caracterizar o estado atual em que se encontra o reservatório denominado **Reservatório Elevado Nossa Senhora das Dores**, identificando as não conformidades ali presentes bem como o grau de risco que apresentam.

A **finalidade** deste trabalho é subsidiar a contratante no processo de tomada de decisão quanto à recuperação e/ou reforço do reservatório.

2. CONTRATANTE

A contratante neste trabalho é Companhia de Saneamento de Sergipe - DESO, ora representado por seu presidente, adm. Luciano Gois Paul.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA AUTORA DO TRABALHO E SEU RESPONSÁVEL TÉCNICO

A empresa autora deste trabalho é a M&C Engenharia, assim caracterizada:

Endereço: Rua Antônio Andrade nº 2398 – Galeria Paulo Carvalho sala 4

bairro Coroa do Meio – Aracaju-SE – CEP 49.035-050

CNPJ: 32.830.879/0001-95

Fone: 79 3211-2567

Fax: 79 3214-0982

e-mail: emerson@mecengenhariase.com.br

O responsável técnico por este trabalho é o engenheiro civil e mestre em desenvolvimento e meio ambiente Emerson Meireles de Carvalho, cujas credenciais são apresentadas a seguir:

- Engenheiro civil com 34 anos de experiência profissional – UFS 1988 (registro nº 270132096-8 no CONFEA e nº 5.745/D-SE no CREA-SE);

- Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente – UFS 2008;
- Especialista em Avaliações e Perícias de Engenharia – UFS 1996;
- Especialista em Engenharia Diagnóstica – Patologia e Perícias na Construção Civil – INBEC 2020;
- Especialista em Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto – UNASP 2021;
- Professor Adjunto 4 do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe;
- Perito judicial em comarcas de Aracaju (3ª, 9ª, 11ª, 12ª, 13ª, 15ª e 18ª varas cíveis) e N. Srª do Socorro (1ª e 2ª varas cíveis);
- Engenheiro credenciado da Caixa Econômica Federal - CAIXA desde 1997 tendo elaborado mais de 3.500 laudos de avaliação, análise de empreendimentos, fiscalização de obras e laudos de sinistro;
- Engenheiro credenciado da CAIXA SEGUROS desde 2002 para elaboração de laudos de avaliação e de sinistro;
- Engenheiro credenciado do Banco do Brasil desde 2012 para elaboração de laudos de avaliação, análise de empreendimentos e fiscalização de obras;
- Membro titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia – IBAPE-SE.

4. EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica envolvida com a elaboração deste trabalho foi formada pelos seguintes profissionais:

Profissional	Empresa	Atividade
Eng. civil MSc. Emerson Meireles de Carvalho	M&C Engenharia	Coordenação, vistoria e Laudo
Engª. Civil Esp. Luana de Jesus Souza	M&C Engenharia	Vistoria e Laudo
Engª. civil Amélia Gomes Nunes	M&C Engenharia	Apoio ao Laudo
Acad. eng. civil Vitória Lorrany Santos Accioly Lins	M&C Engenharia	Apoio ao Laudo
Eng. civil MSc. Tadeu Matos Henriques Nascimento	FTech Soluções Técnicas	Realização de Ensaios Não Destrutivos
Eng. civil Henrique Rodrigues dos Santos	FTech Soluções Técnicas	Realização de Ensaios Não Destrutivos
Eng. civil Dr. Matheus Lopes Peres	GEOTEC Consultoria e Serviços	Projeto de recuperação e reforço estrutural
Eng. civil José Luis Rabelo de Santana	GEOTEC Consultoria e Serviços	Projeto de recuperação e reforço estrutural

Quadro 1 – Equipe técnica envolvida

A metodologia aplicada neste trabalho foi estruturada nas seguintes etapas: a) conhecimento das características físicas e funcionais da edificação/estrutura; b) inspeção visual para identificação de não conformidades presentes que afetam as funcionalidades e/ou durabilidades; c) realização de ensaios de caracterização; d) análise e interpretação dos resultados dos ensaios; e) elaboração de diagnóstico; f) elaboração de projeto de recuperação e/ou reforço estrutural; g) elaboração de termo de referência para recuperação; e h) elaboração de orçamento para recuperação.

A Figura 1 ilustra, de forma didática, a metodologia utilizada.



Figura 1 – Metodologia aplicada

6. PRINCÍPIOS E RESSALVAS

Os **princípios básicos** sob os quais se baseiam este trabalho são a ética, a independência profissional, a busca da verdade e o respeito à legislação, em especial àquela apresentada a seguir e na qual estão incluídas as normas técnicas pertinentes.

- NBR 13752:1996 – Perícias de engenharia na construção civil;
- NBR 16747:2020 - Inspeção predial — Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento
- NBR 6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto;

- Resolução nº 1.002 do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, de 26/11/02, que adota o Código de Ética Profissional;
- Resolução nº 345 do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, de 27/07/90, que dispõe quanto ao exercício por profissionais de Nível Superior das atividades de Engenharia de Avaliações e Perícias de Engenharia.

A M&C Engenharia, visando atender aos princípios da LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados, nº 13.709/2018), assegura a confidencialidade dos dados e informações obtidas que foram utilizadas exclusivamente na execução do serviço contratado¹.

Como **principais ressalvas** destacam-se as seguintes:

- Toda a documentação e informações apresentadas ao autor deste trabalho foram tidas como verdadeiras e válidas;
- Na busca de uma melhor relação custo-benefício os ensaios foram realizados segundo um plano de ensaios por amostragem;
- As taxas de encargos sociais e BDI adotadas no orçamento para recuperação da estrutura foram definidas pela contratante; e
- Diante das condições de uso da unidade não foi escavada nenhuma fundação, privilegiando-se, assim, a segurança da obra. Em razão disso, sugere-se, futuramente, a escavação das fundações para investigação de eventuais manifestações patológicas existentes.

7. DOCUMENTAÇÃO UTILIZADA

Para consulta, a contratante forneceu os documentos listados a seguir:

- Projeto do Reservatório Elevado – Res. 400m³ – Plantas baixas, de autoria do eng. Paulo Vieira da Cunha, nomeado como MV-13-424-S, datado de junho de 1992;
- Projeto do Reservatório Elevado – Res. 400m³ – Corte e Vista, de autoria do eng. Paulo Vieira da Cunha, nomeado como MV-13-425-S, datado de junho de 1992; e
- Memorial de cálculo do projeto estrutural – RE2 400m³, de autoria do Eng. Civil Nilson Moreau, registrado no conselho de classe sob o número CREA 3.072/D, e validado pelo Eng. Civil Antônio Lima Cota, registrado no conselho de classe sob o número CREA/SE 3.138/D. Arquivo nomeado como A02-P2-036, datado de março de 1993.

¹ Excetua-se do conceito de informação confidencial aquela que já foi divulgada ou disponibilizada publicamente pelo cliente, bem como o registro de imagens eventualmente autorizadas pela Contratante, para fins de divulgação, ou aquelas que não tenham vinculação ou identificação da Contratante.

8. GLOSSÁRIO DOS TERMOS UTILIZADOS

Cabe neste trabalho o esclarecimento quanto a algumas definições adotadas para os termos utilizados, no intuito de eliminar possíveis dúvidas quanto à clareza e conteúdo do mesmo. São elas:

Abatimento – dano causado pelo afundamento da base.

Aberturas

- Microfissura – abertura com dimensão transversal menor que 0,2 mm.
- Fissura – abertura com dimensão transversal entre 0,2 e 0,4mm.
- Trinca – abertura com dimensão transversal entre 0,5 e 1,4mm.
- Rachadura – abertura com dimensão transversal 1,5 e 5,0mm.
- Fenda – abertura com dimensão transversal maior que 5,0mm.

Anomalia – Irregularidade, anormalidade, exceção à regra, não-conformidade.

Corrosão metálica – processo químico ou eletroquímico que resulta na transformação de metal ou liga metálica, resultando produtos de corrosão e liberação de energia.

Dano – prejuízo causado a outrem pela ocorrência de vícios, defeitos, sinistros e delitos, entre outros.

Danificado – elemento que sofreu avaria por quebra ou lesão de difícil recuperação.

Defeito - anomalia que pode causar danos efetivos ou representar ameaça potencial à saúde ou segurança do usuário, decorrente de falhas de projeto ou execução de um produto ou serviço, ou ainda, de informação incorreta ou de sua utilização ou manutenção.

Descolado/Desplacado – elemento que perdeu aderência da sua base.

Desgastado – elemento que sofreu avaria superficial.

Subsistema – parte da edificação com funções específicas (ex. alvenaria, estrutura, esquadrias, etc.).

Vício – anomalia que afeta o desempenho de produtos ou serviços, ou os tornam inadequados aos fins a que se destinam, causando transtornos ou prejuízos materiais ou financeiros a outrem. Podem decorrer de falha de projeto, ou da execução, ou ainda de informação defeituosa sobre a sua utilização ou manutenção.

9. LOCALIZAÇÃO

O objeto deste laudo é o **REL Nossa Senhora das Dores**, localizado na Avenida Manoel Paes de Santana, esquina com a Travessa Beijamin Constant, no município de Nossa

Senhora das Dores, em Sergipe, conforme se vê na Figura 2 e Figura 3. As coordenadas geográficas tomadas da frente do imóvel (centro) são: 10°29'23.6"S 37°11'48.9"W (Datum WGS84).



Figura 2 – Macrolocalização do reservatório vistoriado



Figura 3 - Microlocalização do reservatório vistoriado

10. VISTORIA PARA CARACTERIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO

A vistoria foi realizada no dia 15 de março de 2024 estando presente, além da equipe da M&C Engenharia, o Sr. Wesley da Silva (operador da ETA). Com o objetivo de obter registro fotográfico de partes não acessíveis, em especial a cuba, foi empregado um drone (modelo DJI Mavic Pro – Figura 4).



Figura 4 – Drone modelo DJI Mavic Pro

Por meio da vistoria se fez tanto a caracterização do reservatório quanto a identificação de diversas não conformidades ali presentes, conforme descritas adiante. O acesso ao reservatório se dá pela Av. Manoel Paes Santana, conforme é possível notar na Figura 5. Os aspectos e vistas gerais do reservatório podem ser visualizados da Figura 5 a Figura 8.



Figura 5 – Vista aérea da Av. Manoel Paes Santana, via de acesso ao reservatório vistoriado



Figura 6 – Vista da Av. Manoel Paes Santana, via de acesso ao reservatório vistoriado



Figura 7 – Vista do acesso ao REL Nossa Sra. das Dores



Figura 8 – Vista geral do REL Nossa Sra. das Dores

11. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E DE OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO

Inicialmente, é pertinente destacar que o reservatório em foco é classificado como elevado e exibe características típicas. Com o intuito de evitar ambiguidades acerca da análise direcionada a cada elemento constituinte do reservatório, a Figura 9 apresenta as características distintivas dos elementos dessa configuração estrutural.

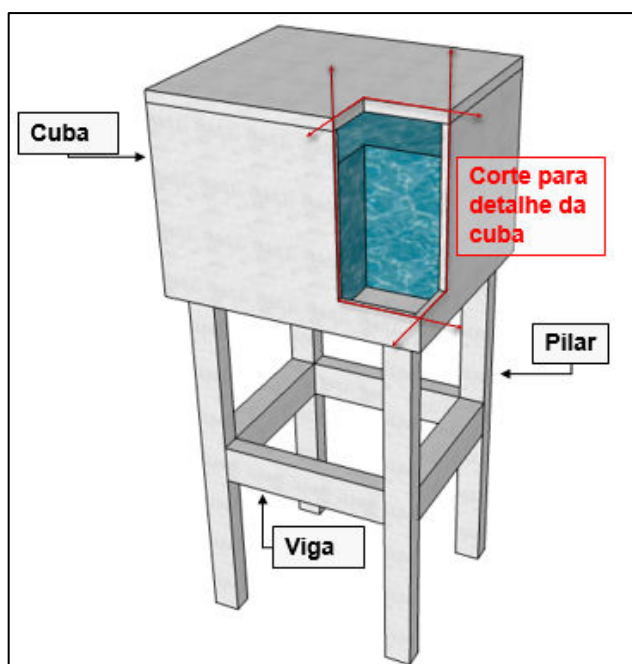


Figura 9 - Elementos estruturais do reservatório elevado

Da ilustração anterior tem-se:

1. Cuba ou Caixa (C): Estrutura responsável por armazenar a água, mantendo a estanqueidade do reservatório, a cuba é composta de lajes (tampa e fundo) e paredes de concreto armado; e
2. Pilares (P) e Vigas (V): Elementos estruturais de concreto armado responsáveis respectivamente pela sustentação e enrijecimento da estrutura.

O reservatório em foco integra o sistema de abastecimento da estação de tratamento de água do município de Nossa Senhora das Dores/SE. Construído em concreto armado, possui cerca de 19,45m de altura.

Sua estrutura é composta por 6 pilares e 4 anéis de vigas mais 1 anel de viga baldrame, conforme ilustrado na planta baixa das Figura 10 e Figura 11. Devido à precariedade da escada anexa ao reservatório, não foi possível vistoriar a cuba da unidade em apreço, porém ao que tudo indica, a mesma é composta apenas por uma célula.

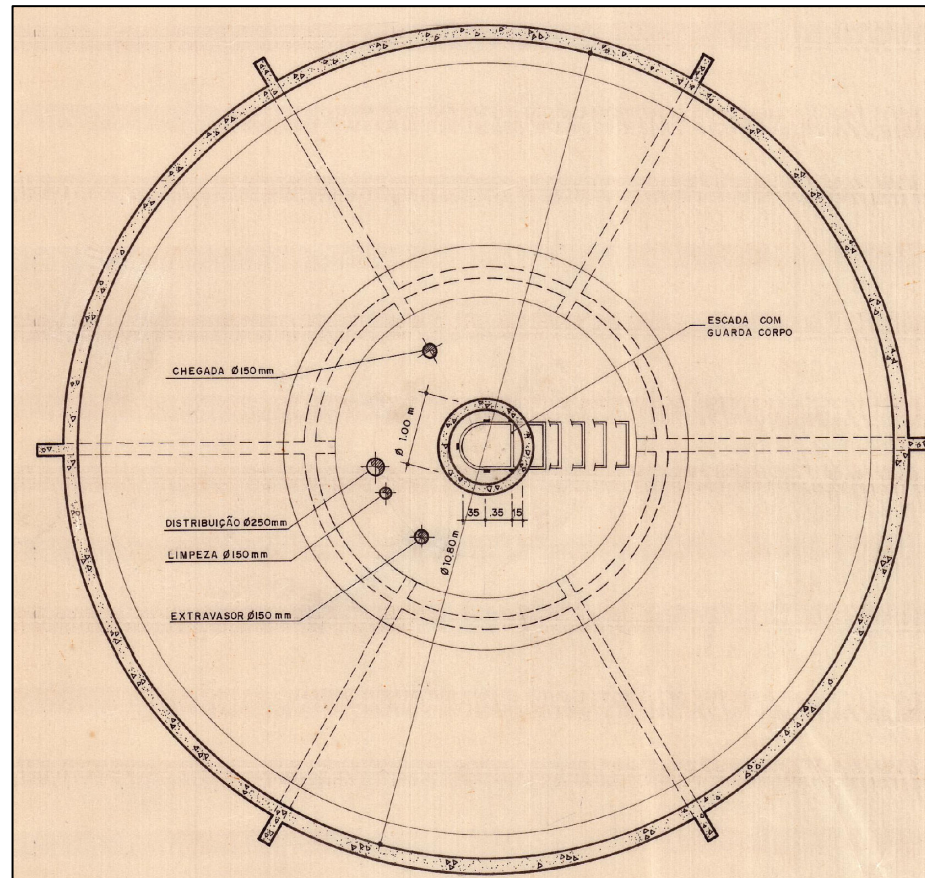


Figura 10 – Planta baixa do reservatório vistoriado, conforme arquivo MV-13-424-S, fornecido pelo contratante

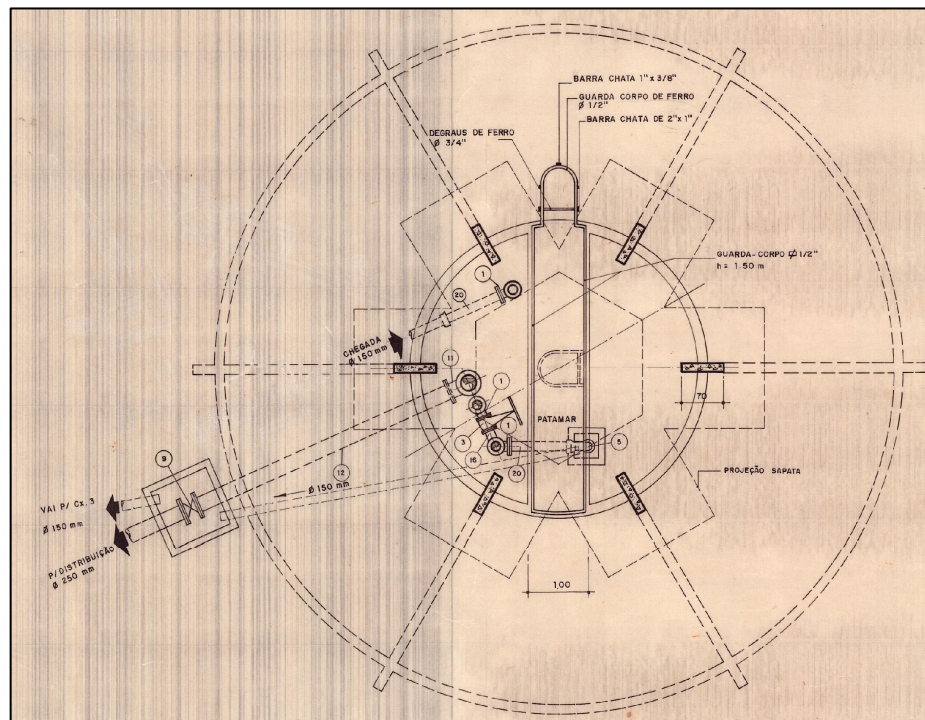


Figura 11 – Planta baixa do reservatório vistoriado, conforme arquivo MV-13-424-S, fornecido pelo contratante

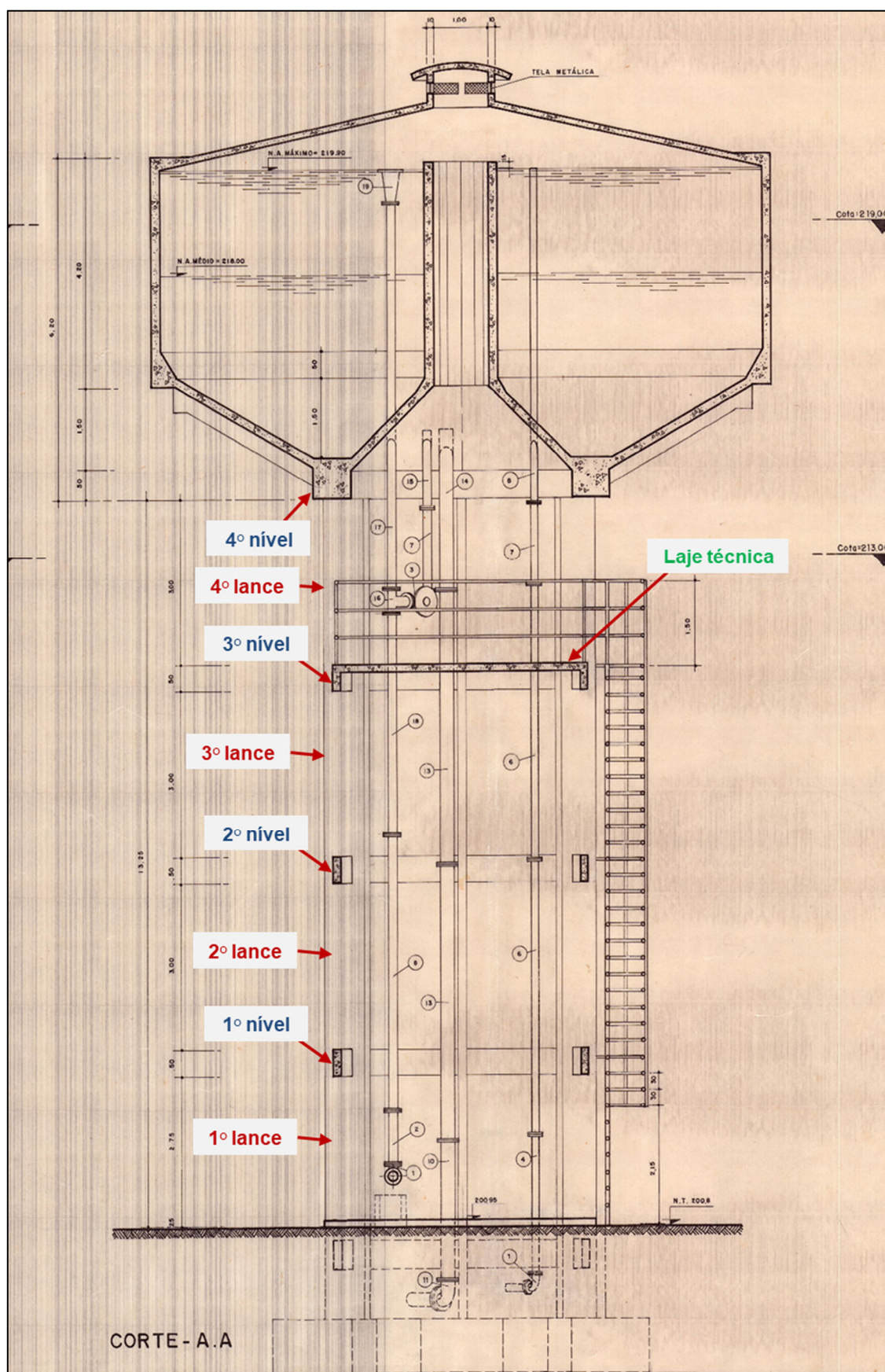


Figura 12 – Corte do reservatório vistoriado, conforme arquivo MV-13-425-S fornecido pelo contratante

Com o intuito de proporcionar um entendimento completo, os projetos disponibilizados pela contratante encontram-se no Anexo 01. Ademais, as principais características técnicas do reservatório elevado são apresentadas a seguir.

Características gerais

Nome: Reservatório Elevado Nossa Senhora das Dores	
Endereço: Avenida Manoel Paes Santana, s/n, Nossa Sra. das Dores-SE	
Capacidade: 400m³	Coordenadas: 10°29'23.6"S 37°11'48.9"W
Altura do piso ao topo: aprox. 19,45m	Idade: 29 anos (☒ Estimada ☐ Real)
Função: Abastecimento de todo o município de Nossa Sra. das Dores	
Autor do projeto: Paulo Vieira da Cunha	
Construtora responsável: Desconhecida	
Encontra-se em uso? ☒ Sim ☐ Não	Passa muito tempo seco? ☐ Sim ☒ Não

Estrutura

Tipo de estrutura: ☒ Concreto armado	Cobrimento do concreto: parcialmente baixo
Formato da estrutura: Irregular	
Revestimento da estrutura: Pintura	
Nº de pilares: 6	Seção típica dos pilares: 70x30cm
Nº de vigas: 5 anéis (4+1 baldrame)	Seção típica das vigas: 50x20cm
Nº de lajes: 3	Tipo de laje: Maciça
Juntas de dilatação: ☐ Sim ☒ Não	
Estado geral das juntas de dilatação: ☐ Ok ☐ N Ok ☒ NA	
Tipo de impermeabilização: Não identificada	

Fundação

Tipo de fundação: ☒ Sapata ☐ Estaca ☐ NI	Cota de assentamento: não informado
Tipo de solo: areno-argiloso	Nível do lençol freático: não identificado

Condições do entorno

Edificações limítrofes? ☒ Sim ☐ Não	Especificação: ETA e residências
Presença de árvores de grande porte nas proximidades das fundações? ☐ Sim ☒ Não	
Topografia do local: ☐ Active ☐ Declive ☒ Plana ☐ Suave ☐ Acentuado	
Presença de taludes: ☐ Sim ☒ Não	Proteção dos taludes: ☐ Ok ☐ N Ok ☒ NA
Condições da drenagem local: ☐ Adequada ☐ Inadequada ☒ NA	
Classe de agressividade ambiental: moderada	
Microclima: urbano	

Condições de utilização

Evidência da ocorrência de incêndios? ☐ Sim ☒ Não	Especificação: NA
Presença de agentes agressivos? ☒ Sim ☐ Não	Especificação: Cloro
Existência de plano de manutenção preventiva ou preditiva? ☐ Sim ☒ Não	
Condição de carregamento compatível com a concepção? ☒ Sim ☐ Não	

Histórico de intervenções

Segundo relatos do operador da ETA, o Sr. Wesley, não foram realizadas intervenções na estrutura do reservatório, apenas uma pintura na base dos pilares.

O reservatório em análise encontra-se próximo a uma estação de tratamento construída por volta de 1985, e atende à demanda local. Uma nova estação foi construída no mesmo local do reservatório elevado, conforme informações da Figura 13. Posteriormente todas as atividades da estação em uso serão transferidas para essa estação.



EMPRESA: H C DE MELO AMBIENTAL (SANEAL)

NOME DO PROFISSIONAL: JOÃO CARLOS FERREIRA DE MENEZES
TÍTULO DO PROFISSIONAL: ENGENHEIRO CIVIL
Nº DE REG DO CREA: RNP 0214135071 ART: SE20230349206

ENDEREÇO DA OBRA:
TRAVESSA BENJAMIN CONSTANT – SN – NS DAS DORES/SE - ÁREA DA DESO
CONTRATANTE: COMPANHIA DE SANEAMENTO DE SERGIPE - DESO

ATIVIDADE

EXECUÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA MODELO DUPLA FILTRAÇÃO EM FIBRA DE VIDRO DE VAZÃO MÉDIA 75 L/S INCLUINDO AS OBRAS CIVIS COMPLEMENTARES COMO BASE PARA EQUIPAMENTOS, CASA DE OPERAÇÃO E URBANIZAÇÃO DO AMBIENTE DA ETA.

SA SANEAL **SERGIPE** **DESO** **Banco do Nordeste**

Figura 13 – Informações de construção da nova ETA

Na área em questão, além da estrutura principal do reservatório, há uma Estação de Tratamento de Água (ETA), que conforme citado foi recentemente construída. Entretanto, o reservatório elevado está apresentando anomalias visíveis, como deslocamentos de concreto nas proximidades das estruturas novas, originando assim a presente análise.

12. IDENTIFICAÇÃO DE NÃO CONFORMIDADES

As identificações de não conformidades foram especificamente direcionadas à estrutura do reservatório em análise, conforme solicitado pela contratante. Em outras palavras, as demais construções existentes no terreno não fazem parte da análise deste laudo. No entanto, os registros do seu estado atual foram incorporados ao escopo deste trabalho para manter a rastreabilidade das informações e garantir sua inclusão nas ações de recuperação.

As não conformidades verificadas na estrutura do reservatório foram do tipo: corrosão de armadura com consequente deslocamento do concreto, armaduras expostas, trincas e fissuras, descontinuidade de seção entre os lances de pilares, ninhos de concretagem, infiltração, manchas de umidade e eflorescências, tendo sido identificadas e registradas conforme imagens a seguir².

² As indicações das localizações das anomalias constatadas foram definidas de acordo com as nomenclaturas de lances de pilares e níveis de vigas adotadas na Figura 12.



Figura 14 – Vista geral da face externa da tampa do reservatório, com desgaste natural



Figura 15 – Vista da face externa da tampa do reservatório com lixiviação, desgaste das bordas(setas) e corrosão no centro(círculo)



Figura 16 – Vista geral da face externa da tampa do reservatório, com desgaste natural e lixiviação



Figura 17 – Paredes da cuba com desgaste natural e manchas de umidade



Figura 18 – Vista da parede da cuba com desgaste superficial, manchas de umidade e fissuras (em destaque)



Figura 19 – Detalhe da parede da cuba com desgaste natural e manchas de umidade



Figura 20 – Detalhe da parede da cuba com desgaste natural, manchas de umidade e fissuras (em destaque)



Figura 21 – Detalhe da parede da cuba com desgaste natural, manchas de umidade e fissuras (em destaque)



Figura 22 – Vista geral da cuba do reservatório com desgaste superficial e manchas de umidade



Figura 23 – Vista geral da face externa da laje inferior inclinada da cuba com desgaste superficial, manchas de umidade e eflorescência (em destaque)



Figura 24 – Vista da face externa da laje inferior inclinada da cuba, com desgaste superficial, manchas de umidade e corrosão da armadura (em destaque)



Figura 25 – Vista da face externa da laje inferior inclinada da cuba, com desgaste superficial e manchas de umidade, em destaque eflorescência (círculos) e corrosão da armadura (retângulos) na viga de 4º nível



Figura 26 – Vista geral da laje do 3º nível, em destaque corrosão da armadura



Figura 27 – Detalhe da laje inferior da cuba com manchas de umidade e viga de 4º nível com corrosão da armadura (retângulo) e eflorescência (setas)



Figura 28 – Detalhe da corrosão da armadura (retângulos) na viga de 4º nível, eflorescência (setas) no 4º lance de pilar e zonas de deslocamento iminente do concreto (círculos) na viga de 3º nível



Figura 29 – Vista da estrutura do reservatório, em destaque corrosão da armadura nas vigas de 3º e 4º nível



Figura 30 – Detalhe da corrosão da armadura (setas) nas vigas de 3º e 4º nível, eflorescência (círculos) na viga de 4º nível e trincas (retângulos) na viga de 3º nível e no 4º lance do pilar



Figura 31 – Detalhe da estrutura do reservatório com manchas de umidade, em destaque corrosão da armadura e deslocamento do concreto (retângulos) nas vigas de 3º e 4º nível



Figura 32 – Detalhe da corrosão da armadura e consequente deslocamento do concreto (retângulos) nas vigas de 3º e 4º nível, e das tubulações com corrosão generalizada (setas)



Figura 33 – Destaque das vigas de 3º e 4º nível com corrosão da armadura (retângulos) e trinca (seta)



Figura 34 – Destaque da corrosão da armadura com consequente deslocamento do concreto (retângulos) na viga de 3º nível e das trincas no 4º lance de pilar

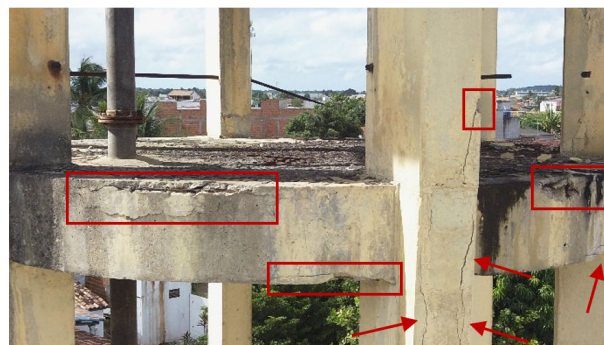


Figura 35 – Detalhe do 3º nível com corrosão da armadura e consequente deslocamento do concreto (retângulos) e incidência de trincas (setas)

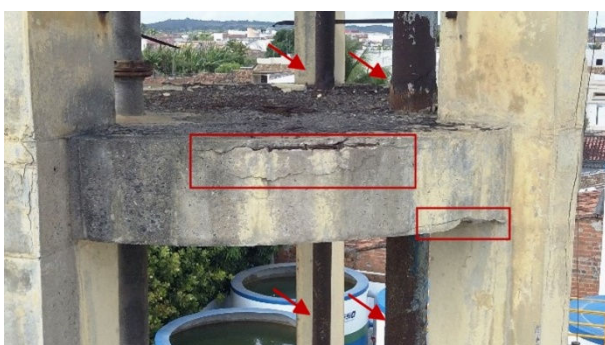


Figura 36 – Detalhe do 3º nível de viga, em destaque corrosão e deslocamento da armadura (retângulos) e tubulações com corrosão generalizada (setas)



Figura 37 – Vista da laje técnica com sujidades e ausência de guarda-corpo



Figura 38 – Detalhe da viga de 2º nível com manchas de umidade, em destaque corrosão da armadura (retângulo) e trinca (seta)



Figura 39 – Detalhe do 2º nível da estrutura com manchas de umidade e corrosão, em destaque zonas deslocadas ou com deslocamento iminente do concreto (retângulos) na viga e pilar, e trincas (setas) nos pilares

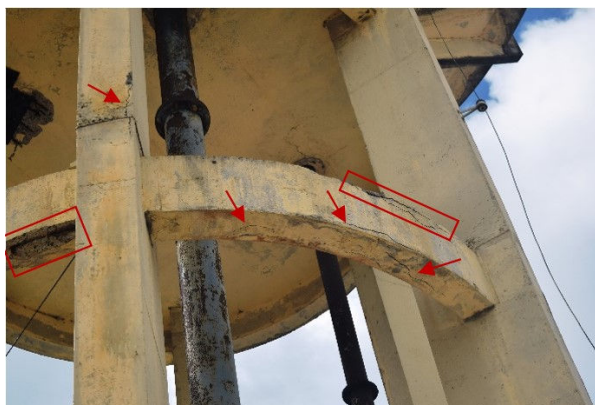


Figura 40 – Detalhe da viga de 2º nível com corrosão da armadura (retângulos) e zonas trincadas com iminente deslocamento do concreto (setas)

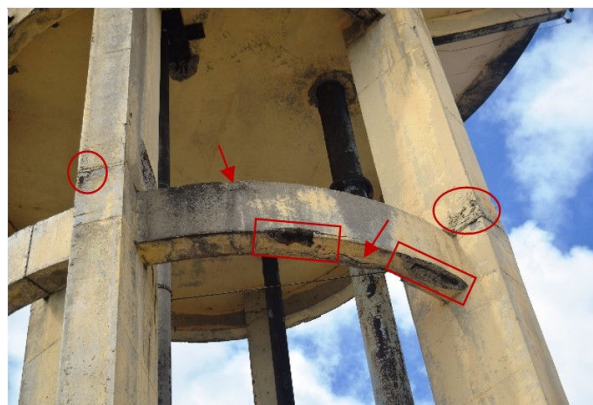


Figura 41 – Destaque da corrosão da armadura (retângulos) e trincas (setas) no 2º nível de viga, e ninhos de concretagem (círculos) na união entre o 2º e 3º lance de pilares



Figura 42 – Vista geral do 1º nível de vigas



Figura 43 – Vista do 1º nível de vigas, em destaque presença de fissura



Figura 44 – Detalhe do 1º nível de viga com deslocamento de concreto

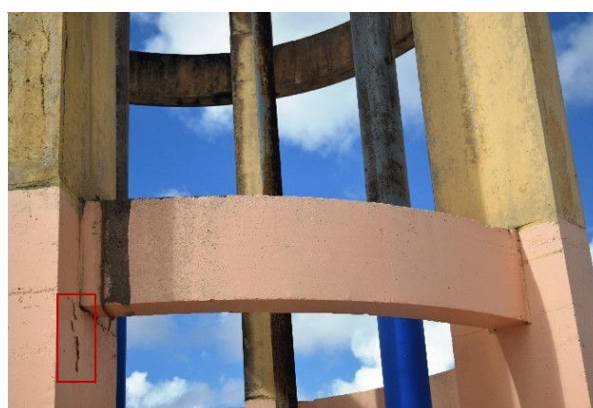


Figura 45 – Vista do 1º nível de viga e 1º lance de pilar, em destaque a ocorrência de trincas no pilar

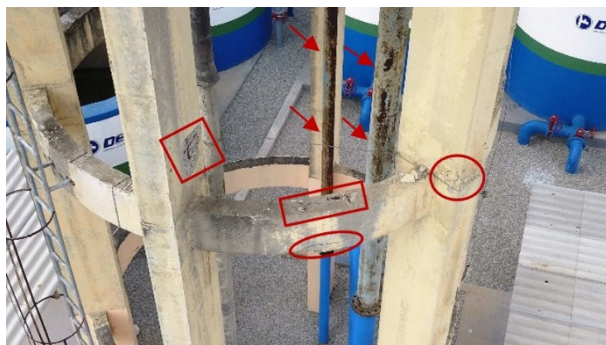


Figura 46 – Vista geral da estrutura, em destaque corrosão da armadura (retângulos), trincas (círculos) e tubulações com corrosão (setas)

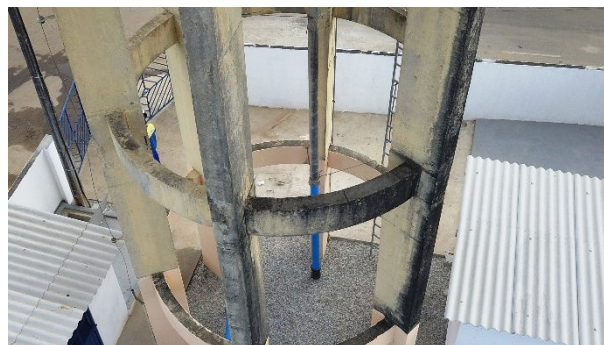


Figura 47 – Vista do 2º e 3º lances de pilar com manchas de umidade

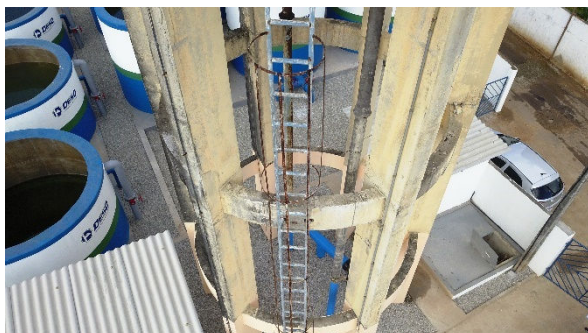


Figura 48 – Vista geral da escada de acesso à cuba (danificada)

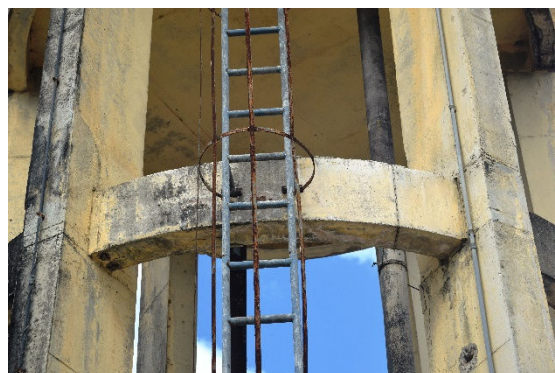


Figura 49 – Detalhe da escada de acesso à cuba danificada



Figura 50 – Vista geral da estrutura do reservatório



Figura 51 – Detalhe da descontinuidade da seção do pilar entre o 3º e 4º lance (retângulo) e ocorrência de trincas (setas)



Figura 52 – Detalhe do 3º lance de pilar e 2º nível de viga, em destaque deslocamento do concreto (círculos), trincas (setas) e ninhos de concretagem (retângulo) no encontro entre o 2º e 3º lance de pilar



Figura 53 – Vista da estrutura do reservatório, em destaque trincas (setas) no 3º lance do pilar e corrosão da armadura (círculos) no 3º nível de viga



Figura 54 – Vista do 2º lance de pilar, em destaque trincas (retângulos)



Figura 55 – Destaque de trinca na extremidade do pilar no 2º lance



Figura 56 – Vista do 2º lance dos pilares com trinca (setas) e ninhos de concretagem (retângulos)



Figura 57 – Detalhe do concreto segregado na ligação entre o 2º e 3º lance de pilar



Figura 58 – Detalhe do 2º lance de pilar, em destaque corrosão da armadura e consequente deslocamento do concreto (retângulo) e ocorrência de fissura (seta)



Figura 59 – Detalhe do 2º lance de pilar, em destaque trincas



Figura 60 – Destaque de trinca no 2º lance de pilar

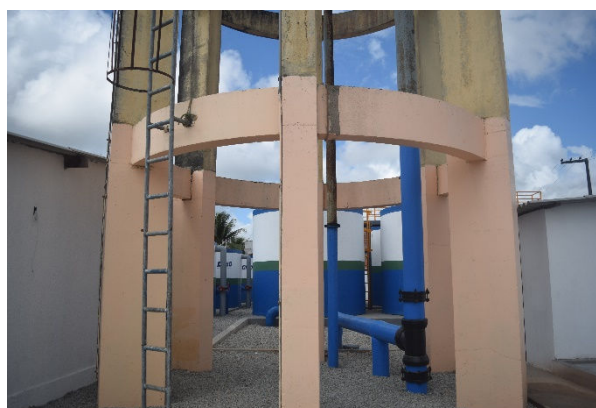


Figura 61 – Vista geral do 1º lance de pilares



Figura 62 – Vista do 1º lance de pilar com incidência de trincas (em destaque)



Figura 63 – Detalhe da incidência de trincas no 1º lance de pilar

Ademais, verificou-se que as estruturas adjacentes ao reservatório elevado, as estruturas apoiadas, tubulações e abrigo do operador encontravam-se em bom estado de conservação, não tendo sido identificadas anomalias, conforme exibido da Figura 64 a Figura 67.



Figura 64 – Vista geral das estruturas apoiadas



Figura 65 – Vista geral



Figura 66 – Detalhe da tubulação



Figura 67 – Detalhe da proximidade entre o abrigo do operador e o reservatório elevado

Acentua-se que o abrigo do operador foi implantado em local consideravelmente próximo ao reservatório elevado em questão, como evidenciado na Figura 67. Essa proximidade representa um potencial risco de queda de materiais deslocados da estrutura do reservatório sobre o abrigo de operação, o que compromete a segurança dos usuários.

13. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS (ENDS)

A aplicação dos ENDS é uma estratégia adotada para monitorar e avaliar o estado das estruturas de concreto armado sem provocar danos aos elementos. Além da avaliação de potencial de durabilidade e uniformidade do concreto, os métodos não destrutivos podem colaborar para mapeamento de informações não observadas superficialmente, que são determinantes para tomadas de decisão quanto à recuperação estrutural.

Para uma análise conjunta do reservatório os ensaios realizados foram: detecção eletromagnética da armadura (pacometria), esclerometria, ultrassom, profundidade de carbonatação, presença de cloretos e potencial de corrosão.

Foram conduzidos ensaios em uma amostra de viga no 1º nível e em 2 pilares no 1º lance. Essa decisão foi fundamentada em três aspectos técnicos específicos, sob orientação do engenheiro estruturalista.

Primeiramente, priorizou-se a realização dos seguintes ensaios em uma peça com armadura exposta: a determinação do diâmetro da armadura por meio de Paquímetro, a medição da profundidade de penetração de cloretos e de carbonatação. Adicionalmente, para uma peça fissurada, foram priorizados os ensaios de identificação do diâmetro da armadura por meio de pacômetro, a avaliação do potencial de corrosão e a determinação da profundidade de penetração de cloretos e de carbonatação. Quanto às peças visualmente íntegras, os ensaios recomendados compreenderam a identificação do diâmetro da armadura através de pacômetro, a aplicação de esclerometria e o uso de ultrassom.

A metodologia empregada baseou-se na realização de um levantamento abrangente da estrutura, visando à obtenção de dados representativos por meio de amostragem. O objetivo foi avaliar o estado da qualidade do concreto e a probabilidade de corrosão de maneira ampla, com foco na segurança e na confiabilidade dos resultados.

Com todas as diretrizes pré-definidas, os ENDs foram realizados no dia 10 de maio de 2024. Todos os ensaios foram produzidos pela M&C Engenharia em conjunto com a empresa Ftech Soluções Técnicas Especializadas, empresa especializada na realização de ensaios tecnológicos na área de construção civil. Foram realizados 17 ensaios, conforme a distribuição descrita no Quadro 2.

Ensaios Não Destrutivos	Qtd (un)	Peças ensaiadas
Detecção eletromagnética da armadura	6	2 pilares e 1 viga
Esclerometria	2	1 pilar e 1 viga
Ultrassom	3	2 pilares e 1 viga
Profundidade da frente de carbonatação	2	1 pilar e 1 viga
Profundidade da frente de penetração de cloretos	2	1 pilar e 1 viga
Potencial de corrosão	2	1 pilar e 1 viga

Quadro 2 – Distribuição de ensaios realizados no REL N. Sra. das Dores

Compreende-se que os ENDs colaboram no diagnóstico dos elementos estruturais por meio da averiguação aprofundada das características indispensáveis quanto à integridade do concreto, sendo assim, o Quadro 3 correlaciona os princípios, método de análise e objetivo de cada ensaio, para compreensão do produto esperado na investigação.

ENDs	Princípio	Parâmetro de análise	Objetivo
Detecção eletromagnética da armadura	Posicionamento e cobertura das armaduras	Diretrizes apontadas na NBR 6118	Verificar proteção química e física da armadura e fornecer dados preliminares para os outros ensaios
Esclerometria	Dureza superficial do concreto	Método comparativo e série histórica	Verificar homogeneidade do concreto
Ultrassom	Propagação de uma onda ultrassônica no concreto	Análise qualitativa do concreto em função da velocidade do pulso ultrassônico (VPU)	Verificar homogeneidade, detectar falhas e vazios no concreto
Profundidade de carbonatação	Áreas carbonatadas	Alcalinidade do concreto e constatação de áreas com pH inferior a 8,3	Verificar redução da alcalinidade do concreto ou probabilidade de despassivação, com consequente corrosão da armadura
Presença de cloretos	Zonas com presença de íons cloreto	Profundidade da penetração de íons cloreto no concreto	Verificar a possibilidade de despassivação da armadura por reações eletroquímicas e consequente corrosão
Potencial de corrosão	Diferença de potencial entre armadura e um eletrodo de referência	Probabilidade de atividades de corrosão na armadura de acordo com a diferença de potencial (ASTM C876)	Verificar a pior probabilidade de que atividades de corrosão já estejam acontecendo na armadura

Quadro 3 – Princípios, parâmetros e objetivos dos ENDs

A condensação dos resultados obtidos nos ENDs encontra-se no Quadro 4 e os relatórios completos, com os resultados obtidos para cada um dos ensaios, encontram-se no ANEXO 2 deste laudo.

ID/Elemento		Detecção eletromagnética da armadura	Carbonatação	Cloreto	Ultrassom		Esclerometria	Potencial de corrosão
		Cobrimento (cm)	Medida de profundidade de carbonatação (cm)	Medida de profundidade de contaminação por cloretos (cm)	Método	Velocidade média do pulso ultrassônico (m/s)	Índice esclerométrico médio (MPa)	Maior potencial de corrosão encontrado (mV)
1º Lance	Pilar 2	1,5	1,88	2,31	Direto	4.643,00	44,6	-390
1º Lance	Pilar 3	1,8	NE	NE	Direto	4.272,33	NE	NE
1º Nível	Viga P3-P5	1,3	1,89	2,59	Direto	4.487,33	46,1	-250
Legenda								
Observação: para as peças com mais de um ensaio do mesmo parâmetro de análise, foi adotado o valor favorável à segurança.								
NE: peça não ensaiada								
Detecção eletromagnética da armadura			Carbonatação e Cloretos			Potencial de Corrosão (ASTM C876)		
N,N	Cobrimento < profundidade de carbonatação		N,N	Peça carbonatada e/ou com Ions Cloreto		E _{corr} (mV, Cu/SO ₄ Cu)		Probabilidade de corrosão
Esclerometria								
NN,NN	O resultado pode ter sido influenciado pela carbonatação					> -200	< 5%	Baixa
Ultrassom (Critério de Whitehurst)						entre -200 e -350	50%	Incerta
Excelente	Bom	Regular	Ruim	Péssimo	< -350		> 95%	Alta

Quadro 4 – Resumo dos resultados dos ensaios não destrutivos (ENDs)

Conforme demonstrado no item 12 deste laudo, as anomalias verificadas na estrutura do reservatório foram do tipo corrosão da armadura com consequente deslocamento do concreto, armaduras expostas, trincas e fissuras, descontinuidade de seção entre os lances dos pilares, ninhos de concretagem, infiltração, manchas de umidade e eflorescências.

Nota-se que, de modo geral, as anomalias têm origem no desgaste natural (uso e manutenção), causado pela idade do reservatório associado à ausência de um plano de manutenção e a falhas construtivas.

Além disso, observa-se que as manifestações patológicas, especialmente a corrosão da armadura com consequente deslocamento do concreto, manifestam-se de forma mais intensa nas áreas mais próximas à cuba, em especial nas vigas de 3º e 4º nível e na laje inferior da cuba. As manchas de umidade e eflorescências também são mais agressivas na laje inferior da cuba e na viga do 4º nível. É provável que essa incidência esteja relacionada à falência do sistema de impermeabilização da cuba.

Para uma abordagem técnica, o processo de corrosão da armadura e subsequente deslocamento do concreto pode ser delineado da seguinte forma: a corrosão das armaduras consiste na redução da área transversal ou massa do aço devido à formação de produtos de corrosão, esses produtos apresentam propriedades expansivas, podendo aumentar o volume da armadura em até seis vezes, resultando em tensões de tração que causam fissuração e deslocamento do concreto adjacente, conforme ilustrado na Figura 68.

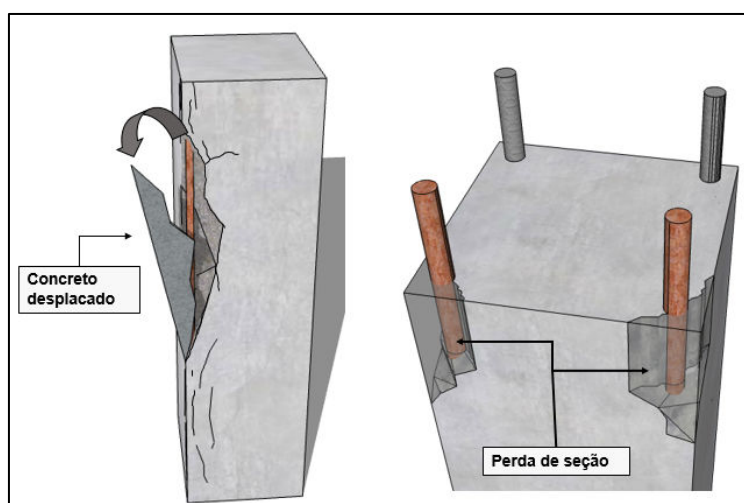


Figura 68 – Ilustração do processo de corrosão, perda da seção das armaduras e consequente deslocamento do concreto

Como consequência, dos processos ilustrados anteriormente, a estrutura torna-se mais suscetível à progressão dos processos corrosivos e a outros mecanismos de degradação.

No tocante à cuba, não foi possível avaliar seu estado interno, uma vez que o reservatório se encontra em operação, inviabilizando assim uma inspeção interna, além da falta de segurança no acesso por escada. No entanto, foi observado na face externa da laje inferior um alto grau de deterioração, caracterizado por presença de eflorescência, umidade e infiltração, corrosão e consequente deslocamento do concreto. Como mencionado previamente, é plausível supor que a impermeabilização tenha sua vida útil prescrita, o que facilita a infiltração de água na laje inferior da cuba.

Com base na inspeção realizada por meio de imagens aéreas da cuba, foi observado que a face externa da laje superior da apresenta desgaste superficial, especialmente nas bordas, e corrosão da armadura no centro.

As paredes da cuba, por sua vez, exibem manchas de umidade, desgaste superficial, fissuras e eflorescência. É evidente nos registros fotográficos que essas manifestações patológicas são mais comuns nas juntas frias de concretagem, que atuam como pontos frágeis na estrutura.

Outrossim, com base na experiência do autor deste laudo, é plausível inferir que a face interna da laje superior está sujeita a um processo de degradação semelhante ou possivelmente mais acentuado do que a face externa da laje inferior, devido à exposição aos vapores provenientes da água clorada.

É relevante destacar a presença de uma laje técnica situada abaixo da laje inferior da cuba, a qual desempenha o papel de depósito para os materiais resultantes dos deslocamentos e corrosões que ocorreram na viga do 4º nível e na própria cuba. As anomalias identificadas nessa laje foram semelhantes às demais, corrosão da armadura com deslocamento de concreto, trincas e fissura, manchas de umidade e sujidades. Além disso, tal laje encontrava-se sem o guarda-corpo previsto no projeto disponível em Anexo 01.

No que diz respeito às vigas, foi observado o maior grau de deterioração em comparação ao demais elementos estruturais, manifestando-se principalmente através da corrosão da armadura e subsequente deslocamento do concreto, formação de trincas, eflorescências e manchas de umidade. As manchas de umidade e eflorescências tendem a se concentrar de maneira mais proeminente nas vigas localizadas em níveis mais altos, próximas à cuba. A corrosão das armaduras e o deslocamento do concreto também são mais agressivos nas

vigas do 3° e 4° níveis, pois estão em proximidade com a cuba, sendo assim, são as primeiras a serem expostas aos agentes corrosivos provenientes da água clorada infiltrada.

No que tange aos pilares, observa-se a presença de trincas e fissuras em diversos pontos, além da presença de descontinuidade na seção transversal entre os lances de um pilar, a ocorrência de ninhos de concretagem nas transições dos lances de pilares e corrosão da armadura com deslocamento do concreto em pontos específicos. Os ninhos de concretagem representam áreas onde há segregação do concreto, indicando falha no lançamento e adensamento durante a fase de execução. É relevante ressaltar que essa não conformidade foi verificada nas extremidades dos lances de pilares, que são áreas tipicamente mais propensas a falhas de adensamento do concreto, devido à configuração geométrica dos pilares.

Outra anomalia causada por falha de execução diz respeito a descontinuidade de seção transversal de pilar, observado em somente um pilar da estrutura, particularmente na área de transição das formas dos pilares, ou seja, os pilares não possuem uma seção contínua ao longo de toda a sua extensão. Essa configuração resulta na redistribuição dos esforços a cada mudança de seção (Figura 69), gerando concentração de esforços em algumas áreas em comparação a outras. Isso pode levar à formação de aberturas nas zonas de estresse e criar um ambiente propício para a entrada de agentes agressivos, acelerando os processos corrosivos.

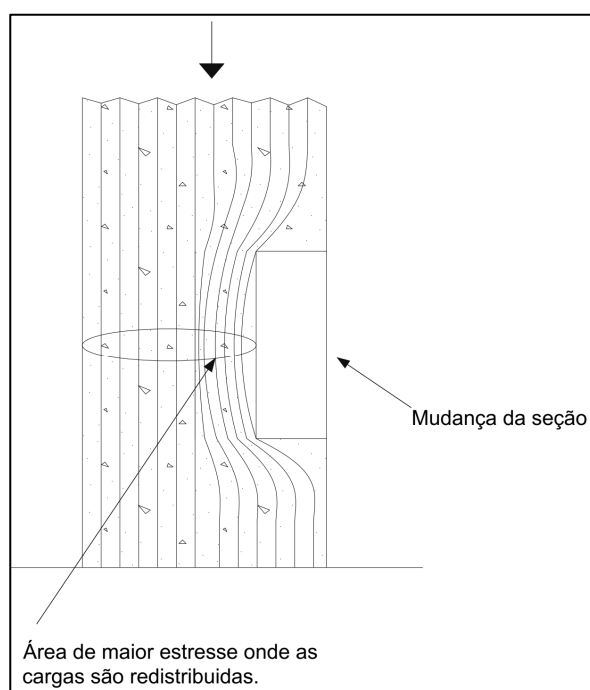


Figura 69 – Ilustração da redistribuição de esforços em zonas de mudança de seção em pilares

Antes de iniciar a análise dos ensaios, é fundamental esclarecer algumas abordagens que foram adotadas. Utilizou-se como base nos resultados dos ensaios os valores que favorecem a segurança. Ou seja, no caso dos resultados da detecção eletromagnética da armadura, considerou-se o valor mínimo de cobrimento encontrado mais coerente, denominado o cobrimento crítico. Para os valores de carbonatação e presença de cloretos, optou-se pela profundidade máxima da frente de penetração observada, que é a pior condição.

No contexto do ensaio de ultrassom, a velocidade média foi adotada como o parâmetro de referência, devido à sua relevância na avaliação da homogeneidade do concreto. Ademais, no ensaio de esclerometria, adotou-se o índice esclerométrico mínimo, e para o potencial de corrosão, o valor mais negativo, que representa a condição mais desfavorável.

Isso posto, produziu-se o quadro a seguir com o objetivo de facilitar a análise conjunta e o diagnóstico dos principais elementos ensaiados.

ID/Elemento		Cobrimento	O cobrimento está totalmente carbonatado?	O cobrimento possui íons cloretos?	Qualidade do concreto	Superfície do concreto	Potencial de corrosão	Avaliação / Decisão
1º Lance	Pilar 2	Baixo	Sim	Sim	Excelente	Dura	Alto	Recuperação total
1º Lance	Pilar 3	Baixo	NE	NE	Boa	NE	NE	Recuperação total
1º Nível	Viga P3-P5	Baixo	Sim	Sim	Boa	Dura	Médio/alto	Recuperação total

Quadro 5 – Avaliação das peças ensaiadas

No que diz respeito aos ensaios de carbonatação e frente de penetração de íons cloreto nas peças ensaiadas, foi observado que os valores excederam a espessura de cobrimento da armadura, indicando comprometimento completo da camada protetora.

No que tange aos ensaios de esclerometria e ultrassom, nota-se que os valores obtidos foram elevados. No entanto, é pertinente observar algumas considerações relevantes, é importante considerar que os métodos de esclerometria e ultrassom são sensíveis aos efeitos da carbonatação em estruturas de concreto. A carbonatação pode levar a um aumento na dureza superficial do concreto, o que, por sua vez, pode levar a resultados altos nos valores medidos pela esclerometria e na velocidade de propagação das ondas ultrassônicas. Esse efeito ocorre porque a formação dos produtos carbonatados, aumenta a dureza superficial do concreto e, conseqüentemente, os valores de esclerometria tendem a ser mais altos do que o esperado.

Vale mencionar que a carbonatação provoca alterações na estrutura dos materiais cimentícios como redução do pH e da porosidade do concreto. Sabe-se que o método de

medição da velocidade do pulso ultrassônico baseia-se na avaliação qualitativa do concreto, por meio da determinação da velocidade de propagação das ondas longitudinais. Essa velocidade varia conforme a homogeneidade do material, a quantidade de poros e a presença de vazios. À medida que a carbonatação aumenta o volume de sólidos, a velocidade de propagação das ondas também aumenta devido à redução dos poros e ao preenchimento dos espaços vazios pelos produtos carbonatados.

Em tese, pode-se inferir que os valores de esclerometria e velocidade do pulso ultrassônico (VPU) encontrados tenham sido influenciados pela carbonatação. Embora a carbonatação possa ter levado a uma superestimação dos valores obtidos pelo método de ultrassom, a influência da carbonatação nos resultados é mais proeminente na esclerometria.

Certamente, a carbonatação não é o único fator determinante nos resultados obtidos por meio do método de ultrassom. Isso fica evidente porque a presença de carbonatação não seria capaz de explicar, por si só, os resultados, especialmente em situações em que há uma porosidade significativa e presença de vazios substanciais. Essas informações, números e avaliações têm como finalidade embasar os parâmetros adotados na recuperação estrutural.

Da análise anterior, verifica-se que, em que pese a despassivação da armadura devido à carbonatação e à presença de cloretos, o concreto apresenta boa qualidade e resistência. Isso provavelmente contribuiu para a mitigação dos processos de corrosão, em que pese o alto índice de potencial de corrosão verificado.

Baseado nos parâmetros dos ensaios, se confirma a análise sensorial, com o adendo da verificação da boa qualidade do concreto.

Além disso, é plausível supor que, devido à idade do reservatório e à ausência de registros de intervenções anteriores, os subsistemas de impermeabilização e drenagem tenham alcançado o término de suas expectativas de vida útil e, conseqüentemente, desempenho esperado.

Ademais, considerando a idade do reservatório, estimada em 29 anos, tem-se que a norma vigente e, portanto, aplicável ao caso, era *NB-1:1980 – Projeto e execução de obras em concreto armado*. Sendo assim retirou-se da referida norma o recorte apresentado na Figura 70.

6.3.3.1 Cobrimento	
Qualquer barra da armadura, inclusive de distribuição, de montagem e estribos, deve ter cobrimento de concreto pelo menos igual ao seu diâmetro, mas não menor que:	
a) para concreto revestido com argamassa de espessura mínima de 1 cm;	
— em lajes no interior de edifícios	0,5 cm
— em paredes no interior de edifícios	1,0 cm
— em lajes e paredes ao ar livre	1,5 cm
— em vigas, pilares e arcos no interior de edifícios	1,5 cm
— em vigas, pilares e arcos ao ar livre	2,0 cm
b) para concreto aparente:	
— no interior de edifícios	2,0 cm
— ao ar livre	2,5 cm

Figura 70 – Item 6.3.3.1 da NB-1:1980, norma vigente no período de projeto e execução do REL Nossa Sra. das Dores

Isto posto, cumpre mencionar que o arquivo do projeto disponibilizado pela contratante não contempla a informação da espessura do cobrimento da armadura, nem tampouco faz menção a indicação de revestimento na estrutura. Dito isso, não é possível avaliar se o cobrimento adotado estava de acordo com a norma vigente na época de execução.

Perante o exposto, acrescenta-se que no projeto de recuperação, de acordo com os critérios estabelecidos na *ABNT NBR 6118:2023 - Projeto de Estrutura de Concreto*, foi adotada a classe de agressividade ambiental II para a zona urbana. Conforme esta norma, para essa classe, o fck (resistência característica do concreto à compressão) deve ser no mínimo igual a 25MPa. No entanto, no interesse da segurança, dado que se trata de um reservatório, optou-se por utilizar um fck de 30MPa. Além disso, a ABNT NBR 6118:2023 estabelece na observação c da Tabela 7.2, conforme ilustrado na Figura 71, que:

Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

Isso significa que, para a situação em questão, os cobrimentos mínimos devem ser de 5cm para vigas e pilares e 4,5cm para lajes. Entretanto, a mesma norma sugere no mesmo item o recorte apresentado a seguir:

Para concretos de classe de resistência superior à mínima exigida, os cobrimentos definidos na Tabela 7.2 podem ser reduzidos em até 5 mm.

Por esse motivo, no projeto de recuperação, foram adotados cobrimentos de 4,5cm para vigas e pilares e 4,0cm para lajes e paredes, devido à classe de resistência superior do concreto utilizado. Em resumo, a estrutura finalizada deverá atender no mínimo a um fck de 30MPa, com um cobrimento de armadura de 4,5cm para pilares e vigas e 4,0cm para lajes e paredes.

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga ^b /pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Figura 71 – Tabela 7.2 da NBR 6118:2023, norma atualizada no período de produção deste estudo, com destaque para o critério adotado

Considerando as constatações e análises mencionadas anteriormente, a Figura 73 sintetiza as informações do estudo de caso em questão e apresenta a classificação de cada item conforme a matriz de análise conhecida como GUT. Este método é amplamente empregado para priorização de ações, auxiliando no planejamento de recuperação e/ou manutenção da estrutura.

Na classificação das não conformidades segundo a matriz GUT, consideram-se sua gravidade (G), Urgência (U) e Tendência (T). Esses critérios fundamentam a abreviação e nomenclatura do método GUT, bem como o produto dos pesos atribuídos a esses fatores corresponde ao grau de priorização das intervenções. Para enquadrar as não conformidades nas classes sugeridas, foi utilizada a adaptação proposta por Gomide, Pujadas e Fagundes Neto (2009)³.

³ GOMIDE, T. L. F.; PUJADAS, F. Z. A.; FAGUNDES NETO, J. C. P. Engenharia diagnóstica em edificações. São Paulo: Pini, 2009

GRAU	GRAVIDADE	PESO
Total	Perda de vidas humanas, do meio ambiente ou do próprio edifício	10
Alta	Ferimentos em pessoas, danos ao meio ambiente ou ao edifício	8
Média	Desconfortos, deterioração do meio ambiente ou do edifício	6
Baixa	Pequenos incômodos ou pequenos prejuízos financeiros	3
Nenhuma		1

GRAU	URGÊNCIA	PESO
Total	Evento em ocorrência	10
Alta	Evento prestes a ocorrer	8
Média	Evento prognosticado para breve	6
Baixa	Evento prognosticado para adiante	3
Nenhuma	Evento imprevisto	1

GRAU	TENDÊNCIA	PESO
Total	Evolução imediata	10
Alta	Evolução em curto prazo	8
Média	Evolução em médio prazo	6
Baixa	Evolução em longo prazo	3
Nenhuma	Não vai evoluir	1

Figura 72 – GUT adaptado por Gomide, Pujadas e Fagundes Neto (2009) para a manutenção predial

Classificação GUT e Ordem de prioridade			
GUT	Ordem	Local / Substema	Não conformidades
800	1º	Vigas	Corrosão da armadura e deslocamento do concreto, manchas de umidade, eflorescências e trincas
800	2º	Cuba	Desgaste superficial, eflorescências, manchas de umidade, fissuras, corrosão da armadura e deslocamento do concreto
800	3º	Laje técnica	Corrosão da armadura com deslocamento de concreto, trincas e fissura, manchas de umidade e sujidades
480	4º	Pilares	Trincas e fissuras, descontinuidades de seção, ninhos de concretagem, manchas de umidade, corrosão da armadura e deslocamento do concreto

Figura 73 – Sintetização das análises e classificação da priorização de ações de acordo com o GUT

Na análise da figura anterior, destaca-se que, durante o processo de recuperação e priorização das ações, os elementos identificados como de maior criticidade são as vigas e cuba.

15. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Em consonância com o corpo desde laudo, ratifica-se que as principais causas para o estado atual do objeto de estudo são a idade do reservatório associada à falta de um programa de manutenção predial e falhas construtivas.

Os elementos estruturais apresentaram nível de degradação **crítico** com presença de corrosão avançada e deslocamento de concreto, especialmente nas vigas e cuba de reservação, com perda de desempenho e vida útil consumida.

Além disso, tendo em vista os estudos feitos, cujas análises já foram apresentadas, conclui-se que o reservatório em tela se enquadra na **CLASSE 1** de desempenho, cuja especificação é descrita a seguir:

CLASSE 1 DE DESEMPENHO: Desempenho inadequado ao uso - quando as manifestações patológicas detectadas são de magnitude e natureza que colocam em risco a segurança dos usuários a curto prazo ou com risco iminente de ruína parcial ou total.

A **CLASSE 1** para o reservatório em questão foi atribuída principalmente devido ao risco à segurança dos usuários. Tal classificação se baseia nos relatos dos funcionários da ETA, os quais informaram que o deslocamento do concreto está em andamento, colocando em risco os transeuntes que necessitam acessar a área durante as operações diárias.

Muito embora não haja evidência de risco de ruína total do reservatório, partes dele apresentam estado de degradação avançado, conforme já descrito. Ademais, **alerta-se que o risco de ruína cresce à medida em que se perpetua a exposição da edificação às intempéries de forma contínua e prolongada.**

Cabe destacar que parte das anomalias verificadas na unidade decorre da falta de um plano de manutenção, cuja elaboração e implantação por certo trarão não somente uma melhoria de desempenho, como também economia de recursos, visto que quanto mais tardiamente se corrige uma anomalia, maior é seu custo de reparação.

Isso posto, de modo geral, as ações indicadas para recuperação do desempenho satisfatório dos sistemas que compõem o objeto de estudo são apresentadas a seguir:

- Substituição das tubulações que apresentam estado de corrosão avançado ou que tiveram sua vida consumida;
- Retirada e recomposição de todo o revestimento argamassado e concreto de cobrimento que se apresente em vias de deslocamento na estrutura do reservatório;
- **Recuperação de todos os elementos estruturais, conforme projeto;**
- Tratamento de trincas e fissuras com injeção de resina;
- **Realização da reposição ou aplicação da camada de impermeabilização na cuba;**
- Substituição/instalação da escada de acesso externo e interno da cuba;
- Recuperação do revestimento argamassado;
- Substituição do sistema para-raios;
- Instalação de guarda-corpo na laje técnica;

- Pintura final de acabamento.

Acrescenta-se que todos os processos especializados de recuperações, reforços e impermeabilizações devem, imperiosamente, serem realizados tanto nos sentidos do resgate da segurança e serviços (ELU e ELS) bem como de uma nova vida útil em pleno desempenho.

Ante todo o exposto, ORIENTA-SE que todas as recomendações descritas neste laudo sejam cumpridas para restabelecer a confiabilidade de um novo desempenho.

Salienta-se que todos os serviços a serem executados, especialmente os que envolvem demanda de abastecimento requerida e segurança estrutural, deverão ser projetados e executados por empresas contratadas que possuam experiência e expertise na área.

16. TERMO DE ENCERRAMENTO

O presente laudo de inspeção foi elaborado para uso exclusivo do contratante.

O autor coloca-se à disposição de qualquer outro interessado para os esclarecimentos que se façam necessários quanto a este trabalho, uma vez que o mesmo se constitui de um todo homogêneo, e qualquer interpretação ou uso de fragmentos dele não deve ser considerado.

De acordo com a lei nº 9610/1998, que trata de direitos autorais, não são permitidas cópias ou publicação do laudo, ainda que parciais, sem a autorização expressa do autor.

Por fim, encerra-se este laudo declarando-se que o mesmo possui 34 folhas e mais 3 anexos, e está registrado no CREA-SE sob a ART de nº SE20230333271 do engenheiro civil Emerson Meireles de Carvalho.

Aracaju-SE, 16 de julho de 2024.

EMERSON MEIRELES DE CARVALHO:37425943549
Digitally signed
by EMERSON MEIRELES DE CARVALHO:37425943549

Emerson Meireles de Carvalho
Engenheiro Civil – CREA RN 270132096-8
Esp. em Avaliações e Perícias de Engenharia
Membro Titular do IBAPE-SE
MSc. em Desenvolvimento e Meio Ambiente