

Parecer Técnico de Inspeção e Diagnóstico

Cliente:

Companhia de Saneamento de Sergipe - DESO

Referência:

***Reservatório Elevado Pirambu
Contrato 51/2023***



m&c
engenharia

março/2024

Composição do Parecer

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	3
6. Princípios e ressalvas	4
7. Documentação utilizada.....	5
8. Glossário dos termos utilizados	5
9. Localização.....	6
10. Vistoria para caracterização do imóvel	7
11. Características técnicas e de operação do reservatório	9
12. Identificação de não conformidades	13
13. Ensaaios não destrutivos (ENDs).....	23
14. Diagnóstico	25
15. Conclusão e recomendações	33
16. Termo de encerramento	35

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	01/03/2024	Parecer inicial	Emerson
1	20/03/2024	Alteração no item 14	Emerson

1. OBJETIVO E FINALIDADE

Este Parecer Técnico de Inspeção e Diagnóstico tem por objetivo caracterizar o estado atual em que se encontra o **Reservatório Elevado Pirambu**, 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 representada 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 35 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 parecer técnico
Engª. civil Luana de Jesus Souza	M&C Engenharia	Vistoria e parecer técnico
Engª. civil Amélia Gomes Nunes	M&C Engenharia	Parecer técnico
Eng. civil MSc. Tadeu Matos Henriques Nascimento	FTech Soluções Técnicas	Realização de Ensaios Não Destrutivos
Eng. civil José Eduardo Lima Cruz de Jesus	FTech Soluções Técnicas	Realização de Ensaios Não Destrutivos
Eng. civil José Luís Rabelo de Santana	GEOTEC Consultoria e Serviços	Projeto de recuperação e reforço estrutural

Quadro 1 – Equipe técnica envolvida

5. METODOLOGIA

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 de Locação de Forma, Corte e Armação de autoria dos engenheiros Cícero Marques dos Santos, com registro no CREA-SE sob numeração 3216/D-SE, e Murilo Batista, com registro no CREA-SE sob numeração 3781/D-SE, nomeado como MV-13-299, datado de dezembro de 1991;
- Projeto de Layout das Tubulações, Urbanização e Drenagem de autoria do eng. Jethro Duarte Moreira, nomeado como MV-13-513, datado de abril de 1985;
- Projeto de Levantamento Cadastral Planialtimétrico – ETA de autoria do eng. Jorge Meneses, nomeado como PC-19-006, datado de janeiro de 2019.

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:

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.

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 parecer técnico é o **Reservatório Elevado Pirambu**, localizado na avenida Atlântica, s/n, no município de Pirambu-SE, conforme se vê na Figura 2 e Figura 3. As coordenadas geográficas tomadas da frente do reservatório (centro) são: 10° 44' 13,17" S e 36° 51' 27,72 W (Datum WGS84).

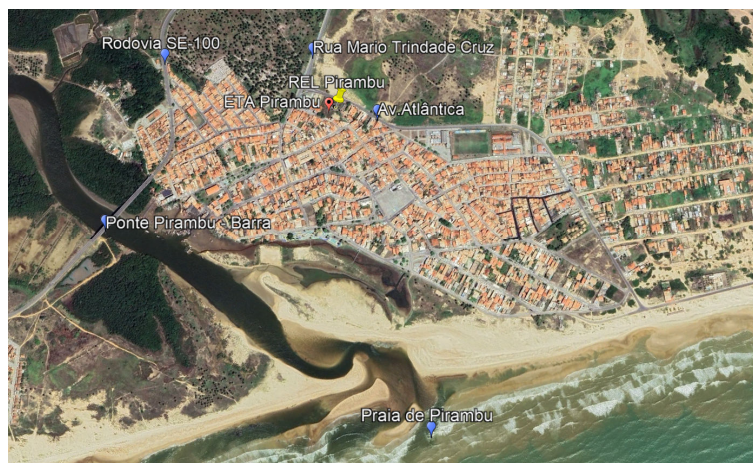


Figura 2 – Macrolocalização do reservatório



Figura 3 – Microlocalização do reservatório

10. VISTORIA PARA CARACTERIZAÇÃO DO IMÓVEL

A vistoria foi realizada no dia 18 de janeiro de 2024, estando presente, além da equipe da M&C Engenharia, Sr. Gustavo Bruno Azevedo Barreto (assistente de gestão operacional). 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. Atlântica, conforme é possível notar da Figura 5 a Figura 8. Os aspectos e vistas gerais do reservatório podem ser visualizados na Figura 9 e Figura 10.



Figura 5 – Vista aérea da Av. Atlântica, via de acesso ao reservatório Pirambu



Figura 6 – Vista aérea da Av. Atlântica, via de acesso ao reservatório Pirambu



Figura 7 – Vista da Av. Atlântica, via de acesso ao reservatório Pirambu



Figura 8 – Vista da Av. Atlântica, via de acesso ao reservatório Pirambu



Figura 9 – Vista frontal do acesso ao REL Pirambu



Figura 10 – Vista geral do REL Pirambu

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 11 apresenta as características distintivas dos elementos dessa configuração estrutural.

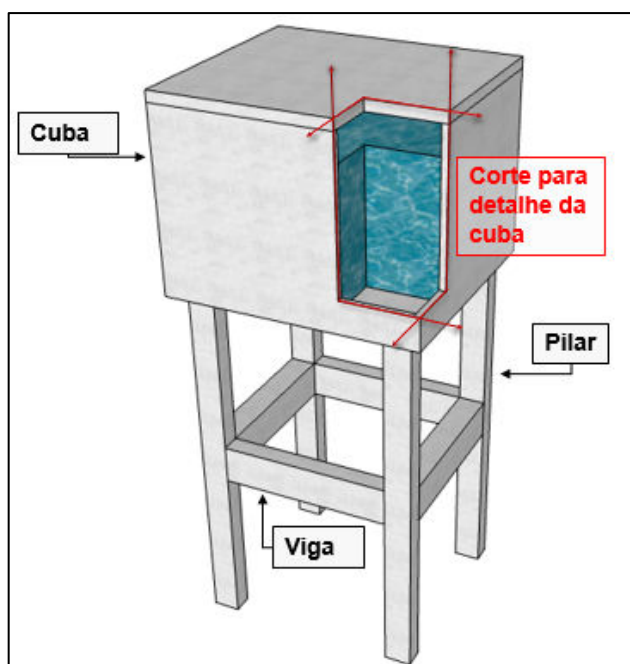


Figura 11 - Elementos estruturais do reservatório elevado

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 Pirambu/SE. Construído em concreto armado, apresenta aproximadamente 11,00m de altura.

Sua configuração estrutural compreende 6 pilares distribuídos em 3 lances, juntamente com 4 anéis de vigas, sendo 1 anel baldrame, dispostos em 4 níveis, conforme delineado nos croquis das Figura 12 e Figura 13. Devido à precariedade da escada anexa ao reservatório, não foi possível vistoriar o interior da cuba da unidade em apreço.

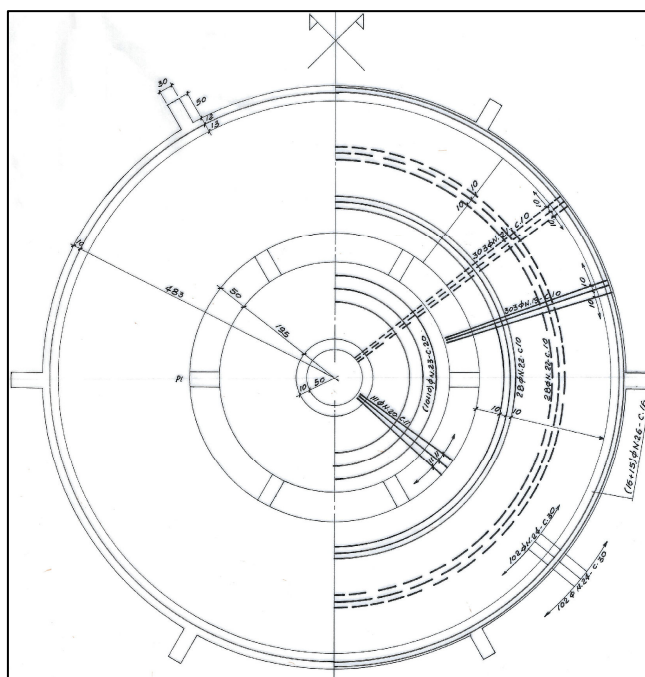


Figura 12 – Planta de forma e armação da laje do fundo do REL Pirambu, conforme arquivo MV-13-299, fornecido pelo contratante

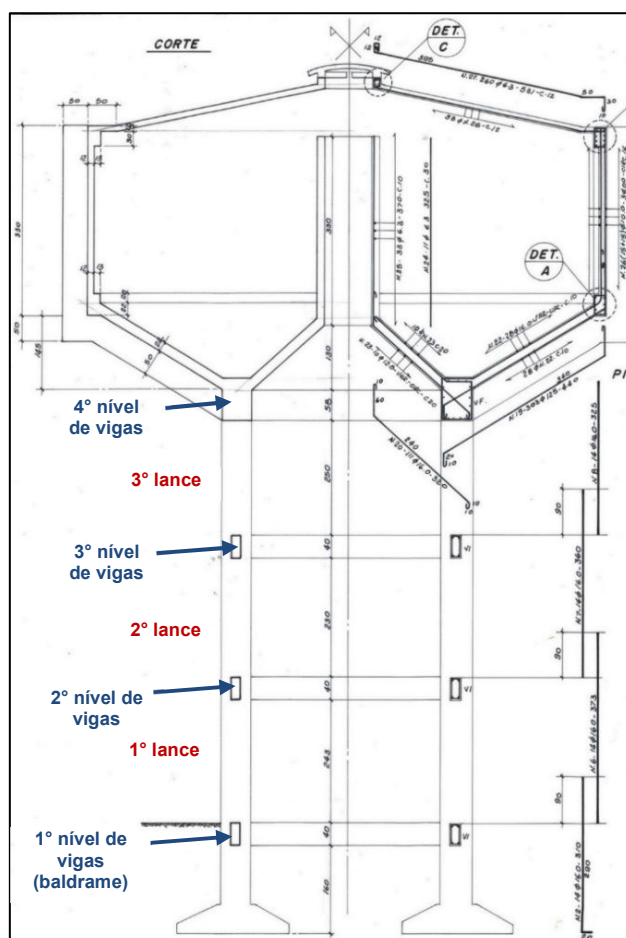


Figura 13 – Corte do reservatório vistoriado, conforme arquivo MV-13-299, fornecido pelo contratante

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 Pirambu	
Endereço: Avenida Atlântica, s/n, Pirambu-SE	
Capacidade: 300m³	Coordenadas: 10° 44' 13,17" S e 36° 51' 27,72 W
Altura do piso ao topo: aprox. 11,00m	Idade: 30anos (☒ Estimada ☐ Real)
Função: Abastecimento da sede (Pirambu) e dos povoados Pontal da Barra, Touro e Canal	
Autores do projeto: Cícero Marques dos Santos e Murilo Batista Santos	
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: Circular	
Revestimento da estrutura: Argamassado e pintura	
Nº de pilares: 6	Seção típica dos pilares: 30x50cm
Nº de vigas: 4 anéis (3+1 baldrame)	Seção típica das vigas: 20x40cm
Nº de lajes: 2	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: arenoso	Nível do lençol freático: alto

Condições do entorno

Edificações limítrofes? ☒ Sim ☐ Não	Especificação: Reservatório e residência
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: forte	
Microclima: urbano/marítimo	

Condições de utilização

Evidência da ocorrência de incêndios? ☐ Sim ☒ Não	Especificação: NA
Presença de agentes agressivos? ☒ Sim ☐ Não	Especificação: Cloretos e CO ₂
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 assistente de gestão e operação da ETA, Sr. Alec, foram realizadas intervenções na estrutura do reservatório em meados de 2004.

O reservatório em análise atende à demanda de abastecimento da sede (Pirambu) e dos povoados Pontal da Barra, Touro e Canal, encontrando-se, portanto, em operação. No local, além da estrutura principal do reservatório, há dois reservatórios apoiados, sendo um associado à casa de bombas, um abrigo para a etapa de cloração, casa de química, filtros e um segundo reservatório elevado, conforme representado nas Figura 14 e Figura 15.

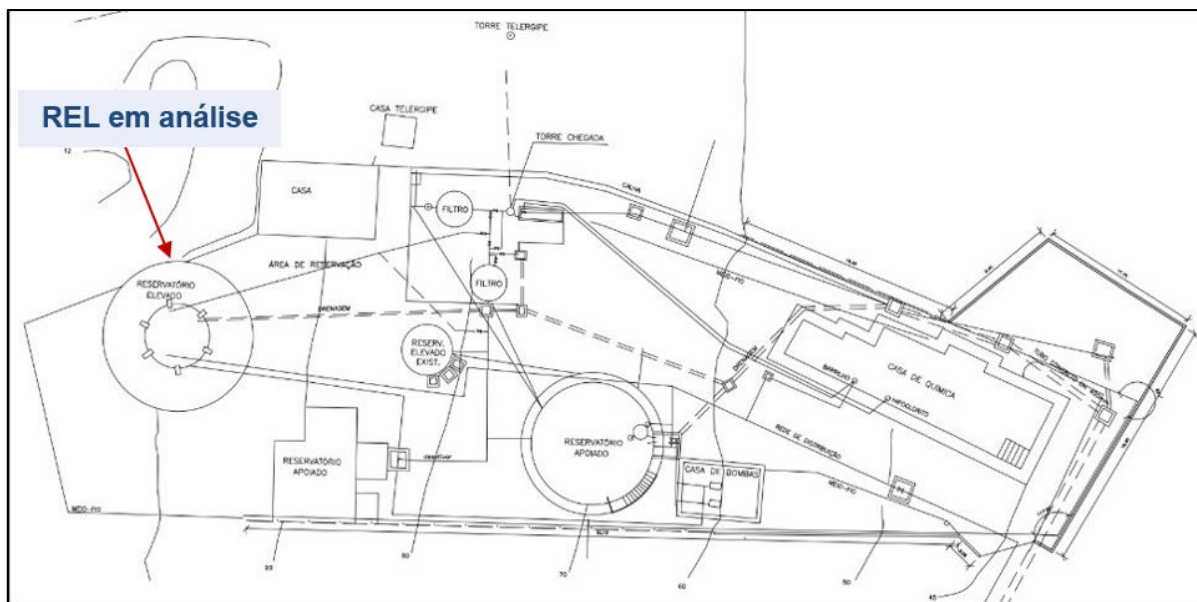


Figura 14 - Disposição das edificações dentro da estação de tratamento Pirambu, adaptado do arquivo PC-19-006, fornecido pelo contratante



Figura 15 – Indicação da localização do reservatório elevado em análise e de outras estruturas existentes na ETA

Com base nas figuras anteriores, é possível observar que o abrigo do cloro não foi contemplado no levantamento cadastral planialtimétrico realizado em 2019, indicando assim que sua construção é recente. Adicionalmente, verifica-se que o terreno que abriga o reservatório encontra-se delimitado por muros e possui uma extensão considerável, com área total de aproximadamente 4.480m². No entanto, as inclinações no referido terreno constituem uma barreira ao acesso de maquinário ao reservatório elevado em análise. Ademais, ressalta-se a presença de edificações nas adjacências da estação.

12. IDENTIFICAÇÃO DE NÃO CONFORMIDADES

As identificações de não conformidades foram dirigidas de maneira específica à estrutura do reservatório elevado em análise, atendendo à solicitação da contratante, portanto, não foram feitos registros dos demais elementos.

Para facilitar a localização das não conformidades do reservatório elevado foi realizada a identificação das direções cardeais em que se situa a estrutura, conforme croqui apresentado na Figura 16.

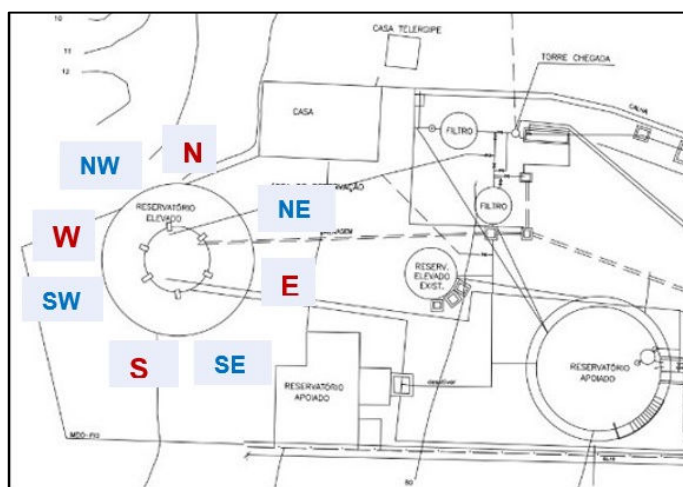


Figura 16 - Indicação das direções cardeais na estrutura do REL Pirambu

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



Figura 17 – Vista geral da face externa da tampa do reservatório, com fissuras e sujidades



Figura 18 – Vista da face externa da tampa, em destaque para fissuras nas bordas

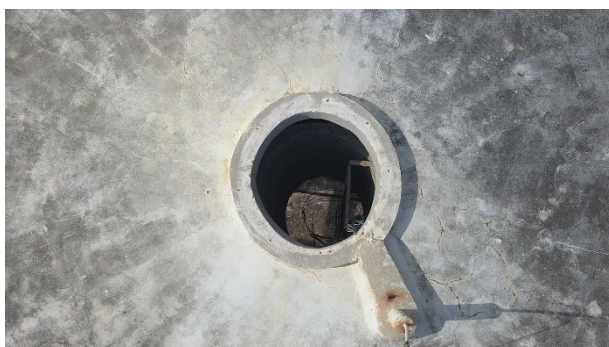


Figura 19 – Detalhe do acesso à cuba sem tampa



Figura 20 – Detalhe de fissuras nas bordas da face externa da tampa do reservatório



Figura 21 – Vista da face externa da tampa da cuba, em destaque fissuras nas bordas e nas adjacências do acesso à cuba



Figura 22 – Vista da parede da cuba (face sudeste) com manchas de umidade, eflorescências e corrosão da armadura (em destaque)



Figura 23 – Detalhe da parede da cuba (sudeste) com corrosão da armadura e deslocamento do concreto (em destaque)



Figura 24 – Vista da parede da cuba (sudeste) com corrosão da armadura (retângulos), eflorescências (setas) e trinca (círculo)

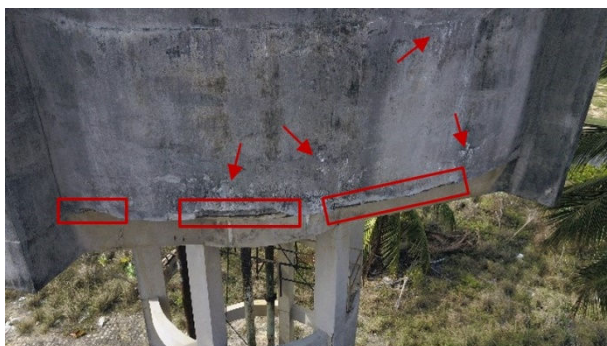


Figura 25 – Parede da cuba (face sudeste) com manchas de umidade, em destaque corrosão da armadura (retângulos) e eflorescências (setas)



Figura 26 – Vista da parede da cuba (face sul) com desgaste superficial, em destaque corrosão da armadura (retângulos) e fissura (seta) na borda superior



Figura 27 – Vista da parede da cuba (face sul) com desgaste superficial, em destaque eflorescência (setas) e corrosão da armadura (retângulo)

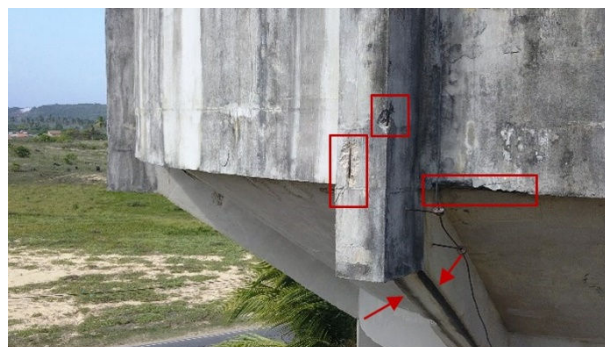


Figura 28 – Vista da parede da cuba (face sudoeste), em destaque corrosão da armadura (retângulos) e manchas de umidade (setas)



Figura 29 – Vista da parede da cuba (face sul) com eflorescência (setas) e corrosão da armadura (retângulo)



Figura 30 – Vista da parede (face sudoeste) com manchas de umidade, em destaque corrosão da armadura (retângulos) e fissuras (setas)



Figura 31 – Detalhe da parede da cuba (face sudoeste) com manchas de umidade, em destaque eflorescências (círculos) e fissuras (setas)



Figura 32 – Vista da parede da cuba (face noroeste) com desgaste superficial, em destaque fissuras (setas) e zonas com deslocamento do revestimento (círculos)



Figura 33 – Vista da parede da cuba (face norte) com corrosão da armadura e deslocamento do concreto



Figura 34 – Detalhe da parede da cuba (face noroeste), em destaque fissuras (setas) e zonas com deslocamento do revestimento (círculos)



Figura 35 – Vista da parede da cuba (face norte) com desgaste superficial

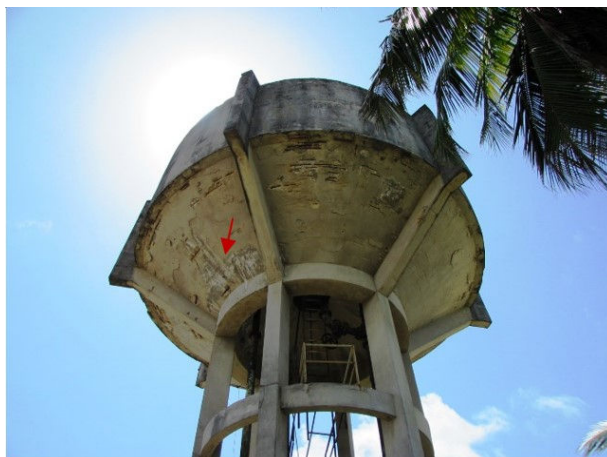


Figura 36 – Vista geral do fundo cuba do reservatório com zonas de corrosão da armadura e deslocamento do concreto, em destaque incidência de eflorescência



Figura 37 – Vista da face externa da laje inferior da cuba (face sudeste) com corrosão da armadura e deslocamento do concreto generalizado, em destaque eflorescências (setas)



Figura 38 – Vista da face externa da laje inferior da cuba (face sul) com manchas de umidade, eflorescências, corrosão da armadura e deslocamento do concreto generalizados



Figura 39 – Detalhe da face externa da laje inferior da cuba (face sudeste) com eflorescências, corrosão da armadura e deslocamento do concreto generalizados

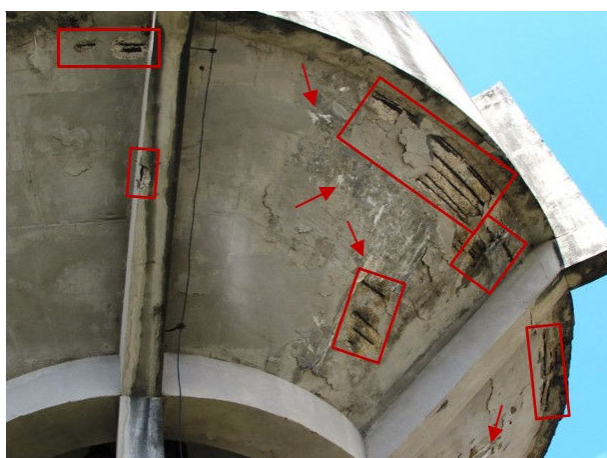


Figura 40 – Vista da face externa da laje inferior da cuba (face sul) com manchas de umidade, em destaque eflorescências (setas) e corrosão da armadura (retângulos)



Figura 41 – Vista da face externa da laje inferior da cuba (face sudoeste) com manchas de umidade, em destaque corrosão da armadura (retângulos) e eflorescências (setas)

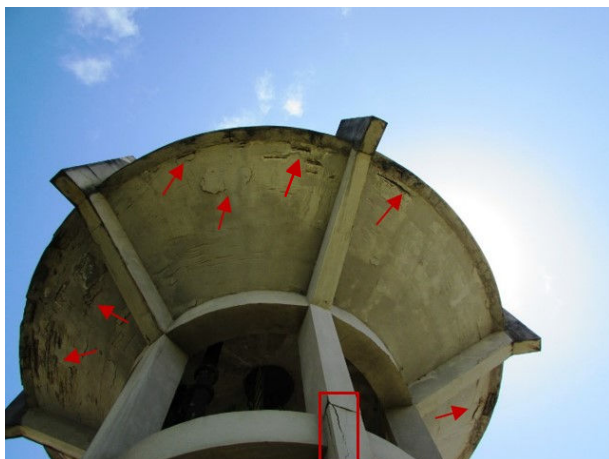


Figura 42 – Vista geral do fundo da cuba, em destaque rachadura no pilar no 2º lance (retângulo), corrosão da armadura e deslocamento do concreto (setas)

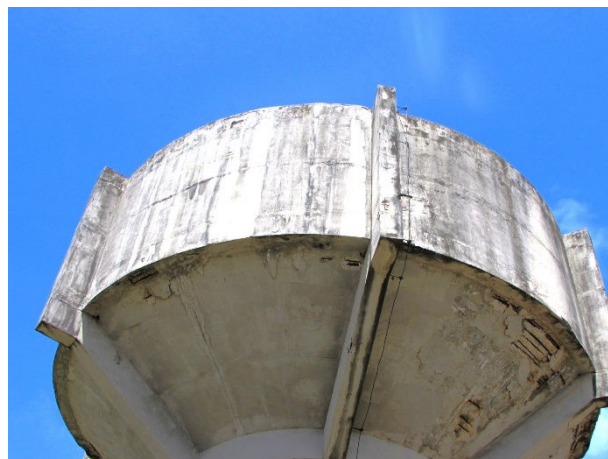


Figura 43 – Vista geral da cuba (face sul) com manchas de umidade, corrosão avançada da armadura e deslocamento generalizado do concreto



Figura 44 – Detalhe do fundo da cuba (face sudoeste) com manchas de umidade, em destaque eflorescências (setas), corrosão da armadura e deslocamento do concreto (retângulos)



Figura 45 – Vista geral da laje inferior da cuba com infiltração, eflorescência e deslocamento de concreto

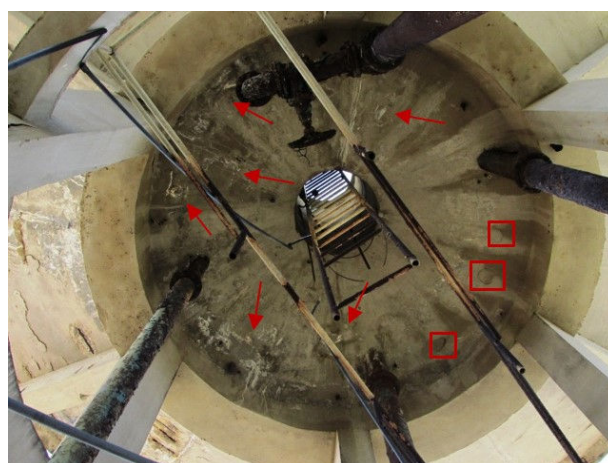


Figura 46 – Vista da laje inferior da cuba com infiltração principalmente nas bordas, em destaque zonas com deslocamento de concreto iminente (retângulos) e eflorescências (setas)



Figura 47 – Vista geral do reservatório (face leste)



Figura 48 – Detalhe de zona com deslocamento do concreto em pilar no 2º lance



Figura 49 – Vista da estrutura do reservatório (face nordeste), em destaque rachaduras na viga do 3º nível e nos pilares



Figura 50 – Detalhe de rachaduras na viga no 3º nível e no pilar no 2º lance



Figura 51 – Vista de pilar no 1º lance com corrosão da armadura e deslocamento do concreto



Figura 52 – Detalhe de pilar no 1º lance com corrosão da armadura e deslocamento do concreto



Figura 53 – Vista de tubulação com corrosão e pilar no 1º lance com trincas (em destaque)



Figura 54 – Detalhe de rachadura em pilar no 1º lance (face oeste)



Figura 55 – Detalhe de rachaduras em pilar no 1º lance

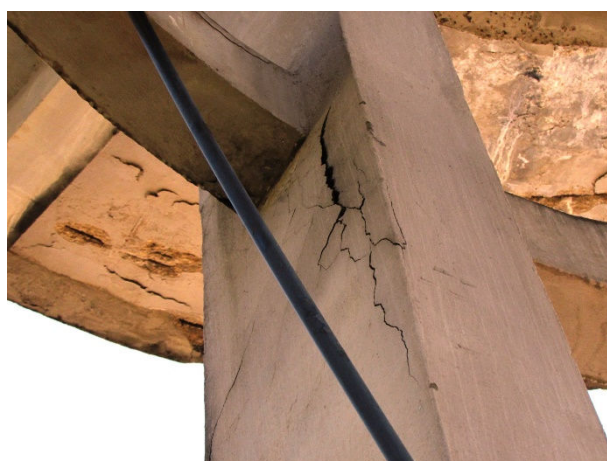


Figura 56 – Detalhe de pilar no 2º lance com incidência de rachaduras nas adjacências da viga



Figura 57 – Vista da estrutura do reservatório (face sudeste) com rachadura em pilar no 2º lance (círculo) e zonas com corrosão de armadura (retângulos)



Figura 58 – Detalhe de corrosão da armadura (retângulo) na viga de 3º nível no encontro com o pilar, e fissuras (setas) no pilar no 2º lance



Figura 59 – Vista da estrutura do reservatório (oeste), em destaque rachaduras (setas) nos pilares e desaparecimento (retângulo)



Figura 60 – Vista de pilares no 1º lance (oeste) com incidência de rachaduras (setas) e zonas com deslocamento do revestimento (círculo)

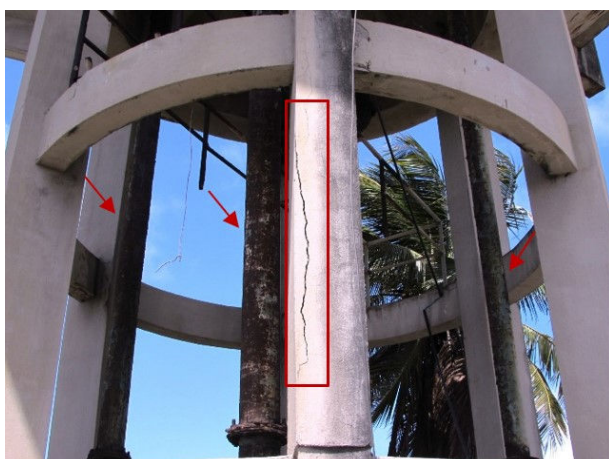


Figura 61 – Vista do reservatório (face oeste), em destaque rachadura (retângulo) no pilar no 2º lance e tubulações com corrosão avançada (setas)



Figura 62 – Detalhe de pilar no 1º lance (face oeste) com presença de rachaduras e deslocamento do revestimento



Figura 63 – Vista do reservatório (face norte) com trincas nos pilares (em destaque)



Figura 64 – Detalhe de rachadura em viga no 1º nível



Figura 65 – Detalhe de corrosão da armadura (círculo) na viga no 3º nível e de zona com deslocamento do concreto (retângulo) em pilar no 2º lance



Figura 66 – Detalhe de pilar no 1º lance com corrosão da armadura e deslocamento do concreto



Figura 67 – Vista geral do reservatório (face nordeste), em destaque trincas (círculos) no pilar no 2º lance nas adjacências das vigas e zona com deslocamento do concreto (retângulo) no pilar



Figura 68 – Detalhe de zona com deslocamento do concreto em pilar no 1º lance



Figura 69 – Detalhe de pilar no 2º lance com rachaduras nas adjacências da viga



Figura 70 – Detalhe de viga no 2º nível com corrosão da armadura (círculo) e trincas (setas)

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 2º nível e uma amostra de pilar no 1º lance. Essa decisão foi fundamentada em quatro aspectos técnicos específicos. Primeiramente, a dificuldade de acesso para a realização de ensaios em elementos estruturais situados em níveis superiores, como é o caso da cuba. Além disso, as vigas demonstram condições semelhantes em todos os níveis da estrutura; portanto, é provável que a amostra selecionada reflita o estado em que se encontram as demais. Outrossim, as áreas mais críticas dos pilares estão localizadas no 1º pavimento, sendo assim, essa zona é mais indicada para a avaliação global da estrutura. E por fim, a cuba já exibe um estágio avançado de degradação, perceptível visualmente através de sinais de corrosão significativa, o que não justificaria uma análise mais aprofundada, dado as dificuldades e riscos para o acesso.

Com todas as diretrizes pré-definidas, os ENDs foram realizados no dia 30 de janeiro 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 14 ensaios, conforme a distribuição descrita no Quadro 2.

Ensaio Não Destrutivo	Qtd (un)	Peças ensaiadas
Detecção eletromagnética da armadura	4	1 pilar e 1 viga
Esclerometria	2	1 pilar e 1 viga
Ultrassom	2	1 pilar 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 Pirambu

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 cobrimento 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 contaminadas por íons cloreto	Constatação da intensidade de contaminação por 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 desde parecer.

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 1	0,80	2,81	2,94	Direto	3.043,67	32,10	-404
2º Nível	Viga 1	0,60	3,83	2,63	Direto	3.521,67	30,40	-450
Legenda								
Observação: para as peças com mais de um ensaio do mesmo parâmetro de análise, foi adotado o valor favorável à segurança.								
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 Íons 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 parecer, as anomalias verificadas na estrutura do reservatório foram do tipo corrosão com consequente deslocamento do concreto, rachaduras, trincas, fissuras, manchas de umidade, descontinuidade entre os lances de pilar e eflorescências.

Nota-se que, de modo geral, as anomalias têm sua origem na interação de diversos fatores, tais como a forte agressividade ambiental, associada ao baixo cobrimento da armadura, falhas construtivas e ao processo natural de desgaste decorrente da idade do reservatório, aliado à ausência de um plano de manutenção.

Adicionalmente, destaca-se que as manifestações patológicas, especialmente a corrosão da armadura seguida pelo deslocamento do concreto, manifestam-se de forma mais intensa na laje inferior da cuba do reservatório. É muito provável que essa incidência esteja relacionada aos fatores retromencionados, mais especificamente à falência da impermeabilização da cuba e à agressividade do ambiente.

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 71.

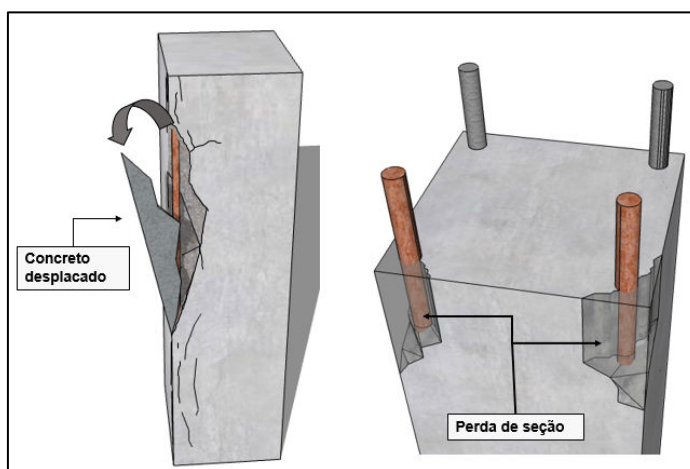


Figura 71 – Ilustração do processo de corrosão, perda da seção das armaduras e consequente deslocamento do concreto

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

Nesse contexto, em relação à cuba, a avaliação interna não pôde ser realizada devido à operação ininterrupta do reservatório, o que inviabiliza uma inspeção interna, além da falta de acesso por escada. No entanto, foi observado na face externa da laje inferior o maior grau de deterioração, caracterizado por corrosão e consequente deslocamento do concreto, presença de eflorescência, umidade e infiltração. É relevante ressaltar que a corrosão e os deslocamentos estão predominantemente localizados nas lajes inclinadas do fundo do reservatório. 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.

As paredes da cuba 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 de frágeis na estrutura. Quanto à laje superior, observa-se externamente a presença de fissuras, especialmente nas bordas, e desgaste superficial. É relevante destacar que, atualmente, a cuba não possui uma tampa em seu acesso.

Outrossim, com base na experiência do autor deste parecer, 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.

No que concerne às vigas, foi constatado o mais favorável grau de conservação em comparação aos pilares e à cuba. No entanto, foram identificados pontos de corrosão da armadura, resultando no deslocamento do concreto, juntamente com o surgimento de trincas e fissuras em áreas críticas, como nas ligações viga-pilar, onde ocorrem elevadas solicitações. Além disso, verificou-se que nos locais de deslocamento do concreto, o cobrimento da armadura era mínimo, evidenciando uma variação significativa na espessura do cobrimento em toda a estrutura.

No que tange aos pilares, estes foram submetidos a uma análise mais detalhada, considerando suas particularidades que requerem uma abordagem técnica mais minuciosa. Por meio da inspeção visual, foi constatado que o primeiro lance dos pilares demonstra um estado de conservação mais crítico em comparação com os lances subsequentes, revelando sinais de corrosão da armadura, bem como deslocamento tanto do concreto quanto do revestimento argamassado.

Além disso, foram identificadas manchas de umidade próximas à cuba, juntamente com rachaduras e fissuras em diversos pontos. É relevante ressaltar que as rachaduras no

reservatório são mais frequentes e visíveis nos pilares, muitas das quais apresentam uma orientação vertical, sugerindo a expansão das armaduras longitudinais.

Além disso, foram identificadas falhas de execução, particularmente nas áreas de transição entre os lances dos pilares. Nessas regiões, observaram-se descontinuidades devido ao processo de forma dos pilares, ou seja, os pilares não possuem uma seção contínua ao longo de toda a extensão. Essa configuração resulta na redistribuição dos esforços a cada mudança de seção (Figura 72), 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.

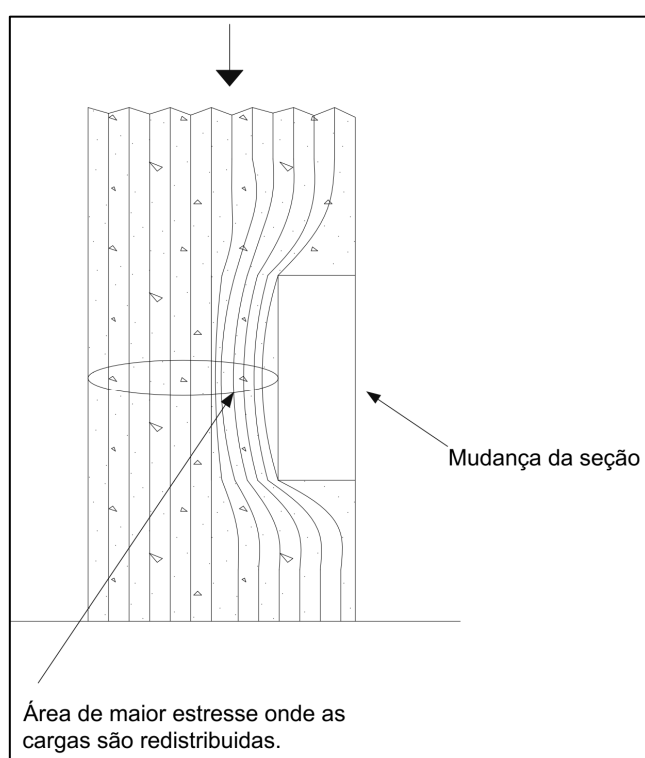


Figura 72 – Ilustração da redistribuição de esforços em zonas de mudança de seção em pilares

É pertinente mencionar algumas observações feitas durante a etapa de preparação das peças para os ENDS. Durante o processo de remoção do revestimento argamassado, foi identificada uma considerável irregularidade na superfície do concreto, conforme ilustrado na Figura 73.



Figura 73 – Detalhe da irregularidade superficial do concreto do pilar



Figura 74 - Detalhe do estado do pilar após regularização superficial

Ao realizar a regularização dessa superfície utilizando uma lixadeira equipada com disco diamantado, constatou-se que o centro do pilar foi facilmente regularizado (concreto apresentando uma coloração mais clara), enquanto partes da periferia do pilar demonstrou maior dificuldade de regularização. Essa dificuldade não estava relacionada à dureza do concreto, mas sim a desuniformidade do material, conforme evidenciado na Figura 74.

É razoável inferir que, devido à coloração mais escura e à desuniformidade do material, o reparo tenha sido efetuado utilizando graute. O graute, sendo substancialmente mais denso e possuindo um elevado teor de cimento em sua composição, é propenso a apresentar tonalidades mais escuras. Ademais, o baixo adensamento do graute pode contribuir para a mencionada desuniformidade do material, resultando em uma aparência heterogênea.

No cenário ideal, é fundamental que o material de reparo adote os mesmos níveis de tensão do concreto original, o que requer a congruência em características como a resistência característica à compressão (f_{ck}). Além disso, é imprescindível empregar pontes de aderência entre o material original e o de reparo, visando estabelecer uma integração sólida e monolítica na estrutura. Caso contrário, a intervenção de reparo pode ocasionar a redistribuição inadequada dos esforços estruturais. Tal circunstância pode culminar na delaminação do material de reparo.

Observou-se ainda no pilar preparado para os ensaios uma diferença significativa entre duas barras longitudinais paralelas. Enquanto uma delas mantinha suas características moderadamente preservadas (Figura 75), a outra mostrava sinais de corrosão generalizada, resultando em uma considerável diminuição da área da seção transversal (Figura 76).



Figura 75 – Barra de aço preservada moderadamente



Figura 76 – Barra de aço com perda da seção superior a 15%

É plausível considerar que o cenário descrito está relacionado a um fenômeno conhecido como pilha de corrosão. Especificamente, este fenômeno pode ter sido desencadeado pelo processo de recuperação estrutural mencionado, no qual ocorreu a substituição de barras de aço. Nesse contexto, é possível que a barra original tenha desempenhado o papel de ânodo, enquanto a barra de reparo atuou como cátodo. Como resultado da diferença de potencial eletroquímico, houve uma transferência de elétrons da barra mais reativa (ânodo) para a menos reativa (cátodo), acelerando assim a corrosão do metal no ânodo e, conseqüentemente, preservando o metal menos reativo.

Subsequente as considerações decorrentes da inspeção da estrutura, prossegue-se com a contribuição das análises realizadas por meio de ensaios não destrutivos em uma amostra de pilar e uma viga, visando uma avaliação abrangente do reservatório.

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.

Inicialmente, salienta-se que o cobrimento adotado no projeto está de acordo ao especificado pela norma em vigor naquele período, conforme recorte a seguir. Considerando a idade do reservatório, estimada em 30 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 77.

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 77 – Item 6.3.3.1 da NB-1:1980, norma vigente no período de projeto e execução do REL Pirambu

Compreende-se que o valor de referência é de **2,0cm** para o cobrimento de concreto revestido com argamassa de espessura mínima igual a 1,0cm, em pilares e vigas ao ar livre. Foi possível verificar no projeto fornecido pela contratante que o cobrimento adotado na viga e no pilar foi de 2,0cm. Portanto, o cobrimento dos pilares e das vigas estão em conformidade com os parâmetros normativos da época.

No entanto, através do ensaio de detecção eletromagnética da armadura, verifica-se que as peças ensaiadas não atendem a esse cobrimento, resultando em valores abaixo dos indicados no projeto e na norma. Isso configura uma falha de execução no pilar e viga ensaiados, conforme sumarizado no Quadro 5

Elemento	Cobrimento	
	Projeto	Ensaio
Pilar	2,0cm	0,5cm
Viga	2,0cm	0,6cm

Quadro 5 – Comparativo entre o cobrimento projetado e o real

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.

Além disso, constata-se que a contaminação do concreto por íons cloreto e carbonatação ocorre de maneira generalizada, evidenciada pela correspondência entre a profundidade dos resultados dos ensaios e a profundidade das fraturas. Por critério de segurança, optou-se por

não aprofundar as fraturas nem aumentar sua quantidade, levando em consideração o estágio avançado de deterioração da estrutura.

Tal cenário provavelmente decorre da localização do reservatório, que está em uma área adjacente à rodovia, resultando na emissão de dióxido de carbono (CO₂), bem como das condições ambientais adversas. Estas últimas são caracterizadas pelo microclima local, influenciado pela proximidade do mar, e pela finalidade da estrutura, que envolve o armazenamento de água clorada, ambas suscetíveis à elevada presença de íons cloreto.

No que tange aos ensaios de esclerometria e ultrassom, nota-se que os valores obtidos foram intermediários. No entanto, é pertinente observar algumas considerações relevantes, incluindo a dificuldade na regularização da superfície das áreas de reparo do concreto, bem como as exigências destes ensaios quanto à necessidade de uma superfície plana para o contato com os aparelhos. Como resultado, a maioria dos pontos de ambos os ensaios foi realizada na área do concreto original.

Dada a condição superficial do concreto de reparo, é possível inferir que os ensaios de ultrassom, em particular, poderiam produzir resultados menos favoráveis devido à desuniformidade do material, caso a maioria dos ensaios fossem concentrados nessas áreas.

Além disso, 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 contaminação não seria capaz de explicar, por si só, os resultados, especialmente em situações em que há uma porosidade significativa e presença de vazios, como foi observado na viga ensaiada.

Essas informações, números e avaliações têm como finalidade embasar os parâmetros adotados no projeto de recuperação estrutural e conscientizar a execução dos serviços de recuperação em relação à configuração das solicitações estruturais.

No que se refere aos resultados do ensaio de potencial de corrosão, tem-se conhecimento que quanto mais negativo ou menor for o potencial encontrado, maior a probabilidade de processo de corrosão no concreto. Com base nisso e levando em consideração a legenda de categorização de probabilidade de corrosão na armadura, conforme indicado no Quadro 4, pode-se concluir que é altamente provável que atividades de corrosão em altas taxas estejam em curso nas peças ensaiadas.

Verifica-se que em algumas áreas, o potencial de corrosão é menos negativo. Isso pode ser atribuído ao fenômeno previamente mencionado neste parecer, conhecido como pilha de corrosão, onde os metais menos reativos podem estar concentrados nessas regiões.

Além disso, é plausível supor que, devido à idade do reservatório e à ausência de registros de intervenções anteriores, os subsistemas de impermeabilização, drenagem e instalações hidráulicas tenham alcançado o término de suas expectativas de vida útil e, conseqüentemente, desempenho esperado. Em concordância com esta afirmação, observaram-se respingos provenientes da laje inferior da cuba. Outra observação relevante refere-se ao patamar da escada, cuja estrutura não está presente no reservatório atualmente.

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 I para a zona rural. Conforme esta norma, para essa classe, o f_{ck} (resistência característica do concreto à compressão) deve ser no mínimo igual a 20MPa. No entanto, no interesse da segurança, dado que se trata de um reservatório, optou-se por utilizar um f_{ck} de 30MPa. Além disso, a ABNT NBR 6118:2023 estabelece na observação c da Tabela 7.2, conforme ilustrado na Figura 78, 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 78 – Tabela 7.2 da NBR 6118:2023, norma atualizada no período de produção deste estudo, com destaque para o critério adotado

15. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Perante todo o exposto, em consonância com o corpo desde parecer, ratifica-se que as principais causas para o estado atual do objeto de estudo são a interação de diversos fatores, tais como a forte agressividade ambiental, associada ao baixo cobrimento da armadura, falhas construtivas e ao processo natural de desgaste decorrente da idade do reservatório, aliado à ausência de um plano de manutenção.

Os elementos estruturais apresentaram nível de degradação **crítico**, especialmente na laje inferior da cuba de reservação e primeiro lance dos pilares, com perda de desempenho e vida útil consumida. Esse quadro é corroborado pela alta incidência de aberturas, armadura exposta e deslocamento do concreto em curso.

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.

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.**

Ante todo o exposto, considerando a grave insegurança da área circundante, RECOMENDA-SE a INTERDIÇÃO IMEDIATA do uso do reservatório inspecionado (localizado no município Pirambu/SE) até que sejam cumpridas as recomendações descritas neste parecer.

Na hipótese de haver necessidade absoluta de manutenção da operação do reservatório até que se tomem as medidas necessárias recomenda-se que seja utilizado apenas a meia carga e somente após o devido escoramento da cuba de reservação.

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 degradação 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 as especificações delineadas no projeto estrutural;**
- Tratamento de trincas e fissuras com injeção de resina;
- **Realização da reposição ou aplicação da camada de impermeabilização na cuba;**
- Instalação da tampa no acesso a cuba;
- **Instalação da escada de acesso externo e interno da cuba;**

- Recuperação do revestimento argamassado;
- Inserção de sistema para-raios;
- 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 parecer 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 parecer, ainda que parciais, sem a autorização expressa do autor.

Por fim, encerra-se este parecer declarando-se que o mesmo possui 35 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, 20 de março de 2024.

**EMERSON
MEIRELES DE
CARVALHO:37
425943549**
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

EMERSON MEIRELES DE
CARVALHO:37425943549
C=BR, O=ICP-Brasil, OU=Secretaria
da Receita Federal do Brasil - RFB,
OU=RFB e-CPF A1, OU=AC SERASA
RFB, OU=62173620000180, OU=
VIDEOCONFERENCIA, CN=
EMERSON MEIRELES DE
CARVALHO:37425943549
2023.2.0

Protocolo de Assinatura(s)

O documento acima foi proposto para assinatura digital. Para verificar as assinaturas acesse o endereço <http://edocsergipe.se.gov.br/consultacodigo> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido.

Código de verificação: NFW3-1JW1-NOFI-XGQW



O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 18/07/2024 é(são) :

Legenda: ● Aprovada ● Indeterminada ● Pendente

- EMERSON MEIRELES DE CARVALHO - 20/03/2024 13:08:37 (Certificado Digital)